

G.J. Arends

B21\_sluizen-en-stuwen

# Sluizen en stuwen

*Bouwtechniek  
in Nederland 5*

## Sluizen en stuwen



# Bouwtechniek in Nederland 5

In de reeks *Bouwtechniek in Nederland* zijn verschenen:

- 1 J. Oosterhoff (red.), G.J. Arends, C.H. van Eldik en G.G. Nieuwmeijer, *Constructies van ijzer en beton. Gebouwen 1800-1940. Overzicht en typologie*, Delft 1988
- 2 H. Janse, *Houten kappen in Nederland 1000-1940*, Delft 1989
- 3 G.J. Arends, C.H. van Eldik en H. Janse, *Compendium constructies. Gebouwen 1800-1940*, Delft 1989
- 4 J. Oosterhoff, *Kracht en vorm. De draagconstructies van bouwwerken eenvoudig verklaard*, Delft 1990
- 5 G.J. Arends, *Sluizen en stuwen. De ontwikkeling van de sluis- en stuwbouw in Nederland tot 1940*, Delft 1994

# Sluizen en stuwen

De ontwikkeling van de sluis- en stuwbouw  
in Nederland tot 1940

G.J. Arends



**Uitgave en produktie**  
Delftse Universitaire Pers  
Stevinweg 1, 2628 CN Delft  
Telefoon 015-783254  
Fax 015-781661

**Foto omslag**  
Nout Steenkamp  
(Schutsluis Leidschendam)

**Computertekeningen**  
G. Vasquez de Velasco

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK,  
DEN HAAG

Arends, G.J.

Sluizen en stuwen : de ontwikkeling van de sluis- en stuwbouw in  
Nederland tot 1940 / G.J. Arends. - Delft : Delftse Universitaire  
Pers. - Ill. - (Bouwtechniek in Nederland ; 5)

Met lit.opg.

ISBN 90-6275-700-6

NUGI 833

Trefw.: sluizen ; stuwen ; Nederland ; geschiedenis.

© 1994 by G.J. Arends

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of  
openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, mi-  
crofilm of op welke wijze dan ook, hetzij elektronisch, het-  
zij mechanisch, zonder voorafgaande schriftelijke  
toestemming van de uitgever.

*Opgedragen aan mijn vrouw en kinderen.  
Ter herinnering aan mijn moeder.*



# INHOUD

Ten geleide	IX	<b>5. Schutsluizen</b>	167
Voorwoord	XI	5.1 Ontwikkeling	168
<b>1. Inleiding</b>	1	5.2 Schutsluistypen	173
<b>2. Waterbouwkundige kunstwerken in Nederland</b>	7	5.3 Constructie van het sluishoofd	180
2.1 De Romeinse tijd	7	5.4 De schutkolk	185
2.2 De late Middeleeuwen	10	5.5 Schuiven en omloopriolen	190
2.3 De Gouden Eeuw (circa 1550-1775)	18	<b>6. Stuwen</b>	201
2.4 De 'industriële revolutie'	29	6.1 Ontwikkeling	201
2.5 De tweede helft van de 19de eeuw tot 1914	41	6.2 Stuwtypen	209
2.6 Het Interbellum	51	6.3 Het stuwlichaam	216
<b>3. Afsluitmiddelen</b>	63	6.4 Vistrappen	218
3.1 Enkele draaideuren	65	<b>Bijlagen</b>	221
3.2 Puntdeuren	69	1 Bestekken van sluishoofden in de Grift (1633)	
3.3 Toldeuren	86	2 Bestekken van sluizen uit de omgeving van Nijkerk.	227
3.4 Waaierdeuren	93	3 Bestekken, uitgewerkt door H. Janse	237
3.5 Kruisende deuren	99	<b>Noten</b>	241
3.6 Gekoppelde deuren	102	<b>Literatuur</b>	249
3.7 Klepdeuren	107	<b>Verantwoording afbeeldingen</b>	265
3.8 Segmentdeuren	111	<b>Index sluizen en stuwen</b>	267
3.9 Roldeuren	114	<b>Index personen</b>	273
3.10 Hefdeuren en schuiven	123	<b>Index begrippen</b>	275
3.11 Schipdeuren	135		
<b>4. Stroomsluizen</b>	139		
4.1 Sluizen voor de waterhuishouding	139		
4.2 Sluizen ten behoeve van de scheepvaart	149		
4.3 Militaire sluizen	152		
4.4 Het sluislichaam	156		



*De Amstelsluizen in de Amstel te Amsterdam, zie pag. 26 en 169.  
(Fotografische Dienst Bouwkunde, TU Delft).*



In de serie boeken getiteld 'Bouwtechniek in Nederland' wordt thans het onderwerp van de sluis- en stuwbouw tot 1940 in ons land aan de orde gesteld. Een onderwerp, dat goed past in het onderzoek, dat de Technische Universiteit Delft en de Rijksdienst voor de Monumentenzorg willen doen naar de geschiedenis van de ontwikkeling van nieuwe constructievormen en van nieuwe bouwmaterialen sedert het begin van de 19de eeuw.

Kenmerkte de bouw van sluisen en stuwen zich eeuwenlang door een ambachtelijke, meest traditionele werkwijze, waarbij beproefde constructies en bouwmaterialen alom werden toegepast, ook hier vonden gedurende de laatste twee eeuwen de nodige vernieuwingen en innovaties plaats.

De geschiedenis van de oudste kunstwerken valt slechts met moeite te achterhalen aan de hand van bodemvondsten, kaarten en ander topografisch materiaal of door zorgvuldige bestudering van bewaard gebleven bestekken. De onderzoeker van de jongere geschiedenis van de sluisbouw weet zich al spoedig geconfronteerd met steeds weer nieuwe gegevens. Zo komt hij in archieven en in de vakliteratuur veel informatie tegen. Niet in de laatste plaats treft hij in situ overal in het land verspreid oude sluiswerken en stuwen aan. Zij helpen een beeld te verschaffen van wat het menselijk vernuft vermocht in de niet aflatende strijd tegen het water en van wat onze voorgangers bedachten om het water te kunnen beheersen en zo ten eigen nutte te maken.

Een dergelijke ontdekkingsstocht opent voor een nauwgezet onderzoeker steeds weer nieuwe horizons. Dr. ing. Herman Janse riep als resultaat van diens jarenlange bouwhistorische speurtocht door de archieven een beeld op van oude typen van sluisen. Een beeld, zoals dat tot leven kwam door het interpreteren van historische bestekken en kaarten.

Ir. G.J. Arends heeft er met niet aflatende inzet en noeste ijver voor gezorgd, dat wij thans voor het eerst een overzicht hebben van de ontwikkeling van de sluis- en stuwbouw in Nederland tot 1940. Door zijn werk biedt hij de gebruiker van het boek niet alleen in beschrijvende en verklarende zin een typologie van afsluitmiddelen van de sluisen, dienend voor de waterhuishouding, van de zo ingenieuze scheepvaartsluisen en van alle typen van stuwen, die er gebouwd zijn, maar tevens visualiseert hij

door het toepassen van de modernste digitale tekentechnieken de vereenvoudigde werking ervan.

Sluisen en stuwen zijn niet alleen historische kunstwerken, maar zoals deze publicatie laat zien, hebben zij de waarde van materiele documenten. Zij zijn een authentieke bron van betekenis voor de kennis van de geschiedenis van de waterhuishouding, van de bouwtechniek en voor de historische geografie.

Het spreekt voor zich, dat deze werken bij voortdurende aan veroudering, slijtage, vervanging of eventueel verwijdering onderhevig zijn. Uit het onderzoek kwam ook naar voren, dat desondanks nog veel vanuit het verleden bewaard gebleven is en tot op de dag van vandaag vaak nog in gebruik is.

De veranderingen – vooral gelegen in het automatiseren van de bediening van de sluisdeuren en van de stuwen – die zich aankondigen, kunnen grote gevolgen krijgen voor de verschijningsvorm en historische technische constructie van deze grote en kleine monumenten van bedrijf en techniek. Het hier geboden overzicht zal voor hen, die over de functionele toekomst van dergelijke werken moet beslissen, een wegwijzer blijken te zijn bij het geven van een antwoord op de vraag of en in hoeverre een bepaalde sluis of stuw ook historische waarde heeft. Het overzicht zal voor hen, die over de toekomst van dergelijke historische materiele documenten als monument beslissen, zeker een leidraad blijken te zijn om te komen tot een weloverwogen keuze.

Het 'onderzoek sluisen', dat enkele jaren geleden in gang is gezet, heeft, zo bleek tijdens de uitvoering, inmiddels bij velen het besef van het belang van deze categorie van historische bouwwerken doen ontstaan.

De leden van de Begeleidingscommissie hebben zich ervoor ingezet, dat het onderwerp 'sluisen' zijn bedding kreeg, maar met name Ir. G.J. Arends komt de eer toe zichzelf zo opgestuwd te hebben door de telkens nieuwe gegevens die hij weet te spuien, dat met deze publikatie de resultaten van een dijk van een onderzoek gepubliceerd worden.

Drs. R. de Jong

*Rijksdienst voor de Monumentenzorg; lid Begeleidingscommissie onderzoek 'sluisen'*

*Juli 1994*





*Puntdeuren met kaapstanders in de Kolksluis te Spaarndam, zie pag. 76.  
(Fotografische Dienst Bouwkunde, TU Delft)*



## VOORWOORD

Omstreeks 1985 nam de Rijksdienst voor de Monumentenzorg (RdMz) in Zeist het initiatief tot het Monumenten Inventarisatie Project (MIP). Het MIP beoogde een grootscheepse inventarisatie van bouwwerken uit de periode 1850-1940. Tot 1985 richtte de RdMz zich vooral op de oudere monumenten. Voor 1850 werd nog voornamelijk met traditionele materialen gebouwd, zoals hout en steen, waarover de RdMz in de loop der jaren een uitgebreide kennis heeft opgebouwd.

Na circa 1850 vond er een sterke toename van de ontwikkeling plaats. Nieuwe typen en grotere bouwwerken waren nodig, waarvoor nieuwe constructiemethoden werden ontwikkeld. Ook werden nieuwe materialen toegepast, zoals ijzer, staal en (gewapend) beton. Omdat hierover de kennis bij de RdMz nog gering was, werd aan de Groep Geschiedenis van de Bouwtechniek van de Faculteit der Bouwkunde van de TU Delft opdracht gegeven tot een onderzoek.

Nadat in 1989 het onderzoek was uitgemond in een drietal boeken in de serie 'Bouwtechniek in Nederland', kwam de RdMz met een voorstel tot een onderzoek naar constructies uit de weg- en waterbouwkunde in Nederland. De belangrijkste bouwwerken op dit gebied zijn de bruggen en de sluisen. Na een vooronderzoek bleek dit terrein te groot om in korte tijd tot een verantwoord resultaat te komen. Daarom werd in overleg met de RdMz besloten om het onderzoek te beperken tot de sluisen en stuwen. De keuze voor deze bouwwerken werd vooral bepaald door het feit dat over bruggen al enkele boeken verschenen waren, alhoewel een totaal overzicht nog ontbreekt, terwijl over sluisen nog nauwelijks iets aanwezig was. (Inmiddels is door het Projectbureau Industrieel Erfgoed aan de Nederlandse Bruggen Stichting opdracht gegeven een onderzoek te verrichten naar bruggen. Aan dit onderzoek zal ook de Groep Geschiedenis van de Bouwtechniek een bijdrage leveren.)

Aanvankelijk zou alleen de periode 1800-1940 worden behandeld. Tijdens het onderzoek bleek echter dat ook aan de periode voor 1800 aandacht moest worden geschonken. Dr.ing. H. Janse van de RdMz gaf hiertoe een eerste aanzet en bewerkte tevens een aantal oude bestekken van sluisen, die als bijlage in dit boek zijn opgenomen. In de loop van het onderzoek kwam echter zoveel interessant materiaal uit de periode voor 1800 naar voren, dat werd besloten om een meer uitgebreide studie te verrichten naar de ontwikkeling van de sluis- en stuw-

bouw in Nederland vanaf het begin tot 1940. Het resultaat daarvan ligt voor u. Het boek geeft een overzicht en een typenordering van de in de genoemde periode in ons land toegepaste sluisen en stuwen met hun afsluitmiddelen.

Het onderzoek betreft voornamelijk een literatuurstudie. Voor archiefonderzoek was nauwelijks tijd, zodat slechts weinig van archiefmateriaal is gebruik gemaakt. Wel werden diverse reizen door Nederland gemaakt om sluisen te bezichtigen en deze vast te leggen op foto's en dia's. Zo kon een beeld worden gevormd van wat er in ons land aan sluisen en stuwen is gebouwd en nog aanwezig is. Ook kon de werking van de diverse afsluitmiddelen worden bekeken.

Het resultaat zou niet mogelijk zijn geweest als schrijver dezes niet de steun en hulp had gehad van diverse personen. Een woord van dank gaat allereerst uit naar de begeleidingscommissie van de RdMz, bestaande uit dr.ing. H. Janse, drs. R. de Jong en drs.ing. D.J. de Vries en de onderzoekskoördinator drs. F.C.A. van der Helm. Vanuit de TU Delft gaven ir. G.G. Nieuwmeijer en prof.ir. J. Oosterhoff hun ondersteuning. Ir. Nieuwmeijer was tevens de projectleider voor het onderzoek. Zowel deze personen als de leden van de begeleidingscommissie lezen de teksten kritisch door en gaven nuttige informatie door. Ing. D. Kranenburg van het Adviesbureau voor Sluisinstallaties in Maartensdijk keek het hoofdstuk 'Afsluitmiddelen' door en voorzag dit van kritische opmerkingen. Ir. C.H. van Eldik was zo vriendelijk de uiteindelijke tekstconcepten grondig na te zien en (met name hoofdstuk 2) te bewerken.

Ir. G.M. Mensink, beheerder van het trésor van de Universiteits Bibliotheek van de TU Delft, en ir. H. Rienks, werkzaam bij de Groep Geschiedenis van de Bouwtechniek, gaven interessante literatuurbronnen door. J.S.D. Dijkstra, eveneens werkzaam bij de Groep, verleende de nodige assistentie en zorgde voor een nette uitdraai van de literatuurlijst. Dr. MDA.Arch G. Vasquez de Velasco de la Puente van TUDARC Research Team (TU Delft) vervaardigde de tekeningen met de computer. Hij deed daarbij meer dan aanvankelijk was gevraagd.

Mw.drs. P. van Rijn van het Instituut voor Pre- en Protohistorische Archeologie verstreekte via de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek (ROB) in

Amersfoort gegevens over enkele Romeinse sluizen. Evenals T.W. de Haas, die samen met drs. A.J. Guiran (beiden werkzaam bij het Bureau Oudheidkundig Onderzoek van Gemeentewerken Rotterdam, BOOR) ook informatie verstrekte over opgegraven Middeleeuwse sluizen te Rotterdam. Prof. mr. H. van der Linden gaf een aantal gegevens over de waterstaatkundige toestand van ons land in de Middeleeuwen, terwijl M. Coornaert uit Waregem in België gegevens over de toenmalige waterstaatkundige toestand in Vlaanderen aandroeg. Hierbij was tevens een uitvoerig verslag van het oudst bekende bestek over sluizen, dat van de Eiesluis te Heist in Vlaanderen. Drs. W.J. Hagoort uit Ermelo verstrekte een aantal oude bestekken van sluizen uit de omgeving van Nijkerk en mw. drs P.J.E.M. van Dam uit Leiden enkele bestekken van het Hoogheemraadschap van Rijnland.

Dank is ook verschuldigd aan de vele sluiswachters die toestemming gaven voor het maken van foto's en soms ook interessante gegevens verstrekten. Verder gaat onze dank uit naar de diverse gemeenten, archiefdiensten, diensten van Rijkswaterstaat, musea en verscheidene

particulieren (met name ir. M. Butterman uit Krimpen aan den IJssel, J. Kok uit Apeldoorn, R. Smit uit Dwingelo, ir. J.A. Storm van Leeuwen uit Utrecht en ir. D. Vreugdenhil uit Velp), die interessante informatie en illustratiemateriaal aanleverden. H. Bouwman uit Leiderdorp, K. van Harten uit Hekendorp, ing. M.J. Steffers uit Gorredijk en J.K. de Wolde uit Meppel verzorgden één of meer rondleidingen langs interessante sluizen.

Dank is voorts verschuldigd aan mw. drs. E. de Ligt die het lay-outwerk voor haar rekening nam en aan de fotografen H.W. Krüse en J.C.C. Schouten van de Technische Universiteit Delft voor het maken van foto's.

Tot slot ben ik dank verschuldigd aan mijn vrouw en kinderen. Zij brachten het geduld op om mee te gaan op sluispad (of sluisjacht, zoals zij het noemden). Ook hielpen zij mee met het sorteren en documenteren van de gemaakte foto's en dia's en het typen van de teksten.

Ir. G. Jan Arends  
*Gouda 1994*



# 1. INLEIDING

Nederland-waterland. Deze bekende uitdrukking maakt duidelijk dat het water in ons land een belangrijke plaats inneemt. Nederland wordt grotendeels gevormd door de delta van enkele grote rivieren. Wanneer er geen dijken bestonden, zou ongeveer de helft van het land, waaronder de dichtbevolkte Randstad, overstromen. Dit toont aan dat grote gebieden van ons land zeer laag liggen en dus moeten worden beschermd tegen het water.

Water is echter niet alleen een vijand. De vele rivieren, kanalen en vaarten maken een druk scheepvaartverkeer mogelijk. De vaarwegen hebben echter niet overal dezelfde waterhoogte, zodat op vele plaatsen voorzieningen noodzakelijk zijn om doorgaand scheepvaartverkeer mogelijk te maken. Ook in oorlogstijd heeft het water vroeger vaak als bondgenoot gefungeerd. Het onderwater zetten van gebieden (inunderen) maakte het de vijand onmogelijk om verder het land binnen te trekken.

## Sluizen en stuwen

In het beheersbaar maken van het water spelen sluizen een belangrijke rol. Sluizen zijn waterbouwkundige bouwwerken, die dienen ter regulering van de waterstand. Zij kenmerken zich door een beweegbare waterkering en tevens door de mogelijkheid de waterwegen aan beide zijden van de sluis met elkaar te verbinden; ook als de waterstand niet gelijk is.

In tegenstelling hiermee staan bijvoorbeeld de gemalen en overlanten, waarmee wel de waterstand kan worden gereguleerd, maar die geen directe verbinding tussen twee waterwegen vormen. Duikers en grondduikers daarentegen verbinden wel twee waterwegen met elkaar, maar hebben geen waterkerende functie.

Nauw verwant aan de sluizen zijn de beweegbare stuwen. Evenals de sluizen regelen deze de waterstand van een waterweg, gewoonlijk een rivier of een beek, en zorgen er voor dat de waterstand achter de stuw zoveel mogelijk op het gewenste peil wordt gehouden. Bij een overschot aan water kan het afsluitmiddel in de stuw geheel of gedeeltelijk worden weggenomen.

Het verschil tussen sluizen en stuwen is niet zo groot. Soms is het ook niet duidelijk of men met een sluis of met een stuw heeft te maken. Over een stuw stroomt gewoonlijk water heen, maar er zijn ook (schut)sluizen waar het water over de deuren heen kan stromen. Met name keersluizen hebben vaak een functie die vergelijkbaar is met die van een stuw.

## Sluistypen

Sluizen worden gewoonlijk ingedeeld naar hun functie. Daarbij zijn drie hoofdgroepen te onderscheiden, namelijk sluizen ten behoeve van de waterhuishouding, sluizen voor de scheepvaart en sluizen met een militaire functie. Tot de sluizen die voornamelijk de waterhuishouding dienen, behoren de uitwateringsluizen, de ontlastsluizen, de inlaatsluizen, de irrigatiesluizen en sommige keersluizen.

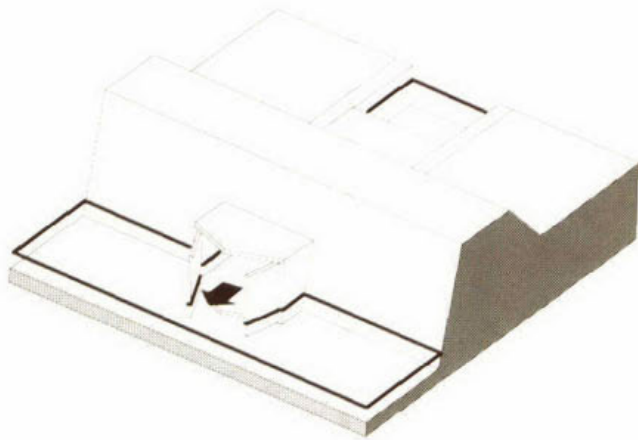
De bekendste scheepvaartsluizen zijn de schutsluizen. Daarnaast zijn er de keersluizen en de spuisluisen, die een functie voor de scheepvaart bezitten. De militaire sluizen omvatten de inundatiesluizen en de damsluizen. De bovengenoemde indeling ligt niet altijd even scherp. Veel sluizen hebben een gemengde functie. Scheepvaartsluizen hebben vaak ook een taak in de regulering van de waterhuishouding. In scheepvaartwegen komen ook sluizen voor die primair zijn bedoeld voor de waterhuishouding en die normaliter vrijwel continu openstaan. Gewone civiele (niet-militaire) sluizen waren soms zo ingericht, dat zij ook als inundatiesluizen konden worden gebruikt.

Een andere, meer op de vorm en de constructie gerichte indeling is die in stroomsluizen en schutsluizen. Tot de stroomsluizen behoren de sluizen die uit één sluishoofd bestaan. Dit zijn alle sluisstypen met uitzondering van de schutsluizen. Schutsluizen bezitten twee of meer sluishoofden, onderling gescheiden door één of meer schutkolken.

### *Uitwateringsluizen of suatiesluizen*

Uitwaterings- of suatiesluizen (afb. 1) voeren het overtollige water uit een polder of een boezem af. Een polder is een meestal laaggelegen gebied met een geregelde waterstand, dat gewoonlijk wordt omringd door dijken. Deze dijken moeten het buitenwater uit de polder houden. De polders ontvangen echter ook regenwater uit de lucht en kwelwater, dat door de dijken heen sijpelt. Met name in natte perioden moeten voorzieningen worden getroffen om het overtollige water af te voeren. Indien de polder niet al te laag ligt ten opzichte van het buitenwater, is een uitwateringssluis hiervoor geschikt. Deze sluizen kunnen alleen functioneren wanneer de waterstand achter de sluis (het binnenwater) hoger is dan de waterstand voor de sluis (het buitenwater). Dit doet zich bijvoorbeeld voor bij polders die op een benedenrivier, een zee-arm of op zee lozen. Tijdens eb is het buitenwater lager





1. *Uitwateringssluis.*

dan het binnenwater in de polder, zodat de sluisdeuren openstaan. Bij opkomend tij moeten deze weer worden gesloten.

Het kenmerkende van een uitwateringssluis is dus dat de sluis overtollig binnenwater moet afvoeren, terwijl daarnaast hoog buitenwater moet worden gekeerd. Uitwateringssluizen zijn voor wat betreft de waterhuishouding verreweg het belangrijkste sluisstype, hoewel het merendeel vrij klein van omvang is. Regelmatig wordt de uitwateringssluis aangeduid met de naam spuisluis. Een spuisluis dient echter primair een ander doel, hetgeen verderop ter sprake komt.

#### *Ontlastsluizen*

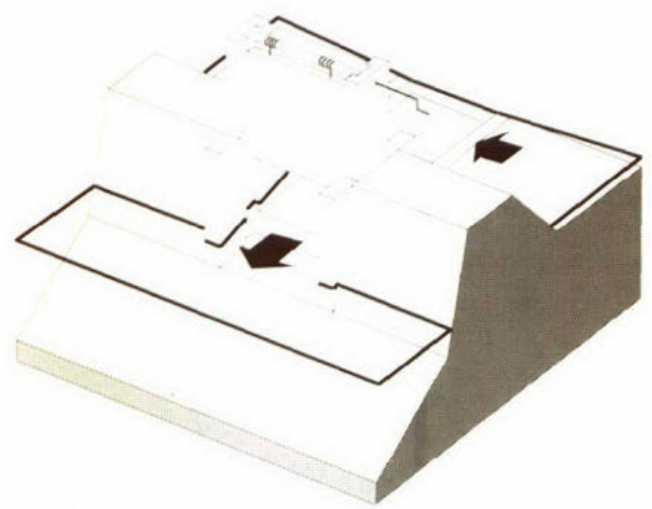
Ontlastsluizen (afb. 2) hebben als functie het water af te voeren dat ten gevolge van een al of niet gewenste overstrooming een gebied is binnengekomen. Zij kunnen een bijzonder type van de uitwateringssluizen worden beschouwd, maar doen alleen in noodgevallen dienst. Een schuif, die er voor moet zorgen dat het buitenwater niet naar binnen stroomt, is in de meeste gevallen voldoende. Ontlastsluizen behoeven niet persé in een waterweg te liggen.

#### *Inlaatsluizen*

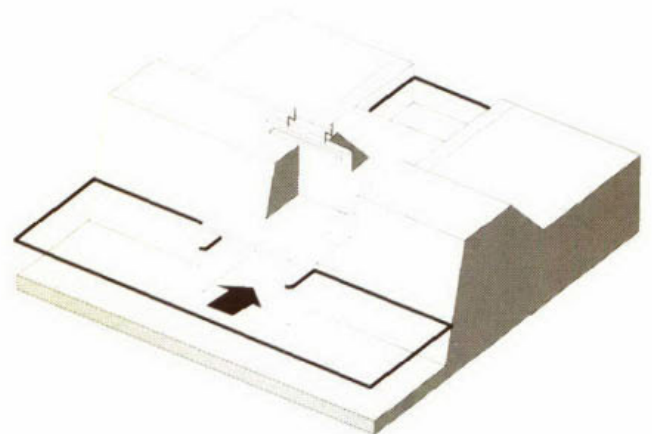
Inlaatsluizen (afb. 3) dienen om op gewenste tijden water in te laten; dus een tegenovergestelde functie aan die van de uitwateringssluizen. De inlaatsluizen worden toegepast in polders waar het polderpeil, en daarmee de grondwaterstand, na een droge periode te laag zou worden en de bodem daardoor zou uitdrogen. Om ook bij lage rivierstanden water in te kunnen laten, moet de sluisdrempel voldoende laag liggen. Onder normale omstandigheden is de sluis gesloten om het buitenwater te keren. Inlaatsluizen worden ook gebruikt voor het verversen van grachtwater in steden of van polderwater. Een ander toepassingsgebied van de inlaatsluis is het (in droge perioden) doorlaten van water op een kanaal om de vaardiepte op peil te houden. Sluizen met deze functie worden ten onrechte ook wel spuisluizen genoemd.

#### *Irrigatiesluizen*

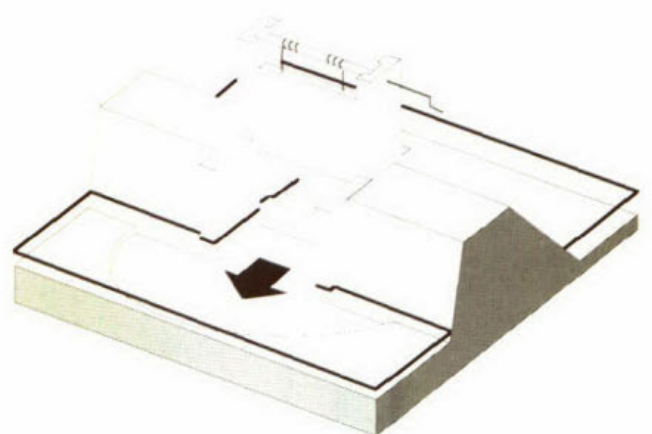
Irrigatiesluizen (afb. 4) dienen om water bewust over lan-



2. *Ontlastsluis.*

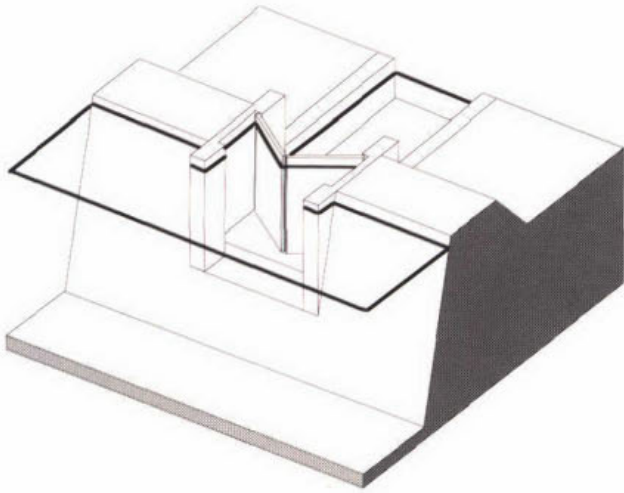


3. *Inlaatsluis.*

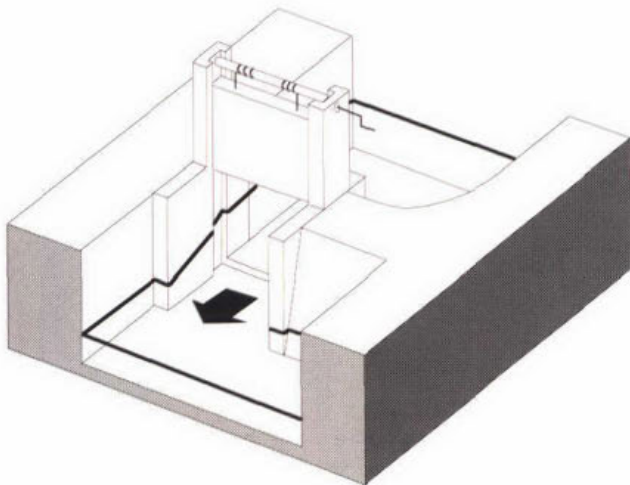


4. *Irrigatiesluis.*

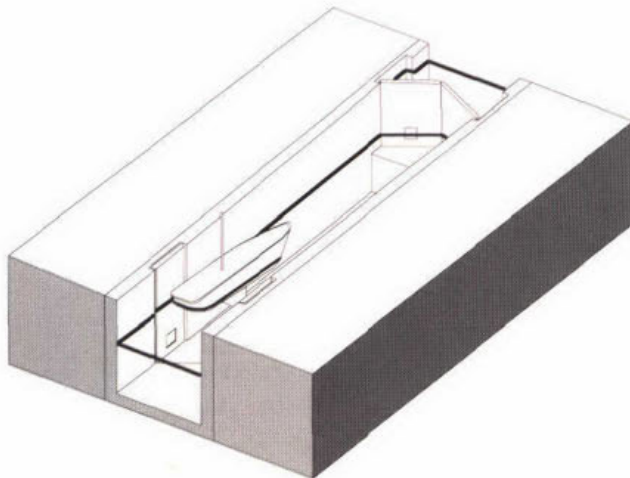




5. Keersluis.



6. Spuisluis.



7. Schutsluis.

derijen te laten lopen voor bevoeiing. Als het buitenwater hoger ligt dan het maaiveld achter de sluis kan het water via de irrigatiesluis over het land worden verdeeld. Vaak werd het water eerst via een inlaatsluis van een hoger gelegen water afgetapt naar een tussenreservoir. Van daaruit werd het dan via irrigatiesluizen over de landerijen verdeeld.

#### Keersluizen

Keersluizen (afb. 5) moeten voorkomen dat er achter de sluis een te hoge of juist een te lage waterstand komt. De sluis wordt veel toegepast bij zeehavens. Meestal staan zij open vanwege de scheepvaart, maar bij (te) hoog of bij (te) laag water worden de deuren gesloten om te voorkomen dat het achterliggende gebied overstroomt, respectievelijk dat de haven droog valt. Dit laatste kan zowel voor de schepen als voor de kademuuren fataal zijn. Indien de sluis zowel bij laag als bij hoog water moet worden gesloten, is deze dubbelkerend uitgevoerd. Bij toepassing van puntdeuren is de sluis in dat geval voorzien van twee stel deuren.

Bevindt de keersluis zich aan de ingang van een dok, dan wordt zij gewoonlijk doksluis genoemd. Een dok is een bassin waarin nieuwe schepen worden gebouwd (bouwdok) of waarin bestaande schepen kunnen worden drooggezet voor onderhouds- en reparatiewerkzaamheden (droogdok). De doksluis wordt bij hoge waterstand geopend, waarna het schip naar binnen kan varen. Bij eb loopt het dok leeg, zodat het schip droog komt te liggen, waarna de sluisdeur wordt gesloten. Dokken waarbij de bodem beneden de laagwaterstand ligt, moeten worden leeggepompt nadat de deur is gesloten. Ook een zeehaven die achter een sluis lag, noemde men vroeger wel een dok.

#### Spuisluizen

Spuisluizen (afb. 6) hebben als doel het dichtslibben van waterwegen te voorkomen en deze zodoende op voldoende diepte te houden. Zij waren vooral te vinden aan het einde van kleine zeehavens. De sluis heeft daar een functie ten dienste van de scheepvaart, namelijk een baggerfunctie, hoewel zij zelf meestal geen schepen doorlaat.

Achter de sluis bevindt zich een waterbekken, de spuikom, die tijdens opkomend tij (vloed) moet worden gevuld. Bij afnemend tij (eb) wordt de sluis gesloten en bij laag water, als de waterspiegel van het buitenwater voldoende is gezakt weer geopend. Het in de spuikom opgeslagen water stroomt dan met grote snelheid naar buiten. Door de kracht van het naar buiten stromende water wordt het slib dat op de bodem van de voor de sluis gelegen waterweg ligt, losgewoeld en meegenomen.

Een ander gebruik van spuisluizen is het op gezette tijden schoonspoelen en verversen van water in steden. Het water moet dan kunnen worden afgevoerd, bijvoorbeeld door middel van een uitwateringssluis. Een sluis die slechts dient om water te verversen, heet een inlaatsluis. De snelheid waarmee het water door de sluis stroomt, is in dat geval klein.

#### Schutsluizen

Schutsluizen (afb. 7) maken scheepvaart mogelijk tussen twee verschillende waterwegen of kanaalpannen met een



ongelijk waterpeil. Daartoe bestaat een schutsluis gewoonlijk uit ten minste twee sluishoofden, die onderling zijn verbonden door een schutkolk. Door het water in de schutkolk beurtelings de hoogte van het boven- of benedenwater te geven, kan het afsluitemiddel tussen de kolk en respectievelijk het boven- of het benedenwater worden geopend en een schip naar binnen of naar buiten varen. Een bijzonder type schutsluizen zijn de keer-schutsluizen. Deze staan normaliter open en worden alleen onder uitzonderlijke omstandigheden in werking gesteld.

Schutsluizen zijn de belangrijkste en gewoonlijk de meest in het oog springende sluisen. Zij kunnen verschillende vormen hebben. Zo kan een schutsluis enkelkerend dan wel dubbelkerend zijn. In het laatste geval kan naar twee zijden water worden gekeerd, hetgeen onder meer nodig is bij sluisen die een binnenwater met de open zee verbinden. Bijzondere schutsluizen zijn de gekoppelde sluisen (met twee of meer schutkolken achter elkaar) en de driewegsluisen (die drie scheepvaartwegen met elkaar verbinden). In het hoofdstuk 'Schutsluizen' zullen de verschillende typen uitvoerig worden beschreven.

#### *Inundatiesluizen*

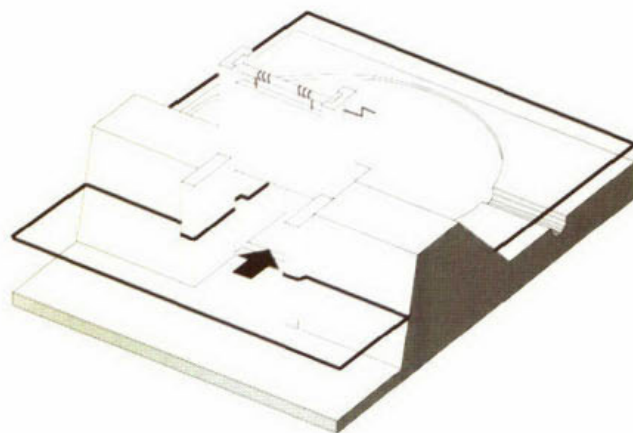
Inundatiesluizen (afb. 8) dienen om ten tijde van oorlog of oorlogsdreiging snel te kunnen worden geopend om water door te laten en op deze wijze grote stukken land onder water te zetten of te inunderen. In normale gevallen is de sluis gesloten. Inundatiesluizen hebben dus een soortgelijke werking als de inlaatsluizen. Soms worden zij ook wel met deze naam aangeduid of doorlaatsluizen genoemd. Een inundatiesluis hoeft niet altijd twee waterwegen met elkaar te verbinden.

#### *Damsluizen*

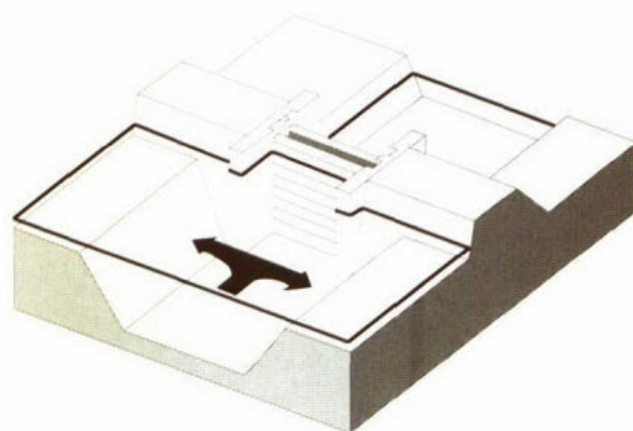
Damsluizen (afb. 9) moeten in oorlogstijd voorkomen dat het inundatiewater het inundatiegebied uitstroomt, of juist een te groot gebied onder water zet. Zij bestaan meestal uit een sluishoofd, waarin schotbalken kunnen worden geplaatst. In normale gevallen staat de damsluis open en kan er bijvoorbeeld onbelemmerde scheepvaart plaatsvinden. Alleen bij oorlogsgevaar wordt de sluis gesloten, waarbij er feitelijk een dam in de waterweg wordt gecreëerd. Een bijzonder type damsluis is de plofsluis, waarbij de vaarweg wordt afgesloten door het laten exploderen van de bodem van een (bijvoorbeeld met puin en zand gevuld) reservoir dat boven de vaarweg is gebouwd.

In hoofdstuk 2 zal de ontwikkeling van de waterbouwkundige constructies in Nederland tot ongeveer 1940 worden geschetst. Naast sluisen en stuwen zullen tevens rivierverbeteringen en overlaten worden behandeld, terwijl ook alternatieven voor de schutsluizen, zoals overtoeren en scheepslijften, aan de orde komen. Een essentieel onderdeel van een sluis is het afsluitemiddel. Hiervan zijn in de loop der tijd diverse typen ontwikkeld. In hoofdstuk 3 zullen deze uitvoerig worden beschreven.

Op de sluisstypen zelf zal worden teruggekomen in de hoofdstukken 4 en 5. Daarbij zal ruimschoots aandacht worden besteed aan de constructie van het sluislichaam.



8. *Inundatiesluis.*



9. *Damsluis.*

In hoofdstuk 4 staan de stroomsluisen centraal, met als belangrijkste type de uitwateringssluis. Hoofdstuk 5 beschrijft de schutsluis in haar vele vormen. Aandacht wordt daarbij geschonken aan de constructie van de sluishoofden en de schutkolken, aan de schuiven in de deuren en aan het rioolstelsel. In hoofdstuk 6 zullen de stuwen en de vistrappen worden behandeld.

De verklarende computertekeningen zijn ter wille van de duidelijkheid zo eenvoudig mogelijk gehouden. Zo zijn niet ter zake doende details weggelaten, terwijl het bewegingsmechanisme van de afsluitemiddelen vaak door een simpele slinger is weergegeven.

#### **Eenheden en benamingen**

Tot slot nog iets over de gebruikte eenheden en de benamingen ijzer en staal. In dit boek worden voor gewichts- en lengtematen eenheden uit het metrieke stelsel gebruikt. Daar waar in de oorspronkelijke bron oude maten worden genoemd, zijn deze zo veel mogelijk omgerekend en wordt voor de leesbaarheid meestal alleen deze 'moderne' waarden gegeven.

Met het omzetten van oude maten moet men echter oppassen, omdat hier nogal eens fouten mee worden ge-

maakt. Als voorbeeld kan het volgende dienen. In literatuur uit de 19de eeuw vindt men als lengtematen dikwijls de el, de duim en de palm genoemd. Voor het gewicht wordt vaak het pond als eenheid gebruikt. Een normaal volwassen persoon had toen bijvoorbeeld een lengte van 1,7 el en een gewicht van 70 pond. Als men deze maten in een woordenboek opzoekt, vindt men voor een el circa 65 tot 70 cm en voor een pond 0,4 tot 0,5 kg.

Weliswaar waren de mensen vroeger gemiddeld kleiner dan nu, maar een lengte van nog geen 1,2 m en een gewicht van 35 kg was ook in de 19de eeuw uitzonderlijk. Bedacht moet worden dat in die tijd voor maten uit het metrieke stelsel de oude benamingen werden gebruikt, meestal vooraf gegaan door het woord 'Nederlandsche'.

Het metrieke stelsel werd door de Fransen in de Franse Tijd in Nederland ingevoerd en na hun vertrek in 1813 bleef dit stelsel gehandhaafd. Blijkbaar had men echter

zo'n tegenzin tegen de Franse benamingen dat men voor oude Nederlandse namen koos. Een km werd aangeduid als een (Nederlandse) mijl en een meter als een el. Een palm is 10 cm en een duim 1 cm, terwijl het (Nederlandse) pond gelijk is aan 1 kg. Pas in de tweede helft van de 19de eeuw begint men langzamerhand de nu nog gebruikelijke namen te gebruiken.

Ook over de benamingen van de diverse ijzersoorten bestaat soms verwarring. Voor 1900 werd voornamelijk smeed- of welijzer gebruikt en in mindere mate gietijzer. Aan het eind van de 19de eeuw kwam het vloeijzer in opkomst. Deze ijzersoort, die langs vloeibare weg werd verkregen, noemt men na circa 1925 staal. De overgang van ijzer naar staal is echter niet exact aan te geven. In dit boek is gekozen voor de benaming ijzer voor constructies van voor 1900, terwijl bij de constructies uit de 20ste eeuw meestal de benaming staal wordt gebruikt. Daar waar gietijzer wordt bedoeld, zal dit worden aangegeven.





*Schutsluisje bij windmolen De Trouwe Wachter in de Tienhovensche Plassen bij Tienhoven, zie pag. 15 en 169.  
(Fotografische Dienst Bouwkunde, TU Delft)*



## 2. WATERBOUWKUNDIGE KUNSTWERKEN IN NEDERLAND

### Waterland

Nederland, althans het grootste deel daarvan, is een waterland. Met name het afgelopen millennium kenmerkt zich door een voortdurende strijd tegen het water. Nu eens nam de zee een deel van het land, dan weer werd land op de zee terug veroverd. Grote delen van ons land liggen beneden het gemiddelde zeeniveau. Wanneer er geen dijken zouden liggen, zou ongeveer de helft van Nederland permanent of twee maal per dag onder water staan<sup>1</sup>. Ook de rivieren zouden zonder dijken regelmatig buiten hun oevers treden.

Om een laag gelegen gebied te beschermen tegen hoog buitenwater wordt dit gebied omringd door dijken. De watervoorraad in de aldus verkregen polder wordt echter regelmatig aangevuld door regenwater en door kwel. Deze toename van de watervoorraad is doorgaans veel groter dan de afname door verdamping.

Om het overtollige water kwijt te raken, moeten er voorzieningen worden getroffen. Als de polder niet al te laag in een getijgebied ligt, kan worden volstaan met een afsluitbare opening in de vaste waterkering. Bij laagwater wordt de afsluiting weggenomen en stroomt het water uit de polder, terwijl bij vloed de opening weer moet worden gesloten. Een dergelijke constructie met afsluitbare opening wordt een uitwateringssluis genoemd.

Doorsnijdt de vaste waterkering een waterweg, dan vormt deze een hindernis voor de scheepvaart. Om scheepvaartverkeer alsnog mogelijk te maken, kan men in de waterkering een schutsluis bouwen. Hiermee zijn de belangrijkste twee sluisstypen genoemd.

Dit hoofdstuk geeft een schets van de ontwikkeling van de sluis- en stuwbouw in Nederland tot ongeveer 1940. Behalve de sluisen en de stuwen komen daarbij ook de alternatieven voor de schutsluisen, de overtomen en de scheepsliften ter sprake. Tevens worden de belangrijkste kanalen, rivierverbeteringen en overlaten genoemd.

Er zijn daarbij verschillende perioden te onderscheiden, zowel met betrekking tot het materiaalgebruik als tot de toepassing van nieuwe sluisstypen of afsluitmiddelen. Getuige op het materiaalgebruik zijn er vier perioden te onderscheiden. De eerste sluisen werden van hout gemaakt, zowel in de Romeinse tijd als in de Middeleeuwen. Rond 1400 verschijnen de eerste stenen sluisen, terwijl circa 1850 in Nederland de eerste ijzeren sluisdeuren worden toegepast. Omstreeks 1900 wordt het gewapend beton in de sluisbouw geïntroduceerd en komen er stalen in plaats

van ijzeren afsluitmiddelen in gebruik.

Hier is echter primair gekozen voor een indeling naar de toepassing van nieuwe sluisstypen, met het accent op de afsluitmiddelen. De eerste toepassing van sluisen dateert uit de Romeinse tijd. Het betreft voornamelijk uitwateringssluisjes in de vorm van een uitgeholde boomstam en voorzien van een klep. Na de val van het Romeinse Rijk verdwijnt ook de toepassing van sluisen.

Pas omstreeks het jaar 1000 wordt de sluis opnieuw geïntroduceerd. In deze tweede periode komen diverse houten afsluitmiddelen voor, zoals de schotdeur (hefdeur), de klepdeur, de enkele draaideur en de puntdeuren. De derde periode, vanaf omstreeks 1560, kenmerkt zich door een sterke toename van de bouw van stenen sluisen en tevens door de ontwikkeling van een aantal nieuwe afsluitmiddelen, zoals de (verbeterde) toldeur, de roldeur en de kruisende deuren.

Een volgende periode van ontwikkeling begint rond 1775 en eindigt ongeveer 1850. Gedurende deze vierde periode worden eveneens diverse nieuwe (of verbeterde) afsluitmiddelen ontworpen, zoals de roldeur, de schipdeur, de waaierdeur en de gekoppelde deuren. Nederland liep toen nog vooraan voor wat betreft de ontwikkelingen in de sluisbouw.

De vijfde periode kenmerkt zich voornamelijk door de toepassing van nieuwe materialen, eerst het giet- en het smeedijzer en daarna het staal en het gewapend beton. Nieuwe ideeën voor afsluitmiddelen haalde men grotendeels uit het buitenland. De Nederlandse inbreng bestond bijna uitsluitend uit het aanbrengen van verbeteringen. In deze periode verschenen ook de eerste Nederlandse stuwen, gebouwd in een aantal kleine rivieren in Overijssel en Gelderland.

De zesde en laatste periode is die tussen de beide wereldoorlogen. De belangrijkste werken uit die periode zijn de Maaskanaliserie, de bouw van de grote schutsluis in IJmuiden en de aanleg van de Afsluitdijk, waarna een begin werd gemaakt met de inpoldering van de Zuiderzee. Tevens verschenen een aantal moderne afsluitmiddelen, zoals de roldeur, de hefdeur en de segmentdeur. Ook in deze periode waren de ontwikkelingen in het buitenland van grote invloed.

### 2.1 De Romeinse tijd

Al in de Romeinse tijd werden in Nederland sluisen gebouwd, zij het nog primitief. Een uitgeholde boomstam



met aan het uiteinde een klep fungeerde als uitwateringslus. Met name in Zuid-Holland zijn de laatste decennia een aantal sluisjes uit deze tijd blootgelegd.

## Terpen

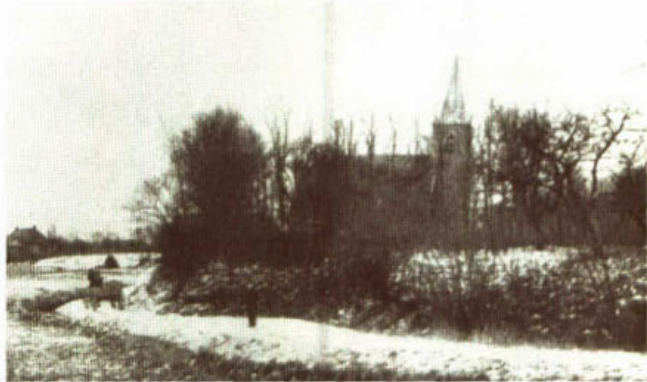
Dijken die het land tegen overstroming moeten beschermen, zijn er niet altijd geweest. Ver voor het begin van onze jaartelling lag het zeeniveau veel lager dan nu het geval is. De duinenrij langs onze kust vormde een vrijwel aaneengesloten geheel met slechts enkele openingen voor de uitmondingen van de grote rivieren, de Rijn, de Maas en de Schelde<sup>2</sup>.

Door de stijging van de zeespiegel kreeg de zee steeds meer grip op de laaggelegen delen van ons land. De bewoners verplaatsten zich langzamerhand naar de hogere gebieden of wierpen kunstmatige heuvels op, terpen of wierden geheten, om daar hun onderkomens te bouwen (afb. 10)<sup>3</sup>.

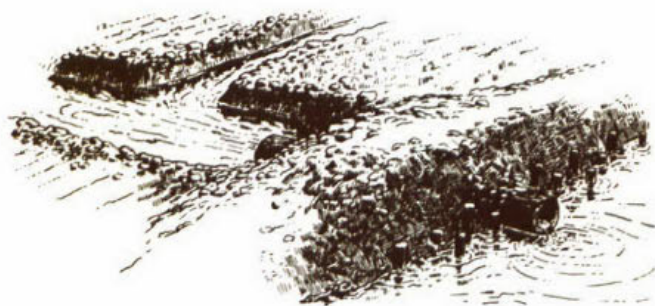
Plinius, die in de eerste eeuw na Christus leefde, schreef in het 16de boek van zijn *Historia Naturalis*, over de 'lage landen' die tweemaal per dag onder water liepen<sup>4</sup>. De volgens hem armzalige bewoners wierpen zelf heuvels op tot een hoogte boven springtij en bouwden daarop hun hutjes. Bij hoogwater leek het of zij zich op schepen bevonden temidden van de golven, terwijl zij bij laagwater meer weg hadden van schipbreukelingen, aldus Plinius. In het rivierengebied maakten de bewoners eveneens gebruik van, meestal natuurlijke, heuvels om zich tegen zeer grote waterafvoeren te beschermen<sup>5</sup>. De heuvels werden daar woerden of donken genoemd.

## Bedijkingen

De eerste dijken werden in onze streken in de Romeinse tijd aangelegd<sup>6</sup>. Dit waren aanvankelijk niet meer dan plaatselijke kaden langs rivieren en beken. Met behulp van deze kaden en door het graven van sloten of weteringen trachtte men het water dat bij grote rivierafvoeren het land overstroomde, 'gecontroleerd' af te voeren. De kaden leidden het water over de zogeheten loopvelden,



10. De terp of dorpswierde van Eenum in de gemeente 't Zandt, met op de voorgrond de 'ossenweg', op een foto van W. Pastoor uit 1903.



11. Reconstructietekening van een duiker uit de Romeinse tijd volgens M.F. Valkhoff (*BOOR, Rotterdam*).

die het winterbed van de rivier vormden<sup>7</sup>. Daar bezonken de meegevoerde slibdeeltjes, die het land vruchtbaar maakten. Gedurende de zomer gebruikte men deze velden voor de landbouw.

Dichter bij zee moesten de gebieden ook tegen de dagelijks terugkerende vloed worden beschermd. Uit archeologisch onderzoek is gebleken dat met name in Zuid-Holland op diverse plaatsen afwateringsstelsels zijn geweest. Om een gebied werd een dijkje aangelegd, terwijl men in het gebied greppels en sloten groef, die het water naar een hoofdwatgang voerden<sup>8</sup>. Deze hoofdwatgang kan zowel een natuurlijk riviertje zijn, dat men heeft afgedamd, als een kunstmatig gegraven waterweg.

## Duikers in het Maasmondgebied

In de dam die het binnenwater van het buitenwater scheidde, werd een duiker aangebracht (afb. 11). Er is in Zuid-Holland tot nog toe een achttal Romeinse duikers blootgelegd. Hiervan bevonden zich er zeven in het Maasmondgebied rond Rotterdam, namelijk te Schiedam-Kethel, te Zuidland, te Spijkenisse (Hartel-West), in het Hartelkanaal ten noorden van Spijkenisse, te Poortugaal (twee), en bij Capelle aan den IJssel<sup>9</sup>. Op grond van bij de duikers gevonden aardewerk of met behulp van de C14-methode kon worden bepaald, dat deze duikers uit het begin van onze jaartelling dateren. De bij ontgrondingswerkzaamheden blootgelegde duiker van elzehout in het Hartelkanaal is volgens de C14-datering zelfs afkomstig uit circa 100 voor Chr. Dit zou er op wijzen dat er reeds voor de komst van de Romeinen in ons land (circa 50 voor Chr.) sprake was van een regulering van de waterhuishouding door dijkjes en duikers.

Bij de meeste duikers werden geen sporen van een afsluitmiddel gevonden. Vermoedelijk dienden deze duikers slechts als verbinding tussen twee waterlopen, die door een weg waren gescheiden. Een duiker bij Valkenburg bezat een klep met een bovengelegen draaias, terwijl bij de duiker te Schiedam-Kethel slechts het scharnierpunt nog aanwezig was. De kleppen werden waarschijnlijk bij laag buitenwater door het uitstromende binnenwater geopend en bij opkomend water weer gesloten.

De duikers bestonden uit een uitgeholde boomstam van een es of een els. Deze werd gewoonlijk in tweeën gesple-



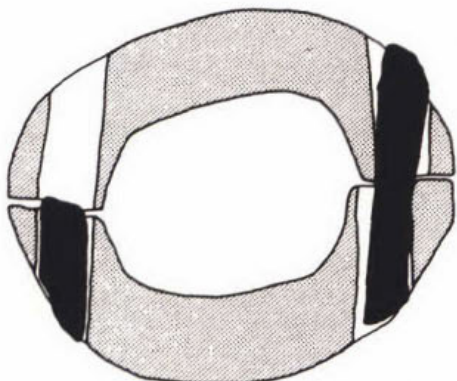
ten, waarna de beide helften werden uitgehold om vervolgens weer aan elkaar te worden bevestigd. Hiervoor zijn twee methoden toegepast. Bij de elzehouten duiker uit Zuidland waren de beide helften door een pen-en-gatverbinding met elkaar verbonden (afb. 12)<sup>10</sup>. De in 1983 opgegraven duiker is volgens de C14-datering afkomstig uit de tweede helft van de tweede eeuw.

De twee helften van de in 1966 te Schiedam-Kethel blootgelegde duiker werden bijeengehouden door een vijftal twijgen, die rond de koker waren aangebracht (afb. 13)<sup>11</sup>. Met behulp van tussen de twijgen en de koker geslagen wiggen waren de beide delen stevig op elkaar geklemd, zodat een vrijwel waterdichte constructie ontstond. De duiker bezat een binnendiameter van bijna 30 cm. Aan de uitmondig van de duiker heeft een klep gezeten met een bovenliggende draaiaas. De klep was verdwenen, maar het scharnierpunt, dat nog aanwezig. Dit bestond uit een gevorkt balkje, dat door middel van een pen-en-gatverbinding met drie pennen boven op de koker was bevestigd. Op grond van gevonden resten aardewerk neemt men aan dat deze uit omstreeks het jaar 100 dateert, hoewel een jongere datum (Middeleeuwen) niet is uitgesloten.

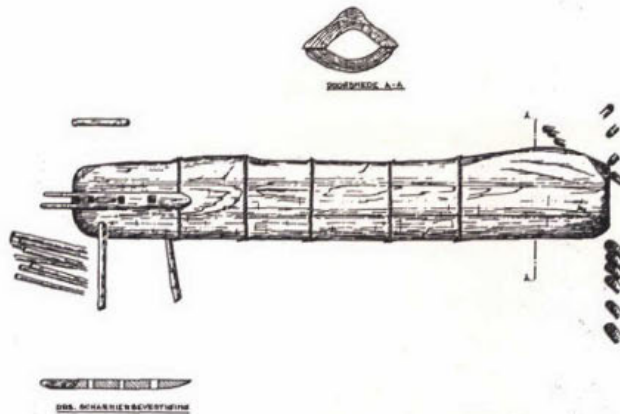
### Duiker met klep te Valkenburg (ZH)

Naast de hiervoor genoemde duikers werd in 1988 ook een duiker opgegraven in Valkenburg. Deze bestond uit één geheel: een boomstam van een es, die was uitgehold zonder deze eerst te splijten<sup>12</sup>. De inwendige diameter bedroeg circa 25 cm. Aan de buitendijkse zijde bezat de duiker aan de bovenkant een gevorkte uitstulping (afb. 14). Deze diende als scharnier voor een eveneens nog aanwezige houten klep. Op grond van gevonden resten aardewerk werd vastgesteld, dat de koker uit het einde van de tweede eeuw dateert.

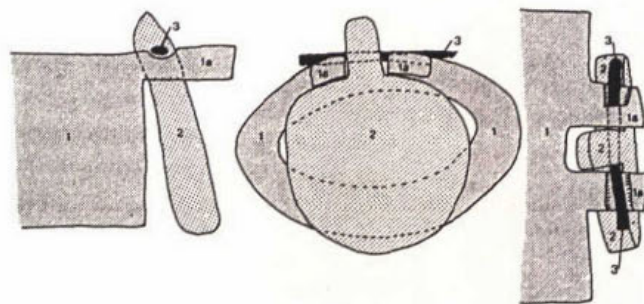
Vlak bij deze duiker werd ook een houten waterkering gevonden, die uit dezelfde tijd stamt<sup>13</sup>. Deze bestond uit een vijftal verticale planken, die bijeen werden gehouden door een horizontale plank aan weerszijden van de kering (afb. 15). Zowel aan de voor- als de achterzijde waren een tweetal schoorpalen in de grond geslagen, waarmee de beide horizontale planken op hun plaats werden



12. Doorsnede van de Romeinse duiker te Zuidland.



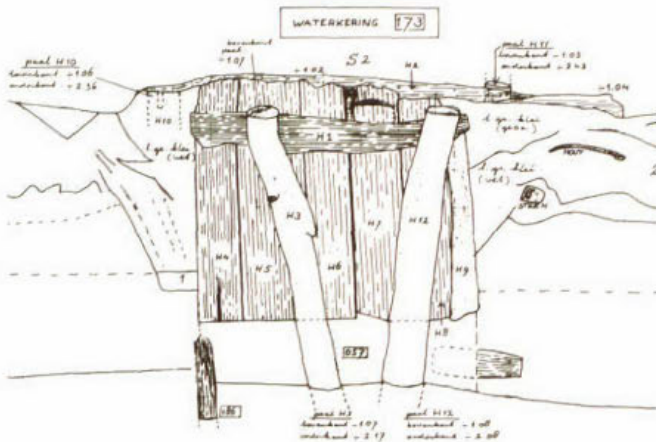
13. Duiker met scharnierbevestiging voor een klep te Schiedam-Kethel volgens C. Wind.



14. Romeinse duiker te Valkenburg; opname tijdens de ontgraving (boven) en tekening van de klepconstructie (onder).

1 = duiker met gevorkte uitstulping (1a), 2 = klep en 3 = draaiaas.





15. Houten Romeinse waterkering bij Valkenburg: opname tijdens de opgraving met op de achtergrond de duiker (boven) en een veldtekening van de kering.

gehouden. Het is niet duidelijk of dit een vaste dan wel een beweegbare (wegneembare) waterkering is geweest. Alle onderdelen waren zonder verbindingsmiddelen tegen elkaar geplaatst, terwijl de verticale planken ruim 10 cm in de ondergrond staken.

### Vroege Middeleeuwen

De aanleg van dijken en andere waterstaatkundige constructies is in het algemeen een onderneming, die gezamenlijk moet worden aangepakt. Met de val van het Romeinse Rijk rond 400 verdween echter het centrale gezag en lag ook de dijkbouw vrijwel stil. Sluizen en dergelijke verdwenen uit het landschap. Door de stijging van de zeespiegel kwamen overstromingen steeds vaker voor. Daardoor trad verzilting van het grondwater op, waar-

door de toestand in de kustgebieden langzamerhand onhoudbaar begon te worden<sup>14</sup>. De lager gelegen kustgebieden waren tijdens de vroege Middeleeuwen nauwelijks bevolkt. Alleen de terpen in Friesland en de wierden in Groningen werden nog bewoond.

### 2.2. De late Middeleeuwen

Met de bouw van sluizen is men waarschijnlijk rond het jaar 1000 opnieuw begonnen. De eerste sluizen werden uitsluitend gebruikt voor de uitwatering. Scheepvaartsluizen werden pas enkele eeuwen later gebouwd. Bijna alle sluizen werden in deze periode van hout gemaakt, terwijl als afsluitmiddelen voorkomen de schotdeur, de enkele draaideur, de klepdeur en later ook de puntdeuren.

### Zeedijken

Omstreeks het jaar 1000 vond in Holland een sterke toename van de bevolking plaats<sup>15</sup>. De daar aanwezige venen werden langzamerhand in cultuur gebracht. Om zich tegen hoge vloedstanden te beschermen, werden dijken aangelegd en kleine rivieren afgedamd. Wanneer de eerste zeedijken werden aangelegd is niet geheel duidelijk. Volgens sommige historici gebeurde dit rond het jaar 1000 onder meer in Friesland, Vlaanderen en Holland<sup>16</sup>. Tegenwoordig is men echter steeds meer de mening toegedaan dat de eerste zeedijken pas omstreeks 1200 werden gebouwd<sup>17</sup>.

De zeespiegel was in de 11de eeuw ongeveer een halve meter lager dan nu, terwijl het maaiveld juist veel hoger lag. Ook kwamen gedurende de 11de en de eerste helft van de 12de eeuw geen stormvloedten van betekenis voor, zodat er nog geen behoefte aan dijken bestond<sup>18</sup>. Dit veranderde na 1160 toen een aantal hevige stormvloedten grote schade aanrichtte. In noord- en midden-Holland ontstonden grote merencomplexen, terwijl de Rijnmond bij Katwijk verzandde. Dit had grote gevolgen voor de Hollandse waterhuishouding. Overtollig water kon men moeilijk kwijtraken en de steeds in omvang toenemende meren vormden een bedreiging. Dit zou de aanleiding zijn geweest voor de bouw van de eerste Middeleeuwse dijken.

### Uitwateringssluizen

Met de aanleg van dijken ontstaan polders, die via uitwateringssluizen hun overtollige water kwijt moeten raken. De eerste Middeleeuwse uitwateringssluisjes zijn vermoedelijk rond het jaar 1000 gebouwd. In het Rotterdamse Krooswijk zou al in 1065 een uitwateringssluis zijn gebouwd in een dam in de Rotte<sup>19</sup>.

De oudst bekende vermelding van een sluis op Nederlands grondgebied is te vinden in een oorkonde uit 1155<sup>20</sup>. Met dit stuk verleende de bisschop van Utrecht de parochie Lopik toestemming een wetering naar de Hollandsche IJssel te graven. In de IJsseldijk mocht een



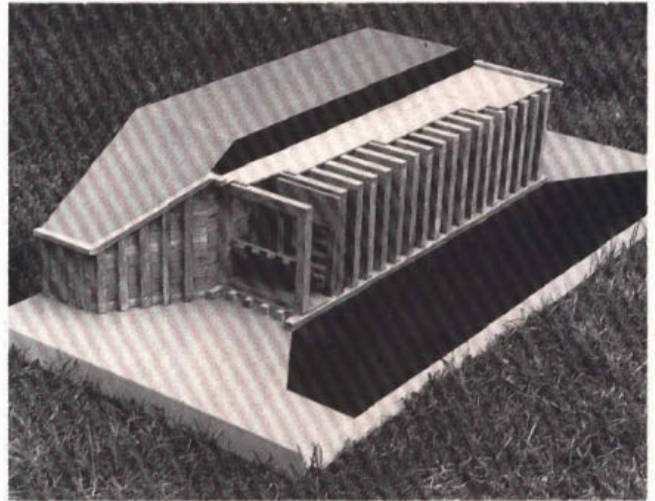
nieuwe sluis worden gebouwd ter verbetering van een oude, reeds bestaande uitwatering<sup>21</sup>. In België wordt reeds in een stuk uit 1116 gewag gemaakt van een sluis. In dat jaar besliste graaf Boudewijn van Vlaanderen dat de kastelein van Doornik de sluis van Thuin op zekere tijden moest open houden. Dit om het water van de Scarpe te doen afvloeien<sup>22</sup>.

Een andere vroege vermelding stamt uit 1237, namelijk in de 'Kronyken van Emo en Menko, abten van het klooster te Wittewierum'. Menko schrijft daar over een aqueductus of duikersluis die daar in 1192 zou zijn gebouwd<sup>23</sup>. Waarschijnlijk wordt de uitwateringssluis in de Vismaar bedoeld, waar deze bij Winneweer op de Delf (het Damsterdiep) loosde.

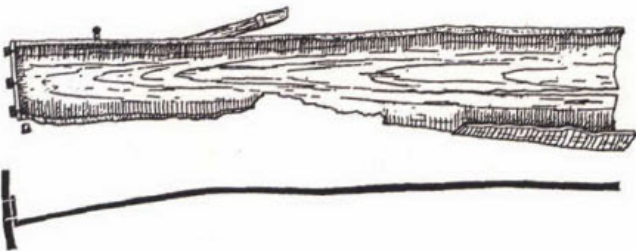
De openingen van deze sluizen zullen relatief klein zijn geweest, terwijl het afsluitmiddel nog met de hand moest worden weggenomen. Daarbij kan worden gedacht aan een houten schot of aan schotbalken. Bij hogere dijken werd gewoonlijk een houten koker door de dijk gelegd. De dijk liep daarbij dus ononderbroken door, waarbij de grond bovenop de sluis koker als ballast diende om opdrijven te verhinderen.

In Zeeland, rond de Wieringermeerpolder en in het gebied tussen de grote rivieren zijn Middeleeuwse duikers in de vorm van een uitgeholde boomstam opgegraven (afb. 16)<sup>24</sup>. Evenals bij de duikersluisjes uit de Romeinse tijd werden sommige kokers afgesloten door een houten schot of klep. Voor grotere kokersluizen werden houten gebinten als hoofdconstructie gebruikt (afb. 17). Zowel de vloer als de beide zijwanden en de bovenzijde werden voorzien van een beplanking.

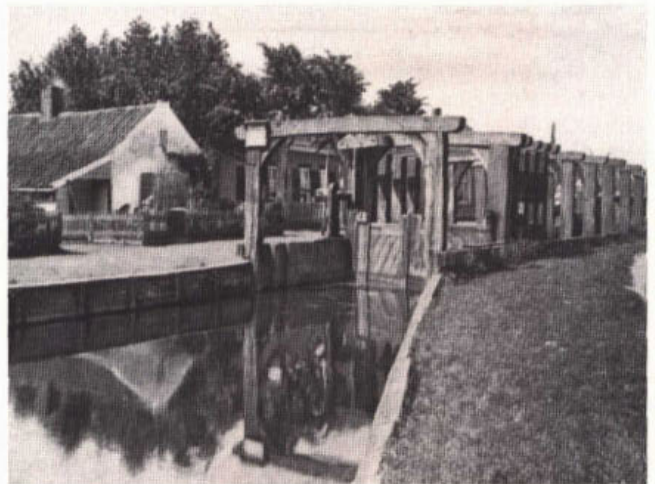
Bij lage dijken of kaden was voor de waterafvoer een open sleuf met houten wanden en bodem, voorzien van een wegneembare waterkering, voldoende. Hierbij werd de sluisvloer breder gemaakt dan de sluis zelf, zodat de grond naast de sluis als ballast diende<sup>25</sup>. Om het naar binnen wijken van de wanden te voorkomen, werden ook hier gebinten aangebracht, die voor de koppeling zorgden. Bij draaideuren met een verticale draaias waren deurgebinten noodzakelijk om er voor te zorgen dat de deurstijlen verticaal bleven staan, zodat de deuren niet over de bodem gingen slepen en vast liepen. Het Boterdorpsche Verlaat bij Rotterdam-Hillegersberg geeft een indruk hoe zo'n sluis er heeft uitgezien (afb. 18).



17. De in 1942 blootgelegde 13de-eeuwse duikersluis in de Nauwe Kerkstraat te Rotterdam tijdens de opgraving (boven) en een reconstructie-maquette.



16. Tekening met bovenaanzicht en doorsnede van een houten duiker als uitgeholde boomstam op het eiland Schouwen.



18. Het Boterdorpsche Verlaat bij Rotterdam.



## Stormschade en herstel

De eerste sluisen waren erg gevoelig voor zwaar weer. In 1262 vernielde een hevige storm het afsluitmiddel van de sluis in de Vismaar bij Winneweer in Groningen, waardoor het land overstroomde. Na het inslaan van de 'dakbalken' kon men de sluisopening weer dichtend door deze vol te storten met aarde, vermengd met stro.

Een rekening uit 1345-46 vermeldt de werkzaamheden die nodig waren om de Eiesluis bij Heist te herstellen na een zware storm<sup>26</sup>. Van deze sluis zijn meer soortgelijke rekeningen uit de 14de eeuw bewaard gebleven. Herhaaldelijk werd de sluis vol slib geslagen, dat daarna weer moest worden verwijderd, terwijl eveneens steeds weer onderdelen moesten worden vernieuwd.

Overigens was het werken in een sluisoker, bijvoorbeeld voor inspectie of reparatie, niet zonder gevaar. Bij plotseeling opkomende vloed werden de sluisdeuren snel gesloten en zaten de aanwezigen opgesloten<sup>27</sup>. Daarom werd boven de sluis in de dijk als toegang een verticale houten koker gebouwd (het mangat), zodat men de sluis in geval van nood gemakkelijk kon verlaten. De Eiesluis had zelfs twee verticale kokers, in de betreffende rekeningen 'ademgaten' genoemd. In 1357 moesten deze na een zware storm worden hersteld<sup>28</sup>. In 1374 werden drie deuren en in 1398 aan de zeezijde zelfs acht deuren vernieuwd<sup>29</sup>. Het is niet bekend welk deurtype de sluis bezat.

Ook de Westsluis te Nieuwpoort in Vlaanderen had veel te lijden van stormen<sup>30</sup>. In 1396 waren delen van de sluisvloer en van de sluiswanden door het water meegevoerd, waarna De Wateringhe (het waterschap) van Veurne-Ambacht opdracht gaf de sluis te herstellen.

## Keersluizen

Enigszins verwant aan de uitwateringssluis is de keersluis. Wat betreft het uiterlijk bestaat er weinig verschil. Een uitwateringssluis staat open en laat water door zolang het buitenwater lager staat dan het binnenwater. De sluis staat dus vaak in stromend water en wordt pas gesloten als het buitenwater hoger wordt dan het binnenwater en er water naar binnen dreigt te stromen. Op dat moment dient het afsluitmiddel als waterkering en heeft de sluis een kerende functie.

Een keersluis heeft niet zozeer tot doel overtollig water door te laten, maar juist ongewenst water tegen te houden<sup>31</sup>. De meeste keersluizen staan vrijwel altijd open en worden alleen bij extreme waterstanden gesloten ter bescherming van het achterliggende gebied. Deze bescherming kan zowel bestaan in het keren van te hoog buitenwater, als in het vasthouden van het binnenwater om een minimale waterdiepte te garanderen. Sommige keersluizen zijn gewoonlijk gesloten. Alleen als het buitenwater gelijk staat met het binnenwater kan de sluis worden geopend om bijvoorbeeld een schip door te laten.

Al in de 12de eeuw werd te Gouda in de mond van de Gouwe een keersluis aangelegd ter plaatse van de huidige Donkere Sluis<sup>32</sup>. Bij de uitmonding van de Gouwe in de Oude Rijn bij Alphen aan den Rijn lag eveneens een

keersluis, die de Gouwesluis heette (afb. 19). In een oorkonde uit 1284 wordt deze sluis als reeds bestaand aangemerkt<sup>33</sup>. Een dergelijke sluis is waarschijnlijk ook bij Zwammerdam gebouwd.

## Vervening

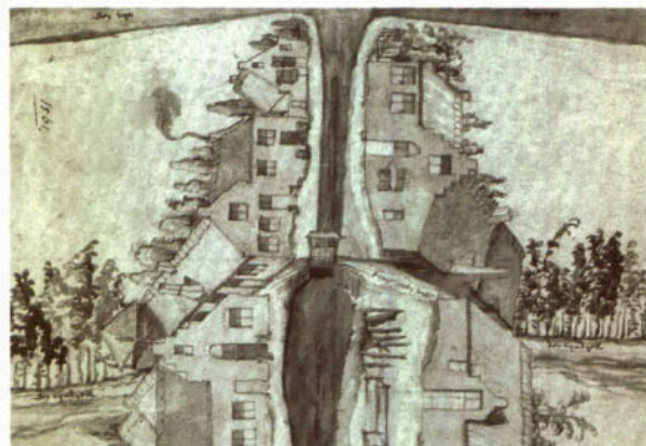
De Hollands-Utrechtse laagvlakte was omstreeks het jaar 1000 nog een uitgestrekt veengebied<sup>34</sup>. Veen heeft de eigenschap dat het gemakkelijk water opneemt en het daarna slechts langzaam weer loslaat. Door de ontginning van dit veengebied, onder meer door de aanleg van sloten en wetingen, werd het water veel sneller afgevoerd. Het regenwater zorgde echter voor overlast in de ontvangende gebieden. Een soortgelijke situatie is te zien na de ontginning van het hoogveen in Drenthe<sup>35</sup>. De bestaande waterwegen in de lager gelegen gebieden waren niet berekend op grote afvoeren, zodat na een flinke regenbui grote overstromingen plaatsvonden.

Toen in het begin van de 12de eeuw ook de Rijnmond bij Katwijk steeds meer verzandde, kreeg de Hollandse Rijnstreek grote problemen met de afvoer van het overtollige water. Daarnaast moest dit gebied ook het via de Oude Rijn uit Utrecht afkomstige water verwerken, waardoor de problemen nog groter werden.

## Zwammerdam

Om aan de wateroverlast enigszins het hoofd te kunnen bieden, legde de graaf van Holland rond 1165 een dam in de Oude Rijn bij Svadeburg, het huidige Zwammerdam, op de grens met Utrecht. Utrecht kon daardoor zijn overtollige water niet meer kwijt en ging tegen de aanleg in beroep. En met succes, want een oorkonde uit datzelfde jaar bevat het bevel van keizer Frederik Barbarossa I de dam onmiddellijk te slechten<sup>36</sup>.

Het is niet bekend of de dam toen ook werkelijk is opgeruimd, al lijkt dit wel waarschijnlijk. Rond 1200 moet de dam dan opnieuw zijn aangelegd, want in 1202 wordt de



19. De Gouwesluis te Alphen aan den Rijn op een 16de-eeuwse ingekleurde pentekening van Jan Daemsz.



graaf nogmaals bevelen de dam te verwijderen<sup>37</sup>. Eén van de voorwaarden was echter dat Utrecht niet 'ontijdig' water naar Holland mocht afvoeren<sup>38</sup>. Holland mocht geen overlast van het Utrechtse water ondervinden.

Dit laatste wijst er op, dat er zeer waarschijnlijk in de dam een sluis moet zijn gebouwd. Deze heeft dan als keersluis gediend, die bij extreme waterafvoeren tijdelijk kon worden gesloten. Ook is het mogelijk dat de sluis bij te grote waterafvoeren slechts een deel van het water doorliet en dus als stuw fungeerde. In de oorkonde uit 1202 wordt Utrecht tevens verplicht een drietal wateringen op Hollands grondgebied te graven<sup>39</sup>. Deze vaarten, die tussen Alphen aan den Rijn en het Haarlemmermeer in elkaars verlengde lagen, moesten een snelle afvoer van het overtollige Utrechtse water verzekeren.

In 1220 en daarna in 1226 sloten Holland en Utrecht opnieuw een overeenkomst over de Svadenburgerdam<sup>40</sup>. Ditmaal ging het over de vastlegging van de doorstroombreedte in de dam. In hoeverre daarbij nog sprake is van een sluis is niet duidelijk. Dezelfde overeenkomst bepaalde dat Utrecht drie of vier van de zeven uitwateringssluizen in de Wendeldijk moest onderhouden. Deze dijk liep aan de zuidkant van de huidige Haarlemmermeerpolder en moest het zuidelijk hiervan gelegen gebied beschermen tegen het water van het toenmalige Leidsche Meer en het Haarlemmermeer<sup>41</sup>.

### Otterspoorsluize en Hinderdam

Naarmate de Zuiderzee zich uitbreidde en de getijwerking duidelijker werd, vond de afwatering van het Utrechtse laagveengebied steeds meer via de Vecht naar het noorden plaats. In de Vecht werd daartoe een dam met een keer- en een uitwateringssluis aangelegd<sup>42</sup>. Deze waterkering werd in de loop der eeuwen steeds verder naar de mond van de rivier verlegd. De oudste waterkering, die ergens tussen Maarssen en Breukelen lag, dateerde van voor 1323, zoals blijkt uit een schouwbrief van bisschop Jan van Diest<sup>43</sup>. De sluis wordt in deze brief Otterspoorsluize genoemd. In 1437 werd stroomafwaarts bij Nigtevecht een nieuwe dam met sluis aangelegd (de Hinderdam), waarna de Otterspoorsluize werd opgeruimd.

### Inlaatsluis

Het is niet waarschijnlijk dat er al in de Middeleeuwen inlaatsluizen zijn gebouwd, te meer omdat men voor dit doel ook uitwateringssluizen kon gebruiken. Een rekening van de stad Middelburg uit 1432 maakt melding van een vergadering over het openen van sluisen vanwege grote droogte op het land<sup>44</sup>. Het ligt voor de hand dat hiermee uitwateringssluizen zijn bedoeld, die tijdelijk voor het inlaten van water werden gebruikt.

### Klepdeuren

In de Middeleeuwen komt een drietal afsluitmiddelen voor, namelijk de klepdeur, de enkele draaideur en de



20. De klepdeur van de 13de-eeuwse duikersluis in de Nauwe Kerkstraat te Rotterdam tijdens de opgraving in 1942.

schotdeur (hefdeur). In 1942 werd in Rotterdam bij de opruimingswerkzaamheden na het bombardement van 1940 een houten sluis blootgelegd (afb. 20, zie ook afb. 17). Men neemt aan dat deze is gebouwd bij de afdamming van de Rotte omstreeks 1270<sup>45</sup>. De sluis bevatte nog het oorspronkelijke afsluitmiddel: een klep die om een horizontale as op de bodem draaide. Bij een lage buitenwaterstand wordt de klep door de druk van het binnenwater open geduwd, zodat de deur min of meer op de bodem komt te rusten. Bij een hoge buitenwaterstand wordt de klep door de opwaartse kracht weer gesloten. De sluis was uitgevoerd als kokersluis met achter elkaar geplaatste gebinten.

### Enkele draaideuren

Bij de aanleg van de spoortunnel te Rotterdam werd in 1991 een tweede 13de-eeuwse houten sluis blootgelegd. Alleen de bodem met de aanslagdrempel en een deel van de zijwanden bleken nog aanwezig. Duidelijk was echter de plaats te zien waar een keuspot in de bodem heeft gezeten (afb. 21). Een keuspot is een cilindervormige metalen bus of kom, die in de sluisbodem is verankerd. Hierin draaide een deur met een verticale draaias, die daartoe was voorzien van een pen aan de onderzijde. Daaruit blijkt dat de sluis een enkele draaideur heeft gehad. Ook deze deur kan door de stroming van het water worden geopend of gesloten en hoeft dus niet te worden be-



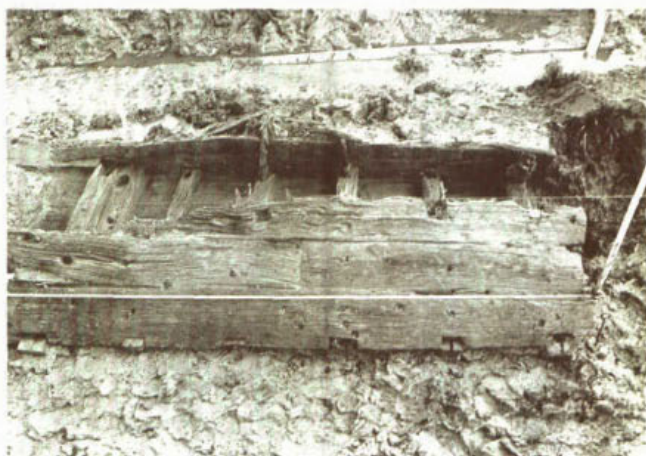


21. Slagdrempeel en keuspot voor een enkele draaideur van de in 1991 blootgelegde 13de-eeuwse uitwateringssluis te Rotterdam.

diend. Hoewel de bovenzijde van de sluis ontbrak zal ook deze sluis een kokersluis zijn geweest.

De in Rotterdam gevonden sluizen waren beide uitwateringssluizen en dienden voornamelijk om het overtollige water van de Rotte af te voeren. Scheepvaart heeft daar waarschijnlijk nog niet plaats gevonden.

Bij het Friese Buitenpost is eveneens een Middeleeuwse uitwateringssluis opgegraven<sup>46</sup>. Deze 13de-eeuwse sluis lag in de Oude Ried, een zijriviervan de Lauwers. Uit de restanten kan worden afgeleid, dat in de houten kokersluis een enkele draaideur moet hebben gezeten (afb. 22). Overigens noemde men in Friesland een kokersluis vaak pomp. Voor uitwateringssluizen werd in Groningen, Friesland en Overijssel ook de naam zijl gebruikt, een naam die in veel plaatsnamen nog terug is te vinden.



22. Middeleeuwse sluis in het Oude Ried bij Buitenpost in Friesland met links de slagdrempeel en de keuspot voor een enkele draaideur.

## Schotdeuren

Het derde afsluitemiddel dat al vroeg is toegepast, is de schotdeur (hefdeur)<sup>47</sup>. Deze bestaat uit een houten schot, dat met een windwerk omhoog kon worden gehesen. Het Batingheschut te Dwingeloo geeft een indruk van een dergelijke schotdeur (afb. 23). Ook de Gouwsluis bij Alphen aan den Rijn bezat een schotdeur als afsluitemiddel (zie afb. 19).

Een nadeel van dit afsluitemiddel is dat deze steeds met de hand omhoog en omlaag moest worden bewogen. De sluis moest dus worden bemand, want bij opkomend water diende de sluisdeur tijdig te worden neergelaten. Een voordeel is echter dat de sluis naar twee zijden water kan keren. Met hetzelfde afsluitemiddel kan het hoge water worden tegengehouden, terwijl bij laagwater wordt voorkomen dat de waterstand achter de sluis te laag wordt. Ook kan met dit afsluitemiddel in droge tijden water worden ingelaten.

## Schutsluizen

Scheepvaart is bij keersluizen slechts beperkt mogelijk: alleen als de waterstand voor en achter de sluis gelijk is, kan de sluis worden geopend en kunnen de schepen worden doorgelaten. Ook bij uitwateringssluizen, die tevens voor de scheepvaart worden gebruikt, is de doorgang beperkt. Niet alleen moet de waterdiepte voldoende zijn, maar ook mag de stroming niet te groot zijn, om de scheepvaart niet ernstig te hinderen.

Vermoedelijk ontwikkelde de schutsluis zich in de eerste helft van de 13de eeuw uit de keersluis, waarmee deze bezwaren waren weggenomen. Er zijn sterke aanwijzingen dat in Nederland de eerste schutsluizen zijn gebouwd<sup>48</sup>. Dit feit wordt ook door diverse buitenlandse geschiedschrijvers erkend.

Een schutsluis bestaat uit twee sluishoofden met afsluitemiddelen, die door een kolk met elkaar zijn verbonden.



23. Het Batingheschut in de Dwingelerstroom bij Dwingeloo op een foto van meester Boneschanscher uit circa 1900.



Soms vormen de beide sluishoofden duidelijk twee aparte delen. De schutsluis bij Tienhoven is hiervan een duidelijk voorbeeld (afb. 24). Soms ook vormen de beide sluishoofden met de schutkolk één geheel, zoals bijvoorbeeld het Boterdorpsche Verlaat bij Rotterdam (zie afb. 18). Beide sluisen geven een indruk hoe de eerste schutsluisen er zullen hebben uitgezien.

In 1186 ontbood de Vlaamse stad Brugge een duizendtal arbeiders uit Holland en Zeeland<sup>49</sup>. Deze moesten in de Reie, de scheepvaartweg van Brugge naar zee, een dijk aanleggen. Deze dam, die het achterliggende gebied tegen de zee beschermde, lag ter plaatse waar enkele jaren later de stad Damme werd gesticht. In de dam werd een sluis gebouwd, de Brugse Speye. Er wordt aangenomen dat dit een schutsluis is geweest. Sommigen zijn zelfs van mening dat dit de eerste schutsluis ter wereld was<sup>50</sup>. De naam 'speye' (speie) of 'spoye' werd in de Middeleeuwen ook voor schutsluis gebruikt<sup>51</sup>.

In een verordening van de steden Brugge en Damme uit 1236 is sprake van 'speyen'<sup>52</sup>. De huizen die hier te dicht bij stonden, moesten in verband met gevaar voor brandoverslag worden afgebroken. Uit de beschrijving valt echter niet duidelijk op te maken of hier twee achter elkaar gelegen sluisen worden bedoeld, met daartussen de schutkolk of twee naast elkaar gelegen sluisen<sup>53</sup>.

Een artikel uit 1864 over 'wijde zeesluisen en sluisdeuren van plaatijzer' maakt melding van schutsluisen te Amsterdam, die daar reeds in 1220 aanwezig zouden zijn geweest<sup>54</sup>. Duidelijke beschrijvingen ontbreken echter en waarschijnlijk zijn dit keersluisen geweest met één sluishoofd en zonder schutkolk.

### Spaarndam

Een vroege vermelding van een scheepvaartsluis staat in een oorkonde uit 1253<sup>55</sup>. In dat jaar gaf de graaf van Holland en Rooms-Koning Willem II bevel om in de zojuist aangelegde dam bij het dorpje Spaarne een spoye of gat (opening) te maken, waar de zeeschepen met hun lasten gemakkelijk door konden varen. De sluis moest een breedte krijgen van 24 voet, dus van meer dan 7 m. De waterbouwkundige F.W. Conrad noemt een vijftal redenen, waarom hij van mening is dat hier een, zij het eenvoudige, schutsluis wordt bedoeld<sup>56</sup>.

Bij het openen van een keersluis zullen aanvankelijk grote stroomsnelheden optreden, terwijl bij laagwater de schepen slechts een geringe diepgang kunnen hebben. Dit heeft tot gevolg dat een keersluis slechts een beperkte doorvaart heeft. Van gemakkelijk doorvaren van bevrachte schepen zou dan geen sprake zijn. Ook het feit dat er een privilege werd verleend, waarbij tevens het sluisgeld werd vastgesteld, kan er op wijzen dat er iets bijzonders werd gebouwd. Het is dus niet onaannemelijk dat hier een eenvoudige schutsluis is bedoeld.

Het waterschap, de voorganger van het latere Hoogheemraadschap Rijnland, bracht bezwaren in tegen deze sluis. In 1255 beloofde de graaf in een verordening dat er zonder voorkennis van de heemraden geen sluisen meer zouden worden gemaakt in 'de Spersedam, de sidewinde,



24. Schutsluis bij Tienhoven met schotdeuren.

de zeedijk en de Swadenburgerdam'<sup>57</sup>. (De sidewinde en de zeedijk zijn twee delen van de dijk tussen Spaarnedam en Amsterdam).

Uit een oorkonde van 1286 blijkt dat de dam is verdwenen en de Spaarne weer in open verbinding stond met de zee<sup>58</sup>. Sommigen maken hieruit op dat de dam voor 1286 niet aanwezig is geweest en dus ook de schutsluis niet<sup>59</sup>. Het is echter waarschijnlijker dat de dam tijdens een van de stormvloed in 1280 is weggeslagen. Dezelfde oorkonde maakt melding van de Spaarne, waar de wilde zee binnenstroomde en veel goed land bedierf. Daarnaast wordt in de oorkonde uit 1253 geschreven over de dam bij Spaarne, terwijl in de volgende oorkonden uit 1255 en 1286 wordt gesproken over Spersedam en Sparendam. Dit geeft aan dat er toen reeds een dam was of is geweest. Het lijkt echter niet aannemelijk dat een handelsstad als Haarlem lange tijd achter een dam, afgesloten van de zee, zal hebben gelegen<sup>60</sup>. Het ligt dus voor de hand dat in de dam een scheepvaartsluis lag.

In de oorkonde uit 1286 geeft de graaf, met instemming van de hoogheemraden, toestemming een nieuwe dijk aan te leggen met daarin een aantal sluisen. In 1315 wordt, met verwijzing naar de oorkonde uit 1253, het sluisgeld opnieuw vastgesteld<sup>61</sup>. Daaruit kan worden opgemaakt dat er toen een schutsluis aanwezig was. Uit een verslag van een ongeval dat in 1449 in de sluis plaatsvond, blijkt dat deze was voorzien van hefdeuren<sup>62</sup>. Men was de sluis aan het repareren, toen door een misverstand de deur werd neergelaten terwijl er een schip onderdoor voer. De schipper raakte daarbij gewond.



## Vroege schutsluizen

In 1308 kreeg de eerder genoemde keersluis in de Gouwe te Gouda een tweede deur<sup>63</sup>. Uit latere afbeeldingen blijkt dat de sluis toen nog schotdeuren bezat. Voor kering naar twee zijden was dus geen tweede deur nodig. Tenzij de tweede deur als extra veiligheid werd aangebracht, kan worden aangenomen dat hiermee een schutsluis werd gecreëerd. De te schutten schepen kunnen echter niet groot zijn geweest.

Uit rekeningen van de Eiesluis bij Heist uit 1357-1358 is op te maken dat de betreffende sluis vrij groot moet zijn geweest, omdat voor het herstel een grote hoeveelheid balken en planken nodig was<sup>64</sup>. Ook is er sprake van 'verse deuren' (binnendeuren) en 'zoute deuren' (buitendeuren), terwijl de noordzijde 'noordsluis' en de zuidzijde 'zuidsluis' wordt genoemd. Dit doet vermoeden dat er twee sluishoofden waren, zodat de sluis ook als schutsluis kon dienen. Wel was de sluis uitgevoerd als koker, zodat de doorgang beperkt was.

Rond 1400 zijn diverse schutsluizen gebouwd, onder andere in Delfshaven (1389), Brielle (1394), Schiedam (1395) en Gouda (de eerste Mallegatsluis uit 1398)<sup>65</sup>. De uit 1373 daterende keersluis te Vreeswijk werd in 1435 omgebouwd tot schutsluis<sup>66</sup>. In 1436 werd in Gouda, op kosten van een aantal Hollandse steden, het Amsterdamse Verlaat gebouwd (afb. 25)<sup>67</sup>. Samen met de Donkere Sluis vormt deze een lange schutsluis, waarbij het tussengelegen deel van de Gouwe als schutkolk diende. De afstand tussen beide sluizen bedraagt 380 m.

In 1395 werd in Damme een nieuwe stenen schutsluis gebouwd<sup>68</sup>. De uitvoerige beschrijving hiervan maakt melding van een zoute deur en van verse deuren, die 100 voet uit elkaar liggen (dat wil zeggen een kolk lengte van ongeveer 30 m). De breedte van de sluis bedroeg 32 voet, wat erg breed lijkt (waarschijnlijk een verschrijving). De sluis is één van de allereerste stenen (schut)sluizen.



25. Het Amsterdamse Verlaat te Gouda in 1993.

## Puntdeuren

Bij de eerste schutsluizen werden waarschijnlijk hefdeuren of enkele draaideuren als afsluitmiddel toegepast. Beide deurtypen kenden echter hun beperkingen. Bij toenemende breedte zou de enkele draaideur te zwaar worden voor de scharnieren en te veel doorzakken. Ook de hefdeur zou zo zwaar worden dat deze niet of nauwelijks meer was te heffen. Voor de beweging van de 'scofdeuren' (hefdeuren) van de Westsluis te Nieuwpoort in Vlaanderen waren niet minder dan acht man nodig<sup>69</sup>!

Daarnaast had de hefdeur het nadeel, dat de masten van passerende schepen moesten worden gestreken vanwege de beperkte doorvaarthoogte.

Het ligt voor de hand dat de puntdeuren uit de enkele draaideur zijn ontwikkeld. In gesloten stand steunen de puntdeuren elkaar en vormen een stompe hoek of punt. Hieraan ontleen deze deuren hun naam. Wanneer puntdeuren voor het eerst zijn toegepast, is niet bekend.

## Verse Sluis te Heist

Eén van de oudste nog bewaard gebleven sluisbestekken is dat van de Verse Sluis te Heist in Vlaanderen uit omstreeks 1433<sup>70</sup>. De Verse sluis werd, ten opzichte van de hiervoor genoemde sluis, meer landinwaarts gelegd. De oude sluis bleef gehandhaafd en werd sindsdien Zoute of Noordersluis genoemd, terwijl de Verse Sluis ook wel Zuidersluis heette. Het water tussen de beide sluizen noemde men de waal<sup>71</sup>.

Het bestek beschrijft een houten sluis met zes hoofdgebinten, elk bestaande uit twee stijlen die aan de bovenzijde onderling waren verbonden door een horizontale balk of sloof. Vier van deze gebinten moesten worden voorzien van elk vier deuren, die om een verticale as draaiden.

De lengte van de sluis bedroeg 12 roeden (ongeveer 45 m). Tekeningen ontbreken bij het bestek, maar het is waarschijnlijk dat met elk stel van vier deuren twee paar puntdeuren wordt bedoeld. Hoewel de sluis in eerste instantie was bedoeld als uitwateringssluis, doen de lengte en het grote aantal deuren vermoeden dat deze ook als schutsluis kon worden gebruikt. De sluis zal zowel aan de zee- als aan de landzijde eb- en vloeddeuren hebben gehad.

In het meest aan de landzijde gelegen gebint werden twee, naast elkaar geplaatste 'scofdeuren' (hefdeuren) geplaatst<sup>72</sup>. Deze dienden vermoedelijk als nooddeuren. Het feit dat er twee hefdeuren werden toegepast, maakt het nog meer aannemelijk dat de draaideuren als puntdeuren waren uitgevoerd. Bij enkele draaideuren zouden extra tussenstijlen nodig zijn geweest. Om de hefdeuren tegen weersinvloeden te beschermen, werden de gebinten voorzien van een dakje; een voorziening die waarschijnlijk in de 15de eeuw voor het eerst is toegepast. In Holland komen deze dakjes voor zover bekend pas een eeuw later voor<sup>73</sup>.



## Tractaet van Dyckagie

Het *Tractaet van Dyckagie*, geschreven door Andries Vierlingh, rentmeester van Steenbergen<sup>74</sup>, verschaft nadere gegevens over de constructie van sluizen. Helaas ontbreken bij dit uit circa 1578 daterende manuscript de tekeningen, zodat bij de beschrijving alleen van de tekst moet worden uitgegaan. Er worden onder meer twee voorbeelden van bestekken voor houten kokersluizen gegeven: één voor een dubbele en één voor een enkele sluis. In laatstgenoemde sluis moest zowel aan de zee- als aan de landzijde een deurgebint worden geplaatst, die elk een 'liggende deur' (klepdeur) bevatte<sup>75</sup>. Als extra veiligheid moest daarnaast nog een 'schooffdeur' (hefdeur) worden aangebracht.

Voor de dubbele sluis werden twee deurgebinten voorgesteld, voorzien van een middenstijl<sup>76</sup>. Elk deurgebint bevatte twee 'slachdeuren' of 'staande deuren': dat wil zeggen twee enkele draaideuren van elkaar gescheiden door een middenstijl. Tevens moest in de sluis een 'schooffdeurgebint' met middenstijl worden gemaakt. In dit gebint werden twee 'schooffdeuren' geplaatst, die met windassen werden bewogen. In tegenstelling tot de eerder genoemde Eiesluis, waren de hefdeuren aan de zeezijde van de sluis gedacht; een volgens Vierlingh gebruikelijke plaats<sup>77</sup>. Een dubbele houten sluis werd onder andere gebouwd in de dijk te Doel bij Antwerpen in 1568<sup>78</sup>.

## Stenen duikersluizen

Uit de genoemde bestekken blijkt dat het bouwen van houten sluizen in de 16de eeuw nog heel gebruikelijk was. Toch zijn er al rond 1400 stenen sluizen gemaakt. Naast de eerder genoemde stenen schutsluis in Damme uit 1395 is er onder meer in Rotterdam een aantal stenen duikersluizen gebouwd. Bij opruimingswerkzaamheden in 1942 werden onder en naast de Wijde Kerkstraat twee stenen duikers blootgelegd bij de dam in de Rotte (afb. 26)<sup>79</sup>. De duikers zijn waarschijnlijk een latere binnendijkse verlenging van de oude Bleyswijksche sluis en de

Zevenhuizer sluis. Ook aan de buitendijkse zijde vond men stenen duikers, maar van de sluizen zelf was niets meer aanwezig. Beide sluizen, die waarschijnlijk van hout zijn geweest, dateren van voor 1331 en werden rond 1461 buiten gebruik gesteld.

Andere vroege gemetselde duikersluizen in Rotterdam zijn de Keizerinnesluis, de Zegwaardische sluis en de Kralingsche of Oostersche sluis<sup>80</sup>. Deze laatste sluis moest in verband met ernstige verzakkingen tot twee maal toe worden opgehoogd. Over de bestaande vloer werd een nieuwe aangebracht, zodat er uiteindelijk drie vloeren zijn te zien (afb. 27). Verzakkingen deden zich ook voor bij de andere niet onderheide duikersluizen.

## Deuren voor uitwateringssluizen

Uit het tractaat van Vierlingh blijkt eveneens dat hefdeuren, enkele draaideuren en klepdeuren in de 16de eeuw normaal gebruikte afsluitmiddelen waren. De enkele draaideur en de klepdeur werden door het water geopend en gesloten. De klepdeur reageerde langzamer dan de enkele draaideur, terwijl bovendien het verschil in waterstand groot genoeg moest zijn om bij het uitstromen het opdrijvend vermogen van de deur te overwinnen<sup>81</sup>.

Draaideuren met een verticale draaias worden door het uitstromende water geheel geopend, zodat ze evenwijdig aan de sluisas in de deurkas komen te staan. De kans is groot dat deze deuren vervolgens bij opkomend water open blijven staan. Er moeten dan ook maatregelen worden genomen om het tijdig sluiten te verzekeren. De deuren voorzagen men daartoe van 'klampen' (houten klossen) of van ijzeren steunveren (tijveren)<sup>82</sup>. Deze zorgden er voor dat de deuren iets uit de kassen werden gedrukt, zodat bij vloed het water achter de deuren stroomde en deze vervolgens sloot. Steunveren hadden als voordeel boven klossen, dat bij een sterke uitstroming van het water de deuren vrijwel geheel in de deurkassen werden geduwd, zodat de volledige sluisbreedte beschikbaar was.



26. De duiker van de Bleyswijksche sluis in de Rotte te Rotterdam tijdens de opgraving in 1942.



27. Kralingsche of Oostersche sluis in de Rotte te Rotterdam tijdens de opruimingswerkzaamheden in 1942.



### 2.3. De Gouden Eeuw (circa 1550-1775)

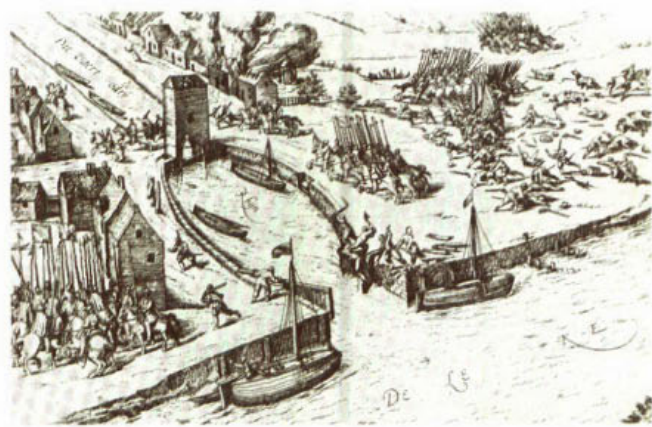
De 17de eeuw wordt in Nederland de Gouden Eeuw genoemd. Spanje, waarmee het gedurende de eerste helft in oorlog was, verarmde steeds meer, terwijl de Republiek der Zeven Verenigde Nederlanden steeds machtiger werd. Handel en cultuur bloeiden als nooit te voren. Voor wat betreft de sluisbouw trad al eerder een nieuwe fase van ontwikkelingen op. Dit begon met een sterk toenemend gebruik van steen als materiaal voor sluisen. Daarnaast werd rond 1600 een aantal nieuwe afsluitmiddelen ontworpen.

#### Stenen sluis te Vreeswijk

Eén van de oudste afbeeldingen van een stenen schutsluis is die van de sluis te Vreeswijk in de Vaartsche Rijn bij de uitmonding in de Lek (afb. 28). Daar werd al rond 1480 de bestaande schutsluis vervangen door een stenen sluis<sup>83</sup>. De uit circa 1585 daterende gravure geeft waarschijnlijk de toestand weer van voor 1562<sup>84</sup>. In dat jaar werd vanwege de toenemende verzanding van de sluisingang, aan de rivierzijde een derde sluishoofd gebouwd. De sluis heeft een ovale schutkolk die aan de rivierzijde is afgesloten door puntdeuren, terwijl aan de Utrechtse zijde een hefdeur is toegepast. De hefdeur moest voorkomen dat bij zeer lage Lekstanden de Vaartse Rijn leegliep.

Voor open sluisen was steen een veel geschikter bouw materiaal dan hout vanwege het grotere eigen gewicht en de betere duurzaamheid. De bouw van stenen sluisen ondervond aanvankelijke echter veel weerstand, met name van timmerlieden, die een stuk broodwinning verloren zagen gaan<sup>85</sup>. Zij wisten de opdrachtgever vaak over te halen om op de oude beproefde wijze een sluis van hout te laten bouwen.

Pas omstreeks 1560 trad er een doorbraak op en verschenen er diverse sluisen van steen. Enkele voorbeelden



28. De sluis te Vreeswijk op een uit circa 1585 daterende kopergravure van Frans Hogenberg volgens de toestand van voor 1562.

hiervan zijn de nieuwe Gouwe- of Goudsche sluis bij Alphen aan den Rijn<sup>86</sup>, een sluis in Den Briel (1566)<sup>87</sup>, een schutsluis van Rijnland te Spaarndam (1568)<sup>88</sup> en uitwateringssluizen van de Polder Kruisland bij Steenberg (1571)<sup>89</sup>.

#### Spaarndam

Vierlingh geeft in zijn manuscript het bestek van de schutsluis te Spaarndam<sup>90</sup>. Deze 38 m lange sluis bevatte drie paar deuren die om een verticale as draaiden. Omdat er sprake is van drie paar deuren, kan worden aangenomen dat hier puntdeuren worden bedoeld. Het middelste stel diende als noodvoorziening. Typerend voor de schutsluis zijn de klinketten in de deuren. Een klinket, of rinket zoals deze later meestal worden genoemd, is een schuif waarmee bij het schutten het water de sluiskolk werd in- of uitgelaten.

Waarschijnlijk ter bescherming tegen golfslag bij stormvloed kon een houten balk voor de buitenste puntdeuren worden geplaatst. Deze balk liep in een houten koker over metalen (bronzen) rollen en kon door middel van een kaapstander voor de deuren worden gerold. Ook de nooddeuren voorzagen men van een beschermende balk. Deze draaide om een ijzeren pen, die op de sluiswand was aangebracht. Over de ruim 7,5 m brede sluis werd een dubbele valbrug (ophaalbrug) gebouwd.

#### Spuisluizen

Door de toenemende handel en scheepvaart werden er in diversen steden havens aangelegd. Een telkens terugkerend probleem was dat de verbinding met de open zee steeds weer dreigde te verzanden. Daarom werd achter de haven een reservoir aangelegd dat via een afsluitmiddel, de spuisluis, met de haven was verbonden<sup>91</sup>. In dit reservoir of spui kom, vroeger ook wel spui vank genoemd, werd bij vloed het water ingelaten en bij eb de sluis gesloten. Als het buitenwater voldoende was gezakt, zette men de spuisluis open, waardoor het water met kracht uit de spui kom liep. Door de schurende werking van het snel stromende water werd het neergeslagen slip losgewoeld en afgevoerd. Spuisluizen paste men ook wel toe in steden om de grachten regelmatig door te spoelen. Voorwaarde was wel dat de spuisluis in open verbinding stond met de zee, zodat de getijwerking haar werk kon doen.

Wanneer de eerste spuisluizen zijn gebouwd, is niet met zekerheid te zeggen. Uit een rekening van de stad Middelburg uit 1365 blijkt dat 'meester Willem den timmerman' drie dagen aan een sluis had gewerkt, 'doe men die scare maecte' of, met andere woorden, een sluis waarmee werd geschuurd of gespuid<sup>92</sup>. Vermoedelijk is dit een spuisluis geweest om de grachten door te spoelen. Als afsluitmiddel werd voornamelijk de schotdeur toegepast<sup>93</sup>. Dit deurtype kan bij een ongelijke waterstand voor en achter de deur gemakkelijk worden geopend, mits de schuif niet te groot is.



## Toldeur te Brielle

In Brielle werd aan het eind van de 15de eeuw de Marelandsche spuisluis gebouwd, waarin voor het eerst een toldeur is toegepast<sup>94</sup>. Toldeuren draaien om een verticale as die gewoonlijk iets uit het midden staat. Als het water achter de deur voldoende is gezakt, wordt de verenging weggehaald, waarna de druk van het water de deur een kwartslag doet draaien.

De Brielse toldeur rustte aan de onderzijde in een sponning<sup>95</sup>. Om de deur te openen, moest deze eerst ongeveer 10 cm worden 'opgewonden', zodat de deur vrij van de drempel kwam en door het water werd opgedraaid. Het omhoog hijsen gebeurde met een 'ijzeren gereedschap', waarschijnlijk een windas. Doordat het oplichten van de deur niet gemakkelijk was, bleven verdere toepassingen voorlopig uit.

## Van hefdeur naar puntdeuren

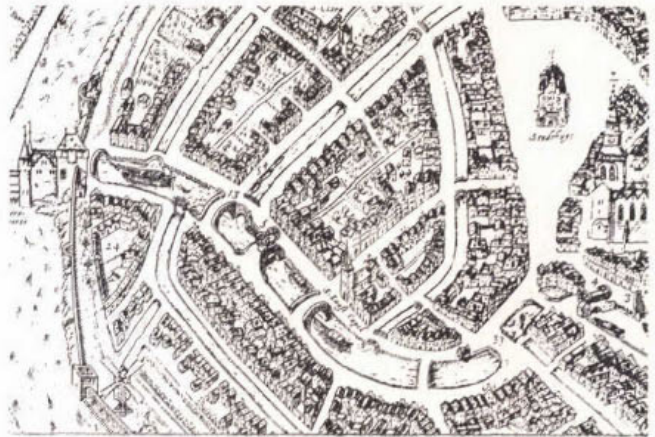
Met de toename van het scheepvaartverkeer aan het einde van de 16de eeuw werden scheepvaartsluizen met hefdeuren steeds meer als een hindernis ervaren. De zeilschepen moesten eerst hun masten strijken, voordat ze de sluis konden passeren. In scheepvaartsluizen werden hefdeuren dan ook langzamerhand vervangen door puntdeuren. Het Amsterdamse Verlaat en de Donkere sluis in Gouda en de Oude Haarlemmersluis te Amsterdam zijn op kaarten uit het eind van de 16de eeuw nog afgebeeld als sluisen met een hefdeur (afb. 29, boven)<sup>96</sup>. In de atlas van Joan Blaeu uit 1648 zijn deze sluisen weergegeven met puntdeuren (afb. 29, onder)<sup>97</sup>.

Toch werden ook na 1600 nog wel schotdeuren gebruikt in schutsluizen. Soms gebeurde dit vanwege een gebrek aan financiële middelen, soms ook om politieke redenen.

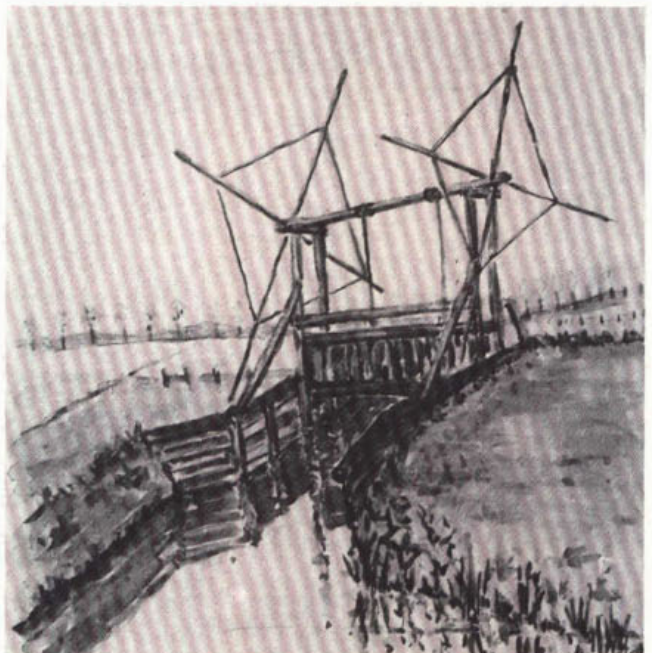
## Drenthe

In 1613 kregen enkele Amsterdamse kooplieden een ocrooi tot vervening van de Smilderven in Drenthe<sup>98</sup>. De door hen opgericht Compagnie begon met de verbetering van de Havelter Aa, een riviertje dat van Meppel naar het noorden liep. Bovenstrooms werd dit stroompje verlengd met de Grift, die vanuit de venen via een duiker met water werd gevoed. Rond 1625 lag in deze vaarweg een vijftiental verlaten. Om financiële redenen bestonden deze uit een enkele kering, voorzien van een valdeur (hefdeur) die met behulp van een windwerk omhoog kon worden gehesen (afb. 30, zie ook afb. 23). Tijdens het 'schutten' begon het water te stromen, hetgeen voor de nodige problemen voor de scheepvaart zorgde. De sluisen waren in feite stuwen, die men opende als er een schip moest passeren.

In 1633 nodigden de bewindvoerders de bekende Jan Adriaansz. Leeghwater en de landmeters Cornelis Dancers en Pieter Vinckeboons uit om advies over dit probleem te geven<sup>99</sup>. Deze stelden voor om in de Grift telkens bovenstrooms van de hefdeuren een tweede sluis met puntdeuren te plaatsen, waardoor een schut-

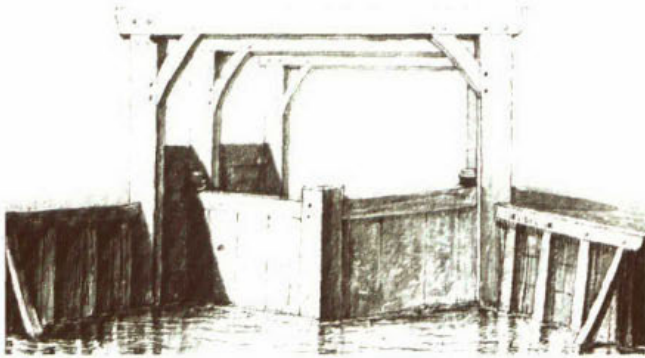


29. Detail van de kaart van Gouda volgens Braun en Hogenberg (1574, boven) en volgens Joan Blaeu (1648, onder).



30. Tekening van een valschut, zoals deze rond 1620 in de Havelter Aa en de Grift werden gebouwd.





31. Tekening van het sluishoofd met puntdeuren, waarmee de 'valschutten' in de Grift werden omgebouwd tot schutsluis uit 1634.

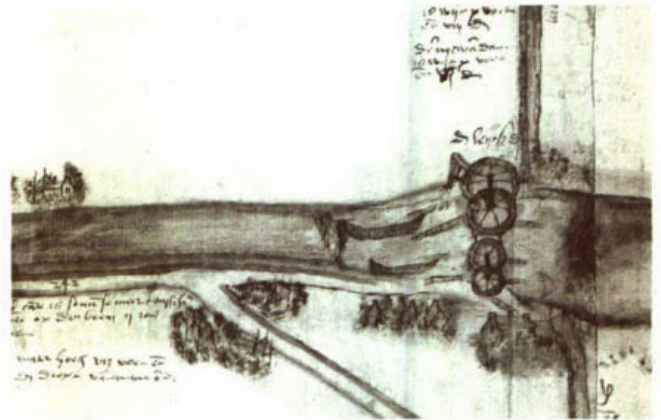
sluis met een kolk ontstond (afb. 31). Verder moest de Havelter Aa worden uitgediept en verbreed en de scherpe bochten worden afgesneden. De sluizen in de Grift werden inderdaad volgens deze aanbevelingen omgebouwd tot schutsluizen met kolk. Pieter Serwouters, de boekhouder van de Compagnie, heeft ons in zijn Journaal een tweetal bestekken nagelaten, elk voorzien van een tekening (zie bijlage 1)<sup>100</sup>. Het eerste bestek werd als voorstel ingediend door Leeghwater en Cornelis Danckers. Na overleg werd dit bestek enigszins gewijzigd, waarbij het sluishoofd onder meer werd voorzien van 'baerdingen' (houten vloer voor en achter het sluishoofd) en behalve het deurgebint ook nog twee eindgebinten. De Havelter Aa werd niet verbeterd. In plaats daarvan groef men een vijftien jaar later naast de Aa de Haveltermade. In 1635 kwam in Meppel de Meppeler Sluis gereed<sup>101</sup>. Deze houten schutsluis werd eveneens voorzien van een valdeur met een windwerk. De doorvaartbreedte van deze sluis bedroeg ruim 6 m en de kolk lengte ongeveer 22 m.

### Leidschendam

Ook de sluis te Leidschendam bezat lange tijd nog schotdeuren (hefdeuren). Gouda heeft eeuwenlang kunnen afdwingen dat de scheepvaart tussen het noorden en zuiden van Holland over de Gouwe moest plaatsvinden, dus door deze stad<sup>102</sup>. Zelfs de (grote) schepen die van Delft naar Leiden moesten, waren verplicht om over de Gouwe varen. Tevergeefs hebben Delft en Leiden geprobeerd een betere scheepvaartweg over de Leidsche dam in de Vliet tot stand te brengen. Zo verleende keizer Maximiliaan in 1489 consent aan Delft tot het bouwen van een spoye of verlaat (schutsluis of ook sluishoofd van een schutsluis) in de dam<sup>103</sup>. De schutsluis werd onder strenge bepalingen van Delfland gebouwd, maar reeds in 1492 door vierhonderd man uit Gouda en Dordrecht vernield. Delft verloor de daarna gevoerde processen en de keizer trok de vergunning tot de aanleg van een verlaat vervolgens weer in. Een vergunning uit 1536, verleend na de grote stads-

brand in Delft, werd na protesten van Dordrecht, Haarlem en Gouda eveneens weer ongedaan gemaakt. Het scheepvaartverkeer over de dam moest gebruik blijven maken van windassen (overtomen), zodat grote schepen moesten omvaren (afb. 32). Tijdens het beleg van Leiden in 1574 vernielden de Spanjaarden de overtoom<sup>104</sup>. Na het ontzet van Leiden kreeg deze stad, samen met Delft, toestemming om naast de overtoom tijdelijk een schutsluis in de dam aan te leggen. Als afsluitmiddel werden schotdeuren gebruikt, waarbij het sluishoofd in de bestaande dam als duiker- of kokersluis was uitgevoerd.

In 1648 werd de koker gesloopt en bouwde men een schutsluis met aan beide uiteinden van de kolk een sluishoofd met hefdeur (afb. 33)<sup>105</sup>. De sluis had een doorvaartbreedte van 3,8 m en een doorvaarthoogte van 2,2 m. Deze afmetingen waren om politieke redenen beperkt gehouden; in de eerste helft van de 17de eeuw was namelijk de trekvaart in opkomst. Met de genoemde afmetingen was de doorvaart van trekschuiten door de sluis in de Leidsche dam nog net mogelijk.



32. De overtoom op de Leidsche dam; deel van een kaart van Coenraet Oelensz uit 1556.



33. De schutsluis met hefdeuren te Leidschendam op een gekleurde gravure van P.F. Smith uit circa 1668.





34. De huidige schutsluis te Leidschendam uit 1887.

De drie tegenwerkende steden Dordrecht, Haarlem en Gouda vonden deze sluis echter nog te groot en legden zich node hierbij neer. Pas in 1887 kwam een nieuwe sluis gereed, met een bredere doorvaartopening en voorzien van puntdeuren (afb. 34).

### Overtoemen

Leidschendam bezat als alternatief voor een schutsluis een 'windas' of overtoom. Een overtoom, ook wel overhaal genoemd, is een vaste waterkering (dam), waar de schepen overheen moeten worden getrokken. Een overtoom bestaat gewoonlijk uit twee hellende vlakken met een houten vloer. Bij het overhalen van schepen vindt onder normale omstandigheden geen waterverlies plaats. Ook behoeven overtoemen voor wat betreft de veiligheid van het achterliggende land minder controle dan schutsluizen.

De belangen van de verschillende waterstaatsinstanties liepen vaak niet parallel met die van de scheepvaart. Genoemd zijn de bezwaren van het hoogheemraadschap van Rijnland tegen een schutsluis in de Spaarne-dam. Ook het hoogheemraadschap van Delfland ging slechts node akkoord met een sluis in de Leidsche dam. Een overtoom was voor hen veel beter te accepteren, omdat dit niet leidde tot een 'verzwakking' van de dijk.

### De Overtoom te Amsterdam

In 1413 liet Amsterdam een vaart tussen het IJ en de Schinkel graven, om op deze wijze een gunstiger verbinding te krijgen met het zuiden<sup>106</sup>. Haarlem meende dat deze vaart ten koste zou gaan van de scheepvaart door de eigen stad en legde daarop een dam in de Schinkel. De nieuwe vaart kreeg daarna de naam Kostverlorenvaart. Een eeuw later verleende het hoogheemraadschap van Rijnland vergunning tot het maken van een overtoom op de dam die de Kostverlorenvaart van de Schinkel scheidde (afb. 35)<sup>107</sup>. De dam vormde tevens de scheiding tus-

sen Amstelland en Rijnland. Rijnland vreesde voor wateroverlast vanuit Amstelland en eiste dat de dam een minimale hoogte behield.

Haarlem bleef zich echter verzetten tegen een goede doorvaartmogelijkheid voor schepen door de Kostverlorenvaart. Gebruikelijke voorzieningen als een windas en houten rollen op de vloeren van de overtoom, om de schepen gemakkelijker over de dam te trekken, waren bij de Overtoom verboden. Hierdoor konden alleen kleine schepen de dam passeren. Pas in 1808 kreeg Amsterdam toestemming de overtoom te vervangen door een schutsluis.

### Hildam

Ook de overtoom op de Hildam in de Rotte was een bron van strijd. In de 16de eeuw stond de Rotte via de thans verdwenen Hogeveense Vaart, die in het verlengde van de Rotte liep, in verbinding met de Oude Rijn<sup>108</sup>. Op de waterscheiding tussen Rijnland en Schieland bij Moerkapelle werd na verloop van tijd een dam opgeworpen, de Hildam geheten. Rotterdam voorzag deze van een 'windas' (overtoom) voor het overhalen van kleine schepen. Gouda zag in deze overhaal een bedreiging van haar positie en vernielde de windas in 1590.

Overtoemen zijn er op diverse plaatsen in Nederland geweest, onder meer in Delfland en rond Amsterdam<sup>109</sup>. Vlak bij de hiervoor genoemde Overtoom in de Schinkel lagen de overtoom naar de Slotervaart uit 1649 (afb. 36) en de nog oudere bij de Drie Baarsjes. Beide bleven tot in het begin van de 20ste eeuw in gebruik, voornamelijk door tuinders die per schip hun produkten naar Amsterdam brachten<sup>110</sup>. Het overhalen van deze betrekkelijk kleine scheepjes via een overtoom verliep sneller dan het schutten door een sluis.

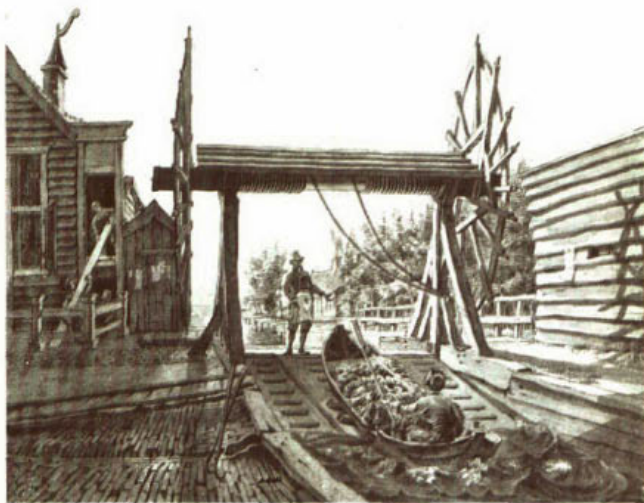


35. De Overtoom te Amsterdam op een gravure van H. Schoute uit circa 1760.

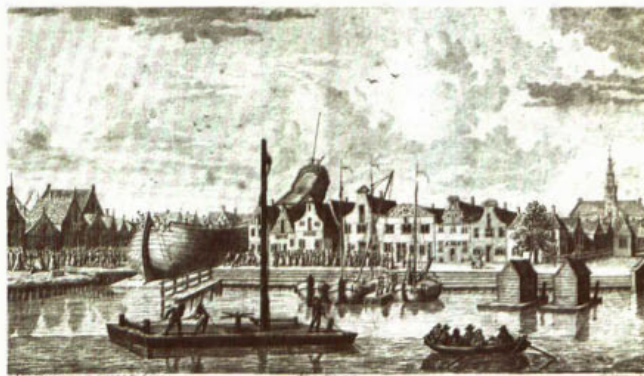


## Overtoom te Zaandam

De hiervoor genoemde overhalen waren bestemd voor kleine schepen. Er zijn echter ook overtoomen gebouwd voor grote schepen, zoals die uit 1607 op de dam in de Zaan te Zaandam (afb. 37)<sup>111</sup>. De dam bezat toen al sluisen, doch de geringe afmetingen daarvan vormden een beperking voor de scheepsbouw verderop langs de Zaan. Om toch grote schepen te kunnen bouwen, koos men om technische en financiële redenen voor een overtoom met drie windassen. Voor het overhalen van een groot schip waren niet minder dan negentig mannen nodig, waarbij men de helling met smeer invette en het schip stutte. In 1718 werd het laatste schip overgehaald, waarna de overtoom is afgebroken.



36. De overhaal tussen de Kostverlorenvaart en de Slotervaart te Amsterdam omstreeks 1820.



37. De grote overtoom te Zaandam, waarmee zeeschepen over de dam konden worden getrokken op een gravure van J. Bulthuis uit 1794 (kopie van een schilderij uit 1717).

## Roldeuren

Aan het eind van de 16de eeuw werd een aantal nieuwe afsluitmiddelen ontwikkeld. De Steenbergse rentmeester Vierlingh stelde in zijn eerder genoemde tractaat het gebruik van de schuivende deur of roldeur voor als alternatief voor de hefdeur<sup>112</sup>. De roldeur liep op metalen schijven of rollen, gemonteerd in een balk op de bodem. In geopende stand bevond de deur zich in een gemetselde 'koker' of deurkas. Het afsluitmiddel werd zodoende veel minder aan de felle zonnestrallen blootgesteld dan bij hefdeuren het geval was, wat de levensduur ten goede zou komen. Volgens Vierlingh is zelfs een grote roldeur gemakkelijk door één persoon te bewegen. Grote hefdeuren waren veel moeilijker te bewegen en liepen nogal eens vast.

In de praktijk bleek de roldeur toch minder goed te voldoen. Reeds in 1617 schrijft Simon Stevin dat de deuren die 'zijdelings in het land getrokken moesten worden in het gebruik niet de bekwaamste werden bevonden'<sup>113</sup>. Hetzelfde gold volgens hem overigens ook voor deuren die bij eb op het stortebed (bodembescherming) kwamen te liggen en bij vloed vanzelf omhoog gingen, ofwel klepdeuren.

## Simon Stevin en zijn 'Sterctebou'

Stevin noemt in zijn *Nieuwe maniere van sterctebou door spil-sluisen* (afb. 38) een drietal sluisstypen<sup>114</sup>: de uitwateringssluis, de schutsluis en de spuisluis. Zowel de uitwateringssluisen ('om lage landen te drogen') als de schutsluisen ('om schepen met staande masten door te varen') waren voorzien van puntdeuren, toen ook wel steek- of zwaaideuren genoemd. Een afbeelding van een schutsluis toont voor het vullen van de schutkolk omloopriolen in plaats van rinketten in de deuren.

De spuisluisen ('om havens te schuren') bezaten 'optrekkende' sluisdeuren ofwel hefdeuren. Deze deuren hadden echter als bezwaar dat, wanneer de sluis ook voor de scheepvaart moest dienen, grote schepen met staande masten niet konden passeren. Puntdeuren waren geen alternatief, omdat deze niet tegen de stroom in konden worden geopend. Vierlingh had voor spuisluisen zijn roldeuren aangeprezen, maar deze bleken in de praktijk niet te voldoen. Stevin kende de 'spildeur' (toldeur) in de Marlandsche sluis te Brielle. Deze deur had echter als nadeel dat de doorvaartbreedte beperkt was, terwijl ook het openen niet zonder moeite ging.

In Holland, waar reeds vele sluisen waren gebouwd, bogen diversen personen zich over het probleem een beter afsluitmiddel voor spuisluisen te krijgen<sup>115</sup>. Simon Stevin kwam hierover in contact met Adriaen Jansz., stadsmeester van Rotterdam, en Cornelis Dirxsz. Muys, stadsmeester van Delft<sup>116</sup>. Zij spraken af gezamenlijk elkaars ideeën te bespreken, waarbij eventuele kosten of baten onderling zouden worden gedeeld.

Een eenvoudige oplossing kwam van Stevin zelf. Hij stelde puntdeuren voor met een 'optrekkende' deur ofwel een grote schuif, die vrijwel de gehele breedte van de deur



NIEUWE MANIERE  
VAN  
**STERCTEBOV,**  
DOOR  
SPILSLVYSEN.

*Befchreven*

Door SYMON STEVIN van Brugghe.



TOT LEYDEN.

By Bonaventuer ende Abraham Elzevier,  
ANNO 1633.

38. Titelpagina van het boek 'Sterctebou' van Simon Stevin.

besloeg (afb. 39). Voor het spuien kon de schuif worden gebruikt, terwijl voor het doorlaten van schepen de puntdeuren konden worden geopend. Kleine schuiven (rinketten) in puntdeuren werden in schutsluizen regelmatig toegepast, maar een grote schuif om te spuien, was iets nieuws.

### Toldeur van Adriaen Jansz

De Rotterdammer Adriaen Jansz. kwam met een verbetering van de spil- of toldeur. In plaats van over de sluis een balk te leggen, fixeerde hij het bovenste draaipunt met twee korte balken<sup>117</sup>. Deze balken waren aan één van de sluiswanden bevestigd en vormden met de sluiswand een vormvaste driehoek (afb. 40). Het draaipunt bevond zich in het snijpunt van de beide balken op een afstand van één vijfde van de totale sluisbreedte. Vier vijfde van de breedte kon zo bij een geopende deur voor de doorvaart van schepen worden gebruikt, zonder een belemmering in hoogte.

Tegen de sluiswand aan de zijde van de scheepvaartopening moesten op geringe afstand van elkaar twee verticale balken worden bevestigd. Daartussen kon een eveneens verticale sluitbalk worden geplaatst. De toldeur werd vastgezet door deze sluitbalk aan de bovenzijde iets

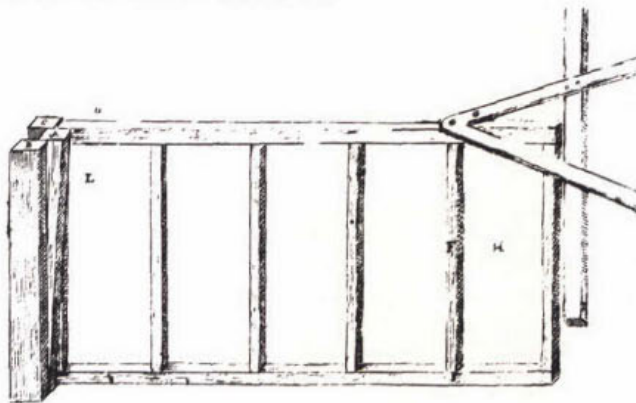
uit de sponning te duwen. Wanneer het water voor de deur voldoende was gezakt, trok men de sluitbalk in de sponning, waardoor de toldeur door de waterdruk opendraaide. Adriaen Jansz. kreeg voor deze vinding in 1594 een octrooi van de Staten van Holland.

### Puntdeuren met toldeur

Een zekere Adriaen Diericxsz., een timmerman uit Delft, bracht daarna enkele verbeteringen aan, onder meer door de toldeur in twee steek- of puntdeuren te plaatsen (afb. 41)<sup>118</sup>. De toldeur kon worden vastgezet met een ijzeren draaiboom. Wanneer het water voor de sluis voldoende was gezakt, werd de draaiboom voor de opening weggedraaid, waardoor de toldeur om zijn as draaide en het water naar buiten kon stromen.

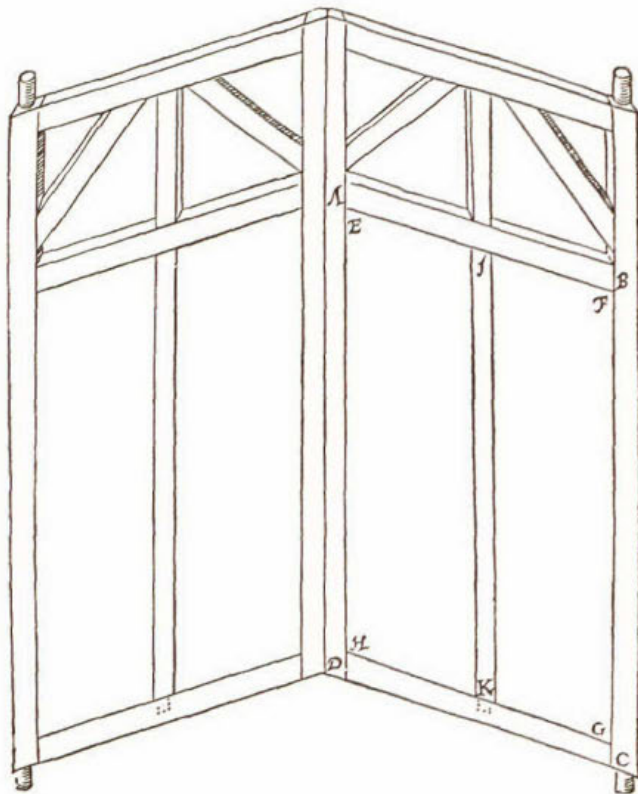


39. Tekening van puntdeuren met grote schuiven in het boek 'Sterctebou' van Stevin.



40. Tekening van een toldeur gevoegd bij de octrooiaanvraag van Adriaen Jansz.





41. Puntdeuren met toldeuren naar een ontwerp van Adriaen Diericxsz volgens Stevin.  
 ABCD = puntdeur, EFGH = toldeur en IK = spil of koningsstijl.

Voor deze vinding verleenden de Hoogmogende Heren Staten (van Holland) hem een octrooi. De puntdeuren met toldeur werden rond 1600 toegepast in twee sluisen te Maaslandsluis en één te Hellevoetsluis. Stevin zelf gaf aan de vinding van Diericxsz. de voorkeur boven de andere door hem genoemde afsluutmiddelen voor spuisluizen.

### Kruisende deuren

Een geheel andere constructie betrof de vinding van Cornelis Dircksz. Muys. Hij stelde kruisende deuren voor, bestaande uit twee paar puntdeuren, waarbij het ene stel deuren als steundeuren fungeerde en zo het andere stel gesloten hield (afb. 42)<sup>119</sup>. In gesloten stand stonden de beide driehoekige ruimten tussen deuren en sluiswand via rinketten of riolen in verbinding met het hoge water achter de deuren. Wanneer het water voor de sluis ver genoeg was gezakt, liet men het water dat zich in de beide driehoekige ruimten bevond naar het lage water aflopen. De steundeuren verloren daarmee hun tegenhoudende kracht, waardoor de kruisende deuren in de kassen werden geduwd en het water met kracht naar buiten stroomde.

Kruisende deuren zijn rond 1600 toegepast in Vlaardingen, Schiedam en in Winoksbergen in het huidige Frans-Vlaanderen.

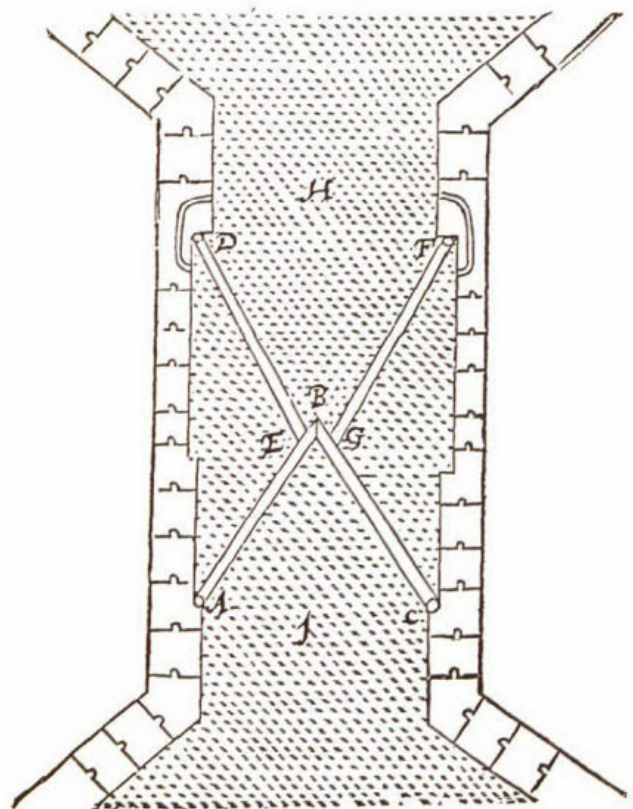
### Militaire sluisen

Naast sluisen voor de waterhuishouding en scheepvaartsluisen verschenen er in de 17de eeuw ook sluisen voor militaire doeleinden.

Reeds aan het begin van de Tachtigjarige Oorlog speelden sluisen een belangrijke rol in de landsverdediging. Bij de verdediging van Brielle, na de verovering door de Watergeuzen in 1572, hakte de stadstimmerman Rochus Meeuwesz. de deuren van de poldersluis door (afb. 43)<sup>120</sup>. De Nieuwlandse polder bij Brielle kwam onder water te staan, zodat de Spanjaarden zich moesten terugtrekken. Ook in de jaren daarna werd het inunderen van het land gebruikt om belegeraars te verdrijven, bijvoorbeeld bij het beleg van Leiden in 1574. Meestal gebeurde dit door het openzetten van sluisen en het doorsteken van dijken.

Bij het beleg van Leiden was ook de noodzaak van een andere 'militaire sluis' naar voren gekomen. De doorgang van de Gouwe door Gouda bleek ongeschikt te zijn om grote oorlogsschepen door te laten. Daarom werd op aandrang van prins Willem van Oranje en op kosten van Holland de Mallegatsluis aangelegd, die in 1577 gereed kwam<sup>121</sup>. Gouda had daarbij bedongen dat alleen militaire schepen van deze sluis gebruik mochten maken; de handelsvaart moest door de stad blijven gaan.

Pas in 1598 mocht, na sterk aandringen van een aantal



42. De kruisende deuren naar een ontwerp van Cornelis Muys volgens Stevin.





43. Het openhakken van de sluis in de dijk van de Nieuwlandse Polder bij Brielle in 1573 door Rochus Meeuwesz. (illustratie van J.H. Isings uit circa 1922).

Hollandse steden, ook het handelsverkeer door de Mallegat sluis varen. Wel moesten de schepen 36 uur voor de stad liggen voordat deze werden gesloten. De tocht door de binnenstad via de Donkere Sluis en het Amsterdamse Verlaat duurde meestal nog langer, terwijl er geen andere alternatieven waren.

### Utrechtse Waterlinie

Prins Maurits wilde in Utrecht en Zuid-Holland een meer permanente verdedigingslinie aanleggen, waarmee het achterliggende gebied onder meer via inundaties kon worden veiliggesteld. Maurits' broer en opvolger Frederik Hendrik bracht deze plannen gedeeltelijk in praktijk door de aanleg van de Utrechtse Waterlinie in 1629<sup>122</sup>.

Via sluisen te Vreeswijk en Wijk bij Duurstede in het zuiden, en de sluis in de Vecht aan de Hinderdam bij Nigtevecht in het noorden, werd de tussenliggende strook land onder water gezet. Het zijn hier echter nog bestaande sluisen die als inundatiesluis werden gebruikt.

Frederik Hendrik kwam ook met plannen om een Hollandse waterlinie aan te leggen. Deze werd echter pas in het rampjaar 1672 door zijn kleinzoon Willem III ten uitvoer gebracht.

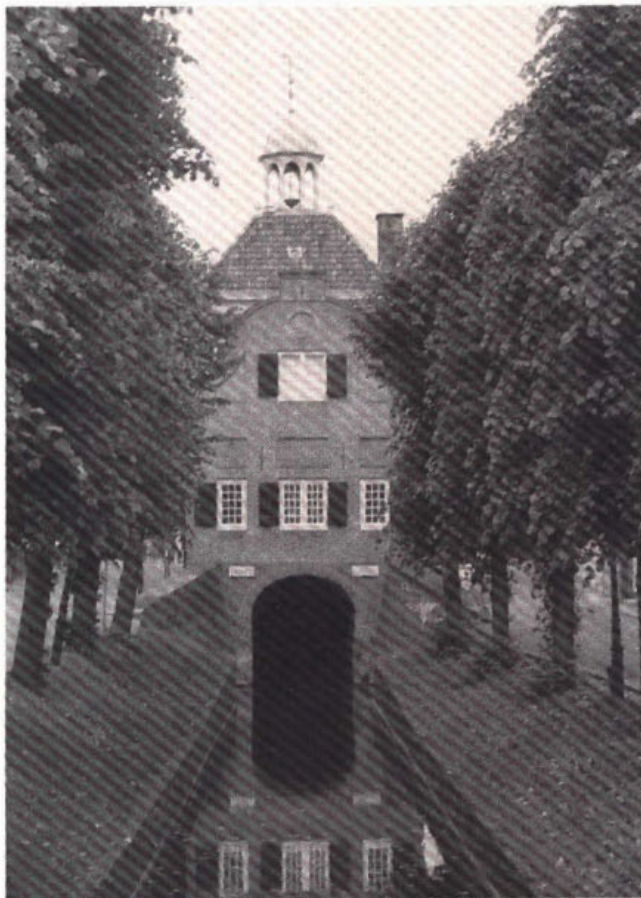
### Oude Hollandse Waterlinie

De Hollandse Waterlinie liep ongeveer van Muiden over Woerdense Verlaat, Bodegraven, Schoonhoven en Nieuwpoort naar Gorinchem<sup>123</sup>. In 1672 moest deze linie plotseling in werking worden gesteld vanwege de inval van de Fransen. De sluisen werden opengezet en de

dijken doorgestoken, wat met veel tegenwerking van de bevolking gepaard ging. De inundatie geschiedde nog op tijd en had ook succes.

Niettemin zag men het belang in van een betere en meer controleerbare inrichting van de verdedigingslinie. Veel sluisen werden daarna verbeterd en geschikt gemaakt als inundatiesluis. Ook kwam een aantal nieuwe inundatiesluisen gereed. Een inundatiesluis moest, ondanks een groot verval over de sluis, snel kunnen worden geopend, wat bij puntdeuren vrijwel onmogelijk is. Schotdeuren hebben het nadeel dat de windassen of heftorens boven het maaiveld uitsteken en daardoor voor de vijand zichtbaar zijn en gemakkelijk kunnen worden kapotgeschoten. Daarom bezaten vrijstaande inundatiesluisen meestal schotbalken als afsluitmiddel<sup>124</sup>.

Bij Nieuwpoort (tegenover Schoonhoven) bouwde men over de nieuwe inundatiesluis het gemeentehuis, waardoor de sluis min of meer beschermd was tegen sabotage door onwillige landbouwers (afb. 44)<sup>125</sup>. Het bouwen van huizen over sluisen kwam overigens vaker voor. Al in 1374 moesten in Middelburg de huizen boven de havensluis worden afgebroken<sup>126</sup>.



44. De inundatiesluis onder het gemeentehuis van Nieuwpoort.



## Amstelsluizen

Nadat in 1633 Stevins boek *Sterctebou* was verschenen, zijn tot het eind van de 18de eeuw nauwelijks innovaties te melden. Slechts incidenteel vonden verbeteringen plaats van bestaande sluisstypen en afsluitmiddelen. Wel werden enkele, voor die tijd grote, sluiscomplexen gebouwd. Vermeldenswaardig is de bouw van de Amstelsluizen te Amsterdam in 1673 (afb. 45). De directe aanleiding vormde de sterk toenemende en langzamerhand onaanvaardbaar geworden vervuiling van de Amsterdamse grachten<sup>127</sup>. De schepen en latere burgemeester Joannes Hudde was de ontwerper en tevens de uitvoerder van dit complex. Het bestaat uit drie enkelkerende schutsluizen met aan weerszijden een dubbele spuisluis. De middensluis heeft twee vaargeulen, gescheiden door een tweetal 'eilandjes'. Op één ervan bevindt zich het sluiswachterskantoor. De puntdeuren worden door middel van kaapstanders geopend en gesloten. De spuisluizen bezitten behalve een stel puntdeuren ook een toldeur.

## Theatrum machinarum universale

Het *Theatrum machinarum universale of grote waterwerken* is het eerste boek over sluisen met zeer fraaie en vrij gedetailleerde tekeningen, 'in het koper gebracht' door Jan Schenk. Het eerste deel verscheen in 1736 en was geschreven door Tileman van der Horst (afb. 46). Een jaar later volgde het tweede deel van de hand van Jacob Polley, die eerder al het 'Groot algemeen moolenboek' had geschreven.

## Zeesluis te Muiden

In het eerste deel staat een aantal beschrijvingen van sluisen, waaronder de uit 1674 daterende zeesluis te Muiden<sup>128</sup>. Holland had al meer dan een eeuw vergeefs met Utrecht onderhandeld over de verplaatsing van de Hinderdam naar de uitmonding van de Vecht bij Muiden<sup>129</sup>. Toen de stad Utrecht in 1672 door de Fransen werd be-



45. De Amstelsluizen te Amsterdam uit 1673.

# THEATRUM MACHINARUM UNIVERSALE;

OF

## KEURIGE VERZAMELING

van verſcheide grote en zeer fraaie

WATERWERKEN, SCHUTSLUIZEN,  
WATERKERINGEN, OPHAAL-  
en DRAAIRUGGEN.

Met hare Gronden, Opfallen en Doorgefinedens;

Als de grote Sluis te Muiden, met de Ophaaling daer over, naar van de Beveering in alle drieën het aanva-  
kerig wordt aangetoone, en verſchelde Sluisen enken van hout. Ook wordt de hand van Sluisen of D'waterwin-  
gen met te ſeken. Hier op verſchelde manieren op het aldergoetlijckſt aangegeven, met vele andere Verſooningen  
van Beveeringen, daer toe behoorende. Hier by is getoont de bevoerde Sluis te Hamel, op de rivier de Water,  
druide 1736. en ſilken in koppen, in 1734. in September voldeert, onder de Directie van den Heer Leijden-  
keren Heer G. L. VOIGTS, Commiſſie- Raad in 't Opper-Appraat van zyne Koninklike Maestheit van Groot-  
Brittanien, en Keurvorſtelyk Thronſticht van Hannover te Kalenberg, in van den Heer FICKEN, Ko-  
ninklike en Keurvorſtelyk Opper-kamermeester, naar de Beſluiten en daer toe afgevaardigde Oorlogsen van  
ISAAK STOEL, vermaakt Beveeringer van Sluisverken te Muiden, als mede een Draairug, zodra  
over de Schrevelandſche Vaart, by het Fort 'Sjonneker, gemaakt door G. YBBERT STOEL, naar het be-  
ſluit van de Heer VINGB, Ingenieur van de Fortificatie en 's Lands Werken.

Alles op het nauwkeurigh vermaakt, en noot zoolang in het licht gegeven en getrukt

DOOR

TILEMAN VAN DER HORST,

en in 't koper gebracht door

JAN SCHENK.  
I D E E L.



AMSTERDAM,

By PETRUS SCHENK, Konst- en Kaarverkooper voor aan in de Warmoesstraat,  
by den Vygenſtam, in N. Volfchers Arde. 1736.

Met Privilegie van de E. L. Gr. Mg. Heeren Staten van Holland en W'el' Verienland.

## 46. Titelpagina van het boek 'Theatrum Machinarum Universale' van Van der Horst uit 1736.

zet, zag Holland zijn kans schoon en bouwde in Muiden een nieuw sluiscomplex, waarna de Hinderdam werd opgeruimd. Het complex bestond uit een grote schutsluis met aan weerszijden een grote en een kleine uitwateringsannex spuisluis (afb. 47).

De dubbelkerende schutsluis is voorzien van een extra stel stormvloeddeuren en een stel vloeddeuren in het midden. De sluis heeft een schutlengte van meer dan 50 m en een breedte van ruim 7,5 m. De uitwateringsannex spuisluizen bezitten elk een stel vloeddeuren en een toldeur. De beweging van de deuren geschiedde met behulp van windassen. De puntdeuren waren door houten bomen en touwen met de windas of kaapstander verbonden. Bij de toldeuren liepen touwen vanuit de beide uiteinden van de deur via katrollen naar een windas, die op één van de beide sluiswanden stond.

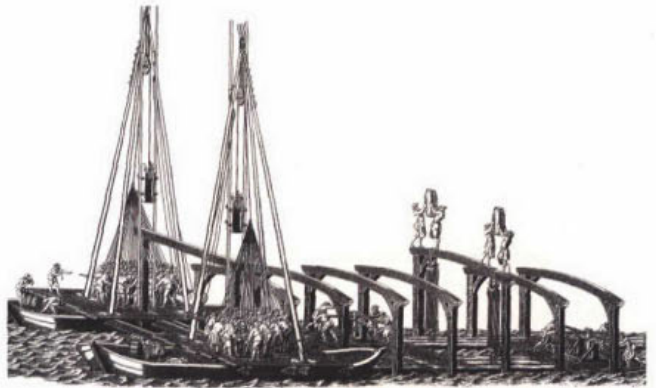
Het is opmerkelijk dat men toen in staat was dergelijke, voor die tijd grote, complexen te bouwen. De Republiek verkeerde immers in oorlog met Frankrijk, Engeland, Munster en Keulen. Zowel de Amstelsluizen als de sluisen te Muiden werden gebouwd toen het scheen dat 'de regering radeloos, het volk redeloos, en het land redde-



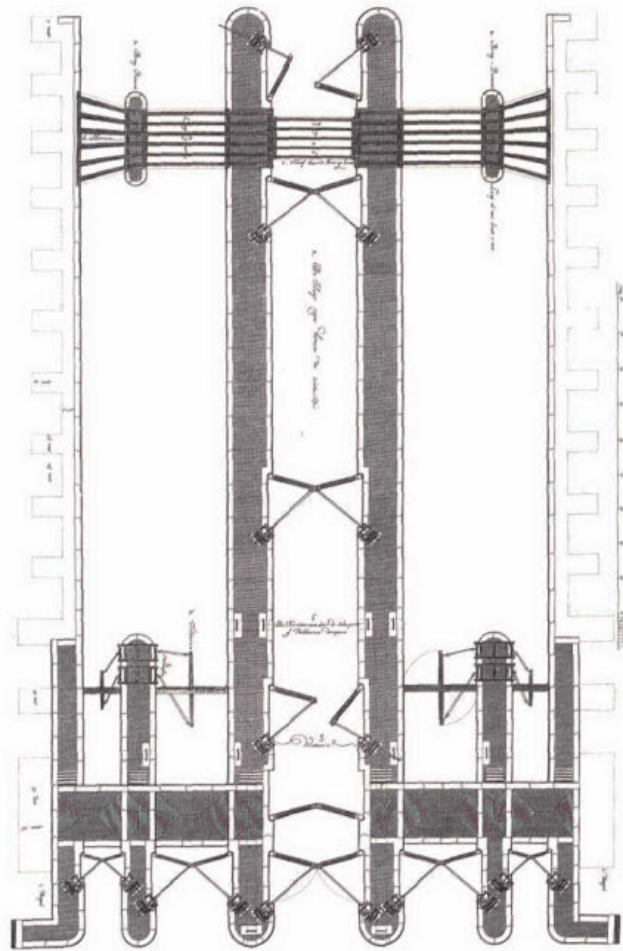
plaats stonden, werden de wanden als schotten tegen de gebinten geplaatst en de ruimten aan weerszijden van de sluis met grond aangevuld.

### IJzeren windwerk

In het tweede deel, van Jacob Polley, zijn onder meer afbeeldingen van een stenen koker- of duikersluis en een perspectieftekening van het stellen van puntdeuren opgenomen (afb. 49)<sup>134</sup>. Nieuw was de toepassing van ijzeren heugelstangen: staven voorzien van tanden, die in een soort rondsel grijpen<sup>135</sup>. Het rondsel bestond uit twee op één as gemonteerde, ronde schijven, met daartussen ronde korte staven in een cirkel. De ronde staven fungeerden als tanden. De heugel was verbonden met een schuif, waarmee het omloopriool kon worden afgesloten. Door het draaien van het rondsel kon de heugel op en neer worden bewogen en de rioolschuiten worden geopend of gesloten.



48. Het inheien van de gebinten van een steeksluis (gravure van Jan Schenk).



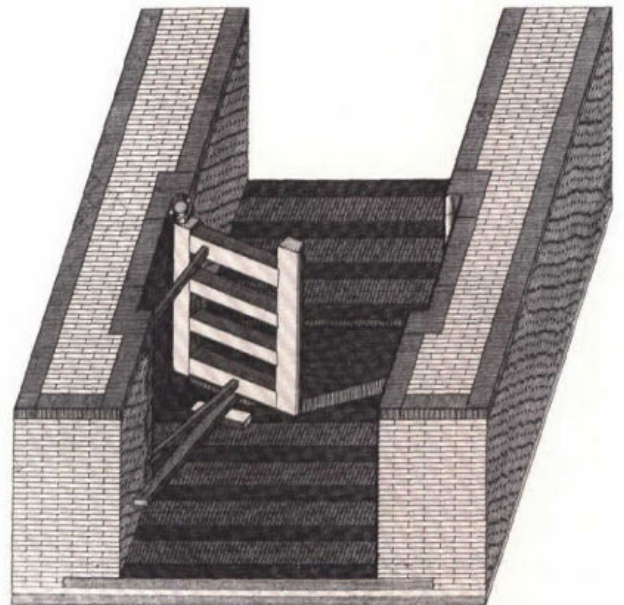
47. Plattegrond van het sluiscomplex te Muiden uit 1736 (gravure van Jan Schenk).

loos was<sup>130</sup>. De Duitser C.F. Wiebeking noemt in 1812 in zijn vierdelig standaardwerk over de waterbouwkunde in West-Europa de sluisen te Muiden één van de grootste en merkwaardigste van Europa<sup>131</sup>. Hij kende ook geen andere sluis die zoveel functies bezat. In zijn werk komt de Nederlandse waterstaatkundige situatie van omstreeks 1800 ruimschoots aan bod.

### Steeksluisje

In het eerste deel van het *Theatrum machinarum universale* staan eveneens enkele afbeeldingen van een houten steeksluisje<sup>132</sup>. Uiterlijk lijkt dit sluisje veel op de al eeuwen daarvoor toegepaste houten sluisjes, maar de bouwwijze is geheel anders.

Steeksluisen werden toegepast op plaatsen met slappe grondlagen van klei of veen en met een hoge grondwaterstand, omdat voor de bouw van dit sluisstype geen droge bouwput nodig is. Op de plaats waar de sluis moest komen, baggerde men een sleuf tot de diepte van de sluisbod. Daarna werden de van te voren in elkaar gezette sluisgebinten op hun plaats geheid, waarvan het boek een tekening toont (afb. 48)<sup>133</sup>. Nadat alle gebinten op hun



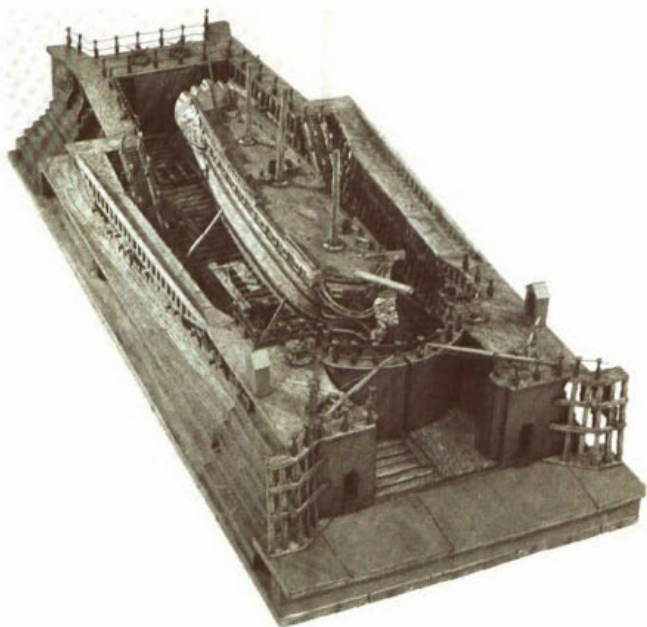
49. Het stellen van puntdeuren (gravure van Jan Schenk).



## Gebogen deuren in Vlissingen

In het boek van Polley staan ook enkele afbeeldingen van een sluis met gebogen houten puntdeuren<sup>136</sup>. Deze deuren hebben het voordeel dat de erin optredende buigkrachten door de waterdruk veel kleiner zijn dan bij rechte deuren het geval is. De gekromde deuren kunnen daardoor slanker worden gebouwd en zijn geschikt voor brede sluisen. Vanwege hun vorm is de constructie echter bewerkelijk en duur en is bovendien een diepe inkassing in de sluiswanden vereist. Er zijn in Nederland enkele toepassingen in grote sluisen geweest, maar in het begin van de 19de eeuw waren deze allemaal al verdwenen<sup>137</sup>. Eén toepassing was die in de sluis van het marinedok te Vlissingen (afb. 50). In 1693 was onder de regering van koning-stadhouder Willem III in Vlissingen een grote sluis gebouwd. De achter de sluis gelegen haven kon daardoor worden gebruikt voor grote oorlogsschepen. In 1730 bleek de sluis door de paalworm zo ernstig te zijn aangetast, dat herstelwerkzaamheden noodzakelijk waren. Dit bleek echter onvoldoende te zijn, zodat in 1750 werd begonnen met de bouw van een nieuwe sluis, die in 1753 gereed kwam<sup>138</sup>. Als afsluitmiddel koos men voor gebogen houten puntdeuren. De sluis had een lengte van bijna 40 m en een breedte van 14,6 m.

Rond 1800 was de sluis te klein geworden voor de toenmalige schepen en volgde in 1806 een verbreding boven de laagwater-stand. De bestaande deuren werden verlaagd tot boven deze waterstand, terwijl daarboven nieuwe, gebogen puntdeuren kwamen te hangen. Deze laatste moesten een sluisbreedte van 17,5 m afsluiten en hadden een benedenaanslag tegen de nieuwe bovenregel van de onderste deuren. Nog geen drie jaar later werd deze sluis tijdens oorlogshandelingen door de Engelsen vernield.



50. Maquette van het droogdok in Vlissingen uit 1753 met gebogen puntdeuren.

## Paalworm

De komst van de paalworm was voor Nederland een grote ramp. In 1731 ontdekte men dat het hout van een groot aantal zeesluizen door de paalworm zodanig was aangetast, dat veel sluisen op bezwijken stonden<sup>139</sup>. Ook het houtwerk voor de bescherming van de zeedijken was grotendeels vernield, zodat de veiligheid van het gebied achter de dijk ernstig werd bedreigd. De ramp was zo groot, dat de Staten Generaal dit als een straf van God zagen en het volk opriep tot boete en bekering.

Na deze ontdekking moest de houtconstructie van alle zeesluizen worden beschermd<sup>140</sup>. De houten vloeren bedekte men met enkele lagen metselwerk en in de deuren sloeg men spijkers met brede kop, wormnagels genoemd. Roestvorming zorgde daarna voor een voor de paalworm ondoordringbare laag. Pas halverwege de 19de eeuw ontdekte men tropische hardhoutsoorten die wel bestand bleken tegen de paalworm<sup>141</sup>.

## Pannerdens Kanaal en Bijlandkanaal

De 18de eeuw staat bekend als een eeuw van verval. Nieuwe initiatieven om de waterstaatkundige situatie te verbeteren, werden nauwelijks genomen; alleen het hoognodige werd gedaan. Met name de grote rivieren zorgden voor steeds meer problemen, waartegen men wel maatregelen moest nemen<sup>142</sup>. De bevaarbaarheid was slecht, terwijl grote waterafvoeren en ijsgang diverse malen overstromingen veroorzaakten. Om hieraan het hoofd te kunnen bieden, werden diverse werken uitgevoerd.

Ten gevolge van de St. Elisabethsvloed ontstond in 1421 de Biesbosch, met als gevolg dat de Waal korter was geworden en daarmee het verhang (de helling van de waterspiegel over een zekere afstand) groter. De Waal ontrok daardoor meer water aan de Rijn ten koste van de Neder-Rijn en de IJssel, die steeds meer verzandden. Teneinde de bevaarbaarheid van deze rivieren te verbeteren, werd het Pannerdens Kanaal gegraven, dat in 1707 gereed kwam<sup>143</sup>. Door deze verkorte verbinding ontving de Neder-Rijn meer water, zodat deze rivier, evenals de IJssel, beter bevaarbaar werd, terwijl bovendien bij extreme afvoeren de druk op de Waaldijken verminderde.

Vlak voor het begin van het Pannerdens Kanaal bij het dorp Herwen maakte de Waal een bocht. Deze meander werd in de loop van de 18de eeuw steeds groter, zodat Herwen gedeeltelijk in de rivier verdween<sup>144</sup>. Het groter worden van de bocht had mede tot gevolg dat het Rijnwater weer de oude rivierloop van de Neder-Rijn bereikte. Deze rivierloop ging daardoor weer enigszins als rivierarm fungeren, met als gevolg dat de monding van het Pannerdens Kanaal verzandde. Hierdoor kreeg de Waal opnieuw steeds meer water te verwerken, ten koste van de Neder-Rijn en de IJssel. Ook nam het gevaar voor dijkdoorbraken langs de Waal weer toe.

Men besloot in te grijpen en onder leiding van de waterbouwkundige Christiaan Brunings werd een aantal werken uitgevoerd. Eén daarvan was het graven van het Bij-



landkanaal, waardoor in 1775 de Waalbocht bij Herwen werd afgesneden. Ook verbeterde men het verdeelpunt tussen de Waal en het Pannerdens Kanaal en die tussen de Neder-Rijn en de IJssel<sup>145</sup>. Na de voltooiing van deze werken in 1782 verdeelde het water van de Rijn zich volgens plan tussen de Waal, de Neder-Rijn en de IJssel in de verhouding van 6:2:1<sup>146</sup>.

## Overlaten

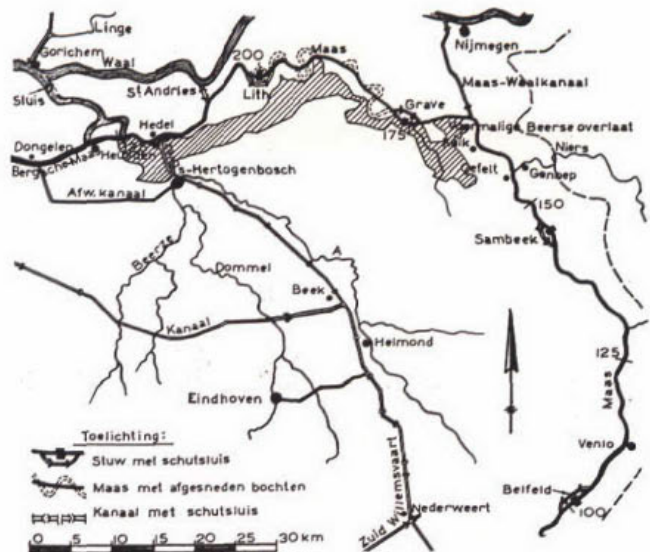
Ten einde dijkdoorbraken verder tegen te gaan, legde men op verschillende plaatsen overlaten aan. Een overlaat is een verlaagd dijkvak, waar het water bij hoge rivierstanden overheen stroomt. Hiermee werd het water gecontroleerd afgevoerd en de druk op de andere dijkvakken verminderd. De gebieden achter de overlaat werden zodanig ingericht, dat het water zoveel mogelijk ongehinderd over het land werd gevoerd, om stroomafwaarts weer op de rivier te worden geloosd.

Een vroeg voorbeeld is de overlaat langs de Maas tussen Cuijk en Grave, bekend als de Beerse Maas<sup>147</sup>. Het hier afgevoerde water liep langs de zuidelijke dijk van de Maas naar 's-Hertogenbosch, waar het via de Dieze weer terug kwam op de Maas (afb. 51). Bekend is ook de Heerewaardense overlaat tussen Waal en Maas bij Sint Andries. Deze overlaat leidde een teveel aan water op de Waal af naar de Maas. In 1766 kwam de Baardwijkse overlaat tussen Drunen en Baardwijk gereed. Deze diende om het overtollig water vanuit de beide vorige overlaten via het Oude Maasje in het Hollands Diep te lozen.

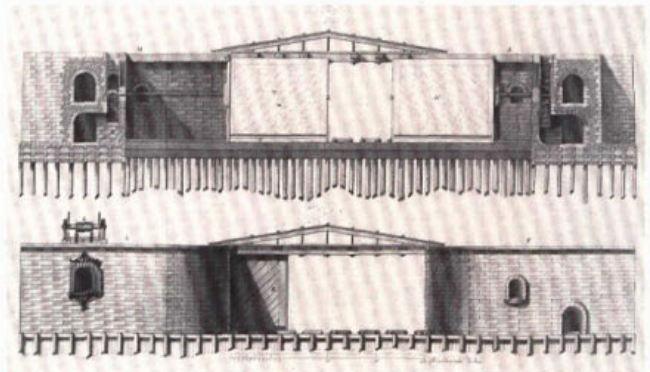
Overlaten zorgden, ondanks een betere beveiliging van belangrijke gebieden, toch voor veel hinder op de overstroomde landerijen. Een ander nadeel was, dat deze pas begonnen te werken als het water te hoog stond. In 1749 liet Willem IV een plan maken voor een sluis met schotbalken ten oosten van de Grebbeberg bij Rhenen<sup>148</sup>. Hierdoor moest het overtollige water van de Lek door de Geldersche Vallei naar de Zuiderzee worden afgeleid. Het ontwerp werd echter niet uitgevoerd, onder meer omdat men een sluis met schotbalken toch niet zo geschikt achtte. De breedte was beperkt, terwijl het verwijderen en weer plaatsen van de balken ook problemen gaf. Men keek uit naar een breder afsluitmiddel, dat tegen het hoge water in kon worden geopend.

## 2.4. De 'industriële revolutie'

Aan het eind van de 18de eeuw begint in Engeland de industriële revolutie. In Nederland begon de industrialisatie pas ruim een halve eeuw later. Op waterbouwkundig gebied ontstonden er echter wel diverse nieuwe ideeën en constructies en werd veel onderzoek verricht naar de toestand van de rivieren. Dit had alles te maken met de handel en de daaraan verbonden scheepvaart, waar Nederland zijn welvaart aan ontleende. De nieuwe fase van ontwikkelingen in de sluisbouw werd ingeluid door Cornelis Redelijkheid.



51. Stroomgebied (gearceerd) van de Beerse Maas in Noord-Brabant; tussen 1920 en 1940 werd de Maas gekanaliseerd door middel van stuwen en sluisen en werden bochten afgesneden.



52. Tekening van de roldeuren van Redelijkheid.

## Roldeur van Redelijkheid

Redelijkheid presenteerde in 1774 'een nieuw uitgevonden sluis met in- en uitschuivende deuren' (afb. 52)<sup>149</sup>. De betreffende roldeuren hadden aan de onderzijde brede 'metalen' (bronzen) schijven en werden in beweging gebracht door een waterrad, dat via een schroef (een ronde staaf voorzien van schroefdraad) met de deur was verbonden. Het waterrad draaide in een kelder en was via een rioolstelsel verbonden met het water voor en achter de sluis.

Van deze vinding werd een model op schaal 1:4 gemaakt en beproefd. De proef slaagde en Redelijkheid ontving van de Staten van Holland en West-Friesland 1000 gouden dukaten; een voor die tijd tamelijk hoog bedrag. Het afsluitmiddel was in de eerste plaats bedoeld om bij te grote rivierafvoeren een deel van het water op gecon-



troleerde wijze zijwaarts af te leiden. De inspecteur-generaal Brunings, die de uitvinding beoordeelde, zag echter nog meer toepassingen, onder meer als vervanger van de valdeuren (hefdeuren), met name in inundatiesluizen<sup>150</sup>. Boven het maaiveld uitstekende delen, die bij inundatiesluizen onaanvaardbaar zijn, zijn bij roldeuren niet nodig. Ondanks al deze lovende woorden is het afsluitmiddel nergens in de praktijk gebouwd.

### Staphorstersluis

In 1778 wordt Cornelis Redelijkheid gevraagd een oordeel te geven over een tweetal ontwerpen voor de Staphorster keer-schutsluis te Zwartsluis (afb. 53)<sup>151</sup>. De sluis moest worden gebouwd in de uitmonding van het Meppelerdiep in het Zwartewater. Bij stormvloed werd het water vanuit de toen nog open Zuiderzee het Zwartewater en het Meppelerdiep opgedreven en zorgde voor grote problemen.

Een normale schutsluis voldeed niet, omdat het Meppelerdiep het overtollige water uit Zuid-Drenthe moest kunnen blijven afvoeren. Een keersluis had als bezwaar, dat in de regenrijke perioden het water zo snel stroomde dat scheepvaart door een nauwe sluis nauwelijks mogelijk was. Daarom ontstond het idee een schutsluis te bouwen die normaliter geheel open stond, maar in werking werd gesteld als er schepen moesten worden doorgelaten<sup>152</sup>. Dit hield in dat de deuren in stromend water moesten worden gesloten om daarna pas te schutten. De toen beschikbare afsluitmiddelen waren hiervoor niet geschikt.

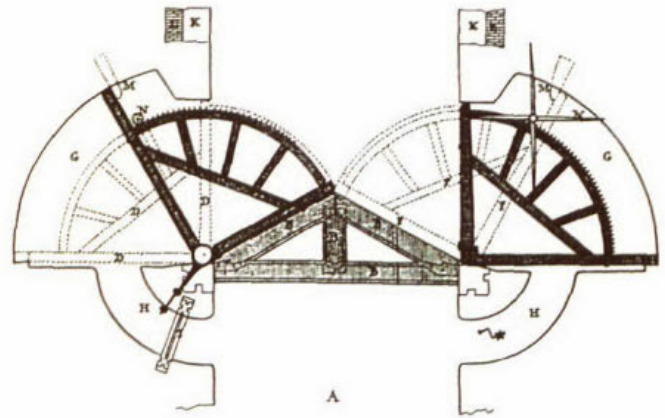
### Waaiersluis van Ten Holt

De beide ingediende ontwerpen waren afkomstig van Jan ten Holt, stadsarchitect te Kampen en van Derk Swens, stadsarchitect te Zwolle.

Ten Holt ontwierp in één van de sluishoofden een afsluitmiddel, bestaande uit twee deuren die later, zij het in iets



53. De Staphorster keer-schutsluis te Zwartsluis.



54. Tekening van de waaierdeuren van Ten Holt.

gewijzigde vorm, als waaierdeuren bekend zouden worden. Het afsluitmiddel bestond uit een werkelijk kerende deur, waarmee onder een rechte hoek een tweede deur, de waaier, stijf was verbonden (afb. 54)<sup>153</sup>. De waaier, door Ten Holt tegenhouder of trekdeur genoemd, was iets breder dan de eerste deur en draaide in een waaievormige ruimte die in de sluiswand was uitgespaard. Op de waaierdeur zat een cirkelvormige heugel (getande boog), waardoor de deur via een rondsel in beweging kon worden gebracht.

### Toldeuren van Swens

Swens stelde een tweetal toldeuren voor, met de draaias ter plaatse van de beide sluiswanden<sup>154</sup>. In gesloten stand vormden de beide toldeuren als het ware een paar verlengde puntdeuren (afb. 55). Het breedste deel van de toldeur sloot de halve sluisbreedte af, terwijl het kleinste deel in een deurkas stak, die in de sluiswand was uitgespaard. Het breedste deel was voorzien van een schuif. Door het openen en sluiten van de schuiven konden de deuren door de waterdruk worden geopend of gesloten. Redelijkheid noemde in zijn commentaar zes bezwaren tegen de toldeuren van Swens. Tegen de waaierdeuren somde hij zelfs een veertiental bezwaren op. Desondanks prees hij de beide ontwerpers voor hun uitvinding, maar achtte de oplossing onvoldoende doordacht.

Redelijkheid stelde voor in één van de sluishoofden puntdeuren te maken, voorzien van brede schuiven. Deze puntdeuren stonden gewoonlijk dicht met de schuiven in opgetrokken stand, zodat het water kon doorstromen. Wanneer een schip moest passeren, liet men de schuiven zakken en kon de schutsluis in werking treden. Dit afsluitmiddel, dat in principe niet afweek van de eerder vermelde vinding van Simon Stevin, werd inderdaad toegepast.

### Schipdeuren

In de 18de eeuw ontstond er steeds meer behoefte aan plaatsen waar schepen in den droge konden worden gerepareerd. Zowel de schepen van de handelsvloot als de



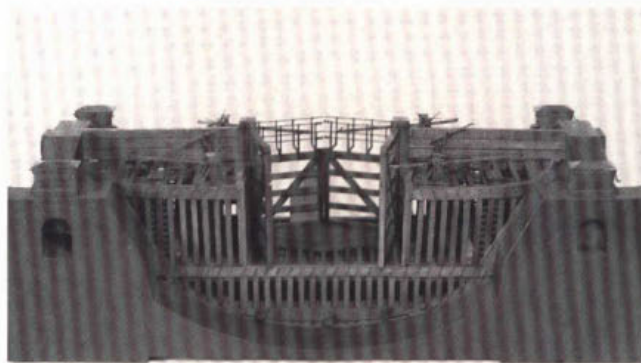
oorlogsschepen waren steeds groter geworden. Langzamerhand had men echter de toenmalige grens van de sluisbreedte bereikt, waarbij toepassing van puntdeuren nog mogelijk was<sup>155</sup>. Dit gold met name voor doksluizen, die aan de dokzijde droog kwamen te staan. Men zocht daarom naar een nieuw type afsluitmiddel.

De waterbouwkundige Jan Blanken bracht rond 1800 een bezoek aan Frankrijk, waar hij een zogeheten bateau-porte of schipdeur bekeek<sup>156</sup>. Dit drijvende afsluitmiddel werd varend op de juiste plaats gebracht, waarna het tussen de wanden van het sluishoofd werd neergelaten door het inlaten van water. Voor deze manoeuvre was een speciaal schip nodig, omdat de bateau-porte zelf instabiel was.

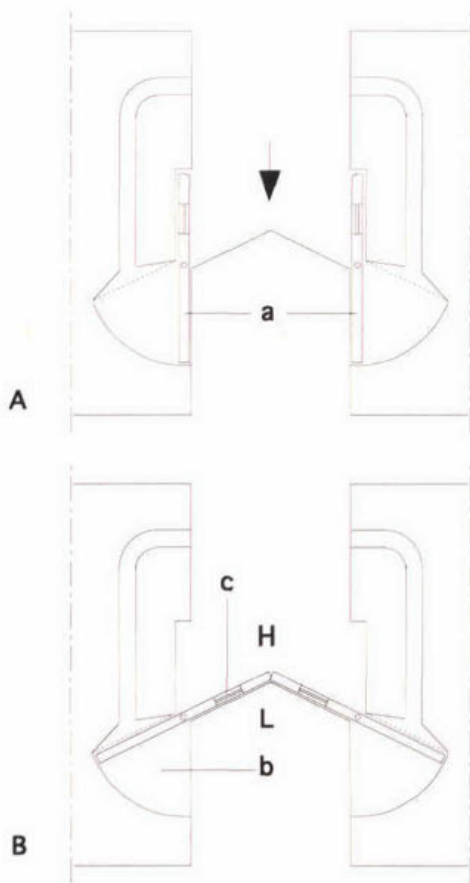
Blanken meldde zijn bevindingen bij de 'Commissie tot executie der Sluis en Dokwerken', waarvan hij zelf directeur was<sup>157</sup>. De commissie gaf de constructeur-generaal der Marine, P. Glavimans, opdracht om een meer stabiele schipdeur te ontwerpen. Op aanwijzing van de waterbouwkundige A.F. Goudriaan ontwierp hij inderdaad een meer stabiele deur, die zonder hulp van een ander schip kon worden verplaatst<sup>158</sup>. Deze schipdeur werd in



56. Maquette van het droogdok te Hellevoetsluis.



57. Maquette van het sluishoofd en de schipdeur van het grote dok te Medemblik met daarin de (geopende) puntdeuren.



55. Reconstructietekening van het ontwerp van Derk Swens van dubbele toldeuren voor de Staphorster Sluis te Zwartsluis: (A) geopend en (B) gesloten.

*a* = toldeuren, *b* = 'waaierkas', *c* = schuiven; *H* = hoogwater en *L* = laagwater.

1802 toegepast in het onder leiding van Blanken gebouwde droogdok te Hellevoetsluis (afb. 56)<sup>159</sup>.

### Schipdeur met puntdeuren te Medemblik

In 1806 werd, naar ontwerp van Goudriaan, een schipdeur gebouwd in de ingang van het grote dok te Medemblik<sup>160</sup>. Het belangrijkste verschil tussen deze schipdeur en die in Hellevoetsluis vormden de in de deur aanbrengende puntdeuren (afb. 57). Deze deuren, een stel vloed- en een stel ebdeuren, maakten het mogelijk met kleine schepen het dok binnen te varen zonder dat de schipdeur zelf verwijderd behoefde te worden. Ondanks alle verbeteringen bleef het in- en uitvaren van schipdeuren een tijdrovende bezigheid.

### Uitwateringssluis te Katwijk

Rijnland kreeg aan het eind van de 18de eeuw steeds meer problemen met de afvoer van overtollig water. In 1802 werd een commissie ingesteld, die de mogelijkheden moest onderzoeken de verzande Rijnmond bij Katwijk weer geschikt te maken voor uitwatering<sup>161</sup>. De commissie kwam na gedegen veldwerk tot de conclusie dat het beter was een nieuw kanaal door de duinen ten noorden van Katwijk aan Zee te graven. Dit voorstel werd overgenomen, waarbij werd besloten het nieuwe uitwateringskanaal ten oosten van Katwijk op de Rijn aan te sluiten.



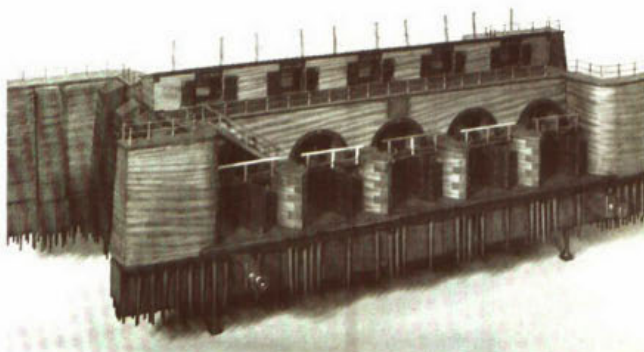
In het kanaal werden bij de uitmonding twee stel sluisen gebouwd (afb. 58). De binnensluis, de eigenlijke uitwateringsluis, bestond uit drie naast elkaar gelegen openingen, elk met drie paar puntdeuren: een paar ebdeuren en twee paar vloeddeuren, waarvan één stel als nooddeur diende. De ebdeuren waren voorzien van toldeuren, zodat op geregelde tijden gespuid kon worden, om zodoende verzanding van het kanaal tegen te gaan.

De buitensluis kwam zo dicht mogelijk bij de zee te liggen. De sluis werd uitgevoerd als duiker- of kokersluis en telde vijf naast elkaar gelegen openingen (afb. 59). Deze openingen werden voorzien van schotdeuren (hefdeuren) en toldeuren. De hefdeuren werden op en neer bewogen door openingen, die in de gemetselde gewelven van de kokers waren uitgespaard. Daartoe waren boven op de kokers windwerken geplaatst met daarboven een luifel om de sluiswachters enigszins te beschermen tegen weer en wind.

Het afwateringskanaal kwam in 1807 gereed<sup>162</sup>. Voordat in 1848 met de droogmaking van het Haarlemmermeer kon worden begonnen moesten het kanaal en de sluisen worden verbreed<sup>163</sup>. Omstreeks 1844 werd daarom de binnensluis uitgebreid van drie naar vijf openingen.



58. Luchtopname van het voormalige uitwateringssluiscomplex te Katwijk.



59. Maquette van de buitensluis te Katwijk.



60. Maquette van de waaiersluis van Jan Blanken.

### Waaiersluis

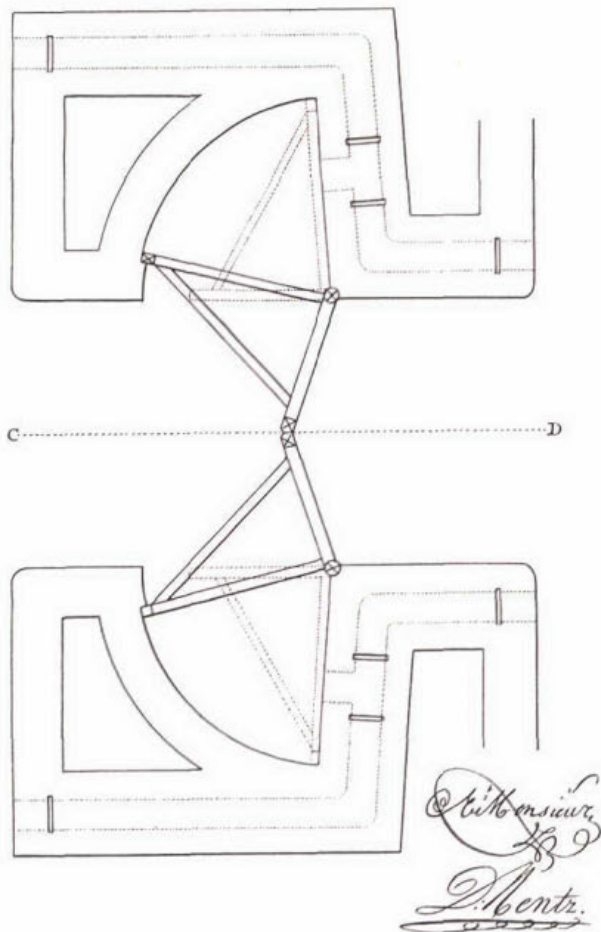
Tijdens de eerder genoemde rondreis door Frankrijk bezocht Blanken ook een aantal spuisluisen. Daarbij waren hem de tekortkomingen opgevallen van de daarin toegepaste afsluittmiddelen: toldeuren en hefdeuren<sup>164</sup>. Ook de kruisende deuren, nog in 1769 toegepast in de havensluis te Schiedam en in 1778 in de Donkere Sluis te Gouda, kenden enkele nadelen<sup>165</sup>. Evenals de toldeuren konden de kruisende deuren bijvoorbeeld, als deze eenmaal waren opgezet, in stromend water niet meer worden gesloten. Ook waren de afmetingen gewoonlijk beperkt, hoewel de Schiedamse sluis een breedte van 10 m bezat.

In 1808 publiceerde Jan Blanken een verhandeling over een 'nieuw ontwerp tot het bouwen van min kostbare sluisen'<sup>166</sup>. Het ontwerp betrof de waaierdeur, die volgens hem alle voordelen van de tot dan bekende afsluittmiddelen in zich verenigde (afb. 60). Zijn waaierdeuren konden niet alleen bij een ongelijke waterstand voor en achter de deuren worden geopend, maar ook in stromend water worden gesloten, zelfs tegen de stroom in.

Blanken's ambtgenoot Goudriaan reageerde op de verhandeling onmiddellijk met een open brief, waarin hij verklaarde dat hij zelf al een tiental jaren eerder met diverse personen over een gelijk ontwerp had gesproken<sup>167</sup>. Enkele getuigen bevestigden dit met een ondertekende verklaring<sup>168</sup>. Ook had Goudriaan reeds voor de verschijning van Blanken's publikatie een tekening van een dergelijke afsluittmiddel gemaakt (afb. 61). Hij liet, om dit te bewijzen, deze tekening door twee personen uit zijn woning halen, waar hijzelf op dat moment niet aanwezig was<sup>169</sup>. Omdat Goudriaan de nodige, door hem niet op te lossen, bezwaren in het ontwerp zag, was hij niet tot publikatie overgegaan. Overigens waren niet al zijn bezwaren terecht.

In een gepubliceerd antwoord trachtte Blanken de door Goudriaan genoemde bezwaren te weerleggen<sup>170</sup>. Hooghartig wees hij Goudriaan terecht en nog in hetzelfde jaar paste hij de waaierdeur toe in de Benschoppersluis. Koning Lodewijk, die bij de opening aanwezig was, verleent-





61. Tekening van een waaierdeur door Goudriaan, voorzien van de ondertekening door de 'getuigen'.

de Blanken een octrooi voor twintig jaar op de deuren<sup>171</sup>. Tevens verordende de koning dat dergelijke sluisdeuren voortaan 'Blanken's Sluijs' moesten heten; een naam die in ons land echter geen ingang vond.

Goudriaan reageerde op Blanken's antwoord met een verhandeling van niet minder dan 300 bladzijden<sup>172</sup>. Ook hierin nam hij een (door twee personen) ondertekende verklaring op, waarmee hij nog eens aantoonde dat hij reeds veel eerder een waaierdeur had ontworpen<sup>173</sup>. Hij liet zelfs doorschemeren het bijna onwaarschijnlijk te achten dat Blanken daar niet van zou hebben afgeweten. Verder zette hij nog eens uitvoerig zijn bezwaren uiteen.

In een naschrift vermeldt Goudriaan de ontdekking van Jan ten Holts ontwerp voor de Staphorstersluis in Zwartsluis (zie afb. 54). Daarmee erkende hij dat noch Blanken noch hijzelf de eerste uitvinder van de waaierdeuren is<sup>174</sup>.

### Overstroming van 1809

In de strenge winter van 1809 kwam het rivierengebied tussen de Rijn en de Maas volledig onder water te

staan<sup>175</sup>. Tegenover Nijmegen braken als gevolg van hoogwater en ijsvorming de dijken. Het water stroomde de Betuwe binnen en werd tussen Culemborg en Gorinchem opgestuwd tegen de Diefdijk en de Zuider Lingedijk.

Het water kwam daardoor in de Linge terecht en vormde een ernstige bedreiging voor Gorinchem. Dit gevaar werd afgewend, doordat de zuidelijke Waaldijken doorbraken, zodat het hoge water daar een uitweg kon vinden. Tevens begaf de Noorder Lingedijk het, waardoor ook de Vijfheerenlanden en de Ablasserwaard blank kwamen te staan. Voor de laatstgenoemde polder betekende dit een dubbele ramp, omdat door de lage ligging het water moeilijk kon worden afgevoerd en daardoor langdurig voor overlast zorgde.

Om dergelijke rampen in de toekomst zo goed mogelijk het hoofd te kunnen bieden, werden nog datzelfde jaar verscheidene maatregelen genomen. Als eerste werd de Lijmerse overlaat aangelegd, die het teveel aan water in de Boven-Rijn bij het Bijlandkanaal moest afvoeren<sup>176</sup>. Het overtollige water werd naar Doesburg geleid en daar op de IJssel gebracht. De IJssel was namelijk de enige Rijntak die meer water kon verwerken dan er in kwam, terwijl bovendien bij eventuele overstromingen het water gemakkelijk kon worden afgevoerd.

### Waaierdeuren in de keer-schutsluis bij Asperen

Na de aanleg van de Lijmerse overlaat versterkte men de dijken langs de Linge en werd tussen Asperen en Heukelum de Nieuwe Zuider Lingedijk aangelegd. In de Linge zelf bouwde men bij Asperen een dam met een keer-schutsluis, die onder normale omstandigheden open stond, zodat het water vrij kon doorstromen<sup>177</sup>. Wanneer de rivierdijken in de Betuwe het begaven, sloot men de sluis, zodat Gorinchem geen wateroverlast onderfand. De sluis was daartoe voorzien van waaierdeuren (afb. 62).

Om het water dat bij een dijkdoorbraak de Betuwe binnestroomde alsnog te kunnen afvoeren, bouwde men ten oosten van Gorinchem bij Dalem een nieuwe uitwateringsluis. Deze kwam in 1814 gereed.



62. De Oude of Zuidelijke Lingesluis bij Asperen.



## Kanaal van Steenenhoek

De Linge kon bij een hoge stand van de Merwede zijn water nauwelijks op deze rivier kwijt: reden waarom in 1818 werd besloten het Kanaal van Steenenhoek te graven<sup>178</sup>. Door dit kanaal kreeg de Linge een uitmonding op de Merwede die meer stroomafwaarts lag, waardoor een betere uitwatering mogelijk werd.

Het uitwateringskanaal was ook geschikt voor scheepvaart. Daartoe was zowel in het begin van het kanaal bij Gorinchem als bij de uitmonding in de Merwede een schutsluis gebouwd. De sluisen, met een breedte van 10 m en een lengte van circa 30 m, kregen waaierdeuren in één van de sluishoofden. De andere hoofden bezaten puntdeuren; die bij de uitmonding in de Merwede zowel vloed- als ebdeuren.

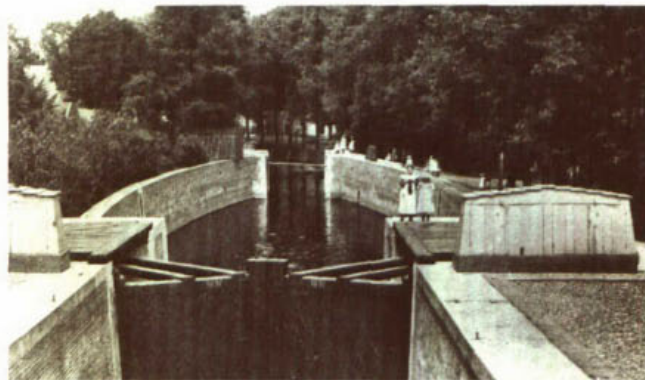
## Nieuwe Hollandse Waterlinie

De komst van de Fransen in 1795 maakte duidelijk dat de oude Hollandse Waterlinie niet meer voldeed. Mede door de strenge vorst, waarbij zelfs de grote rivieren dichtvroren, kon Holland geen stand houden. Overigens zal de Fransgezindheid van een groot deel van de bevolking hier ook aan hebben bijgedragen.

Tijdens de Franse overheersing werd de basis gelegd voor de Nieuwe Hollandse Waterlinie<sup>179</sup>. De generaal en voormalig arts C.R.T. Krayenhoff ontwierp op verzoek van Napoleon een plan waarbij ook de stad Utrecht in de waterlinie werd opgenomen, zoals prins Maurits reeds twee eeuwen eerder had voorgesteld. Na de val van Napoleon kreeg Krayenhoff van koning Willem I de opdracht te beginnen met de aanleg van de nieuwe linie. Naast de bouw van vele forten en andere verdedigingswerken werd ook een aantal sluisen in de linie opgenomen.

In diezelfde tijd raakte de Utrechtse gemeentesluis te Vreeswijk in zo'n slechte staat, dat deze bij hoge Rijnstanden gevaar liep te bezwijken. De schutsluis werd in 1815 afgedamd, nadat op kosten van het Rijk een tweede sluis was gebouwd, waardoor scheepvaart mogelijk bleef (afb. 63). Het buitenhoofd van deze Rijkshulpschutsluis kreeg waaierdeuren, zodat deze sluis tevens als inundatiesluis kon worden gebruikt om het gebied rond Utrecht onder water te zetten. Dit laatste was vermoedelijk de reden dat het Rijk de bouwkosten op zich nam<sup>180</sup>. Het meest noordelijke deel van de Waterlinie kon, indien nodig, via de Vecht met behulp van de zeesluisen te Muiden worden geïnundeerd<sup>181</sup>.

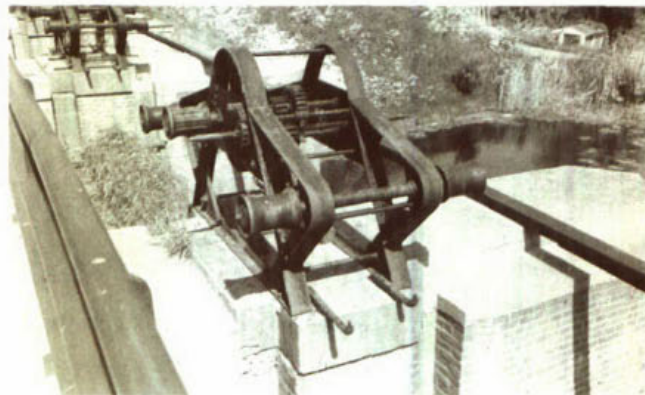
Eveneens in 1815 werd onder leiding van Blanken een vijftal inundatiesluisen met waaierdeuren gebouwd<sup>182</sup>. Drie hiervan bevonden zich in de Diefdijklinie tussen Culemborg en Gorinchem. Bij Asperen werd zowel in de Noorder als in de Zuider Lingedijk (afb. 64) een inundatiesluis gemaakt, terwijl de derde kwam te liggen bij het Spoel in de Zuider Lekdijk ten westen van Culemborg. Aanvullend hierop werd de pas gereedgekomen uitwateringssluis bij Dalem geschikt gemaakt voor het inlaten van water uit de Waal (afb. 65). Ook de keer-schutsluis in



63. De Rijksschutsluis te Vreeswijk.



64. Inundatiesluis in de Zuider Lingedijk bij Asperen; de ijzeren deuren zijn van latere datum (1924).



65. De schotbalkkering in de uitwateringssluis bij Dalem.

de Linge bij Asperen kreeg een militaire functie. Wanneer het land moest worden geïnundeerd, sloot men de schutsluis, zodat deze daarna als damsluis fungeerde. Door het opstuwende Lingewater kwam vervolgens het bovenstrooms gelegen gebied onder water te staan. Naast de drie inundatiesluisen in de Diefdijklinie bouwde men ook twee sluisen in het zuidelijkste deel van de Nieuwe Hollandse Waterlinie<sup>183</sup>. De ene sluis kwam te liggen aan de Waal in Woudrichem, de andere aan de Bakkerskil ten zuiden van Werkendam.



## Watersparende sluis

Goudriaan kwam in 1812 met een 'ontwerp ter verbetering van de schutsluizen'<sup>184</sup>. De verbetering bestond in het terugvoeren van een deel van het schutverlies, de hoeveelheid water die bij het schutten van het bovenpand (met het hoge water) naar het benedenpand verdwijnt. Dit was met name van belang bij kanalen die relatief hoog gelegen gebieden doorsneden en in droge zomers een groot gebrek aan water hadden, zodat er geen scheepvaart mogelijk was.

Goudriaans vinding betrof een combinatie van een watterrad met een scheprad (afb. 66)<sup>185</sup>. Het water dat vanaf het bovenpand de schutkolk vult en daarna vanuit de kolk naar het benedenpand stroomt, werd langs het watterrad gevoerd, waardoor dit ging draaien. Op de as van het watterrad was ook een scheprad gemonteerd, waarvan de ruimte in verbinding stond met het benedenpand. Het meedraaiende scheprad maalde het water van het benedenpand omhoog naar het bovenpand. Ongeveer de helft van het schutverlies kon hiermee volgens Goudriaan worden teruggewonnen.

Hij paste de watersparende sluisen in 1815 toe in de Drentsche Hoofdvaart, bij de vervanging van twee van de zes bestaande houten sluisen<sup>186</sup>. Deze nieuwe stenen sluisen hadden een kolk lengte van 27 m, een schutbreedte van 5,5 m en een verval van 1,9 m. In de praktijk bleken deze sluisen echter niet aan de verwachting te voldoen. Er was bijvoorbeeld geen rekening gehouden met andere verliezen, zoals door verdamping, zodat de besparing relatief gezien gering was. De schepraderen werden daarom al spoedig buiten gebruik gesteld<sup>187</sup>. Een andere toepassing van Goudriaans vinding, in de bassin-sluis te Ostende, bleek veel beter te functioneren, omdat daar de invloed van de verdamping veel kleiner was<sup>188</sup>.

## Dedemsvaart

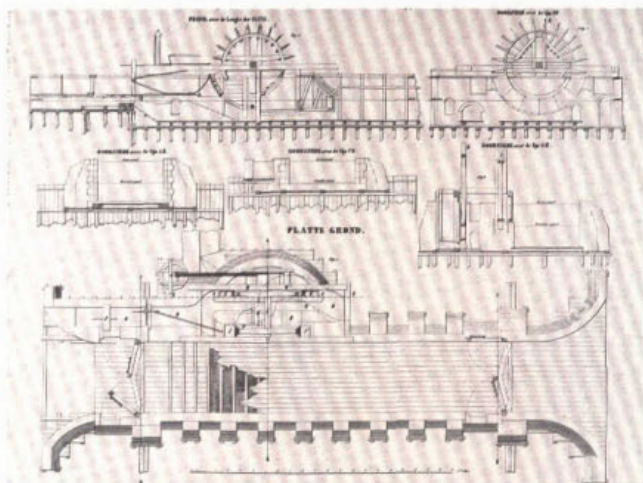
Rond 1800 was de streek ten oosten van Hasselt rond de tegenwoordige plaats Dedemsvaart nog een ruig veengebied. Aan het eind van de 18de eeuw kwam G.W. van Marle, die van dit gebied een groot deel in zijn bezit had, met het plan de venen te ontginnen<sup>189</sup>. De overheid wilde hieraan echter geen medewerking verlenen. Zijn schoonzoon W.J. baron van Dedem tot den Berg besloot de plannen te verwezelijken. Om de venen te kunnen ontginnen, was de aanleg van een kanaal noodzakelijk, zowel voor de afwatering als voor de scheepvaart. Van Dedem stelde daarom voor een kanaal te graven tussen Hasselt en de Vecht bij Gramsbergen, dwars door de Avereester venen. De stad Zwolle zag hierin echter een aantasting van haar positie, omdat het kanaal een goed alternatief zou zijn voor de slecht bevaarbare Vecht.

In 1808 kreeg Van Dedem toestemming van koning Lodewijk Napoleon tot de aanleg van het kanaal, mits Zwolle hiermee instemde. Zwolle bedong dat over het nieuwe kanaal geen handelsverkeer zou plaatsvinden en dat geen verbinding met de Vecht tot stand zou worden gebracht. Nog datzelfde jaar werd met de aanleg begon-

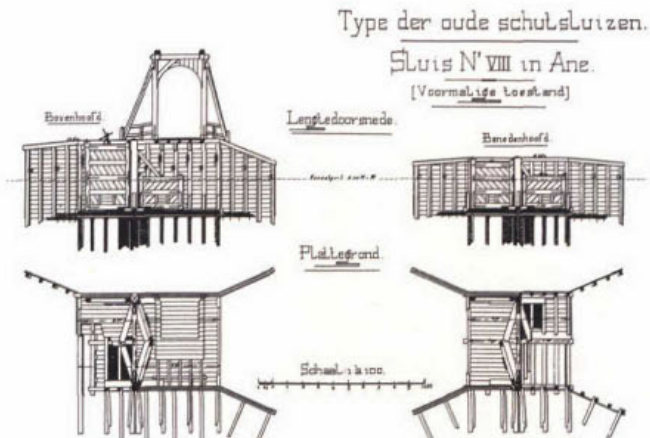
nen en twee jaar later was men gevorderd tot het huidige Balkbrug, terwijl in 1815 Dedemsvaart werd bereikt.

Voor de voeding van het kanaal maakte men gebruik van het riviertje de Reest op de grens tussen Overijssel en Drenthe. De Schotkampswijk diende als toevoerkanal en was van de Dedemsvaart gescheiden door een houten inlaatsluis. Deze sluis kon tevens als ontlafsluis worden gebruikt om in waterrijke perioden een teveel aan water op de Dedemsvaart naar de Reest af te voeren. De Dedemsvaart zelf kreeg een aantal schutsluizen met puntdeuren (afb. 67). De houten sluishoofden bezaten elk vier eveneens houten vleugels, terwijl de sluiscolkwanden waren bekleed met rijshout.

Omdat de kosten voor de baten uitgaan, bleek de investering te groot te zijn voor Van Dedem en diens zwager en medeëigenaar baron Bentinck. Het Rijk nam in 1826 het kanaal van hen over, maar al spoedig kreeg Van Dedem spijt van deze stap. Slechts twee jaar later slaagde hij erin het kanaal weer terug te kopen, met de gunstige bepaling dat hij de koopsom in termijnen mocht betalen. De Amsterdamse koopman J. Heere, die eveneens een aantal



66. Tekening van de watersparende sluis met schoepraderen van Goudriaan voor de Drentsche Hoofdvaart.



67. Tekening van een houten schutsluis in de Dedemsvaart: Sluis nr. 8 bij Ane uit 1854.



venen langs het kanaal bezat, werd nu medeëigenaar. Bij de terugkoping was door het Rijk bedongen dat het kanaal moest worden verbeterd. Nog steeds bleven de opbrengsten echter achter bij de exploitatiekosten, zodat er vrijwel niets gebeurde. Toen ook niet aan de betalingsverplichtingen kon worden voldaan, werd Van Dedem gedwongen het kanaal van de hand te doen. De provincie Overijssel werd in 1845 de nieuwe eigenaar en begon direct met de verbetering en de uitbreiding van het kanaal. Zwolle was in 1820 met de IJssel verbonden en zag nu grote voordelen in een goede scheepvaartroute naar het oosten en wenste daarom een goede verbinding met de Dedemsvaart. De stad verzette zich ook niet meer tegen het doortrekken van de Dedemsvaart naar de Vecht. In 1849 werd het Lichtmiskanaal tussen Zwolle en de Dedemsvaart geopend en in 1854 kwam de verbinding van de laatstgenoemde vaart met de Vecht bij Ane tot stand. Het uiteindelijke kanaal was verdeeld in acht panden met evenveel schutsluizen, waarvan de eerste zich te Hasselt bevond, in de uitmonding van de vaart in het Zwarte Water.

### Willemsvaart

Met de opening van de Willemsvaart in 1820 ging een oude wens van Zwolle in vervulling. Reeds lang zocht deze stad een directe verbinding met de IJssel doch werd hierin tegengewerkt door de concurrerende steden Kampen en Deventer. De Willemsvaart mondde bij Katerveer uit in de IJssel, waar een schutsluis werd gebouwd met in beide sluishoofden een stel puntdeuren (afb. 68)<sup>190</sup>. De sluis heeft een breedte van 6 m en bij normale waterstand een schutdiepte van ruim 2 m. Tussen de beide sluishoofden ligt een ruime kolk met een lengte van 96 m. De kolkwanden zijn licht gebogen en staan in het midden 26 m uit elkaar.

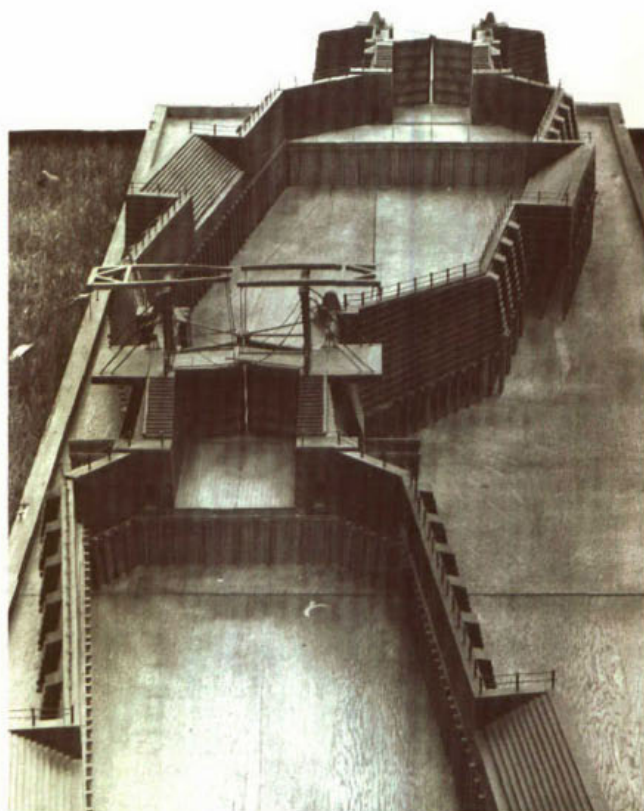
### Keulse Vaart

Tijdens de regering van koning Willem I werden in Nederland diverse kanalen aangelegd, reden waarom men deze vorst wel de kanalen-koning noemde. De belangrijkste kanalen uit die tijd zijn de Keulse Vaart, het Zederrickkanaal, het Groot Noordhollandsch kanaal, het Kanaal door Voorne en ten slotte de Zuid-Willemsvaart. De verbinding tussen Amsterdam en de Rijn was aan het begin van de 19de eeuw nog bijzonder gebrekkig. Slechts kleine schepen konden vanaf de Lek via de Vaartse Rijn en de Vecht binnendoor naar Amsterdam varen. De grote schepen moesten vanaf de Vecht over de Zuiderzee naar Amsterdam. Daarom werd in 1822 een begin gemaakt met de verbreding van de vaarweg tussen de Vecht en de Amstel<sup>191</sup>. Vervolgens werden ook de Vecht zelf en de Vaartse Rijn verbreed. Deze route staat bekend als de Keulse Vaart.

In datzelfde jaar startte de vervanging van de oude Utrechtse gemeenteschutsluis te Vreeswijk. De nieuwe sluis werd ontworpen als een gekoppelde sluis met twee achter elkaar gelegen schutkolken (afb. 69). Tijdens de



68. De Katerveersluis bij Zwolle uit 1820.



69. Maquette van de gekoppelde Utrechtse Gemeenteschutsluis te Vreeswijk uit 1822.

bouw traden echter grote problemen op. Bij het graven van de bouwput welde het water uit de bodem, waardoor de bouwput nauwelijks was droog te krijgen. Rondom de bouwput traden verzakkingen op en ontstonden scheuren in de belendende gebouwen. Desondanks kwam de sluis in 1824 gereed.



## Zederikkanaal

In de volgende jaren kreeg Amsterdam door de aanleg van het Zederikkanaal tussen Vianen en Gorinchem ook een rechtstreekse verbinding met de Merwede en de Waal<sup>192</sup>. In Vianen werd als scheiding tussen de Lek en het kanaal eveneens een gekoppelde sluis met twee achter elkaar gelegen kolken van ongelijke lengte gebouwd. Het middenhoofd was voorzien van waaierdeuren, terwijl het boven- en benedenhoofd ieder een stel puntdeuren kregen.

## Groot Noordhollandsch kanaal

De ondiepten van het Pampus aan de mond van het IJ vormden een steeds groter probleem voor de zeeschepen van en naar Amsterdam. Al in 1691 bedacht Meeuwes Meindertz. Bakker een toestel om schepen over het Pampus te varen<sup>193</sup>. Het toestel, dat kameel werd genoemd, bestond uit twee met water gevulde bakken waartussen het schip werd bevestigd (afb. 70). Door vervolgens het water uit de bakken te pompen, kwam het schip met de bakken omhoog en nam de diepgang af. Maar met het groter worden van de schepen voldeed het scheepskameel steeds minder. Daarom zocht men een nieuwe vaarweg naar zee, zodat Amsterdam ook voor grote schepen bereikbaar zou worden.

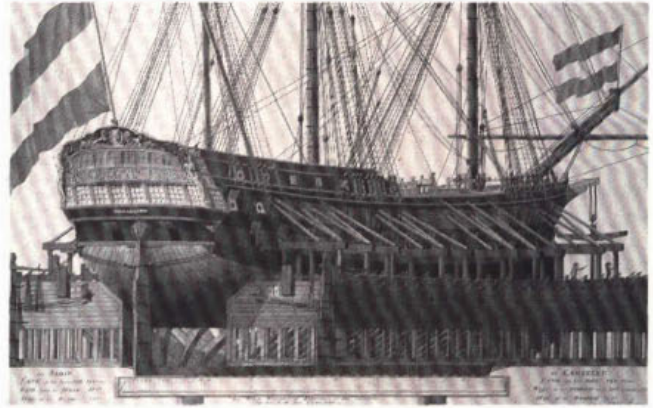
Blanken kwam met een ontwerp voor een kanaal van Amsterdam naar het Nieuwe Diep bij Den Helder<sup>194</sup>. Dit kanaal, toen het Groot Noordhollandsch kanaal genoemd, kwam in 1824 gereed en had een lengte van 80 km en een diepte van ongeveer 5,7 m. De breedte bedroeg bij de bodem 9,4 m en ter plaatse van de waterspiegel 37,6 m. Het kanaal bevatte vier schutsluizen en een keersluis.

De bekendste hiervan is de Willemssluis bij Amsterdam, bestaande uit twee naast elkaar gelegen schutkolken (afb. 71). De grootste daarvan heeft een lengte van 65 m en een breedte van 15 m en was voorzien van puntdeuren. De sluisvloer was vanwege de breedte uitgevoerd als een omgekeerd gewelf. De kleine sluis bevatte naast puntdeuren ook een stel waaierdeuren. Bij drukke scheepvaart voldeed deze waaierdeuren echter niet goed, zodat ze alleen onder buitengewone omstandigheden dienst deden.

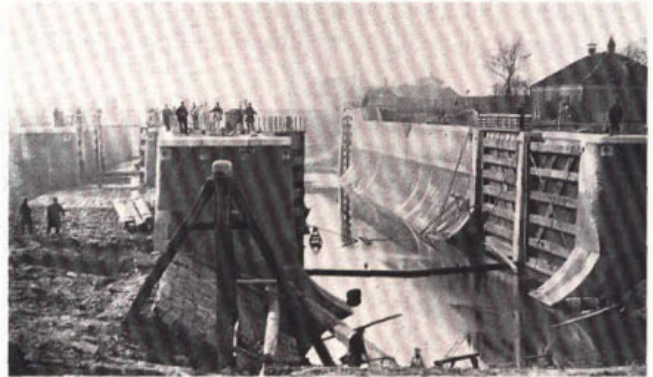
## Kanaal door Voorne

Ook Rotterdam kampte met een slechte bereikbaarheid voor zeeschepen. De uitmonding van de Waal in het Hollands Diep onttrok steeds meer water aan de Oude Maas, zodat deze rivier langzamerhand verzandde. Daarom werd vanaf Rotterdam naar Hellevoetsluis het Kanaal door Voorne gegraven, een project dat in 1827 gereed kwam<sup>195</sup>.

Dit 10 km lange kanaal kreeg aan het begin en aan het eind een schutsluis met een breedte van 14 m, een diepte van ruim 5 m en een kolkengte van ongeveer 60 m (afb. 72). De buitenste ebdeuren werden voorzien van toldeuren, waarmee kon worden gespuid.



70. *Schip op kamelen; tekening van J. Vos uit 1807.*



71. *De Willemssluis bij Amsterdam tijdens de renovatie in 1865.*



72. *De schutsluis in het kanaal door Voorne bij Hellevoetsluis.*

## Zuid-Willemsvaart

De Maas was als regenrivier altijd al een slecht bevaarbare rivier geweest. Vaak stond het peil zo laag dat er in het geheel geen scheepvaart mogelijk was. Bij grote afvoeren ondervond de scheepvaart veel hinder door de sterke stroming en de vele bochten. Daarom besloot men tussen



Maastricht en 's-Hertogenbosch een kanaal te graven, de Zuid-Willemsvaart die in 1826 gereed kwam<sup>196</sup>. Het ruim 120 km lange kanaal bevatte een twintigtal schutsluizen, die samen een verval van bijna 40 m overbruggden. Ter besparing van de kosten hadden de schutsluizen een aarden of groene kolk gekregen, afgesloten door stenen sluishoofden. Alleen in Maastricht, waar ook nog twee keersluizen werden gebouwd, was de schutsluis geheel van steen.

Bij de bouw van de Maastrichtse kunstwerken onderzocht men ernstige hinder van het opwellen van water in de bouwput. De sluisputten konden daardoor niet worden drooggelegd. Goudriaan gebruikte toen een nieuwe funderingsmethode door de sluisput tot een bepaalde diepte uit te baggeren. Vervolgens werd aan de beide uiteinden van de te bouwen sluis een houten damwand geslagen tot even boven de grondwaterstand (afb. 73)<sup>197</sup>. Met behulp van twee langwerpige vaartuigen en een hellend vlak werd daarna onder water op de bodem een laag beton gestort.

Dit beton, een voor die tijd nog nieuw bouw materiaal, verhardde onder water, waardoor een waterdichte funderingsplaat ontstond. Bij minder draagkrachtige gronden moest men, voor het storten van het beton, de nodige houten palen in de grond heien. Bij de sluisen bij Maastricht was dit niet nodig. Nadat ook de zijwanden waren gestort en uitgehard, kon men de sluis droogpompen en verder afbouwen, waarna de damwanden konden worden verwijderd. Goudriaan kreeg voor deze vinding van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen een gouden ereprijs en een premie van f 150,-.

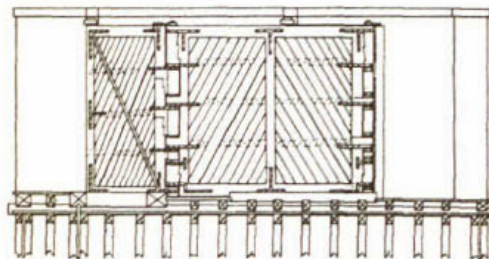
### Gekoppelde deuren

Een van de beide keersluizen bij Maastricht kreeg een geheel nieuw afsluitmiddel, namelijk gekoppelde deuren. Deze vinding van de kapitein-ingenieur C. Alewijn bestond uit twee paar puntdeuren achter elkaar, die onderling aan de uiteinden zijn verbonden door koppeldeuren<sup>198</sup>. Twee puntdeuren omsloten samen met de koppeldeur en de sluiswand een ruimte, ongeveer in de vorm van een parallellogram (afb. 74). In de sluiswand

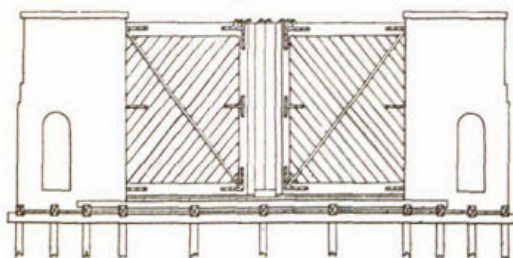
## ONTWERP van een SLUIS

met  
*gekoppelde deuren.*

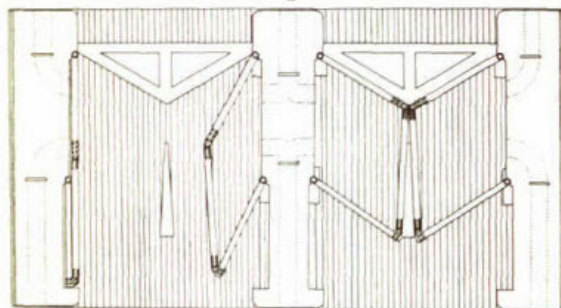
Doorsnede.



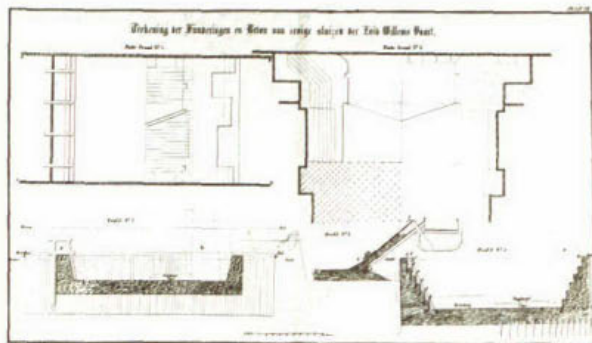
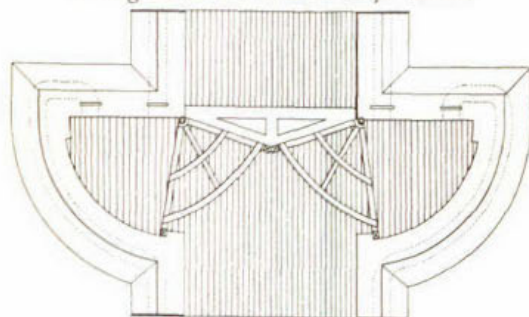
Opstand.



Platte-grond.



Platte-grond van een Sluis met waaij-deuren.



73. Betonnen fundering op staal van de sluizen in de Zuid-Willemsvaart bij Maastricht, (links); rechts een alternatieve fundering met heipalen en midden-onder de installatie voor het storten van beton onder water.

74. Tekening van Alewijn van een dubbele sluis met gekoppelde deuren vergeleken met een enkele sluis met waaij-deuren (onder).





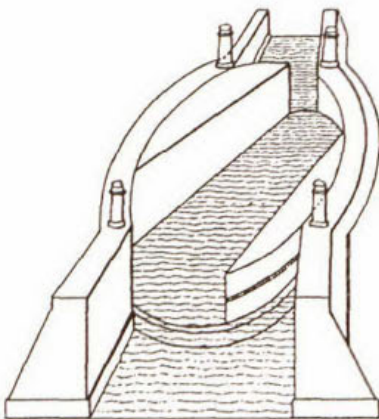
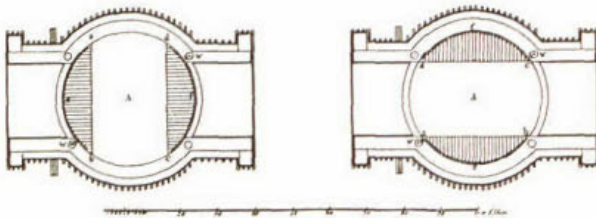


Van Diggelen stelde voor de deurkas veel breder te maken dan de dikte van de deur. Alleen de opening van de kas in de sluiswand was gelijk aan de deurdikte. Aan het naar de deurkas gerichte uiteinde van de deur was een dwarsschot gemaakt, dat de gehele kasbreedte bestreek. De deurkas zelf is zowel ter plaatse van de sluiswand als aan het andere uiteinde door een rioolstelsel verbonden met het boven- en het benedenwater. Via schuiven kon men dus zowel voor als achter het dwarsschot water toe- of afvoeren, zodat het verschil in waterdruk de roldeur in beweging bracht.

Als toepassingsmogelijkheid dacht Van Diggelen vooral aan brede scheepvaartsluizen. Ook zouden de deuren kunnen dienen om bij hoge rivierstanden water zijdelings af te voeren of om gebieden te bevoeien of te inunderen<sup>204</sup>.

### Afsluutmiddel met draaiplaat

De ingenieur F.W. Conrad kwam in 1850 met een geheel nieuw idee voor een afsluutmiddel voor sluizen met grote breedte<sup>205</sup>. Hij stelde voor in het sluishoofd een ronde plaat te maken, die om een taats draaide en rustte op een 'rolring', een gebogen rail (afb. 78). Op de plaat, met een diameter van ongeveer twee maal de sluisbreedte, stond een cilinder met twee tegenover elkaar liggende openingen, ieder ter breedte van de sluis. In open stand konden de schepen door deze openingen varen. De cilinderwand



78. Ontwerptekening van een afsluutmiddel met draaiplaat van Conrad uit 1850.

was voorzien van een getande, met de wand meegebogen heugel, waarin een rondsel greep. Bij het sluiten van de sluis kon de plaat via één of meer windwerken een kwartslag worden gedraaid. De cilinderwanden sloten dan de sluisdoorgang af, terwijl de openingen zich juist bij elk van de beide sluishoofden bevonden. Conrad's vinding heeft echter geen toepassing gevonden.

### Rivierbouwkunde

Ondanks de aanleg van diverse overlaten, bleken de grote rivieren nog voor veel moeilijkheden te zorgen. De open verbinding tussen de Maas en de Waal bij Sint Andries (het Schansche Gat) en vooral ook de samenvloeiing van de beide rivieren bij Woudrichem gaven grote problemen<sup>206</sup>. Hoge Waal-standen en gelijktijdige grote afvoeren van de Maas veroorzaakten bij ijsvorming niet zelden dijkdoorbraken.

Verschillende waterbouwkundigen bogen zich aan het begin van de 19de eeuw over deze problemen en kwamen met oplossingen. Goudriaan stelde voor nog meer overlaten aan te leggen, teneinde op die wijze het te veel aan water enigszins gecontroleerd te kunnen afvoeren<sup>207</sup>. De landerijen waar het water overheen stroomde, zouden hierdoor worden bemest en opgehoogd.

Blanken wilde eveneens het overtollige water zijdelings afleiden. Hij stelde echter voor om in de dijken een aantal waaiersluizen te bouwen, zodat men veel beter kon bepalen waar, wanneer en hoeveel water moest worden afgetapt<sup>208</sup>.

Een tweede voorstel van Blanken was de Merwede een betere uitmonding door de Biesbosch te geven, waardoor het Waalwater beter kon worden afgevoerd<sup>209</sup>.

De generaal en waterbouwkundige Kraijenhoff kwam met een voorstel om de Neder-Rijn bij Arnhem af te dammen en het Rijnwater slechts via de Waal en de IJssel naar zee te voeren<sup>210</sup>. De Neder-Rijn zou daarbij als binnenkanaal worden gebruikt. Verder stelde hij voor de Maas en de Waal te scheiden. De Maas moest weer zijn oorspronkelijke bedding via het Oude Maasje terugkrijgen. Een in 1821 ingestelde commissie beoordeelde de diverse plannen en gaf het advies het plan van Blanken uit te voeren, zij het met enige wijzigingen<sup>211</sup>. Voorlopig bleef het echter bij ontwerpen en volstond men met het verbeteren van de overlaten. Wel werden in de rivieren kribben of hoofden aangelegd om het zomerbed te versmallen, zodat de rivier dieper werd<sup>212</sup>.

### Waterbouwkunde in de 19de eeuw

In de 19de eeuw traden op het gebied van de waterbouwkunde grote veranderingen op. Onder meer verrichtte men veel onderzoek naar de toestand van de rivieren. Diverse instrumenten werden uitgevonden waarmee de stroomsnelheid van een rivier kon worden bepaald. Door opmeting van het dwarsprofiel kon dan de afvoer op verschillende tijden worden berekend. Ook kreeg men steeds meer inzicht in het zandtransport van de rivier.

De opkomst van de mechanica (zowel de toegepaste me-



chanica als de vloeistofmechanica) had tot gevolg dat men steeds meer ging rekenen om de benodigde sterkte van de afsluitmiddelen te bepalen. Daarnaast werden voor de bouw van kunstwerken grondboringen verricht. De resultaten legde men vast in verslagen, terwijl langzamerhand ook de eerste handboeken over de waterbouwkunde verschenen. Dit alles had tot gevolg dat er een meer wetenschappelijke grondslag aan de uitvoering van kunstwerken kwam te liggen.

De 19de-eeuwse waterbouwkundigen waren vaak militairen of hadden een militaire achtergrond. De belangrijkste instelling voor onderwijs in de waterbouwkunde was, met name in de eerste helft van die eeuw, de Koninklijke Militaire Akademie te Breda. Vanuit deze instelling verschenen diverse boeken over de waterbouwkunde. In 1844-45 zag de tweedelige *Handleiding tot de kennis der waterbouwkunde, voor de kadetten van den waterstaat en der genie*, geschreven door D.J. Storm Buysing, het licht (afb. 79). Deze 'bouwkundige leercursus ten gebuike der Koninklijke Militaire Akademie' bevat ruim 900 pagina's tekst en twee albums met samen bijna 80 platen. Het was lange tijd het belangrijkste Nederlandse boek over de waterbouwkunde. Het eerste deel behandelt onder meer wegen en bruggen, terwijl het tweede deel is gewijd aan de echte waterbouw, zoals rivierbouwkunde, sluisen en polders.

## 2.5. De tweede helft van de 19de eeuw tot 1914

In de tweede helft van de 19de eeuw begon Nederland langzamerhand zijn leidende positie voor wat betreft de sluisbouw te verliezen. De weinige nieuwe ontwikkelingen waren deels afgekeken uit het buitenland. De betreffende periode kenmerkt zich onder meer door de bouw van stuwen in de kleine rivieren en de introductie van ijzer en gewapend beton. Daarnaast werden opnieuw een aantal kanalen gegraven en kregen Amsterdam en Rotterdam een nieuwe verbinding met de zee.

### De Overijsselsche Kanalen

In Overijssel werd in 1850 de Overijsselsche Kanalisatie Maatschappij opgericht<sup>213</sup>. De scheepvaart geschiedde tot dan over enkele riviertjes, waarvan de Vecht, met de zijriviertjes de Dinkel en de Regge, en de Schipbeek wel de belangrijkste zijn. 's Zomers stonden deze riviertjes echter nagenoeg droog. De vaartijd werd enigszins verlengd door het opwerpen van zanddammen. Als het water hoog genoeg was gestegen was, stak men deze dammen door, waarna de schepen met de stroom konden meevaren. Voor de vaart op deze riviertjes was een platboomd vaartuig ontwikkeld: de zomp.

Nadat in Twente een begin was gemaakt met de industrialisatie kwam er steeds meer behoefte aan een betere scheepvaartverbinding. Daarom besloot de genoemde Maatschappij tot het graven van een aantal kanalen door Overijssel. In 1855 kwam het hoofdkanaal tussen Zwolle en Almelo gereed<sup>214</sup>. Tevens werd een zijtak naar Deventer en één naar de Vecht gegraven.

## BOUWKUNDIGE LEERCURSUS

TER GEBRUIKE

DER KONINKLIJKE MILITAIRE  
AKADEMIE.

HANDLEIDING

TOT DE KENNIS DER

## WATERBOUWKUNDE,

VOOR DE

KADETTEN VAN DEN WATERSTAAT  
EN DER GENIE.

DOOR

D. J. STORM BUYSING,

Ingenieur 1<sup>ste</sup> klasse van 's Rijks Waterstaat.

II<sup>de</sup> EN LAATSTE DEEL.

—  
MET XI. PLATEN.  
—

TE BREDA,

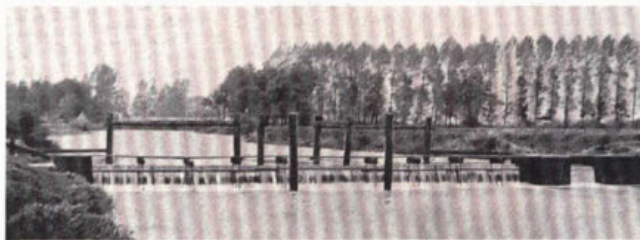
TER DRUKKERIJ VAN BROESE & COMP.,

VOOR BEKENDING VAN DE

KONINKLIJKE MILITAIRE AKADEMIE.

1845.

79. Titelpagina van de 'Handleiding tot de kennis der waterbouwkunde' van Storm Buysing.



80. De stuw bij Ane uit 1853.

### Stuwen

De nieuwe kanalen moesten ook in droge perioden voldoende water krijgen. Zij ontvingen het water uit de Vecht en de Regge, die daartoe moesten worden opgestuwd. Besloten werd in de Regge een stuw te bouwen bij Hankate en in de Vecht bovenstrooms van Hardenberg, één bij De Haandrik en één bij Ane<sup>215</sup>. De stuw bij De Haandrik moest zowel de Overijsselsche Kanalen als de kanalen rond Coevorden van voldoende water voorzien. Naast deze stuw werd een schutsluis gebouwd, zodat scheepvaartverkeer mogelijk bleef.

De stuw bij Ane moest er voor zorgen dat de waterstand van de Dedemsvaart op peil bleef (afb. 80). De Dedems-



vaart was daartoe, zoals reeds is vermeld, via een houten schutsluis verbonden met de Vecht<sup>216</sup>. De constructie van deze sluis kwam vrijwel overeen met die van de andere sluisen in de Dedemsvaart. In tegenstelling daarmee bezat deze sluis echter in beide sluishoofden een stel vloed- en een stel ebdeuren.

Stuwen waren in Nederland nog nauwelijks toegepast. De Maatschappij zond daarom in 1851 enkele ingenieurs naar Frankrijk om daar een aantal stuwen te bezoeken<sup>217</sup>. Mede dank zij hun bevindingen werd voorgesteld de stuwen te voorzien van zowel naalden als kleppen. De toepassing van naalden (verticaal geplaatste schotbalken) was een vinding van de Fransman Poirée. De naalden steunden aan de onderzijde tegen de drempel en aan de bovenzijde tegen een horizontale balk die op ijzeren jukken lag. De klepstuw was ontworpen door de Fransman Thénard. De klep was scharnierend aan de bodem bevestigd en werd in gesloten stand ondersteund door een schoor. De stuw bij De Haandrik kwam in 1856 gereed, de beide andere in 1853.

### Schutsluis te Sint Andries

De roep in Noord-Brabant om te worden verlost van de voortdurend terugkerende wateroverlast klonk steeds sterker. In 1856 werd een eerste stap gezet in de richting van een volledige scheiding van de Maas en de Waal, zoals Krayenhoff had voorgesteld<sup>218</sup>. Ondanks veel tegenstand tegen deze plannen, werd het open Schansche Gat omgebouwd tot het kanaal van Sint Andries, voorzien van een schutsluis. Hiermee waren hoge zomerstanden op de Maas verleden tijd geworden, en trad in de zomerperiode een duidelijke verbetering op van de afwatering van de gebieden langs de Maas in Brabant.

Zonder maatregelen zouden door de afdamming bij Sint Andries de benedenstrooms gelegen gebieden langs de Waal bij grote winterafvoeren en ijsvorming veel meer gevaar gaan lopen. Ter bescherming van de stroomafwaarts gelegen Waaldijken werden de Heerwaardense overlaten aangelegd<sup>219</sup>. De dijken tussen Heerwaarden en Sint Andries kregen een iets lagere kruinhoogte. Extreme Waal-afvoeren konden nu via deze overlaten toch weer naar de Maas worden afgeleid.

Bovengenoemde werken waren voor die tijd een grootse onderneming. Bijna tachtig jaar later, in 1934, spraken de ingenieurs, die toen bij de bouw van de nieuwe sluis bij Sint Andries betrokken waren, vol bewondering over degenen die deze werkzaamheden destijds durfden uit te voeren<sup>220</sup>. Een nadeel van de lage Maas-standen in de zomer was de daaraan gekoppelde lage waterstand op de Dieze bij 's-Hertogenbosch. Om scheepvaart van en naar de Zuid-Willemsvaart ook in droge perioden mogelijk te laten blijven, bouwde men in de Diezemonde een schutsluis, die in 1861 gereed kwam<sup>221</sup>.

### Waaiersluis bij Gouda

Van 1851 tot 1862 werd de Hollandsche IJssel bovenstrooms van Gouda gekanaliseerd<sup>222</sup>. Tussen Gouda en



81. De Waaiersluis in de Hollandsche IJssel bij Gouda.

Haastrecht bouwde men in 1856 een schutsluis, die die in beide sluishoofden een stel vloed- en een stel ebdeuren kreeg. Tussen de beide sluishoofden werden tevens een stel waaierdeuren geplaatst (afb. 81). Aan dit laatste afsluitmiddel dankt de sluis haar naam: de Waaiersluis. De waaierdeuren maakten de sluis geschikt ook als spuisluis te gebruiken. Hierdoor kon men het dichtslibben van de waterweg zoveel mogelijk tegengaan.

### Introductie van ijzer in de sluisbouw

Omstreeks 1835 verschenen in Nederland de eerste ijzerconstructies in gebouwen. Enkele jaren later werden ook de eerste ijzeren bruggen gebouwd. Aanvankelijk gebruikte men hiervoor gietijzer, maar later vooral smeed- of welijzer. Het ligt voor de hand dat men dit materiaal ook voor sluisen ging toepassen. De eerste toepassingen in het buitenland dateren van voor 1840; in Nederland was dat een tiental jaren later.

Voor 1850 werd te Diepenheim een 'gietijzeren valschut' in een stenen boogbrug over de Regge gebouwd<sup>223</sup>. De gietijzeren schuif had 'tot meerdere sterkte' de vorm van een stel puntdeuren. De slagstijlen en schotbalkspinnings van een aantal sluisen in de eerder genoemde Overijsselse Kanalen bestonden uit metselwerk, bekleed met gietijzer. In de vloerconstructie van de stuw in de Regge bij Hankate waren gietijzeren zwalpen (loodrecht op de sluisas geplaatste vloerbalken) toegepast met een I-vormige doorsnede<sup>224</sup>. De sluis in het fort bij Crèvecoeur bezat eveneens gietijzeren zwalpen.

### Marinedok te Willemsoord

De constructiewerkplaats F. Kloos uit Kinderdijk maakte in 1860 de eerste puntdeuren van plaatijzer voor een keersluis te Nieuwediep bij Den Helder<sup>225</sup>. Deze 19 m brede sluis in het Dokkanaal op het maritieme établissement Willemsoord werd voorzien van een stel vloed- en een stel ebdeuren. De nabij gelegen zeedoksluis kreeg twee jaar later eveneens een stel ijzeren vloed- en ebdeuren. Deze sluis had een breedte van 29 m. Het oude en het



nieuwe droogdok te Willemsoord kregen in 1861 en 1862 plaatijzeren schipdeuren<sup>226</sup>. Al deze deuren waren een ontwerp van A.E. Tromp en B. Strootman.

Een andere vroege toepassing zijn de ijzeren puntdeuren in de Willem III-sluis te Amsterdam uit 1864<sup>227</sup>. Deze sluis werd in het Groot-Noordhollandskanaal gebouwd naast de bestaande Willemssluis, die daarna Willem I-sluis heette. De nieuwe sluis bezat een binnenhoofd en een buitenhoofd met eb- en vloeddeuren en een tussenhoofd met alleen vloeddeuren (afb. 82). Alleen de buitendeuren en de binnenvloeddeuren waren van ijzer. De middenvloeddeuren waren van eiken om zo de voor- en nadelen van ijzeren deuren ten opzichte van die van hout te kunnen bepalen. Voor de ebdeuren gebruikte men gecreosoteerd dennen. De sluis had een totale schutlengte van 110 m en een breedte van ruim 18 m.

In 1869 werden de houten waaierdeuren in de westsluis van het Kanaal van Gent naar Terneuzen vervangen door ijzeren waaierdeuren<sup>228</sup>. De deuren waren ontworpen door Strootman en gemaakt bij de constructiewerkplaats Kloos uit Kinderdijk. Soortgelijke deuren bevinden zich nu nog in de inundatiesluizen in de Zuider Lingedijk bij Asperen (zie afb. 64).

### IJzeren deuren versus houten deuren

Omdat het soortelijk gewicht van ijzer veel groter is dan dat van hout, is de invloed van de opwaartse kracht van het water veel kleiner. Teneinde deze kracht te vergroten en daarmee de deuren lichter te maken, werd het ijzeren geraamte van de deuren aan weerszijden van een ijzeren beplating voorzien en de zo ontstane holle ruimten waterdicht gemaakt. Met name in de beginperiode ondervond men hiermee de nodige problemen. Soms waren de deuren kort na het plaatsen al lek en stonden vol water, zodat de deuren slechts met grote moeite konden worden bewogen. Het water in de holle ruimten bevorderde tevens het roesten van de deuren. Daarom moesten ijzeren deuren elke vijf à zes jaar worden verwisseld met de reserve deuren om geheel te kunnen worden nagezien en gerepareerd<sup>229</sup>. Van de paalworm hadden deze deuren daarentegen geen last, terwijl ook een grotere doorvaartbreedte kon worden bereikt.

### Kanaal door Zuid-Beveland en Walcheren

De aanleg van de spoorlijn naar Middelburg en Vlissingen tussen 1863 en 1872 had tot gevolg dat Zuid-Beveland zowel met Walcheren als met het vaste land door een dam werd verbonden. Een overeenkomst met België verplichtte Nederland echter voor een gelijkwaardige scheepvaartroute naar de Rijn te zorgen<sup>230</sup>. Daarom was in 1846 besloten een kanaal door Zuid-Beveland te graven. Over het Sloe zou aanvankelijk een brug komen, maar toen dit niet haalbaar bleek, besloot men ook daar een dam aan te leggen en door Walcheren een tweede kanaal te graven.

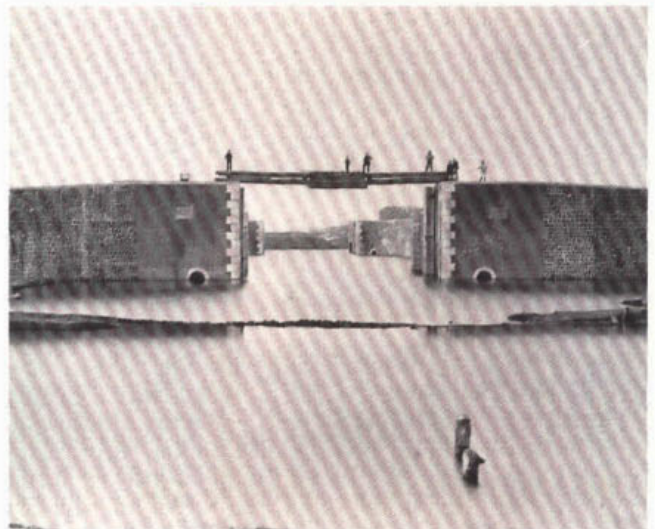
Met de aanleg van het Kanaal door Zuid-Beveland werd

in 1852 begonnen. Achtereenvolgens twee Engelse maatschappijen en een Zwitserse bank moesten na grote tegenslagen het werk om financiële redenen staken. Het Rijk nam ten slotte het werk over en in 1866 kon het kanaal worden geopend. Zowel te Hansweert als te Wemeldinge was een schutsluis gebouwd (afb. 83). De sluisen hadden een schutlengte van 119 m en een doorvaartbreedte van 16 m. Als afsluitmiddelen werden ijzeren puntdeuren toegepast<sup>231</sup>. Om bij buitengebruikstelling van een sluis stremming van de scheepvaart te voorkomen, werd reeds in 1872 aan beide uiteinden van het kanaal een tweede sluis gebouwd. Deze sluisen waren overigens kleiner dan de eerste twee sluisen.

Het Kanaal door Walcheren werd aangelegd tussen 1867 en 1873<sup>232</sup>. Zowel in Veere als in Vlissingen werden een grote en een kleine sluis gebouwd. De grote sluisen kregen gebogen ijzeren puntdeuren (afb. 84)<sup>233</sup>. Deze hadden een booglengte van 12 m en een hoogte van 11,5 m. De dikte varieerde van 0,6 m aan de uiteinden tot 0,9 m in het midden. De sluis zelf had een doorvaartbreedte van 20 m. Om het doorzakken van de deuren tegen te gaan, was in de wand van de deurkassen een steuntoestel geplaatst, waarmee de deuren in open stand werden vastgezet en gedragen.



82. De Willem III-sluis in het Noordhollandskanaal te Amsterdam in 1865.



83. De schutsluis te Hansweert uit 1860 in het kanaal door Zuid-Beveland in aanbouw.



## Roldeur te Kampen

De eerst roldeur sinds eeuwen werd zeer waarschijnlijk in Kampen toegepast, naar een ontwerp van J. Swets<sup>234</sup>. Daar werd in 1868 ter vervanging van de Cellesluis een uitwaterings-schutsluis gebouwd met in het buitenhoofd eb- en vloeddeuren en in het binnenhoofd een roldeur (afb. 85)<sup>235</sup>. Swets, die ook het toezicht had gehad bij de bouw van de doksluizen met schipdeuren in Willemsoord, ontwierp een ijzeren roldeur in de vorm van een spits toelopend schip. Zowel naar voren als naar onderen liep deze 'snepdeur' uit in een punt.

In de deurkas was een tandheugel ingemetseld waarover een rondsel liep dat aan de deur vastzat. Dit rondsel was verbonden met een eveneens op de deur aangebracht bewegingsmechanisme met tandraden, waarmee de deur kon worden geopend of gesloten.

In 1878 werden op voorstel van Swets enkele wijzingen aangebracht<sup>236</sup>. Dit betrof voornamelijk het bewegingsmechanisme. De deur werd voorzien van een drijf-schot, nadat de deurkas naar onderen toe iets was verbreed, zodat deze een meer rechthoekige doorsnede kreeg. Door de waterstand voor of achter het schot te verhogen of te verlagen, kon men de deur bewegen.

Feitelijk gaat het hier om de vinding van Van Diggelen. Opmerkelijk is het dan ook dat diens naam door Swets nergens wordt vermeld, terwijl wel Redelijkheid en Singels worden aangehaald.

Alhoewel de deur aan de verwachtingen voldeed, kreeg deze in Nederland geen navolging. De ontwikkeling van roldeuren vond daarna in het buitenland plaats. Pas in de 20ste eeuw werd in ons land de draad weer opgenomen<sup>237</sup>.

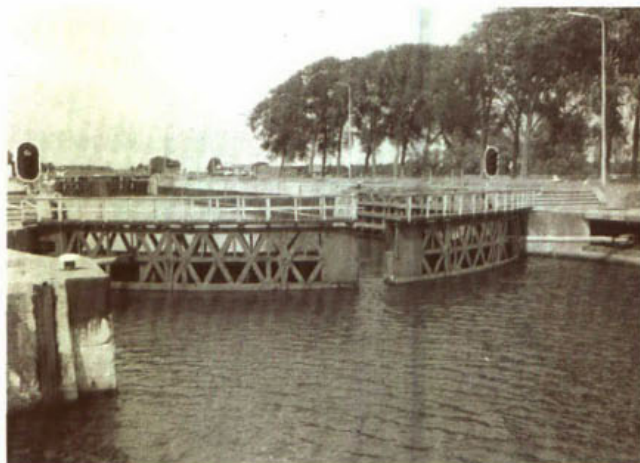
## Drietrapsluis te Dieren

Een bijzondere sluis werd gebouwd in het Apeldoornsch Kanaal naar Dieren, dat in 1869 gereed kwam. In de uitmonding te Dieren kreeg het kanaal een drietrapsluis: een gekoppelde sluis met drie schutkolken (afb. 86)<sup>238</sup>. Men achtte het namelijk niet raadzaam om in binnenvaartsluizen meer dan 3 m verval over één sluisdeur te keren. Bij zeer lage IJsselstanden moest bij Dieren een verval van niet minder dan 10 m worden overwonnen. De slagstijlen en schotbalkspinningen waren van gewoon metselwerk, bekleed met gietijzer<sup>239</sup>.

## Nieuwe Waterweg

Rond 1825 hadden de havens van Amsterdam en Rotterdam een nieuwe verbinding met de zee gekregen. Enkele decennia later bleken deze al niet meer te voldoen. De schepen werden steeds groter, zodat de kanalen en sluisen te klein werden. Er werden studies verricht om een betere verbinding van de havens naar zee te maken.

Bij Rotterdam kreeg de Nieuwe Maas een nieuwe uitmonding bij Hoek van Holland. Al in 1739 had de waterbouwkundige Cruquius eenzelfde voorstel gedaan<sup>240</sup>.



84. Schutsluis met gebogen ijzeren puntdeuren in het Kanaal door Walcheren te Veere.



85. Roldeur in de Cellesluis te Kampen uit 1868.



86. Drietrapsluis in het Apeldoornsch Kanaal te Dieren uit 1869.

Het graven van de Nieuwe Waterweg duurde van 1864 tot 1885. In latere tijden werd de Nieuwe Waterweg meerdere keren verbreed en verdiept en bleef daardoor in staat de alsmaar groter wordende schepen te ontvangen.



## Noordzeekanaal

Amsterdam kreeg het Noordzeekanaal, gegraven door 'Holland op zijn smalst' tussen het IJ en de Noordzee<sup>241</sup>. In 1865 begon een Engelse aannemer, aan wie het karwei was gegund, met de aanleg. Bij IJmuiden werden behalve een uitwateringssluis twee schutsluizen gebouwd, waarvan de grootste een schutlengte had van 119 m, een breedte van 18 m en een slagdrempeldiepte van 8 m beneden NAP (afb. 87). Tevens werd het IJ bij Schellingwoude afgesloten met een dam, waarin in 1872 de Oranjesluizen werden gebouwd, bestaande uit drie schutsluizen met elk een tussenhoofd, en een uitwateringssluis (afb. 88)<sup>242</sup>. In de schutsluizen plaatste men drie paar vloeddeuren en twee paar ebdeuren. De uitwateringssluis kreeg drie stel puntdeuren, waaronder één paar ebdeuren. De vloeddeuren waren van ijzer, waarbij de binnen-vloeddeuren werden voorzien van toldeuren, zodat met deze sluisen tevens de Amsterdamse grachten konden worden doorgespoeld<sup>243</sup>. De ijzeren deuren bleken echter niet aan de verwachtingen te voldoen, want reeds in 1886 verving men deze door houten exemplaren met toldeuren.

Het Noordzeekanaal werd in 1876 geopend, maar al spoedig bleken de zeesluizen te klein te zijn. Nog geen tien jaar na de opening lag er een ontwerp voor een nieuwe schutsluis en in 1887 besloot de regering tot de bouw daarvan (afb. 89)<sup>244</sup>. De nieuwe sluis kreeg een schutlengte van 225 m en een breedte van 25 m.

Over de diepte van de slagdrempel werd een heftige strijd gevoerd. Het tijdschrift *De Ingenieur* doet hiervan in 1889 uitvoerig verslag<sup>245</sup>. De minister van Waterstaat, Handel en Nijverheid vond een diepte van 9,25 m beneden NAP meer dan voldoende. De Kamer van Koophandel en Fabrieken te Amsterdam drong er echter bij de Tweede Kamer op aan de drempel op 10,25 m beneden NAP te leggen, dit met het oog op de verdere groei van de scheepsafmetingen. Tevens konden dan grotere schepen ook bij laagwater naar binnen varen. De Amsterdamse Kamer kreeg veel bijval, onder meer van de stad Amsterdam en de Zaanдамse Kamer.

In de Tweede Kamer werd in 1889 een motie aanvaard, waarin een drempeldiepte van 10,25 m beneden NAP werd geëist, waarna de minister overstag ging. De nieuwe sluis kwam in 1896 gereed. In 1899 werd het bewegingsmechanisme van de sluisdeuren geëlektrificeerd en kreeg de sluis rondom een elektrische verlichting<sup>246</sup>. Het is waarschijnlijk de eerste elektrisch bediende sluis in Nederland.

## Merwedekanaal

In 1892 werd het Merwedekanaal geopend, zodat Amsterdam ook een goede verbinding met de Rijn kreeg. Aan de opening van dit kanaal was een grote strijd voorafgegaan<sup>247</sup>. De Amsterdamse stadsingenieur J.G. van Niftrik kwam in 1870 met een plan voor een nieuw kanaal van Amsterdam, langs de Zuiderzee via Amersfoort en de Grebbe bij Rheden, naar de Rijn en met een oversteek door de Betuwe naar de Waal bij Dodewaard.

Dit plan werd, zij het soms met enkele wijzigingen in het tracé, ondersteund door onder meer T.J. Stieltjes, ir. J.G. van Gendt Jr. en N.H. Henket. Ook Amsterdam gaf de voorkeur aan een kanaal in oostelijke richting.

In 1881 werd een wet aangenomen tot de aanleg van het Merwedekanaal. Het voorstel ging, ondanks protesten van Amsterdam, uit van een verbetering van de Keulse vaart, waarvan ook de Vecht deel uitmaakte. Nadat men reeds met de werkzaamheden was begonnen, besloot men alsnog langs de Vecht een nieuw kanaal te graven.



87. De eerste Noordzeesluizen te IJmuiden tijdens de bouw in 1876.



88. De Oranjesluizen te Amsterdam uit 1872.



89. De bouw van de huidige Middensluis te IJmuiden omstreeks 1895.



Bij de St. Antoniedijk bij Amsterdam, bij Utrecht en bij Vreeswijk werden nieuwe sluisen gebouwd. De Koninginnesluis te Vreeswijk werd uitgevoerd als een gekoppelde sluis (afb. 90).

In de verbindingen tussen het nieuwe kanaal en de bestaande vaarwegen moesten eveneens schutsluisen worden gebouwd, onder meer bij Nigtevecht en Breukelen. In de verbinding met de westelijke tak van de Haarrijn bij Maarssen koos men voor een overtoom met een wip (afb. 91). De doorsneden waterwegen werden door grondduikers in de kanaalbodem met elkaar verbonden.

Ook voor het kanaaldeel tussen de Lek en de Merwede werd deels gebruik gemaakt van de bestaande verbinding via het Zederikkanaal. Alleen rond Gorinchem werd een nieuw kanaal gegraven, zodat de Linge buiten het tracé viel. Dit nieuwe kanaal kreeg aan weerszijden van de kruising met het Kanaal van Steenhoek een schutsluis. Bij Vianen werd naast de uit 1825 daterende Wilhelminasluis de Grote of Nieuwe Schutsluis gebouwd, uitgevoerd als gekoppelde sluis (afb. 92).

### Verversingskanaal te 's-Gravenhage

De residentie 's-Gravenhage ligt weliswaar dicht bij zee, maar miste een directe verbinding ermee. Ook moest de stad stromend (rivier)water ontberen. Daardoor was doorspoeling van de grachten onmogelijk, hetgeen vooral 's zomers een grote stank veroorzaakte. Al in de 17de eeuw vroegen de Haagse bestuurders het hoogheemraadschap Delfland toestemming om zijn boezemwater te mogen gebruiken voor de doorspoeling<sup>248</sup>. Het duurde echter tot 1880 voordat ook Delfland het belang inzag van een uitwatering naar zee bij 's-Gravenhage.

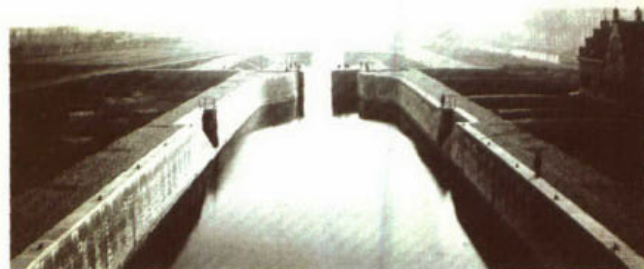
In 1886 kwam een overeenkomst tot stand tussen beide partijen tot het graven van het Verversingskanaal, later het Afvoerkanaal geheten, met bij Scheveningen een uitwateringssluis annex spuisluis. Deze sluis bezat twee doorstroomopeningen, die aan de zeezijde konden worden afgesloten met schuiven (hefdeuren). Aan de landzijde kreeg elke opening een enkele waaierdeur (afb. 93)<sup>249</sup>. Meer landinwaarts werd een schutsluis gebouwd, zodat ook scheepvaart mogelijk was.



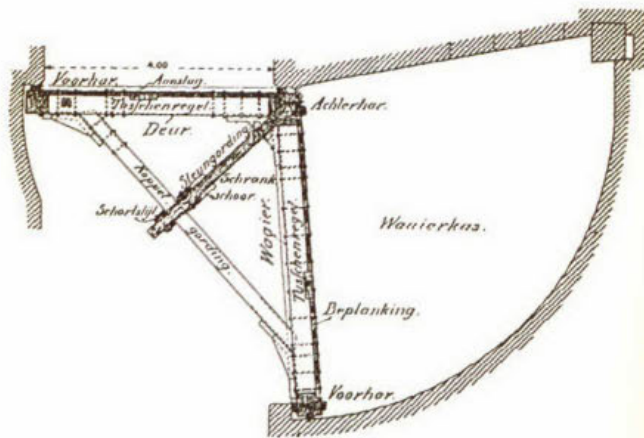
90. De Koninginnesluis in het Merwedekanaal te Vreeswijk.



91. De overtoom tussen de Haarrijn en het Merwedekanaal.



92. De Grote of Nieuwe Schutsluis in het Merwedekanaal te Vianen.



93. De waaierdeur in het Verversingskanaal te Den Haag.



## Stelling van Amsterdam

In 1874 nam het parlement de Vestingwet aan, die voor een deel handelde over de Stelling van Amsterdam. Binnen acht jaar moest rond Amsterdam een geheel nieuwe verdedigingslinie worden aangelegd<sup>250</sup>. Naast vele forten en andere verdedigingswerken bevatte de stelling een groot aantal sluizen, zowel inundatiesluizen als damsluizen. Deze laatste moesten voorkomen dat bij inundaties het water wegstroomde via de waterwegen die door het gebied lopen. Overigens werden de meeste werken pas tussen 1895 en 1914 aangelegd<sup>251</sup>.

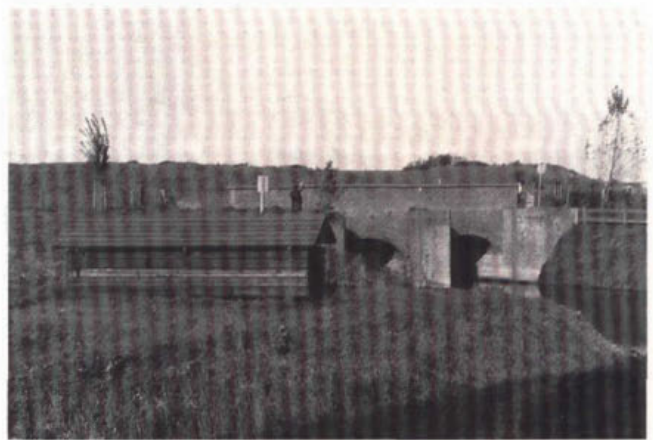
Voor het draszetten van het land kon gebruik worden gemaakt van bestaande schut-, keer-, of uitwateringssluizen. De stormdeuren in de zeesluis te Edam werd daartoe voorzien van toldeuren. In de deuren van de Proostdijer schutsluis en van de Demmerikse schutsluis, beide bij Abcoude, waren voor hetzelfde doel tolkleppen (met een horizontale draaias) aangebracht. Ook de toldeuren in de puntdeuren van de Oranjesluizen en de toldeuren in de zeesluis te Muiden konden voor het inunderen worden gebruikt, evenals de Noordzeesluizen te IJmuiden en een gekoppelde schutsluis te Aalsmeer. Daarnaast werd rond Amsterdam een aantal echte inundatiesluizen gebouwd, met uitsluitend een militaire functie, zoals de sluis in de dijk van het Merwedekanaal bij Nigtevecht en die bij Uithoorn.

Teneinde de schade aan de landerijen door de onderwaterzetting niet groter te maken dan strikt noodzakelijk was, werden er in een aantal polders dijken aangelegd. Deze dijken mochten niet alle sloten en vaarten die de dijk kruisten afdammen, omdat dit nadelige gevolgen zou hebben voor de waterhuishouding. Daarom bouwde men in de dijk damsluizen, die bij inundatie door schotbalken konden worden gesloten. Damsluizen zijn onder meer gebouwd in de linedijk waar deze de drie hoofdtochtsloten in de Wijkermeerpolder kruiste (afb. 94) en in de Geniedijk bij de IJ-tocht, in de Hoofdvaart en de Elstertocht in de Haarlemmermeerpolder.

Damsluizen werden ook gebouwd in de waterwegen die het te inunderen gebied verbonden met het buitengebied. Deze sluizen moesten voorkomen dat het water wegliep en het inundatiegebied niet voldoende dras kon worden gezet. Voorbeelden hiervan zijn de sluis in de Ringvaart bij Vijfhuizen (afb. 95), de sluis in de Drecht bij Uithoorn en de sluis in de Kromme Angstel bij Abcoude. Vaak ook lagen de damsluizen onder bruggen met in de landhoofden schotbalkspanningen.

## Scheiding Maas en Waal

Met de afdamming van het Schansche Gat bij Sint Andries en de aanleg van de Heerewaardensche overlaten waren de problemen door de wateroverlast slechts gedeeltelijk opgelost. De samenvloeiing van de Maas en de Waal bij Woudrichem bleef voor moeilijkheden zorgen. Tijdens grote Waalafvoeren vond een opstuwning van het Maaswater plaats, met alle gevolgen van dien. In 1883 werd, na enkele grote overstromingen in voorgaande ja-



94. De dubbele Damsluis in de linedijk in de Wijkermeerpolder bij Beverwijk met op de voorgrond de schotbalken.



95. De damsluis in de Ringvaart bij Vijfhuizen.

ren, besloten de Maas weer een eigen uitmonding te geven en de Heerewaardensche overlaten te sluiten<sup>252</sup>. De nieuwe Maasmond werd tussen Heusden en de Amer gegraven door het gebied waar nog steeds het Oude Maasje stroomde; het oude rivierbed van de Maas. In 1887 werd met de werkzaamheden begonnen en in 1894 was het nieuwe rivierbed op enkele dammen na gereed.

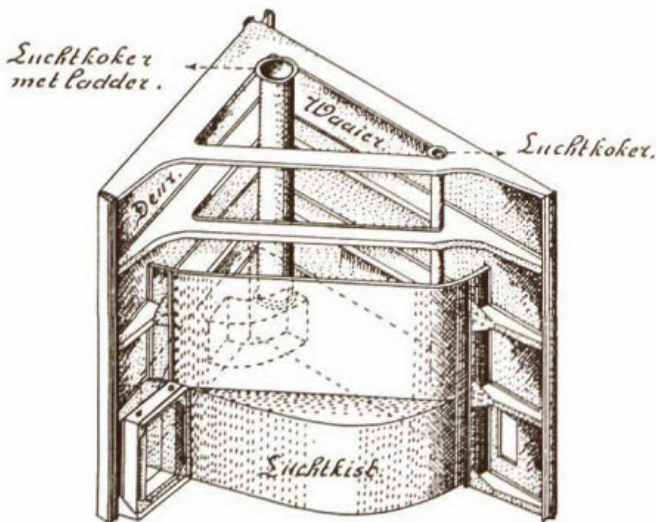
## Wilhelminasluis bij Andel

De nieuwe riviermond, de Bergsche Maas genoemd, werd pas in 1904 in gebruik gesteld. De bestaande rivierarm naar Woudrichem werd ongeveer gelijktijdig afgedamd en heet sindsdien de Afgedamde Maas. Vanaf de Bergsche Maas bij Heusden was ondertussen een nieuw kanaal naar de afgedamde riviertak gegraven, terwijl in 1897 bij Andel een schutsluis gereed kwam: de Wilhelminasluis (afb. 96)<sup>253</sup>. Hierdoor bleef scheepvaart tussen de Maas en de Waal mogelijk. De sluis heeft een groene kolk (zonder keermuren) met een talud van 1:1, waarvan de kolkwanden worden beschermd door een houten





96. De Wilhelminasluis bij Andel.



97. Waaiervlotdeur in de Wilhelminasluis bij Andel.

remmingwerk. De schutsluis bij Andel kreeg een bijzonder type waaierdeuren, ook wel waaiervlotdeuren genoemd (afb. 97). De ijzeren deuren bezitten een luchtkist, waardoor een drijvende en stabiele constructie ontstaat, die zonodig kan worden weggevaan.

### Gewapend beton

Langs de Bergsche Maas kwamen veel uitwaterings-, inlaat- en ontlastsluizen. Deze laatste moesten bij overstrooming van het winterbed het water bij zakkend rivierpeil afvoeren. In 1893 werd in de noordelijke Maasdijk bij Nederhemert een duikersluis gebouwd (afb. 98)<sup>254</sup>. Voor het eerst werd hierbij in de sluisbouw bij wijze van experiment het materiaal gewapend beton toegepast. Dit materiaal werd gebruikt voor de duiker, terwijl de beide fronten nog in metselwerk zijn uitgevoerd. Beide fronten kregen een stel naar buiten openslaande puntdeuren, zodat

de sluis naar twee zijden kon keren. De sluis moest 's zomers als keer- en eventueel als ontlastsluis dienen en 's winters als inlaatsluis worden gebruikt voor de winterbevoeding. De deuren konden daartoe worden vastgezet. Behalve traditionele sluizen van metselwerk en de bovengenoemde betonnen sluis zijn ook enkele ijzeren duikers toegepast. Deze bestonden uit ijzeren buisdelen, die met moffen aan elkaar zijn gezet. De duikers kunnen door een schuif worden gesloten.

Een merkwaardige sluis werd gebouwd in de benedenmond van het Afwateringskanaal 's-Hertogenbosch-Drongelen (afb. 99)<sup>255</sup>. Dit kanaal was nodig om bij hoge zomerstanden van de Maas het overtollige water rond 's-Hertogenbosch af te voeren. Het kanaal kruiste het langs de Bergsche Maas gegraven zuidelijke Afwateringskanaal, dat eveneens moest worden voorzien van een uitwateringssluiss. Om financiële redenen besloot men om beide sluizen in één bouwwerk te verenigen. Het langs de Bergsche Maas lopende Afwateringskanaal werd daarbij door een sifon of grondduiker onder de sluis in het Afwateringskanaal 's-Hertogenbosch-Drongelen geleid. Het kunstwerk werd geheel uitgevoerd in metselwerk.



98. Ontlastsluis bij Nederhemert-Zuid; eerste sluis met een duiker van gewapend beton.



99. Dubbele uitwateringssluiss in het Afwateringskanaal 's-Hertogenbosch-Drongelen.



## Stoney-schuif

In de 19de eeuw werden diverse uitwateringssluizen gebouwd met schuiven die via een heugelstang met een windwerk omhoog konden worden gehesen. De afmetingen van de schuiven waren echter beperkt, omdat deze anders te zwaar en daardoor onhandelbaar zouden worden.

In het laatste decennium van de 19de eeuw werd in Nederland een nieuw afsluitmiddel geïntroduceerd, de Stoney-schuif<sup>256</sup>. Deze in Engeland ontworpen schuif brengt de waterdruk via twee rolwagens over naar de aanslagen. Bij het heffen van de deur gaan de losse rolwagens met de halve snelheid mee omhoog. De kracht wordt daarmee volledig via de rollen en niet via assen overgebracht. Doordat de schuif tevens is voorzien van een contragewicht, kost het weinig moeite de schuif in beweging te brengen.

De Stoney-schuif kan zowel in sluizen als in stuwen worden gebruikt. Voor 1900 werd dit type met name in Overijssel verscheidene keren toegepast, waarbij diverse verbeteringen werden aangebracht<sup>257</sup>. In 1895 werd het eerder genoemde houten Schotkampsluisje, de inlaat- en tevens ontlastsluis tussen de Reest en de Dedemsvaart, vervangen door een stenen sluis<sup>258</sup>. De nieuwe sluis kreeg een Stoney-schuif als afsluitmiddel (afb. 100). Rond 1900 bouwde men bij Hasselt een uitwateringssluis naar het Zwarte Water met twee openingen<sup>259</sup>. Behalve een stel puntdeuren kreeg elke opening ook een Stoney-schuif.

## Enkele draaideuren van ijzer

Al in 1879 had men besloten de bestaande houten schutsluizen in de Dedemsvaart langzamerhand te vervangen door stenen sluizen met gemetselde kolkwanden en ijzeren deuren. In 1891, toen drie van de acht sluizen waren vernieuwd, kwam men op het idee om enkele draaideuren van ijzer toe te passen in plaats van puntdeuren<sup>260</sup>. Drie jaar later kwam de nieuwe sluis bij Lichtmis (sluis no. 2) gereed, voorzien van een enkele draaideur in elk van de beide sluishoofden. De sluis bezat een doorvaartwijdte van 6 m.

De 7 m brede schutsluis in het Coevorderkanaal kreeg in 1897 eveneens ijzeren enkele draaideuren als afsluitmiddel. In 1900 kon de nieuwe schutsluis te Hasselt voor het scheepvaartverkeer worden opengesteld (afb. 101). Ook deze sluis is voorzien van enkele draaideuren van ijzer en bezit zowel vloed- als ebdeuren.

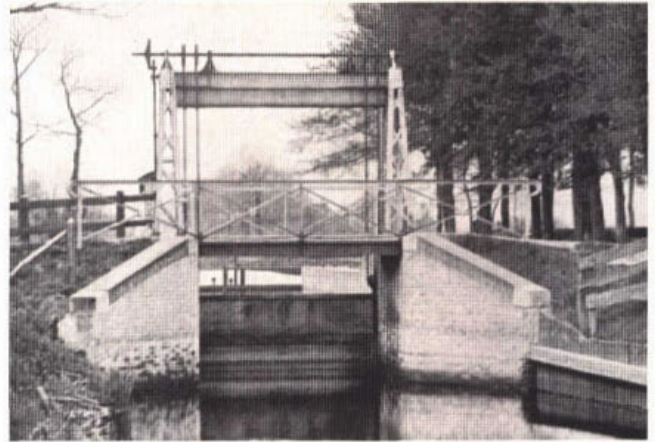
## Overijsselsche Vecht

De Overijsselsche Vecht is de grootste van de kleine Nederlandse rivieren. Door de aanleg van de Dedemsvaart en de Overijsselsche Kanalen en door het groter worden van de schepen nam het belang van deze rivier voor de scheepvaart snel in betekenis af.

In 1889 vond de opening plaats van het Kanaal Almelo-Nordhorn, waarmee de Overijsselsche Kanalen ook een verbinding naar Duitsland kregen<sup>261</sup>. Het nieuwe kanaal

kreeg onder meer een gekoppelde sluis (afb. 102).

Voor de voeding van het kanaal werd in 1904 in de Dinkel bij de kruising met het kanaal een stuw met twee Stoney-schuiven aangelegd (afb. 103)<sup>262</sup>. Tussen het ka-



100. Stoney-schuif in het Schotkampsluisje tussen de Reest en de Dedemsvaart.



101. Enkele draaideuren van ijzer in de Dedemsvaart te Hasselt.



102. De gekoppelde Dubbele Sluis in het Kanaal Almelo-Nordhorn.





103. Stuw met Stoney-schuiven in de Dinkel bij de kruising met het Kanaal Almelo-Nordhorn.



104. Ontlastsluis van het Kanaal Almelo-Nordhorn naar de Beneden-Dinkel.



105. Stuw met schuiven in de Overijsselse Vecht bij Vilsteren.

naal en de Beneden-Dinkel bouwde men een uitwaterings- of ontlastsluis (afb. 104). Deze bestaat uit een achttal naast elkaar gelegen openingen, die met schuiven kunnen worden afgesloten. De bewegingswerken van de schuiven bevinden zich in een gebouwtje boven de openingen.

De Vecht verwilderde in de tweede helft van de 19de eeuw meer en meer. De vele bochten werden scherper, tot er bij hoogwater een doorbraak kwam. Daarnaast vond men het steeds minder aanvaardbaar dat de landerijen ook in de zomer vaak onderliepen. Vandaar dat aan het eind van de 19de eeuw plannen tot verbetering van de rivier werden gemaakt. Uitgangspunt daarbij was dat 's zomers geen overstromingen meer mochten voorkomen, terwijl de winteroverstromingen juist moesten wor-

den behouden<sup>263</sup>. Deze zorgden door het bezinken van de meegevoerde slibdeeltjes voor een bemesting van de landerijen. Omdat een groot deel van het afwateringsgebied van deze rivier in Duitsland ligt, besloot het Rijk in 1896 het beheer ervan op zich te nemen.

De verbetering bestond in eerste instantie uit het afsnijden van de vele bochten. Daarna werden van 1907 tot 1916 vijf nieuwe stuwen aangelegd (afb. 105). Om benedenstrooms van Ommen scheepvaart mogelijk te maken, werd daar naast de stuwen een schutsluis gebouwd. De drie stuwen tussen Ommen en Hardenberg kregen geen schutsluis, zodat op dat traject geen doorgaande scheepvaart meer mogelijk was. In 1920 werden ook de twee bestaande stuwen bovenstrooms van Hardenberg bij Ane en De Haandrik vervangen<sup>264</sup>.

Alle stuwen kregen stenen landhoofden en tussenpijlers met een vaste bedieningsbrug. Tegen deze brug en een gietijzeren drempel op de rivierbodem waren in verticale richting stalen I-profielen geplaatst, met een onderlinge afstand van 1,50 m. Daartussen konden stalen schuiven worden neergelaten of opgehaald met behulp van een loopkraan, die over de bedieningsbrug liep. De schuiven hadden een hoogte van 1 m en er konden meerdere schuiven boven elkaar worden geplaatst. De opstuwung kon men nauwkeuriger regelen door schotbalken met een hoogte van 0,25 m te gebruiken in plaats van de 1 m hoge schuiven.

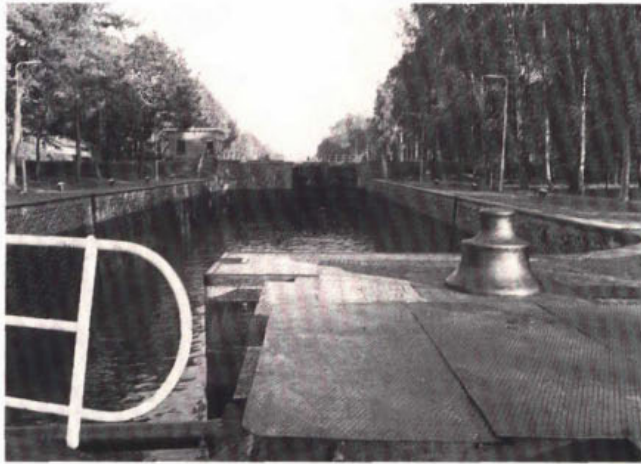
### Bajonetsluizen en gekoppelde sluisen in het Wilhelminakanaal

Al vanaf 1850 bestonden er ideeën om de jonge industriestad Tilburg door een kanaal te verbinden met de Zuid-Willemsvaart en met de delta in het westen. De diverse plannen sneuvelde echter en het duurde tot 1905 voordat men besloot het Wilhelminakanaal te graven, dat de Zuid-Willemsvaart via Tilburg met de Amer (de nieuwe uitmonding van de Maas) moest verbinden<sup>265</sup>. In 1909 werd het eerste kanaalvak aanbesteed, maar mede als gevolg van de Eerste Wereldoorlog kon het gehele Wilhelminakanaal pas in 1923 in gebruik worden genomen.

Om in droge perioden het schutverlies zoveel mogelijk te beperken, kregen alle schutsluizen dezelfde afmetingen en een gelijke schuthoogte (verval). Het hoogteverschil van circa 15 m tussen het begin- en het eindpunt werd overbrugd door vier sluisen, waarvan die in Tilburg en in Oosterhout waren uitgevoerd als gekoppelde sluis (afb. 106). De gewone sluisen hebben een verval van 2,5 m en de gekoppelde  $2 \times 2,5 = 5$  m. Alle sluisen zijn gebouwd als bajonetsluis; dat wil zeggen dat de sluishoofden ten opzichte van de sluisenkolk verspringen. Hierdoor kan het schip dat als eerste de schutkolk binnenvaart de sluis ook als eerste verlaten. Bij normale schutsluizen met een verbrede kolk verlaat juist het laatst binnengekomen schip als eerste de sluis.

Omdat het kanaal tevens als afwateringskanaal moest dienen, werd parallel aan elke schutsluis een overlaat met stuw gebouwd. In regenrijke perioden kon het overtollige water daarlangs worden afgevoerd.





106. Gekoppelde bajonetsluis in het Wilhelminakanaal te Tilburg.



107. De grote of Oostersluis met roldeuren in het kanaal door Zuid-Beveland te Hansweerd.

## 2.6. Het Interbellum

De periode tussen de Eerste en de Tweede Wereldoorlog is voor de waterbouwkunde een belangrijke tijd geweest. Evenals daarvoor werden ook nu weer een groot aantal kanalen aangelegd. In de schutsluizen werden naast de traditionele puntdeuren vaak moderne afsluitmiddelen toegepast, zoals roldeuren en hefdeuren. In IJmuiden kwam de grootste schutsluis ter wereld gereed. Andere belangrijke werken uit deze periode zijn de Maaskanalisation en de afsluiting en de gedeeltelijke inpoldering van de Zuiderzee. Dit laatste werk is na de Tweede Wereldoorlog voortgezet.

### Roldeuren in het Kanaal door Zuid-Beveland

Door de toename van de scheepvaart en het groter worden van de schepen, voldeed het Kanaal door Zuid-Beveland steeds minder aan de verplichting met België betreffende een veilige en goede verbinding tussen de Schelde en de Rijn. Daarom besloot het Rijk in 1907 om zowel te Hansweert als in Wemeldinge een derde schutsluis te bouwen<sup>266</sup>.

Tot dan paste men in schutsluizen vrijwel uitsluitend puntdeuren toe. Het manoeuvreren met twee stel ebdeuren en twee stel vloeddeuren op momenten dat het buitenwater op vrijwel gelijke hoogte met het kanaalpeil stond, werd echter als lastig ervaren. Daarom zocht men naar een alternatief afsluitmiddel.

Ondertussen was de roldeur in het buitenland diverse malen met succes toegepast. Rijkswaterstaat zond daarom de ingenieurs A.E. Kempees en J.A. Ringers op studiereis om de toepassing van roldeuren in de praktijk te bezien<sup>267</sup>. Dit onderzoek had tot gevolg, dat Ringers een schutsluis ontwierp met elektrisch bediende roldeuren<sup>268</sup>. Naar dit ontwerp werd van 1912 tot 1916 de schutsluis te Hansweerd gebouwd (afb. 107). Daarna werd begonnen met de sluis in Wemeldinge, die in 1925 gereed kwam.

### Roldeuren in Groningen

Kempees en Ringers hadden in Hamburg roldeuren gezien met een hooggelegen rolbaan, dat wil zeggen dat de deuren met loopwielen aan een rail hingen<sup>269</sup>. Wanneer schepen de sluis binnen of uit wilden varen, werd het raildeel boven het sluishoofd weggedraaid of weggeschoven. Werd over het sluishoofd een beweegbare brug gebouwd, dan maakte men de rail aan de brug vast. Roldeuren met hooggelegen rijbaan werden gedurende het Interbellum veel toegepast in Groningen<sup>270</sup>.

In 1905 nam de stad Groningen een bestek aan tot verbetering van de Stadskanalen<sup>271</sup>. Als gevolg van de groei van de landbouw in de veengebieden en de daarmee verbonden aardappelmeel- en strokartonindustrie was de scheepvaart sterk toegenomen, zodat de behoefte ontstond aan grotere schutsluizen. De nieuwe sluisen werden uitgevoerd als bajonetsluis; een sluisstype dat erg geschikt is voor roldeuren, met name in het benedenhoofd. De deur schuift daarbij tussen de frontmuur naast de sluisdoorgang en een eenvoudig remmingwerk, zodat een dure deurkas achterwege kan blijven. Als eerste kreeg in 1917 de nieuwe sluis te Musselkanaal (Vijfde Verlaat) een houten roldeur in het benedenhoofd (afb. 108). Het Zes-



108. Schutsluis met roldeuren in het Vijfde Verlaat te Musselkanaal.



de of Ter-Apelerverlaat te Jispingboermussel, dat in 1925 gereed kwam, kreeg in beide sluishoofden een roldeur van hout.

Ook de scheepvaartroute van Groningen naar het westen was sterk verouderd. Daarom besloot men in 1918 deze vaarweg te verbeteren en gedeeltelijk een nieuw kanaal te graven<sup>272</sup>. Het nieuwe Van Starckenborghkanaal was in 1937 geheel voltooid. In 1924 kwam de nieuwe schutsluis bij Gaarkeuken gereed. Deze schutsluis met tussenhoofd kreeg drie stalen roldeuren. Het boven- en benedenhoofd had een doorvaartbreedte van 10 m en het tussenhoofd 12 m. De Driewegsluis in Groningen uit 1936 kreeg een drietal houten roldeuren (afb. 109). Een driewegsluis is een schutsluis met drie ingangen en vormt daarmee de verbinding tussen evenveel vaarwegen (of kanaalpenden).

### Driewegsluis in de Linde

In 1928 werd ook een driewegsluis gebouwd in het riviertje de Linde op de grens tussen Friesland en Overijssel. De Linde zorgde al tientallen jaren voor grote overlast en in 1918 besloot men verbeteringen aan te brengen<sup>273</sup>. Plaatselijk werden scherpe bochten afgesneden, terwijl op de T-kruising met de Jonkers- of Helomavaart de Driewegsluis werd gebouwd (afb. 110). Het overtollige water uit het bovenpand van de Linde werd via een stuw met Stoney-schuif op de Helomavaart geloosd.

In de schutsluis werden als afsluitmiddelen puntdeuren toegepast. Bij een driewegsluis moet minstens één sluishoofd naar twee zijden kunnen keren, en wel het sluishoofd dat de sluis verbindt met de vaarweg met de middelste waterstand. De sluis in de Linde kreeg aanvankelijk dan ook vier stel puntdeuren, waarvan twee stel in het sluishoofd naar de Helomavaart. Eén stel daarvan fungeerde als stormdeuren en bezat een grotere hoogte. Deze moesten bij hoogwater en storm het opgestuwde water vanuit de Zuiderzee tegenhouden. De noordelijke dijk langs de Linde sloot aan op het sluishoofd naar de Helomavaart. Bij hoogwater kwam de schutkolk dus onder water te staan.

De beide sluishoofden in de Linde kregen bij de bouw alleen een stel ebdeuren. Reeds spoedig bleek dat bij een sterke westelijke wind het water al gauw zodanig werd opgestuwd, dat men niet meer kon schutten. Daarom werd het benedenstroomse sluishoofd alsnog van een stel vloeddeuren voorzien. Na de afsluiting van de Zuiderzee konden deze vloeddeuren weer worden verwijderd. Tevens werd de hoogte van het sluishoofd naar de Helomavaart verkleind en de dijken langs de Linde verlaagd.

### Roldeuren in West-Friesland

Roldeuren met hooggelegen rijbaan zijn ook veel toegepast in West-Friesland<sup>274</sup>. In dat deel van Noord-Holland was de tuinbouw tot grote bloei gekomen. De tuinders brachten hun produkten met relatief kleine schuiten naar de veiling, vanwaar verder transport per spoor plaatsvond. Dit vervoer was echter relatief duur.

Een in 1919 ingestelde commissie liet ir. Ringers een onderzoek verrichten naar goedkopere vervoersmogelijkheden. Hij ontwierp een nieuw kanalenstelsel, waarlangs grotere schepen de produkten naar de overslaghavens te Hoorn en Broekerhaven konden brengen. Ringers voorzag de sluisen van stalen roldeuren, hangend aan een brug of een portaal over het sluishoofd. Dergelijke sluisen zijn gebouwd te Noord-Scharwoude en te Broek op Langedijk (afb. 111).



109. De Driewegsluis in het Damsterdiep te Groningen.



110. De Driewegsluis in de Linde ter plaatse van de kruising met de Helomavaart.



111. Sluis met roldeuren te Broek op Langedijk.





112. De geëlektrificeerde overtoom in de Boerenwetering bij de Wielingestraat te Amsterdam uit 1927.

### Mechanisch aangedreven overtomen

Voor het vervoer van kleine schepen met tuinbouwproducten maakte men voor 1940 vaak nog gebruik van overtomen. Een overtoom was niet alleen goedkoper, maar werkte vaak ook sneller dan een schutsluis. Rond de eeuwwisseling nam het aantal groenteschepen fors toe, mede door de toename van de bevolking. Bestaande overtomen raakten daardoor overbelast, terwijl de bediening de nodige spierkracht vereiste. Om het overhalen vlotter te laten verlopen, werd een aantal overtomen gemechaniseerd, zoals die te Broekerhaven waar rond 1900 een stoommachine de overtoom bediende<sup>275</sup>.

Nadat aan het eind van de 19de eeuw de elektriciteit haar intrede had gedaan, werd ook deze energiebron voor het aandrijven van de windas van overtomen gebruikt. De overtoom in de Boerenwetering te Amsterdam kreeg aan het begin van de 20ste eeuw een elektrische aandrijving. De beide vlakken van de overhaal waren voorzien voorzien van rollen.

Het Amsterdamse bedrijf Schippers Hijschtoestellen ontwikkelde een systeem waarbij een wagentje met daarop het over te halen schip met behulp van een elektromotor over de overtoom werd getrokken<sup>276</sup>. Dit systeem werd in 1927 geïnstalleerd op de overtoom in de Boerenwetering bij de Wielingestraat te Amsterdam (afb. 112). Daarvoor was het al toegepast in Avenhorn, Bovenkarspel en in het West-Friese Heer Hugowaard.

### Scheepsliften in Amsterdam en Broekerhaven

Ook bij de overtomen aan de Slotervaart en de Drie Baarsjes in Amsterdam trad aan het eind van de 19de eeuw een sterke toename op van het aantal scheepspassages. De beide overtomen konden het aanbod niet meer verwerken, zodat de tuinders al middernacht op pad moesten om op tijd op de groenteveiling te zijn<sup>277</sup>. Deze toestand werd langzamerhand onhoudbaar. De tuinders vroegen om een derde overtoom, die door de stoomma-

chine van het gemaal Kostverloren zou kunnen worden aangedreven.

Men koos echter voor een voor Nederland geheel nieuw type overhaal: de scheepslift. In het buitenland, bijvoorbeeld in het Belgische Canal du Centre, zijn diverse grote scheepsliften gebouwd. In Nederland was daar niet zo'n behoefte aan, omdat het verval hier lang niet zo groot is. De nieuwe, elektrisch aangedreven scheepslift werd bij de Postjeswetering gebouwd en in 1916 in gebruik genomen, waarna de beide overtomen werden ontmanteld<sup>278</sup>. De twee te verbinden waterwegen eindigden elk in een fuik, gescheiden door een betonnen wand. Dwars over deze fuiken stond een stalen portaal waaraan de lift hing. Voordat een schip kon worden overgehaald, moest eerst de lift op de bodem van de fuik worden neergelaten, waarna het schip de fuik kon binnenvaren. De lift werd vervolgens met schip en al omhoog gehesen, over de scheidingswand bewogen en ten slotte in de naastgelegen fuik neergelaten. Het schip kon daarop zijn weg vervolgen.

In 1925 werd in Broekerhaven in West-Friesland eveneens een elektrische overhaal gebouwd ter vervanging van de eerder genoemde door stoom aangedreven overtoom (afb. 113)<sup>279</sup>. Ook deze scheepslift werd voornamelijk gebruikt voor de overhaal van groenteschepen en komt grotendeels overeen met de lift in Amsterdam. De tuinders konden via de overhaal in de binnen- en buitenhaven komen om hun goederen over te laden op grote schepen. Deze vervoerden op hun beurt de producten over de Zuiderzee naar de grote steden.

Al enkele jaren na de in gebruikstelling van de scheepsliften werd steeds duidelijker de concurrentie ervaren van de vrachtauto. De groenteschepen moesten hiervoor wijken, waarmee ook het lot van de overhalen was beslist. Een enkele overleefde nog de Tweede Wereldoorlog, maar moest spoedig daarna toch verdwijnen. Van de vele overtomen zijn er nog twee aanwezig, zij het reeds lang buiten gebruik en niet in werkzame staat. De ene bevindt zich in het Noordhollandse Venhuizen en de andere bij de Blauwe Molen in Rijkswetering<sup>280</sup>. De scheepslift te Broekerhaven is in 1993 gerestaureerd.



113. De scheepslift te Broekerhaven bij Enkhuizen.



## Noordersluis te IJmuiden

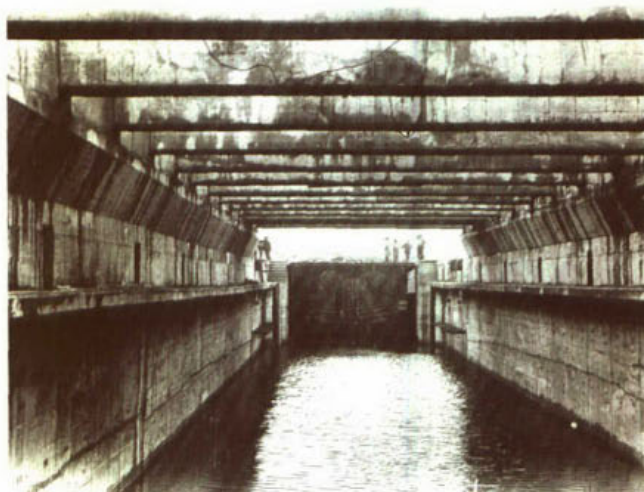
De politieke strijd in 1889 voor een dieper gelegen drempel in de IJmuidense sluis was niet overbodig geweest. Al spoedig bleek dat zelfs deze sluis door de groeiende scheepvaart en de almaar toenemende afmetingen van de schepen te klein werd<sup>281</sup>. Zonder maatregelen zou de concurrentiepositie van Amsterdam ernstig worden verzwakt. Een commissie van onderzoek kwam in 1911 met een rapport dat de noodzaak aantoonde van de spoedige aanleg van een grotere sluis<sup>282</sup>. Zij stelde voor deze ten noorden van de bestaande grote sluis te bouwen, met een drempeldiepte van 14 m beneden NAP, een lengte van 360 m en een breedte van 40 m.

Hoewel het uitbreken van de Eerste Wereldoorlog de besluitvorming vertraagde, werd in 1917 besloten tot de bouw van de sluis<sup>283</sup>. De toenmalige minister, wijs geworden door het verleden, stelde een drempeldiepte vast van 15 m beneden NAP, om te voorkomen dat ook deze sluis spoedig te klein zou worden. De lengte werd om dezelfde reden bepaald op 400 m en de breedte op 50 m<sup>284</sup>. De nieuwe sluis werd daarmee de grootste schutsluis ter wereld (afb. 114). Als afsluitmiddel koos men voor roldeuren: twee in het buitenhoofd en één in het binnenhoofd (afb. 115).

Ter voorbereiding maakten een viertal ingenieurs, waaronder Ringers en J.P. Josephus Jitta, een studiereis naar het buitenland<sup>285</sup>. In 1921 bezochten zij een aantal sluisen met roldeuren in Duitsland, terwijl in Frankrijk enkele werken werden bekeken waar de caissonbouw werd toegepast. Het aanvankelijk plan was de sluis 'in den natte' te bouwen volgens de caissonmethode. Men verwachtte namelijk nadelige gevolgen van het droogmaken van de bouwput, onder meer voor de begroeiing in de omgeving. Na onderzoek bleken de problemen mee te vallen en werd alsnog besloten tot aanleg 'in den droge'<sup>286</sup>.



114. De Noordersluis te IJmuiden.



115. Deurkas van de Noordersluis te IJmuiden met op de achtergrond de roldeur.



116. Aankomst van een stalen roldeur te IJmuiden.

Nadat de bouwput was gegraven, startte de bouw van de sluis in 1923. Burgerhout's Machinefabriek en Scheepswerf bouwde de roldeuren in een gemeentedok te Rotterdam<sup>287</sup>. De enorme deuren hebben een lengte van 53,5 m, een breedte van 7,3 m en zijn 20 m hoog. De eerste deur kwam in 1927 gereed en werd in horizontale stand door drie sleepboten van Rotterdam over zee naar IJmuiden gesleept (afb. 116). In 1930 opende koningin Wilhelmina de nieuwe Noordersluis voor het scheepvaartverkeer<sup>288</sup>.

## Schipdeur te Vlissingen

Naast de roldeuren was ook de rond 1800 ontwikkelde schipdeur een geschikt afsluitmiddel voor sluisen met een grote breedte. Doordat het openen en sluiten hiervan nogal omslachtig was en veel tijd vergde, werd de schipdeur nauwelijks toegepast. Alleen voor sluisen die slechts enkele keren per jaar behoefden te worden geopend, was deze deur een redelijk en relatief goedkoop alternatief. In 1927 werd besloten in Vlissingen naast de bestaande schutsluisen een 35 m brede keersluis te bouwen ten behoeve van de scheepswerf De Schelde<sup>289</sup>. Deze keersluis kreeg behalve een stel vloed- en een stel ebdeuren ook een stalen schipdeur (afb. 117). De sluis werd in 1930 onder grote belangstelling geopend<sup>290</sup>.





117. De keersluis te Vlissingen met schipdeur (op de voorgrond) en eb- enloeddeuren.

### Maaskanalisisatie

Ondanks de scheiding van de Maas en de Waal bleef de Maas, in tegenstelling tot bijvoorbeeld de Rijn, een slecht bevaarbare rivier. De Rijn is een gemengde rivier, die zowel door regenwater als door smeltwater van gletschers wordt gevoed en heeft daardoor een relatief gelijkmatige afvoer. Bij de regenrivier de Maas daarentegen is de grootste afvoer wel 150 maal zo groot dan de kleinste afvoer<sup>291</sup>. In droge perioden stond deze rivier bijna droog, terwijl in regenrijke perioden de stroomsnelheid zo groot was dat scheepvaart onmogelijk werd.

Lange tijd was men niet in staat hierin verandering te brengen. Er werd volstaan met een alternatieve route: de tussen Maastricht en 's-Hertogenbosch gegraven Zuid-Willemsvaart. Met het toenemen van de scheepvaart en het groter worden van de binnenschepen voldeed de Zuid-Willemsvaart steeds minder. Daar kwam nog bij dat na de afscheiding van België in 1830 een deel van de vaarweg op buitenlands grondgebied was komen te liggen. Bovendien deed de sterke ontwikkeling van de mijnbouw in Zuid-Limburg de noodzaak van een goede vaarweg tussen dit gebied en de rest van Nederland nog meer gevoelen<sup>292</sup>.

In het buitenland was in de 19de eeuw de nodige ervaring opgedaan met de kanalisatie van rivieren door de aanleg van stuwen met schutsluizen en de opruiming van hindernissen<sup>293</sup>. In droge perioden werden de stuwen gesloten om het water zoveel mogelijk vast te houden, terwijl bij grote afvoeren de stuw geheel open stond. Gebruik makend van deze buitenlandse ervaringen werden studies verricht naar het bevaarbaar maken van de Maasroute. Het feit dat de Maas gedeeltelijk de grens vormde tussen Nederland en België, vereiste een overeenstemming tussen beide landen. België wilde alleen meewerken als Nederland instemde met de aanleg van een kanaal van Antwerpen naar de Rijn. Door het uitbreken van de Eerste Wereldoorlog liepen de onderhandelingen verdere vertraging op, waarop Nederland alvast besloot een begin te maken met de kanalisatie van de

Maas boven Maasbracht. Het parlement nam daartoe in 1915 een wetsontwerp aan<sup>294</sup>.

Tussen Maasbracht en Grave werden van 1920 tot 1930 vijf stuwen gebouwd en wel bij Linne (afb. 118), Roermond, Belfeld (afb. 119), Sambeek (of Afferden) en Grave. Parallel aan elke stuw kwam tevens een schutsluis te liggen. Bovendien werd een aantal bochten in het zomerbed van de rivier afgesneden<sup>295</sup>.

De stuwen, met uitzondering van die bij Grave, bestaan uit twee of drie afvoeropeningen met Stoney-schuiven en een scheepvaartopening. Elke afvoeropening bezit twee schuiven achter elkaar, die onafhankelijk van elkaar kunnen bewegen. In de scheepvaartopening zijn stalen jukken geplaatst waartegen eveneens stalen schuiven steunen. Als er voldoende water door de Maas stroomt, kunnen de schepen door deze opening varen in plaats van door de schutsluis. Na het wegnemen van de schuiven worden de jukken op de bodem neergelaten.

De stuw bij Grave, die het meest stroomafwaarts lag, kreeg een ander type beweegbare stuw. Over deze stuw werd een verkeersbrug gebouwd, waaraan stalen jukken werden gehangen (afb. 120)<sup>296</sup>. Deze haken met de onderkant achter een drempel en ondersteunen elk een drietal wielschuiven, die met behulp van een wagentje worden geheven en neergelaten. Bij voldoende water worden de schuiven omhoog gehesen en de jukken over de drem-



118. De stuw in de Maas bij Linne, gezien van de bovenstroomse zijde; links de scheepvaartopening, rechts de drie afvoeropeningen.



119. De stuw in de Maas bij Belfeld, gezien van de benedenstroomse zijde; links de scheepvaartopening, rechts de twee afvoeropeningen.





120. De stuw met verkeersbrug in de Maas bij Grave.

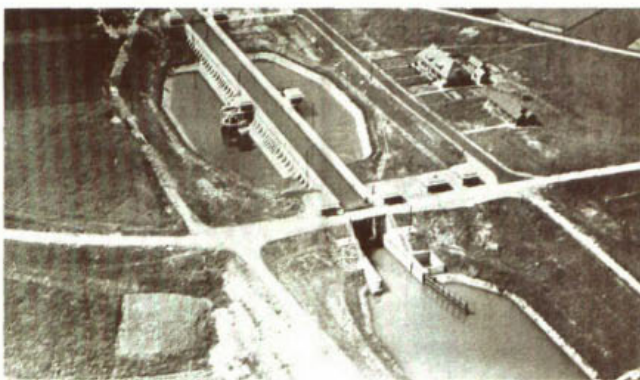
pel getild, waarna deze laatste enigszins met de stroom worden meegevoerd. Zij kunnen vervolgens tegen de onderzijde van de brug worden gedraaid, waarna de schepen door de stuw kunnen varen.

### Schutsluis met spaarkommen bij Panheel

Aan de Maaskanalisation was tevens de bouw van een tweetal kanalen verbonden: het Maas-Waalkanaal en het Kanaal Wessem-Nederweert. Het laatstgenoemde kanaal had tot doel een korte scheepvaartroute te krijgen tussen de Zuid-Limburgse steenkoolvelden en de industriegebieden in Noord-Brabant. Het kanaal verbindt de Maas bij Wessem met de Zuid-Willemsvaart bij de splitsing met de Noordervaart bij Nederweert<sup>297</sup>.

Bij Panheel werd in 1927 een schutsluis gebouwd met drie spaarkommen: aan beide zijden van de sluis één en de derde onder het bovensluishoofd en in de sluiswanden (afb. 121). Deze spaarkommen beperken het schutverlies, doordat bij het ledigen van de kolk eerst water wordt afgelaten op de spaarkommen. Dit afgelaten water wordt daarna gebruikt voor het vullen van de kolk.

Bij de uitmonding in de Zuid-Willemsvaart bij Nederweert moesten de bestaande sluisen 14 en 15 worden vervangen door één nieuwe sluis 15, die werd uitgevoerd als bajonetsluis. Door het verdwijnen van sluis 14 was men genoodzaakt ook tussen de Zuid-Willemsvaart en de Noordervaart een schutsluis te bouwen. Deze sluis kreeg een groene kolk.



121. Sluis met spaarkommen in het Kanaal Wessem-Nederweert bij Panheel in 1928.



122. Keer-schutsluis in het Maas-Waalkanaal te Heumen.

### Schutsluizen met tussenhoofd in het Maas-Waalkanaal

Het Maas-Waalkanaal voorzag in een veel kortere en betere verbinding tussen Limburg en het noorden en oosten van ons land<sup>298</sup>. Zowel bij Heumen aan de Maas als bij Nijmegen (of Weurt) aan de Waal werd een schutsluis gebouwd, beide werden uitgevoerd als gestrekte schutsluis met tussenhoofd. De Heumense sluis werd alleen gesloten als het Maaswater te hoog stond (afb. 122). Een enkele kering met puntdeuren in elk sluishoofd was hier dus in principe voldoende. Het tussenhoofd kreeg ook een stel 'ebdeuren', die moesten voorkomen dat het kanaal leegliep als de stuw bij Grave het begaf.

De sluis bij Nijmegen is vrijwel altijd in werking. Alleen als de waterstand in de Waal en de Maas gelijk zijn, kan men de sluis openzetten. Omdat de waterstand in de Waal zowel hoger als lager kan zijn dan die in de (opgestuwde) Maas, moet de sluis naar twee zijden keren. In tegenstelling tot de sluis bij Heumen, is hier dan ook voor roldeuren gekozen die eenvoudiger zijn te bedienen dan een dubbel stel puntdeuren<sup>299</sup>.

### Stuw te Borgharen

Ook na de Eerste Wereldoorlog bleven de onderhandelingen met België over de kanalisatie van de Maas tussen Maastricht en Maasbracht zonder resultaat. Daarom besloot de Nederlandse overheid tot de aanleg van het Julianakanaal<sup>300</sup>. Het gedeelte van de Maas bij Maastricht werd wel gekanaliseerd, terwijl een nieuwe verbinding met de Zuid-Willemsvaart en het Kanaal Luik-Maastricht tot stand kwam.

Om een voldoende vaardiepte in het Maasdeel bij Maastricht te krijgen, werd in 1925 bij Borgharen begonnen met de bouw van een stuw annex schutsluis<sup>301</sup>. Men voorzag de stuw van drie afvoeropeningen en één scheepvaartopening (afb. 123). De 30 m brede scheepvaartopening kreeg een enkele wielschuij en elke afvoeropening een enkele wielschuij met aan de bovenzijde een verstelbare klep. Door de toepassing van verstelbare kleppen



kan zowel water over als onder de schuif worden doorgelaten en is het stuwpeil nauwkeurig te handhaven. Het stuwcomplex dat in 1929 gereed kwam, werd tevens voorzien van een vistrap.

### Roldeuren in Sint Pieter

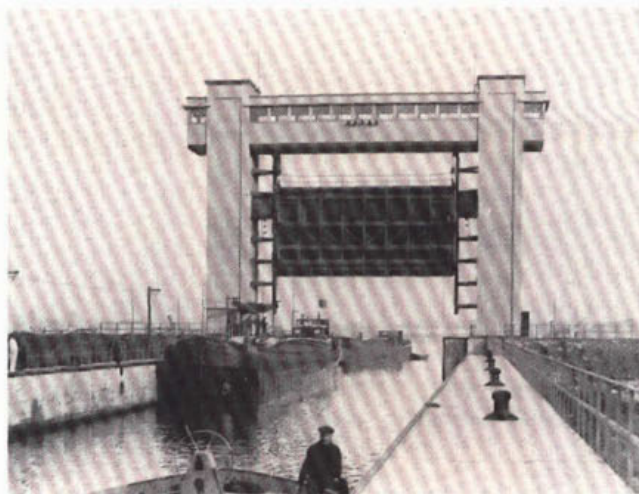
In het verbindingskanaal tussen de Maas en het kanaal naar Luik werd te Sint Pieter bij Maastricht een schutsluis gebouwd met een bijzonder type roldeur (afb. 124)<sup>302</sup>. Over beide sluishoofden plaatste men een hoge vaste brug, waaronder een rail was gemonteerd. De roldeuren waren voorzien van een drietal opzetstukken met geleidewielen. Grote luchtkisten in de deur zorgden ervoor dat de geleidingswielen tegen de rail werden gedrukt. In geval de luchtkisten lek zouden worden, voorzagen men de deuren aan de onderzijde van noodwielen. Normaliter hadden de deuren aan de onderzijde een speling van ongeveer 25 mm. De sluis kwam in 1929 gereed.



123. De stuw in de Maas bij Borgharen.



124. De schutsluis te Sint Pieter bij Maastricht in het Kanaal van Luik naar Maastricht tijdens de bouw in circa 1928.



125. De schutsluis met hefdeuren in het Bosscheveld te Maastricht, kort na de bouw in 1931.

### Stop van Ternaaien

Met de bouw van de sluis te Sint Pieter was de eerste stap gezet voor een goede verbinding met het Luikse industriegebied. België zag hierin echter een ernstige bedreiging voor de scheepvaart tussen Luik en Antwerpen en besloot daarom tussen deze plaatsen het Albertkanaal te graven<sup>303</sup>. In het bestaande kanaal tussen Luik en Maastricht werd met opzet slechts een kleine schutsluis aangelegd, de 'Stop van Ternaaien', waardoor alleen kleine schepen vanuit Luik van de verbeterde Maasroute gebruik konden maken<sup>304</sup>.

### Hefdeuren in het Bossche Veld

In de nieuwe verbinding van de Zuid-Willemsvaart met de Maas door het Bossche Veld bij Maastricht werd een schutsluis met hefdeuren gebouwd (afb. 125). Dit was de eerste toepassing in Nederland van dit deurtype in een moderne schutsluis<sup>305</sup>. De ongeveer 20 m hoge heftorens domineerden het landschap en moesten daarom voldoen aan bepaalde esthetische eisen. De torens, met verbindingsbrug, werden ontworpen door de bouwkundige ingenieur O. Reich. In 1931 werd de sluis in gebruik genomen.

### Julianakanaal

In het Julianakanaal, tussen Maastricht en Maasbracht, werden vier schutsluizen gebouwd en wel bij Limmel, bij Born, bij Roosteren en bij Maasbracht<sup>306</sup>. Het kanaal kwam in 1934 gereed, waarmee een belangrijke scheepvaartverbinding tussen Zuid-Limburg en de rest van Nederland tot stand was gekomen.

De sluisen bij Born en Limmel kregen hefdeuren, waarbij de eerstgenoemde sluis werd uitgevoerd als schachtsluis



(afb. 126)<sup>307</sup>. Deze moest in één keer een waterhoogte keren van 11,35 m en werd daarmee de sluis met het grootste verval in Nederland.

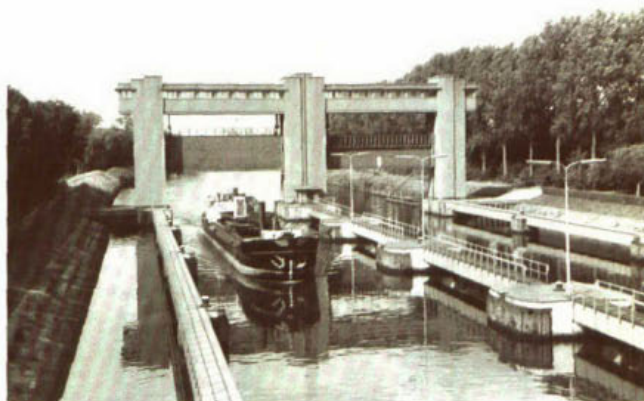
De bovenstrooms hiervan gelegen sluis te Limmel staat bijna het gehele jaar open en wordt alleen bij zeer grote Maasafvoeren gesloten<sup>308</sup>. In geopende stand mag de scheepvaart in beide richtingen geen hinder van elkaar ondervinden, zodat is gekozen voor een dubbele sluis (afb. 127). Beide kolken staan echter met elkaar in open verbinding, slechts gescheiden door een rij meerstoelen, die onderling zijn verbonden door een voetbrug. Daarom kan slechts naar één richting worden gesloten. Door voor elke vaarrichting één kolk te gebruiken, kunnen de stroomopwaarts varende schepen gelijktijdig de sluis binnenvaren als de stroomafwaarts gaande schepen deze verlaten.

### Klepdeuren

Evenals bij de vorige sluisen werd ook bij de schutsluisen te Maasbracht (afb. 128) en het iets zuidelijker gelegen Roosteren een oud type afsluitmiddel opnieuw toegepast<sup>309</sup>. De bovensluishoofden van die beide sluisen behoefden slechts 4 m water te keren bij een sluisbreedte



126. Schachtsluis in het Julianakanaal bij Born.



127. De dubbele keer-schutsluis bij Limmel.



128. De schutsluis te Maasbracht tijdens de bouw rond 1928; op de achtergrond het bovensluishoofd waarin de klepdeur moet worden geplaatst.

van 14 m. Puntdeuren zouden bij deze verhouding een ongunstige vorm krijgen, zodat men koos voor stalen klepdeuren die draaien om een horizontale as op de bodem. Bij het openen werden de deuren in de richting van het bovenpand neergelaten in een deurkas die in de bodem was uitgespaard. Grote luchtkisten zorgden ervoor dat de deuren door de opwaartse kracht bijna geheel werden opgeheven. In de benedenhoofden waren wel stalen puntdeuren toegepast, omdat daar de hoogte-breedte-verhouding veel gunstiger was.

Rond 1970 werden beide sluisen vervangen door één drielingssluis (sluis met drie schutkolken) bij Maasbracht. Deze sluis heeft een verval van 12,25 m, bijna een meter meer dan de sluis te Born.

### Parksluisen

Aan het eind van de jaren twintig besloot Rotterdam in de Spaanse Polder langs de Delfshavensche Schie een nieuw industriegebied aan te leggen<sup>310</sup>. De oude sluis, de Aelbrechtskolk te Delfshaven, was sterk verouderd. Daarom werd tussen Rotterdam en Delfshaven een nieuwe verbinding tussen de Schie en de Nieuwe Maas tot stand gebracht door het graven van de Coolhaven en de Parkhaven.

De verbinding tussen de beide havens wordt gevormd door de Parksluisen, een dubbele sluis met twee naast elkaar gelegen ongelijke schutkolken. De Parksluisen kwamen in 1933 gereed, waarmee ook Delft en Den Haag bereikbaar werden voor grote schepen. Het sluiscomplex werd aangelegd naar een ontwerp van ir. C. Franx met medewerking van de architect B. van de Lecq. In de grootste van de beide Parksluisen, die schepen tot 2000 ton moest kunnen schutten, werden roldeuren toegepast.

### Segmentdeuren

De kleine Parksluis kreeg een voor Nederland geheel nieuw type afsluitmiddel, namelijk een segmentdeur (afb. 129)<sup>311</sup>. Segmentschuiven in riolen waren al eerder toegepast, onder meer in 1925 in de nieuwe schutsluis 15 in





129. De Kleine Parksluis met segmentdeuren te Rotterdam.

de Zuid-Willemsvaart bij Nederweert<sup>312</sup>. Het afsluitmiddel bestaat uit een cilindervormige deur, die in open stand horizontaal over de sluisdoorgang staat, zodat de schepen er onderdoor kunnen varen. De segmentdeur is een Duitse vinding, waaraan met name de hoogleraar Krey van het waterbouwkundig laboratorium in Berlijn heeft bijgedragen<sup>313</sup>.

Voor dit afsluittype was gekozen om esthetische redenen. Roldeuren, zoals die in de naastgelegen grote sluis, waren door de geringe breedte niet economisch, terwijl ook klepdeuren werden afgewezen. Puntdeuren betekenden een onnodige verlenging van de sluis, omdat hier zowel eb- als vloeddeuren nodig waren, terwijl ook de bediening veel moeilijker was. Hefdeuren ten slotte kwamen niet in aanmerking omdat de benodigde hoge heftorens als te dominerend werden ervaren. Bij segmentdeuren waren deze bezwaren niet aanwezig.

### Maasverbetering en -kanalisatie beneden Grave

Als gevolg van de eerder genoemde kanalisatie van de Maas was deze rivier boven Grave beheersbaar geworden, maar benedenstrooms daarvan bleven de problemen bestaan. Hoewel de overlast minder was geworden na de scheiding van de Maas en de Waal, trad bij extreme afvoeren nog steeds de Beerse overlaat in werking. Het water stroomde door de Beerse Maas langs 's-Hertogenbosch, waarbij vele landerijen overstromden (zie afb. 51).

Toen in 1926 ook het Land van Maas en Waal onder water kwam te staan, besloot men de rivier benedenstrooms van Grave eveneens te verbeteren<sup>314</sup>. De scherpste bochten werden afgesneden en bij Lith werd een stuw gebouwd (afb. 130). Met de bouw hiervan werd in 1934 begonnen en twee jaar later was dit kunstwerk gereed<sup>315</sup>. De stuw bevat twee afvoeropeningen en een scheepvaartopening van gelijke breedte. Elke opening wordt afgesloten door een grote wielschuif, met aan de bovenzijde een scharnierende klep<sup>316</sup>.

De oude sluis bij St. Andries, die een groot deel van het jaar door de hoge ligging van de drempels onbruikbaar

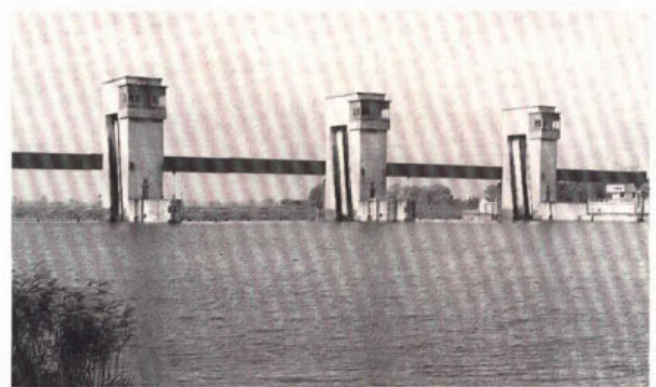
was, werd eveneens vernieuwd<sup>317</sup>. In de nieuwe sluis werden hefdeuren toegepast, bestaande uit twee boven elkaar geplaatste delen die scharnierend met elkaar zijn verbonden (afb. 131).

Na al deze verbeteringen kon eindelijk de Beerse overlaat worden gedicht, zodat de jaarlijkse overstromingen rond 's-Hertogenbosch tot het verleden behoorden. Het duurde echter nog tot 1942 voordat ook dit werk gereed kwam.

### Twenthekanalen

De sterke groei van de textielindustrie in Twente vanaf de tweede helft van de 19de eeuw, deed steeds meer de behoefte gevoelen om een goede scheepvaartverbinding te krijgen tussen de grote Twentse industriesteden Enschede en Hengelo en de Rijn. De Overijsselsche Kanalen hadden slechts een verbinding gekregen met Almelo, omdat de andere steden niet of onvoldoende wilden mee betalen<sup>318</sup>.

De omstandigheden waren ondertussen veranderd, hetgeen leidde tot diverse plannen voor een scheepvaartverbinding tussen Twente en de rest van het land. In 1917 kwam een door de regering ingestelde commissie met een



130. De stuw in de Maas bij Lith.



131. De schutsluis met hefdeuren bij St. Andries in de verbinding tussen de Waal en de Maas.



rapport<sup>319</sup>. Omdat de IJssel als scheepvaartweg minder geschikt werd geacht, oordeelde de commissie dat een kanaal tussen Twente en de Boven-Rijn bij Lobith het meest in aanmerking kwam. Met dit kanaal zou tevens een korte verbinding met de Limburgse steenkoolvelden tot stand komen. Alleen voor de scheepvaart met Amsterdam en de Zaanstreek zou een verbinding via de bestaande Overijsselsche Kanalen over Zwolle korter zijn. In 1919 werd besloten tot de aanleg van het kanaal tussen de Boven-Rijn en Enschede volgens het traject dat de commissie had aanbevolen<sup>320</sup>. Daarbij werd ook een aantal zijtakken vastgesteld: het kanaal zou bij Eefde een verbinding met de IJssel krijgen, terwijl Almelo, Borne (via Hengelo) en Oldenzaal elk via een zijtak met het hoofdkanaal zouden worden verbonden. Omdat nog twijfel bestond over de rentabiliteit van het kanaal, werd eerst een onderzoek gedaan. Op grond daarvan besloot men in 1928 van het hoofdkanaal voorlopig alleen het deel tussen Enschede en Almelo aan te leggen en vandaar de aansluiting naar de IJssel bij Eefde.

Het gedeelte tussen Almelo en Lobith is er nooit gekomen, terwijl van de drie voorgestelde zijtakken in Twente alleen die naar Almelo is gerealiseerd. Deze tak werd na de Tweede Wereldoorlog bij Almelo verbonden met de Overijsselsche Kanalen. Het kanaal tussen Eefde en En-



132. De schutsluis in het Twenthekanaal te Delden.



133. Het benedenhoofd van de schutsluis in het Twenthekanaal te Hengelo.

schede, dat in de crisisjaren werd aangelegd, kwam in 1935 gereed. Een groot gedeelte werd in het kader van de werkverschaffing voor werkloze arbeiders uit de Twentse industrieën met de schop gegraven<sup>321</sup>.

Voordat men met de bouw van de schutsluizen begon, zijn uitvoerige modelproeven verricht. Hiervoor werd het pas opgerichte Waterbouwkundig Laboratorium te Delft ingeschakeld.

Nog in 1930, toen juist een begin was gemaakt met de werkzaamheden, werd via ingezonden stukken in de pers bezwaar gemaakt tegen de 'geldverslindende' aanleg<sup>322</sup>. Met instemming citeerden de tegenstanders de Amerikaanse autofabrikant Ford, die toen juist in Nederland op bezoek was. Hij zag een goede afzetmogelijkheid voor zijn produkt: 'Gooi de waterwegen dicht en maak er autowegen van'.

In het Twenthekanaal werden drie sluizen gebouwd: bij Eefde (nabij Zutphen), bij Delden (afb. 132) en te Hengelo. Alle sluizen hebben een schutlengte van 140 m en zijn 12 m breed. Die bij Eefde en Delden kregen, evenals het bovenhoofd van de sluis te Hengelo, hefdeuren<sup>323</sup>. Alleen bij de schutsluis te Eefde verbond een verbindingsbrug de beide heftoren van elk sluishoofd. Het benedenhoofd van de Hengelose schutsluis kreeg een ander afsluitmiddel, namelijk roldeuren (afb. 133). Omdat de sluis als schachtsluis is uitgevoerd, konden dubbele roldeuren (porte brisée) met bovenliggende rolbaan worden toegepast, zodat een symmetrisch sluishoofd ontstond. Voor de voeding van het kanaal werden naast de sluizen gemalen gebouwd.

Het kanaal zorgde tevens voor een verbetering van de afwatering van Twente en de Achterhoek. Bij de kruising met de Bolsbeek, op de grens tussen Gelderland en Overijssel, werd een aflatwerk gebouwd. Hiermee kon het overtollige water uit dit zijriviertje van de Berkel op het Twenthekanaal worden geloosd<sup>324</sup>.

### Afsluitdijk

Naast de kanalisatie van de Maas, zijn de bouw van de Afsluitdijk en de inpolderingen van de Zuiderzee wel de meest spectaculaire waterbouwkundige werken uit de eerste helft van de 20ste eeuw. In 1848 werd het eerste plan ingediend voor de afsluiting van de Zuiderzee<sup>325</sup>. Dit plan werd in de loop der eeuw door vele andere gevolgd, waaronder voorstellen om ook de Waddenzee geheel of gedeeltelijk af te sluiten. In 1886 werd de Zuiderzeevereniging opgericht, die tot doel had de mogelijkheden van afsluiting te onderzoeken.

De stormvloed van 1916, waarbij rond de Zuiderzee overstromingen plaatsvonden, bracht de ontwikkelingen in een stroomversnelling. Eén van de belangrijkste initiatiefnemers voor de afsluiting en de inpoldering was ingenieur C. Lely. Lely smaakte het genoeg om tijdens zijn ministerschap in 1918 de Zuiderzeewet aangenomen te krijgen. Deze wet bepaalde dat er een afsluitdijk zou worden gebouwd van Den Helder, via het eiland Wieringen, naar Zürich in Friesland. Verder zou een viertal polders



worden aangelegd. Als eerste kon, drie jaar nadat met de aanleg van de dijken was begonnen, in 1930 de Wieringermeer worden leeggemalen<sup>326</sup>.

Omstreeks 1925 begon men met de aanleg van twee werkeilanden, één bij Den Oever aan de oostkant van Wieringen en één op het Kornwerderzand voor de Friese kust<sup>327</sup>. Bij Den Oever werd één schutsluis met een tussenhoofd gebouwd (afb. 134) en drie grote uitwateringsluizen, elk met vijf kokers (afb. 135). Op het Kornwerderzand kwamen twee schutsluizen en twee grote uitwateringsluizen met elk eveneens vijf kokers. De schutsluis bij Den Oever en één van de schutsluizen op het Kornwerderzand zijn geschikt voor het schutten van een 2000-tonns aak met sleepboot. De 142 m lange luizen hebben een breedte van 14 m.

De kokers van de uitwateringsluizen zijn elk 12 m breed. Als afsluitmiddel bezit elke koker een stel vloeddeuren aan de binnenzijde, een buitenschuif en daartussen een extra binnenschuif. De schuiven zijn uitgevoerd als wiel-schuiven, die naar twee zijden water kunnen keren. De vloeddeuren zijn ingericht als wachtdeuren<sup>328</sup>. Deze puntdeuren worden automatisch door het hoge buitenwater gesloten en bij laagwater geopend. Als tijwachter dient een dranggewicht dat op en neer kan bewegen in een koker in de deur, waarbij het gewicht met een ketting is opgehangen aan de bovenkant van de koker. Bij storm worden de beide wielschuiven gesloten en de puntdeuren vastgezet in de deurkassen.

Alle vijftig puntdeuren bestaan uit aan elkaar gelaste Larsen-profielen (stalen profielen speciaal voor damwanden). Het laswerk werd uitgevoerd door de Utrechtse Machinefabriek Frans Smulders. Het is één van de eerste keren dat geheel gelaste sluisdeuren zijn toegepast. De afsluitdijk kwam in 1932 gereed.

### Amsterdam-Rijnkanaal

Nadat Amsterdam via de nieuwe Noordersluis te IJmuiden een uitstekende verbinding met zee had gekregen, richtte de stad haar blik weer naar het achterland. Wilde Amsterdam zich als zeehaven handhaven dan was een goede verbinding met de Rijn noodzakelijk. Het uit 1891 daterende Merwedekanaal voldeed allang niet meer. Al in 1904 moest bij Utrecht een tweede sluis worden gebouwd (afb. 136). Deze sluis kreeg overigens een betonnen vloer en sluiswanden; in die tijd voor Nederland nog een betrekkelijk nieuw materiaal. Het volgende knelpunt was de Koninginnesluis te Vreeswijk. Hier moesten schippers vanwege de drukte soms een dag wachten, voordat ze konden worden gesluisd<sup>329</sup>.

In 1915 werd een commissie benoemd om tot een verbetering van de bestaande verbinding te komen. Twee jaar later verscheen het rapport, maar hierop werden zoveel bezwaren ingediend dat een nieuwe commissie werd ingesteld<sup>330</sup>. Deze onderzocht een veertiental tracés. Eén ervan liep, zoals ook in de 19de eeuw al was voorgesteld, via de Zuiderzee over Amersfoort door de Gelderse Vallei naar de Rijn bij Wageningen.

Na veel strijd over de voor- en nadelen van de verschil-

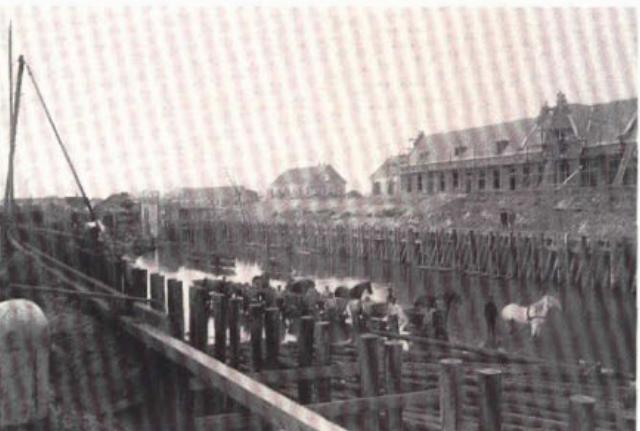
lende alternatieven wilde de minister van Waterstaat in 1928 de knoop doorhakken en besloot voor het tracé door de Gelderse Vallei te kiezen. Tegen dit voornemen werden vele bezwaren ingediend, onder meer door de



134. De schutsluis in de Afsluitdijk bij Den Oever omstreeks 1932.



135. De uitwateringsluizen in de Afsluitdijk bij Den Oever.



136. De tweede schutsluis in het Merwedekanaal te Utrecht tijdens de bouw in 1904.



hoofdingenieur van de Provinciale Waterstaat te Utrecht. Deze stelde voor het tracé Amsterdam-Utrecht-Wijk bij Duurstede te kiezen, waarbij het gehele kanaal als één pand zou worden aangelegd. Dit voorstel kreeg veel bijval, met name van Utrecht, waarop de minister overstag ging.

In 1931 werd een wet aangenomen voor de aanleg van het Amsterdam-Rijnkanaal volgens laatstgenoemd tracé<sup>331</sup>. Het kanaal zou aan de overzijde van de Lek worden doorgetrokken van Ravenswaay naar Tiel. Tevens werd bij Jutphaas (Nieuwegein) een aftakking naar Vreeswijk gegraven, het latere Lekkanaal.

Doordat het kanaalpand tussen Amsterdam en Wijk bij Duurstede overal hetzelfde kanaalpeil kreeg, gelijk aan dat van het Noordzeekanaal, was alleen een schutsluis bij Wijk bij Duurstede nodig en één in de zijtak bij Vreeswijk<sup>332</sup>. Wel moest bij de kruising met de Vaartse Rijn ten zuiden van Utrecht aan weerszijden in de Vaartse Rijn een schutsluis worden gebouwd. De bestaande sluis te Zeeburg bleef gehandhaafd om in bijzondere omstandigheden te kunnen worden gesloten.

De Prinses Irenesluis bij Wijk bij Duurstede en de Prinses Beatrixsluis bij Vreeswijk werden, evenals de Prins Bernhardsluis in Tiel, ontworpen met hefdeuren, voorzien van een afdrukmechanisme. In gesloten stand rusten de deuren via aanslaglijsten tegen de aanslagstijlen in de sluishoofdwanden. Pas als de waterstand aan weerszijden van de deur gelijk is, worden de geleidewielen mechanisch tegen de aanslag gedrukt, waarna de deur omhoog kan worden gehesen. Het vullen en legen van de kolk geschiedt door schuiven in de hefdeuren. In Vreeswijk werd de sluis uitgevoerd als tweelingsluis met twee gescheiden maar gelijke schutkolken (afb. 137). De enkele sluis te Wijk bij Duurstede was met een kolk lengte van 350 m de langste binnenscheepvaartsluis van Europa (afb. 138). Beide sluisen waren in 1938 gereed. Een jaar later werden de nieuwe vaarweg tussen Utrecht en Jutphaas en de zijtak naar Vreeswijk geopend. Het gedeelte naar Wijk bij Duurstede en het Betuwepand tussen Ravenswaay en Tiel konden als gevolg van de Tweede Wereldoorlog pas in 1952 worden opengesteld. De Prinses Marijkesluis tussen Rijswijk en Ravenswaay staat normaliter open. De sluis kreeg twee doorvaartopeningen, namelijk een keerschutsluis en een keersluis, beide voorzien van puntdeuren.

## Plofsluis

Het Amsterdam-Rijnkanaal doorsneed ten zuiden van Utrecht de Nieuwe Hollandse Waterlinie. Zonder maatregelen zou het inundatiewater via het kanaal weglopen. Daarom besloot men in het Amsterdam-Rijnkanaal, vlak na de splitsing met het Lekkanaal, een damsluis te bouwen<sup>333</sup>. Aan de sluis werd de eis gesteld dat deze bij oorlogsgevaar onmiddellijk moest kunnen worden gesloten en dat de kans op doorbraak vrijwel nihil zou zijn.

De keuze viel op een idee van ir. C.L.M. Lambrechtsen van Ritthem, hoofdingenieur van Rijkswaterstaat. Hij stelde voor boven het kanaal een aantal grote silo's van gewapend beton te bouwen en daarin zand en puin op te

slaan (afb. 139). In geval van nood moest de bodem onder de silo's met springstof worden opgeblazen, waarna zich in het kanaal een zand- en puindam vormde. De plofsluis kwam pas gereed in 1940, kort na de Duitse inval in ons land, en heeft daarom nooit dienst hoeven doen.



137. De Prinses Beatrixsluis in het Lekkanaal bij Vreeswijk, uitgevoerd als tweelingsluis.



138. De Prinses Irenesluis in het Amsterdam-Rijnkanaal bij Wijk bij Duurstede, uitgevoerd als schutsluis met tussenhoofd.



139. De plofsluis in het Amsterdam-Rijnkanaal bij de splitsing met het Lekkanaal.



### 3. AFSLUITMIDDELEN

Een sluis kenmerkt zich door een beweegbare waterkering, die geopend en gesloten kan worden. Het meest eenvoudige afsluitmiddel bestaat uit een aantal *schotbalken*, die in de waterweg op elkaar worden gestapeld en op deze wijze het water keren (afb. 140A). Deze waterkering voldoet echter alleen maar in situaties waarbij het afsluitmiddel slechts sporadisch behoeft te worden geopend of gesloten.

Wanneer dit niet het geval is, zijn andere afsluitmiddelen nodig. Hiervan zijn in de loop der tijd verschillende typen ontwikkeld. Deze kunnen onder meer worden onderscheiden naar de wijze van bewegen. Er zijn deuren die een draaiende beweging maken (rotatie), maar ook die alleen horizontaal of verticaal bewegen (translatie).

De roterende afsluitmiddelen, die om een verticale as draaien, vormen verreweg de grootste groep. Hiertoe behoren de enkele draaideur, de puntdeuren, de toldeur, de waaierdeur(en), de kruisende deuren en de gekoppelde deuren.

De *enkele draaideur* bestaat uit een enkele platte deur waarbij de draaias zich aan één der uiteinden bevindt (afb. 140B). *Puntdeuren* bestaan uit twee enkele draaideuren die in gesloten stand met de vrije uiteinden tegen elkaar rusten en zo een stompe hoek vormen (C). Het is het meest toegepaste afsluitmiddel voor scheepvaartsluizen.

De *toldeur* is een enkele draaideur, waarbij de draaias zich niet aan één der uiteinden bevindt, maar iets uit het midden van de deur (D). Toldeuren werden ook vaak toegepast in puntdeuren.

Een *waaierdeur* is opgebouwd uit twee deuren met een gemeenschappelijke draaias, die onderling stijf aan elkaar zijn verbonden (E). Dit deurtypen heeft dus twee waterkerende vlakken. Zij komt vrijwel uitsluitend als dubbele waaierdeur voor. De enkele waaierdeur is nauwelijks toegepast.

*Kruisende deuren* bestaan uit twee stel puntdeuren, die in tegengestelde richting draaien (F). In gesloten stand leunen zij tegen elkaar en vormen zo een kruis. *Gekoppelde deuren* zijn eveneens opgebouwd uit twee paar puntdeuren (G). Deze draaien echter in dezelfde richting. De uiteinden van twee gelijkgerichte deuren zijn scharnierend verbonden door een derde deur. Totaal bezit het afsluitmiddel dus zes deuren.

De klepdeur en de segmentdeur draaien beide om een horizontale as. Bij de *klepdeur* ligt de draaias aan de onder-

of bovenzijde van de deur. Bij scheepvaartsluizen is deze as vaak aan de onderzijde, waarbij de deur in open stand plat op de bodem ligt (H). Bij uitwateringssluizen, uitgevoerd als kokersluis met een klepdeur als afsluitmiddel, bevindt zich de draaias vaak aan de bovenzijde van de deur.

De *segmentdeur* bestaat uit een segmentvormige plaat, die door middel van twee armen is verbonden met de draaipunten (I). In open stand ligt het kerende deel horizontaal boven de sluisdoorgang.

De *roldeur* beweegt in een horizontale richting dwars op de sluisas (J). Het vlakke afsluitmiddel loopt over rollen en is meestal enkel uitgevoerd, dat wil zeggen dat deze naar één zijde toe geopend wordt. Zij komen voor met laaggelegen en hooggelegen rolbaan. Bij schachtsluizen, waar het afsluitmiddel ook een bovenaanslag heeft, worden ook dubbele roldeuren toegepast, die naar weerszijden worden geopend. Een variant van de roldeur is de schuifdeur, die over een vlakke baan schuift en waarbij rollen ontbreken.

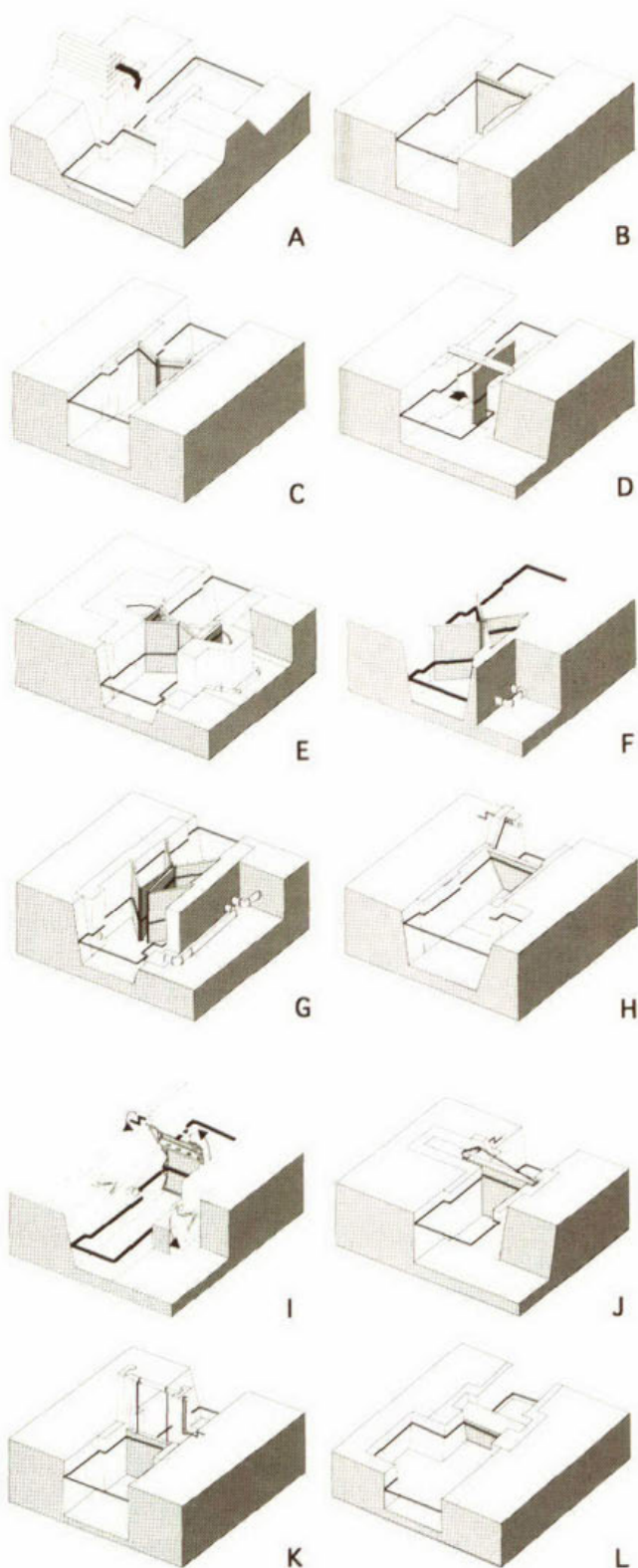
De *hefdeur* wordt in verticale richting bewogen. De deur wordt hierbij geleid tussen twee torens (K). Voor 1900 werd dit deurtypen schotdeur genoemd. Bij sluizen voor de waterhuishouding spreekt men gewoonlijk van schuiven. Deze worden vooral in kleine uitwateringssluizen veel toegepast.

Een bijzonder afsluitmiddel is de *schipdeur* (L). Deze werd wel toegepast voor droogdokken. De deur wordt voor de ingang gevaren, waarna het dok wordt leeggepompt. Soms werd de schipdeur zelf voorzien van puntdeuren teneinde kleine schepen in of uit te laten varen, zonder dat de schipdeur zelf behoeft te worden verplaatst.

Bovengenoemde deurtypen zijn in Nederland voor 1940 meerdere malen toegepast. Zij zullen in het vervolg van dit hoofdstuk uitvoerig worden besproken<sup>334</sup>. Naast deze deurtypen is er nog een tweetal dat in Nederland pas na de Tweede Wereldoorlog werd toegepast, maar in het buitenland (Zweden) reeds daarvoor.

In 1924 werd in het Kanaal van Södertälje een schutsluis gebouwd voorzien van *sectordeuren*<sup>335</sup>. Oppervlakkig gezien lijken deze op waaierdeuren. Ook deze deuren draai-





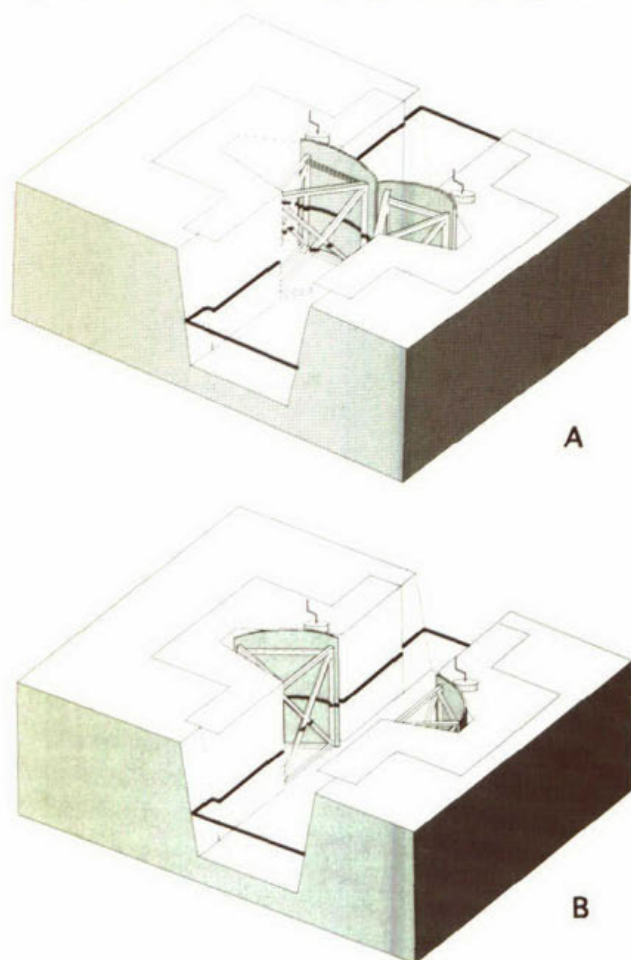
140. Afsluitmiddelen: (A) schotbalken, (B) enkele draai-deur, (C) puntdeuren, (D) toldeur, (E) waaierdeuren, (F) kruisende deuren, (G) gekoppelde deuren, (H) klep-deur, (I) segmentdeur, (J) Roldeur, (K) hefdeur en (L) schipdeur.

en om een verticale as en hebben een min of meer drie-hoekige vorm, maar slechts één waterkerend vlak (afb. 141). Dit is juist het tegenover de draaias staande vlak. De beide andere vlakken zijn als open vakwerk uitge-voerd. Zij vormen de armen tussen de draaipunten en het waterkerende vlak. De deuren zijn zodanig ontworpen, dat de resulterende kracht tengevolge van de waterdruk door de draaias gaat.

De deuren kunnen in stromend water gesloten en bij on-gelijke waterstand geopend worden. In tegenstelling tot de waaierdeuren zijn bij sectordeuren geen riolen nodig. De deuren worden mechanisch bewogen. Men zou deze deuren kunnen beschouwen als segmentdeuren, maar dan met een verticale draaias.

In Nederland werd het afsluitmiddel toegepast in de keersluis die in de havenmond van Zierikzee ligt en in de schutsluis te Dintelsas (afb. 142). Voor de waterkering in de moding van de Nieuwe Waterweg zijn eveneens sectordeuren ontworpen.

Ook de *overheaddeur* werd voor het eerst in Zweden toe-gepast, en wel in de Södenstrom bij Stockholm<sup>336</sup>. Gesloten heeft de deur een verticale stand. Bij het openen beweegt deze zich eerst in verticale richting, op dezelfde wijze als de hefdeur (afb. 143). Op het hoogste punt vindt



141. Sectordeuren: (A) gesloten; (B) open.

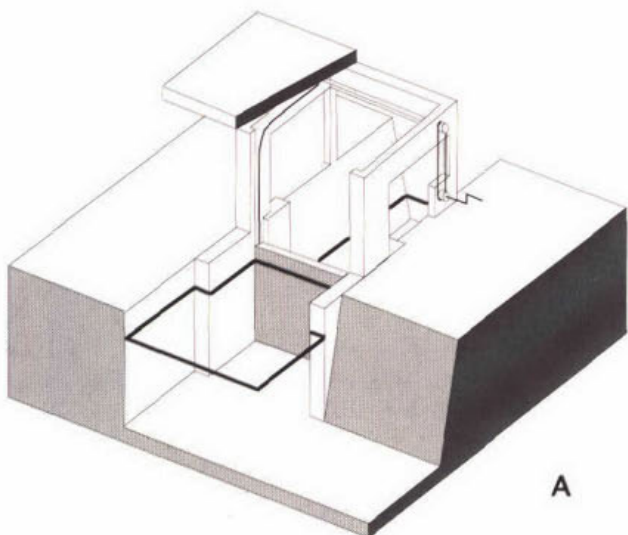




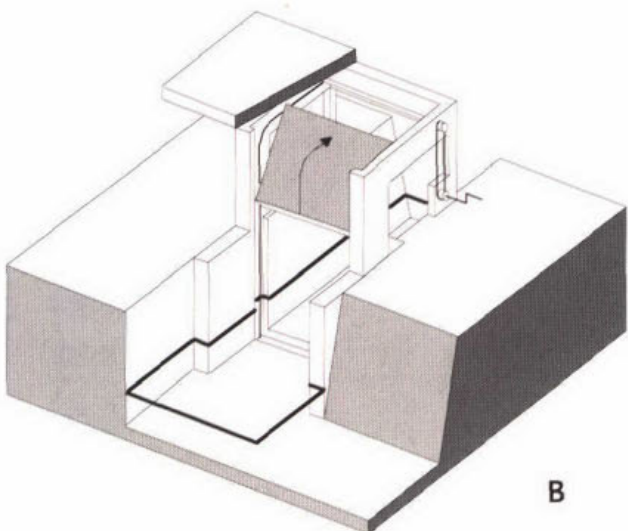
142. Sectordeur in de schutsluis te Dinkelsas.



144. Overheaddeur in de keersluis in de Ringvaart van de Zuidplaspolder bij Moordrecht.



A



B

143. Overheaddeur: (A) gesloten; (B) open.

er een horizontale verplaatsing plaats, waarbij de deur kantelt en in een horizontale stand wordt gebracht. De overheaddeur wordt toegepast bij vaste bruggen, waarbij de deur in open stand onder aan het brugdek hangt. In Nederland komt dit deurtipe voor in een keersluis in de ringvaart van de Zuidplaspolder bij Moordrecht (afb. 144). De deur hangt in open stand onder de tamelijk hooggelegen verbindingsbrug tussen de IJsseldijk en het nabijgelegen gemaal.

De enkele draaideur, de puntdeuren en de klepdeuren kunnen zonder extra voorzieningen slechts naar één zijde water keren. De andere deurtypen kunnen in principe naar twee zijden keren. De hefdeur, de segmentdeur en de overheaddeur hebben een beperkte doorvaarthoogte. Hetzelfde geldt voor een roldeur met een vaste bovengelige rolbaan. Bij de andere deurtypen is de doorvaarthoogte onbeperkt.

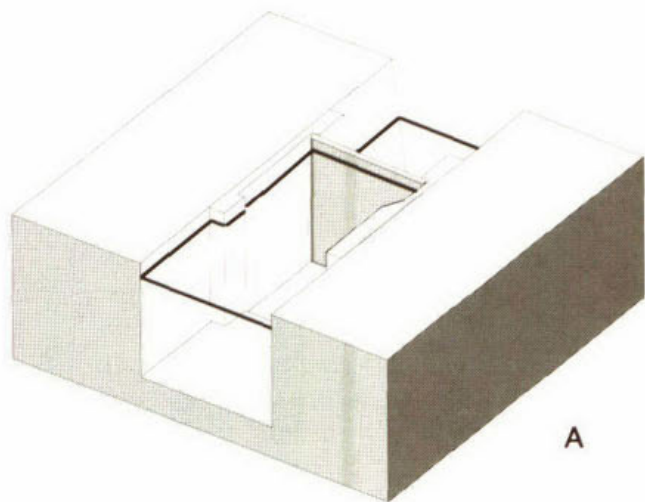
### 3.1. Enkele draaideuren

De enkele draaideur is, zoals de naam reeds aanduidt, een sluisdeur die in haar geheel de sluisopening afsluit. Zij is draaibaar om een verticale as aan één van de uiteinden (afb. 145). Geopend bevindt de deur zich in een uitsparing in de wand van het sluishoofd (de deurkas), evenwijdig aan de sluisas. In gesloten stand is de deur naar een in de wand aan de overzijde aangebrachte uitsparing gedraaid, die meestal is afgerond.

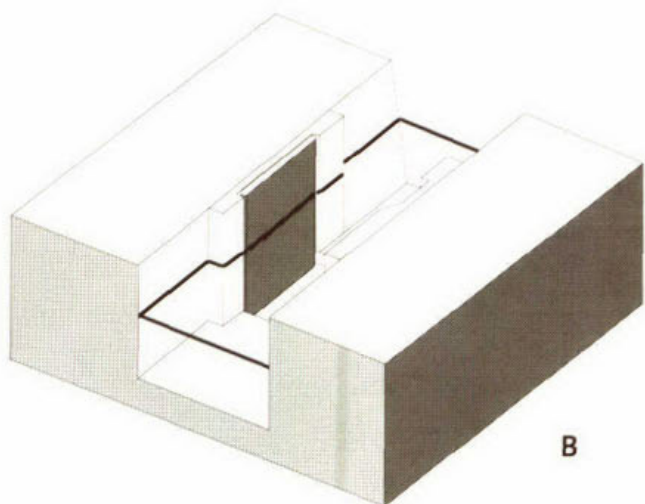
De deur wordt door de waterdruk tegen de aanslagen in de sluiswanden en de drempel gedrukt, en bij kokersluizen tevens tegen de bovenaanslag. Vaak staat zij daarbij loodrecht op de sluisas. Soms is de hoek tussen geopend en gesloten echter iets kleiner dan  $90^\circ$  (afb. 146). Bij kokersluizen heeft de deur ook aan de bovenzijde een aanslag.

Enkele draaideuren zijn vaak van hout gemaakt, maar er komen ook ijzeren en stalen deuren voor.





A



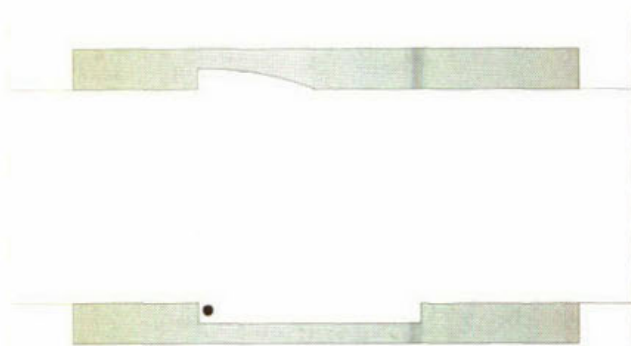
B

145. Enkele draaideur: (A) gesloten; (B) open.

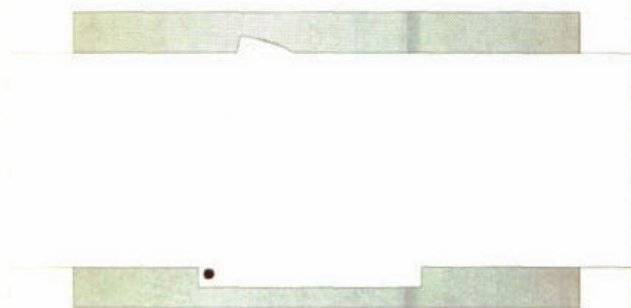
### Toepassing

De enkele draaideur is een relatief eenvoudig afsluitmiddel, dat al vroeg in de sluisbouw werd toegepast. Ze werd rond 1600 ook wel slagdeur of staande deur genoemd. Bij de bouw van de spoortunnel in Rotterdam werd in 1991 ter plaatse van de dam in de Rotte een houten uitwateringssluisje blootgelegd. Vastgesteld werd dat dit sluisje waarschijnlijk uit de 13de eeuw dateert. Het sluisje bezat een forse aanslagdrempel, waartegen een balk (zwalp) was geplaatst met daarin bij één van de zijwanden een rond gat (afb. 147). Duidelijk is te zien dat hier een keuspot in de bodem heeft gezeten. Daaruit blijkt dat de sluis een enkele draaideur bezat.

Ook bij het Groningse Buitenpost werd een uitwateringssluis uit de 13de eeuw opgegraven, waarin een enkele draaideur had gezeten (zie afb. 22)<sup>337</sup>.



A



B

146. Enkele draaideur in gesloten stand: (A) loodrecht op de sluisas en (B) schuin ten opzichte van sluisas.



147. Aanslagdrempel en taatskom (links) van de in 1991 gegraven 13de-eeuwse sluis te Rotterdam.

Andries Vierlingh behandelt in zijn uit circa 1578 daterende *Tractaet van Dyckagie* de enkele draaideur als een normaal afsluitmiddel voor relatief grote uitwateringssluizen. In dit manuscript geeft hij een voorbeeld van een bestek voor een dubbele kokersluis<sup>338</sup>. Deze moest twee deurgebinten krijgen, waarbij elk gebint twee



eindstijlen en een tussenstijl bezat. In elk deurgebint waren twee 'slachdeuren' of 'staande deuren' gedacht. Uit de tekst blijkt dat hier twee enkele draaideuren worden bedoeld. Deze waren opgebouwd uit twee 'herrebomen' (harren of deurstijlen) met daartussen een aantal 'clampen' (horizontale regels), waarover een beplanking was aangebracht.

De deuren moesten in 'haar colsen' worden gehangen. Uit de beschrijving kan worden opgemaakt dat zowel voor het beneden- als voor het bovendraaipunt een houten balk voorzien van een rond gat werd gebruikt. De balk van het benedendraaipunt, komplaat genoemd, werd op de sluisvloer bevestigd, de andere aan de bovenzijde van de koker. De achterhar, de deurstijl ter plaatse van de draaias, kreeg aan beide uiteinden een verstaalde (gehard ijzeren) pin met daaroverheen een stalen pan. Op deze wijze zijn onder meer, volgens het door Vierlingh weergegeven bestek uit 1567, de draaideuren in de uitwateringssluis te Doel (bij Antwerpen) gemaakt<sup>339</sup>. De eveneens door hem genoemde 'staande swaijende vloijdeuren' (vloeddeuren) in een stenen sluis te Steenberghe zijn waarschijnlijk puntdeuren geweest<sup>340</sup>.

De enkele draaideur kon gemakkelijk door het water zelf worden geopend en gesloten, waarbij de enkele draaideur sneller reageerde dan de klepdeur<sup>341</sup>. Deuren, die door het water zelf worden geopend en gesloten, worden wachtdeuren genoemd. Soms is hierbij de draaias iets uit het lood geplaatst, waardoor de deur zelfsluitend is. Wanneer enkele draaideuren door het uitstromende water geheel zouden worden geopend, zodat zij evenwijdig aan de sluisas komen te staan, is de kans groot dat zij bij opkomend water open blijven. Om dit te voorkomen worden zij voorzien van een waker of tijwachter.

Vierlingh noemt reeds tijwachters in de vorm van houten 'klampen' (klossen) en ijzeren steunveren<sup>342</sup>. De houten klossen behoren tot de vaste wakers. Zij bestaan uit een stuk hout dat tussen de deur en de deurkas kan worden geplaatst (afb. 148A). In de deurkas is daartoe een vierkant gat aangebracht, waar de klos kan worden ingestoken. De klos is meestal door middel van een ketting opgehangen aan het sluishoofd. De klos zorgt er voor dat de deur niet helemaal in de deurkas komt en zo gemakkelijker door het binnenstromende water kan worden gesloten.

De steun- of tijveer is een gebogen ijzeren (later stalen) strip die aan de deur wordt bevestigd (afb. 148B). De veer zorgt ervoor dat de deur bij min of meer gelijke waterstand iets uit de kas wordt gedrukt. Alleen bij een grote afvoer wordt de veer geheel ingedrukt en bevindt de deur zich volledig in de deurkas. Hiermee krijgt het uitstromende water het totale doorstroomprofiel ter beschikking.

In houten sluisen plaatste men de draaideuren in een gebint. De koppelbalk van het gebint moest voorkomen dat de deur voorover ging hangen. Bij stenen sluisen kon en werd het bovendraaipunt stevig in de zware wanden van het sluishoofd verankerd.

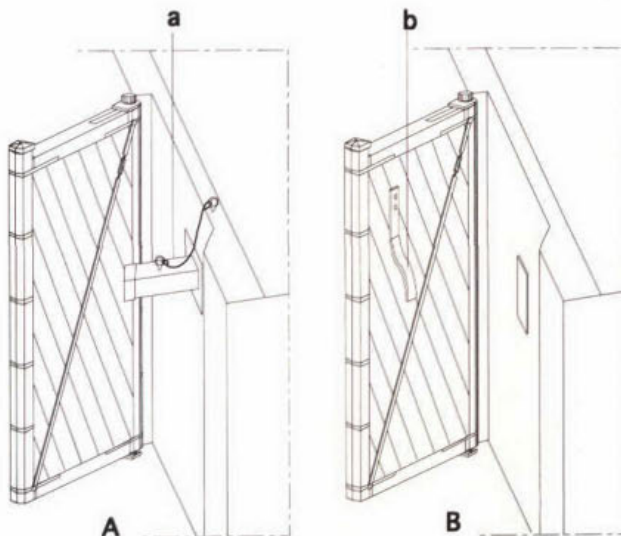
De enkele draaideur komt vooral voor in sluisen met een kleine breedte (tot circa vier meter, afhankelijk van de deurhoogte). Bij een grote breedte-hoogteverhouding werd de enkele draaideur al gauw te zwaar voor de scharnieren en zakte te veel door. Wel zijn er al aan het einde van de 19de eeuw bredere deuren van ijzer gemaakt. In de Dedemsvaart werden deuren toegepast met een breedte van 6 m (zie afb. 101), terwijl in het Coevorderkanaal zelfs deuren voorkwamen met een breedte van 7 m<sup>343</sup>.

De hiervoor genoemde sluis te Doel bezat twee enkele draaideuren naast elkaar. In het midden van de sluis sloten zij tegen een middenstijl. Het ligt voor de hand dat uit de enkele draaideur de puntdeuren zijn ontwikkeld, waarbij de middenstijl kon worden weggelaten. Daarmee werd een grotere doorvaartbreedte verkregen.

De enkele draaideur kan slechts naar één zijde water keren, zodat als tweezijdige kering is vereist er twee deuren nodig zijn. Ze wordt vooral toegepast in uitwateringssluizen, maar ook wel in kleine schutsluisen. Doordat de deuren vrij moeten kunnen draaien, is de kolk lengte groter dan de lengte van het maximaal te schutten schip. Deze schadelijke kolk lengte heeft extra waterverlies tot gevolg, wat vooral in droge perioden nadelig kan zijn. Evenals bij de puntdeuren is de doorvaarthoogte onbeperkt, tenzij de deur in een gebint of in een kokersluis is geplaatst. Een voordeel van de enkele sluisdeur is dat deze op eenvoudige wijze van één zijde op het sluishoofd met de hand is te bedienen. Vaak moeten de schippers dit dan ook zelf doen.

## Werking

De deur is in principe slechts naar één zijde waterkerend. Wanneer aan die zijde de waterstand hoger is, zal de deur tegen de aanslagen worden gedrukt (zie afb. 145). Bij sluisen waar naar twee zijden gekeerd moet worden, zijn twee achter elkaar geplaatste deuren nodig, waarvan de



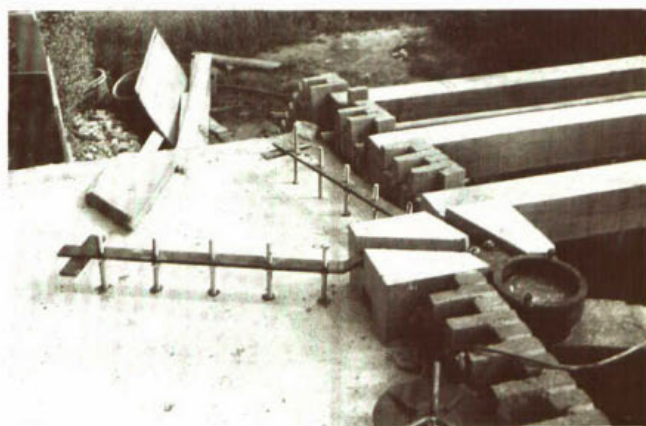
148. Tijwachters: (A) houten klos (a); (B) ijzeren steunveer (b).



ene naar binnen en de andere naar buiten draait. De enkele draaideur wordt meestal vanaf de kant met de hand bediend door middel van een bootshaak. Soms is op de bovenregel aan de zijde van de achterhar over de muur van het sluishoofd heen een verlenging aangebracht. De verlenging wordt dan als draaiboom gebruikt teneinde de deur in beweging te brengen. Vaak is deze draaiboom zodanig onder een hoek geplaatst, dat deze bij open deurstand iets landinwaarts steekt, zodat deze gemakkelijk is te bedienen (afb. 149). De verschillende bewegingsmechanismen die bij de puntdeuren worden toegepast, zoals het getand kwadrant en de rechte duwpers, komen bij de enkele draaideur nauwelijks voor. Bij de achterhar bevinden zich de opleggingen. Het bovenste draaipunt bestaat uit een cilindervormige verlenging van de achterhar, prop of hals genoemd, die in een halsbeugel of halsring draait (afb. 150). De halsbeugel is in de wand van het sluishoofd verankerd. De cilindervormige hals wordt voorzien van een bronzen of ijzeren (stalen) muts. (Dit brons werd vroeger klokkespijs en in de 18de en de 19de eeuw ook wel metaal genoemd.) De ijzeren halsbeugel werd in de sluiswand verankerd. Het onderste draai- en oplegpunt bestaat uit een taats en een keus- of taatspot. De taats is een ijzeren massieve ci-



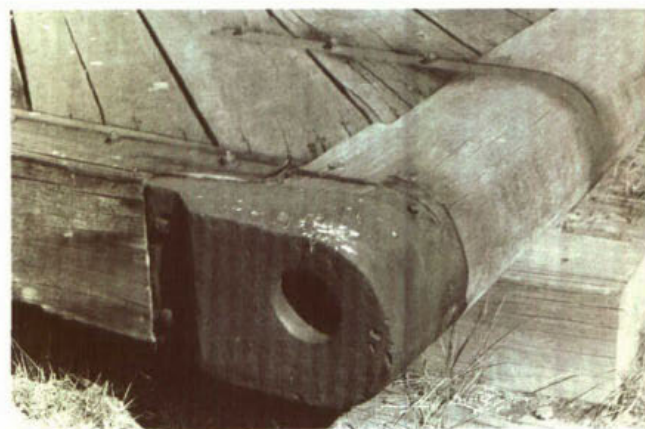
149. Houten enkele draaideur met draaiboom in schutsluis in de Loppersumer Wijmers bij Loppersum.



150. Hals en halsbeugel met verankering.



151. Taats op de sluisvloer van de Grote Sluis in het Merwedekanaal te Gorinchem.



152. IJzeren schoen met keuspot aan de onderzijde van de deur.

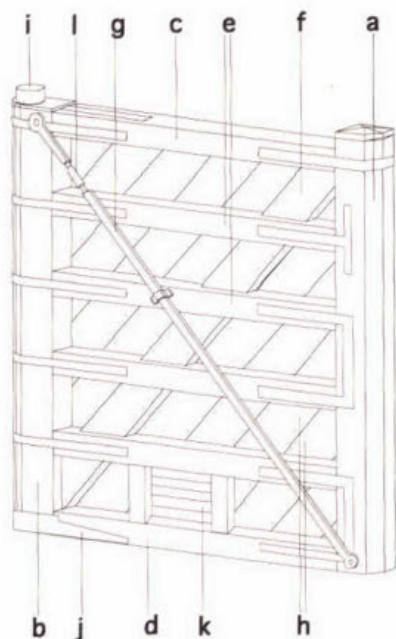
linder of halve bol die één geheel vormt met een ijzeren plaat. Met behulp van deze plaat is de taats stevig in de vloer verankerd (afb. 151). In de onderzijde van de achterhar bevindt zich een ijzeren of stalen schoen met een gat die om de taats draait (afb. 152).

Aanvankelijk bevond zich in de sluisvloer een keuspot (zie afb. 377). De achterhar werd niet alleen aan de bovenzijde, maar ook aan de onderzijde verlengd. De verlenging werd afgerond en voorzien van een bronzen muts, die in de keuspot draaide. Omdat er zich gemakkelijk vuil in keuspot kon verzamelen, werd slijtage sterk bevorderd. Omstreeks 1860 verschenen in Nederland de eerste sluisen waarbij op de vloer een taats werd geplaatst. In de volgende paragraaf over puntdeuren zal hierop terug worden gekomen en de constructie van het onder- en het bovendraaipunt uitvoeriger worden beschreven.

### Constructie

De houten enkele draaideur bestaat uit een raamwerk van balken, waarop een schuine beplanking is aange-





153. Constructie van een enkele draaideur.  
*a = voorhar, b = achterhar, c = bovenregel, d = onderregel, e = tussenregel, f = schrank schoor, g = trekstang, h = beplanking, i = hals, j = schoen met taatspot, k = schuif, l = wartel.*

bracht (afb. 153). Deze beplanking bevindt zich gewoonlijk aan de hoogwaterzijde. Het raamwerk is samengesteld uit een voor- en een achterhar (de verticale stijlen), een onder- en een bovenregel en daartussen een aantal tussenregels. De achterhar (b) is de stijl ter plaatse van het draaipunt.

Om schranken (scheefzakken) ten gevolge van het gewicht van de deur tegen te gaan, is de onderzijde van de voorhar door één of twee trekstangen (g) verbonden met de bovenzijde van de achterhar. Tevens is de plank tussen de bovenkant van de voorhar en de onderkant van de achterhar dikker uitgevoerd dan de andere planken. Deze fungeert als schrank schoor (f). De trekstaven kunnen worden nagespannen met een wartel (l).

Een wartel is een huls, die aan de binnenzijde is voorzien van schroefdraad, aan de ene kant tegengesteld aan die aan de andere zijde, zogeheten linkse en rechtse spoed. De trekstang is in tweeën verdeeld, waarbij het ene uiteinde is voorzien van linkse spoed en het andere van rechtse spoed. De beide uiteinden worden met de wartel aan elkaar verbonden. Door het aandraaien hiervan kan de trekstang worden aangespannen.

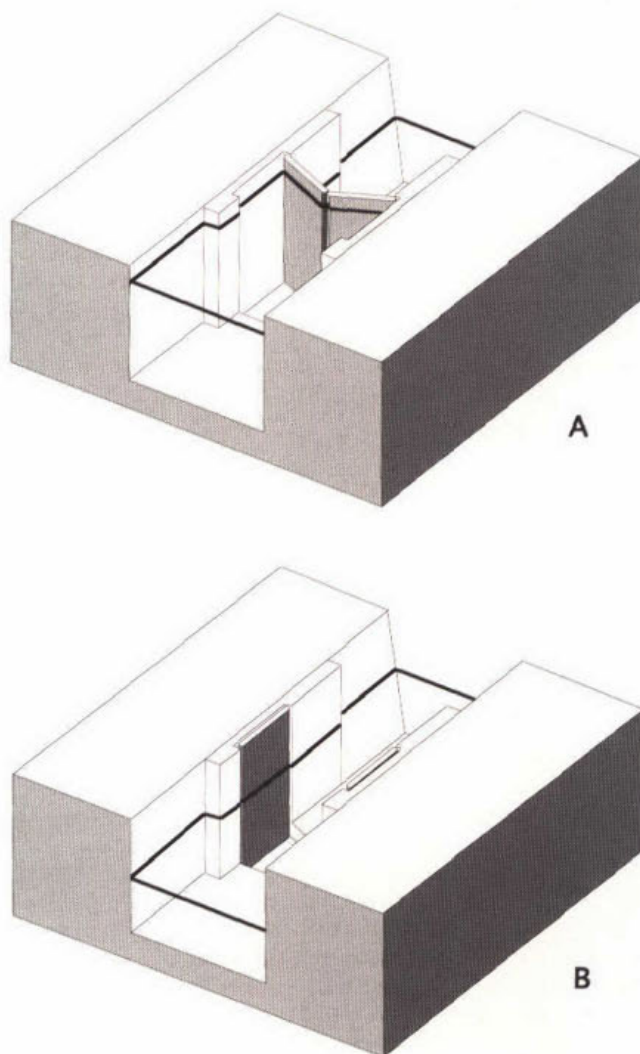
In tegenstelling tot de hierna behandelde puntdeuren zijn bij een enkele draaideur de krachten in het vlak van de deur gewoonlijk gering. Er kan worden volstaan met aanslaglijsten op het deurvlak. Deze zijn aangebracht op de voorhar, op de achterhar en op de onderregel ter hoogte van de drempel. Bij kokersluizen is tevens een aanslaglijst op de bovenregel gemonteerd.

Stalen deuren bestaan uit een stijl- en regelwerk waarover een beplating is aangebracht. Om de deur zoveel mogelijk waterdicht te maken, wordt op de voorhar, op de achterhar en op de onderregel ter hoogte van de drempel een houten aanslaglijst aangebracht. In principe komt de constructie van een stalen enkele draaideur vrijwel overeen met die van een stalen puntdeur. Bij de behandeling daarvan wordt de constructie uitvoerig beschreven, zodat daar naar verwezen wordt.

### 3.2. Puntdeuren

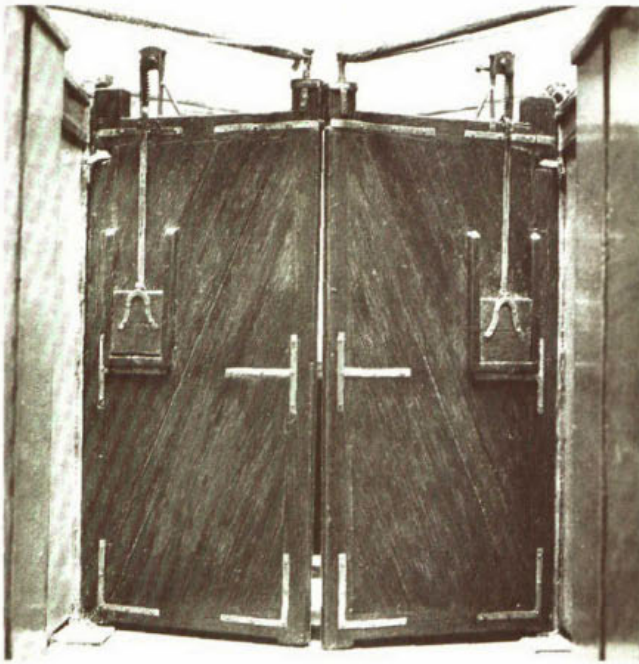
Puntdeuren bestaan uit twee draaideuren met een verticale draaiax, die in gesloten stand onder een hoek tegen elkaar steunen (afb. 154). Geopend bevinden de deuren zich in deurkassen, die in de zijwanden van het sluis hoofd zijn uitgespaard. Bij uitwateringssluizen bevinden de puntdeuren zich vaak in of voor een koker.

Puntdeuren zijn het bekendste en in schutsluizen ook het meest toegepaste afsluitmiddel. Er wordt onderscheid ge-



154. Puntdeuren: (A) gesloten; (B) open.





155. Model van houten puntdeuren in de uitwateringssluis te Katwijk uit 1807.

maakt tussen vloed- en ebdeuren. De eerste zijn met de punt naar het buitenwater gericht en keren de vloed, terwijl de andere naar binnen zijn gericht en bij eb het binnenwater tegenhouden. De deuren in het buitensluishoofd noemt men buitendeuren (vroeger zoute deuren) en die in het binnenhoofd binnendeuren (vroeger verse of zoete deuren). Het merendeel van de puntdeuren is van hout gemaakt (afb. 155). Brede deuren zijn gewoonlijk van ijzer of staal vervaardigd.

### Toepassing

Wanneer puntdeuren voor het eerst zijn toegepast is niet bekend. Wel kan worden vastgesteld dat de puntdeuren een logisch vervolg op de enkele draaideur zijn. Vermoedelijk werd toevallig ontdekt, dat men door twee draaideuren met de voorharren tegen elkaar te laten rusten onder een stompe hoek een veel bredere waterkering kon krijgen. De oudste bestekken van sluizen met draaideuren zijn echter wat dit betreft erg vaag.

In het bestek uit circa 1433 van de Verse Sluis te Heist in België moesten vier gebinten worden geplaatst, elk voorzien van vier deuren<sup>344</sup>. Deze draaiden aan de bovenzijde in 'caestelhouten' die werden gesloten met 'sceeden', dus een soort houten halsbeugel. De taats, het benedendraaipunt, werd versterkt door een gestaalde pin en bekleed met ijzeren 'meinselen' (beslagringen). De taats draaide in een koperen 'pan' (keuspot).

Een vijfde gebint werd voorzien van twee schotdeuren en uit het bestek kan worden opgemaakt dat sprake is van een dubbele kokersluis. Hieruit kan worden afgeleid dat elk van de hiervoor genoemde vier gebinten waarschijnlijk twee stel puntdeuren kreeg. Verder ligt het voor de

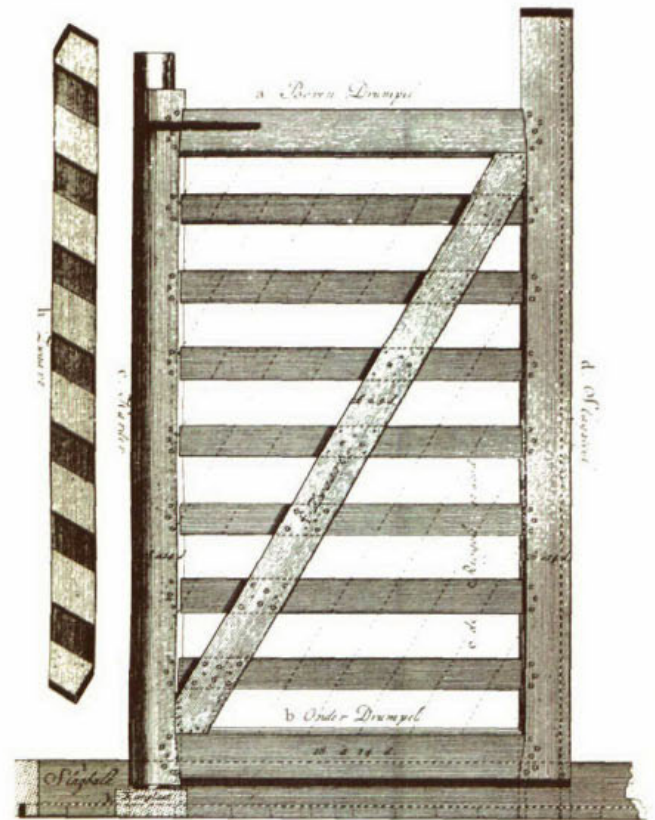
hand dat in elke koker twee stel vloeddeuren en twee stel ebdeuren werden geplaatst. Vermoedelijk werd de uitwateringssluis ook als schutsluis gebruikt.

Andries Vierlingh geeft in zijn manuscript het bestek weer van een stenen kokersluis te Steenbergem uit 1571<sup>345</sup>. Met de 'staende swaijende vloijdeuren' (vloeddeuren) die in deze sluis moesten worden geplaatst, worden zeer waarschijnlijk puntdeuren bedoeld. Nergens is in het bestek sprake van tussenstijlen.

Vierlingh vermeldt ook het bestek van de open schutsluis te Spaarndam uit 1567<sup>346</sup>. De 38 m lange en 7,5 m brede sluis bevatte drie paar deuren die om een verticale as draaiden. Omdat hier gesproken wordt over drie paar deuren kan met zekerheid worden aangenomen dat hier puntdeuren worden bedoeld. Over de sluis werd een dubbele ophaalbrug gebouwd, terwijl tussenstijlen nergens worden genoemd. De schepen zullen dus de hele sluisbreedte tot hun beschikking hebben gehad.

Eén van de oudste afbeeldingen van een sluis met puntdeuren is die van de schutsluis te Vreeswijk (zie afb. 28). Deze uit circa 1585 daterende gravure moet de situatie weergeven van voor 1562<sup>347</sup>.

Stevin noemt in 1617 in zijn *Nieuwe maniere van sterctebou door spil-sluyzen* de puntdeuren het gebruikelijke af-



156. Afbeelding van een puntdeur in het 'Theatrum Machinarum Universale' (1736) met ijzeren beugel bij het bovendraaipunt.



sluitmiddel voor uitwateringssluizen en schutsluizen<sup>348</sup>. De puntdeuren werden in die tijd ook wel 'steekdeuren' of 'zwaaideuren' genoemd.

Rond 1600 is een duidelijke omslag te zien in de toepassing van schotdeuren naar puntdeuren. Zeilschepen moesten bij schutsluizen met schotdeuren eerst hun masten strijken, voordat zij de sluis konden passeren. Daar dit een snelle doorvaart belemmerde, werden deze langzamerhand vervangen door puntdeuren. Het Amsterdamse Verlaat en de Donkere sluis te Gouda en de Oude Haarlemmersluis te Amsterdam zijn op kaarten uit het eind van de 16de eeuw nog afgebeeld als sluisen met een schotdeur<sup>349</sup>. In een atlas uit 1648 zijn deze sluisen weergegeven met puntdeuren<sup>350</sup> (zie afb. 29).

De eerste puntdeuren werden van hout gemaakt. In het begin van de 18de eeuw werd de houten puntdeur voorzien van smeedijzeren onderdelen. Dit geschiedde onder meer ter versteviging van de beide draaipunten. Ook werden ijzeren beugels gebruikt als verbindingsmiddel tussen de achterhar en de bovenregel. (afb. 156) De achterhar heette toen overigens harder en de voorhar slagstijl, terwijl de regels drumpels werden genoemd<sup>351</sup>.

In 1743 kwam de zeesluis van het marinedok te Vlissingen gereed<sup>352</sup>. In deze sluis werden gebogen houten puntdeuren toegepast (zie afb. 50). De sluis had een lengte van 39,3 m en een breedte van 14,6 m. In 1806 werd de sluis boven de laagwaterstand verbreed. Daarbij werden de bestaande deuren verlaagd tot deze waterstand. Daar boven werden nieuwe gebogen puntdeuren geplaatst, die een sluisbreedte van 17,5 m moesten afsluiten. Zij vonden hun benedenaanslag tegen de bovenregel van de onderdeuren. Reeds drie jaar later werd de sluis bij oorlogshandelingen door de Engelsen vernield. Bij de wederopbouw kreeg de sluis over de volle hoogte een breedte van 17,5 m. F. Baud geeft in zijn *Proeve van eenen cursus over de waterbouwkunde* een tekening van boven elkaar geplaatste rechte puntdeuren (afb. 157)<sup>353</sup>.

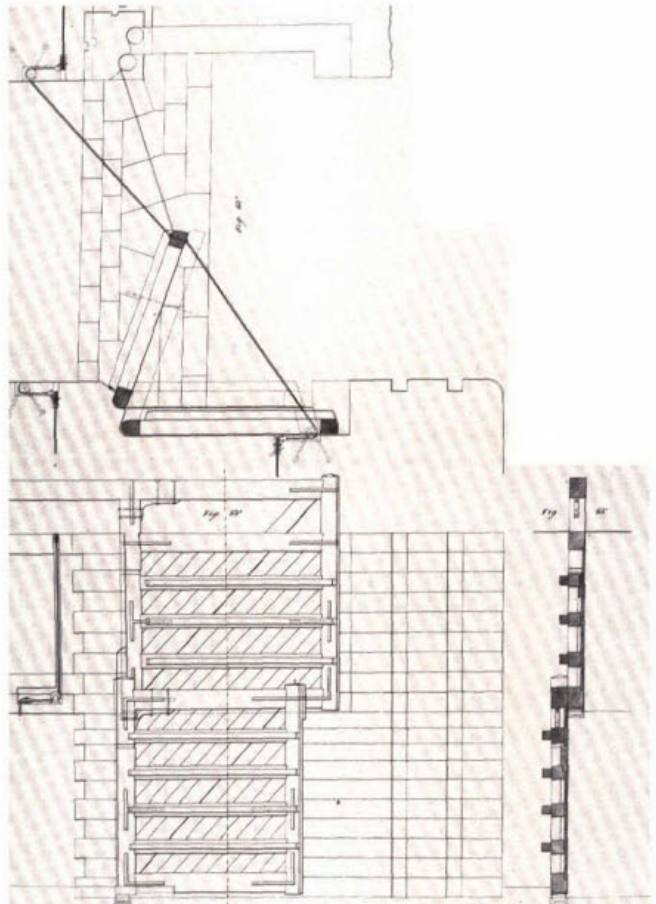
In de eerste helft van de 19de eeuw wordt melding gemaakt van het gebruik van gietijzeren puntdeuren in Engeland en Frankrijk<sup>354</sup>. Deze hadden meestal een gebogen vorm. Voor zover bekend zijn deze in Nederland niet toegepast.

De eerste geklonken puntdeuren van smeedijzer (of welijzer) werden in 1860 toegepast in de keersluis van het dokkanaal te Willemsoord bij Den Helder<sup>355</sup>. De sluis kreeg een stel ebdeuren en een stel vloeddeuren. De plaatijzeren deuren werden ontworpen door A.E. Tromp en B. Strootman en vervaardigd door de constructiewerkplaats van F. Kloos te Kinderdijk. De sluis had een breedte van 19 m. In 1862 kwam de 20 m brede zeedoksluis op het maritieme établissement Willemsoord gereed. Ook deze sluis werd voorzien van een paar ebdeuren en een paar vloeddeuren van smeedijzer.

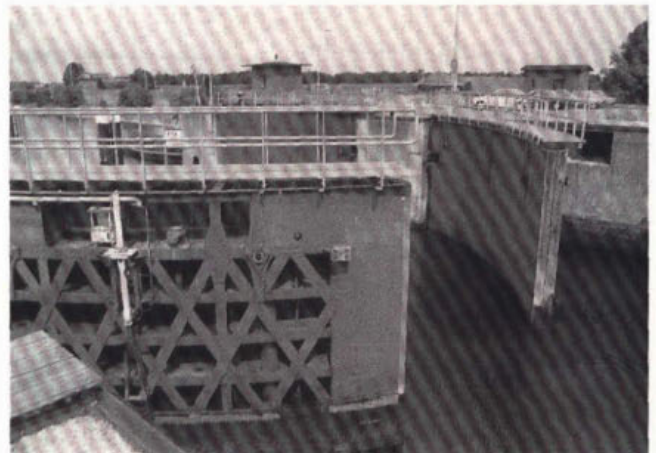
Een andere vroege toepassing van ijzeren puntdeuren is die in de Willem III-sluis te Amsterdam in het Noord-Hollandskanaal in 1864<sup>356</sup>. De schutsluis kreeg zowel deuren van hout als van plaatijzer. In de grote sluisen te Vlissingen en te Veere in het Kanaal door Walcheren

werden gebogen ijzeren puntdeuren geplaatst (afb. 158)<sup>357</sup>. Het kanaal werd in 1873 geopend.

In het buitenland werden zelfs puntdeuren van gewapend beton toegepast<sup>358</sup>. Tijdens de Eerste Wereldoorlog ontstond er in Engeland een gebrek aan hout, zodat men



157. Tekening van boven elkaar geplaatste puntdeuren volgens F. Baud.



158. Gebogen ijzeren puntdeuren in de grote schutsluis te Veere.



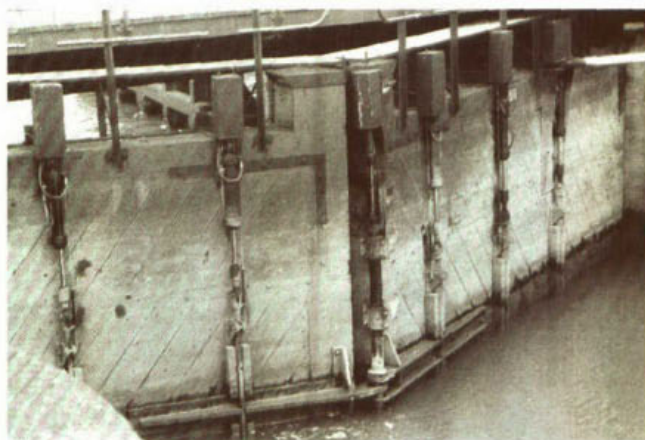
voor allerlei toepassingen overging tot het gebruik van gewapend beton. Zo kwam men tot de gedachte om voor een droogdok betonnen sluisdeuren te maken. De gebogen deuren waren voorzien van schuiven, hadden een hoogte van 4,3 m en waren slechts 9 cm dik. De doorvaartwijdte van de sluis bedroeg ruim 12 m. De deuren konden zonder problemen door twee man worden bewogen.

Puntdeuren komen voor in sluisen tot een breedte van circa 35 m. De puntdeur is evenals de enkele deur ongeschikt voor sluisen waar de breedte van de sluisdeur belangrijk groter zou worden dan de hoogte. Ook is bij toepassing van puntdeuren de doorvaarthoogte onbeperkt. Evenals bij de enkele draaideur is bij puntdeuren de schadelijke kolklengete groot, zodat extra waterverlies optreedt.

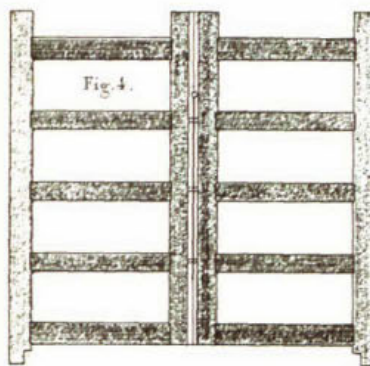
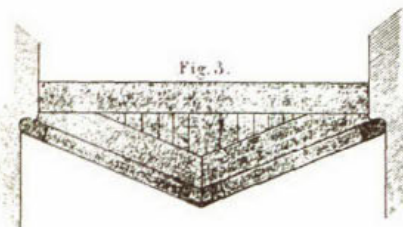
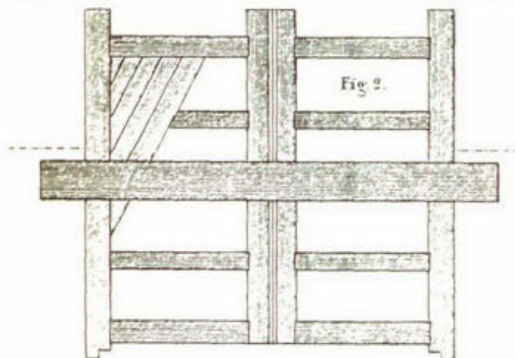
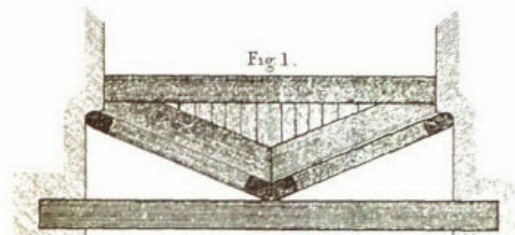
Wanneer waterkering naar twee zijden noodzakelijk is, zijn gewoonlijk minimaal twee stel puntdeuren nodig (afb. 159). Slechts bij een gering hoogteverschil, waarbij absolute waterdichtheid geen vereiste was, kon met een extra voorziening, ook waterkering in tegengestelde richting worden verkregen. Een eenvoudige constructie is die, waarbij op elk der beide voorharren stalen ogen zijn gemonteerd, waardoor een stalen staaf kan worden gestoken (afb. 160). De taats en de halsbeugel worden daarbij echter ook op trek belast, zodat deze stevig moeten zijn verankerd.



159. Eb- en vloeddeuren in de sluis te Heumen.



160. Kering in tegengestelde richting met behulp van stalen ogen op de puntdeur in de Koninginnesluis te Vreeswijk.



161. Stempelbalk (boven) en metalen ogen voor het vastzetten van puntdeuren volgens De Geus uit 1849.

Dit principe werd reeds in 1849 gepresenteerd door G.A. de Geus, opzichter bij het Hoogheemraadschap van Rijnland (afb. 161 onder)<sup>359</sup>. Deze had het systeem ontwikkeld ten behoeve van de uitwateringssluizen te Halfweg om het zogenaamde 'kloppen' van de deuren door golfslag tegen te gaan. Tot dan gebruikte men hiervoor vaak een stempelbalk, die tegen de voorharren werd geplaatst en in een uitsparing in de sluiswanden werd verankerd (afb. 161 boven). Een dergelijke constructie werd



reeds toegepast in de schutsluis te Spaarndam uit 1568<sup>360</sup>. Voor de buitenste puntdeuren kon door middel van een kaapstander een houten balk worden gerold. De balk liep in een houten koker over metalen (bronzen) rollen. Voor de nooddeuren kon eveneens een balk worden geplaatst. Deze draaide om een ijzeren pen, die op de sluiswand was aangebracht.

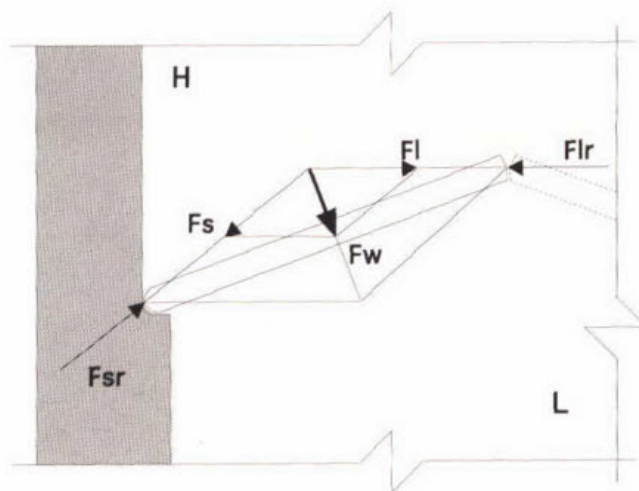
## Werking

Puntdeuren zullen doorgaans het water keren, dat aan de zijde staat waar de punt naar toe wijst, de voor- of buitenzijde genoemd (afb. 162). Het hoge water drukt de deuren tegen de aanslagen van het sluishoofd (bij de onderdorpel en ter plaatse van de draaipunten). Daarnaast worden de deuren in de punt tegen elkaar aangedrukt, waardoor er ook een kracht in de richting van de deur aanwezig is. Puntdeuren in een koker hebben tevens een bovenaanslag. De sprong van deze deuren is kleiner dan bij puntdeuren zonder bovenaanslag. Zij bedraagt (ten opzichte van de sluisbreedte) 1:10 tot 1:12 in plaats van circa 1:6 bij puntdeuren in open sluisen zonder bovenaanslag. Doordat de deuren tegen elkaar en tegen de aanslagstijlen in de sluiswand worden gedrukt, zijn zij in staat een verschil in waterstand te keren (afb. 162).

Ten gevolge van de waterdruk vindt er, afhankelijk van de waterhoogte, over de gehele breedte van de deuren een gelijkmatig verdeelde belasting plaats. Deze staat loodrecht op het deurvlak. De resultante hiervan (een kracht gelijk aan het product van de gelijkmatig verdeelde belasting en de deurbreedte) grijpt in het midden van de deur aan. Deze kracht ( $F_w$ ) staat loodrecht op het deurvlak en moet worden opgenomen door de opleggingen. Daartoe kan de kracht worden ontbonden in twee krachten (componenten) die door de oplegpunten gaan. Het ene oplegpunt bevindt zich daar waar de beide puntdeuren tegen elkaar steunen. Omdat hier, wil er evenwicht zijn, alleen krachten loodrecht op het steunvlak kunnen worden opgenomen, staat deze krachtscomponent ( $F_l$ ) loodrecht op de sluisas. Deze kracht wordt opgenomen door de even grote maar tegengesteld gerichte kracht ( $F_{lr}$ ) uit de andere deur. De andere component ( $F_s$ ), die qua grote gelijk is, gaat door de aanslagstijl ter plaatse van de sluiswand. Deze kracht wordt de spatkracht genoemd en moet worden opgenomen door het sluishoofd ( $F_{sr}$ ). De afbeelding laat zien dat de spatkrachten vrij fors zijn. Hoe stomper de punt gevormd door de gesloten deuren, des te groter de bijbehorende spatkrachten.

## Draaipunten

Puntdeuren draaien aan de bovenzijde met een hals in de halsbeugel en beneden met een keuspot om een taats. Aan de bovenzijde van een houten achterhar bevindt zich vaak een cilindrisch geschaafde prop of hals, die één geheel vormt met de achterhar. Zonder voorzieningen zou deze hals gemakkelijk slijten, zodat al spoedig versterkingen werden toegepast. Het bestek van Leeghwater uit 1633 voor de sluishoofden in de Grift in Drenthe spreekt van ijzeren schenen (zie bijlage 1)<sup>361</sup>. Deze worden ook genoemd en bovendien in een tekening weergegeven in het *Theatrum machinarum universale* van Van der Horst en Polley uit 1736-1737 (afb. 163)<sup>362</sup>. Schenen zijn ijzeren

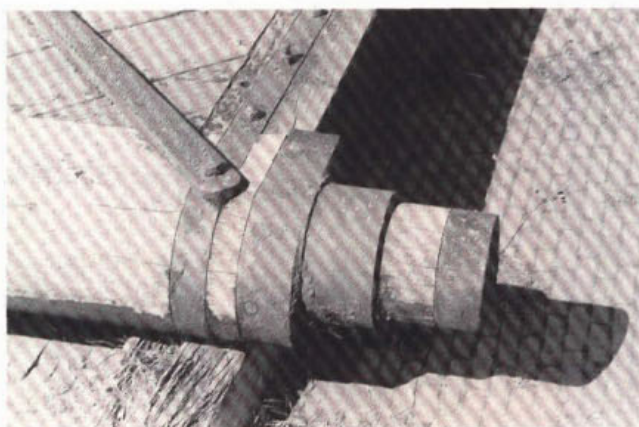


162. Krachtwerving in puntdeuren.

$F_w$  = de resultante van de waterdruk op de puntdeuren,  $F_s$  = de spatkracht op het sluishoofd,  $F_{sr}$  = is de reactiekracht van het sluishoofd,  $F_l$  en  $F_{lr}$  = de krachten die de deuren op elkaar uitoefenen; H = hoogwaterzijde en L = laagwaterzijde.

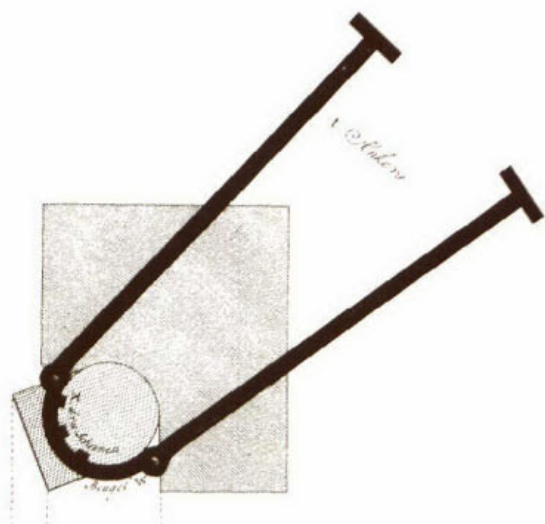
staven met een rechthoekige doorsnede, die in het hout van de prop werden ingelaten. Slijtage van de prop werd hiermee tegengegaan. Ook werd de prop wel voorzien van een smeedijzeren ring of een bronzen muts (zie afb. 164g).

Bij brede of hoog boven het water uitstekende deuren kan de achterhar langs de binnenzijde (de naar de voorhar gerichte zijde) van de hals gaan scheuren. In het begin van de 19de eeuw trachtte men dit tegen te gaan door aan de binnenzijde een hoekvormig ijzer aan te brengen, dat de hals met de bovenregel verbond. Deze zogenoemde kniescheen was met doorgaande bouten aan de bovenregel be-

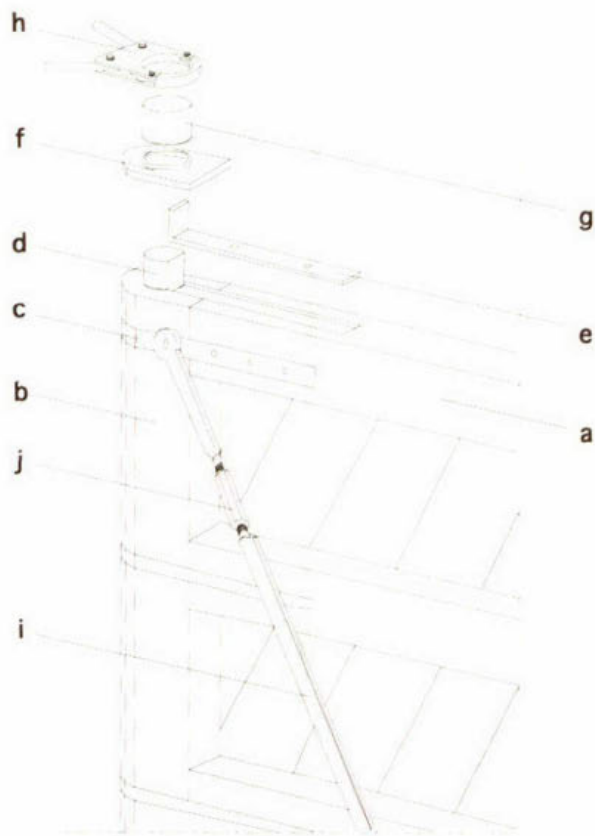


163. De hals als rond geschaafde verlenging van de achterhar met stalen rib en metalen muts.



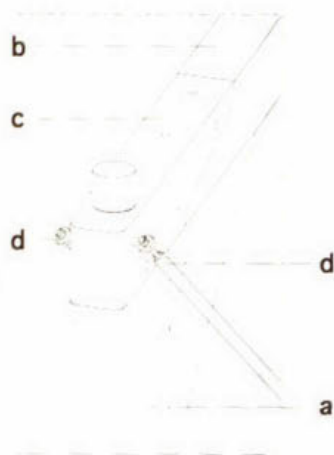


164. Met drie schenen versterkte houten hals en verankering volgens Van der Horst (1736).



165. Bovendraaipunt van een puntdeur.  
a = bovenregel, b = achterhar, c = beugel, d = hals, e = kniescheen, f = versterkingsplaat, g = muts, h = halsbeugel met verankering, i = trekstang, j = wartel.

vestigd (afb. 165e). In de 20ste eeuw werd (op een vergelijkbare wijze als bij het onderste draaipunt) een gietstalen bovenschoen of muts gemonteerd, waaraan tevens de



166. Bovendraaipunt van een houten puntdeur, uitgevoerd als stalen muts met hals, waaraan tevens de trekstangen zijn verbonden.

a = achterhar, b = bovenregel, c = 'muts' met hals, d = trekstangen.

trekstangen konden worden bevestigd (afb. 166).

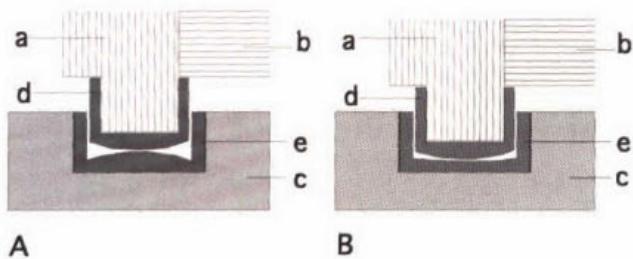
De prop of hals draait in een smeedijzeren (later smeedstalen) halsbeugel of halsring, die door middel van twee ankers aan de sluishoofdwand is bevestigd (afb. 165h). De ankers zijn gericht volgens de as van de deur, de ene in gesloten, de andere in open stand. Bij grote deuren werden de ankers voorzien van gaten, waarin 'schieters' (verticale ijzeren staven) werden gestoken. Dit om een betere verankering te krijgen.

De twee ankers zijn scharnierend met de halsbeugel verbonden. Om een goede aansluiting van de deur op de aanslagen te verzekeren, voorzag men de ankers soms van wartels, waardoor nastellen mogelijk was. De bekende sluisenbouwer Josephus Jitta achtte toepassing van verstelbare halsbeugels echter weinig zinvol<sup>363</sup>.

Bij de behandeling van de enkele draaideur is reeds vermeld dat aanvankelijk de keuspot in de sluisvloer was aangebracht (zie afb. 377). De achterhar was daartoe aan de onderzijde voorzien van een cilindrisch geschaafde verlenging. Deze verlenging of prop werd ter versterking bekleed met een bronzen muts of een ijzeren beslagring, terwijl soms tevens een verstaalde (gehard ijzeren) pin in de prop werd gedreven. De taats draaide met enige speling in de keuspot of taatskom, vroeger ook wel pan(ne) genoemd.

Aanvankelijk waren zowel de taatskop als de bodem van de keuspot bolvormig, de aanrakingsvlakken waren met de bolle kant naar elkaar toegekeerd (afb. 167A). Halverwege de 19de eeuw kreeg de keuspot een hol draagvlak, waarbij de kromtestraal (de bolling) van de taats kleiner was dan de kromtestraal van de keuspot (B). Doordat er zich zo gemakkelijk vuil in de keuspot kan verzamelen, wordt slijtage sterk bevorderd. Dit geldt vooral naarmate de deuren groter zijn. In het begin van de 19de eeuw kwam men in het buitenland met het idee om op de vloer een taats te plaatsen, terwijl de achterhar werd voorzien van een taatskom<sup>364</sup>.

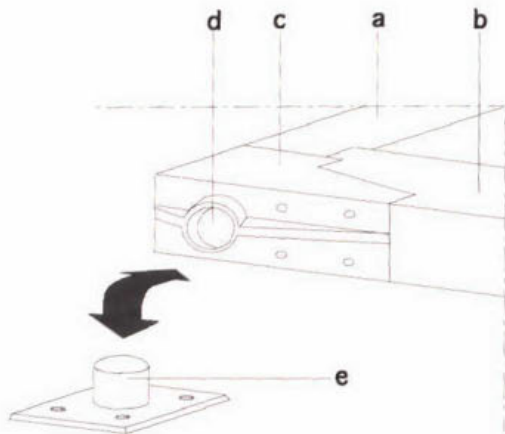




167. Taats met keuspot in de sluisvloer: (A) beide met bol draagvlak en (B) keuspot met hol draagvlak. a = achterhar, b = onderregel, c = komplaat, d = taats, e = keuspot.

Eén van de eerste sluisen in Nederland waar dit principe werd toegepast, is de Willem III-sluis te Amsterdam uit 1864<sup>365</sup>. Nadat deze sluis voor de scheepvaart was opengesteld, werd de ernaast gelegen oude Willem I-sluis grondig gerenoveerd. De taats werd daarbij eveneens op de sluisvloer aangebracht. De taatsen in de beide Amsterdamse sluisen waren van metaal (brons) gemaakt. Dit materiaal was sterker dan gietijzer en tevens beter bestand tegen het zoute water. Later werden ook wel taatsen van gietstaal toegepast, een materiaal dat, beter dan gietijzer, ook trekkrachten kan opnemen. Bij kleine sluisen in zoet water werden in de 19de eeuw vaak nog gietijzeren taatsen gebruikt.

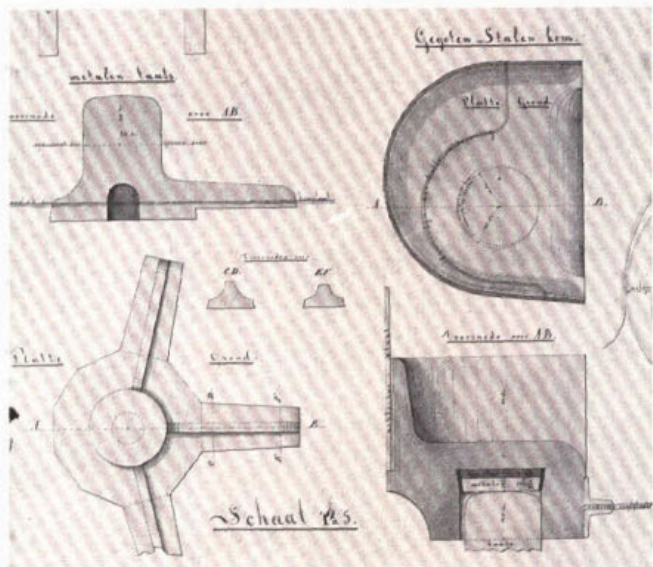
Om de achterhar van een houten deur te voorzien van een kom, moet deze worden uitgehold, wat een verzwakking betekent. Aanvankelijk werden houten deuren voorzien van een metalen (bronzene) of gietijzeren kom of keuspot. Al spoedig werd voor grote houten deuren een schoen toegepast, zoals ook bij ijzeren deuren gebruikelijk was. Zo'n schoen bevat niet alleen de keuspot, maar vormt tevens een versterking van de verbinding van de achterhar met de onderregel (afb. 168). Naast gietstalen kwamen in de 19de eeuw ook wel schoenen van gietijzer voor. In de 20ste eeuw werden zowel de taatsen als de schoenen uitsluitend van gietstaal gemaakt.



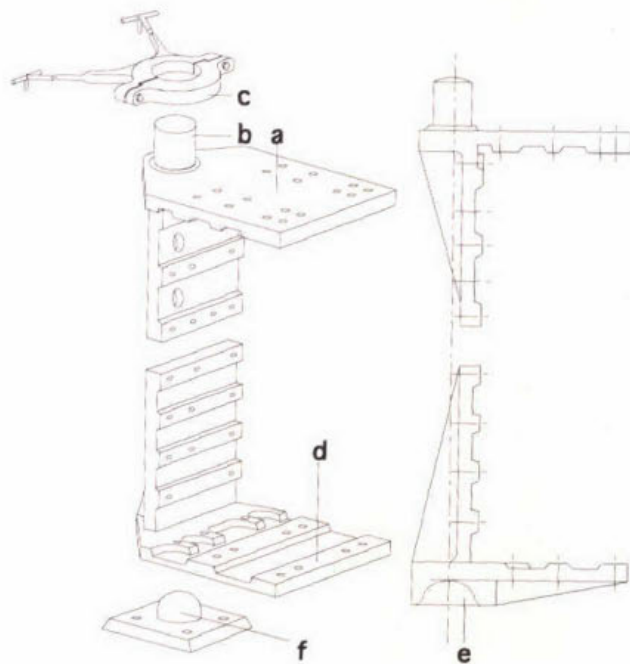
168. Onderdraaipunt van een houten puntdeur met stalen schoen. a = achterhar, b = onderregel, c = stalen schoen met taatspot (d), e = taats op de sluisdeur.

De draaipunten van ijzeren en stalen deuren komen overeen met die van houten deuren. Eén van de eerste ijzeren puntdeuren, die van de Willem III-sluis te Amsterdam, kreeg onder een gietstalen schoen (afb. 169).

Voor het bovendraaipunt werd een 'geslagen ijzeren' (smeedijzeren) hals toegepast. Later werd bij stalen deuren aan de bovenzijde een gietstalen bovenschoen of muts gemonteerd (afb. 170). In deze muts is de (gietstalen) hals of spil opgenomen. Bij stalen puntdeuren uit de 20ste eeuw is de taats vaak bolvormig.



169. Bronzen taats en gietstalen schoen van de ijzeren deur in de Willem III-sluis te Amsterdam uit 1864.



170. Onder- en bovendraaipunt voor een stalen deur. a = 'muts', b = hals, c = halsbeugel met verankering, d = schoen, e = taatskom, f = taats.



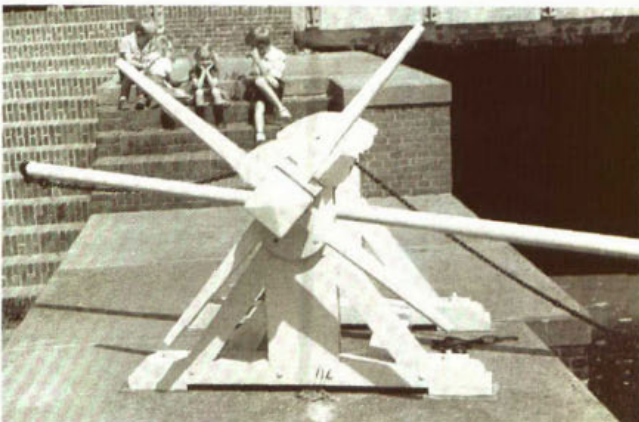
### Beweginsinrichtingen

De puntdeuren moeten vanaf de kant worden gesloten en geopend. Op de meest eenvoudige manier kan dit met behulp van een bootshaak die om een op de voorhar bevestigde haalpen grijpt (afb. 171). Dit is alleen mogelijk bij kleine deuren.

Voor grotere deuren werd aan de voorhar scharnierend een duwboom bevestigd (afb. 172). Daarnaast werd aan de voorhar en aan het andere uiteinde van de duwboom een ketting vastgemaakt. De ketting werd enige keren om de spil van een op het sluishoofd geplaatste kaapstander gewonden. Kaapstanders werden al in de 16de eeuw toegepast. Door de spil te draaien werd tevens de ketting op- of afgewonden en kon de deur worden geopend of via de duwboom gesloten. De duwboom vormt bij een gesloten deurstand de koorde van de cirkelboog die de voorhar bij het openen en sluiten doorloopt. Op het sluishoofd bevinden zich een stel rollen, waarover de duwboom zich beweegt. Een enkele maal heeft de kaapstander in plaats van een horizontale een verticale draaias.



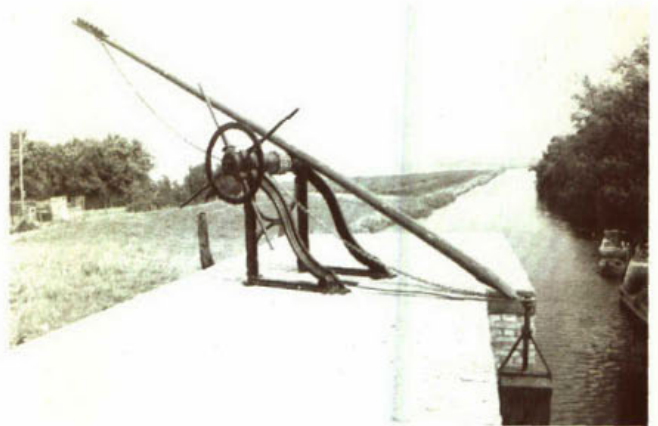
171. Het openen van de sluisdeur met behulp van een bootshaak bij de schutsluis te Woerdense Verlaat; op de voorhar is daartoe een haalpen aangebracht.



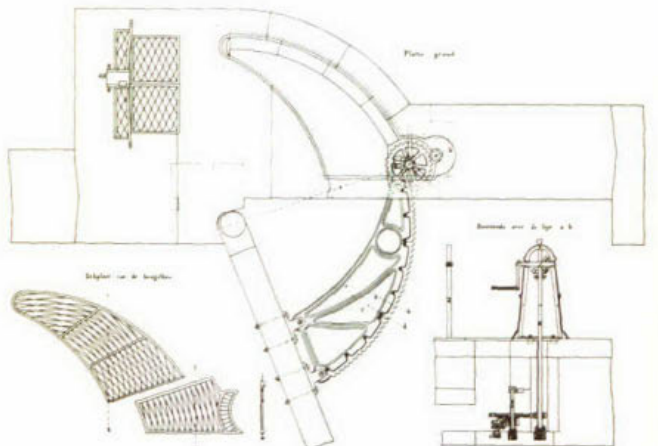
172. Kaapstander met duwboom en kettingen in de Kolksluis te Spaarndam.

Vroeger werd in plaats van een ketting een touw gebruikt, terwijl in de 20ste eeuw gewoonlijk een kabel werd toegepast. Soms ontbreekt een ketting of een kabel en is de duwboom tevens trekstang. De kaapstanders zijn evenals de duwboom vaak van hout. Vanaf de 19de eeuw werden meestal ijzeren kaapstanders gebruikt, aanvankelijk van gietijzer (afb. 173). Soms paste men ook een ijzeren duwboom toe.

In de 19de eeuw werden in Frankrijk en België nieuwe bewegingsinrichtingen ontwikkeld<sup>366</sup>. In Frankrijk werd in plaats van een duwboom met een ketting over een kaapstander een gebogen gietijzeren raamwerk toegepast. De buitenzijde van de boog was voorzien van tanden. Deze tanden liepen langs een rondsel (klein tandwiel), dat door een windwerk (tandwielkast) werd bewogen. In Nederland werd deze bewegingsinrichting waarschijnlijk voor het eerst gebruikt omstreeks 1850 in de sluis die de Zuid-Willemsvaart verbond met het kanaal van Luik naar Maastricht (afb. 174).



173. Gietijzeren kaapstander in de keersluis te Munnekezijl.



174. Cremailiere, bestaande uit een gebogen raamwerk voorzien van tanden, toegepast in de schutsluis in het Kanaal van Luik naar Maastricht in 1850.



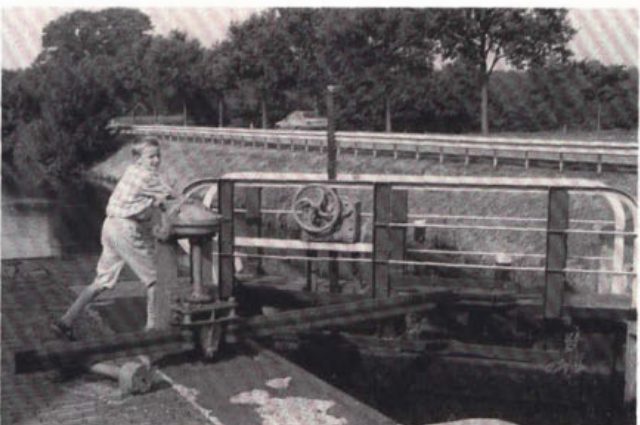
Voor niet al te grote deuren werd later vaak het gebogen kwadrant of de cremaillière toegepast. Dit is een gebogen smeedijzeren staaf met een rechthoekige doorsnede, die aan de buitenzijde is voorzien van tanden (afb. 175). De tanden grijpen in een rondsel en worden met behulp van een windwerk bewogen.

In België paste men omstreeks 1850 in een sluis te Luik in plaats van een gebogen staaf een rechte heugelstang toe, eveneens voorzien van tanden<sup>367</sup>. Deze bewegingsconstructie vond al spoedig ook in Nederland ingang. De stang is met het ene uiteinde scharnierend aan de deur bevestigd, en rust met het andere uiteinde op of in het sluishoofd (afb. 176). Evenals bij het kwadrant wordt de stang door een rol tegen de tanden van een rondsel gedrukt. Het rondsel kon door een slinger, eventueel via een tandwielkast, worden rondgedraaid.

Zowel het getand kwadrant als de rechte heugelstang worden op het sluishoofd ondersteund door rollen. In plaats van een getande staaf werd ook wel een profielijzer gebruikt, waarop tandrepen waren gemonteerd. De tandwielkast heeft meestal een vrij strak uiterlijk. Bij de schutsluis te Leidschendam uit 1887 vormde de gietijze-



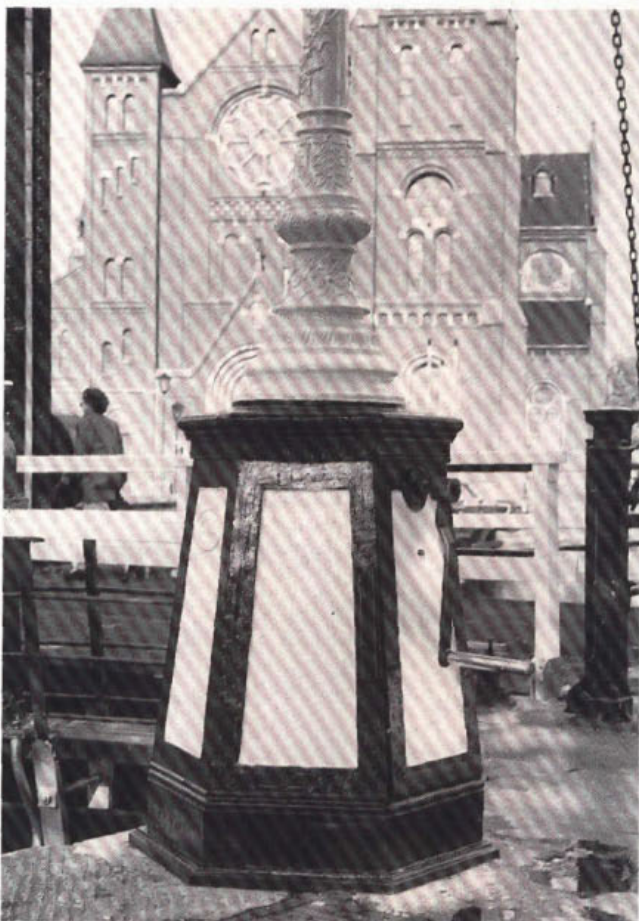
175. Gebogen getand kwadrant of cremaillière in de Weertsluis te Utrecht.



176. Rechte heugelstang in de Haveltersluis in de Drentsche Hoofdvaart bij Havelte.

ren tandwielkast de voet van een eveneens gietijzeren lan-  
taarn (afb. 177).

Een niet zo vaak voorkomend bewegingsmechanisme is dat met kabels en lieren. Vroeger gebruikte men in plaats van kabels meestal touwen (afb. 178). Voor een stel puntdeuren zijn vier stel kabels en lieren nodig. De kabels



177. Tandwielkast van de schutsluis te Leidschendam.



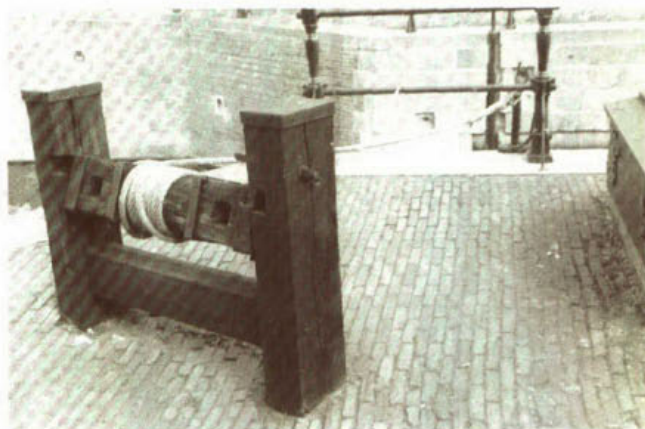
178. Bewegingsmechanisme met touwen en lieren in de schutsluis te Termunterzijl.



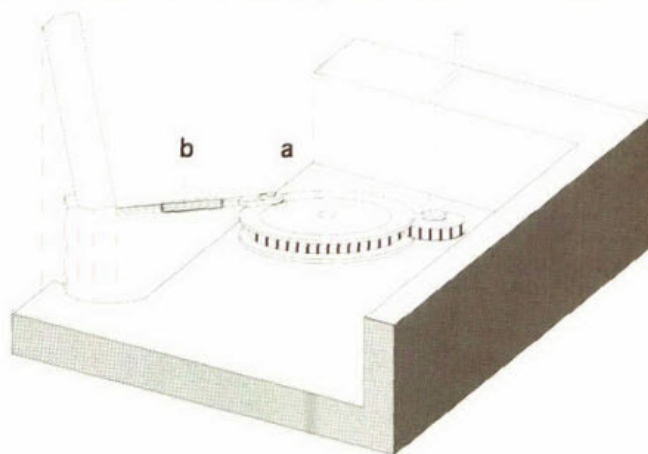
voor het sluiten van de deuren moeten op de tegenoverliggende wand van het sluishoofd worden bevestigd. Daarom moeten de kabels zo lang zijn, dat deze bij geopende sluisdeuren op de bodem van de sluis kunnen rusten om scheepvaart mogelijk te maken. De gespannen kabels zijn gericht volgens de koorde van de boog die het bevestigingspunt op de deuren bij het bewegen doorloopt.

Soms gebruikte men alleen touwen om de puntdeuren te openen (afb. 179). Het sluiten van de deuren gebeurde met een schippershaak.

Voor grote deuren voldoen bovengenoemde bewegingsmechanismen niet. Na 1900 worden bewegingsinrichtingen toegepast, waarbij de deuren door middel van een zogeheten Panamawiel of een daarvan afgeleid mechanisme worden geopend en gesloten. Het wiel is door middel van een duwpers met de deur verbonden (afb. 180). Ook hier is deze weer gericht volgens de koorde van de boog die het bevestigingspunt op de deuren bij het bewegen doorloopt. Om ongewenste stoten op de deur te kunnen opvangen is de duwpers meestal voorzien van een veermechanisme. Dit mechanisme wordt tevens ge-



179. Houten kaapstander met touwen voor het openen van de sluisdeur van de Beurs- of Binnensluis te Schiedam.

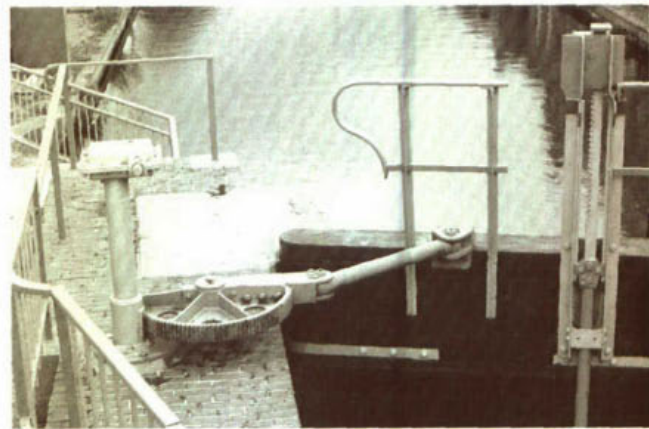


180. Panamawiel.  
a = wiel met tanden of heugelpennen, b = duwpers met veermechanisme.

bruikt om de deuren tegen elkaar of tegen de deurkas aan te spannen. Als aandrijving wordt in plaats van spierkracht gewoonlijk een elektromotor gebruikt. Het veermechanisme moet dan voorkomen dat, wanneer door ijsaangroei of door grof vuil de deuren niet geheel kunnen worden geopend of gesloten, de motor niet vastloopt.

Het Panamawiel werd voor het eerst bij de sluisen in het Panamakanaal toegepast. Voordeel van dit systeem is dat bij een eventueel doordraaien van het wiel de deur niet door de uiterste stand geduwd kan worden, omdat in dat geval de stang weer wordt teruggetrokken. Hetzelfde geldt bij het sluiten van de deur. Dit gaat echter niet op als zich tussen de deuren onderling of tussen de deuren en de drempel of de deurkas grof vuil bevindt.

In Nederland werd het zogenoemde verbeterde of halve Panamawiel ontwikkeld (afb. 181). De duwstang kan hier in het vlak van het wiel worden geplaatst. Bij te ver doordraaien loopt het halve wiel uit de tanden van het rondsel (klein tandrad) waardoor de beweging wordt gestopt. Met name het verbeterde Panamawiel is veel gebruikt, waarbij het wiel gewoonlijk in de sluishoofd wand is geplaatst en mechanisch wordt aangedreven (afb. 182).



181. Het verbeterde of halve Panamawiel in de Monstersluis te Maassluis.

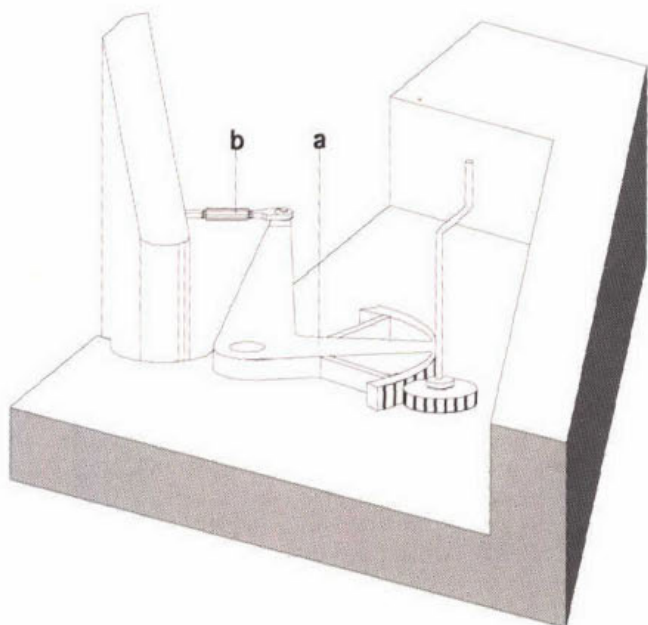


182. Het halve Panamawiel in het sluishoofd van de oude schutsluis te Delfzijl.



Een andere variant op het Panamawiel is het kwadrant, dat slechts uit een kwart cirkel bestaat (afb. 183). Een ter plaatse van het draaipunt aangebrachte fors gedimensioneerde staaf vormt hiermee één geheel. De duwpers met veermechanisme is scharnierend met het uiteinde daarvan verbonden.

Soms werd de duwpers verbonden met een tractor met motor, die langs een tandheugel op het sluishoofd voortbewoog. Het bewegingsmechanisme bewoog hier dus met de deur mee. De duwpers was zowel met de deur als met de tractor scharnierend verbonden en voorzien van een veermechanisme. Deze bewegingsinrichting was echter relatief erg duur en werd alleen bij grote deuren toegepast, zoals bij de 25 m brede Middensluis te IJmuiden (afb. 184).



183. Bewegingswerk met duwpers en getand kwadrant.  
a = kwadrant, b = duwpers voorzien van veermechanisme.



184. Tractor als bewegingswerk voor de middensluis te IJmuiden; op de voorgrond links de duwpers naar de sluisdeur.



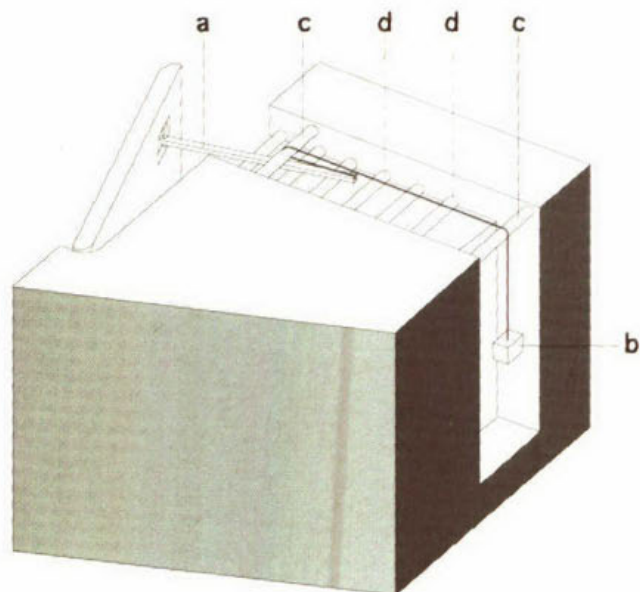
185. Wachtdeur met stalen kruk in een uitwateringssluis bij Brakel.

#### Wachtdeuren en wakers

Bij uitwateringssluizen langs de kust of de benedenrivieren worden de deuren vaak door het stromende water zelf geopend of gesloten. Deze deuren worden wachtdeuren genoemd. Om het stromende water vat op de deur te laten krijgen is deze voorzien van een waker, een inrichting die de deur in open stand uit de sluiskas duwt. Ook wordt wel de draaiaas iets uit het lood geplaatst, zodat de deuren zich in ruststand sluiten.

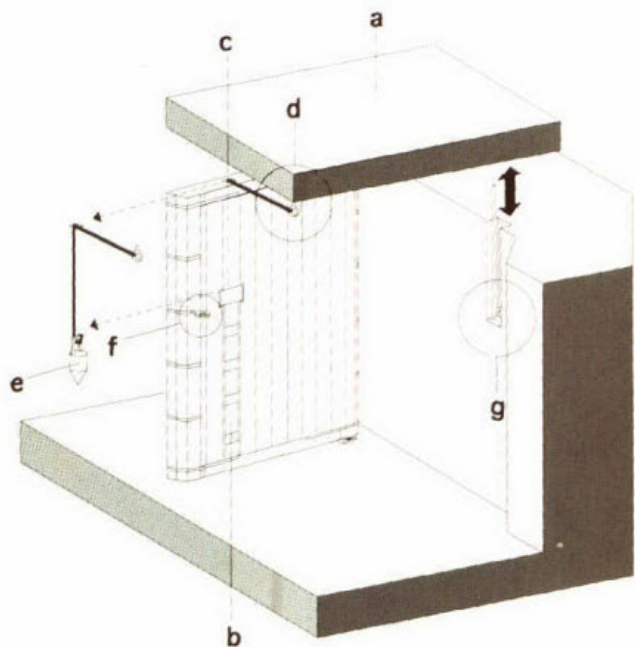
Er bestaan vaste en beweegbare wakers. Bij de enkele draaideur is reeds de vaste waker genoemd, die in een gat in de wand van de deurkas werd gestoken (zie afb. 148). Ook werd wel een stalen kruk aan de deur bevestigd, die gewoonlijk om een verticale as omhoog kon worden geklapt (afb. 185). De vaste wakers kunnen worden verwijderd om de sluis met het volledige profiel te kunnen laten werken. Om de deur bij een binnenwaarts gerichte stroom gemakkelijk te laten sluiten maakt de deur in open stand een hoek van circa 15° met de sluisas. Tevens is het uiteinde van de deurkas sterk afgeschuind (1:5). Naast de bij de enkele draaideur genoemde tijveer, werd als beweegbare waker ook wel een waker met contragewicht toegepast. In de zeesluis te Muiden in de monding van de Vecht werd aan de voorhar van de deuren die voor de uitwatering werden gebruikt, scharnierend een horizontale staaf bevestigd<sup>368</sup>. Deze staaf liep over rollen die zich in een kokervormige uitsparing in het sluishoofd bevonden (afb. 186). Het uiteinde van de staaf is door middel van een kabel die over katrollen loopt met een contragewicht verbonden. Als de deur door de waterdruk wordt geopend, wordt het contragewicht omhooggetrokken. Bij afnemende stroming zal het contragewicht naar beneden zakken en de staaf de deur naar buiten duwen en sluiten.





186. Bewegbare waker met contragewicht in het sluis-hoofd.

*a* = verbindingsstang naar de deur, *b* = contagewicht, *c* = geleiderollen voor de kabel, *d* = geleiderollen voor de verbindingsstang.



187. Bewegbare waker met contragewicht in de deur. *a* = dekplaat van de sluisoker, *b* = verticale koker voor het contragewicht, *c* = kluisgat (opening boven de verticale koker in de deur), *d* = ophangoog voor de kabel van het contragewicht, *e* = contragewicht, *f* = oog voor het vastzetten van de deur in de deurkas, *g* = klink in het sluishoofd.

Bij de uitwateringssluizen in de Afsluitdijk is in de deur een verticale schacht aangebracht, waarin een contragewicht of dranggewicht op en neer kan bewegen (afb. 187)<sup>369</sup>. Het dranggewicht is met een ketting, die door een kluisgat loopt, aan de bovenkant van de sluisoker verbonden. Dit bevestigingspunt bevindt zich tussen de beide uiterste standen van de deur en is verstelbaar. Hierdoor kan in de praktijk de juiste plaats van het ophangpunt worden gevonden.

Onder invloed van alleen het dranggewicht, dus in ruststand, zal de deur half zijn geopend. Een sterke uitstroming duwt de deur in de deurkas, terwijl bij opkomend tij het dranggewicht er voor zorgt dat de deur weer naar de ruststand terugkeerd. Binnenstromend water kan daarna gemakkelijk vat krijgen op de deur en zal deze sluiten. Bij storm kunnen de deuren met een klink in de deurkas worden vastgezet. De eveneens aanwezige hefdeuren nemen dan de waterkerende functie over.

## Constructie

In Nederland zijn alleen houten, ijzeren en stalen puntdeuren toegepast. Puntdeuren van beton blijven daarom buiten beschouwing.

### Houten puntdeuren

Een houten puntdeur bestaat evenals een houten enkele draaideur uit een raamwerk waarop aan de buitenzijde (de hoogwaterzijde) een beplanking is aangebracht (afb. 188). Het raamwerk is opgebouwd uit een voor- en een achterhar, een boven- en een onderregel en daartussen een aantal tussenregels op onderlinge afstanden tot circa één meter. De voorhar van de puntdeur is de stijl die in gesloten toestand tegen de andere deur steunt, de achterhar de stijl ter plaatse van het draaipunt.

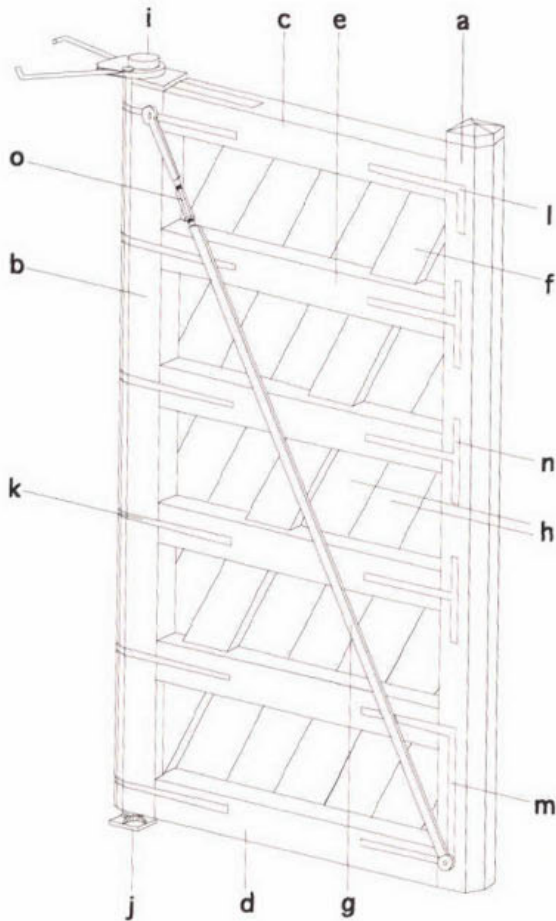
De harren en regels zijn door middel van een pen-en-gatverbinding met elkaar verbonden (afb. 189). Bij grote sluisdeuren wordt de verbinding tussen de achterhar en met name de bovenregel, maar ook wel de andere regels, versterkt door een ijzeren beugel (afb. 188k). Deze is om de achterhar geslagen en met schroeven aan de bovenregel bevestigd. De andere verbindingen tussen de harren en de regels worden vaak versterkt met ijzeren of stalen winkelhaken met een L- of U-vorm (l, m) en krukken in de vorm van een T (n).

De achterhar is in verband met het draaibaar zijn van de deuren vaak afgerond. De voorhar is over ongeveer de halve dikte zodanig afgeschuind, dat het afgeschuinde vlak bij gesloten deuren evenwijdig met de sluisas is. De deuren rusten dan met dit vlak tegen elkaar, waardoor het water gekeerd kan worden. Omdat deze afschuining slechts over de halve breedte plaatsvindt, lopen de deuren niet in een punt uit maar ontstaat er een wigvormige opening tussen de tegen elkaar gedrukte voorharren van de beide puntdeuren.

Door het eigen gewicht van de deur zal deze de neiging hebben te schranken (scheefzakken). Om dit tegen te gaan zijn enkele voorzieningen aangebracht. Ongeveer

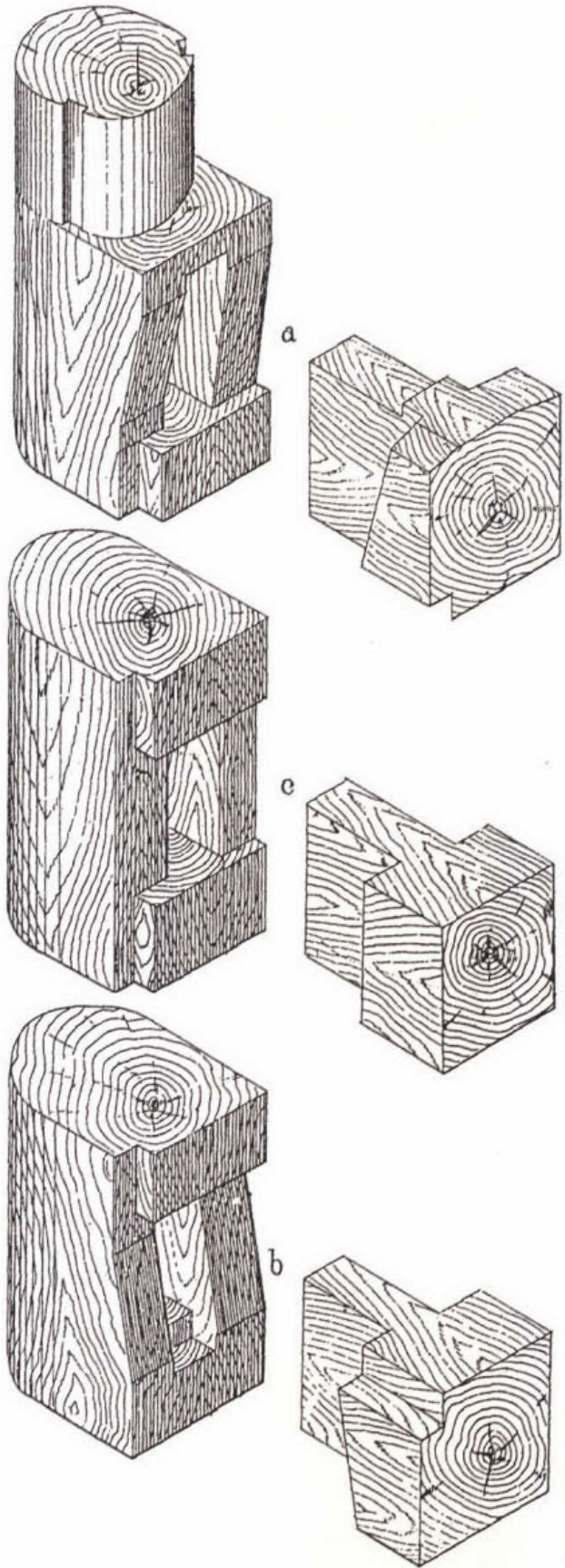


tussen de onderkant van de achterhar en de bovenzijde van de voorhar bevindt zich een schrankschoor (afb. 188f), terwijl tevens de beplanking evenwijdig aan deze schoor is aangebracht. Daarnaast is de onderkant van de voorhar door twee trekstangen (g) met de bovenkant van de achterhar verbonden. Deze trekstangen bevinden zich aan weerszijden van de deur. De trekstang aan de binnenzijde wordt soms ter plaatse van de regels door middel van houten stroken beschermd tegen aanvaren. De platstalen stangen zijn voorzien van een wartel en kunnen zo worden nagespannen.



188. Constructie van een houten punteur.  
*a = voorhar, b = achterhar, c = bovenregel, d = onderregel, e = tussenregel, f = schrankschoor, g = trekstang, h = beplanking, i = hals met halsbeugel, j = taats met taatspot, k = beugel, l = winkelhaak, m = dubbele winkelkaak, n = kruk, o = wartel.*

189. Pen-en-gatverbinding tussen de achterhar en de bovenregel (a), de onderregel (b) en een tussenregel (c).

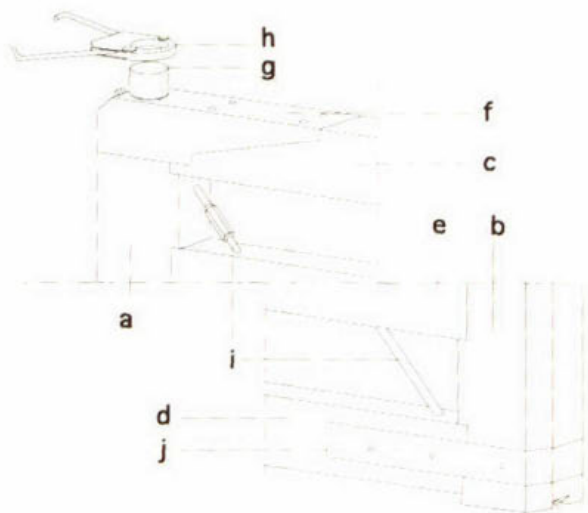




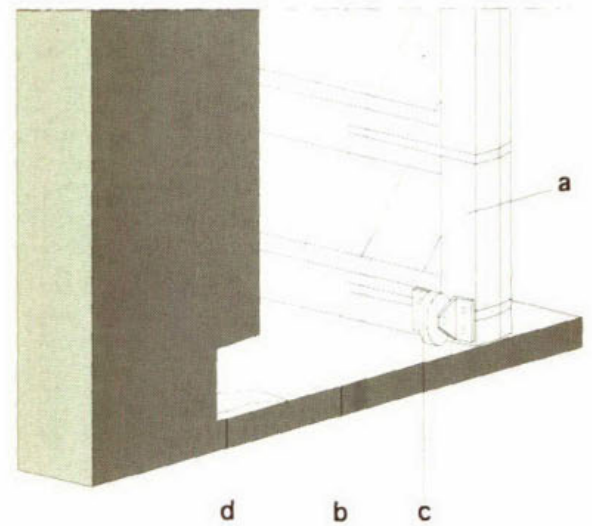
In plaats van een trekstang aan weerszijden van de deur is ook wel één ronde trekstang toegepast, die door in de harren en regels geboorde gaten is gestoken (afb. 190). Deze is aan de beide uiteinden voorzien van schroefdraad, waarop een moer is gedraaid.

In de 19de eeuw werden ook nog wel andere voorzieningen toegepast om doorzakken te voorkomen. Soms werd aan de onderzijde van de voorhar een wiel gemonteerd. Dit liep over een in de sluisvloer aangebrachte platte rail, die een cirkelbaan beschreef. Bij het openen werd de deur dan echter min of meer scheluw (krom) getrokken, doordat deze ten gevolge van de wrijving van het wiel aan de onderzijde iets werd tegengehouden. Daardoor raakte de deur op den duur uit haar verband. Beter is het om het wiel alleen dienst te laten doen als de deur zich in de sluis-kas bevindt. Hiertoe werd alleen ter plaatse van de deurkas een flauw oplopende rail aangebracht (afb. 191). Een andere methode, met name voor deuren die vaak openstaan, is om de voorhar aan de buitenzijde te voorzien van een stang met een kruk (afb. 192A) De stang loopt door op de voorhar gemonteerde ogen, welke evenals de stang zelf van een schroefdraad zijn voorzien. In geopende deurstand kan de stang naar beneden worden gedraaid, waardoor deze op de vloer komt te rusten. Soms werd aan de bovenzijde van de voorhar een console-achtig hulpstuk gemonteerd, waarmee de deur in open stand op het sluishoofd rustte (B).

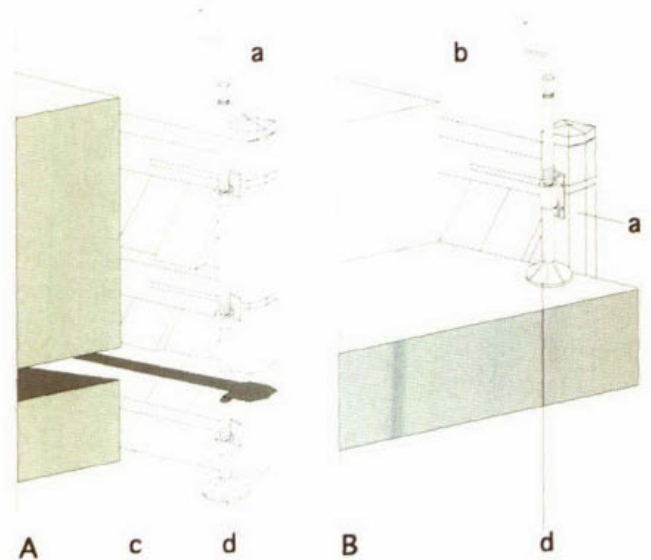
Ten einde de kering waterdicht te maken is ter plaatse van de slagstijl en de benedendorpel een houten aanslaglijst op het deurvlak gemonteerd (afb. 193c). Bij kokersluizen, waar het hoge water boven de koker kan stijgen, moeten de deuren tevens aan de bovenzijde bij de bovendorpel water keren. De sluisdeuren zijn in dat geval ook aan de bovenzijde voorzien van een aanslaglijst.



190. Centraal bevestigde trekstang in een puntdeur. a = achterhar, b = voorhar, c = bovenregel, d = onderregel, e = tussenregel, f = gietstalen 'muts', g = hals, h = halsbeugel, i = trekstang met wartel, j = beugel.



191. Puntdeur met steunwiel tegen doorzakken. a = voorhar, b = onderregel, c = steunwiel, d = oplopend steunvlak.



192. Steunconstructie tegen doorzakken van een puntdeur: (A) aan de onderzijde en (B) aan de bovenzijde. a = voorhar, b = bovenregel, c = onderregel, d = steunconstructie.

In tegenstelling tot de enkele draaideur treedt bij puntdeuren in gesloten stand ook een grote kracht in de richting van de deuras op. Om de onder- en de bovendraaipunten (taats en keuspot en hals en halsbeugel) te ontlasten, wordt de achterhar in gesloten stand tegen de wand van het sluishoofd gedrukt. Ten einde ook bij de draaias een waterdichte afsluiting te krijgen, is aan de binnenzijde van de puntdeur op de achterhar een aanslaglijst aangebracht. De deur drukt hier dus langs twee verticale stroken in de sluishoofd-wand tegen de slagstijl. De slagstijl is meestal van natuursteen maar bij betonnen wanden ook wel van ijzer of staal gemaakt. Om grote slij-



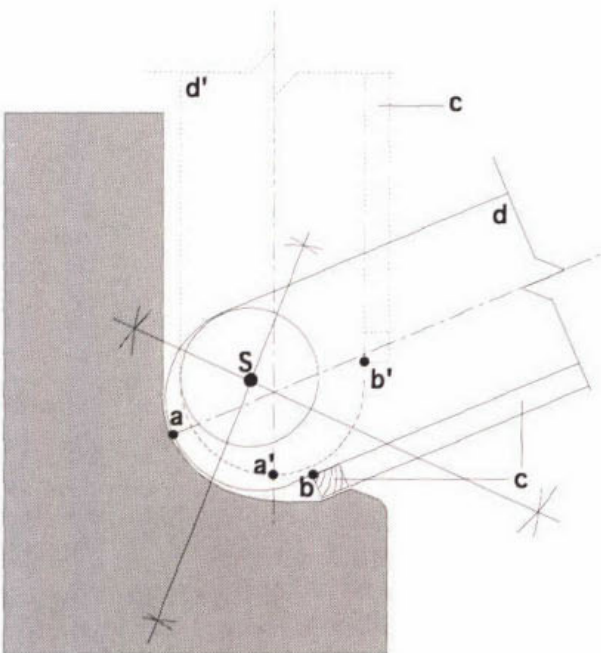
tage bij het openen en sluiten van de deur te voorkomen, is de draaias excentrisch ten opzichte van de deuras gekozen (afb. 193). In open stand is de deur vrij van de slagstijl, terwijl bij het sluiten de deur hier geleidelijk tegenaan wordt gedraaid. Het punt waar de verticale draaias doorheen gaat wordt het punt van vrijdraaiing of het vrijdraaipunt genoemd.

Het punt van vrijdraaiing wordt op de volgende wijze bepaald. De deur wordt op schaal zowel in gesloten (d) als in open (d') stand getekend, waarbij de deur in open stand vrij is van de aanslagen. Als men nu een zeker punt van de deur aanneemt en dit zowel op de gesloten (a) als op de open deur (a') aangeeft, dan zal het draaipunt van de deur zich op de middelloodlijn van beide punten bevinden (de punten op deze lijn hebben een gelijke afstand tot beide punten). Door hetzelfde voor een tweede punt (b) van de deur te doen, vindt men het vrijdraaipunt als het snijpunt (S) van de beide middelloodlijnen.

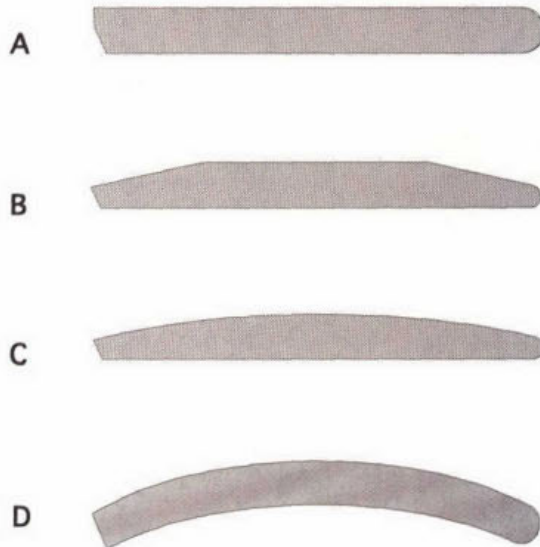
De bovenzijde van de voorhar en van het bovenzvlak van de achterhar rond de hals zijn meestal met lood bekleed, om inwateren van het kopse hout te voorkomen. Om de puntdeuren te kunnen inhangen en verwijderen zijn op de bovenregel vaak hijsogen gemonteerd. Bij grote deuren loopt de bevestiging van deze ophangogen door tot de bovenste tussenregel. Soms zijn onder de bovenste tussenregel enkele gaten in de beplanking aangebracht, waardoor een kabel kan worden gestoken.

#### IJzeren en stalen puntdeuren

Bij ijzeren en stalen puntdeuren onderscheidt men voor wat betreft de horizontale doorsnede vlakke en gebogen



193. Bepaling van het punt van vrijdraaiing. a, b = twee vaste punten op de deur in gesloten stand (d), a', b' = dezelfde punten op de deur in open stand (d'), c = verticale en horizontale aanslaglijsten, S = vrijdraaipunt.



194. Vormen van ijzeren en stalen puntdeuren in horizontale doorsnede: (A) rechthoekig, (B) trapeziumvormig, (C) half gebogen, (D) geheel gebogen.

deuren (afb. 194). De vlakke deuren zijn er in drie hoofdvormen, waarbij de waterkerende zijde recht (A), trapeziumvormig (B) of gebogen (C) is.

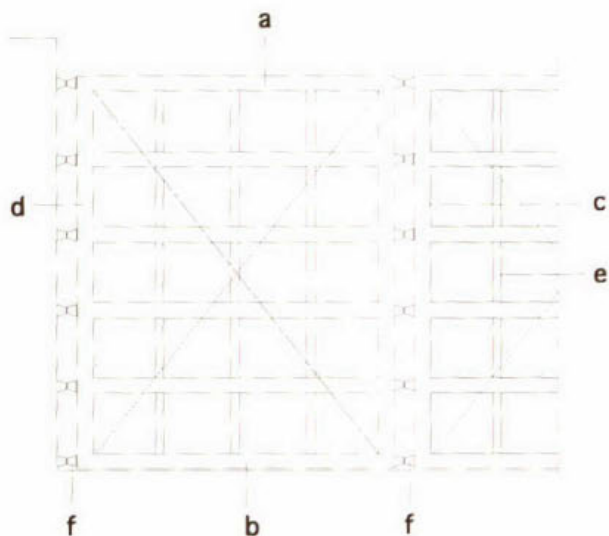
De vlakke deur met een rechthoekige doorsnede heeft over de gehele lengte dezelfde dikte en is geschikt voor kleine puntdeuren. Voor grote deuren voldoen de beide andere vlakke deurvormen beter, daar deze zijn aangepast aan het krachtenverloop in de deur. Omdat deze constructie bewerkelijk was, werden later ook grote deuren uitgevoerd met een in horizontale doorsnede rechthoekige vorm.

De geheel gebogen puntdeur (D) heeft het voordeel dat door boogwerking de krachten min of meer in het vlak van de deur lopen, waardoor de buiging in de deur gering is en de deur veel lichter kan worden uitgevoerd. De deur vereist echter een vrij diepe deurkas, terwijl ook de gebogen staalconstructie duur was. Ook geeft deze vorm problemen bij de constructie van de slagdrempel. Daarom is de gebogen deur weinig toegepast.

Naar constructietype worden regeldeuren en stijldeuren onderscheiden. Het eerste type is geschikt voor hoge smalle deuren en bestaat uit een raamwerk van horizontale regels tussen twee eindstijlen: de voor- en de achterhar (afb. 195). Bij grote deuren zijn tussen de regels secundaire tussenstijlen gemonteerd. Over de regels en eventuele tussenstijlen bevindt zich een beplating, die tevens zorgt voor de torsiestijfheid van de deur. Om deze stijfheid nog te verhogen zijn meestal ook trek- en drukdiagonalen aangebracht.

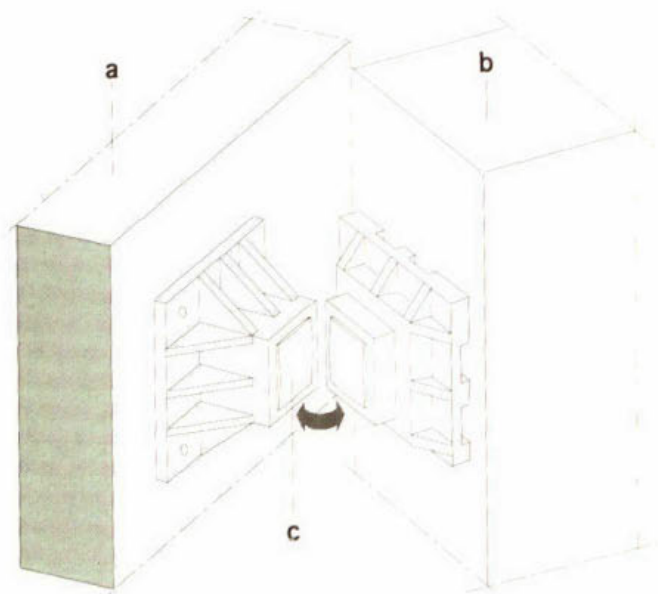
De waterdruk wordt door de beplating (eventueel gedeeltelijk via tussenstijlen) op de regels overgebracht. De regels voeren de krachten naar de eindstijlen, die op hun beurt de krachten op de steunpunten overbrengen. Bij kleine deuren wordt de spatkracht meteen door de achterhar op het sluishoofd overgedragen. Bij grote deuren





195. Schema van de constructie van een stalen puntdeur als regeldeur.

*a* = bovenregel, *b* = onderregel, *c* = voorhar, *d* = achterhar, *e* = tussenstijl, *f* = drukstoel.



196. Gietstalen drukstoel voor een stalen regeldeur.  
*a* = sluishoofd, *b* = achterhar sluisdeur, *c* = drukstoel.

zijn ter plaatse van de regels zowel op de achterhar als op de aanslag in de sluishoofd wand gietstalen steunpunten of drukstoelen gemonteerd, (afb. 196, zie ook schema afb. 195). Een soortgelijke constructie is ook wel bij de voorhar van grote deuren toegepast.

Bij relatief lage en brede puntdeuren is het regeltype ongeschikt. Hiervoor komt de stijldeur in aanmerking (afb. 197A). Het raamwerk van dit deurtje bestaat uit verticale stijlen, bevestigd op twee zware regels, een onder- en een bovenregel. Vaak zijn naast de twee hoofdregels tus-

sen de stijlen extra tussenregels aangebracht. De waterdruk wordt hier door de beplating gedeeltelijk via de eventuele tussenregels en gedeeltelijk rechtstreeks op de stijlen overgebracht. De stijlen voeren de krachten naar de beide hoofdregels, die op hun beurt de krachten op de steunpunten overbrengen.

De bovenregel wordt zwaar belast en heeft daarom forse afmetingen. Aanvankelijk werd deze dan ook zwaarder gedimensioneerd dan de andere delen van de deur, waardoor er in de deurkas ter plaatse van deze regel een extra uitsparing nodig was. Dit was nogal bewerkelijk, zodat deze uitvoering na 1900 nauwelijks meer werd toegepast, maar de deur overal dezelfde dikte kreeg.



197. Schema van de hoofdconstructie van een stalen deur als stijldeur: (A) normale uitvoering, (B) met hooggelegen onderregel en laaggelegen bovenregel.

*a* = bovenregel, *b* = onderregel, *c* = voorhar, *d* = achterhar, *e* = tussenstijl, *f* = drukstoel, *g* = aanslagregel bij de drempel.



Ter plaatse van de bovenregel is bij de aanslag in de sluis-  
hoofdwand een drukstoel gemonteerd, die de spatkracht  
naar het sluishoofd moet overbrengen. Een soortgelijke  
constructie bevindt zich daar waar de voorhar tegen de  
andere deur wordt gedrukt (f in afb. 197A).

De onderregel wordt nog zwaarder belast, omdat naar  
beneden toe de waterdruk toeneemt. Bevindt deze zich  
echter ter hoogte van de drempel, dan kunnen de afme-  
tingen relatief gering zijn, omdat de krachten grotendeels  
rechtstreeks aan de drempel worden overgedragen. Dit  
heeft tot gevolg dat de drempel zeer zwaar wordt belast.  
Daartoe moet deze zorgvuldig en stevig met de fundering  
worden verankerd. Bij grote deuren en een slappe onder-  
grond was dit vaak moeilijk te verwezenlijken. Daarom  
werd de onderregel iets hoger geplaatst (b in afb. 197B).  
De belasting wordt dan op dezelfde wijze overgebracht  
als bij de bovenregel, eveneens door middel van druk-  
stoelen (f). De onderregel moet dan wel grote buigkrach-  
ten kunnen opnemen. Om deze regel te ontlasten werd  
daarom de bovenregel (a) lager geplaatst, waardoor de  
stijlen aan de bovenzijde uitkragen. Hierdoor is de be-  
lasting beter over de beide regels verdeeld.

Onder water ondervindt een deur een opwaartse kracht  
die gelijk is aan het gewicht van het verplaatste water.  
Het resulterende gewicht van een in het water geplaatste  
houten deur is daarom relatief klein, omdat het gewicht  
hiervan niet veel groter is dan dat van het verplaatste wa-  
ter. IJzer heeft een veel groter soortelijk gewicht, zodat  
een ijzeren of stalen deur zonder speciale voorzieningen  
een veel groter resulterend gewicht zal hebben. Hierdoor  
zouden zeer grote krachten op de beide draaipunten wer-  
ken. Om deze te verminderen is de deur voorzien van een  
binnen- en een buitenbeplating met daartussen lucht-  
kisten (afb. 198). Tevens zijn hier ballastkisten aange-  
bracht, waarmee door het in- en uitpompen van water  
het gewicht van de deur kan worden geregeld. De lucht-  
kisten worden zoveel mogelijk bij de voorhar geplaatst  
en de ballastkisten bij de achterhar. Dit om de horizonta-  
le krachten op de draaipunten te verminderen.

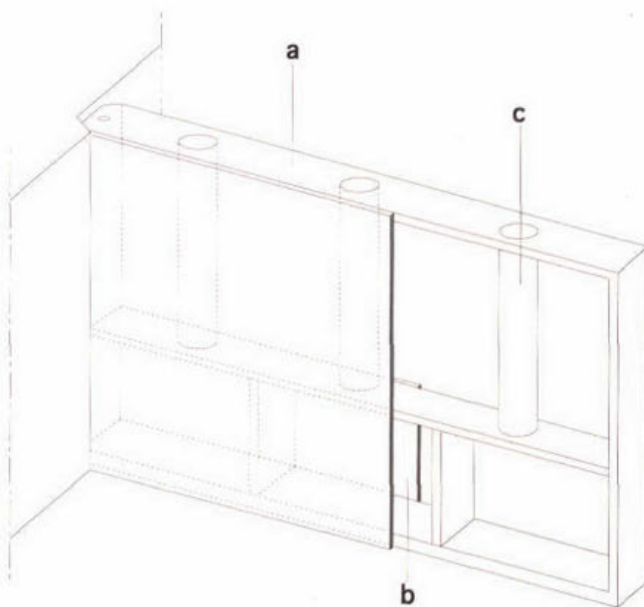
De beplating van de deuren hoeft slechts aan één zijde tot de  
hoogste waterstand te worden opgetrokken. Dit gebeurt  
gewoonlijk aan de laagwaterzijde (de binnenzijde, afb. 199A). Bij  
stijging van het water aan de buitenzijde komt boven de lucht-  
kisten water te staan, zodat de opwaartse kracht relatief weinig  
zal toenemen.

Bij een beplating aan de hoogwaterzijde (de buitenzijde, afb.  
199B) zal zich in gesloten stand de situatie voordoen dat het wa-  
ter aan de buitenzijde hoog staat en aan de binnenzijde laag. Er  
staat dan geen water boven de luchtkisten, zodat de ruimte er-  
boven eveneens als luchtkist gaat fungeren. De opwaartse  
kracht kan dan groter worden dan het eigengewicht, waardoor  
de deur de neiging zal hebben om op te drijven. Dit zou moeten  
worden tegengegaan door het in- en uitpompen van water in de  
ballastkisten, hetgeen omslachtig en ook niet logisch is.

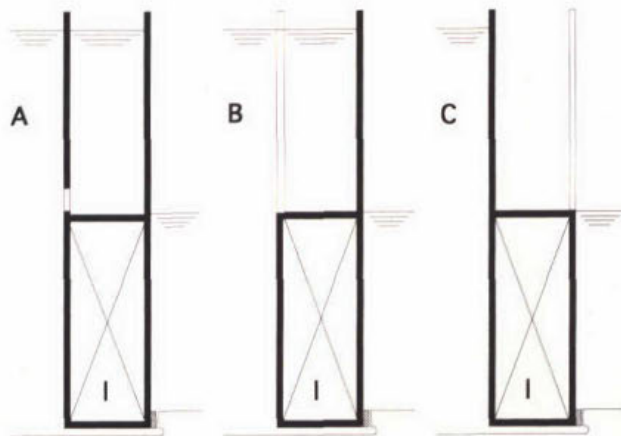
Bij een tweezijdige beplating wordt de beplating aan de hoog-  
waterzijde voorzien van openingen vlak boven de luchtkisten  
(afb. 199C). Door deze openingen af te sluiten, kan men de deur  
bij een hoge waterstand laten opdrijven, bijvoorbeeld voor on-  
derhoudswerkzaamheden.

Bij kleine deuren bestaat het raamwerk gewoonlijk uit  
gewalste profielen, vooral I- en U-profielen. Voor de  
trekdiagonalen worden meestal strippen (platijzers) ge-  
bruikt en voor de drukdiagonalen hoek-, T- of U-profielen.

Voor grote deuren zijn de profielen niet toereikend en is  
het raamwerk meestal opgebouwd uit samengestelde (of  
geconstrueerde) liggers met een volwandig of openge-  
werkt lijf. Bij zeer grote puntdeuren zijn de regels als vak-  
werk uitgevoerd. Samengestelde liggers lenen zich goed  
om aan de uiteinden minder dik te worden uitgevoerd  
dan in het midden.

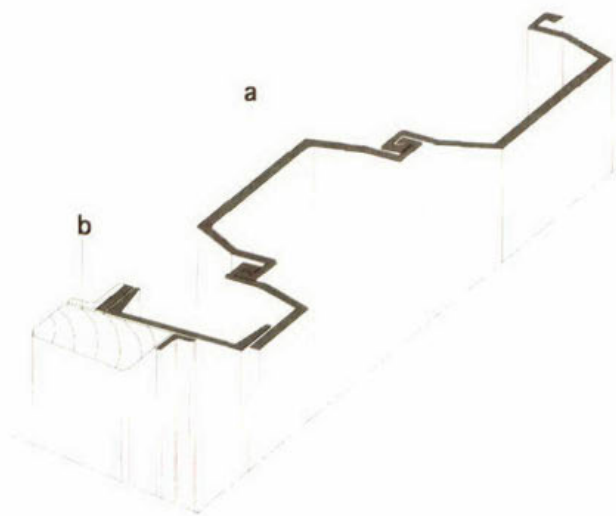


198. Lucht- en ballastkisten in een stalen puntdeur.  
a = deur, b = luchtkist (ballastkist), c = toegangskoker of  
mangat.

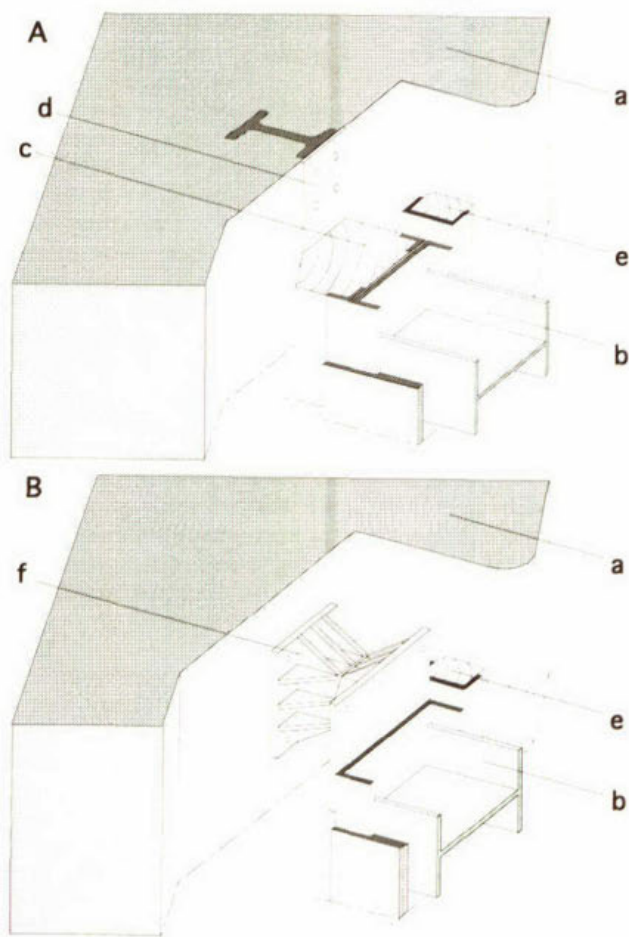


199. Wijze van aanbrengen beplating op stalen puntdeuren  
boven de luchtkisten (l): (A) aan weerszijden, (B) alleen  
aan de laagwaterzijde en (C) alleen aan de hoogwater-  
zijde.





200. Deel van de doorsnede van een puntdeur, samengesteld uit aan elkaar gelaste Larssenprofielen. a = Larssenprofiel, b = houten aanslagstijl.



201. Aanslagen voor stalen puntdeuren bij de achterhar: (A) regeldeur, (B) stijldeur. a = sluishoofd, b = puntdeur, c = houten aanslagstijl, d = stalen aanslagstijl in sluishoofd, e = houten aanslaglijst loodrecht op het deurvlak, f = stalen drukstoel.

Bij de eerste ijzeren deuren werden de verschillende profielen, strippen en platen waaruit de deur is samengesteld aan elkaar geklonken. Vanaf circa 1930 verschenen echter steeds meer gelaste puntdeuren. Tot de eerste volledig gelaste puntdeuren behoren die van de uitwateringssluizen in de Afsluitdijk<sup>370</sup>. Deze stalen deuren zijn samengesteld uit Larssenprofielen (afb. 200).

De stalen puntdeur moet in gesloten stand zo weinig mogelijk water doorlaten. Daarom wordt een regeldeur voorzien van houten aanslaglijsten ter plaatse van de drempel en bij de voor- en de achterhar. Ter plaatse van de achterhar zijn twee houten aanslaglijsten nodig: één in de richting van de deuras om de spatkrachten op te vangen en één loodrecht op de deuras waarmee de deur door de waterdruk tegen de aanslaglijst wordt geduwd (afb. 201A). Bij stijldeuren en bij grote regeldeuren met een groot verval is een houten aanslag in de richting van de deuras niet sterk genoeg om de spatkrachten over te brengen. Deze worden dan door stalen drukstoelen op de aanslag van het sluishoofd overgebracht (B).

Bij grote stalen deuren moet tevens rekening worden gehouden met enige uitzetting ten gevolge van temperatuurschommelingen, waardoor de houten aanslaglijst op de voorhar enigszins afgerond moet zijn. Bij de voorhar van regeldeuren worden in dat geval de krachten door stalen aanslaglijsten overgebracht (afb. 202A). Ook worden wel plaatselijk stalen drukstoelen gemonteerd, zoals dit ook bij de achterhar werd gedaan. Bij stijldeuren is dit zelfs noodzakelijk (B). Hierdoor zal de aanslag niet meer in staat zijn het water te keren. Daarom wordt aan de binnenzijde van de puntdeuren een rubberen strip verend aan de voorhar bevestigd, waardoor een elastische aanslag wordt verkregen.

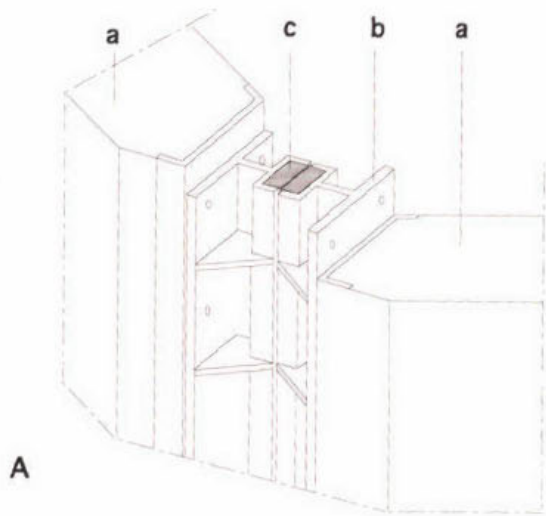
Bij regeldeuren waarbij de onderste regel direct op de drempel aansluit, is de in een U-profiel gevatte houten lijst voorzien van een rubberstrook die als afsluiting dient, terwijl de houten lijst zelf de krachten overdraagt (afb. 203). Bij stijldeuren waar zich de onderregel niet ter plaatse van de onderdorpel bevindt, is aan de onderzijde een soortgelijke verende strip gemonteerd als die hiervoor bij de voorhar is beschreven.

### 3.3. Toldeuren

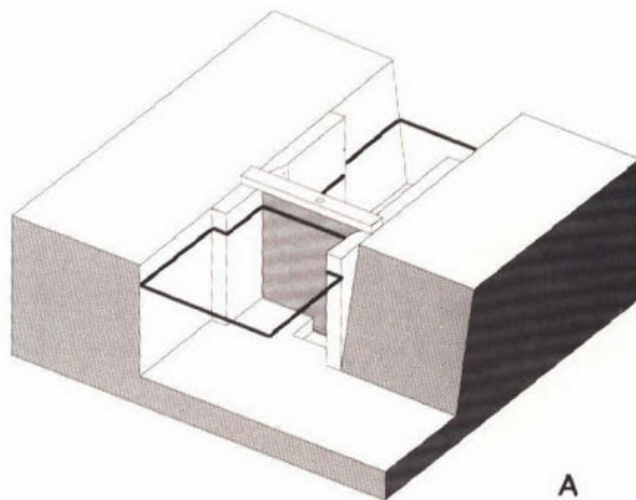
Een toldeur draait, evenals een enkele draaideur, om een verticale as. Deze as bevindt zich echter niet bij één van de uiteinden van de deur, maar iets uit het midden daarvan (afb. 204). De breedten van de beide delen van de deur aan weerszijden van deze as verhouden zich ongeveer als 3:4.

Het onderste draaipunt is in de sluisbodem verankerd, terwijl bij kokersluizen het bovenste draaipunt in de zoldering van de koker is bevestigd. Bij open sluisen is meestal tussen de beide wanden van het sluishoofd een balk geplaatst, waaraan het bovendraaipunt is verankerd. Soms is het bovendraaipunt slechts via een stijve plaat of twee balken in V-vorm naar één sluiswand verankerd.

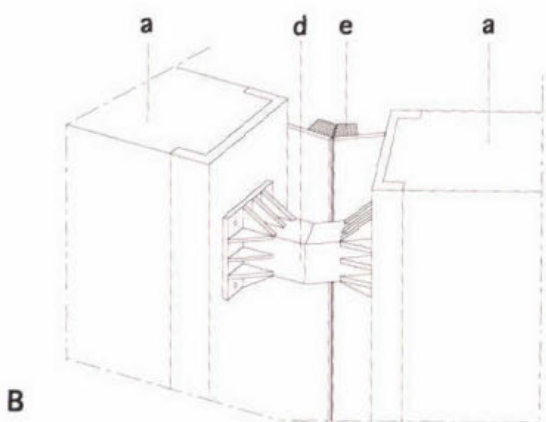




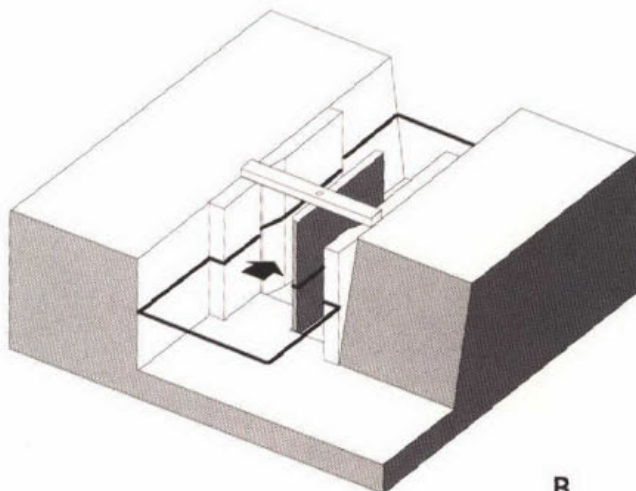
A



A



B

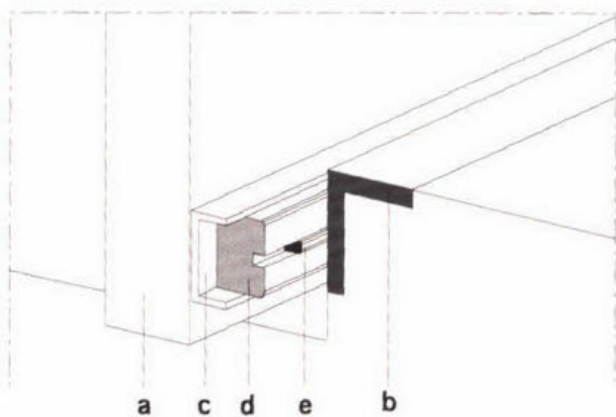


B

202. Aanslagen voor stalen puntdeuren bij de voorhar: (A) regeldeur, (B) stijldeur.

a = puntdeuren, b = profiel voor aanslaglijst, c = stalen aanslaglijst, d = stalen drukstoel, e = elastische dichting van houten lijsten op een rubberstrook.

204. Toldeur: (A) gesloten; (B) open.



203. Onderaanslag van een stalen puntdeur.  
a = deur, b = stalen drempel-profiel, c = U-profiel, d = houten aanslaglijst e = rubberstrip.

Toldeuren werden vaak van hout gemaakt. Er bestaan echter ook enkele voorbeelden van ijzeren en stalen deuren.

### Toepassing

De toldeur is een oude, typisch Nederlandse constructie, die aanvankelijk spildeur werd genoemd. De eerste toldeur werd rond 1500 in Brielle gemaakt<sup>371</sup>. Deze deur bevond zich in een 'raam' (gebint), waarin aan de onderzijde een sponning was aangebracht. In gesloten stand stond de deur in de sponning. Om de deur te openen, werd deze door middel van een 'yser reetschap' (ijzeren bewegingswerk) een 10 cm omhoog gedraaid. De druk van het water deed de deur daarna een kwartslag draaien, zodat het water door de sluis kon stromen.



Adriaen Jansz., aan het einde van de 16de eeuw 'Stadmeester' van Rotterdam, kwam met een nieuw ontwerp<sup>372</sup>. Het bovendraaipunt was via twee balken met één van de sluiswanden verbonden, zodat bij open stand de doorvaarthoogte aan de andere zijde onbeperkt was (afb. 205). Als vergrendeling gebruikte hij een verticale balk, die in een sponning van de sluiswand was geplaatst. In 1594 kreeg Jansz. van de Staten van Holland een octrooi voor twaalf jaar.

De draaias van de deur was op een afstand van éénvijfde van de sluiswand geplaatst. Het bovendraaipunt werd door twee in V-vorm geplaatste, horizontale balken gefixeerd. De balken werden in de dichtstbij zijnde sluiswand verankerd. Hiermee was bijna viervijfde van de sluisbreedte beschikbaar voor de scheepvaart, waarbij de schepen met staande mast konden doorvaren. In de sluiswand aan de zijde van de scheepsdoorgang waren op enige afstand van elkaar twee verticale houten stijlen gemonteerd. Tussen de beide stijlen werd een houten balk geplaatst, die met de onderzijde in een pot rustte. Om de deur te sluiten werd deze balk aan de bovenkant half voor de deur geduwd. De balk bleef van onderen geheel tussen de beide stijlen en van boven voor de helft. Was het water voor de deur voldoende gezakt (of het water achter de deur voldoende gestegen) dan werd de balk in de sponning getrokken, waarna de deur door het water werd geopend.

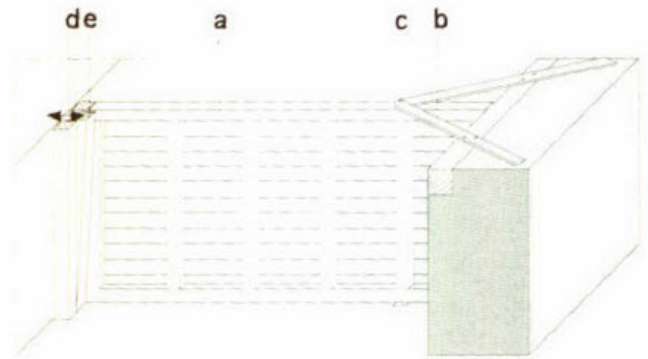
Adriaen Diericxsz, rond 1600 werkzaam als timmerman in Delft, bracht enkele verbeteringen aan de toldeur aan<sup>373</sup>. Hij stelde voor puntdeuren te gebruiken en deze te voorzien van een toldeur (afb. 206). Als sluiting van de toldeur gebruikte Diericxsz een ijzeren 'draaiboom'.

Deze draaiboom bestond uit een rechthoekige driehoek, waarvan de verticale staaf in op de achterhar van de puntdeur gemonteerde ogen draaide. De schuine staaf was aan de bovenzijde voorzien van een klink, die achter een op de puntdeur aangebrachte ijzeren 'neus' kon worden gehaakt. Door de klink op te lichten, kon de draaiboom van voor de deur worden weggedraaid, waarna de deur door het water werd geopend. De vinding van Diericxsz werd kort daarop toegepast in twee sluisen te Maaslandsluis (Maassluis) en één te Helvoetsluis.

Tileman van der Horst beschrijft in zijn *Theatrum Machinarum Universale* de toldeuren in het sluiscomplex te Muiden uit 1674<sup>374</sup>. In deze sluis werden twee kleine en twee grote houten toldeuren toegepast met een zich in het midden bevindende tolas (afb. 207). De deuren werden met behulp van een op het sluishoofd geplaatste windas dichtgedraaid en vergrendeld met een klink en een neus.

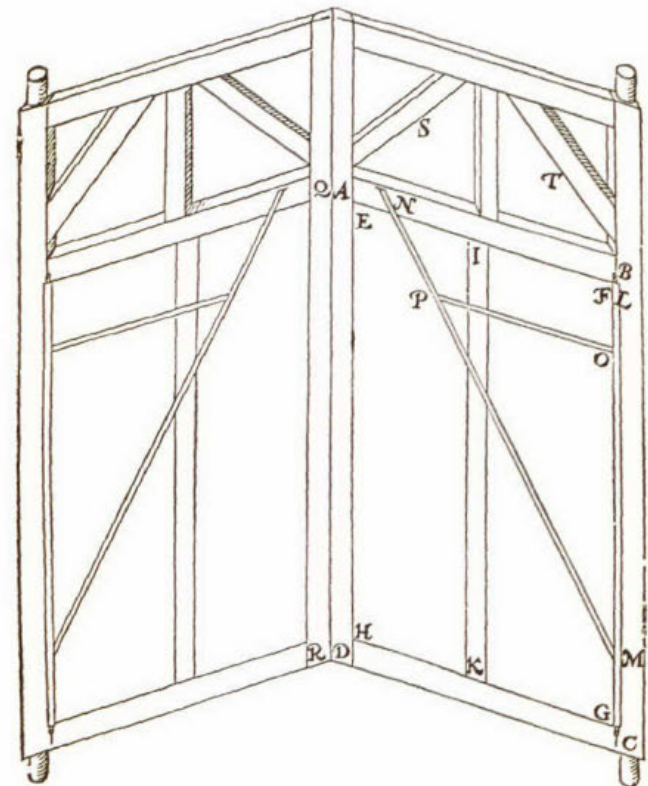
In 1777 werd door de architect van de Stad Zwolle Derk Swens een ontwerp ingeleverd voor de te bouwen Staphorster Sluis bij Zwartsluis<sup>375</sup>. Bij deze schutsluis werd de eis gesteld dat deze in stromend water moest worden gesloten. Swens stelde voor in één van de sluishoofden een stel toldeuren te plaatsen. In gesloten stand hadden deze deuren het uiterlijk van een stel verlengde puntdeuren (zie afb. 55).

De tolassen bevonden zich ter plaatse van de sluiswanden. In het sluishoofd was aan weerszijden een grote 'waaierkas' uitgespaard, waarin het verlengde deel vrij kon bewegen.



205. Reconstructietekening van de toldeur van Adriaen Jansz.

a = toldeur, b = de beide balken voor fixatie bovendraaipunt, c = de draaias, d = sponningstijlen, e = sluitbalk.



206. Toldeuren in puntdeuren van Adriaen Diericxsz. ABCD = puntdeur, EFGH = toldeur, IK = spil of koningsstijl, LMNOP = draaiboom, QR = voorhar linker-puntdeur en S en T = korbelen ter verstijving van de puntdeur.

Het deel van de toldeur dat in de kas draaide was ongeveer 20% korter dan het andere deel. Hierdoor kon de deur door het water worden gesloten gehouden. Het lange deel van de toldeuren, waarmee de sluisdoorgang werd afgesloten, werd voorzien van een grote schuif. Door het openen van deze schuif kon de

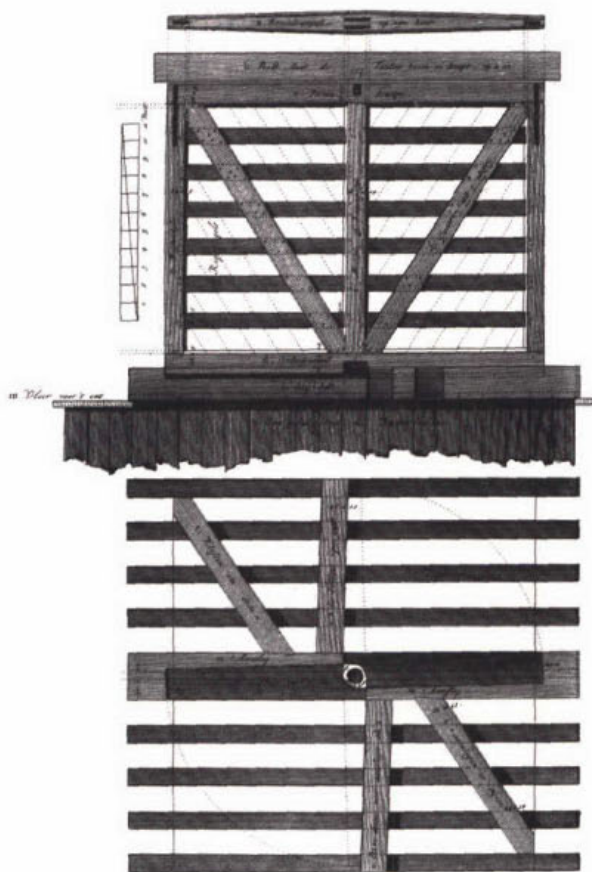


waterdruk op de deur worden verminderd waarna de toldeuren door het water werden opengedraaid.

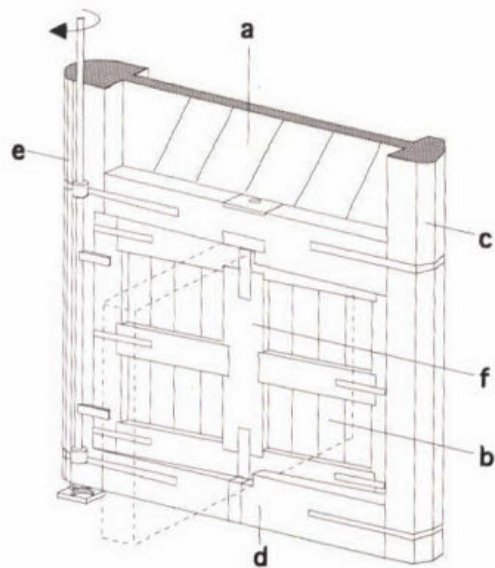
De sluis moest volgens Swens een breedte van circa 7 m krijgen. Evenals het ontwerp met waaierdeuren van Jan ten Holt, werd ook dit ontwerp afgekeurd door C. Redelijkheid. Deze noemde een zestal bezwaren op, hoewel hij desondanks Swens prees om zijn vernuft.

Dubbele toldeuren zijn in de eerste helft van de 19de eeuw toegepast in Londen<sup>376</sup>. Ook werd in diezelfde tijd een ontwerp met dubbele toldeuren gemaakt voor een stuw in de Seine in Frankrijk, dat echter niet werd uitgevoerd. In Nederland werd in 1987 een sluis met dubbele toldeuren gebouwd in Amsterdam aan de Leidsekade, zij het dat deze in gesloten stand een rechte lijn vormen.

In de 19de eeuw is de toldeur meerdere malen gebruikt, zowel zelfstandig als opgenomen in puntdeuren. Bij toepassing in puntdeuren is tussen de onderregel en de onderste tussenregel van de puntdeur het beschot weggelaten en deze ruimte voorzien van een toldeur (afb. 208). Vaak bestrijkt de toldeur de gehele breedte van de puntdeur tussen de voor- en de achterhar. Er zijn echter ook voorbeelden bekend, waarbij de toldeur niet over de hele breedte aanwezig is, maar waar naast de toldeur een schuif is aangebracht (afb. 209).

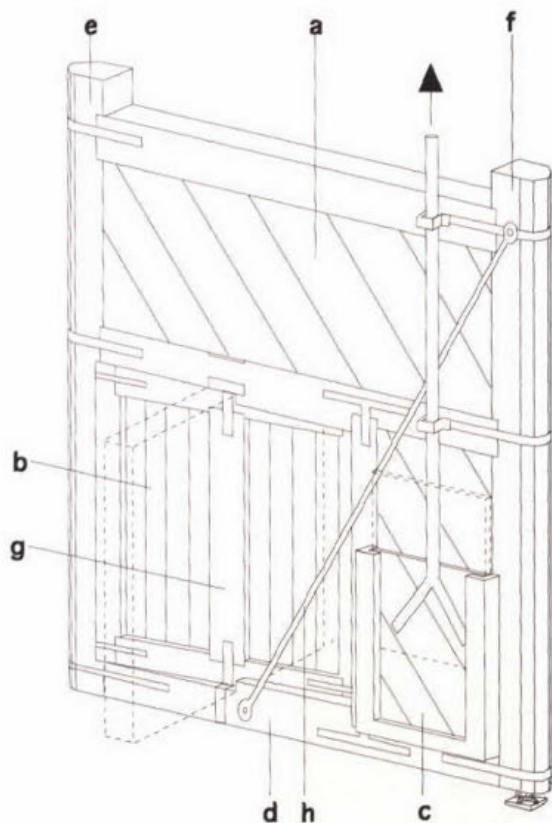


207. Tekening van de toldeuren en de slagdrempel in de Zeeluis te Muiden volgens Van der Horst (1736).



208. Toldeur in een puntdeur.

a = puntdeur, b = toldeur, c = voorhar, d = onderregel, e = achterhar met vergrendeling van de toldeur, f = koningsstijl; toldeur in open stand is gestippeld weergegeven.



209. Toldeur en schuif in een puntdeur.

a = puntdeur, b = toldeur, c = schuif, d = onderregel, e = voorhar, f = achterhar, g = koningsstijl, h = trekstang; toldeur en schuif in open stand zijn gestippeld weergegeven.



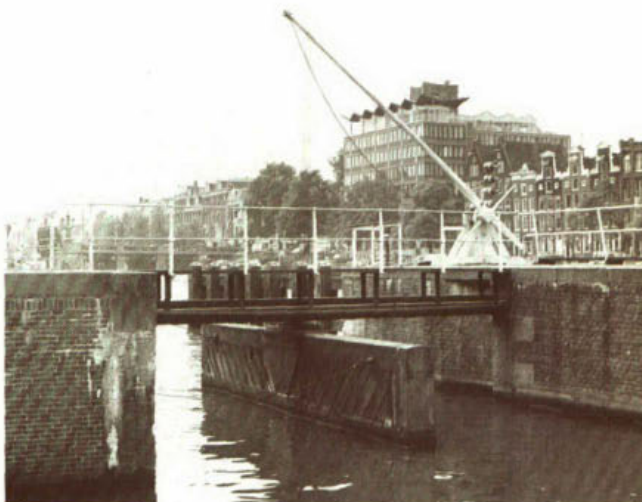
In 1872 werden bij de afsluiting van het IJ bij Schellingwoude de Oranjesluizen gebouwd. De ijzeren vloeddeuren in de binnenhoofden van deze sluizen werden voorzien van ijzeren toldeuren<sup>377</sup>. Blijkbaar voldeden deze deuren niet aan de verwachtingen, want nog geen vijftien jaar later werden de ijzeren deuren vervangen door houten puntdeuren met toldeuren.

Toldeuren werden vooral toegepast als afsluitmiddel in spuisluizen. Deze sluizen lagen meestal bij havens langs de benedenrivieren of de zeearmen, dus op plaatsen waar eb en vloed duidelijk merkbaar zijn. Sluizen waar toldeuren zijn opgenomen in puntdeuren kunnen zowel voor het schutten van schepen als voor het spuien worden gebruikt.

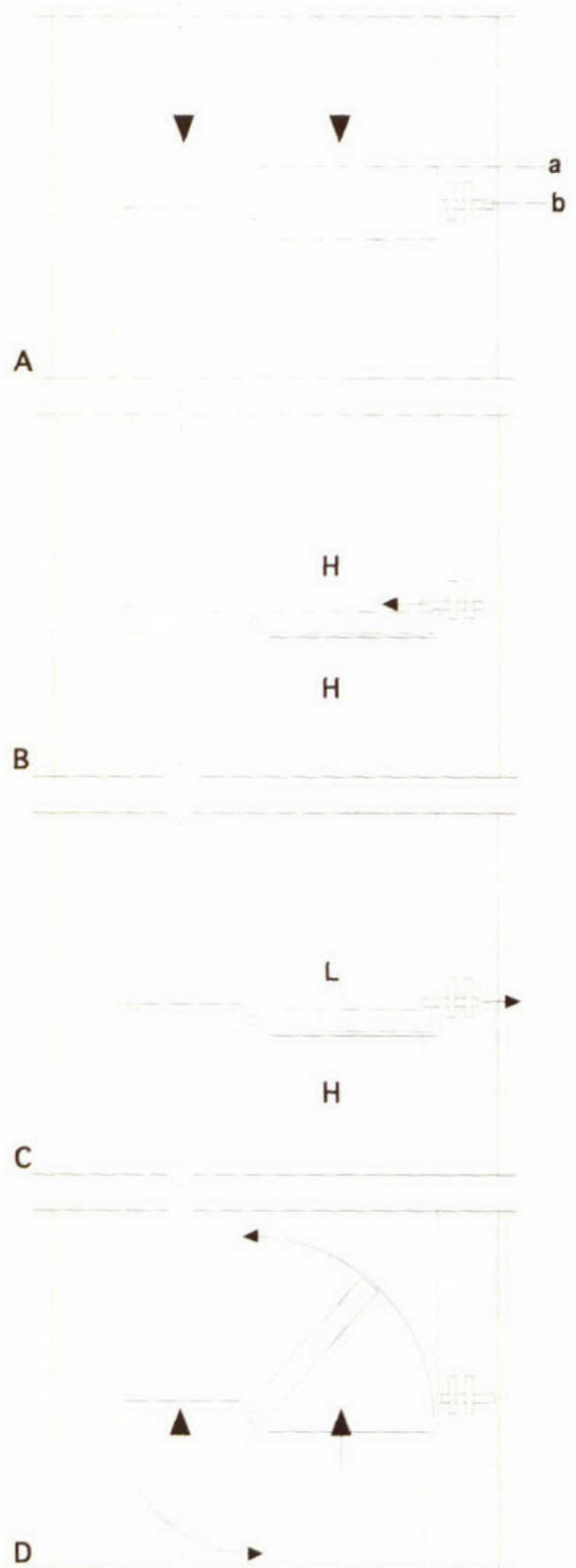
Het op diepte houden van de vaarweg door spuisluizen lukte niet altijd. Door de komst van betere baggerwerktuigen in de 20ste eeuw werden dan ook de meeste spuisluizen buiten gebruikt gesteld. Daarmee verdwenen ook de meeste toldeuren. In Amsterdam zijn echter nog een aantal exemplaren aanwezig zijn, onder meer in de Amstelsluizen (afb. 210). De Amsterdamse toldeuren, waarvan het merendeel zelfs van na 1945 dateert, worden ook nog regelmatig gebruikt voor het doorspoelen van de grachten.

### Werking

De toldeur kan naar twee zijden water keren: het buitenwater doordat de waterdruk op het grootste deurdeel de deur gesloten houdt en het binnenwater door een vergrendeling. Deze vergrendeling maakt het mogelijk de sluis als spuisluis te gebruiken (afb. 211). De vloed wordt daarbij binnengelaten (A), waarna de toldeur bij de hoogste waterstand wordt gesloten en vergrendeld (B). Het buitenwater zal daarna gaan zakken, waardoor het water achter de deur hoger komt te staan dan het buitenwater. Door het wegnemen van de vergrendeling (C) zal



210. Toldeur in de Amstelsluizen te Amsterdam.



211. Werking van een toldeur: (A) open deur, (B) vergrendeling gesloten deur, (C) wegnemen vergrendeling en (D) deur door waterdruk geopend. a = toldeur, b = grendel; H = hoogwater en L = laagwater.



de waterdruk aan de binnenzijde van de sluisdeur de deur open drukken.

Zou de draaias zich aan één van de uiteinden van de deur bevinden, dan zou een naar buiten draaiende deur zonder extra voorzieningen na het ontgrendelen direct open slaan. Daardoor zou de deur ontwrichten en defect raken. Ook zouden er forse krachten op de draaipunten en de vergrendeling worden uitgeoefend. De deur zou slechts met veel moeite kunnen worden geopend.

Bij een draaias precies in het midden zou de deur in evenwicht zijn. De waterdruk op het naar buiten draaiende deel aan de ene zijde van de as zou de deur willen openen, terwijl die op het andere deurdeel deze juist zou willen sluiten. Bij toldeuren is het naar buiten draaiende deurdeel gewoonlijk 20 tot 40% groter. De deur zal daardoor na ontgrendeling vrij snel open gaan, waarbij de open gaande beweging wordt afgeremd door de waterdruk op het naar binnen draaiende deurdeel.

In gesloten stand rust de deur tegen de drempels en de aanslagstijlen. Bij het naar buiten draaiende deel bevinden deze zich uiteraard aan de binnenzijde en bij het naar binnen draaiende deel aan de buitenzijde.

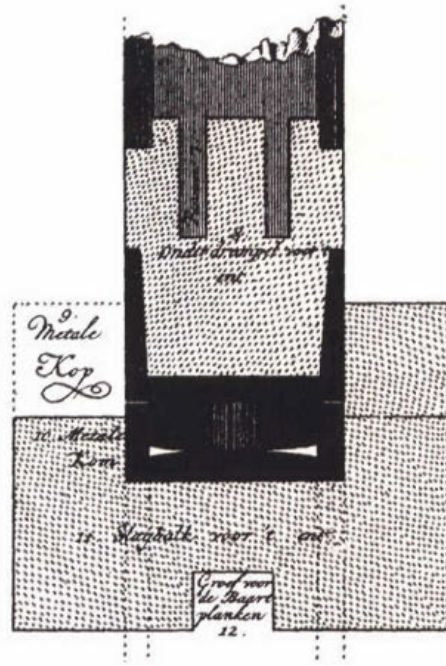
Het draaipunt aan de onderzijde bestaat, evenals bij de enkele draaideur en de puntdeuren, uit een taats en een keuspot. Voor 1850 werd de keuspot of kom in de sluisvloer ingelaten, zoals bij voorbeeld in de sluis te Muideren (afb. 212). Aan de onderzijde van de deur was een metaal (bronzen) 'kop' bevestigd, die in de kom draaide. Na 1850 werd in de sluisvloer gewoonlijk een taats verankerd, terwijl de keuspot in de koningsstijl is aangebracht (afb. 213B). De keuspot bestaat meestal uit een gietijzeren schoen.

Bij kokersluizen is het bovendraaipunt vrijwel identiek aan het onderdraaipunt. De taats kan daarbij zowel in de zoldering zijn verankerd als boven op de koningsstijl zijn geplaatst. Bij open sluisen bevindt zich boven de toldeur gewoonlijk een houten of stalen balk, die in de beide sluiswanden is verankerd. In plaats van een taats wordt meestal door de balk boven het draaipunt een ijzeren pin gestoken en geborgd. Deze pin steekt met de onderzijde in de koningsstijl (afb. 213A).

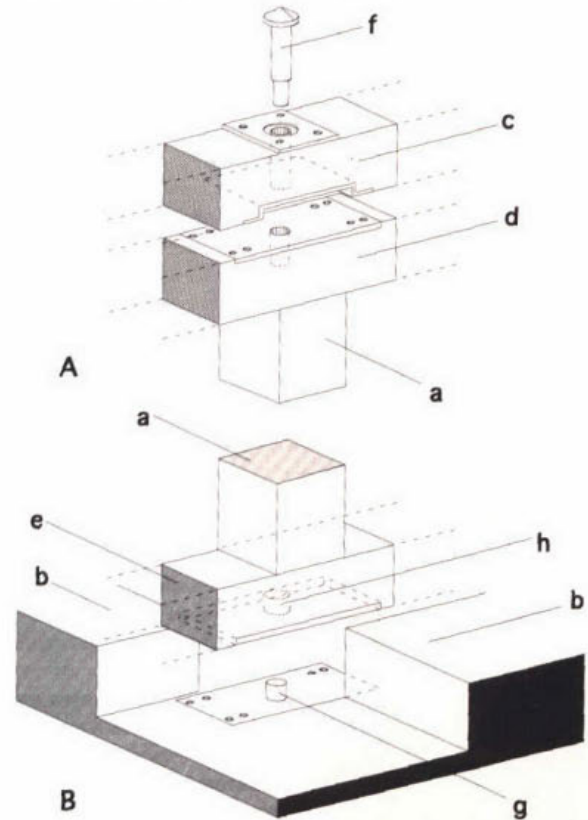
Toldeuren die zijn opgenomen in puntdeuren verschillen in principe nauwelijks van de zelfstandige toldeuren. Ook hier bestaat het benedendraaipunt uit een taats en een taatskom. Bij het draaipunt aan de bovenzijde is in de onderste tussenregel van de puntdeur een gat geboord. Hierin wordt een pin gestoken, waarvan het onderste deel zich in een in de bovenregel van de toldeur aangebrachte kom bevindt.

Soms bevindt de draaias van de toldeur zich buiten het vlak van de puntdeur. De toldeur is dan zowel aan de beneden- als aan de bovenzijde voorzien van een taats. Deze draaien in op de puntdeur bevestigde beugels.

Voor deuren die in zoetwater bewegen, zijn de draaipunten van toldeuren in puntdeuren meestal van smeedijzer gemaakt. Voor deuren in zoutwater werd gewoonlijk metaal (brons) gebruikt. In de twintigste eeuw werden deze materialen verdrongen door (giet)staal.



212. Onderdraaipunt van de toldeuren in de sluis te Muideren, volgens Van der Horst (1736).



213. De draaipunten van een toldeur: (A) bovendraaipunt en (B) onderdraaipunt.

a = midden- of koningsstijl, b = drempel op sluisvloer, c = balk voor fixatie bovendraaipunt, d = bovenregel toldeur, e = onderregel, f = as bovendraaipunt, g = taats, h = taatskom.



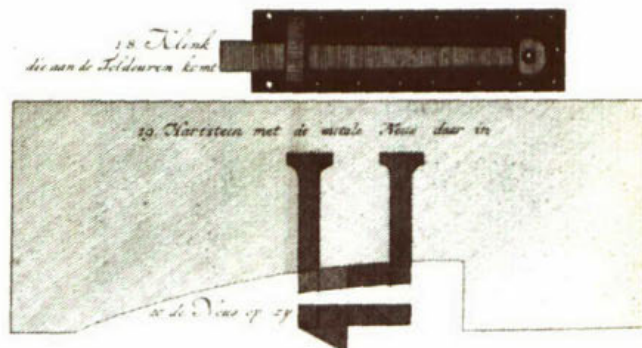
Bij een toldeur zullen voorzieningen moeten worden getroffen om deze te kunnen repareren of te vervangen. Bij deuren waarbij voor het bovendraaipunt een pin is gebruikt kan deze gemakkelijk worden verwijderd (afb. 213f). Bij andere deuren bestaat de beugel of de bovenste 'keuspot' uit twee delen, waarvan een deel gemakkelijk kan worden verwijderd. Tevens is boven het draaipunt in de balk waarin of waaraan het draaipunt is aangebracht, loodrecht op de balkas (evenwijdig aan de sluisas) een sleuf gemaakt. Teneinde de deur eruit te halen wordt deze evenwijdig met de sluisas gedraaid, waarna de deur iets kan worden opgetild. Het onderdraaipunt komt daardoor vrij, zodat de deur kan worden uitgenomen.

Voor het sluitmechanisme van de toldeur zijn in de loop der eeuwen verschillende typen ontwikkeld. Hierboven werd reeds de toldeur in Brielle genoemd, die moest worden opgetild om hem te kunnen laten draaien. Een volgende stap was de eveneens genoemde verticale balk, die half voor de deur werd gedraaid en met de andere helft in een sponning werd geklemd. De draaiboom van Diericxsz werd vergrendeld door een ijzeren klink die achter een op de puntdeur aangebrachte ijzeren 'neus' of haak viel. Draaiboomen zijn ook toegepast bij de nog steeds aanwezige (maar niet meer in werking zijnde) toldeur in de spuisluis te Goedereede (zie afb. 357). Aan beide uiteinden is tegen de sluiswand een houten draaiboom aangebracht.

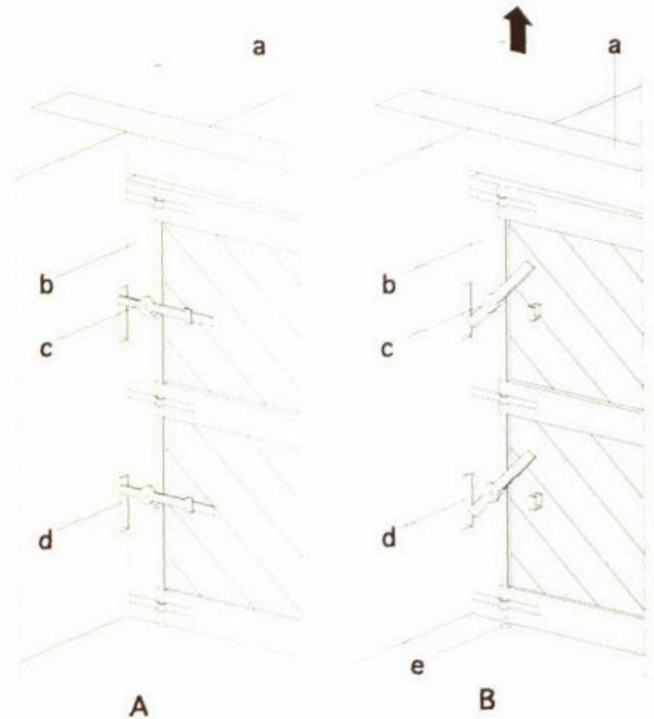
De toldeuren in het sluiscomplex te Muiden waren even boven de gemiddelde waterstand aan de beide uiteinden voorzien van een eenvoudige klink die achter een in de sluiswand verankerde neus haakte (afb. 214). De deuren werden gesloten met een windwerk, dat via touwen met de beide harren was verbonden.

In de 19de eeuw werd aan de binnenzijde op de eindstijl wel een aantal boven elkaar geplaatste ijzeren klinken gemonteerd (afb. 215). Deze zijn scharnierend aan de deur bevestigd en kunnen door middel van een verticale ijzeren staaf worden geopend. Deze staaf is voorzien van nokken en kan op en neer bewegen in op de deur gemonteerde beugels.

Bij toldeuren in puntdeuren werd een ijzeren sluitstang gebruikt, die draaide in op de voorhar van de puntdeur

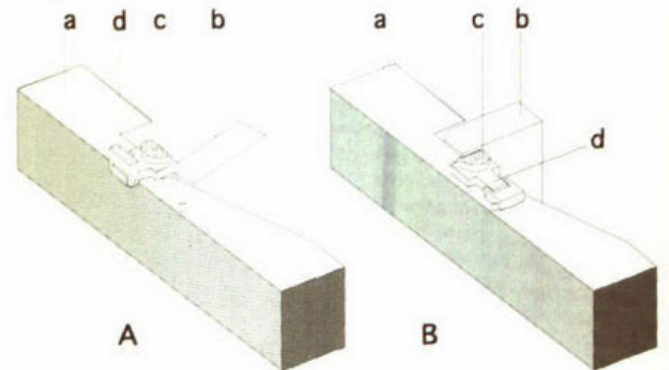


214. Vergrendeling van de deur in de sluis te Muiden, volgens Van der Horst (1736).



215. Vergrendeling van een toldeur met klinken; (A) gesloten en (B) geopend.

a = balk voor fixatie bovendraaipunt, b = eindstijl toldeur, c = klink, d = klinkopening in de sluiswand, e = kom voor vergrendeling bij de sluisvloer.



216. Vergrendeling van een toldeur door middel van een praamhar; (A) open en (B) gesloten.

a = sluishoofd, b = toldeur, c = praamhar, d = vergrendeling.

aangebrachte beugels (zie afb. 208e). De staaf was voorzien van nokken, die de toldeur gesloten hielden. De stang werd aan de bovenzijde vastgezet met een aan de stang gesmede sluitplaat, die achter een wegneembare pal haakte.

Een andere in de 19de eeuw veel toegepaste vergrendeling is die door middel van een praamhar. Een praamhar, ook wel palrol genoemd, is een houten balk met een half-cirkelvormige doorsnede (afb. 216). Deze balk bevindt zich in een verticale, half-cirkelvormige uitsparing in de

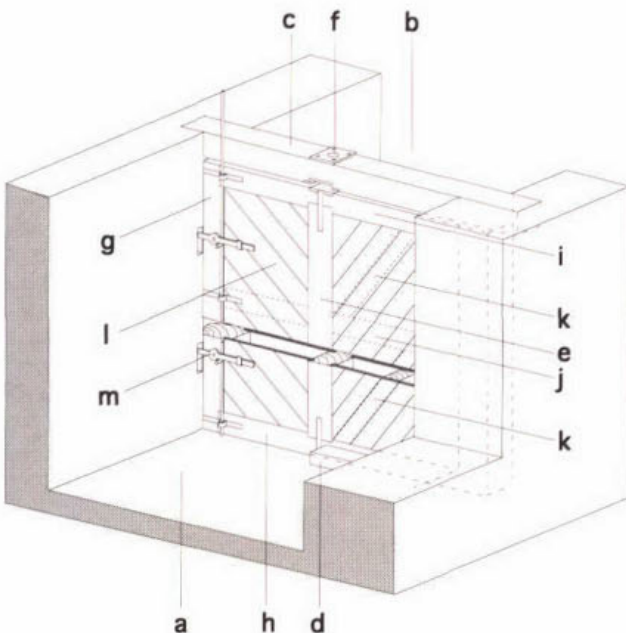


sluishoofdwand. Aan de onderzijde draait de praamhar in een keuspot, en aan de bovenzijde in een ijzeren ring, die in de sluiswand is verankerd. Geopend is de praamhar met de platte zijde naar de sluisopening gericht. Om de deur te vergrendelen wordt de praamhar een kwartslag gedraaid en vastgezet. Omdat er bij het openen relatief grote krachten op de deur en dus ook op de praamhar werken, moest de vergrendeling hiervan met behulp van een koevoet worden verwijderd. Door de weerstand van de praamhar bij het draaien in de uitsparing, werd de vergrendeling slechts langzaam weggenomen.

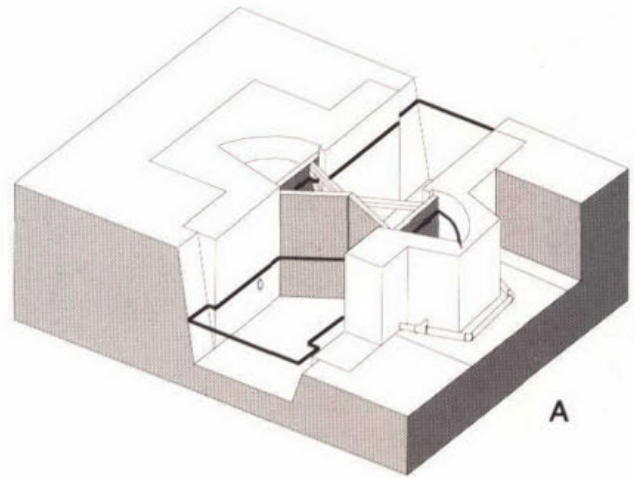
### Constructie

Een houten toldeur bestaat uit een raamwerk waarover aan beide zijden een beplanking is aangebracht (afb. 217). Het raamwerk is opgebouwd uit twee harren (de beide eindstijlen), een midden- of koningsstijl, een onder- en een bovenregel en één of meer tussenregels. De koningsstijl bevindt zich ter plaatse van de draaias. De onder- en de bovenregel zijn aangepast aan het krachtenverloop, dus ter plaatse van de middenstijl breder dan bij de harren.

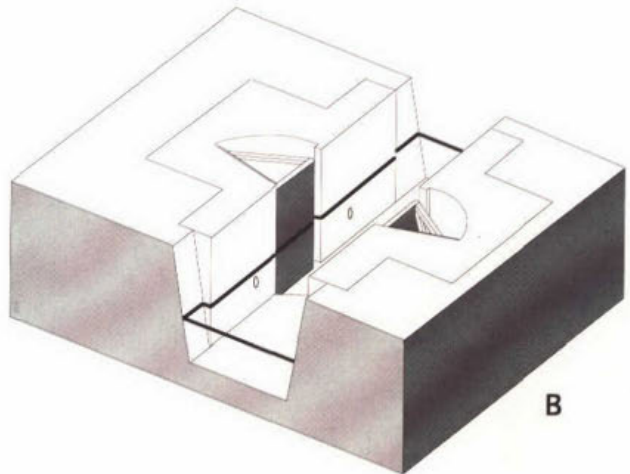
Doordat de deur in verticale richting alleen ter plaatse van de koningsstijl wordt ondersteund, zal de deur de neiging hebben om aan de uiteinden door te zakken. Om dit schranken tegen te gaan, is een diagonale beplanking



217. Constructie van een houten toldeur.  
*a = bovenwater (spuikom), b = benedenwater, c = balk voor fixatie bovendraaipunt, d = aanslagdrempel, e = midden- of koningsstijl, f = draaias, g = eindstijl, h = onderregel, i = bovenregel, j = tussenregel (gestippeld), k = schrank schoor, l = beplanking, m = klink; beneden de tussenregel een horizontale doorsnede over de toldeur.*



A



B

218. Waaierdeuren: (A) gesloten; (B) open.

aan weerszijden van de koningsstijl aangebracht. De beplanking op het brede deel loopt daarbij min of meer evenwijdig aan de denkbeeldige lijn tussen de onderzijde van de koningsstijl en de bovenkant van de harren. De richting van de beplanking op het korte deel staat ongeveer loodrecht op die van de beplanking op het brede deel.

Bij ijzeren of stalen toldeuren zijn de koningsstijl, de beide harren en de regels van gewalste profielen gemaakt, waarover een beplating is aangebracht.

### 3.4. Waaierdeuren

Een waaierdeur bestaat uit twee delen die aan elkaar zijn gekoppeld tot één stijf geheel. De waaierdeur komt gewoonlijk dubbel voor. Zij vormen dan twee puntdeuren, elk voorzien van een waaier (afb. 218). De enkele waaierdeur is slechts zelden toegepast. Het waterkerende deel van een waaierdeur is vrijwel identiek aan een enkele draaideur of aan een puntdeur. Dit deel wordt als de eigenlijke deur beschouwd en ook wel met de naam punt-



deur (of kortweg deur) aangeduid.

Het andere deel, dat zich in de waaierkas in het sluis-  
hoofd bevindt, wordt de waaier genoemd. De waaier is  
circa 20% breder dan de deur en vormt hiermee een hoek  
van ongeveer 80° (bij een enkele waaierdeur is de hoek  
juist meer dan 90°). In gesloten stand staat de waaier bij-  
na evenwijdig aan de waterweg. De waaierkas heeft on-  
geveer de vorm van een kwart cilinder, waarin de waaier  
kan draaien.

Sluizen voorzien van waaierdeuren worden vaak waaier-  
sluizen genoemd. Er komen zowel houten als ijzeren en  
stalen waaierdeuren voor.

## Toepassing

De uitvinding van de waaierdeur wordt vaak toegeschre-  
ven aan Jan Blanken, inspecteur-generaal van de Rijks-  
waterstaat. Hij gaf in 1808 een boekje over dit afsluitmid-  
del uit, waaraan een tekening van zijn ontwerp was toe-  
gevoegd (afb. 219).<sup>378</sup> In datzelfde jaar paste hij zijn  
ontwerp toe in de Benschoppersluis bij IJsselstein. Te-  
vens verkreeg hij in 1808 van Lodewijk Napoleon, Kon-  
ing van Holland, voor twintig jaar een octrooi op dit  
ontwerp.<sup>379</sup> In dat octrooi werd onder meer bepaald dat  
de deur naar hem zou worden genoemd: 'Blanken's  
Sluijs'. Deze naam heeft echter geen ingang gevonden.

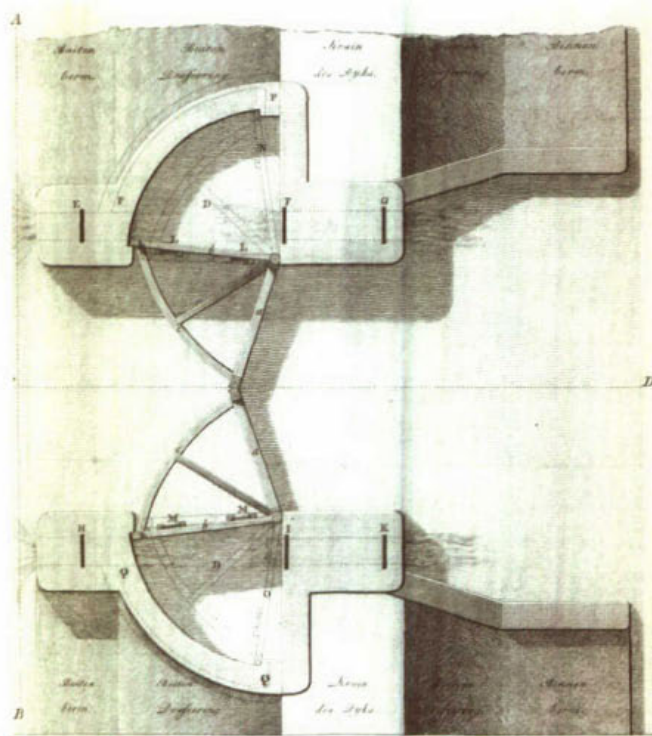
Al spoedig brak na de hiervoor genoemde publikatie de  
discussie los over wie nu de werkelijke uitvinder was. De  
inspecteur-generaal A.F. Goudriaan, een collega van  
Blanken, publiceerde een *Brief gericht aan Blanken*.<sup>380</sup>  
Hierin schreef hij dat hij zelf reeds meer dan tien jaar  
daarvoor met diverse personen over een dergelijk syste-  
em had gesproken. Hij had echter van verdere bekend-  
making afgezien, omdat er zijns inziens te grote en nog  
niet op te lossen bezwaren aan het afsluitmiddel kleef-  
den. Deze bezwaren hield hij ook tegenover Blanken  
staande. Tevens voorzag hij zijn open brief van een af-  
beelding van een waaierdeur (zie afb. 61). Deze had Gou-  
driaan, direkt nadat hij kennis had genomen van Blan-  
ken's publicatie, door twee personen uit zijn woning la-  
ten halen.

Blanken kwam op zijn beurt met een *Antwoord*, waarin  
hij in felle bewoordingen de bedenkingen tegen zijn ont-  
werp weerlegde.<sup>381</sup> Tevens nam hij het Goudriaan zeer  
kwalijk dat deze met een open brief was gekomen. Verder  
was hij van ongevraagd advies niet gediend.

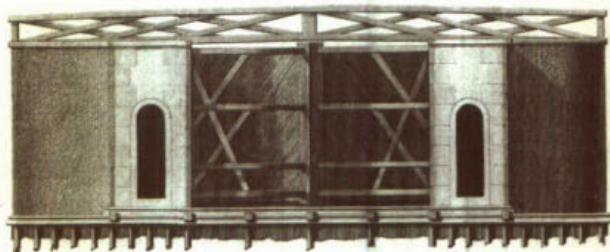
Goudriaan liet het er niet bij zitten en kwam met een vol-  
gende publikatie, een *Verhandeling* van niet minder dan  
300 bladzijden.<sup>382</sup> Hierin uitte hij nogmaals zijn bezwa-  
ren. In een nawoord schrijft hij, dat hij tijdens een reis  
langs de IJssel iemand had ontmoet die vertelde dat reeds  
in 1777 een ontwerp met waaierdeuren was gemaakt. In  
dat jaar ontwierp Jan ten Holt, stadsarchitect te Kam-  
pen, voor de nieuw te bouwen Staphorster Sluis in het  
Meppelerdiep te Zwartsluis een schutsluis met waaier-  
deuren (zie afb. 54).

Goudriaan nam in zijn publikatie naast een tekening van  
Ten Holt's ontwerp ook een aantal stukken over deze  
sluis op. Daaruit blijkt dat het ontwerp van Ten Holt was  
afgekeurd door de waterbouwkundige C. Redelijkheid,

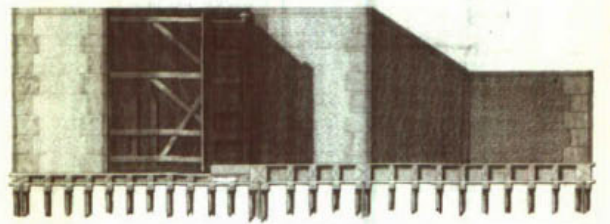
die genoemde sluis volgens een eigen ontwerp liet uitvoe-  
ren (zie hoofdstuk 2). Redelijkheid schreef in zijn afwij-  
zing dat hij zelf reeds dertig jaar daarvoor een 'dergelijk  
idee had geformeert'. Hij somde echter niet minder dan  
veertien bezwaren tegen Ten Holt's ontwerp op, hoewel  
hij tevens vermeldde dat deze 'zeer te prijzen was wegens  
zijn ijver en zonderlinge practycq'.



VOOR FRONT op AB.



ZIJDE op CD.



Plaat van de Afgeslachte Sluis

219. Tekening waaierdeur van Jan Blanken.



Goudriaan laat met name in zijn laatste publikatie duidelijk doorschemeren het onwaarschijnlijk te achten dat Blanken nooit van zijn ideeën gehoord zou hebben. Dit wordt door Blanken ten stelligste ontkend. Goudriaan liet enkele getuigen verklaren dat Goudriaan met hen over zijn idee had gesproken. Blanken komt op zijn beurt met enkele oud-medewerkers van Goudriaan, die verklaarden nooit iets dergelijks van Goudriaan te hebben gezien of gehoord.

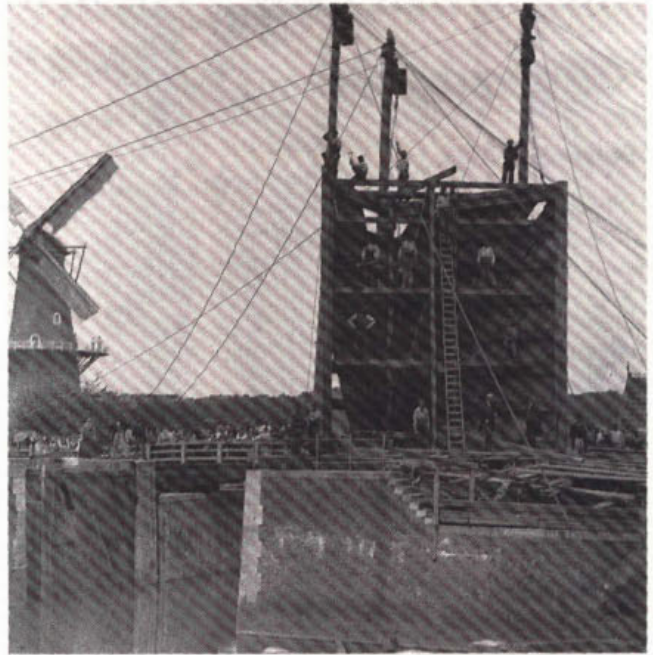
Vastgesteld kan worden dat, volgens hun zeggen, vier personen met het idee van een waaierdeur bezig zijn geweest. Ten Holt is daarvan de eerste die met een uitgewerkt ontwerp kwam, dat echter niet werd uitgevoerd en slechts in beperkte kring bekendheid kreeg. Blanken is degene die voor het eerst met een publikatie over waaierdeuren kwam en dit deurtje ook als eerste heeft doen uitvoeren.

Het afsluitmiddel is universeel toepasbaar in alle sluisstypen. Vaak worden sluisen voorzien van waaierdeuren beschreven als een apart sluisstypen ("waaierdeuren") met een gemengde functie, zowel voor de scheepvaart als voor de waterhuishouding. Het belangrijkste voordeel van dit afsluitmiddel is, dat het onder vrijwel alle omstandigheden te openen en te sluiten is, zelfs tegen de stroom of de waterdruk in. Ook kan de deur naar beide zijden water keren.

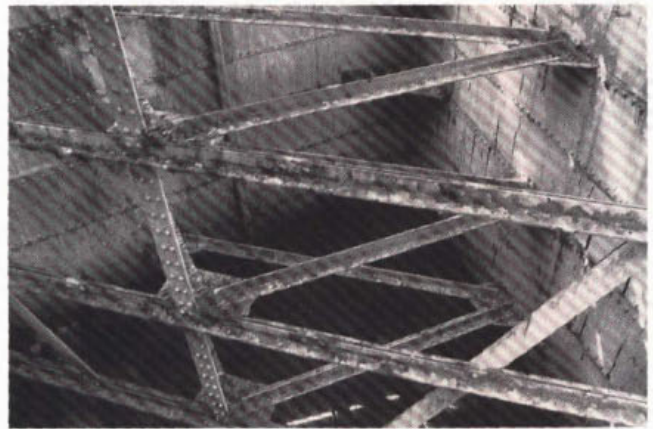
Er zijn echter ook nadelen. De constructie van een houten waaierdeur is nogal ingewikkeld en omvangrijk. Voor ijzeren waaierdeuren ligt dit iets anders. Deze zijn op relatief eenvoudige wijze als stijve constructie uit te voeren. De waaierkom vereist een omvangrijk sluishoofd dat veel breder is dan bij gewone puntdeuren het geval is. Zowel de grote deuren als de grote sluishoofden maken de waaierdeur relatief duur.

Opmerkelijk is het dat Blanken zijn eerste publikatie een *Ontwerp van min kostbare sluisen* noemt. Goudriaan was overtuigd van het tegendeel en halverwege de 19de eeuw werd dit afsluitmiddel als zeer duur aangemerkt, met name voor brede sluisen en in stuwen<sup>383</sup>. Desondanks is het afsluitmiddel in de 19de eeuw een dertigtal keren toegepast. Met name in de Nieuwe Hollandse Waterlinie voorzagen men verscheidene inundatiesluisen van waaierdeuren. Door de ontwikkeling van andere afsluitmiddelen werd in de 20ste eeuw nog maar weinig voor een waaierdeur gekozen.

Houten deuren zijn toegepast in sluisen van niet al te grote breedte (afb. 220). Toen in de tweede helft van de 19de eeuw het ijzer als constructiemateriaal zijn plaats had verworven, werden ook bredere sluisen van (ijzeren) waaierdeuren voorzien. De eerste ijzeren waaierdeuren werden in 1869 gemaakt voor de westelijke buitensluis te Terneuzen, in het Kanaal van Gent naar Terneuzen<sup>384</sup>. Zij dienden overigens ter vervanging van houten waaierdeuren. De houten waaierdeuren in de inundatiesluis in de Noorder en in de Zuider Lingedijk bij Asperen zijn in de 20ste eeuw vervangen door stalen waaierdeuren (afb. 221).



220. Plaatsing van een houten waaierdeur in de Korenbrugsluis te Gorinchem in 1871.



221. Ijzeren waaierdeur in de inundatiesluis in de Zuider Lingedijk bij Asperen

In de Wilhelminasluis uit 1897 bij Andel, die de Waal en de Maas verbindt, werden waaierdeuren toegepast<sup>385</sup>. Deze deuren bezitten tussen de kerende deur en de waaier een waterdichte luchtkist (afb. 222). De luchtkist, die ook bij de laagste waterstand geheel onder water blijft, ontlast de taats en de halsbeugel. Boven de luchtkist bevindt zich een ruimte die aan de bovenkant open is en afsluitbare openingen in de zijwand heeft. Daarmee is de waaierdeur een stabiel geheel, dat indien nodig als een schip kan worden weggevoerd. De openingen in de zijwand van de ruimte boven de luchtkist wordt dan gesloten en de ruimte leeggepompt.

Gewoonlijk zijn waaierdeuren dubbel uitgevoerd waarbij de deuren in gesloten stand als puntdeuren tegen elkaar sluiten. Er is slechts een tweetal voorbeelden bekend van





222. Waaiervlotdeur in de Wilhelminasluis bij Andel.



223. Enkele waaierdeur in de Weertsluis te Utrecht.

een toepassing met enkele waaierdeuren. In 1886 kwam de uitwaterings-spuisluis van het Verversingskanaal (Afvoerkanaal) te Scheveningen gereed<sup>386</sup>. De nu verdwenen sluis bezat twee uitstroomopeningen, elk voorzien van een enkele waaierdeur. De Weertsluis te Utrecht heeft in het bovenhoofd, naast de scheepvaartopening, een spuiopening met een enkele waaierdeur als afsluitemiddel (afb. 223).

### Werking

Evenals de puntdeuren en de enkele draaideuren beweegt de waaierdeur om een verticale as. De achterhar is aan de onderzijde voorzien van een gietijzeren of gietstalen schoen die om een taats draait. Aan de bovenzijde loopt de achterhar uit in een hals, die in een halsbeugel draait. Deze constructie komt vrijwel overeen met die van de puntdeuren.

De waaierdeur kan naar twee zijden water keren en in stromend water, zelfs tegen de stroom in, worden gesloten. In het sluishoofd bevindt zich een omloopriool dat vanaf de waaierkas aan weerszijden van de waaierdeur een uitmonding naar de waterweg heeft (afb. 224). De beide uitmondingen naar de waterweg zijn door schuiven

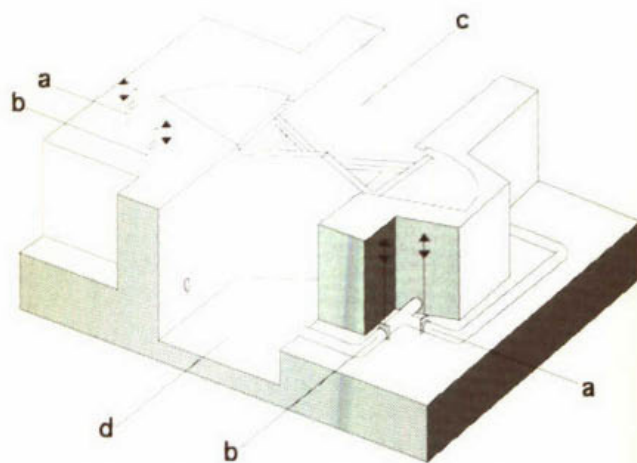
(a en b) afzonderlijk afsluitbaar. Door middel van het langzaam openen en sluiten van de schuiven kan de waaierdeur op eenvoudige wijze in stromend water worden gesloten of geopend.

In normale toestand, dat wil zeggen hoog water voor de deur (het buitenfront) en laag water achter de deur (het binnenfront) werkt de waaierdeur als een normale enkele draaideur of puntdeur (afb. 225A). De gesloten deur wordt tegen de aanslagen geduwd. Doordat de waaier stijf met de deur verbonden is, zal deze meedraaien en de waaierkas van het buitenfront afsluiten. Van het omloopriool is de uitmonding naar het buitenfront met de hoge waterstand (schuif a) echter geopend en de andere (b) gesloten, waardoor er in de waaierkas eveneens hoog water aanwezig is. Op de waaier werkt dus aan weerszijden dezelfde waterdruk.

Wil men in deze toestand de deur juist openen (waarbij het water dus zal gaan stromen), dan moet de schuif naar de hoge waterstand (a) worden gesloten en de andere (b) geopend. Op de waaier heersen nu dezelfde waterdrukverschillen als op de deur. Omdat de waaier echter 20% breder is, zal de kracht hierop het grootst zijn en wordt de waaierdeur geopend (afb. 225B). Ten einde de deur weer te sluiten moet de schuif naar het binnenfront (b) worden gesloten en die naar het buitenfront worden geopend.

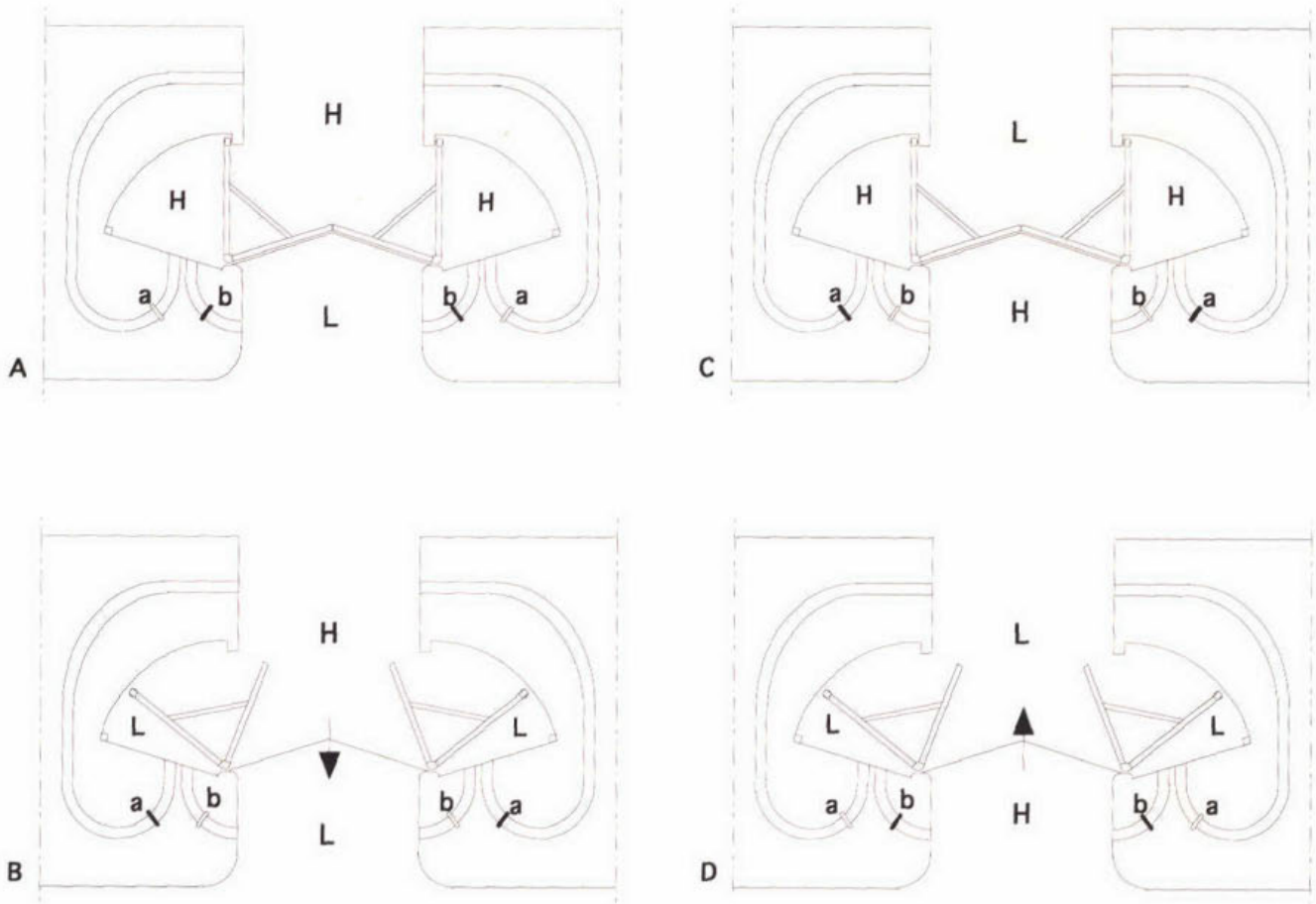
In het andere geval, met hoog water achter de deur, zou een gewone enkele draaideur of puntdeur worden opgeduwd. Een waaierdeur kan ook nu worden gesloten (afb. 225C). De schuif van de opening van het omloopriool naar het binnenfront (waar dus het water hoog staat, schuif b) is nu geopend en die naar het buitenfront (met een lagere waterstand, schuif a) gesloten. Het hoge water drukt nu zowel tegen de deur als tegen de waaier. De overdruk tegen de deur wil de waaierdeur openen, terwijl de overdruk tegen de waaier de waaierdeur juist wil doen sluiten. Aangezien de waaier breder is dan de deur, is de kracht hierop het grootst, waardoor de waaierdeur dus gesloten blijft.

Wordt de schuif tussen waaierkas en binnenfront gesloten en die naar het buitenfront geopend, dan zal de



224. Waaierdeuren met rioolstelsel en schuiven. a = schuiven in de riolen naar het buitenfront (c), b = de schuiven in de riolen naar het binnenfront (d).





225. Werking van de waaierdeur: (A) gesloten deur met hoog buitenwater, (B) openen van de deur bij hoog buitenwater en laag binnenwater, (C) sluiten van de deur bij hoog binnenwater en laag buitenwater en (D) openen bij laag buitenwater en hoog binnenwater.

*a* = schuiven in de riolen naar het buitenfront, *b* = schuiven in de riolen naar het binnenfront; H = hoogwater en L = laagwater.

waaierdeur zich openen (afb. 225D). Aan weerszijden van de waaier staat in dat geval dezelfde waterdruk, zodat de waaier niet meer mee doet in het krachtenspel. Het gedeeltelijk openen (of sluiten) van de schuiven maakt het mogelijk de beweging te beheersen en met de deuren te manipuleren. Op deze wijze is het bijvoorbeeld mogelijk de deuren slechts gedeeltelijk te openen.

Wanneer het water aan beide zijden ongeveer gelijk staat, gaat bovengenoemde werking niet op. De deuren zullen dan met de hand, bij voorbeeld met behulp van een schippershaak, moeten worden bewogen. Ten Holt had zijn deuren voorzien van een getande ijzeren boog, die in een rondsel liep. De deuren konden via een windwerk worden bewogen. Een dergelijk bewegingsmechanisme is toegepast bij de houten waaierdeuren in het Benedensas in de uitmonding van de Steenbergsche Vliet bij Steenberg (afb. 226).

Ook de ijzeren waaierdeuren in de Wilhelminasluis bij Andel zijn aan de bovenzijde voorzien van een getand kwadrant, waardoor deze via een windwerk kunnen worden gesloten en geopend. Behalve het omloopriool zijn er

ook schuiven in de deur en de waaier aangebracht. Die in de deur staat via een koker door de luchtkist in verbinding met de waaierkas.



226. Houten waaierdeur met bewegingsmechanisme in het Benedensas bij Steenberg.



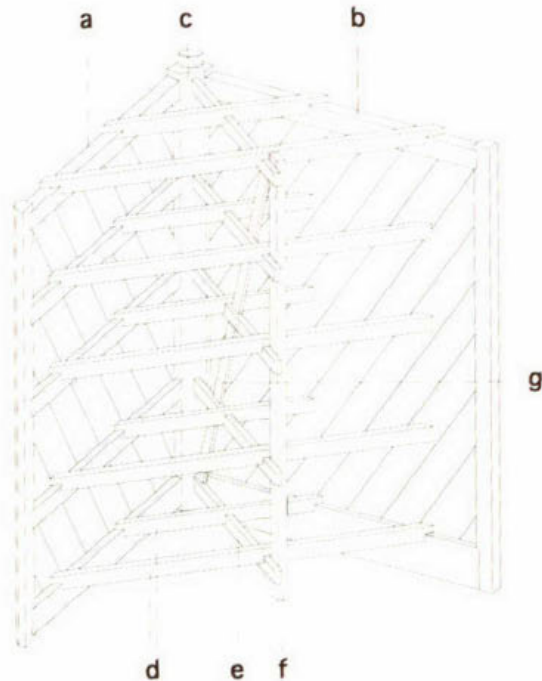
## Constructie

### Houten waaierdeuren

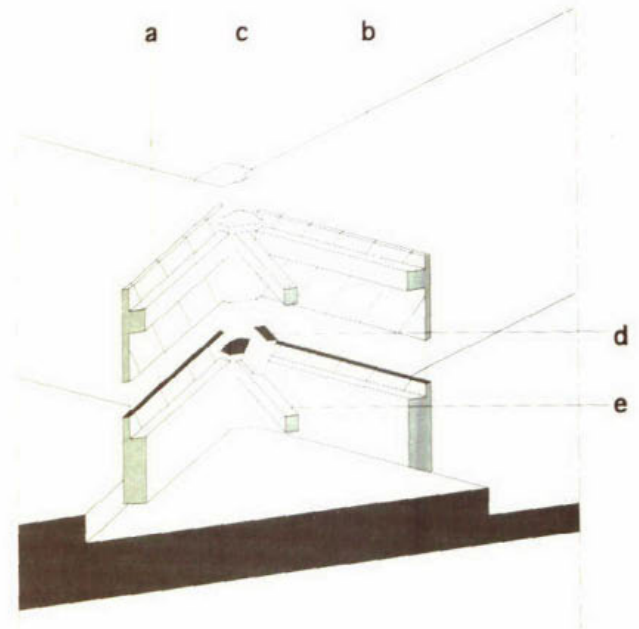
De constructie van de deur van een waaierdeur lijkt veel op die van een normale enkele draaideur of van een puntdeur. Een kenmerkend verschil is de beplanking. Bij normale deuren zit deze aan de zijde met het hoogste waterpeil dus aan het buitenfront (in geopende stand bevindt de beplanking van genoemde deuren zich aan de zijde van de deurkas). Bij waaierdeuren ligt de beplanking, als deze éénzijdig is aangebracht, juist aan de buitenzijde van de deur (afb. 227a). De beplanking van de waaier (b) wordt eveneens aan de buitenzijde aangebracht, zodat de beide beplankingen van elkaar zijn afgekeerd.

De verbinding tussen beplanking en raamwerk wordt bij een eenzijdige beplanking ook op grote trek belast, waardoor gebruik van alleen draadnagels ongeschikt is. Daarom zijn voor de verbinding ook eiken trek nagels en schroefbouten met ijzeren strippen gebruikt. Soms wordt de gehele waaierdeur van een dubbele beplanking voorzien.

Naast een gemeenschappelijke achterhar (c) zijn de beide deurhelften van de waaierdeur ook door middel van één of twee verticale rijen koppelgordingen (d) verbonden. Het aantal rijen hangt af van de grootte van de deur. Omdat deze gordingen zowel op trek als op druk worden belast, moet de verbinding met de deur en met de waaier deze beide krachten kunnen overbrengen. Om uitknikken te voorkomen zijn de middens van de gordingen door horizontale steunregels (e) met de achterhar verbonden.



227. Constructie van een houten waaierdeur.  
a = deur, b = waaier, c = achterhar, d = koppelgordingen,  
e = steunregel, f = schortstijl, g = schrank schoor.



228. De achterhar van een waaierdeur.  
a = deur, b = waaier, c = achterhar, d = schrank schoor, e = steunregel.

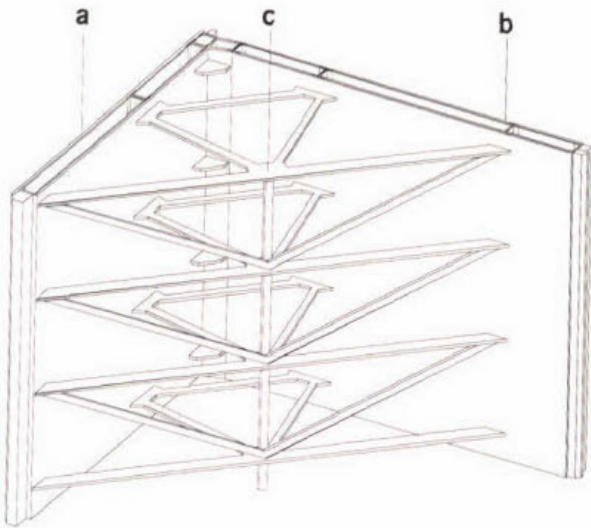
Daarnaast zijn de middens van een rij koppelgordingen tevens onderling door een verticale schortstijl (f) verbonden. Bij grote waaierdeuren werden soms twee stellen steunregels en schortstijlen toegepast. Om doorzakken (en daardoor uitknikken in het verticale vlak) van de koppelgordingen tegen te gaan is tussen de bovenkant van de schortstijl en de onderkant van de achterhar een schrank schoor (g) aangebracht.

Met name bij waaierdeuren die als puntdeuren zijn toegepast, is de achterhar zeer zwaar gedimensioneerd (afb. 228). Dit komt in de eerste plaats doordat de deur en de waaier deze har gemeenschappelijk hebben. Ook moet er voldoende plaats zijn voor de schrank schoor en de steunregels van de koppelgordingen. Bovendien zijn deze afmetingen nodig door de belasting die op de waaierdeur werkt. Evenals bij de puntdeur zal er in gesloten toestand een kracht in het verlengde van de deuren aanwezig zijn. Bij gewone puntdeuren zal deze kracht rechtstreeks via een aanslag aan het sluishoofd worden overgedragen, waardoor er in deze achterhar nauwelijks buigkrachten optreden. Bij een waaierdeur is een aanslag in deze richting niet mogelijk. Daarom moet de kracht in die richting via de hals en de halsbeugel en via de taats worden overgedragen, zodat in de achterhar grote buigkrachten optreden.

### Ijzeren en stalen waaierdeuren

Bij ijzeren en stalen waaierdeuren zijn twee typen te onderscheiden. Het eenvoudigste type heeft evenals de houten waaierdeur twee waterkerende delen, de (punt)deur en de waaier, met een gemeenschappelijke achterhar (afb. 229, zie ook afb. 221). De constructie hiervan bestaat uit een raamwerk van stijlen en regels, met daar overheen een ijzeren beplating. Deze beplating is meestal tweezijdig aangebracht. De ruimte tussen de beplating fungeert dan als luchtkist, om het gewicht van de deur en





229. Constructie ijzeren of stalen waaierdeur.  
*a = deur, b = waaier, c = vakwerkconstructie tussen deur en waaier.*

daarmee de belasting op de draaipunten te verminderen. Voor een gedetailleerder beschrijving wordt verwezen naar de puntdeuren.

De deur (a) en de waaier (b) zijn door ijzeren staven, gewoonlijk hoekprofielen, stijf met elkaar verbonden. De staven vormen een ruimtelijk vakwerk (c). Soms zijn tussen de staven één of meer luchtkisten aangebracht, ter vermindering van het gewicht.

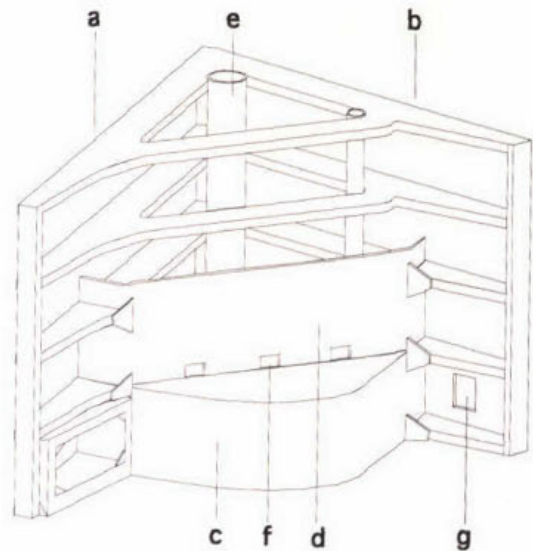
Bij het tweede type, de waaierplotdeur, komt de constructie van de puntdeur en de waaier grotendeels overeen met die van het eerste type. Hier is echter de driehoekige ruimte tussen de beide deurhelften als luchtkist (ponton) uitgevoerd (afb. 230). De ruimte is daartoe voorzien van een bodem, achterwand en een tussendek. De waterdichte luchtkist ligt geheel beneden de laagste waterspiegel en is te bereiken door een mangat in de vorm van een ijzeren koker, die boven de hoogste waterstand uitsteekt. Op deze wijze kan de ruimte gemakkelijk op lekkage worden gecontroleerd.

De ruimte boven het tussendek is aan de bovenzijde open. In de boven de waterspiegel uitstekende achterwand zijn openingen aangebracht, zodat het water vrij kan in- en uitstromen. Door deze openingen af te sluiten en het water eruit te pompen, gaat de deur drijven en kan deze gemakkelijk worden vervoerd, bijvoorbeeld voor reparatie.

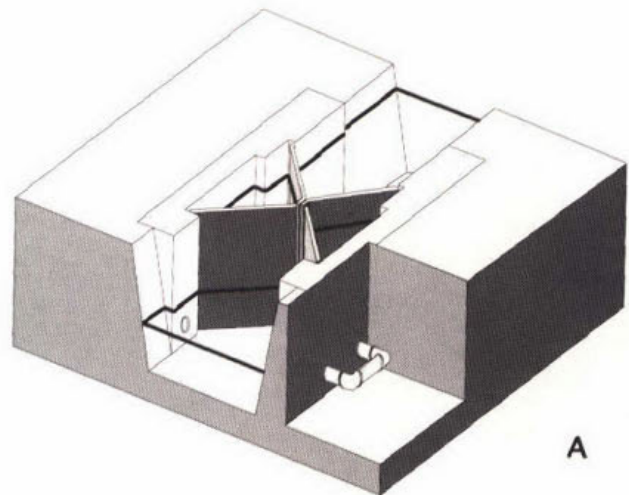
Boven de achterwand zijn de beide helften van de sluisdeur via regels met elkaar verbonden. Deze zorgen samen met de achterwand, de bodem en het tussendek voor een stijf geheel.

### 3.5. Kruisende deuren

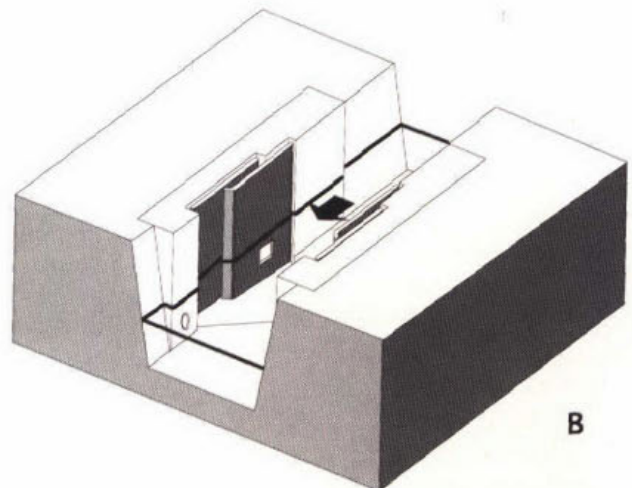
Kruisende deuren bestaan uit twee paren puntdeuren, die in gesloten stand met de voorharren tegen elkaar steunen. In een horizontale doorsnede vormen zij daarbij een kruis (afb. 231). Op deze wijze kan het afsluitemiddel naar



230. Constructie stalen waaierplotdeur.  
*a = deur, b = waaier, c = gesloten luchtkist, d = open luchtkist, e = mangat, f = afsluitbare openingen, g = schuif.*



A



B

231. Kruisende deuren: (A) gesloten; (B) open.



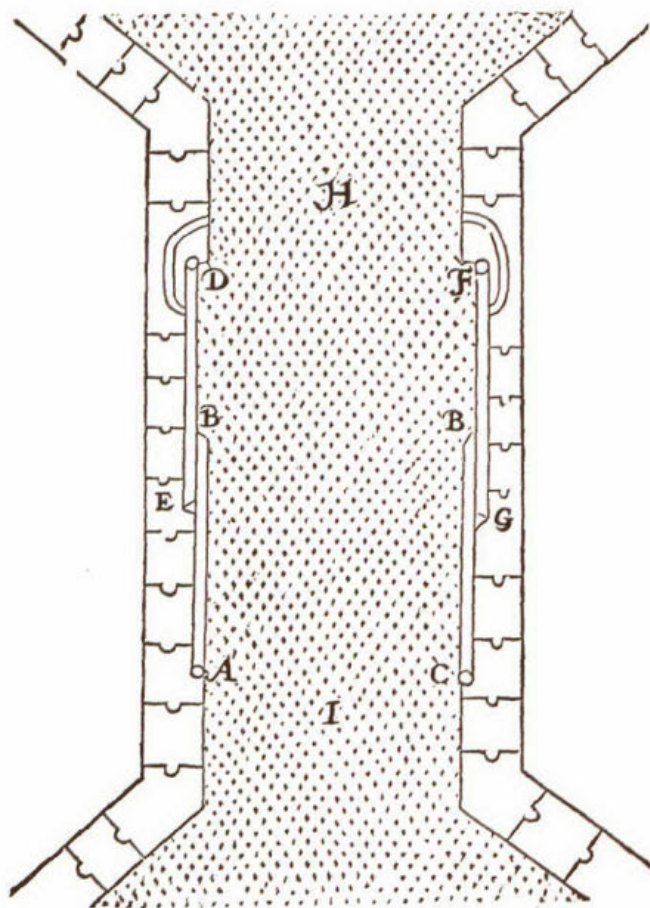
twee zijden water keren. Geopend liggen de deuren aan weerszijden van de sluisdoorgang in de deurkas, waarbij zij elkaar gedeeltelijk overlappen. De deurkassen zijn in de wanden uitgespaard.

De kruisende puntdeuren zijn alleen in hout uitgevoerd.

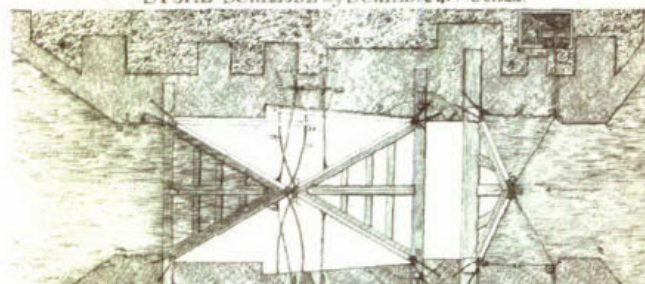
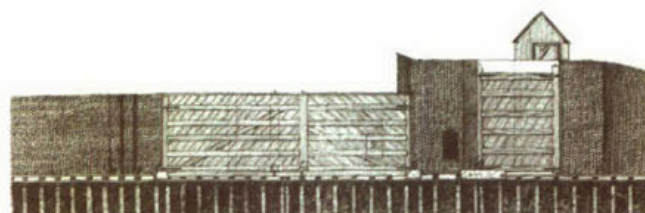
### Toepassing

Kruisende deuren hebben in de literatuur geen naam gekregen. Vaak spreekt men van de deuren in de Donkere Sluis of deuren volgens de sluis van Donker. Men ging er dan vanuit dat de deuren een vinding zouden zijn van een zekere Donker, die dit afsluitmiddel in Gouda zou hebben toegepast in de 'naar hem genoemde sluis'<sup>387</sup>.

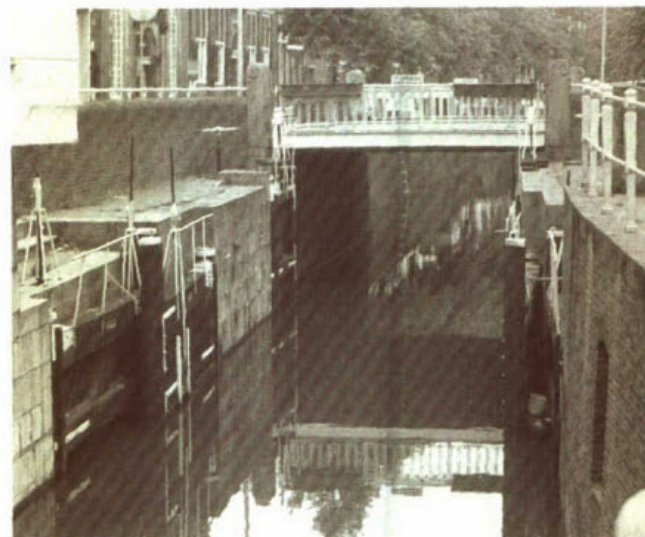
De kruisende deuren zijn echter een uitvinding van Cornelis Dircksz. Muys, die aan het eind van de 16de eeuw 'stadmeester' (of stadstimmerman) te Delft was<sup>388</sup>. In de publikatie *Nieuwe maniere van sterctebou door spilsluysen* van Simon Stevin is een uitvoerige beschrijving weergegeven met een tweetal afbeeldingen van het ontwerp van Muys (afb. 232). Het afsluitmiddel was bedoeld om te worden toegepast in spuisluizen.



232. Kruisende deuren van Cornelis Muys in open stand volgens Stevin (zie ook afb. 52).



233. Kruisende deur in de havensluis te Schiedam volgens Wiebeking.



234. De Donkere Sluis te Gouda.

Voor 1617 was dit afsluitmiddel reeds in een drietal sluisen toegepast (te Vlaardingen, te Schiedam en te Winokbergen in Frans-Vlaanderen). In 1769 kreeg de 9,4 m brede havensluis te Schiedam kruisende deuren (afb. 233)<sup>389</sup>. (Het is niet bekend of dit dezelfde sluis is als de genoemde sluis uit circa 1600.) Ondanks de toch wel grote breedte werkte de sluis volgens Blanken na 40 jaar nog uitstekend.

In 1778 werd de reeds eeuwen bestaande Donkere Sluis te Gouda voorzien van kruisende deuren. Deze werden echter niet gemaakt door Donker maar door de firma Gebr. Blanken<sup>390</sup>. De 4,7 m brede sluis is de enige nog bestaande sluis met kruisende deuren (afb. 234). De sluis doet echter geen dienst meer.

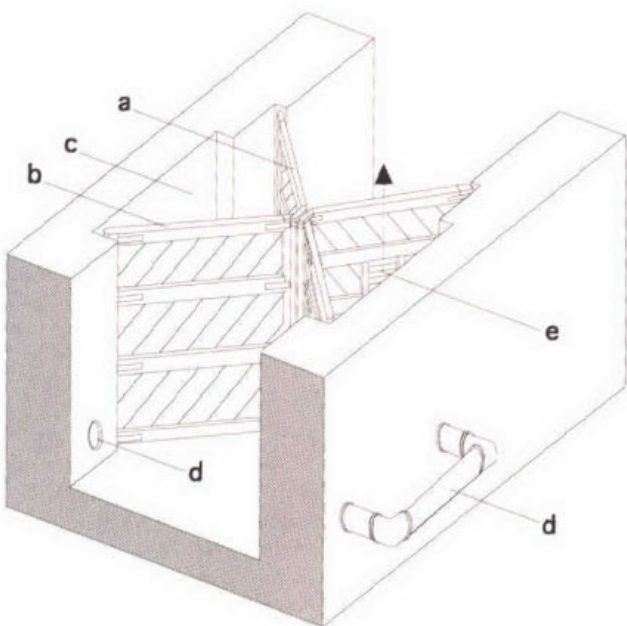


Het afsluitlemiddel werd gebruikt in spuisluisen, die achter een haven waren gebouwd. Bij vloed liet men de spuikom achter de sluis vollopen, waarna de deuren werden gesloten. Soms fungeerde de haven zelf als spuikom en bouwde men de sluis aan de ingang van de haven. Zodra het water voor de sluis voldoende was gezakt, werden de deuren geopend en kon het spuien beginnen. Bij de Goudse sluis werden de deuren bij laagwater gesloten en pas geopend als de vloed het buitenwater voldoende had opgestuwd. Het water stroomde daarop met grote snelheid door de grachten, waarbij bezonken slib en vuil werd losgewoeld en afgevoerd.

De voordelen van kruisende deuren boven een toldeur in een scheepvaartsluis zijn in de eerste plaats de vrije doorvaarthoogte en het feit dat de gehele sluisbreedte bij geopende deuren beschikbaar is. De constructie is echter veel ingewikkelder. Vergeleken met de waaierdeuren vereist de sluis veel minder ruimte, omdat de deurkassen veel kleiner zijn. In tegenstelling tot de waaierdeuren kunnen de kruisende puntdeuren echter pas gesloten worden als het hoge water geheel is afgevoerd en het water voor en achter de sluis gelijk staat.

### Werking

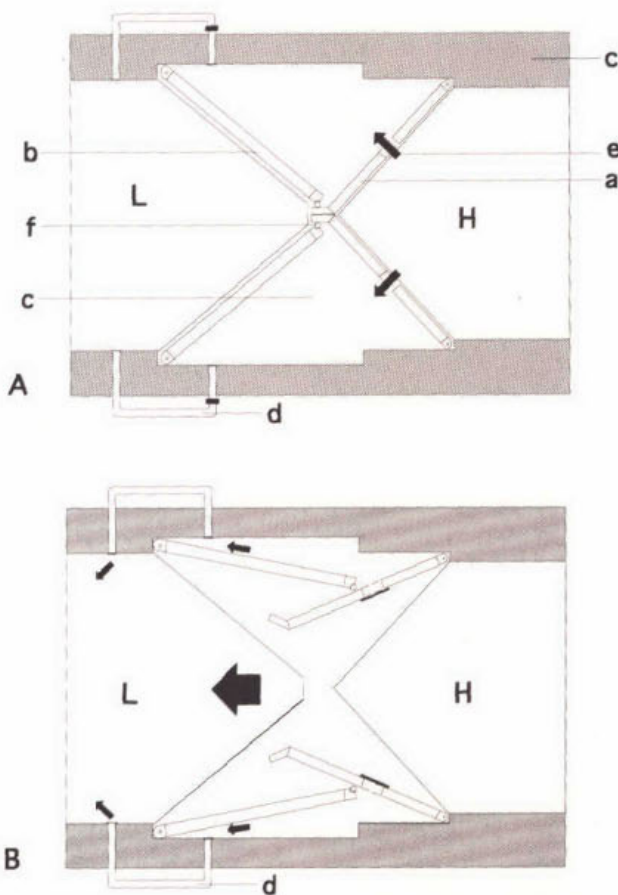
De puntdeuren, waaruit de kruisende deuren zijn opgebouwd, vormen in gesloten stand onderling een scherpe hoek (afb. 235). Dit in tegenstelling tot de normale puntdeuren, die een stompe hoek vormen. Een scherpe hoek is nodig om het openen van de deuren mogelijk te maken. Dit heeft echter wel tot gevolg dat de deuren langer zijn dan bij normale puntdeuren.



235. Kruisende deuren met rioolstelsel en schuiven.  
a = binnendeuren, b = buitendeuren, c = ruimten tussen de deuren en de deurkassen, d = omloopriolen, e = schuiven.

De beide deuren, die in open stand voor de beide andere hangen, worden hierna de binnendeuren genoemd, de beide andere de buitendeuren. In gesloten stand omsluiten de binnendeuren en de buitendeuren twee driehoekige ruimten. De langste zijde daarvan wordt gevormd door de wand van de beide deurkassen. De beide binnendeuren zijn voorzien van een schuif. De verbindig tussen de driehoekige ruimten en het water aan de zijde van de buitendeuren bestaat uit een in de sluiswanden aangebracht omloopriool.

Om te kunnen spuien, worden de deuren met een schipshoek gesloten als het water de hoogste of laagste stand heeft bereikt. Daarna zakt de waterstand achter de buitendeuren of stijgt het water achter de binnendeuren, zodat er een verval over de sluis ontstaat. De schuiven in de binnendeuren zijn geopend, zodat de beide driehoekige ruimten in open verbinding staan met het hoogste waterniveau (afb. 236A).



236. Werking van kruisende deuren in spuisluisen: (A) keren van hoog water achter de binnendeuren en (B) openen van de deuren door het openen van de riolen.  
a = binnendeuren, b = buitendeuren, c = ruimten tussen de deuren en de deurkassen, d = omloopriolen, e = schuiven, f = ijzeren rol voor het langs elkaar bewegen van de deuren; H = hoogwater en L = laagwater.



Op de beide binnendeuren werkt daardoor aan weerszijden dezelfde waterdruk. Bij de buitendeuren treedt echter een verschil in waterdruk op. Omdat het water in de driehoekige ruimten hoger staat dan dat aan de andere zijde van de buitendeuren zullen deze gesloten blijven. Als door lekverliezen de waterstand in de driehoekige ruimten iets lager is dan dat aan de zijde van de binnendeuren, houden de buitendeuren de sluis toch gesloten. Zij fungeren dan als stempels voor de binnendeuren.

Als het lage ver genoeg is gezakt of het hoge water ver genoeg is gestegen, worden de schuiven in de binnendeuren gesloten en die in het omloopriool geopend (afb. 236B). Bij aanwezigheid van schuiven in de buitendeuren kunnen ook deze worden geopend. De waterstand in de driehoekige ruimte daalt dan tot die van het lage water, waardoor het water aan weerszijden van de buitendeuren even hoog komt te staan. Deze verliezen daardoor hun stempelwerking. Aan weerszijden van de binnendeuren staat het water nu niet meer gelijk. Het hoge water achter de sluis zal de binnendeuren open duwen, waarbij de buitendeuren worden meegenomen. Het water stroomt daarna met grote snelheid door de voor de sluis gelegen haven of grachten, waarbij het bezonken slib en vuil worden losgewoeld en afgevoerd.

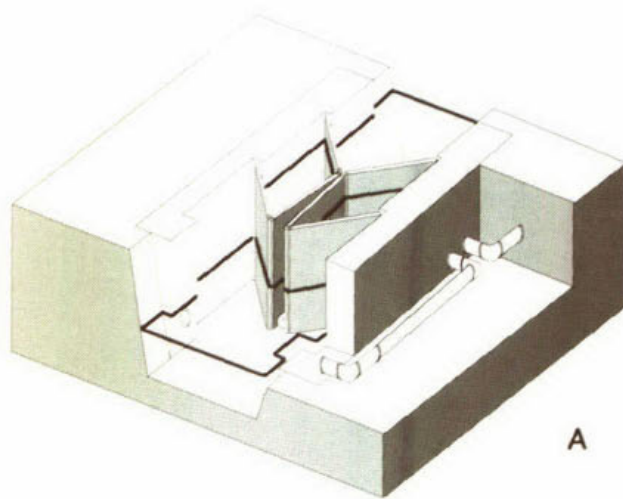
### Constructie

De twee stellen deuren waaruit dit afsluitemiddel bestaat, zijn, afgezien van de lengte, vrijwel gelijk aan normale puntdeuren. Slechts de voorharren hebben een aangepaste vorm. Voor de constructie van de deuren wordt daarom verwezen naar de paragraaf over puntdeuren.

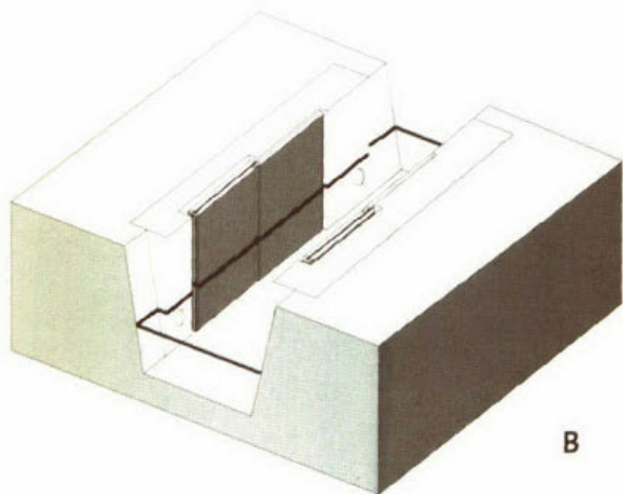
De voorharren van één van de twee paren deuren zijn voorzien van ijzeren rollen (zie afb. 236f). Deze lopen bij het openen en sluiten van de deuren over de regels van de andere deuren. Soms zijn deze regels voorzien van ijzeren strippen om het langs elkaar schuiven van de deuren zo licht mogelijk te laten verlopen. De rollen zijn of op de binnen- of op de buitendeuren bevestigd. In het laatste geval zijn de voorharren hierop aangepast om het langs elkaar schuiven mogelijk te maken.

### 3.6. Gekoppelde deuren

Gekoppelde deuren bestaan uit twee paar puntdeuren, die achter elkaar zijn geplaatst, en in dezelfde richting draaien. De voorharren van de overeenkomstige deuren zijn met elkaar verbonden via een koppeldeur (afb. 237). De punt van de deuren is gericht naar het buitenwater, waar de hoogste waterstand voorkomt. De deuren aan de zijde van het buitenwater worden de buitendeuren, de andere de binnendeuren genoemd. Het draaipunt van de buitendeuren is iets dieper in de sluiswand aangebracht en wel ter dikte van de sluisdeur. In gesloten stand steunen de voorharren van de binnendeuren tegen elkaar in tegenstelling tot die van de buitendeuren, die zich op een afstand van twee maal de deurdikte van elkaar bevinden. De deuren bewegen ongeveer volgens een parallellogram, waarvan de hoekpunten worden gevormd door de schar-



A



B

237. Gekoppelde deur: (A) gesloten; (B) open.

nierpunten. De plattegrond van de deuren zelf wijkt iets af van een parallellogram, omdat zij anders niet geheel zouden kunnen worden geopend. In open stand bevinden de deuren zich in deurkassen. De koppeldeuren vormen daarbij één lijn met de binnendeuren, evenwijdig aan de sluisas. De buitendeuren bevinden zich dan tussen de koppeldeuren en de sluiswand.

Gekoppelde deuren zijn alleen in hout gemaakt.

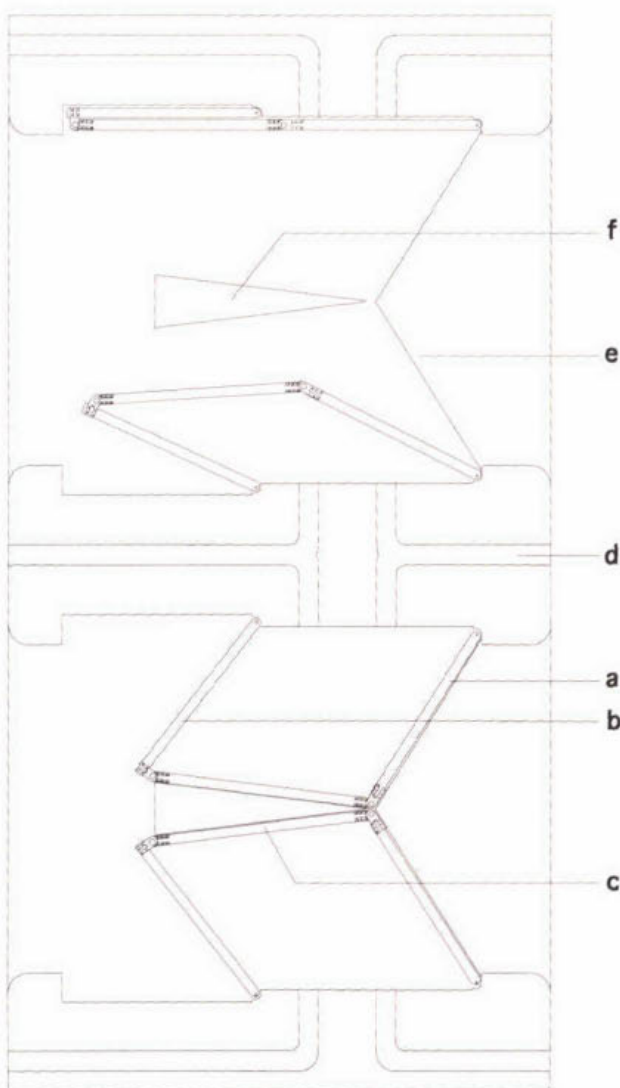
### Toepassing

De gekoppelde deuren zijn een uitvinding van de kapitein-ingenieur C. Alewijn. Deze ontwierp dit afsluitemiddel als alternatief voor de waaierdeuren. Alewijn publiceerde er voor het eerst over in de *Konst- en Letter-Bode* van 30 mei 1823. Een jaar later verscheen het boekje *Beschrijving van een ontwerp van sluisen met gekoppelde deuren*, waarin dit afsluitemiddel uitvoerig is beschreven<sup>391</sup>. De gekoppelde deuren bezitten hetzelfde toepassingsgebied als de waaierdeur. Boven de waaierdeur hebben zij

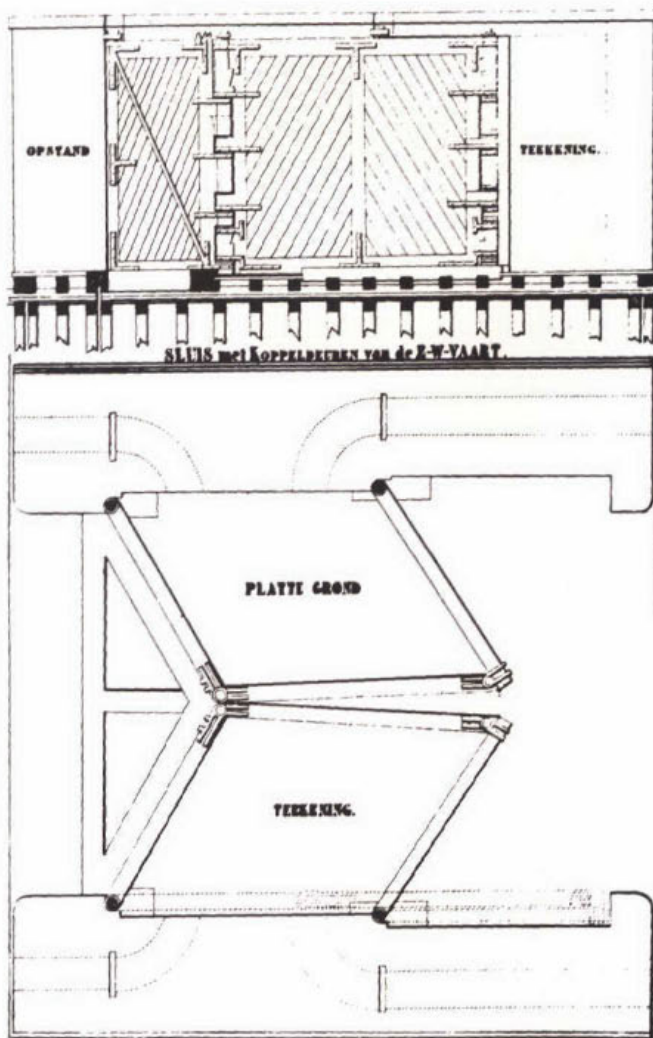


het voordeel dat zij veel minder ruimte innemen (afb. 238). De waaierdeuren vereisen grote waaierkassen in de sluiswand, waarin de waaier moet draaien. Bij de gekoppelde deuren is een uitsparing in de sluiswand van maximaal tweemaal de deurdikte voldoende. De constructie van het sluishoofd is dan ook veel minder kostbaar, ondanks dat de lengte ervan iets groter is. Alewijn liet op een plattegrond zien dat twee naast elkaar gelegen sluisen voorzien van gekoppelde deuren nauwelijks meer ruimte innamen dan één sluis met waaierdeuren (zie afb. 74).

De constructie is slechts weinig toegepast. In Maastricht werd in 1825 bij de uitmonding van de Zuid-Willemsvaart in de Maas een keersluis gebouwd. De sluis moest alleen in werking worden gesteld bij zeer hoge Maas-



238. Tekening van gekoppelde deuren naar Alewijn. a = binnendeur, b = buitendeur, c = koppeldeur, d = omloopriool, e = drempel binnendeur, f = wigvormige drempel tussen de koppeldeuren.



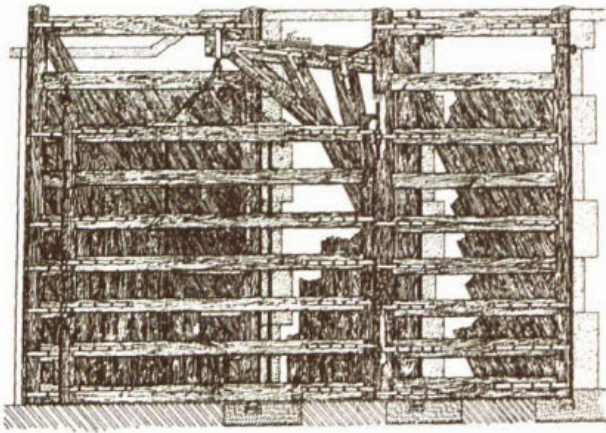
239. Tekening van de gekoppelde deuren van de keersluis in de Zuid-Willemsvaart te Maastricht volgens F. Baud.

standen. Als afsluitmiddel koos men voor gekoppelde deuren (afb. 239)<sup>392</sup>.

Een andere toepassing is die in het buitenhoofd van de uit die zelfde tijd daterende Oostsluis te Terneuzen in het Kanaal van Gent naar Terneuzen<sup>393</sup>. Daar moesten de deuren zowel hoog buitenwater als hoog binnenwater keren. Een tweede functie was om het overtollige water uit Zeeuws-Vlaanderen en Oost-Vlaanderen te kunnen afvoeren. Daartoe moest het afsluitmiddel bij extreme waterafvoeren na veel neerslag bij een ongelijke waterstand voor en achter de deuren snel en zonder veel problemen kunnen worden geopend. Tevens kon de sluis worden gebruikt als inundatiesluis en spuisluis.

Het gewicht van de koppeldeuren zorgde ervoor dat de deuren al gauw doorzakten en bij het bewegen over de grond slepten. Bij de gekoppelde deuren in Terneuzen werd daarom kort na de ingebruikstelling op beide sluiswanden een kraan gemonteerd, waaraan de koppeldeuren werden opgehangen (afb. 240). De kraan roteerde om een verticale as en kon daardoor met de deuren mee-





240. Tekening van de 'kraandeur' in de sluis te Terneuzen

draaien. Deze werden daarom ook wel kraandeuuren of kraansluisdeuren genoemd<sup>394</sup>.

Gekoppelde deuren bezitten een onbeperkte doorvaart-hoogte, kunnen naar twee zijden water keren en zijn bij alle waterstanden en onder elk verval te openen en te sluiten. De gekoppelde deuren zijn dus in elk sluisstype toepasbaar, mits niet een te grote breedte wordt vereist. Gekoppelde deuren kunnen bij een plotseling opkomende hoge vloed in stromend water zonder veel problemen en met weinig risico worden gesloten. Bij stormvloed kan de waterdruk tevens over de buiten- en de binnendeuren worden verdeeld, door het water in de beide omsloten ruimten iets lager te houden dan het buitenwater. Zij zijn ook veel minder gevoelig voor het klapperen door golfslag.

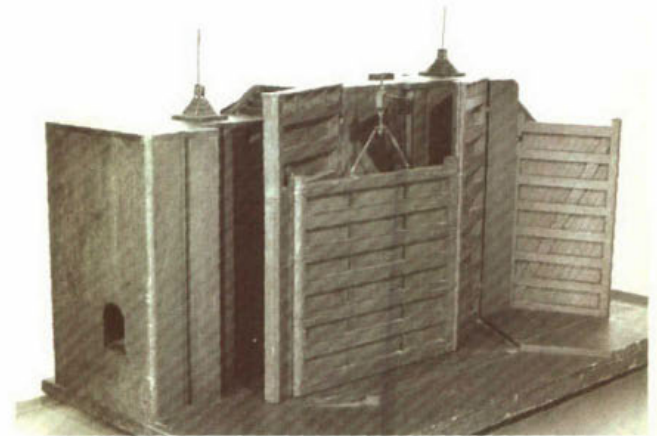
Doordat zij in de praktijk toch niet goed bleken te werken, is er slechts een drietal toepassingen geweest. Naast de beide hiervoor gemelde, zouden er ook gekoppelde deuren zijn toegepast te Sas van Gent, eveneens in het kanaal van Gent naar Terneuzen<sup>395</sup>. De gekoppelde deur is echter nog geen twintig jaar in gebruik geweest<sup>396</sup>. Zij zijn allemaal reeds lang verdwenen en het model van de sluis te Terneuzen is het enige dat nog rest (afb. 241). Dit model bevindt zich op de Faculteit der Civiele Techniek van de Technische Universiteit te Delft.

### Werking

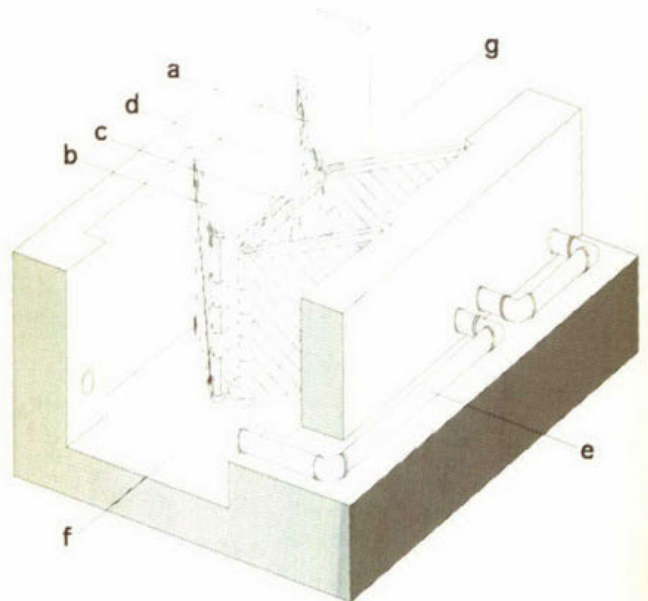
Gekoppelde deuren kunnen, evenals de waaierdeuren, naar beide zijden water keren, en bij elk verval worden geopend en in stromend water gesloten. Daartoe bevindt zich in de beide sluiswanden een omloopriool, dat de beide, door de deuren omsloten parallellogram-vormige ruimten verbindt met het binnen- en het buitenwater (afb. 242). Zowel de verbinding met het binnenwater als die met het buitenwater is afzonderlijk afsluitbaar door middel van schuiven.

Wanneer de door de deuren omsloten ruimten in verbinding staan met het buitenwater, treedt er alleen een drukverschil op bij de binnendeuren. Deze werken dan als gewone puntdeuren. Het water tegen de buitendeuren en de koppeldeuren staat aan weerszijden even hoog, zodat daar de krachten ten gevolge van de waterdruk elkaar opheffen. Als het buitenwater hoger staat dan het binnenwater, terwijl de binnenschuiven zijn gesloten en de buitenschuiven open staan, blijven de deuren dus gesloten (afb. 243A).

Zou onder dezelfde omstandigheden het buitenwater zakken, zodat dit lager komt te staan dan het binnenwa-

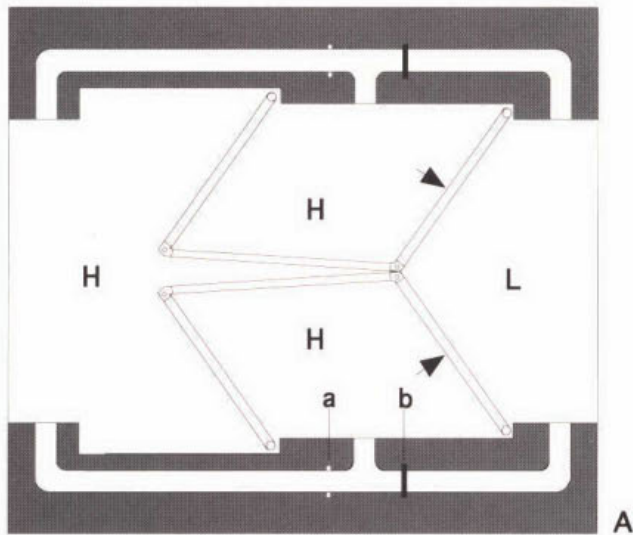


241. Maquette van het sluishoofd met gekoppelde deuren in de schutsluis te Terneuzen.

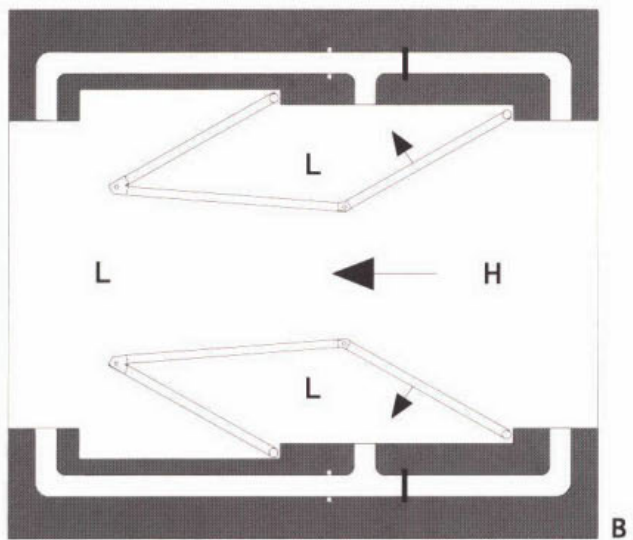


242. Gekoppelde deuren met rioolstelsel.  
a = binnendeur, b = buitendeur, c = koppeldeur, d = de omsloten trapeziumvormige ruimte, e = omloopriool, f = buitenwater, g = binnenwater.





A



B

243. Werking van gekoppelde deur met open buitenschuif en gesloten binnenschuif: (A) gesloten bij hoog buitenwater en (B) open bij laag buitenwater.  $a$  = schuif in riool naar buitenwater,  $b$  = schuif in riool naar binnenwater; H = hoogwater en L = laagwater.

ter, dan worden de deuren door het hogere binnenwater geopend (B). Het water in de omsloten ruimten, dat in verbinding staat met het buitenwater, is eveneens gezakt, waardoor op de binnendeuren door het hogere binnenwater een overdruk naar buiten is gekomen.

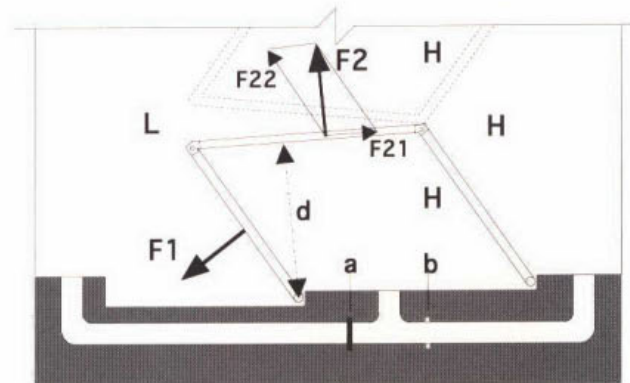
De situatie verandert als de omsloten ruimten in verbinding worden gebracht met het binnenwater. Er is dan een drukverschil zowel bij de buitendeuren als bij de koppeldeuren. De krachten op de deuren zijn afhankelijk van de grootte van de overdruk van het water en de lengte van de deuren (afb. 244). Daarnaast is de verhouding tussen de beide krachten afhankelijk van de hoek tussen de kop-

peldeur en de buitendeur. Hoe kleiner de hoek des te groter is de invloed van de kracht op de koppeldeur. De lengte van de koppeldeur en de hoek tussen de koppeldeur en de buitendeur moeten dus zo groot, respectievelijk klein zijn, dat bij een bepaald verschil in waterstand de kracht voldoende is om de wrijvingskrachten te overwinnen en de deuren in beweging te brengen; hetzij om te sluiten, hetzij om te openen.

De richting van de beweging wordt bepaald door de resultante en de werking van de krachten om het draaipunt van de buitendeur. De waterdruk staat loodrecht op het deurvlak. Het moment van de overdruk op de buitendeur is dan gelijk aan de resulterende kracht ( $F_1$ ) maal de halve deurlengte.

De resulterende kracht ten gevolge van de waterdruk op de koppeldeur ( $F_2$ ) kan worden ontbonden in een component evenwijdig aan de koppeldeur ( $F_{21}$ ) en een component evenwijdig aan de buitendeur ( $F_{22}$ ). (Er wordt hierbij aangenomen dat de binnen- en de buitendeur evenwijdig lopen.) De kracht evenwijdig aan de buitendeur heeft geen invloed op het evenwicht. De resterende krachtscomponent evenwijdig aan de koppeldeur geeft een moment dat gelijk is aan de grootte van deze component maal de (kortste) afstand ( $d$ ) tussen de koppeldeur en het draaipunt van de buitendeur. Dit moment is evenredig met de lengte van de koppeldeur en de afstand ( $d$ ) tussen deze deur en het draaipunt en tegengesteld aan het moment door de waterdruk op de buitendeur. Is de koppeldeur groot genoeg dan zullen de deuren tegen de druk in gesloten kunnen blijven of juist tegen de druk in geopend kunnen worden.

Hoe kleiner de afstand tussen de koppeldeur en het draaipunt van de buitendeur, des te groter de krachtscomponent evenwijdig aan de koppeldeur wordt. Hierdoor zal de invloed van de overdruk op de koppeldeuren bij het bewegen van de deuren dus toe- of afnemen.



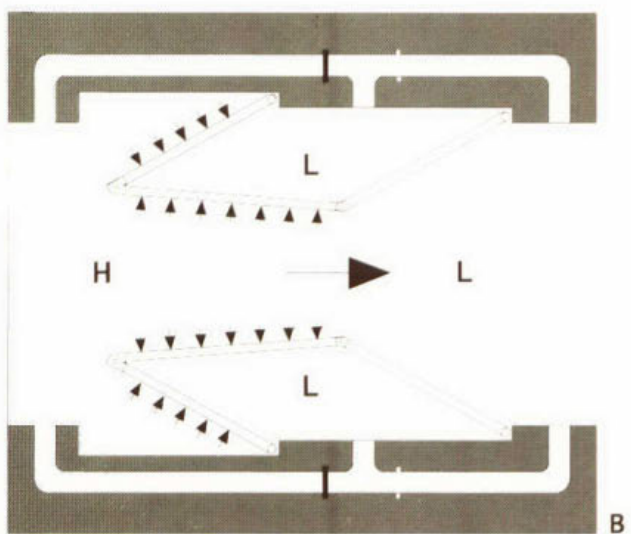
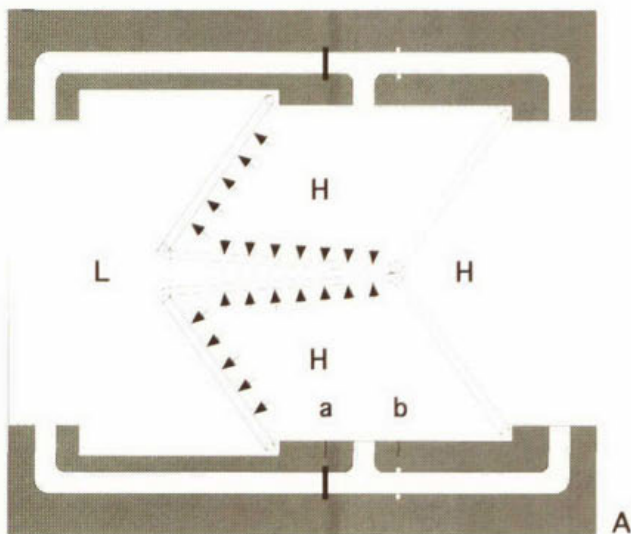
244. Krachtswerking van gekoppelde deuren bij laag buitenwater en hoog binnenwater.

$F_1$  = resulterende kracht op de buitendeur,  $F_2$  = resulterende kracht op de koppeldeur,  $F_{22}$  = ontbonden kracht evenwijdig aan de buitendeur,  $F_{21}$  resterende kracht evenwijdig aan de koppeldeur,  $d$  = afstand tussen koppeldeur en draaipunt buitendeur;  $a$  = schuif in riool naar buitenwater (gesloten),  $b$  = schuif in riool naar binnenwater (open); H is hoogwater en L = laagwater.

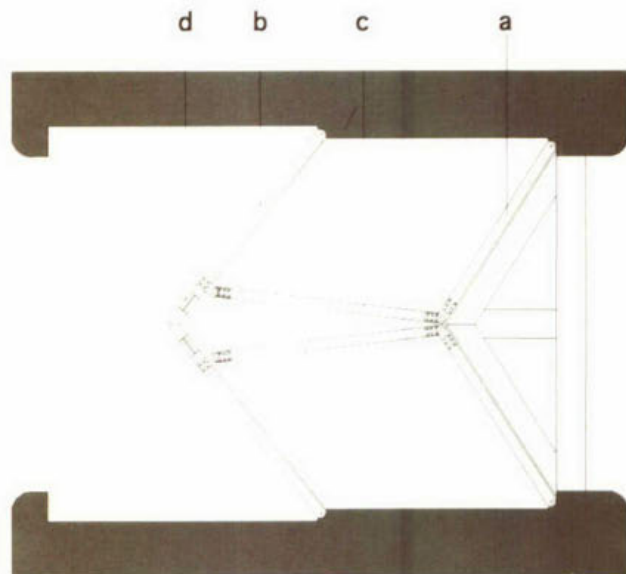


Wanneer hoog binnenwater moet worden gekeerd, worden de beide buitenschuiven gesloten en de binnenschuiven geopend (afb. 245A). Het water in de beide omsloten ruimten komt dan gelijk te staan met het hoge binnenwater. De overdruk op de koppeldeuren zal nu de sluis gesloten houden.

Ook als men buitenwater wil inlaten terwijl de sluis gesloten is, moeten de omsloten ruimten in verbinding worden gebracht met het binnenwater. Uiteraard moet het buitenwaterpeil hoger zijn dan dat van het binnenwater. De overdruk door het buitenwater op de koppeldeuren zal dan de deuren openen, waarna het water naar binnen kan stromen (B).



245. Werking van gekoppelde deuren met gesloten buitenschuif en open binnenschuif: (A) sluiten bij hoog binnenwater en (B) openen bij laag binnenwater. a = schuif in riool naar buitenwater, b = schuif in riool naar binnenwater; H is hoogwater en L = laagwater.



246. Aangepaste gekoppelde deuren voor zeesluizen naar Alewijn. a = binnendeur, b = buitendeur, c = koppeldeur, d = verlenging buitendeur met schuif.

Bij het openen van de deuren wordt de hoek tussen de buitendeur en de koppeldeur kleiner, zodat de deur steeds sneller opengaat. Als het hoogteverschil tussen binnen- en buitenwater niet groot genoeg is, zal het voldoende zijn om de deuren op een andere wijze (bij voorbeeld met een schippershaak) in beweging te brengen. Eenmaal in beweging, zullen zij zich vanzelf verder openen.

Door de binnenschuiven van het omloopriool te sluiten en de buitenschuiven te openen, zullen de deuren zich vanzelf weer sluiten. De snelheid van de beweging kan worden geregeld met de beide schuiven, waarmee de waterstand in de omsloten ruimte en dus de krachten ten gevolge van de overdruk op de deuren kunnen worden bepaald.

Bij sluisen die aan zee of een zeearm liggen, zoals de sluis te Terneuzen, kunnen de buitendeuren als nooddeuren (stormvloeddeuren) worden gebruikt. De buitendeuren moeten in dat geval de hele sluisbreedte bestrijken<sup>397</sup>. Men zal de buitendeuren daarom moeten verlengen (afb. 246). Om een goede werking van de gekoppelde deuren te behouden, moet de wigvormige ruimte tussen de beide koppeldeuren echter met het buitenwater verbonden blijven. Daarom moesten de verlengde delen van de buitendeuren volgens Alewijn worden voorzien van schuiven (d). Bij de sluis te Terneuzen is dit volgens de beschikbare gegevens echter niet gebeurd.

In gesloten stand steunen de binnendeuren met de onderregel tegen een op de sluisvloer aangebrachte drempel (zie afb. 238). Ook de koppeldeuren worden in gesloten stand tegen een drempel gedrukt. In het midden van de sluis is daartoe een wigvormige verhoging gemaakt. De



buitendeuren hebben geen aanslag aan de onderzijde, omdat bij het openen of sluiten de koppeldeuren over deze drempel zouden moeten draaien.

Als de buitendeuren echter tevens als stormvloeddeuren dienen, zouden deze volgens Alewijn wel aan de onderzijde tegen een drempel moeten aanslaan. De koppeldeuren zullen over die drempel heen moeten draaien, waartoe de onderregel van deze deuren iets hoger zal moeten liggen. Omdat dan de hele vloer tussen de binnen- en buitendeuren op gelijke hoogte met de buitendrempel moet worden gebracht, geldt hetzelfde voor de binnendeuren.

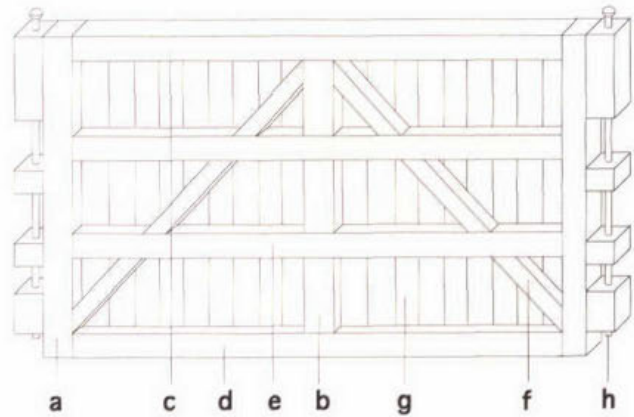
De sluisvloer heeft dan dus drie niveaus, verspingend bij de binnen- en bij de buitendrempel. Bij het opendraaien van de gekoppelde deuren zullen daardoor de lekverliezen onder de koppeldeuren groter worden naarmate deze meer over de buitendrempel schuiven. Omdat gelijktijdig de invloed van de overdruk op de koppeldeuren groter wordt, zullen beide effecten elkaar enigszins opheffen. Volgens de beschikbare gegevens is de vloer van de sluis te Terneuzen echter niet op bovengenoemde wijze uitgevoerd. Evenals bij de sluis te Maastricht was er alleen een aanslagdrempel bij de binnendeuren en een wigvormige dempel in het midden (zie afb. 241). Laatstgenoemde drempel bezat ter plaatse van de buitendeuren een puntstuk waartegen deze deuren bij de voorhar een aanslag hadden.

De binnen- en de buitendeuren draaien met de onderzijde in een keuspot. De achterhar is daartoe voorzien van een cilindervormige verlenging. Boven draaien de puntdeuren met een hals in een halsbeugel. Bij de enkele draaideur en de puntdeuren zijn deze constructies reeds besproken, waarnaar dan ook wordt verwezen. Hier wordt volstaan met de opmerking dat de draaipunten extra stevig uitgevoerd moeten zijn, omdat deze ook het gewicht van de koppeldeuren dragen. Voor de verankering van halsbeugel en keuspot geldt hetzelfde.

## Constructie

De binnen- en buitendeuren bestaan, evenals houten puntdeuren, uit een raamwerk waar overheen een beplanking is aangebracht (zie afb. 240). Het raamwerk is weer opgebouwd uit een voor- en een achterhar, een onder- en een bovenregel en daartussen, afhankelijk van de deurhoogte, een aantal tussenregels. De binnen- en de buitenpuntdeuren zijn voorzien van schrankschoren en trekstangen.

De puntdeuren moeten niet alleen hun eigen gewicht overbrengen naar de ophangpunten, maar ook het gewicht van de koppeldeuren. De neiging tot schranken (doorzakken) zal dan ook groot zijn. Om goed te kunnen bewegen moeten de deuren vrij van de bodem zijn. De ruimte tussen deur en bodem moet echter zo klein mogelijk zijn om de lekverliezen bij het bewegen niet al te groot te laten worden, hetgeen een goede werking zou verhinderen. Daarom moet bijzondere aandacht worden



247. Constructie van de koppeldeur.

*a = eindstijl, b = middenstijl, c = bovenregel, d = onderregel, e = tussenregel, f = schoor, g = beplanking, h = scharnierverbinding met de puntdeuren.*

geschonken aan voorzieningen die het schranken moeten tegengaan.

De koppeldeuren bestaan eveneens uit een raamwerk met daaroverheen een beplanking aan de zijde van de omsloten ruimte (afb. 247). Het raamwerk is opgebouwd uit twee eindstijlen, een onder- en een bovenregel en een aantal tussenregels. De koppeldeur is aan de beide uiteinden opgehangen. Door haar lengte zal zij de neiging hebben om in het midden door te zakken. Om dit te voorkomen was bij de sluis te Maastricht een middenstijl aangebracht met aan weerszijden een schrankschoor tussen de bovenkant daarvan en de onderzijde van de beide eindstijlen.

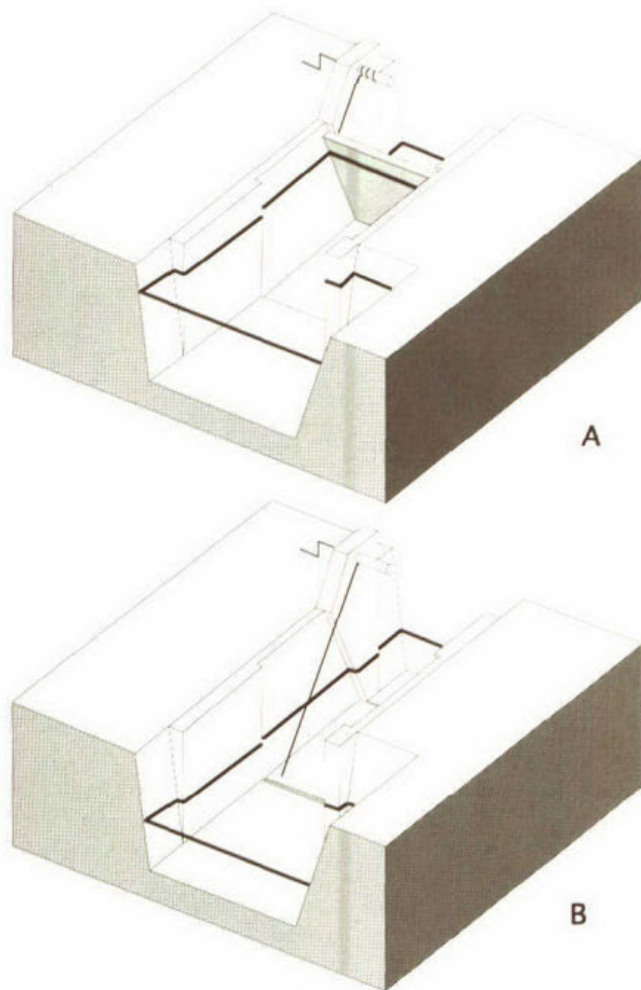
De beide scharnierverbindingen tussen de koppeldeur en de puntdeuren Van Alewijn bestaan uit een aantal zware houten delen (afb. 247h, zie ook afb. 239). Deze zijn in verticale richting om en om door middel van een tandverbinding en ijzeren strippen aan de puntdeur en de koppeldeur bevestigd. De houten delen zijn voorzien van een cilindervormige opening, waar doorheen een zware ijzeren pen is gestoken. De verbinding is zodanig uitgevoerd, dat de deuren in open stand evenwijdig kunnen hangen.

## 3.7. Klepdeuren

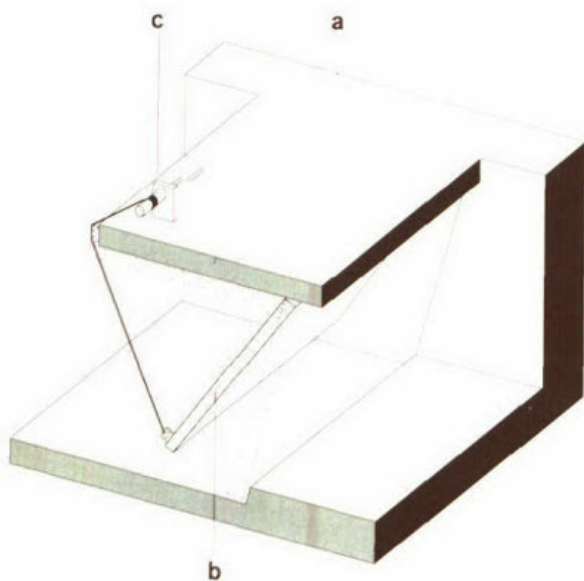
Een klepdeur draait om een horizontale as aan de onder- of de bovenzijde van de deur. Bij een draaias op de bodem ligt de geopende deur in een inkassing in de sluisvloer en wel zodanig dat er geen delen boven de vloer uitsteken (afb. 248). In gesloten stand neigt de deur enigszins naar de zijde met de hoogste waterstand. Klepdeuren in duikersluizen met een draaias aan de bovenzijde hangen aan de bovenkant van een sluisoker en worden door het water open of dicht gedrukt. Klepdeuren met de draaias aan de bovenzijde in scheepvaartsluizen hangen in open stand gewoonlijk tegen de onderzijde van een brug (afb. 249).

Er zijn zowel houten als stalen klepdeuren gemaakt.





248. Klepdeuren: (A) gesloten; (B) open.



249. Klepdeur met draais aan de bovenzijde in een scheepvaartsluis met vaste brug.  
a = brugdek, b = klepdeur, c = bewegingsmechanisme.

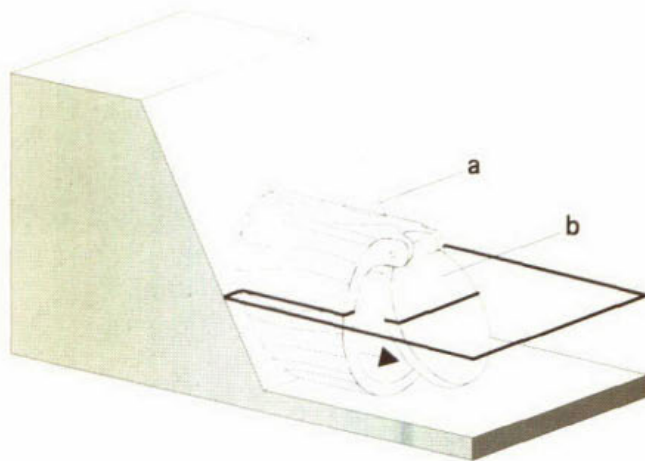
## Toepassing

Klepdeuren zijn het oudst bekende afsluitmiddel voor sluisen, die in Nederland al in de Romeinse Tijd werden toegepast. Deze kleppen waren aan de bovenzijde scharnieren verbonden met een houten duiker in de vorm van een uitgeholde boomstam en werd door het water zelf geopend en gesloten (afb. 250). Het scharnierpunt bestond uit een gevorkte uitstulping van de boomstam of uit een gevorkt balkje dat boven op de boomstam was gemonteerd (zie afb. 13).

In 1942 werd in Rotterdam een houten uitwateringssluisje blootgelegd, dat waarschijnlijk uit circa 1270 dateert (zie afb. 20)<sup>398</sup>. Het afsluitmiddel was nog (gedeeltelijk) aanwezig en bestond uit een klep die om een horizontale as bij de bodem draaide. De onderregel van de deur was aan beide uiteinden verlengd, waarbij de uiteinden cilindrisch waren bewerkt. Aan het deurgebint, waartegen de deur in gesloten stand rustte, was aan beide stijlen een houten klamp aangebracht. De klampen waren voorzien van een cilindervormig gat, waarin de klepdeur kon draaien. De sluis staat in gereconstrueerde vorm opgesteld in het Historisch Museum Schielandshuis te Rotterdam.

Klepdeuren werden in de Middeleeuwen veel toegepast in uitwateringssluisjes. Zij kunnen door het water zelf worden geopend en gesloten en worden daarom wel wachtdeuren genoemd, evenals de enkele draaideur en de puntdeuren.

Andries Vierlingh, rentmeester van Steenberg, geeft in zijn *Tractaat van dyckagie* uit circa 1578 een voorbeeld van een bestek voor een uitwateringssluisje. Als afsluitmiddel stelt hij 'liggende deuren' (klepdeuren) voor. Daaruit blijkt dat dit afsluitmiddel in zijn tijd nog een normaal toegepast afsluitmiddel was. Het afsluitmiddel raakte echter daarna uit de gratie. Simon Stevin schrijft in 1617 in zijn boek *Nieuwe maniere van Sterctebou door spilsluysen* over deuren 'die mette ebbe van zelfs neer komen te ligghen op 't stortebedde, en mette vloed van zelfs



250. Reconstructietekening van een klepdeur in de Romeinse tijd met uitstromend water.  
a = duiker, b = klep.



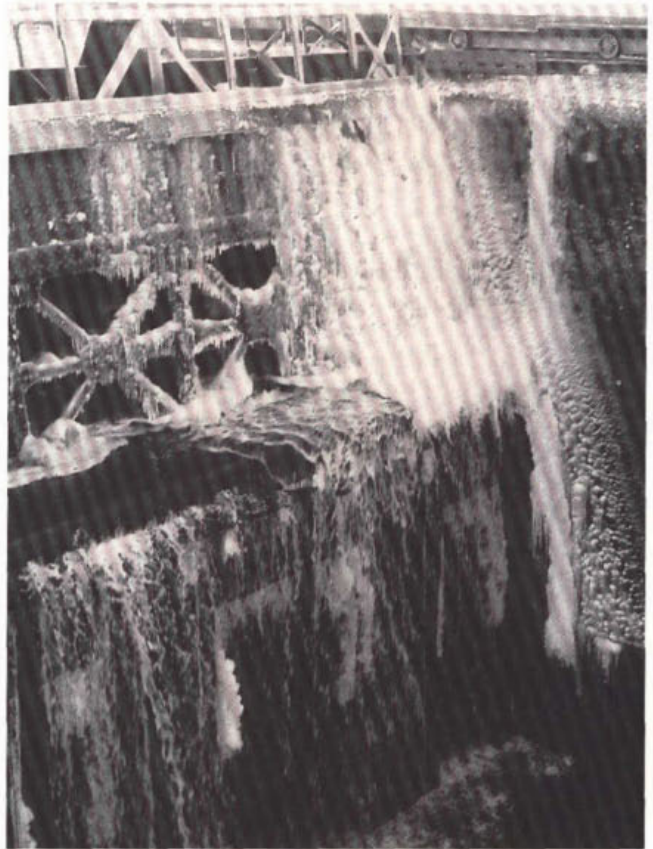
opgaan<sup>399</sup>. Deze werden echter 'int ghebruyc niet de bequaemste bevonden' en daarom niet meer toegepast.

In de 19de eeuw kwamen houten klepdeuren wel voor als afsluitmiddel voor een dok. In Middelburg was aan het eind van de 19de eeuw een droogdok, waarin een verticale afsluiting was toegepast<sup>400</sup>. Deze draaide om een horizontale as en werd op de bodem van het dok neergelaten (afb. 251). De deuren werden, als het dok droogstond, in het midden afgestempeld ter ontlasting van de bovenregel. Daartoe was op de bodem een zware houten balk aangebracht.

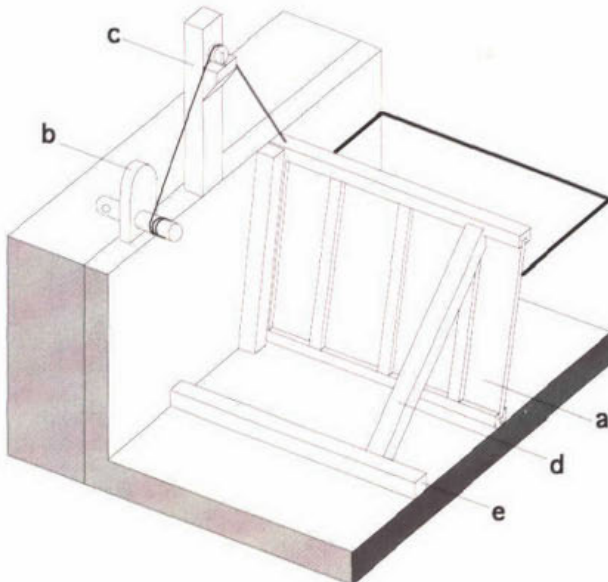
In 1934 werd het Julianakanaal in gebruik genomen. Twee van de vier schutsluizen, die te Maasbracht en die te Roosteren, waren voorzien van een stalen klepdeur in het bovensluishoofd (afb. 252)<sup>401</sup>. (Het sluishoofd bevindt zich aan de zijde van het bovenpand van het kanaal, dus de zijde met het hoogste kanaalpeil). De beide afsluitmiddelen in de bovensluishoofden behoefden slechts 4 m water te keren, terwijl de sluis een doorvaartbreedte had van 14 m. Bij deze verhouding tussen de lengte en de breedte is een puntdeur minder gunstig. Daarom werd gekozen voor klepdeuren.

Beide sluisen werden in 1970 gesloopt, nadat te Maasbracht een nieuwe sluis was gebouwd, die het verval in één keer overbrugde. Daarmee zijn tevens de laatste klepdeuren met een draaias aan de onderzijde in Nederlandse scheepvaartsluisen verdwenen.

In Lage Zwaluwe is in 1961 een keersluis gebouwd met een klepdeur, waarvan de draaias zich aan de bovenzijde bevindt. In geopende stand hangt de deur onder een over de sluis gelegen brug (zie afb. 249). De deur wordt alleen bij extreem hoge waterstanden gesloten.



252. Klepdeur in de schutsluis te Maasbracht onder winterse omstandigheden, vlak voor de verdwijning in 1970, met stormmuur (onder) en bewegingsmechanisme (boven).

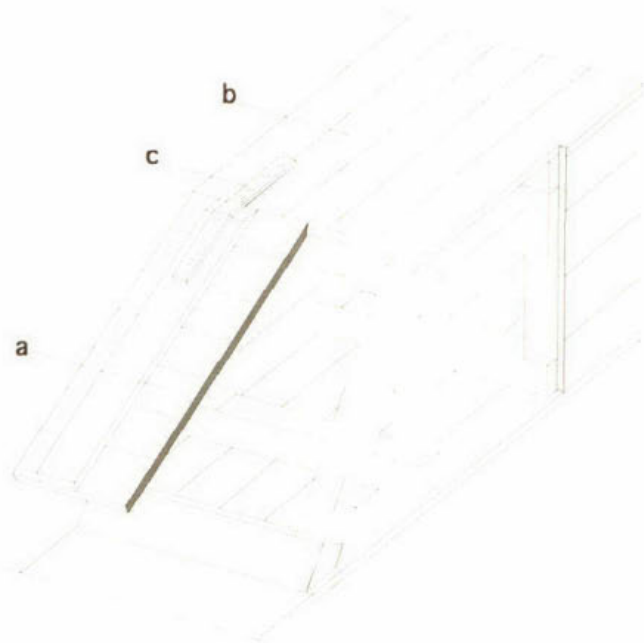


251. Reconstructietekening van de houten klepdeur in een 19de-eeuwse droogdok te Middelburg.  
a = klepdeur, b = bewegingsmechanisme, c = geleidewiel voor kabel tussen deur en bewegingsmechanisme, d = schoorbalk, e = steunbalk op sluisvloer.

Voor 1940 werden klepdeuren met de draaias aan de bovenzijde wel gebruikt als afsluitmiddel voor tijdelijke duikersluisjes. De deuren bestonden uit een dubbel opgeklampt schot dat met twee eenvoudige scharnieren aan de bovenzijde van de koker was bevestigd (afb. 253). Zij werden door het water zelf gesloten of geopend. Stalen deuren worden nog wel toegepast in kleine duikersluisen. Ook aan de uitmonding van een persbuis van een gemaal wordt vaak een klepdeur gemonteerd, die als terugslagklep fungeert. Klepdeuren met de draaias aan de benedenzijde worden veel toegepast in stuwen.

Een voordeel van klepdeuren met de draaias op de bodem is de onbeperkte doorvaarthoogte. Ook zou het afsluitmiddel goed toegepast kunnen worden in brede sluisen, waarbij de te keren waterhoogte gering is, zoals bij het Julianakanaal. Nadelen zijn dat de draaipunten zich constant onder water bevinden en er gemakkelijk grove stukken vuil onder de klepdeur terecht kunnen komen, die een goede werking tegengaan. Ook kunnen de deuren door golfslag worden opgelicht en dan door schepen worden aangevaren. Gewoonlijk keren klepdeuren slechts naar één zijde, maar met extra voorzieningen kunnen zij ook naar twee zijden keren.





253. Klepdeur voor een houten kokersluis met vierkante doorsnede.  
a = deur, b = sluiskoker, c = scharnierverbinding.

### Werking

Een klepdeur met de draaias aan de benedenzijde heeft in gesloten stand gewoonlijk een helling van ongeveer  $85^\circ$ , gericht naar de hoogwaterzijde. Hierdoor zal de deur bij een gelijke waterstand open gaan en dus naar beneden zakken, mits het eigengewicht groter is dan de opwaartse kracht.

De oude klepdeuren in uitwateringssluizen werden door de opwaartse kracht van het water opgelicht en door de naar binnen gerichte stroom gesloten. Zij reageerden daarbij minder snel dan wachtdeuren met een verticale draaias. Zakte de buitenwaterstand, dan werden zij door het hogere binnenwater weer opgedrukt.

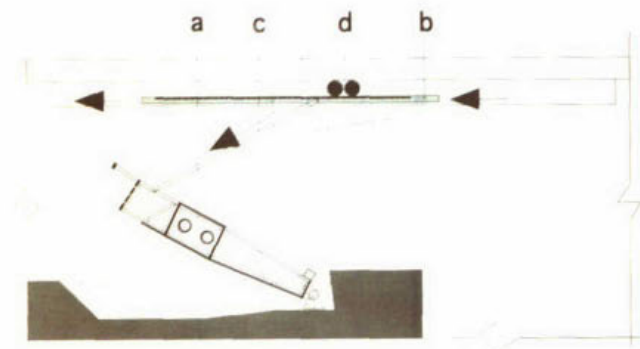
De houten klepdeur van het droogdok te Middelburg had een soortelijke massa, die groter was dan die van (zout)water. De deur werd met behulp van twee windwerken gesloten. Daartoe bevond zich op elk van de beide wanden van het sluishoofd een verticale stijl, waartegen een stoel met een ijzeren rol was bevestigd (zie afb. 251). Op de beide sluishoofden was tevens een houten haspel geplaatst. Over de rol liep een ketting, waarvan het ene uiteinde was verbonden met de klepdeur. Het andere einde was op de haspel gewonden. Door het op- of afwinden van de ketting kon de deur worden gesloten of geopend.

Stalen klepdeuren werden meestal met een éézijdige aandrijving geopend en gesloten. De deur was voorzien van een luchtkist, waardoor deze niet opdreef. Een voorbeeld van een dergelijk bewegingsmechanisme, zoals toegepast in het Julianakanaal, is die met een rechte heu-

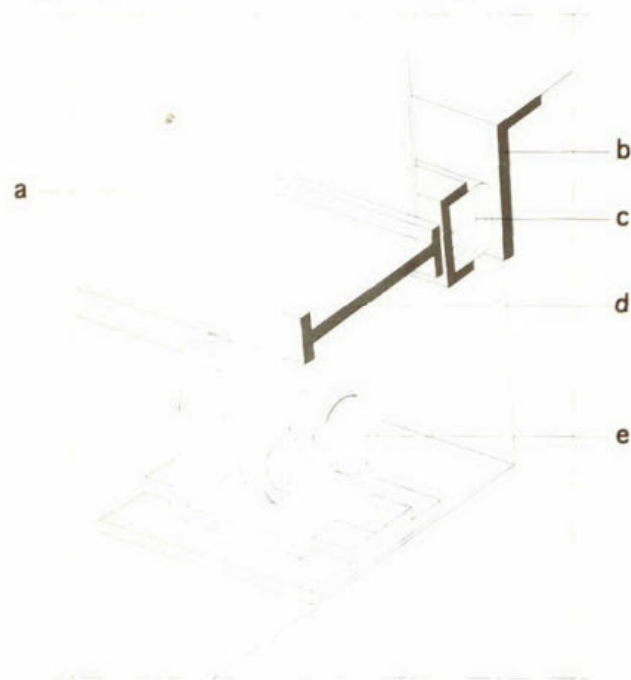
gel (staaf met tanden). Deze kan door middel van een rondsel (klein tandrad) langs een horizontale glij- of rolbaan in een richting evenwijdig aan de sluisas worden bewogen (afb. 254). Het midden van de heugel is via een drijfstaaf scharnierend met de klep verbonden. Het rondsel kon met de hand worden bediend of motorisch aangedreven.

De draaipunten van de klepdeuren uit de Romeinse tijd en uit de Middeleeuwen zijn hiervoor reeds beschreven. De constructie van de dokdeur uit Middelburg is niet bekend.

Bij de stalen klepdeuren in het Julianakanaal bevonden de beide scharnieren zich aan de uiteinden van de onder-



254. Bewegingsmechanisme voor een stalen klepdeur, zoals toegepast in Maasbracht en Roosteren.  
a = klepdeur met luchtkisten, b = heugelstang, c = drijfstaaf, d = rondsel van het bewegingsmechanisme.



255. Scharnier met krukas voor een stalen klepdeur, zoals toegepast in Maastricht en Roosteren.  
a = deur, b = slagdrempel, c = houten aanslaglijst, d = onderregel, e = scharnier met krukas.



regel (afb. 255). Het scharnier was op een krukas gemonteerd, die in een op de sluisvloer bevestigde stoel kon bewegen. Door deze constructie had de deur enige speling in verticale en in horizontale richting (in de richting van de sluisas). Daardoor werden, als er vuil of grote voorwerpen tussen de drempel en de deur kwamen, grote krachten op de scharnieren vermeden en ontwrichting van de deur voorkomen.

## Constructie

### Houten klepdeuren

De constructie van een klepdeur is eenvoudig. Bij kleine houten deuren kan worden volstaan met een dubbel opgeklampt schot. Een grote houten klepdeur bestaat uit een raamwerk dat is samengesteld uit een onder- en een bovenregel, die door twee eindstijlen en een aantal tussenstijlen zijn verbonden (zie afb. 251). Op dit raamwerk is aan de buitenzijde (de zijde met de hoogste waterstand) een beplanking aangebracht. Doordat horizontale krachten in het vlak van de deur vrijwel ontbreken, is een schrankschoor of een trekstang niet nodig. Wel moet een deur met éézijdige aandrijving voldoende torsiestijf zijn.

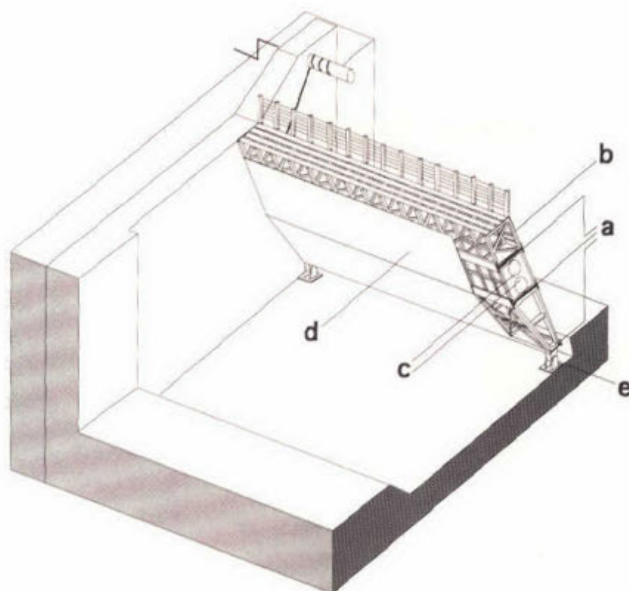
### Stalen klepdeuren

Stalen klepdeuren met de draaias aan de benedenzijde worden gewoonlijk voor relatief brede sluisopeningen gebruikt. Voor de constructie van de deur wordt dan ook het stijtype toegepast, dat wil zeggen dat de deur is opgebouwd uit een aantal stijlen, die bijeen worden gehouden door enkele regels. Die te Maasbracht en Roosteren bezaten drie hoofdregels (afb. 256). Over de stijlen en regels is aan de hoogwaterzijde een ijzeren beplating aangebracht. Met name de middelste regel is fors uitgevoerd, daar deze het zwaarst wordt belast.

De onderste regel is gekoppeld aan de draaias. Hoewel de waterdruk hier het grootst is, hoeft deze regel niet zo fors te zijn als de tussenregel, omdat de krachten rechtstreeks via een houten aanslag op de drempel worden overgebracht (zie afb. 255). Ook aan de beide zijkanten van de deur zijn houten aanslagen bevestigd, die evenals de aanslag bij de drempel, zowel voor de krachtoverdracht als voor de waterafdichting zorg dragen.

Zoals de meeste stalen afsluitmiddelen bezitten ook de stalen klepdeuren, waarvan de draaias zich op de bodem bevindt, een aantal luchtkisten (afb. 256c). Deze zijn zo hoog mogelijk geplaatst, maar wel zoveel mogelijk beneden de laagste waterstand aan de hoogwaterzijde. De opwaartse kracht om de draaias is dan groot, waardoor het gewicht van de deur min of meer wordt opgeheven. De luchtkisten worden omsloten door de bovenste en de middelste regel, de stijlen en de beplating, die hier uiteraard aan beide zijden is aangebracht.

Klepdeuren met de draaias aan de bovenzijde hebben geen luchtkisten. De constructie hiervan bestaat uit een raamwerk van profielstaal, waarover een beplating is aangebracht.



256. Opbouw stalen klepdeur van de schutsluis in Maasbracht en Roosteren.

a = hoofdregels, b = eindstijl, c = luchtkisten, d = beplating, e = scharnier.

## 3.8. Segmentdeuren

Een segmentdeur bestaat uit een gebogen plaat, die om een horizontale as draait (afb. 257). In verticale doorsnede heeft de plaat de vorm van een cirkelboog met de draaias als middelpunt. De plaat is door twee armen met de beide draaipunten verbonden. Deze draaipunten (scharnieren) bevinden zich aan weerszijden van de sluis ter plaatse van de sluiswanden. Meestal zijn de draaipunten aan de zijde met de laagste waterstand geplaatst, zodat zij onder normale omstandigheden droog staan. Bij toepassing in een getijdegebied bevinden zij zich aan de landzijde.

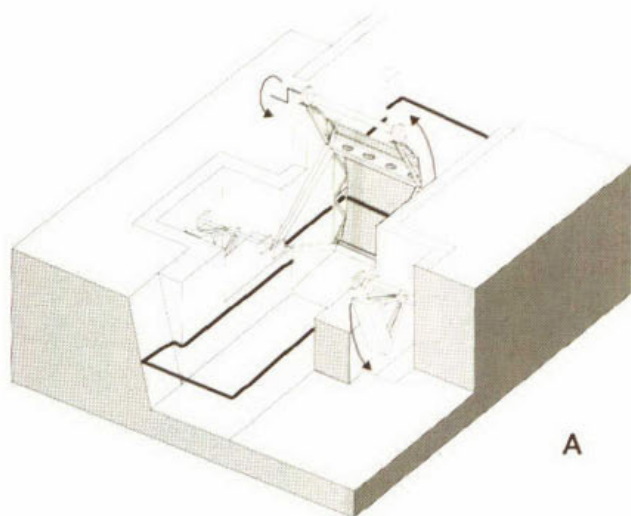
Gesloten rust de segmentdeur met de onderrand op de sluisbodem. Het afsluitmiddel wordt geopend door deze om de beide scharnierpunten naar boven te draaien. In geheel open stand bevinden de onder- en de bovenrand van de segmentvormige plaat zich op gelijke hoogte. De deur ligt dan horizontaal, zodat de schepen er onderdoor kunnen varen.

Segmentdeuren zijn uitsluitend in staal gemaakt.

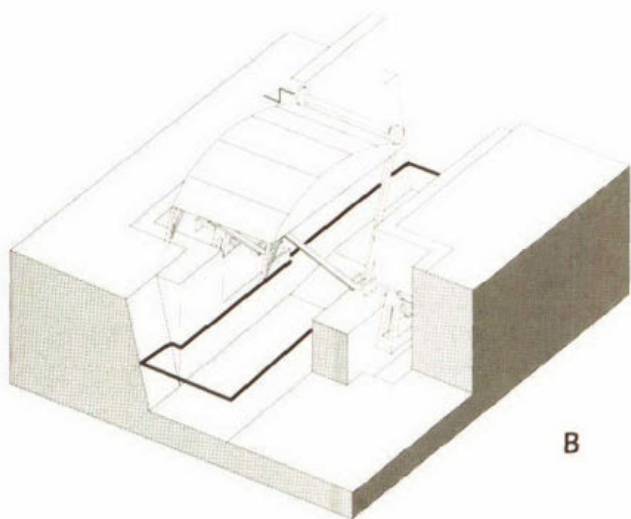
## Toepassing

De segmentdeur is een 20ste-eeuwse uitvinding van de Duitse hoogleraar H. Krey, destijds hoofd van het Laboratorium für Wasserbau und Schiffbau in Berlijn<sup>402</sup>. Een bekende toepassing is die in de Gröschel-sluis te Breslau, het latere Poolse Wrocław, uit 1918 met een doorvaartbreedte van 9,6 m. In de literatuur worden segmentdeuren overigens vaak segmentschuiven genoemd.





A



B

257. Segmentdeur: (A) gesloten; (B) open.



258. Segmentdeur in de Kleine Parksluis te Rotterdam.

De segmentdeur is in Nederland voor 1940 slechts één keer gebruikt en wel in de Kleine Parksluis, een schutsluis te Rotterdam (afb. 258)<sup>403</sup>. Het afsluitemiddel heeft daar een doorvaartbreedte van 6 m. De Kleine Parksluis werd gelijktijdig gebouwd met de ernaast gelegen Grote Parksluis en kwam in 1933 gereed.

De segmentdeuren werden ontworpen door ir. W.F. Burky. Eén van de redenen waarom voor dit deurttype werd gekozen, was dat deze deuren ten opzichte van de hefdeuren geen hoge torens vereisen. De torens zouden het uitzicht belemmeren en werden ook om esthetische redenen onaanvaardbaar geacht. Roldeuren en puntdeuren vielen om economische redenen af.

Een soortgelijke constructie werd reeds, voordat deze als afsluitemiddel voor sluisen werd gebruikt, toegepast als segmentschuif in omloopriolen, onder meer in Schutsluis 15 bij Nederweert in de Zuid-Willemsvaart uit circa 1925<sup>404</sup>. Schuiven in omloopriolen zijn relatief klein vergeleken met die in sluisen. Na 1940 is het afsluitemiddel toegepast in de uitwateringssluizen van het Haringvliet. Elk van de zeventien doorstroomopeningen, ieder met een breedte van bijna 60 m, bezit zowel aan de zee- als aan de landzijde een segmentdeur.

Segmentdeuren kunnen in principe in elk sluisstype worden toegepast, zowel in sluisen ten behoeve van de waterhuishouding als in scheepvaartsluisen. De segmentdeur heeft verschillende voordelen. De belangrijkste is wel dat de deur naar twee zijden kan keren. Wanneer een tweezijdige waterkering is vereist, kan ten opzichte van de toepassing van puntdeuren de sluislengte beperkt blijven.

Bij puntdeuren zouden in elk sluishoofd twee paar tegengesteld gerichte puntdeuren nodig zijn, terwijl bij segmentdeuren één deur voldoende is. Ook zijn er geen omloopriolen of schuiven nodig, omdat een segmentdeur ook bij een ongelijke waterstand voor en achter de deur kan worden geopend.

Ten opzichte van de hefdeuren hebben de segmentdeuren het voordeel, dat zij geen hoge torens vereisen, waartussen de deur verticaal beweegt. Doordat de deur in open stand horizontaal ligt, steekt deze veel minder boven de sluis uit en is daarom ook minder gevoelig voor windbelasting. Evenals de hefdeuren hebben zij echter ook het nadeel, dat de doorvaarthoogte beperkt is en dat de deuren bij het omhoogdraaien blijven nalekken. Zij kunnen alleen worden toegepast, indien een beperking van de doorvaarthoogte geen bezwaar is.

### Werking

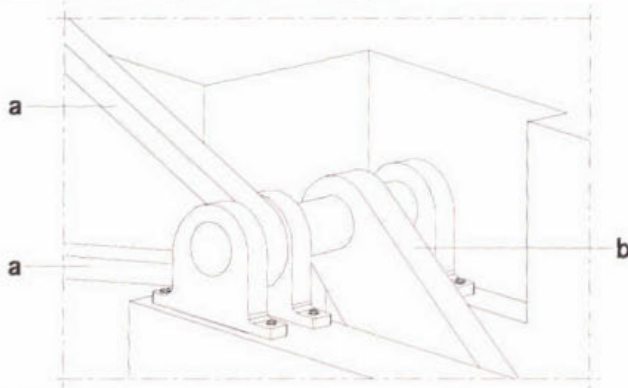
De segmentdeur draait om een horizontale as. Daartoe is de deur aan beide zijden via een stalen arm met de scharnierpunten verbonden (afb. 259). Bij de Kleine Parksluis bestaat elk scharnierpunt uit een as, die in een drietal kussenblokken draait, waarvan twee aan weerszijden van de arm. De arm zelf is met flensringen en spieën stijf op de as gemonteerd, zodat de as met de deur meedraait.



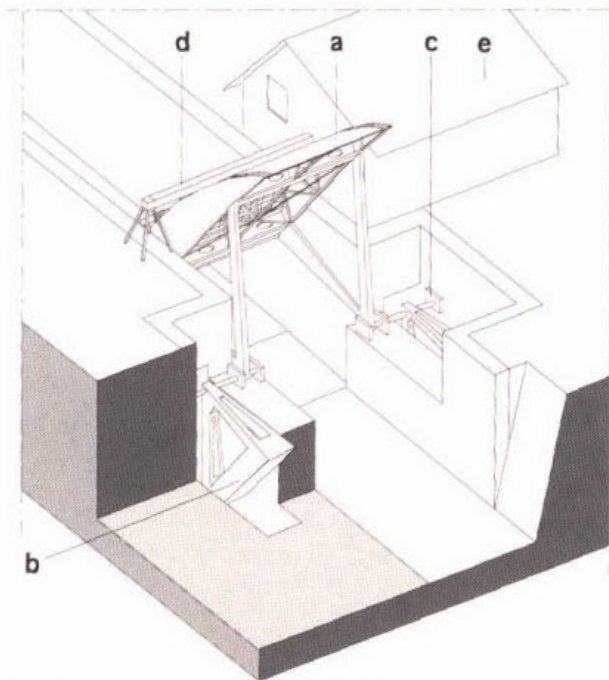
Ten einde het bewegingswerk (d) en de aandrijving zo licht mogelijk (en daarmee dus goedkoop) te houden, is de deur uitgebalanceerd. Aan weerszijden van de sluisdoorgang bevindt zich een kelder, waarin een tegen- of contragewicht (b), beweegt. Evenals de segmentdeur zijn ook de contragewichten stijf met de as verbonden. De as loopt door een waterdichte gietijzeren afsluiting in de scheidingswanden tussen de sluisdoorgang en de kelder. Deze afsluiting bestaat uit twee delen, zodat, indien nodig, de deur en de assen kunnen worden verwijderd. Bij de Gröschel-sluis liggen de armen van de segmentdeur en het contragewicht in één vlak. Een nadeel hiervan is dat de deur veel breder dan de sluisdoorgang moet worden. Ook kan de kelder voor het contragewicht moeilijk waterdicht worden gemaakt. De draaiassen moeten daarvoor of vrij hoog liggen, of men moet accepteren dat de kelder bij hoog water onderloopt.



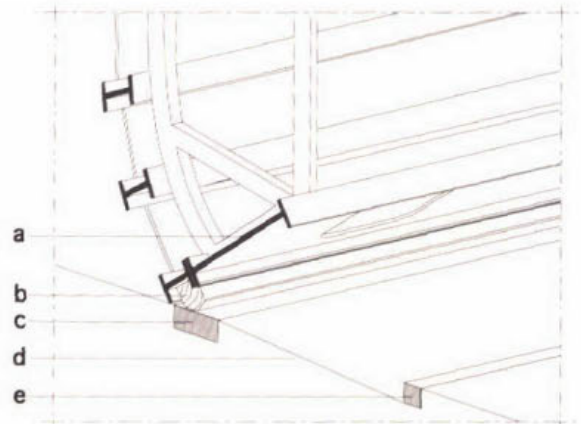
261. Bewegingsmechanisme van de segmentdeur in de Kleine Parksluis te Rotterdam.



259. Scharnierpunten van een segmentdeur.  
a = arm naar de deur, b = arm naar het contragewicht.



260. Werking van een segmentdeur.  
a = deur, b = contragewicht, c = draaias, d = bewegingswerk, e = gebouw met aandrijfsmechanisme.



262. Aansluiting tussen segmentdeur en sluisvloer.  
a = onderregel, b = houten aanslaglijst, c = natuurstenen slagdrempel, d = hellende vloer, e = terugslagdrempel voor terugkaatsing van de waterstroom.

Om de deur in beweging te brengen, zijn aan weerskanten van de Rotterdamse segmentdeuren op de gebogen zijde pennenheugels aangebracht, waarin een rondsel (klein tandwiel) grijpt (afb. 261). De beide rondsels zijn gemonteerd op een horizontale as, die over de sluisdoorgang heen loopt. Deze as wordt ondersteund door op de sluiswanden geplaatste bokconstructies. Aan één zijde is de as verbonden met de bewegingsinrichting.

Bij het schutten wordt de deur eerst enige tijd langzaam omhooggedraaid, totdat het water in de sluisdolk op bijna gelijke hoogte met het water daarbuiten is gekomen. Door het langzaam openen zal het in- of uitstromende water de schepen in de kolk nauwelijks hinderen. Nadat het water op bijna gelijk niveau is gekomen, wordt de deur in een veel sneller tempo geheel omhooggedraaid. Naast het langzaam openen van de deur is nog een voorziening aangebracht om de hinderlijke invloed van het binnenstromende water op de scheepvaart te verminderen. De sluisbodem loopt vanaf de onderrand in de richting van de draaipunten over enige afstand schuin naar beneden (afb. 262d). Aan het eind van de bodemhelling is een hardstenen drempel (e) geplaatst. Bij het openen van de deur zal het binnenstromende water tegen de drempel kaatsen, waardoor een groot deel van de energie verloren gaat.



## Constructie

Het waterkerende deel van de segmentdeuren in de Parkhaven bestaat uit een stalen beplating, die op horizontale langsliggers of regels is geklonken (afb. 263). Voor de langsliggers zijn I- en U-profielen gebruikt. De plaat zelf is verstijfd door middel van gebogen U-profielen. De langsliggers zijn bevestigd op een drietal verticale spanen: één aan elk der beide uiteinden en een tussenspan. De beide zijspanen zijn als volwandige schotten uitgevoerd, bestaande uit een stalen beplating op U-profielen. Zij worden rechtstreeks ondersteund door de beide armen. Deze armen bestaan uit twee samengestelde staven, die de benen vormen van een gelijkbenige driehoek met de draaiax als top en een zijspant als basis.

Het tussenspan is door twee horizontale plaatijzeren hoofdliggers of hoofdregels met de staven van de beide armen verbonden. Deze verbinding is buigstijf uitgevoerd, waardoor twee portaalspanen worden gevormd en in dwarsrichting een stabiele constructie is verkregen. Om ook de armen zo stijf mogelijk te maken, zijn de beide hoofdregels ver uit elkaar geplaatst. Zij liggen daardoor dicht bij de onder- en bovenrand. Daarnaast is in het vlak van de koorde van het segment een kruisverband aangebracht, teneinde de deur ook in dit vlak stabiel te maken.

De beide hoofdregels hebben een I-vormige doorsnede en zijn opgebouwd uit plaatijzer en hoekprofielen. In de lijfplaten zijn grote openingen uitgespaard, ter vermindering van de weerstand van de deur bij de beweging door het water.

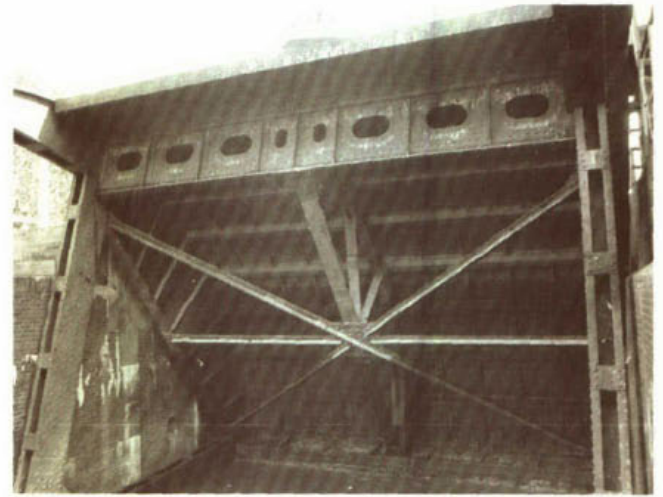
De aansluiting van de deur met de sluisvloer en de beide wanden moet voldoende waterdicht zijn. Aan de onderzijde van de Rotterdamse segmentdeur is daartoe een geprofileerde eikehouten aanslagbalk gemonteerd. In gesloten stand wordt deze op een hardstenen plaat in de sluisbodem gedrukt (zie afb. 262b, c). De deur zelf heeft ten opzichte van het contragewicht een overgewicht dat voldoende is om de dichtheid te verzekeren.

De zijwanden van de sluisdoorgang staan niet geheel verticaal maar onder een zeer steile helling, waardoor de verticale doorsnede taps of trapeziumvormig is (afb. 264). De afstand tussen de beide sluiswanden is bij de bodem kleiner dan ter plaatse van de bovenzijde van de sluiswanden. Hierdoor moet ook de schuif enigszins taps zijn. Door deze constructie is de sluis op eenvoudige wijze ook aan de zijanten waterdicht te maken, zonder dat de zijaanslagen te veel slijten.

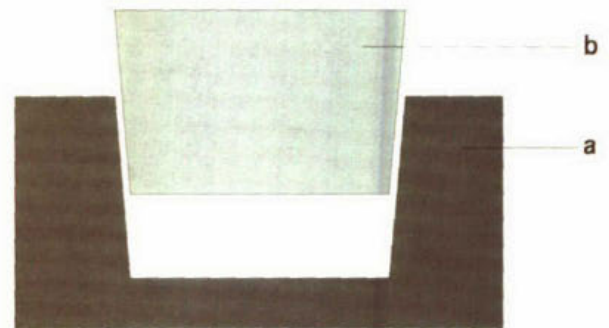
Voor de zijaanslagen zijn bronzen glijstroken gebruikt, die via een stalen plaat met de deur zijn verbonden. Zij worden door middel van stelschroeven via een rubberen strip tegen een gietstalen aanslaglijst geduwd (afb. 265). De aanslaglijst is in de betonnen sluiswand verankerd.

### 3.9. Roldeuren

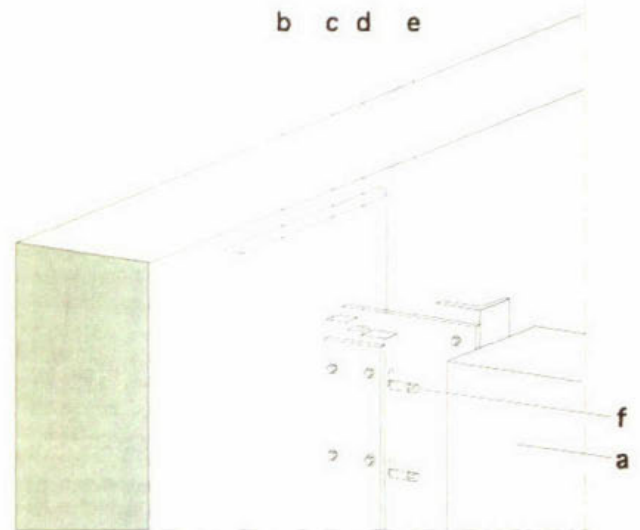
Een roldeur is een vlakke deur, die bij het openen en sluiten een horizontale beweging maakt, loodrecht op de sluisas (afb. 266). De deur wordt bij het openen zijwaarts



263. Constructie van de segmentdeur in de Parksluis.



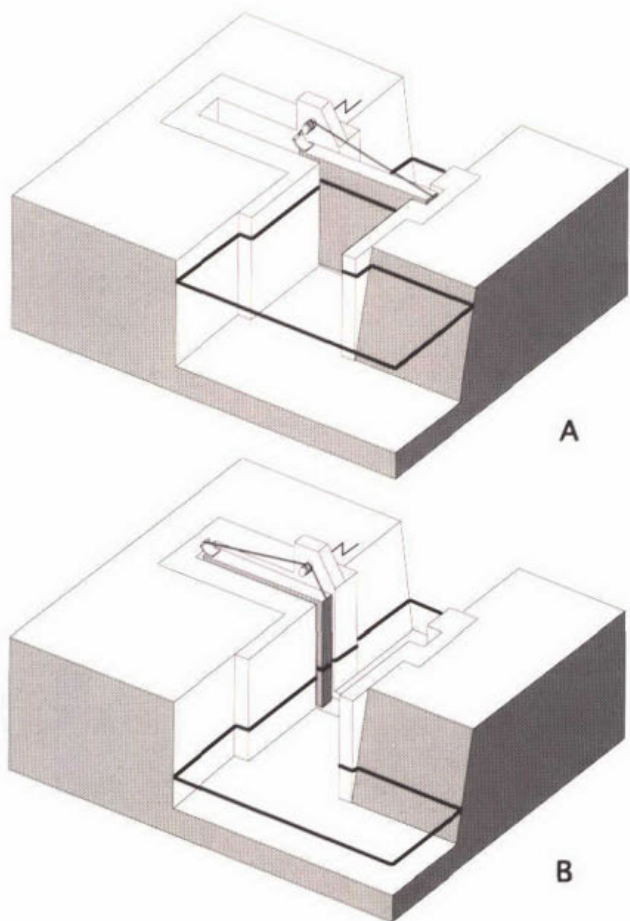
264. Trapeziumvormige doorsnede van de sluisopening. a = sluishoofd, b = segmentdeur.



265. Zijdichting van een segmentdeur, zoals toegepast in de Kleine Parksluis.

a = deur, b = aanslaglijst in het sluishoofd, c = glijstrook, d = rubberen strip, e = verende plaat, f = stelschroeven.





266. Roldeuren: (A) gesloten; (B) open.

getrokken, meestal in een in het sluishoofd aangebrachte sleuf, de deurkas genoemd. Soms, bijvoorbeeld bij bajonetsluizen, wordt de deur langs de voor- of achterzijde van het sluishoofd gerold.

Bij de roldeur bestaan er twee hoofdtypen: deuren met laaggelegen rol- of rijbaan en deuren met een hooggelegen rijbaan. Bij deuren met een laaggelegen rijbaan is de deur op rollen of wielen geplaatst. Deze lopen over een rail die op de sluisvloer is gemonteerd. Bij deuren met een hooggelegen rijbaan hangt de deur met wielen aan een rail.

Nauw verwant met de roldeur is de schuifdeur, die eveneens een horizontale beweging maakt. Deze onderscheidt zich van een roldeur door de afwezigheid van rollen of wielen. De deur wordt bewogen over een vlakke schuifbaan.

Roldeuren zijn zowel in hout als in ijzer of staal toegepast. In hout hebben zij vrijwel altijd een hooggelegen rolbaan. IJzeren deuren komen zowel met een hoog- als met een laaggelegen rijbaan voor.

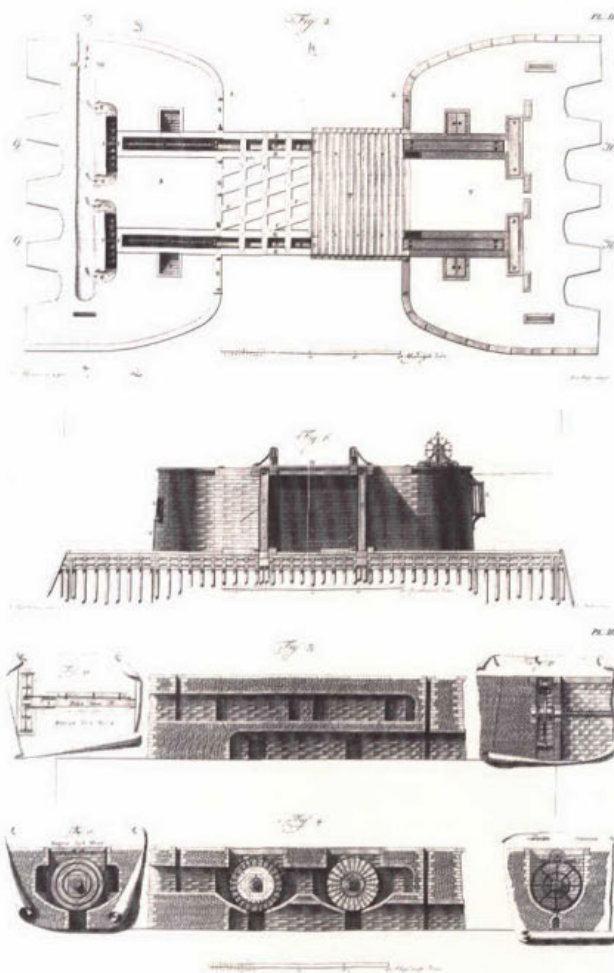
### Toepassing

Roldeuren zijn reeds rond 1600 toegepast. De eerste die dit deurtype presenteerde, was Andries Vierlingh<sup>405</sup>. In

zijn tractaat uit omstreeks 1578 beschrijft hij deuren die op metalen (bronzen) rollen moesten lopen en in gemetselde kokers konden worden geschoven. Hij prijst deze aan als een beter alternatief voor een valschoot (hefdeur). Enkele decennia later, in 1617, schrijft Simon Stevin over de toepassing van deuren die zijwaarts in het land getrokken werden, maar die in het gebruik niet voldeden<sup>406</sup>. Dit moeten rol- of schuifdeuren geweest zijn. Het ligt echter voor de hand dat het in beweging brengen van deze deuren met de relatief primitieve middelen die men toen bezat de nodige problemen gaf.

Het deurtype zal dan ook weinig zijn toegepast en waarschijnlijk min of meer in de vergetelheid zijn geraakt. Nog halverwege de 19de eeuw citeert de waterbouwkundige Storm Buysing met instemming de Fransman Sganzin, die de roldeur als een sedert lang in onbruik geraakt afsluitmiddel typeerde<sup>407</sup>.

In 1773 ontving Cornelis Redelijkheid van de Staten van Holland en Westfriesland een premie van 1000 gouden ducaten voor zijn uitvinding van een sluis met in- en uitschuivende deuren<sup>408</sup>. De deuren werden aangedreven door schepraders en konden in stromend water worden gesloten en bij ongelijke waterstand geopend (afb. 267; zie ook afb. 52).



267. De in- en uitschuivende deur van C. Redelijkheid.



Redelijkheid's uitvinding bestaat uit twee deuren per sluishoofd. Bij het openen worden de beide deuren in de deurkassen getrokken, die aan weerszijden in het sluishoofd zijn aangebracht. De achterste stijlen van de deuren, de stijlen bij de deurkassen, zijn voorzien van een rond gat met inwendig schroefdraad, door Redelijkheid de lijdende schroef genoemd. Door dit gat loopt een lange horizontale staaf, eveneens voorzien van schroefdraad, de drijvende schroef genoemd. Deze is met het ene uiteinde vast verbonden met een scheprad.

De deuren zelf lopen met zes metalen (bronzen) wielen over een houten draagbalk. Zij worden zowel aan de onder- als aan de bovenzijde geleid tussen twee geleidebalken of aanslagen, voorzien van eveneens bronzen wielen. Daardoor is de wrijving bij het open- of dichtschuiven geringer; de deuren moeten immers ook in stromend water gesloten en bij ongelijke waterstand geopend kunnen worden.

De schepraderen zijn door twee riolen verbonden met het water in de waterweg: Een hooggelegen riool met het hoge water en een laaggelegen riool met het lage water. Het hoge riool heeft aan weerszijden van het scheprad een afsluitbare opening. Door het openen van één van beide schuiven kan men het rad links of rechts laten draaien. De meedraaiende schroef brengt de deur in beweging. Wanneer het verschil in waterhoogte te gering is, kunnen de schepraderen door mankracht worden bewogen.

Redelijkheid liet een schaalmodel (1:4) bouwen, dat naar bevrediging werkte. Toch is er geen echte toepassing van bekend. De ontwikkelingen gingen echter door. In 1839 won J.C. Singels een gouden medaille voor zijn ontwerp van spoordeuren (afb. 268). Deze roldeuren konden met metalen (bronzen) wielen, over een tweetal rails worden bewogen<sup>409</sup>.

De spoordeur van Singels bestaat uit een houten geraamte met aan weerszijden een houten beschot. De dikte van de deur is gelijk aan een kwart van de breedte. De voor- en achterzijde zijn, behalve door horizontale en volgens de sluisas gerichte regels, ook verbonden door een kruisverband. Hierdoor is de krachtwerking ten gevolge van de waterdruk enigszins te vergelijken met die bij puntdeuren.

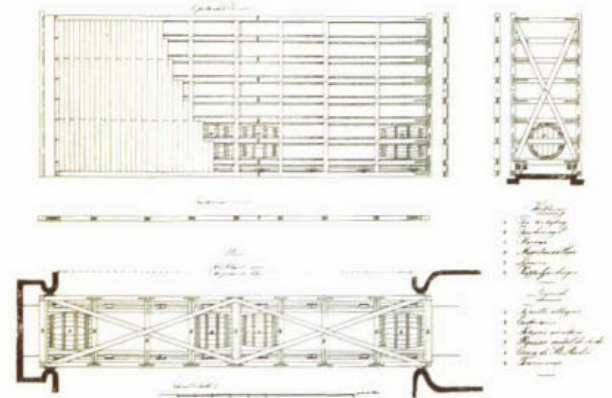
Onder aan de deur zijn aan weerszijden twee houten balken aangebracht, waartussen de metalen wielen zijn gemonteerd. De beide rails zijn in de drempel ingelaten. Opmerkelijk zijn de onder in de deur geplaatste, met lucht gevulde tonnen. Deze moeten het gewicht van de deur verminderen, zodat deze gemakkelijker is te bewegen.

Voor het in beweging brengen zijn kaapstanders gedacht, zoals deze ook zijn toegepast bij puntdeuren. De kaapstanders worden aan weerszijden van het sluishoofd geplaatst en zijn door middel van kettingen (of touwen) met de deur verbonden. De ketting verbonden met de voorhar, die dient om de deur te sluiten, kan worden losgemaakt om schepen door te kunnen laten.

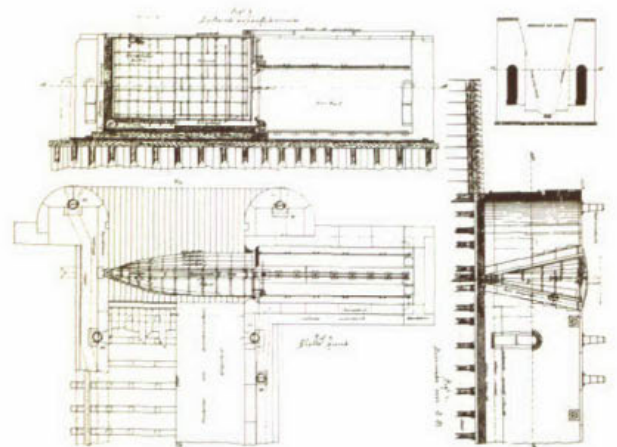
Ook de vinding van Singels vond geen directe toepassingen. In 1850 kwam B.P.G. van Diggelen met een verbetering van de spoordeuren<sup>410</sup>. De beweging van de deuren moest, evenals bij de vinding van Redelijkheid, door het water zelf tot stand worden gebracht. Hij voorzag de deur daartoe van een drijvend schot (zie afb. 77).

Van Diggelen stelde voor om de deurkas breder te maken dan voor de deur noodzakelijk was. Aan de deur moest een schot worden verbonden dat dwars op de deur stond. Dit met de deur meebewegende schot bestreek de gehele breedte van de deur-

*Plan en Opstand van het getimmerde der Sluisdeur, genaamt Spoordeur.  
Plan et Elevation de la charpente de la porte à rails dite porte à croix*



268. De spoordeur van J.C. Singels.



269. Tekening van de 'snepdeur' van J. Swets in de Cellesluis bij Kampen met het oorspronkelijke bovenaanzicht en de langs- en dwarsdoorsnede van de deurkas uit 1868 en de doorsnede van de deurkas na de verbredening en de montage van het drijfschot in 1878 (rechtsboven).

kas. Rond de deurkas was een rioelstelsel gedacht, dat via schuiven de beide uiteinden van de deurkas verbindt met zowel het binnen- als met het buitenwater. Door het openen en sluiten van de juiste schuiven kon de waterstand voor en achter het schot worden geregeld, en het schot en daarmee de roldeur worden bewogen.

De waarschijnlijk eerste toepassing van roldeuren sinds eeuwen was die in de nieuwe Cellesluis bij Kampen uit 1868. J. Swets ontwierp deze uitwaterings-schutsluis met in het binnenhoofd een ijzeren roldeur (afb. 269; zie ook afb. 85)<sup>411</sup>. In het buitenhoofd liet hij een stel vloed- en ebduren plaatsen. Dit uit veiligheidsoverwegingen, omdat de roldeur nog in een experimenteel stadium verkeerde. De sluis bezat een doorvaartbreedte van 6 m.



De deur bestond uit een geraamte van hoekijzers, waarover een ijzeren beplating was geklonken. Zij was bijna 7 m lang en ruim 4 m hoog. Het achtervlak, aan de deurkaszijde, heeft de vorm van een gelijkbenige driehoek met de punt naar beneden. Aan de voorzijde loopt de deur over de gehele hoogte uit in een punt. Zij heeft daarmee de vorm van een snebschuit, een vaartuig met een scherpe verticale steven, en werd daarom ook wel snebdeur genoemd.

De roldeur liep met vier wielen of rollen, twee voor en twee achter, over een tweetal rails. Deze waren op de sluisvloer aangebracht, aan weerszijden van een slagbalk. Daar waren tevens vier horizontale geleidingswielen gemonteerd. In gesloten stand bevond de deur zich met de aanslag aan de voorzijde in een met gietijzer beklede spanning. Ook de beide aanslagen bij de ingang van de deurkas waren van gietijzer.

Het bewegingsmechanisme bestond uit een wurm of spil (een ronde staaf, voorzien van schroefdraad) met een tandwielstelsel dat aan de achterzijde van de deur was gemonteerd. Aan de beide lange wanden van de deurkas was een heugelstang bevestigd. In de tanden daarvan grepen een tweetal tandwielen van het bewegingsmechanisme, dat met de deur meebewoog. Overigens werd de spil reeds in 1872 vervangen door een konisch rad en rondsel, waarmee de deur in 30 slagen gesloten of geopend kon worden.

Bovenop de sluisdeur bevond zich een ijzeren I-balk. Deze kon over rollen, die op de deur waren gemonteerd, naar de overstaande sluismuur worden bewogen. Daarmee kreeg de deur indien nodig een bovenaanslag, zodat deze ook in stromend water kon worden gesloten of bij ongelijke waterstand geopend. Het bewegingsmechaniek van deze balk, eveneens een spil met tandwielstelsel, kon tevens als tweede of als reserve aandrijving voor de roldeur worden gebruikt.

Voor het in beweging brengen van de deur kon mede gebruik worden gemaakt van waterkracht. Daartoe was de deurkas door een rioolstelsel verbonden met zowel het binnen- als het buitenwater. Door water in of uit de kas te laten, kon men de deur sluiten of openen. Teneinde een meer optimaal gebruik van de waterkracht te kunnen maken, werd de aanvankelijk taps toelopende deurkas in 1878 aan de onderzijde verbreed (zie afb. 269)<sup>412</sup>. Aan de deur werd op ongeveer één meter afstand van de achterzijde een verticaal drijfschot gemonteerd en het rioolstelsel aangepast. Het schot bestreek de gehele kasbreedte en werd bewogen door voor of achter het schot water toe respectievelijk af te laten. Hoewel de naam van Van Diggelen niet wordt genoemd, in tegenstelling tot die van Redelijkheid en Singels, is dit duidelijk een toepassing van diens vinding.

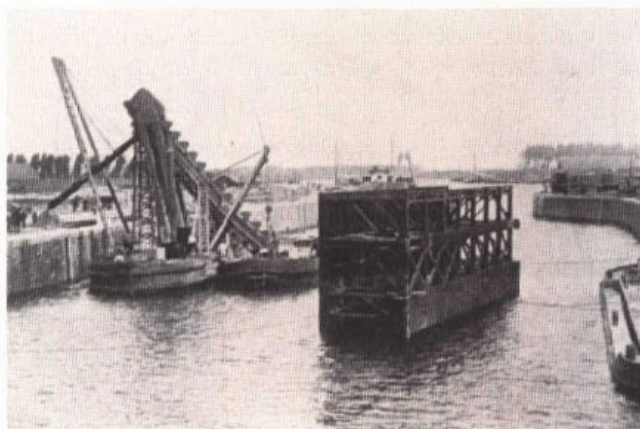
De deur bleek aan de verwachtingen te voldoen en werd op de Wereldtentoonstelling van 1873 te Wenen bekroond met een 'diploma'. Desondanks kreeg deze geen directe navolging. Voorlopig ging de ontwikkeling in het buitenland verder. Daar werden rond 1900 verschillende relatief grote roldeuren gemaakt<sup>413</sup>.

Pas in 1911 werd besloten de derde schutsluis te Hansweert in het Kanaal door Zuid-Beveland, de Oostsluis, te voorzien van roldeuren (afb. 270)<sup>414</sup>. De sluis, die in 1916 gereed kwam, had een doorvaartbreedte van 16 m. De roldeuren met laaggelegen rijbaan werden elektrisch aangedreven.

Er volgden daarna in korte tijd meerdere sluisen met rol-

deuren. De grootste deuren kwamen in 1930 gereed als afsluitmiddel voor de Noordersluis te IJmuiden (afb. 271). Deze sluis, met een doorvaartbreedte van 50 m en een diepte van 15 m, was jarenlang de grootste schutsluis ter wereld. De roldeuren hebben een totale breedte van 53,5 m, een hoogte van 25 m en een dikte van ruim 7 m. In noodgevallen kunnen de rollen onder de deur worden verwijderd en kan de deur als schuifdeur worden gebruikt.

Deuren met een hooggelegen rijbaan werden gedurende het interbellum veel toegepast in Groningen<sup>415</sup>. Er werden zowel houten als stalen roldeuren gebouwd. Als eerste kreeg in 1917 bij de verbetering van het Stadskanaal de nieuwe bajonetsluis te Musselkanaal (Vijfde Verlaat) een houten roldeur in het benedenhoofd. Het Zesde of Ter Apelerverlaat te Jispingboermussel uit 1925 kreeg in beide sluishoofden een houten roldeur (afb. 272). In 1924 kwam de schutsluis in het nieuwe Van Starckenborghkanaal te Gaarkeuken gereed. Deze schutsluis met tussenhoofd werd voorzien van drie stalen deuren (zie afb. 276). Het boven- en benedenhoofd had een doorvaart-



270. De aankomst van een van een roldeur in de Oostsluis te Hansweert in 1916.



271. De roldeur in de Noordersluis te IJmuiden.





272. Houten roldeur in het Ter Apelerverlaat te Jisping-boermussel uit 1925.

breedte van 10 m, het tussenhoofd van 12 m. De Driewegsluis te Groningen uit 1936 kreeg een drietal houten roldeuren.

Al deze deuren zijn opgehangen aan een beweegbare rail die, voordat de deur kan worden gesloten, over het sluishoofd wordt geschoven of neergelaten. Wanneer er over het sluishoofd een beweegbare brug is gebouwd, is de rail aan de brug bevestigd.

Enkele bijzondere toepassingen van roldeuren zijn die in het benedenhoofd van de sluis in het Twenthekanaal te Hengelo en die in de sluis te Sint Pieter bij Maastricht.

De Hengelose sluis is uitgevoerd als schachtsluis<sup>416</sup>. Het afsluutmiddel heeft bij de schacht, het benedenhoofd, zowel aan de onder- als aan de bovenzijde een ondersteuning. Daarom kon deze eenvoudig worden uitgevoerd met dubbele roldeuren, ook wel porte brisée genoemd (afb. 273). De deuren worden, evenals bij de uitvinding van Redelijkheid, bij het openen ieder naar een deurkas gerold die in de beide sluishoofdwallen is uitgespaard. Het sluishoofd is hierbij dus symmetrisch. De deuren zijn met elk twee rollen opgehangen aan kolkzijde van de vaste brug en hebben dus een hooggelegen rijbaan.

In de schutsluis te Sint Pieter zijn zogeheten drijfdeuren toegepast<sup>417</sup>. De deuren zijn voorzien van luchtkisten, die zo groot zijn gemaakt dat de deuren opdrijven en tegen de over de sluishoofden gebouwde bruggen worden geduwd (afb. 274).

Aan de onderzijde van deze bruggen is als geleiderail een tweetal I-balken bevestigd. Op de deuren zijn drie opzetstukken gemonteerd met een hoogte van circa 3 m. Deze bezitten aan de bovenzijde ieder twee verticale loopwielen en twee horizontale geleidingswielen. De verticale wielen lopen tegen de onderflenzen van de beide I-balken en de horizontale wielen tegen de binnenzijde van de lijven.

De deur heeft aan de onderzijde een viertal rollen, zodat deze ook bij het lekragen van de luchtkisten kan worden bewogen. Normaal zijn deze rollen los van de grond.

Roldeuren hebben enkele voordelen boven puntdeuren<sup>418</sup>. Zij kunnen zonder beperkingen naar twee zijden water keren. Daarmee kan één roldeur, op plaatsen waar eb en vloed heersen, vier puntdeuren vervangen. De sluishoofden worden daardoor in de lengterichting belangrijk kleiner. Het schadelijke kolkgedeelte, dat wil zeggen het deel dat niet voor het schutten is te gebruiken, is bij roldeuren niet of nauwelijks aanwezig. Daardoor geven sluisen met roldeuren ook minder waterverlies dan sluisen met puntdeuren. Dit kan voor sluisen in hoger gelegen gebieden gedurende droge perioden een voordeel geven. Ook het aantal reservedeuren kan beperkt blijven. Vaak is één reservedeur voor de hele sluis voldoende.

Roldeuren kunnen in veel bredere sluisen worden toegepast dan puntdeuren. Met name lenen zij zich goed voor toepassing in (brede) zeesluisen. Zij vereisen een eenvoudiger bewegingsmechanisme dan bij toepassing van vier puntdeuren (eb- en vloeddeuren) en kunnen gemakkelijk van één zijde worden bediend. Terwijl bij vrijwel gelijke waterstand bij puntdeuren met vier deuren moet worden gemanoeuvrerd, gaat dit bij roldeuren juist heel eenvoudig. Ook zijn roldeuren in gesloten stand vrijwel onge-



273. Dubbele roldeur in de schutsluis in het Twenthekanaal te Hengelo.



274. Drijfdeur in de schutsluis te Sint Pieter bij Maastricht.



voelig voor deining, zodat bij bijna gelijke waterstand geen gevaar voor klapperen bestaat.

Evenals bij puntdeuren geeft de toepassing van roldeuren gewoonlijk een onbeperkte doorvaarthoogte. In brede sluizen met een gering verval, waar puntdeuren minder goed bruikbaar zijn en men toch een onbeperkte doorvaarthoogte wil hebben, voldoen roldeuren dan ook uitstekend. Op de roldeuren met laaggelegen rolbaan kan zonder veel bezwaren een rijbaan voor het wegverkeer worden aangebracht, waardoor de bouw van een brug kan vervallen.

Het meest in het oog vallende nadeel is wel het brede en gewoonlijk asymmetrisch uitgevoerde sluishoofd. Bij bajonetsluizen, waar de sluishoofden ten opzichte van de sluisas verschoven liggen, kan dit echter eenvoudig worden opgevangen. Door de deur langs één der kopwanden van de sluis te schuiven, vervalt een relatief dure sluiskas. Voor de deur wordt daarvoor in de plaats ter bescherming een remmingwerk geplaatst. Wel is voor deuren met laaggelegen rolbaan aan weerszijden van de deur een geleidingsconstructie nodig.

Een ander nadeel is dat bij een defecte of een uitgenomen deur de sluis tijdelijk onbruikbaar is, terwijl bij toepassing van puntdeuren nog tijdens eb of vloed gesloten zou kunnen worden (mits de sluis in een getijgebied ligt).

Deuren met een laaggelegen rijbaan hebben nog als nadeel, dat de bewegende delen (de rollen) zich onder water bevinden. Hierdoor is controle relatief moeilijk, terwijl de slijtage vaak groot is. Bij deuren met een hooggelegen rijbaan is dit nadeel niet aanwezig. De hooggelegen rolbaan van roldeuren in het benedenhoofd van schachtsluizen zal bij elke schutting afwisselend onder en boven water komen te liggen. Gedurende de tijd dat de rolbaan boven water ligt, is controle eenvoudig. Bij onderhoudswerkzaamheden staat de kolk in verbinding met het lage water van het benedenpand, waardoor de rolbaan automatisch boven water ligt.

Roldeuren met een hooggelegen rijbaan zijn toegepast tot een doorvaartbreedte van 16 m. Bij grotere breedtes worden roldeuren met een laaggelegen rolbaan gebruikt. Schuifdeuren zijn in Nederland voor 1940 niet toegepast, hoewel sommige roldeuren in noodgevallen als schuifdeuren kunnen worden bediend. De nieuwe Oranjesluis in Amsterdam heeft schuifdeuren die op een dunne waterfilm glijden<sup>419</sup>. In de zogeheten glijlagers zitten openingen, waardoor onder hoge druk water wordt geperst, die de deur 0,1 mm optillen. De deuren schuiven over een kunststof glijbaan.

## Werking

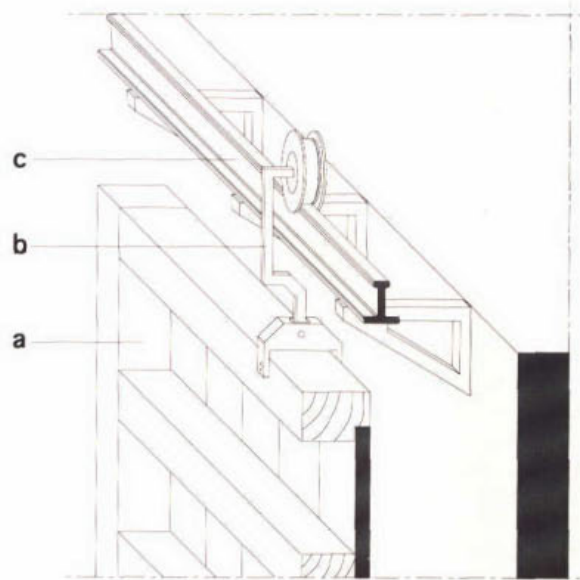
De werking van een roldeur is eenvoudig. Om deze te sluiten moet de deur uit de kas worden gerold en met de voorzijde goed in de tegenovergelegen sponning worden gedrukt. Dit laatste is belangrijk, omdat de deur anders een goede aanslag mist en er kans op bezwijken bestaat. Puntdeuren zouden overigens in dit geval vanzelf door de waterdruk worden gesloten. Ook is een (nagenoeg) gelijk-

ke waterstand nodig voordat de deuren geopend en in de kassen kunnen worden getrokken.

## De rolbaan

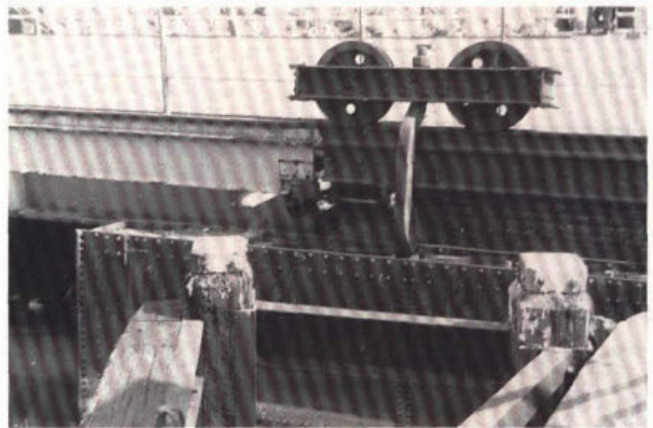
Om te kunnen bewegen, zijn deuren met een hooggelegen rijbaan voorzien van twee stalen beugels, waarin aan de bovenzijde een loopwiel is geplaatst (afb. 275). De beugels zijn zo uitgevoerd, dat de deur centrisch is opgehangen, waardoor deze in gelijk water loodrecht en vrij van de aanslagen hangt.

De wielen lopen over een rail. Ter plaatse van de deurkas is deze aan op de wand van de deurkas bevestigde consoles of aan een overstek gemonteerd. Om te kunnen keren moet de deur tegen de aanslagen worden gedrukt. De ophangbeugel is daartoe scharnierend aan de deur bevestigd.



275. Ophangmechanisme van een houten roldeur met hooggelegen rijbaan.

a = roldeur, b = ophangmechanisme, c = rail.



276. Rolwagen van een roldeur met hooggelegen rijbaan in de voormalige schutsluis te Gaarkeuken in het Van Starckenborghkanaal.



In plaats van twee wielen worden bij grote deuren, die meestal van staal zijn gemaakt, twee rolwagens gebruikt. De wagens bestaan elk uit twee wielen die onderling zijn verbonden, terwijl de wagen zelf scharnierend is verbonden met de ophangbeugel (afb. 276). Hierdoor wordt het gewicht van de deur beter over de rail verspreid.

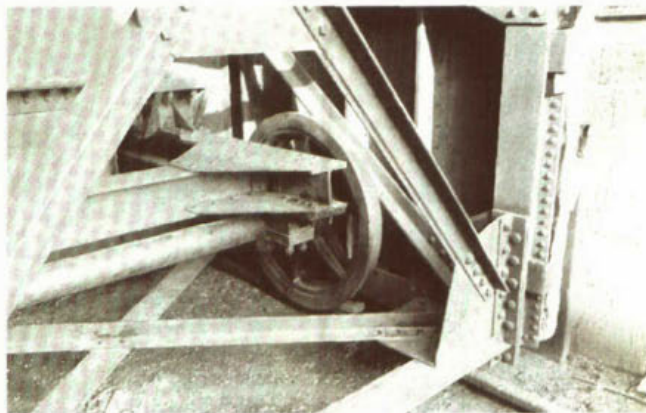
Deuren met een laaggelegen rijbaan zijn op rollen geplaatst. Bij kleine deuren, die gemakkelijk uit het water kunnen worden gehesen, is soms volstaan met vier wielen of twee rolwagens. De rolwagens bezitten elk vier wielen en zijn scharnierend aan de deur bevestigd (afb. 277). Een bezwaar is dat de deur, om tegen de aanslagen te worden gedrukt, dwars over de rails moet schuiven, wat extra slijtage geeft. Ook zal de deur in gelijk water nauwelijks van de aanslag terugkeren. De houten aanslaglijst zal daardoor eerder zijn versleten.

Meestal worden roldeuren echter op twee losse rolwagens geplaatst. Elke rolwagen heeft vier of bij zeer grote deuren, zoals die te IJmuiden, acht wielen (afb. 278). De wagen is zo geconstrueerd dat per rail de wielen zoveel mogelijk gelijk worden belast.

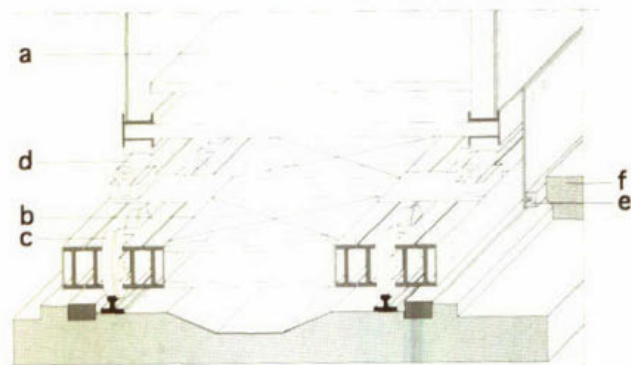
Om een waterdichte kering te verkrijgen moet de deur ook iets loodrecht op haar vlak kunnen bewegen; bij dubbelkerende deuren zelfs naar twee zijden en dat zonder dat de rolwagen hiervan hinder ondervindt. Ook moet de deur bij een gelijke waterstand weer in haar evenwicht terugkeren. Daartoe is de deur vaak via een roloplegging, waarvan de as in de lengterichting van de deur loopt, op de wagens geplaatst (afb. 278d).

Een roloplegging bestaat uit een losse rol die tussen twee holle cilindrische vlakken beweegt. Bij latere roldeuren zijn ook wel rollen toegepast die vast op de wagen zijn gemonteerd. Wanneer een rolwagen defect is, kan men de roldeur door het uitpompen van water uit de luchtkisten laten opdrijven. De rolwagen blijft op de rails staan en kan, nadat de deur iets is weggedreven, omhoog worden getakeld.

Om te voorkomen dat de deur bij het rollen zou kunnen omkiepen is deze vaak voorzien van een horizontale deurgeleidingslijst (zie afb. 279b). Deze lijst is op de bovenste helft van de deur aangebracht en kan tevens lichte aanvaringen van schepen opvangen.

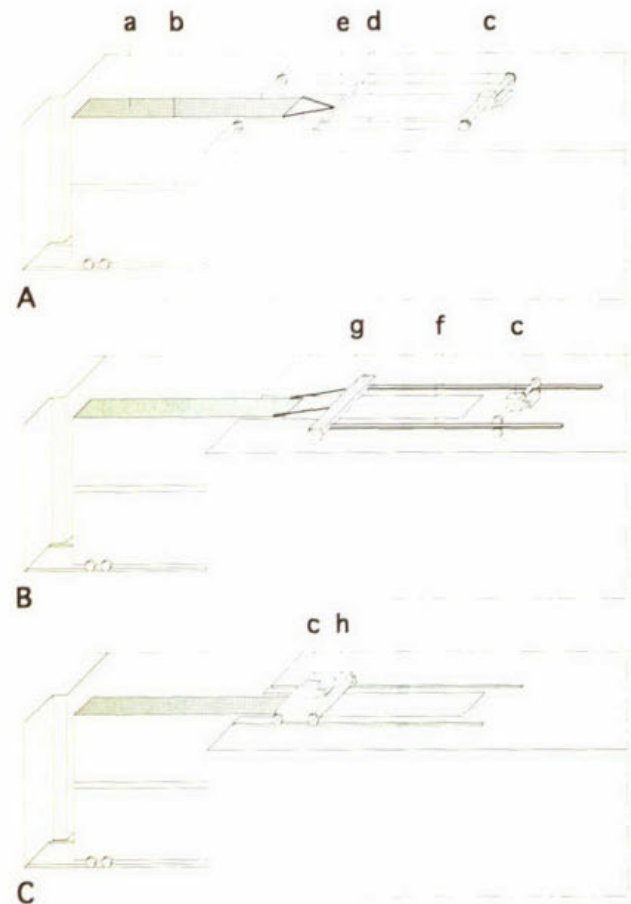


277. Detail van de vaste rolwagen van de deuren in de Juli-anasluis te Gouda.



278. Rolwagen met acht wielen voor een roldeur met laaggelegen rijbaan.

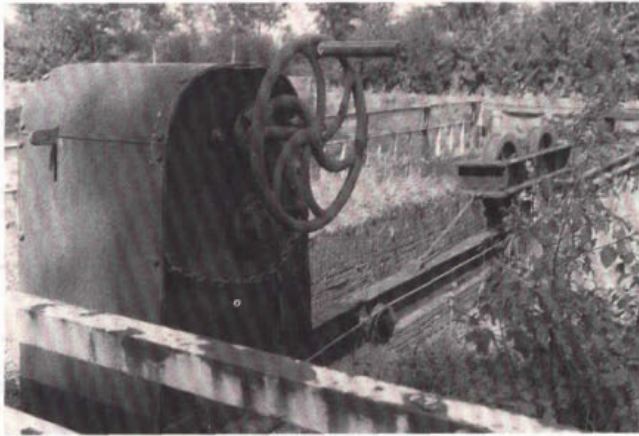
a = roldeur, b = rolwagen, c = loopwiel, d = oplegrol tussen deur en wagen, e = verende aanslaglijst, f = aanslagdrem-pel.



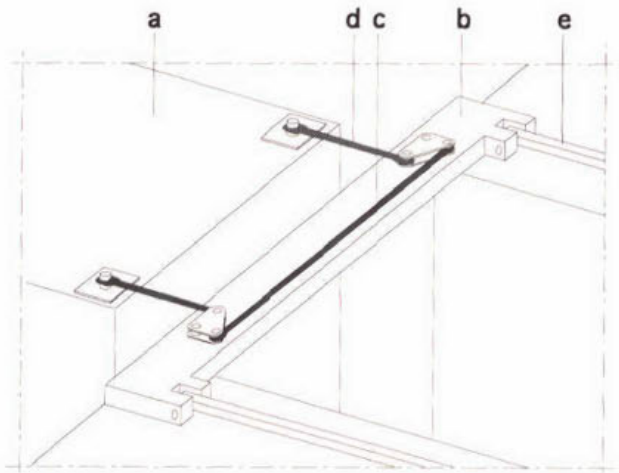
279. Bewegingsmechanismen voor een roldeur: (A) met kabels zonder eind, (B) met heugelstang en (C) met meebewegend tractor.

a = roldeur, b = geleidingslijst, c = aandrijving, d = kabels of kettingen, e = balans, f = heugelstangen, g = balanswag-en, h = tractor.





280. Bewegingsmechanisme van een roldeur met kabels in de voormalige schutsluis te Gaarkeuken in het Van Starckenborghkanaal.



281. Ballanswagen met evenaar.  
a = roldeur, b = balanswagen, c = evenaar, d = verbindingsstang tussen deur en balanswagen, e = heugelstang.

### Bewegingsinrichtingen

Voor het in beweging brengen van de roldeur zijn in de loop der tijd diverse bewegingsinrichtingen ontwikkeld (afb. 279). De in ons land meest toegepaste zijn die met kabels of kettingen zonder einde (A) en die met heugelstangen (B). Bij de voormalige Oostsluis te Hansweert en die te Wemeldinge werd een tractor (C) als bewegingsmechanisme toegepast.

Het bewegingsmechanisme met kabels of kettingen is het eenvoudigst en ook goedkoop. Bij kleine deuren is aan het begin en aan het eind van de deurkas een grote schijf gemonteerd, waarover een eindeloze kabel is gespannen (afb. 280). Het naar de deurkas gerichte uiteinde van de deur is met de kabel verbonden via een op de deur geplaatste console of, bij wat grotere deuren, door koppelstangen. Ten einde doorhangen tegen te gaan wordt de kabel op tussenliggende punten ondersteund door rollen. De kabel wordt via een tandwielstelsel, dat met één

van de schijven is verbonden, met de hand of door een machine (elektromotor) bewogen.

Bij grote en brede deuren werden met name bij die met met een laaggelegen rijbaan gewoonlijk twee kabels toegepast (afb. 279A). Deze liepen aan weerszijden van de deurkas. Hierbij moet echter een voorziening worden getroffen, waardoor de kabels gelijkelijk worden aange-trokken. Dit gebeurt door de toepassing van een balans (e). Soms is het midden van de balans scharnierend met de achterzijde van de deur verbonden. Bij grote deuren wordt in plaats van een eenvoudige balans een balanswagen met evenaar gebruikt, die door koppelstangen met de deur is verbonden (afb. 281). De balanswagen loopt met rollen over twee rails, die zich aan weerszijden van de deurkas bevinden. In het buitenland werden bij zeer grote deuren Gallse kettingen of rollenkettingen gebruikt. Beide kettingen lijken op een reusachtige fietsketting.

Heugelstangen zijn lange staven, aan één zijde voorzien van tanden. Zij zijn met met het ene uiteinde scharnierend aan de deur bevestigd (afb. 279B). Het andere uiteinde loopt met de tanden over een aan het eind van de deurkas geplaatst rondsel, dat motorisch wordt aangedreven. Bij toepassing van een dubbele heugelstang bevestigt men de stangen via een balanswagen met evenaar aan de deur (g).

De heugelstangen moeten tegen uitknikken worden beveiligd. Dit gebeurt door de stangen tussen rollen en tandwielen te voeren. Om problemen door verontreiniging te voorkomen, zijn de stangen met de tanden naar beneden geplaatst.

Starre heugelstangen zijn alleen toepasbaar als er voldoende ruimte in het verlengde van de deurkas aanwezig is. Er bestaan ook opvouwbare heugelstangen, ook wel heugelkettingen genoemd. De scharnierend met elkaar verbonden onderdelen hiervan worden na het passeren van het rondsel opgevouwen of omhoog en weer terug geleid.

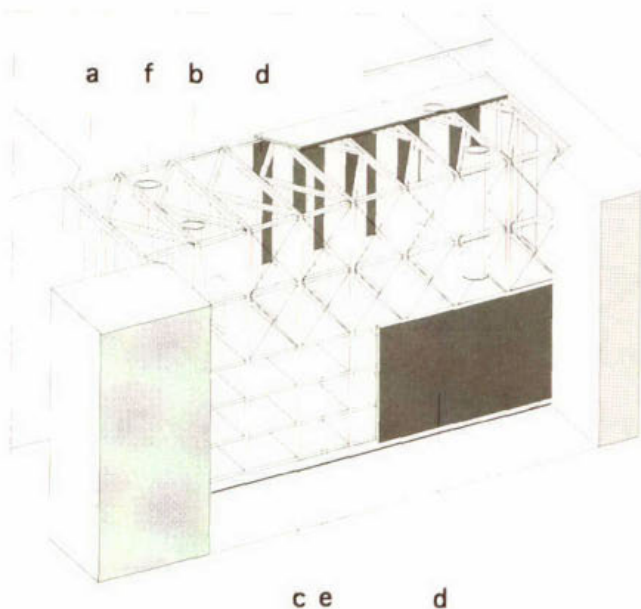
Een tractor is een bewegingsmechanisme dat over de deurkas loopt en zo de deur meetrekt (afb. 279C; zie ook afb. 184). De deur is via een balans met de tractor verbonden. Aan weerszijden van de deurkas is daartoe een tandheugel gemonteerd, waarvan de tanden verticaal staan. De tractor is beweegt zich voort met behulp van motorisch aangedreven rondsels, die in de tanden van de beide heugelstangen grijpen. Een nadeel van dit systeem is dat naast de deur ook de tractor moet worden meebevoegd, wat extra energie kost.

### Constructie

#### Deuren met een hooggelegen rolbaan

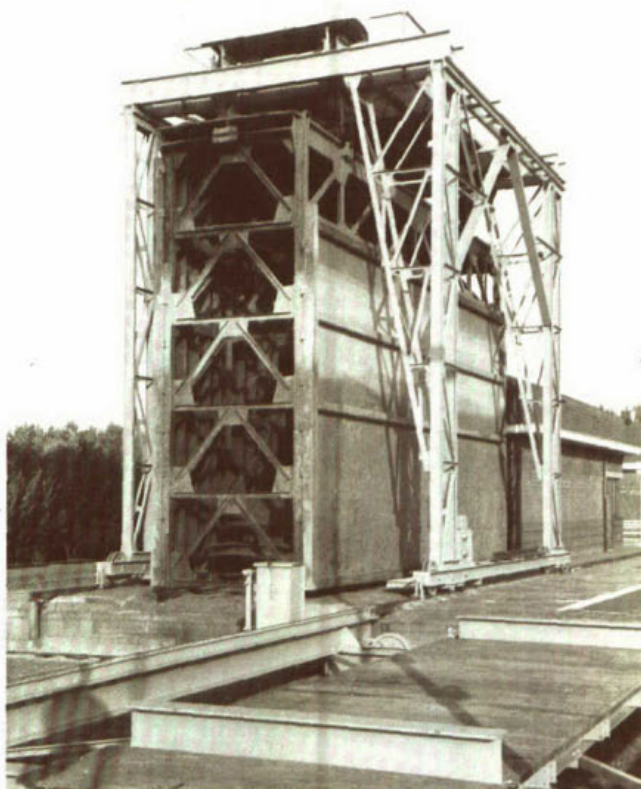
Roldeuren met een hooggelegen rolbaan komen zowel in hout als in ijzer of staal voor. De constructie hiervan is vrij eenvoudig. De houten deuren bestaan uit een raamwerk dat is opgebouwd uit twee eindstijlen, een onder- en een bovenregel, en daartussen een aantal tussenregels (zie afb. 275). Over dit raamwerk zijn aan de zijde met de hoogste waterstand in verticale richting planken gespij-





282. Constructie van een stalen roldeur met laaggelegen rijbaan.

*a* = eindstijl of eindschot, *b* = bovenregel (uitgevoerd als K-ligger), *c* = tussenstijl, *d* = beplating, *e* = luchtkisten, *f* = mangat.



283. Portaalkraan voor het verwisselen van de roldeur in de Julianashuis te Gouda.

kerd. De eindstijlen worden ook wel harren (voor- en achterhar) genoemd.

Omdat de deur twee ophangpunten heeft, is deze voldoende stabiel. Er is geen gevaar voor schranken en een schrankschoor is dan ook niet nodig. Soms worden tussen de bovenregel en de beide eindstijlen schoren geplaatst.

Voor stalen deuren geldt in principe hetzelfde. Meestal zijn deze als regeldeur uitgevoerd. De stalen regels zijn aan de uiteinden verbonden met de eindstijlen. Daartussen bevindt zich een aantal secundaire tussenstijlen. Over dit skelet is aan weerszijden een beplating aangebracht. Teneinde het gewicht van de deur te beperken, bevinden zich tussen de platen luchtkisten, die de opwaartse kracht vergroten.

#### *Deuren met een laaggelegen rolbaan*

Deuren met een laaggelegen rolbaan komen uitsluitend in staal voor. Ter vergroting van de stabiliteit bij het rollen en het drijven, bezitten de deuren een grote dikte. Deze dikte geeft tevens de mogelijkheid om luchtkisten van voldoende grootte aan te brengen, die voor de stabiliteit gedeeltelijk met water worden gevuld (afb. 282e). In Nederland werd voor zover bekend alleen het regeltype toegepast. De hoofdconstructie van dit deurtype bestaat uit een aantal regels, die met de uiteinden aan de beide eindstijlen zijn bevestigd. Stijldeuren zijn vooral geschikt voor lange en lage deuren. Zij hebben als hoofdconstructie een onder- en een bovenregel met daartussen stijlen. Omdat een roldeur met een lage rolbaan een grote breedte heeft, is de constructiehoogte van de regels groot. Het aantal regels kan daardoor beperkt blijven. Gewoonlijk zijn de regels opgebouwd als vakwerk, meestal als K-ligger (b). Hierdoor verkrijgt men een besparing van het materiaal en daarmee ook van het gewicht. Alleen de regels die de luchtkisten begrenzen zijn volwandig uitgevoerd.

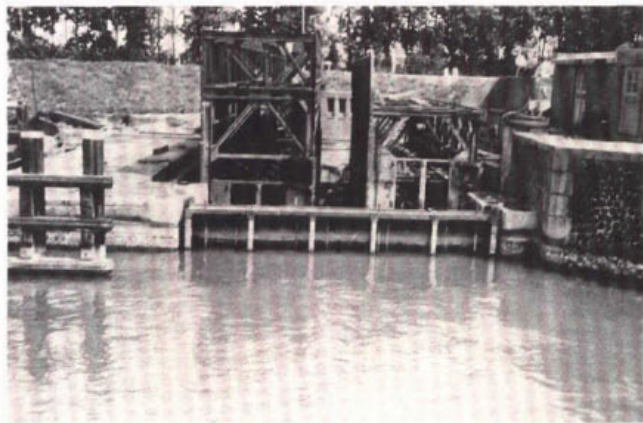
De eindvlakken moeten extra worden verstijfd om de druk op de aanslagen zo gelijkmatig mogelijk te verdelen. Het bovenste deel daarvan is echter gewoonlijk een vakwerkconstructie, omdat de waterdruk daar kleiner is.

Tussen de regels bevinden zich secundaire stijlen, terwijl over het geheel aan beide zijden een beplating is aangebracht. Ter plaatse van de luchtkisten en de randverstijvingen gebruikt men daarvoor vlakke platen. De rest van de beide waterkerende zijden is meestal bekleed met Buckelplaten. Dit zijn enigszins gewelfde platen, die veel dunner en daardoor tevens lichter zijn. Ze werden ook wel welfblik of bultblik genoemd.

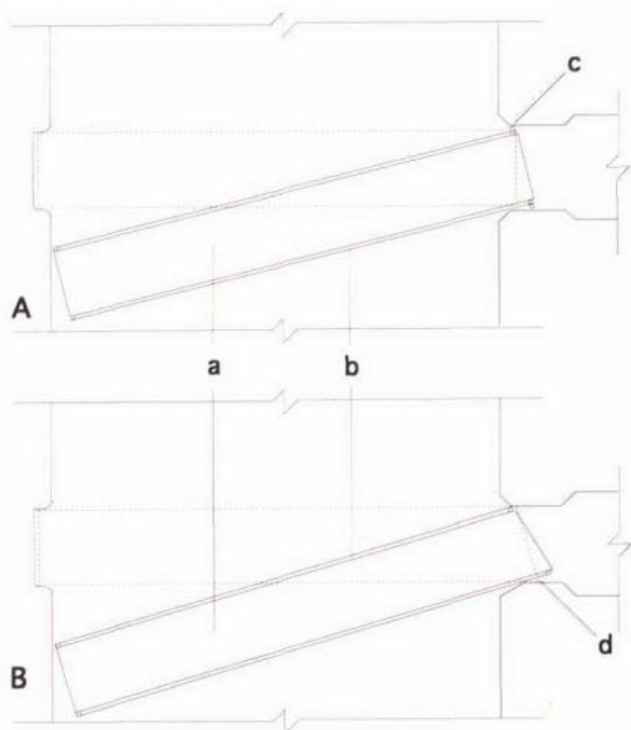
De onderste regel ligt op circa 1 m boven de drempel. Hiermee voorkomt men dat de drempel te zwaar wordt belast. Ook kan de deur dan ten gevolge van de waterdruk gelijkmatig doorbuigen, zonder dat er wringing optreedt.

Soms is de beplating tussen de onderste hoofdregel en de drempel op secundaire stijlen bevestigd. Deze stijlen zijn met het ene uiteinde aan de onderregel verbonden en worden ter plaatse van de drempel gekoppeld door een U-profiel, waarin een houten aanslaglijst is aangebracht. Ook werd wel een verende plaat aan de onderregel be-





284. Deurendok van de voormalige Oostersluis te Hansweert.



285. Systemen voor het uitdrijven van grote roldeuren: (A) met uitstekende verticale lijst aan de deurkaszijde en (B) eenzijdige verlenging van de deur. *a* = roldeur, *b* = horizontale aanslaglijst, *c* = uitstekende verticale aanslaglijst, *d* = verlenging.

vestigd, zoals bij de sluis te IJmuiden. Ter hoogte van de drempel werd op deze plaat de houten aanslaglijst aangebracht (zie afb. 278e).

Voor onderhouds- en reparatiewerk moet de deur uit het water kunnen worden gehaald. Bij kleine deuren kan daarvoor een loopkraan worden gebruikt, die via rails boven de deurkas kan worden gerold. De loopkraan moet in staat zijn de defecte deur te verplaatsen en de reservedeur in de deurkas op de rails te brengen. Deze me-

thode is toegepast bij de Julianasluis in het Gouwekanaal te Gouda (afb. 283).

Bij grote en zware deuren is dit praktisch gezien nauwelijks te doen. Daar pompt men water uit de luchtkisten, waarna de deur opdrijft. Deze wordt vervolgens naar het nabijgelegen deurendok gevaren, terwijl de reservedeur op dezelfde wijze naar het sluishoofd wordt gebracht (afb. 284). Soms wordt voor het vervoer gebruik gemaakt van drijvende bakken of pontons waaraan de deur wordt opgehangen. Deze hefmiddelen zijn met name nodig als er te veel luchtkisten lek zijn, zodat de deur niet ver genoeg kan opdrijven.

Wanneer één van de sluishoofden is voorzien van twee roldeuren, kunnen de deurkassen als deurendok worden gebruikt. Deze zijn dan af te sluiten van het buitenwater en groot genoeg om voldoende ruimte rond de deur te hebben.

Roldeuren met een laaggelegen rijbaan hebben meestal een rechthoekige vorm zowel in plattegrond als in lengte- en dwarsdoorsnede. Om deze weg te kunnen varen moeten zij uit hun deurkas kunnen worden gezwenkt. Bij deuren die slechts naar één zijde water moeten keren is dat geen probleem. Door de sluisbreedte aan de hoogwaterzijde iets groter te maken dan de deur, kan deze gemakkelijk worden gedraaid en weggevoerd.

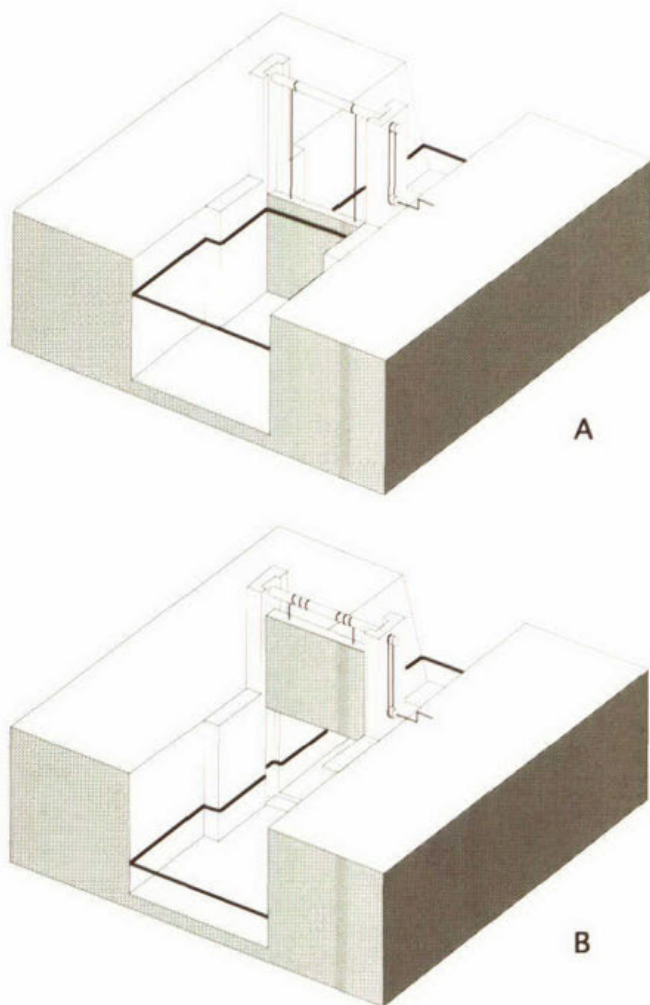
Voor deuren die naar twee zijden moeten kunnen keren, moet de vorm worden aangepast. Het meest eenvoudige systeem is de ingang van de deurkas iets breder dan de deur te maken. De verticale aanslaglijsten ter plaatse van de deurkas (de achterzijde van de roldeur) steken in dit geval verder uit dan de horizontale aanslaglijsten en de verticale aan de voorzijde (afb. 285A). De geopende en drijvende deur kan dan worden gedraaid, voordat deze in de tegenover liggende sponning schuift. Een bezwaar van dit systeem is de lekkage tussen de verticale en de horizontale aanslagen bij de deurkas. Alleen als de deur zeer nauwkeurig zou worden gesloten, is deze waterdicht.

Een andere methode is de deurkas aan de ene zijde af te schuiven en de bijbehorende aanslag dieper in de deurkas te plaatsen (B). De deur moet aan die zijde langer worden en heeft daardoor een grotere overspanning. Tevens kan de deur, in tegenstelling tot het eerstgenoemde systeem, slechts naar één zijde worden gedraaid en uitgedreven. De waterdichtheid is daarentegen veel beter, omdat de aanslagstijlen en regels in één vlak liggen.

### 3.10. Hefdeuren en schuiven

Een hefdeur is een vlakke deur, die bij het openen en sluiten een verticale beweging maakt (afb. 286). Kleine hefdeuren in kokersluizen noemt men gewoonlijk schuiven. De eerste hefdeuren waren in een houten gebint geplaatst, met boven de deur een spil als bewegingsmechanisme. Deze deuren worden meestal schotdeuren of valdeuren genoemd. Bij uitwateringssluizen is de hefdeur vaak als schuif uitgevoerd, die de opening van een gemetselde of betonnen koker afsluit. De moderne hefdeuren in schutsluizen bevinden zich tussen twee heftorens of in





286. Hefdeur: (A) gesloten; (B) open.

een hefportaal. In de beide torens of de beide stijlen van het portaal is daarbij vaak een contragewicht aangebracht.

Schuiven in uitwateringssluizen komen zowel in hout als in ijzer en staal voor. Houten schotdeuren komen ook voor in keersluisjes die slechts sporadisch voor scheepvaart worden gebruikt en valschutten worden genoemd. De hefdeuren in de moderne schutsluizen zijn uitsluitend in staal uitgevoerd.

### Toepassing

De hefdeur als schotdeur is na de klepdeur vermoedelijk het oudste afsluitemiddel voor sluisen<sup>420</sup>. Het bestond oorspronkelijk uit een houten schot dat in een eveneens houten gebint was geplaatst en door middel van een spil (windas) kon worden opengedraaid (afb. 287). Eén van de oudste vermeldingen van een schotdeur is te vinden in een rekening uit 1396 van de Westsluis te Nieuwpoort in België. Daaruit blijkt bijvoorbeeld dat voor het in be-

weging brengen van de 'scofdeuren' (hefdeuren) niet minder dan acht man nodig waren<sup>421</sup>. Een andere vroege vermelding is die in het uit 1433 daterende bestek van de nieuwe Eiesluis of Verse Sluis te Heist<sup>422</sup>. Deze houten sluis bezat zes hoofdgebinten, waarvan het meest aan de landzijde staande gebint moest worden voorzien van twee naast elkaar geplaatste 'scofdeuren'. Deze dienden vermoedelijk als nooddeuren. Om de hefdeuren tegen weersinvloeden te beschermen, werden ze voorzien van een dakje; een constructie waarvan in Hollandse sluisbestekken pas een eeuw later melding wordt gemaakt<sup>423</sup>.

Hefdeuren werden veel toegepast in uitwateringssluizen. Soms diende de hefdeur als hoofdkering, soms ook als reserve- of noodkering in een sluis met als hoofdkering wachtdeuren. Andries Vierlingh geeft in zijn uit circa 1578 daterende tractaat twee voorbeelden van bestekken voor houten kokersluizen: één voor een enkele en één voor een dubbele sluis. Beide sluisen moesten naast wachtdeuren (draaideuren) tevens worden voorzien van 'schooffdeuren'<sup>424</sup>. In het 'schooffdeurgebint' werd een windas aangebracht.

In tegenstelling tot de hiervoor genoemde Eiesluis waren de hefdeuren aan de zee kant van de sluis gedacht; een volgens Vierlingh gebruikelijke plaats<sup>425</sup>.

De primitieve schotdeur heeft echter haar beperkingen. Bij een toenemende breedte zal de deur veel te zwaar worden. Ook liep de deur volgens Vierlingh bij het bewegen gauw vast, terwijl de felle zonnestralen waaraan de deur in opgetrokken stand is blootgesteld de levensduur verkortten. Hij gaf de voorkeur aan roldeuren boven hefdeuren<sup>426</sup>. Roldeuren zijn volgens hem gemakkelijker te bewegen en beter bestand tegen weersinvloeden.

Aan het einde van de 16de eeuw was de schotdeur ook een normaal en veel gebruikt afsluitemiddel voor scheepvaartsluizen. Een 16de-eeuwse tekening van de Gouwsluis bij Alphen aan den Rijn toont een keersluis met



287. Reconstructie van het Batingheschut bij Dwingeloo met schotdeur en windas.



een hefdeur als afsluitmiddel (zie afb. 19)<sup>427</sup>. Ook het Amsterdamse Verlaat en de Donkere sluis te Gouda en de oude Haarlemmersluis te Amsterdam zijn op kaarten uit het eind van de 16de eeuw nog afgebeeld als sluisen met een hefdeur (zie afb. 29)<sup>428</sup>. Met de toename van het scheepvaartverkeer werd de beperkte doorvaarthoogte voor de van masten voorziene schepen steeds meer als een belemmering gezien. De hefdeuren werden dan ook langzamerhand vervangen door puntdeuren. In de atlas van Joan Blaeu uit circa 1650 zijn de hiervoor genoemde sluisen uit Gouda en Amsterdam weergegeven met puntdeuren<sup>429</sup>.

In Stevin's *Nieuwe manier van sterctebou door spilsluizen* wordt de hefdeur nog slechts genoemd als afsluitmiddel voor spuisluizen (afb. 288)<sup>430</sup>. Deze 'optrekkende sluisdeuren' hadden echter ook daar het bezwaar dat wanneer de spuisluis tevens voor scheepvaart moesten worden gebruikt, schepen niet met staande masten konden passeren. Stevin kwam daarom met het voorstel de hefdeur in puntdeuren te plaatsen (zie afb. 39).

Deze constructie werd in 1778 in praktijk gebracht bij de bouw van de Staphorstersluis te Zwartsluis<sup>431</sup>. Redelijkheid voorzag de ebdeuren in het binnenhoofd van brede schuiven. Deze stonden open als er niet behoefde te worden gesloten, terwijl de ebdeuren zelf waren gesloten. Daardoor kon het overtollige water gewoon door de uitwaterings-schutsluis stromen.

Toch werd ook na 1600 de hefdeur nog wel als afsluitmiddel voor scheepvaartsluisen gebruikt, met name voor de binnenvaart. In de oude vaarweg tussen Meppel en de Smildervenen (ten zuiden van Assen) werd tussen 1615 en 1625 een dertiental verlaten gebouwd<sup>432</sup>. Deze bestonden om financiële redenen slechts uit een enkele kering, voorzien van een valdeur (hefdeur), die met een windwerk kon worden omhoog gehesen (zie afb. 30). Zij deden zowel dienst voor de scheepvaart als voor de waterhuishouding. In de in 1635 gebouwde Meppeler Sluis te Meppel werden eveneens hefdeuren toegepast<sup>433</sup>. De doorvaartbreedte van deze schutsluis bedroeg ruim 6 m. Soms had de handhaving van een hefdeur, met alle beperkingen, een politieke oorzaak. Een voorbeeld daarvan is de sluis te Leidschendam<sup>434</sup>. In 1648 werd daar door Delft en Leiden een nieuwe sluis gebouwd, bestaand uit een schutkolk met aan beide uiteinden een sluishoofd met hefdeur (zie afb. 33). Deze situatie bleef door tegenwerking van concurrerende steden tot 1887 bestaan.

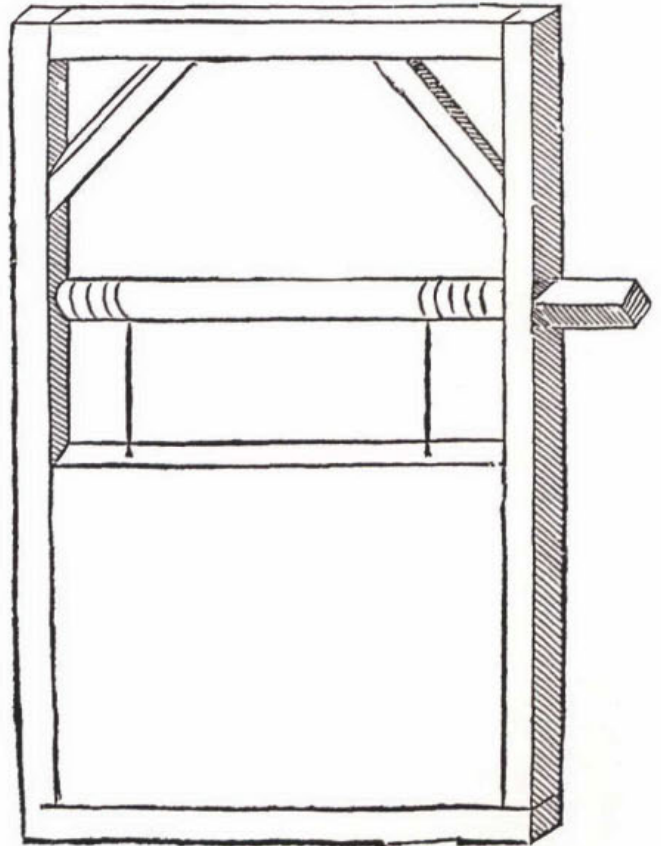
In de 19de en in het begin van de 20ste eeuw werd in scheepvaartsluisen de schotdeur soms nog toegepast in voor de scheepvaart onbelangrijke waterwegen die door een flauw hellend terrein liepen<sup>435</sup>. Wanneer men daar een peilverschil wilde handhaven, werd een zogeheten schut of valschut geplaatst: een enkele kering gelijk aan die in de hiervoor genoemde vaarweg in Drenthe.

Wel werd de hefdeur als schuif veel toegepast in uitwaterings- en inlaatsluizen. Met name voor laatstgenoemd sluisstype is het afsluitmiddel zeer geschikt. Als hoofdkering in uitwateringssluizen voldoet de hefdeur alleen in gebieden waar geen getijwerking aanwezig is. In aan zee

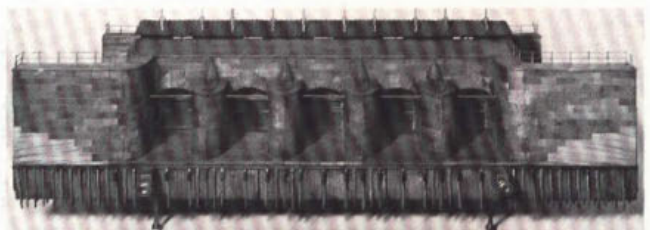
gelegen uitwateringssluizen is de hefdeur vaak toegepast als noodkering.

Een bekende voorbeeld daarvan is de uitwateringssluis te Katwijk uit 1807<sup>436</sup>. De buitensluis werd uitgevoerd als kokersluis, waarbij de vijf naast elkaar gelegen openingen konden worden afgesloten door schuiven (afb. 289). Boven de schuiven waren in de gemetselde gewelven van de kokers openingen uitgespaard, waarin deze konden worden bewogen. Hierboven was een luifel geplaatst, zodat de sluiswachters die de schuiven moesten bedienen enigszins beschut stonden.

De deuren waren voorzien van een heugelstang die door een windwerk op en neer kon worden gedraaid<sup>437</sup>. Tevens waren de deuren via schijven verbonden met een contragewicht, zodat het heffen gemakkelijker ging. Het gewicht van deze ongeveer 4 m brede en 3,5 m hoge deu-



288. Schotdeur in houten gebint met spil volgens Stevin.



289. Maquette van de buitensluis met hefdeuren van het voormalige sluiscomplex te Katwijk aan Zee uit 1807.



ren bedroeg een paar duizend kilo. Volgens Storm Buysing werd het gewicht zelfs op 5000 kg geschat, hoewel dit wel erg hoog lijkt.

Schuiven voorzien van een heugelstang, die met een tandwielkast werden geheven en neergelaten, zijn in de 19de en 20ste eeuw veel toegepast in (kleine) uitwaterings- en inlaatsluizen (afb. 290). Naast houten schuiven werden na circa 1850 ook schuiven van smeedijzer en later staal gemaakt.

In de 19de eeuw zijn ook gietijzeren schuiven toegepast. Te Diepenheim werd reeds voor 1850 een 'gietijzeren valschut' in een stenen boogbrug over de Regge gebouwd<sup>438</sup>. De gietijzeren schuif had 'tot meerdere sterkte' de vorm van een stel puntdeuren. In plaats van houten gebinten zijn zelfs kleine portalen van gietijzer gemaakt. Een voorbeeld daarvan is een inlaatsluisje waarmee vanuit de Grift het Apeldoornsch Kanaal van water werd voorzien (afb. 291).

Aan het einde van de 19de eeuw verschijnen er hefdeuren voorzien van rollen. De bekendste daarvan is de Stoney-schuif (afb. 292). Dit type werd omstreeks 1890 uitgevonden door de Engelse firma Ransome & Rapier, die hiervoor patent ontving<sup>439</sup>. Bij de Stoney-schuif zitten de wielen niet op de deur zelf gemonteerd, maar bevinden zich in twee rolwagens die tussen de schuif en de verticale zij-aanslagen zijn geplaatst.

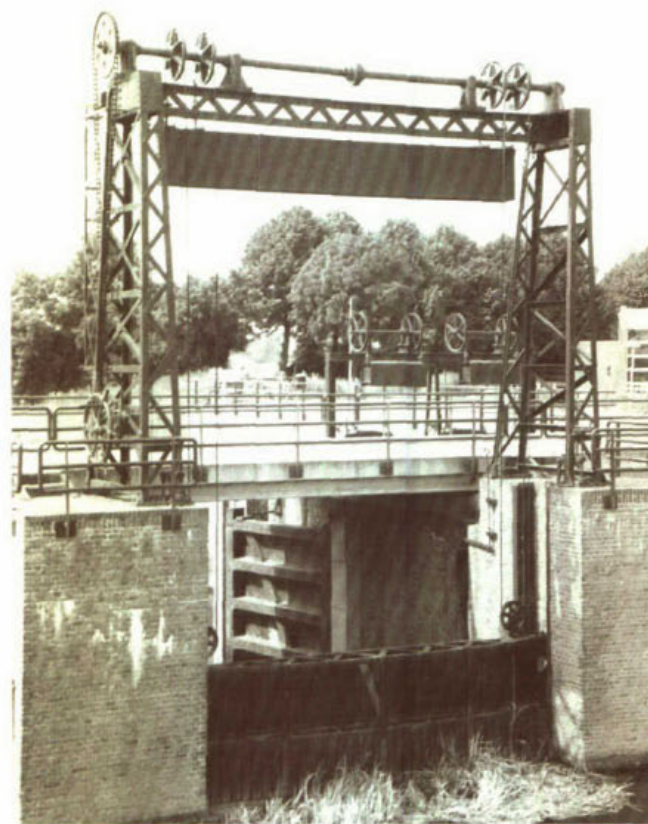
Rond 1895 werd de Stoney-schuif verscheidene malen toegepast in Overijssel, waarbij diverse verbeteringen werden aangebracht<sup>440</sup>. Dit betrof met name de waterdichtheid.



290. Schuif met heugelstang in een uitwateringssluis bij Heukelum.



291. Gietijzeren portaal van een inlaatsluisje in de Grift langs het Apeldoornsch Kanaal.



292. Stoney-schuiven in het Afwateringskanaal bij Waalwijk.

De eerste grote moderne hefdeuren voor scheepvaartsluizen werden in 1931 toegepast in de schutsluis in het Boscheveld te Maastricht (afb. 293)<sup>441</sup>. De deuren bewegen tussen twee heftoren, onderling verbonden door een verbindingsbrug, ook wel hefportalen genoemd. De schutsluis werd gebouwd in het nieuwe verbindingskanaal tussen de Maas en de Zuid-Willemsvaart. De hefdeuren zijn gemaakt door de Machinefabriek Sanders te Ensche-



de<sup>442</sup>. Zij bezitten een breedte van circa 16 m. De grootste deur, in het benedenhoofd, heeft een hoogte van 9,6 m en weegt maar liefst 97000 kg.

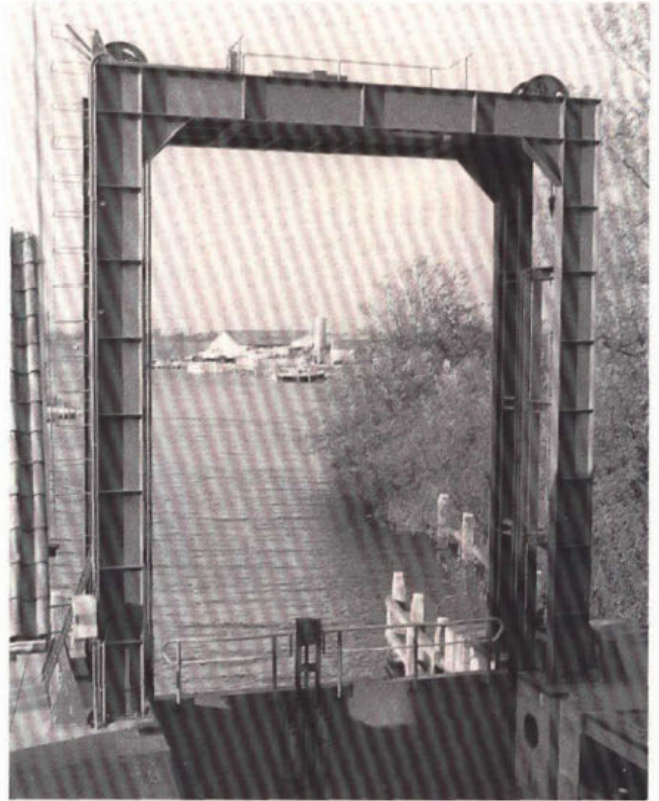
Na deze toepassing werd in korte tijd een tiental nieuwe sluisen gebouwd, voorzien van hefdeuren. Meestal bewegen de deuren in hefportalen. Bij de schutsluisen in het Twenthekanaal te Hengelo en Delden zijn heftorens zonder verbindingsbrug toegepast (afb. 294). Gewoonlijk zijn de hefportalen van beton. Stalen hefportalen komen weinig voor. Een voorbeeld daarvan zijn die in de schutsluis aan de ingang van het Ganzendiep bij IJsselmuiden (afb. 295).



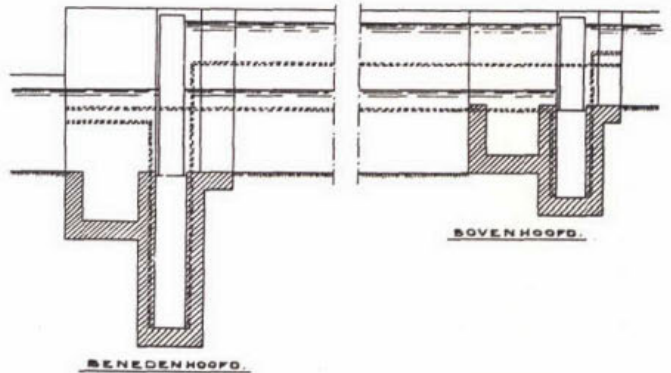
293. Schutsluis met hefdeur in het Bosscheveld te Maas-tricht.



294. Sluishoofd met hefdeur in het Twenthekanaal te Hengelo.



295. Stalen hefportalen in de schutsluis in het Ganzendiep bij IJsselmuiden.



296. 'Zakdeuren' van De Groot voor een schutsluis.

De hoge heftorens werden door velen als minder fraai ervaren. Vooral in vlakke polders nemen zij een dominante positie in. In 1929 kwam ir. C. de Groot met een voorstel de deuren in plaats van te heffen, juist te laten zakken<sup>443</sup>. De sluisvloer was daartoe voorzien van diepe deurkassen (afb. 296). De waterdichte deuren moesten door de waterdruk worden bewogen. Een bijkomend voordeel was de onbeperkte doorvaarthoogte. Deze 'zakdeuren' zijn echter nooit toegepast.



De rond 1940 bij Kadoelen gebouwde keersluis aan de rand van de Noord-Oostpolder werd voorzien van een hefdeur, die normaliter naast de sluis staat<sup>444</sup>. Boven de deur is een vast portaal geplaatst, waaraan de deur kan worden opgehesen (afb. 297). Op de tegenovergelegen sluismuur bevindt zich een torenkraan die gewoonlijk met de kraanarm in de richting van de sluis staat. Als door opwaaiing het IJsselmeer ter plaatse te hoog wordt, wordt de kraanarm boven de sluis gedraaid. De hefdeur kan dan boven de sluisdoorgang worden geschoven en daarna neergelaten. Hiermee heeft de sluis een onbeperkte doorvaarthoogte. Toepassing van deze 'kraandeur' is alleen maar mogelijk als de sluis slechts sporadisch gesloten hoeft te worden, zoals in Kadoelen het geval is.

Voordelen van de hefdeur of schuif zijn de eenvoudige constructie, de gemakkelijke bediening, de korte sluis- hoofden en het feit dat alle bewegende delen in open stand zich boven water bevinden<sup>445</sup>.

Verder kan met een hefdeur naar twee zijden water worden gekeerd, zodat bij dubbelkerende sluisen slechts één deur per opening of sluishoofd nodig is. Bij schutsluisen kan een hefdeur vaak tevens worden gebruikt om de schutkolk te vullen of juist water af te laten lopen. Riolen of schuiven zijn in dat geval niet nodig. Ook is geen schadelijke kolklenge aanwezig, zodat de schepen over de hele kolklenge kunnen beschikken.

Een nadeel van een hefdeur in scheepvaartsluisen is naast de beperkte doorvaarthoogte ook het nadruppen van de deuren. Ook kost het heffen van de deur meer energie dan het bewegen van de meeste andere afsluitmiddelen. In uitwateringssluisen hebben schotdeuren en schuiven het nadeel dat zij met de hand moeten worden bediend en niet door het water zelf kunnen worden geopend en gesloten.

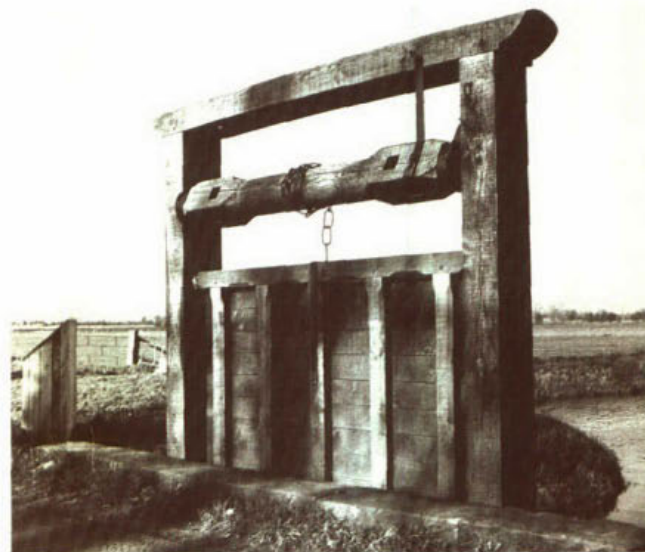
## Werking

De bediening van een hefdeur is eenvoudig. De deur moet omhoog of omlaag worden bewogen. De eerste schotdeuren werden bewogen door het draaien van een spil. In de meest primitieve uitvoering van de spil waren loodrecht op elkaar twee vierkante gaten gemaakt. Door middel van een stok, die in de gaten kon worden gestoken werd de spil gedraaid en de schuif geheven of neergelaten (afb. 298). Later werd de spil voorzien van spaken of een spaakrad, waarmee de deur kon worden bewogen (zie afb. 287). Om het teruglopen van de spil te voorkomen werd op de spil een palwiel gemonteerd: een tandwiel waarin een verende pal grijpt.

Bij houten schuiven bestaat het bewegingsmechanisme gewoonlijk uit een windwerk waardoor een heugelstang op en neer kan worden bewogen (afb. 299). Normaal zal de schuif door het eigen gewicht gemakkelijk zijn te sluiten. In noodgevallen moet het bewegingsmechanisme echter in staat zijn de schuif met een naar beneden gerichte kracht te sluiten. Daartoe moet het windwerk stevig worden verankerd en de heugelstangen bestand zijn tegen knik.



297. Hefdeur met portaal- en torenkraan in de keersluis bij Kadoelen.

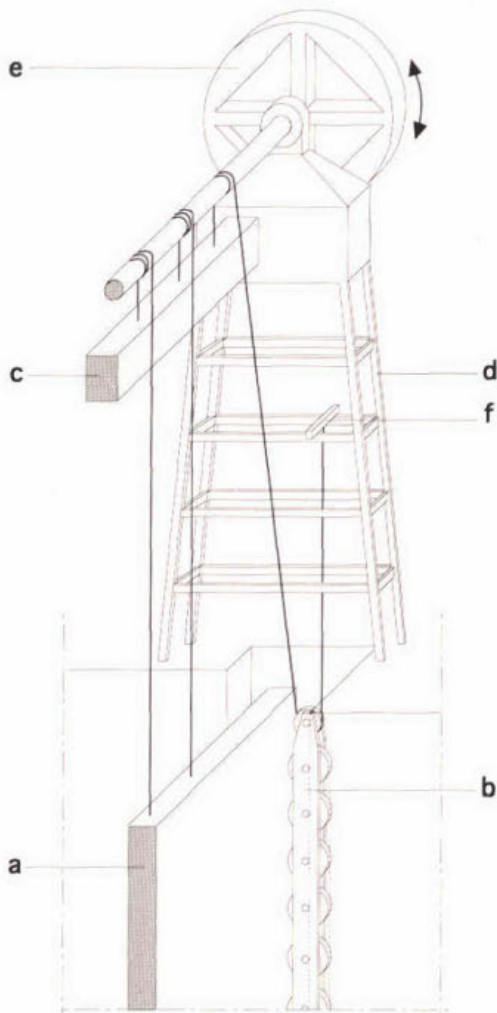


298. Schotdeur met spil in de sluis in de Vloedijk te Nijbroek.



299. Windwerken voor schuiven in de inundatiesluis bij Hedikhuizen.





300. Stoney-schuif.  
*a = deur of schuif, b = rolwagen, c = contragewicht, d = hefportaal, e = bewegingsmechanisme, f = bevestigingspunt kabel van de rolwagen.*

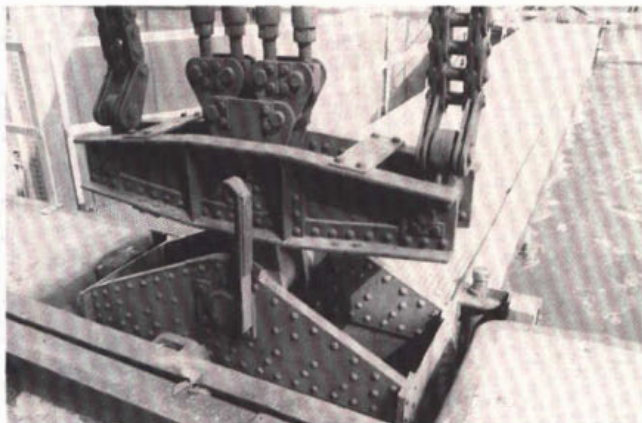
Stoney-schuiven zijn via kabels verbonden met een contragewicht (afb. 300; zie ook afb. 292). De draden lopen over schijven die op een as zijn gemonteerd. De as draait in een ijzeren of stalen (vakwerk)portaal dat boven de schuif over de sluisopening is geplaatst. Door het contragewicht is de deur uitgebalanceerd en kan deze met geringe kracht worden bewogen. Tussen de schuif en de beide verticale aanslagen is aan weerszijden een rolwagen gehangen. De wagen bestaat uit een raamwerk waarin in verticale richting een aantal rollen zijn gemonteerd.

De wagen is via een boven op de wagen bevestigde schijf aan een kabel opgehangen. Deze is met het ene uiteinde aan de kabel van de deur bevestigd en met het andere uiteinde vast verbonden aan het portaal. Door deze wijze van ophangen gaat de rolwagen half zo snel naar boven als de schuif zelf. Hiermee is een zuiver rollende beweging verkregen, die vrijwel zonder wrijving is. De rollen lopen tussen twee rolbanen, één op de schuif en één aangebracht in de sponning die in elke sluiswand is gemaakt. Bij dubbelkerende Stoney-schuiven is in elke sponning aan beide kanten van de deur een rolwagen gehangen. De schuif bezit dan dus vier rolwagens.

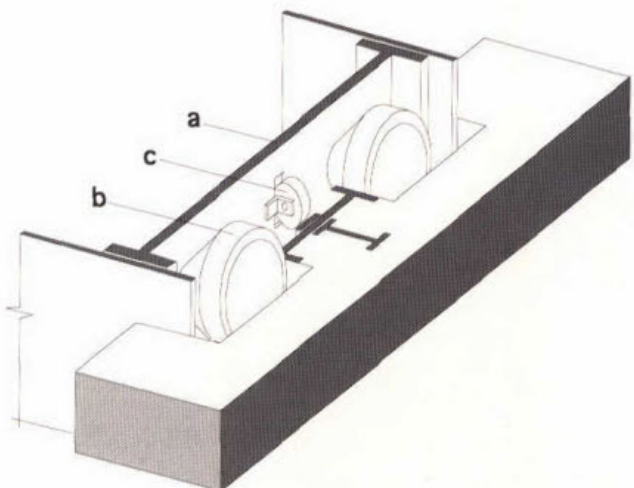
De Stoney-schuiven worden, evenals de schotdeuren, met de hand bewogen. De as is voorzien van een groot tandwiel dat via een drijfstaang met een tandwielkast is verbonden. Door middel van een slinger kan de deur worden geheven of neergelaten.

Ook de moderne hefdeuren zijn gewoonlijk met contragewichten uitgebalanceerd. De gewichten lopen in de beide heftorens en zijn door kabels en Gallse kettingen via een balans verbonden met de hefdeur (afb. 301). In tegenstelling tot de Stoney-schuiven zijn bij deze deuren de wielen aan de deur bevestigd.

Bij kleine deuren kan worden volstaan met vier loopwielen of, bij dubbelkerende deuren, zowel aan de voor- als aan de achterzijde vier wielen (afb. 302). Deze wielen, die de waterdruk moeten overdragen, zorgen tevens voor de geleiding tussen de heftorens. Om te voorkomen dat de deur zijdelings tegen de sponning aanloopt, zijn tevens



301. Ophanging van de hefdeur in de schutsluis te Born met kabels en Gallse kettingen via een balans.



302. Hefdeur met vaste loopwielen.  
*a = deur, b = loopwiel, c = geleidingswiel.*

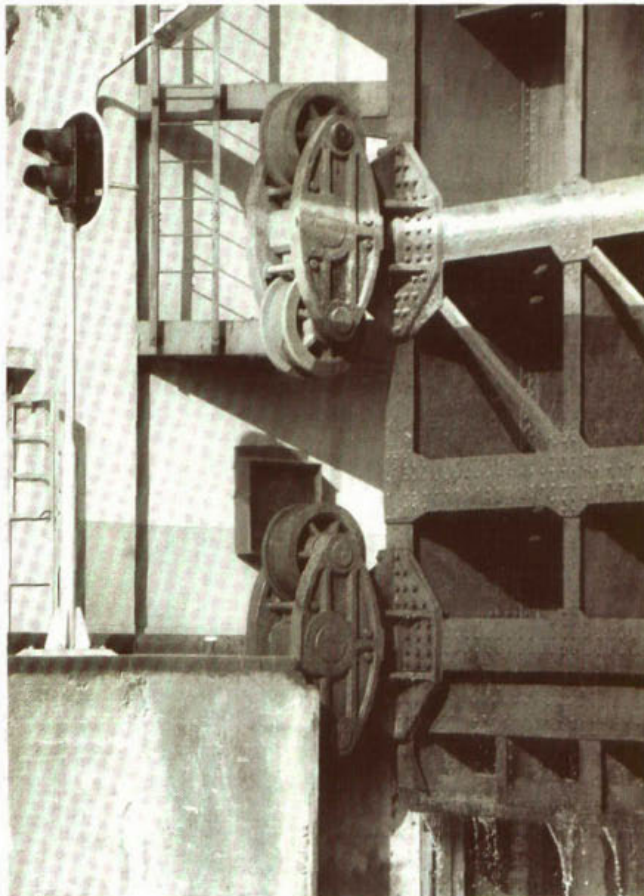


rollen nodig die loodrecht op de eindvlakken staan (c). Zij hebben hun aanslag tegen de achterwand van de sponningen en de binnenwand van de heftorens.

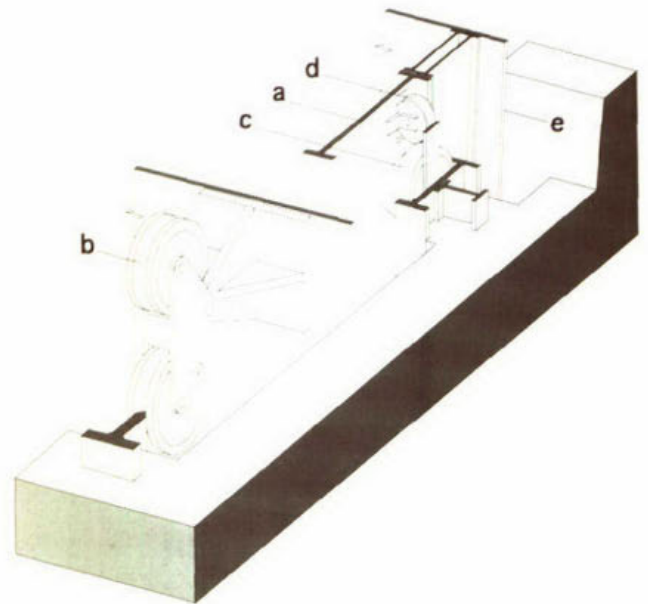
Door de waterdruk zal de hefdeur enigszins doorbuigen en daardoor bij de beide opleggingen iets verdraaien. Zonder maatregelen zouden de wielen scheef op de rolbaan komen te staan. Daarom geeft men de wielen dikwijls een bol wielvlak, zodat deze ondanks de doorbuiging van de deur toch gelijkmatig over de rolbaan bewegen.

Bij grote deuren zijn meer wielen nodig, omdat de kracht per wiel anders te groot wordt. Er zijn dan echter wel voorzieningen nodig om de wielen goed over de rolbaan te laten lopen. Hiervoor zijn twee verschillende constructies toegepast. Vaak worden per zijde vier wielen gebruikt, die twee aan twee zijn verenigd in een rolwagen, ook wel truck genoemd (afb. 303). De rolwagens zijn via een pendel met de deur verbonden. De pendelverbinding stelt de rolwagens in staat bij het doorbuigen toch loodrecht op de rolbaan te blijven bewegen. Een bol wielvlak is dan niet nodig.

Bij deuren met rolwagens wordt de geleiding boven water verzorgd door drie paar kleine rollen. Deze lopen tegen een in en boven de sponning gemonteerde verticale rail



303. Hefdeur met rolwagens in de schutsluis in het Bosscheveld te Maastricht.



304. Geleiding van een hefdeur met rolwagens.

*a = eindstijl van de deur, b = rolwagens, c = geleidingswiel voor geleiding loodrecht op het deurvlak, d = geleidingswiel voor zijdelingse geleiding, e = hellend deur- en sluis-hoofdvlak voor waterdichte afsluiting.*

met een U-vormige doorsnede. Twee wielen staan loodrecht op de sluisas en rollen over het lijf van de rail, de andere lopen aan weerszijden over de flenzen. Qua uiterlijk lijkt deze constructie op die bij hefdeuren met vaste rollen (zie afb. 302). Deze wielen dienen echter alleen voor de geleiding en hoeven geen waterdruk op te nemen, zodat ze veel lichter kunnen worden uitgevoerd. In plaats van twee paar wielen die over de buitenkant van de flenzen lopen, kan ook één paar wielen worden gebruikt die tussen de beide flenzen lopen (afb. 304).

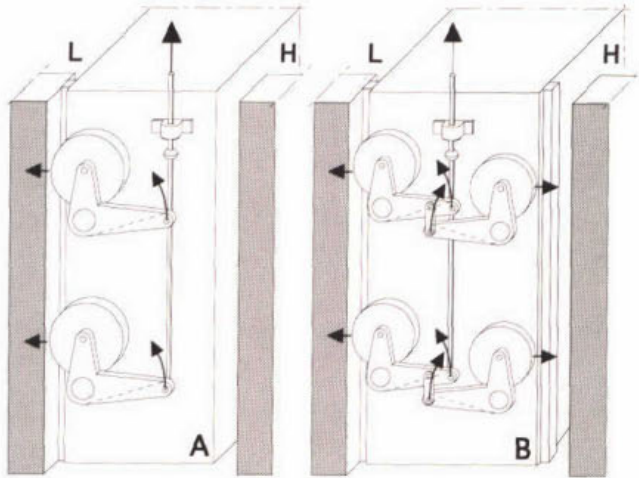
Bij de grote hefdeuren in de schutsluis te Sint Andries heeft men in plaats van rolwagens voor een andere oplossing gekozen. De deuren bestaan namelijk uit twee boven elkaar geplaatste delen, die scharnierend met elkaar zijn verbonden (afb. 305)<sup>446</sup>. Dit geeft de mogelijkheid elk van de beide deurdelen te voorzien van vier vaste wielen met een bol wielvlak.

Bovengenoemde hefdeuren met wielen vereisen speciale voorzieningen voor de waterdichtheid. Ook wordt de waterdruk alleen ter plaatse van de wielen overgebracht, waardoor de aanslag op de sluiswand plaatselijk zwaar wordt belast. Daarom ontwikkelde de waterbouwkundige J.P. Josephus Jitta een systeem, waarbij de wielen alleen voor het bewegen worden gebruikt<sup>447</sup>. De waterdruk bij het keren wordt via houten aanslaglijsten op de aanslagen overgebracht. Op elk van de beide eindstijlen van de hefdeur zijn daartoe twee hefboomen scharnierend gemonteerd met aan het uiteinde een wiel (afb. 306A). Het andere uiteinde van de hefboom is via een kabel verbonden met het hefmechanisme. Wordt aan de kabels ge-





305. Hefdeur in de schutsluis bij Sint Andries.



306. Afdrukmechanisme: (A) voor éenzijdige kering en (B) voor tweezijdige kering; H = hoogwater en L = laagwater.

trokken, dan worden de wielen naar buiten geduwd en daarmee de deur van de aanslagen gedrukt. Bij dubbelkerende deuren is er zowel aan de voor- als aan de achterzijde een afdrukmechanisme (B). De beide hefboomstelsels zijn scharnierend met elkaar verbonden, zodat deze bij het heffen gelijktijdig in werking worden gesteld. Zelfs bij grote dubbelkerende deuren kan worden volstaan met acht wielen, terwijl bij enkelkerende deuren vier wielen voldoende zijn.

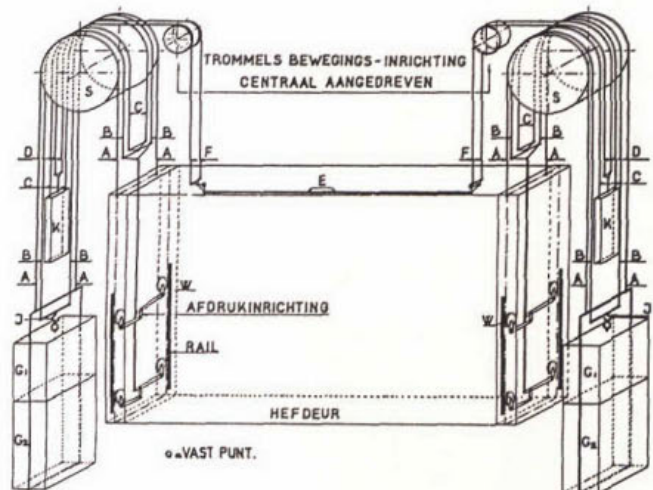
De moderne, grote hefdeuren worden door elektromotoren bewogen, omdat handbediening hierbij is uitgesloten.

Teneinde het bewegingsmechanisme te ontlasten is de deur uitgebalanceerd. Zij is daartoe door middel van kabels of kettingen verbonden met contragewichten, die zich aan weerszijden van de deur in de beide heftorens bevinden (afb. 307)<sup>448</sup>. Een deel van de kabels tussen de deur en de contragewichten wordt over extra trommels geleid, die met een lierwerk zijn verbonden en door één of meer elektromotoren worden aangedreven.

De beide contragewichten worden vaak in tweeën verdeeld: een groot en een klein contragewicht. De grote gewichten (G) zijn rechtstreeks met de deur verbonden (A). De kabels (of kettingen) moeten bij het bewegen steeds gelijkmatig worden belast om scheeftrekken te voorkomen. Daarom hangt de deur via een balans (F) aan deze kabels. Bij gebruik van vier kabels is tussen deze balans en steeds twee kabels nog eens een kleine balans aangebracht.

De kabels tussen de deur en de kleinste delen van de contragewichten (K) fungeren als hijskabels (C, D). Zij lopen via trommels die met het bewegingswerk in verbinding staan. Zijn de deuren uitgevoerd met een afdrukinrichting (W), dan zijn ook de kleine gewichten daarmee verbonden (B). Deze kabels lopen echter niet over de trommels van de bewegingsinrichting. Om de deur zoveel mogelijk zuiver verticaal te laten bewegen, is tussen de hijskabels en de deur een evenaar (E) geplaatst.

De deur wordt geopend door aan de hijskabels (D) te trekken. Doordat daarbij eerst de beide kleine contragewichten worden neergelaten, komt de eventueel aanwezige afdrukrichting onder spanning te staan en worden de wielen naar buiten gedrukt. Wanneer de deur wordt gesloten, wordt aan de kabels naar de kleine gewichten (C) getrokken. De deur zakt dan naar beneden tot op de bodem. De kleine gewichten worden daarna nog iets verder opgetrokken, waarmee de deur stevig op de onderaanslag staat. Bij deuren met een afdrukinrichting is daarop geen spanning meer aanwezig, zodat de wielen niet meer tegen de aanslagen drukken.



307. Schema ophangmechanisme en contragewichten voor een hefdeur met afdrukmechanisme volgens Josephus Jitta.



Wanneer alle kabels aan één zijde tussen de deur en de contragewichten over één as lopen, bestaat de om de as draaiende trommel (S) uit meerdere delen. Deze kunnen onafhankelijk van elkaar draaien, zodat de kabels naar de kleine gewichten niet synchroon hoeven te lopen met die naar de grote gewichten.

Hefdeuren kunnen, evenals segmentdeuren, ook worden gebruikt om een schutkolk te vullen of juist water af te voeren. Om grote deining in de kolk te voorkomen, wordt de deur bij het openen in het begin zeer langzaam geheven. Pas als het water aan beide zijden bijna gelijk staat, wordt de snelheid opgevoerd. Bij grote vervallen kan het nodig zijn de beweging te stoppen, totdat het water aan weerszijden bijna gelijk staat, waarna de beweging met grotere snelheid (circa 0,35 m2s) kan worden voortgezet.

Als de waterspiegel van het bovenpand zich beneden of op nagenoeg gelijke hoogte met de bodem van het bovenpand bevindt, moeten extra voorzieningen worden getroffen. Het water moet duidelijk beneden de waterspiegel van de kolk worden ingelaten. Daarom wordt de bodem voorzien van een opening waar de schuif gedeeltelijk inschuift. De opening is onder de drempel door verbonden met de kolk. Bij het heffen van de deur begint het water door de opening naar de kolk te stromen. Om de energie van het binnenstromende water zoveel mogelijk te vernietigen, heeft de uitmonding van de opening een speciale vorm. Het uitstromende water wordt zo geleid dat deze weinig hinder voor de schepen in de schutkolk veroorzaakt. Ook wordt de doorgang onder de drempel vaak van hindernissen voorzien.

De schutsluis in het Julianakanaal te Born, met een verval van ruim 11 m, is als schachtsluis uitgevoerd. In het benedenhoofd, bij de schacht, bestaat de hefdeur uit twee delen, waarvan de onderste gedeeltelijk in de bovenste kan worden geschoven (afb. 308)<sup>449</sup>. Eerst wordt het onderste deel langzaam opgeheven, waarbij het water uit de kolk onder de deur doorstroomt. Pas als het water in de kolk op bijna gelijke hoogte is gekomen met het benedenpand, wordt de deur in haar geheel geopend.

Grote deuren met een afdrukmechanisme kunnen alleen in gelijk water worden geheven, anders zouden de krachten te groot worden. Daarom zijn deze deuren voorzien van schuiven of moet men gebruik maken van omloopriolen. Een doorgang onder de drempel met voorzieningen om zoveel mogelijk energie te vernietigen, is dan niet nodig.

## Constructie

### Schuiven

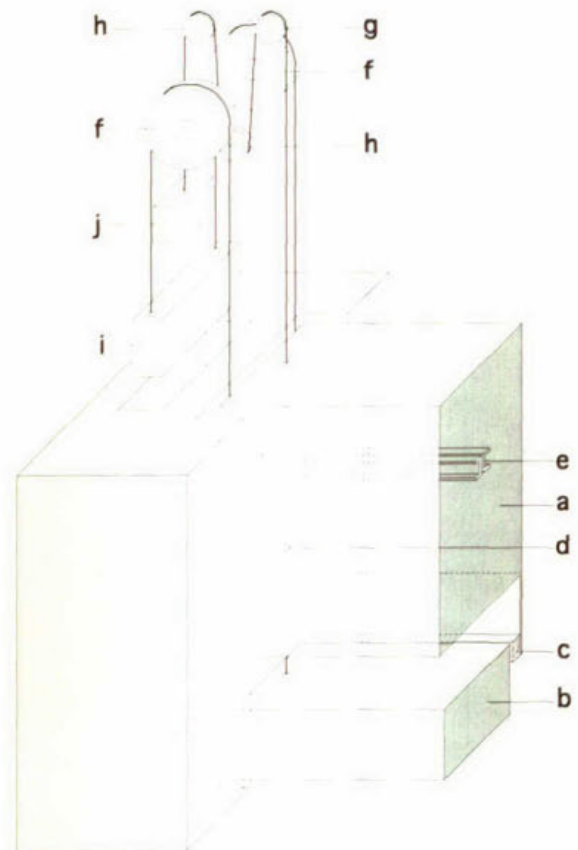
Houten glijschuiven hebben een eenvoudige samenstelling. Er bestaan in principe twee uitvoeringen. De eerste bestaat uit een aantal horizontale planken of balken voorzien van messing en groef. Deze worden door twee verticale houten klampen of door twee stalen strippen of U-balken aan elkaar bevestigd. Bij balken worden ook wel in verticale richting over de gehele hoogte gaten ge-

boord. Daarin worden lange bouten gestoken die aan de onderzijde ruim zijn ingelaten.

De andere constructie bestaat uit een dubbel opgeklamd schot, waarvan de planken aan de ene zijde (vaak de buitenkant) in horizontale richting lopen en aan de andere kant in verticale richting. Bij grote schuiven wordt zo 'n dubbel opgeklamd schot in een houten raamwerk gevat. Het schot wordt voorzien van een zogeheten spreiband, bestaande uit twee ijzeren strippen (afb. 309). Deze komen aan de bovenzijde bij elkaar en zijn daar aan de verticale heugelstang bevestigd.

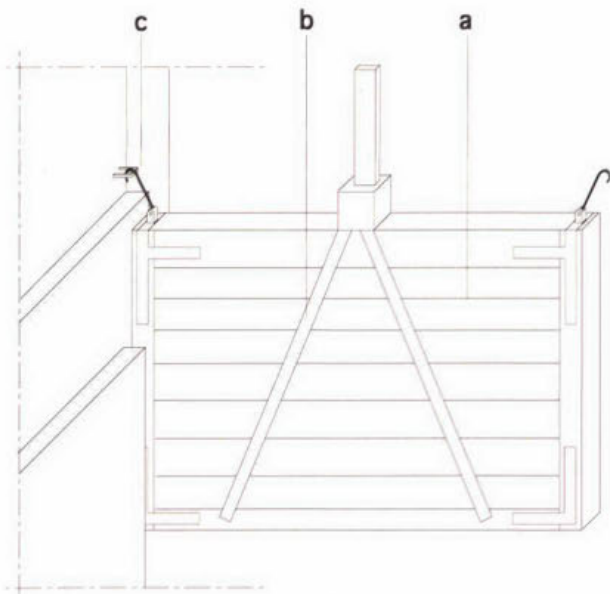
Om het bewegingsmechanisme te ontlasten, wordt de schuif aan de bovenzijde vaak voorzien van haken, die aan de stalen strippen of U-profielen of aan de bovenbalk zijn bevestigd. Hiermee kan de schuif in geheven stand worden opgehouden aan het sluislichaam.

Aan de binnenzijde is de schuif vaak voorzien van een houten aanslaglijst. Schuiven in kokersluizen bezitten in dat geval zowel aan de beide zijanten als aan de onder- en bovenzijde een aanslaglijst, terwijl bij open sluisen de lijst aan de bovenkant ontbreekt. Bij sluisen zonder



308. Schema hefdeur met schuif in het benedenhoofd van de schachtsluis bij Born met bewegingsmechanisme. a = deur, b = schuif, c = elastische afdichting, d = hefkabel met nok, e = stuitbalk in de hefdeur, f = kabelschijven tussen deur en contragewicht, g = aangedreven kettingwiel, h = geleidingswielen, i = contragewicht deur, j = contragewicht schuif.





309. Constructie houten schuif.  
*a = schuif, b = spreiband, c = ophanghaak.*

drempel is de onderste horizontale aanslaglijst aan de onderkant van de schuif gemonteerd. De schuif rust via deze aanslaglijst op de sluisvloer, die is voorzien van een vlakke aanslag.

Stalen glijschuiven bestaan uit een frame van profielijzer, waarover een beplating is aangebracht. Op de binnenzijde van de schuif zijn vrijwel altijd houten aanslaglijsten gemonteerd. De plaats daarvan komt overeen met die bij houten glijschuiven.

#### *Stoney-schuiven en hefdeuren*

Stoney-schuiven zijn zowel in staal als in hout gemaakt. De houten schuiven bestaan uit een aantal regels tussen twee eindstijlen. Daar overheen is een verticale beplanking getimmerd.

Bij stalen Stoney-schuiven is de opbouw van het geraamte afhankelijk van de grootte van de schuif. Bij kleine schuiven is dit identiek aan dat van de hiervoor genoemde glijschuiven: een raamwerk van profielstaal. Daar overheen is aan één zijde een beplating aangebracht. Iets grotere schuiven bezitten een geraamte van geconstrueerde eindstijlen en regels, samengesteld uit profiel- en plaatstaal. De regels zijn zo uitgevoerd, dat er bij het heffen geen water in de deur blijft staan. Dit zou niet alleen de deur zwaarder maken, maar ook roestvorming bevorderen.

Bij grote Stoney-schuiven zijn de regels als vakwerklijgger uitgevoerd. Vaak hebben deze liggers zowel een rechte als een gebogen rand (afb. 310). Vakwerklijggers zijn niet alleen lichter dan vergelijkbare opengewerkte liggers, maar ondervinden onder water ook minder weerstand.

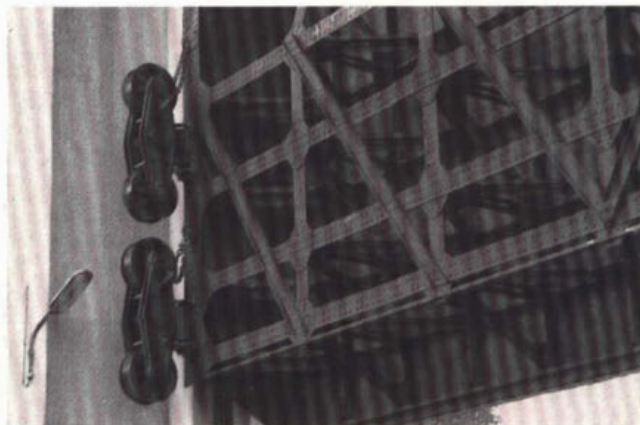
Ook de moderne hefdeuren zijn opgebouwd uit twee eindstijlen met daartussen een aantal regels (afb. 311). Meestal zijn dit vakwerkregels, maar ter beperking van

de deurdikte zijn ook wel samengestelde of geconstrueerde regels toegepast met opengewerkt lijf (zie afb. 303). Bij deze deuren is de beplating eveneens aan één zijde aangebracht. Vaak werd de deur tevens voorzien van diagonalen, zodat een stijf ruimtelijk vakwerk ontstond. Duidelijk is dit te zien bij de deuren in de schutsluis bij Sint Andries (afb. 312). Later ontdekte men dat dit een verkeerde constructie was, omdat de deur juist torsieslap moet zijn. Bij een stijf uitgevoerde deur worden de rollen aan weerszijden van de deur namelijk niet gelijk belast als de beide hefbanen niet zuiver evenwijdig lopen. Hierdoor kan in een rol een onaanvaardbaar hoge belasting optreden. Deuren met vaste loopwielen bezitten doorgaans aan beide uiteinden twee stijlen. Daartussen zijn dan de wielassen gemonteerd.

Hefdeuren zullen bij het heffen enige tijd blijven nadruppen. Om de schepen hiervan zo weinig mogelijk hinder te laten ondervinden, wordt de deur aan de onderzijde voorzien van gootjes. Deze voeren het neerdruppende water zijwaarts af.

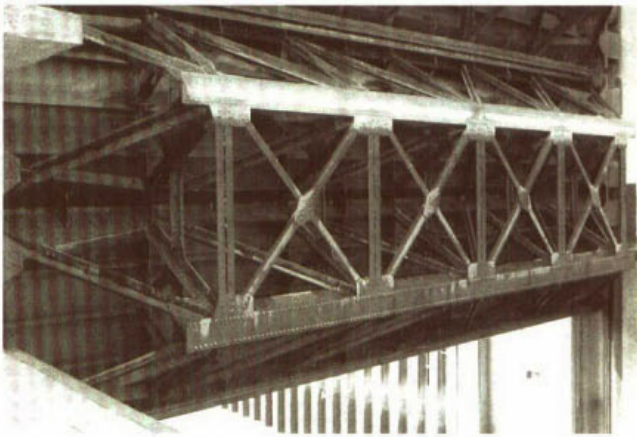


310. Constructie van de grote Stoney-schuif in het Afwateringskanaal bij Waalwijk, waarvan de half gebogen hoofdregels zijn uitgevoerd als vakwerkconstructie.

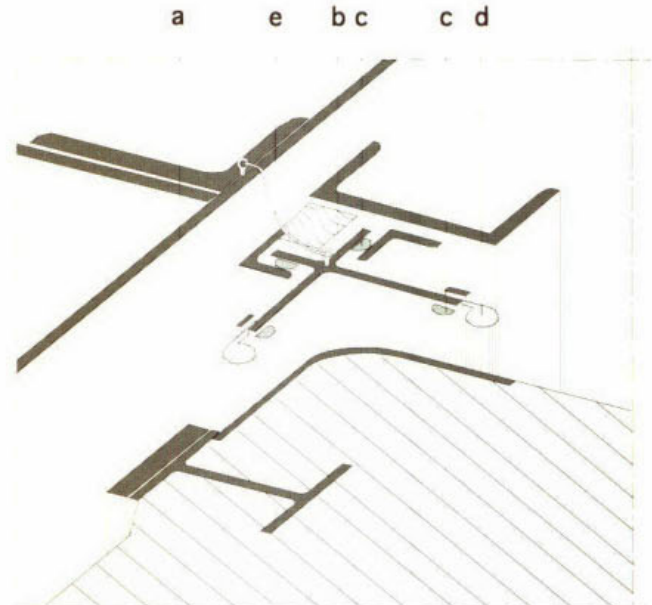
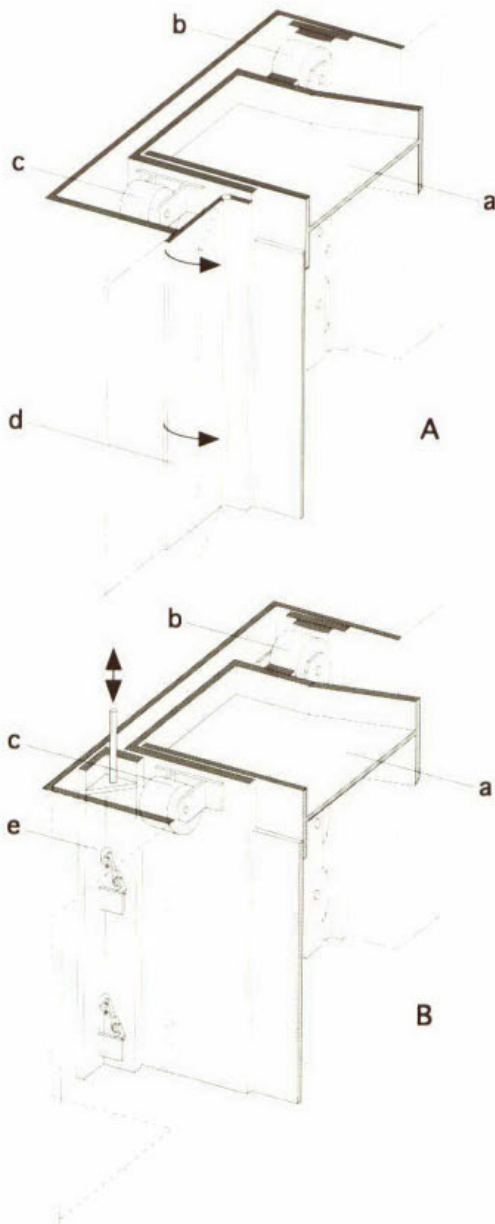


311. Detail van de constructie van een hefdeur in de schutsluis bij de stuw te Lith.





312. Constructie van de hefdeur in de schutsluis tussen de Waal en de Maas bij St. Andries.



314. Beweegbare aanslag voor hefdeuren met tweezijdige kering, uitgevoerd als naald met kruisvormige doorsnede. a = voorzijde deur, b = staalprofiel, c = koperen strippen, d = rubberprofiel, e = ophangketting.

De hefdeuren en Stoney-schuiven rusten in gesloten stand, evenals de segmentdeuren, met een houten aanslag aan de onderzijde op de vlakke sluisvloer (zie afb. 262). In de vloer is een staalprofiel verankerd. De zijafdichting vereist bij Stoney-schuiven en wielhefdeuren zonder afdrukmechanisme een speciale constructie. In de loop der tijd zijn hiervoor diverse typen ontwikkeld.

Een eenvoudige constructie is een scharnierend bevestigde houten regel of stalen strip die, als de deur gesloten is, tegen de sluiswand wordt gedraaid (afb. 313A). In de sluiswand is daartoe als aanslag een stalen strip aangebracht. Door de scharnieren zal echter altijd wat water stromen. Soms wordt een wigvormig bewerkte stalen staaf of hoekprofiel toegepast. Deze worden door een op het sluishoofd geplaatste hefboom tussen de aanslagen van de deur en van de sluiswand geduwd (B).

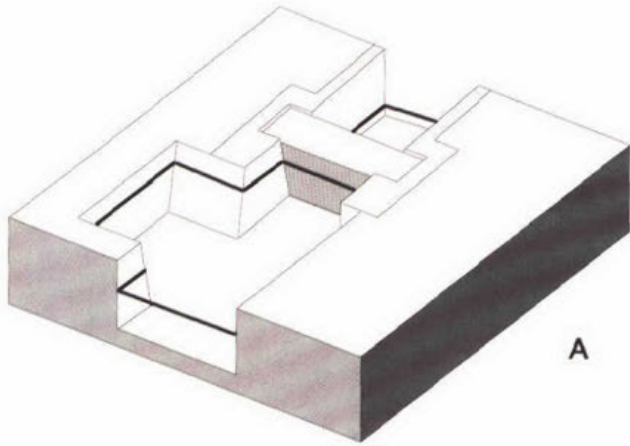
Bij grote hefdeuren in schutsluizen is wel een ijzeren plaat toegepast, die door strippen scharnierend of verend met de deur is verbonden. De plaat bezit twee aanslaglijsten, waarvan de ene tegen een hoekstaal op de sluisdeur wordt gedrukt en de andere tegen een profiel in de sluiswand.

Bij dubbelkerende hefdeuren moeten bovengenoemde constructies aan weerszijden worden aangebracht. Een andere mogelijkheid is een constructie die speciaal voor dubbelkerende deuren werd ontwikkeld. Deze bestaat uit een stalen profiel met kruisvormige doorsnede (afb. 314).

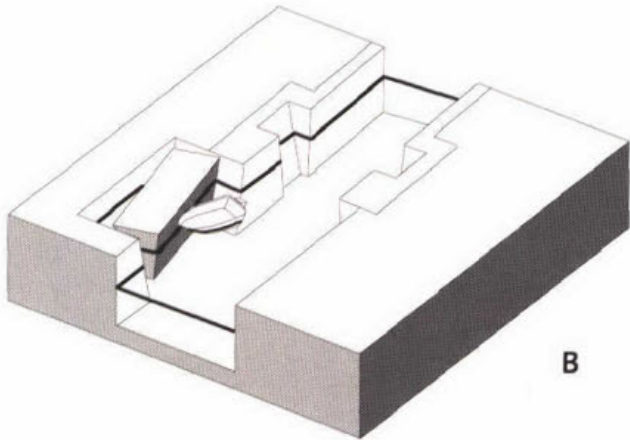
313. Beweegbare aanslagen voor een hefdeur (Stoney-schuif): (A) horizontaal scharnierende stalen strip en (B) hoekprofiel met hefmechanisme.

a = hefdeur, b = rolwagen, c = geleidingswiel, d = scharnierende strip, e = scharnierend opgehangen hoekprofiel.



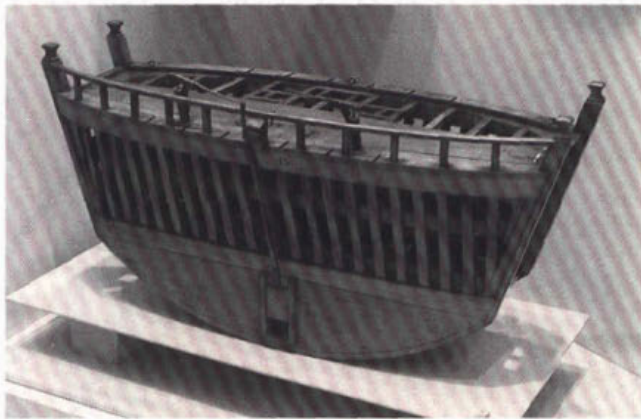


A



B

315. Schipdeur: (A) gesloten; (B) open.



316. Model van de schipdeur van P. Glavimans voor het scheepsdok te Hellevoetsluis (beplanking gedeeltelijk wegelaten).

Het kruis heeft aan de ene zijde twee korte en aan de andere zijde twee lange armen. De beide korte armen zijn tussen twee hoekstalen opgesloten, die aan de deur zijn gemonteerd. Zij zijn tevens voorzien van een koperen strip, terwijl op de lange armen een rubberprofiel is aan-

gebracht. Door de waterdruk wordt één van de korte armen met de koperen strip tegen het ene hoekstaal gedrukt. De in het verlengde hiervan gelegen lange arm wordt met het rubberprofiel tegen een stalen aanslag in de sluiswand geduwd.

### 3.11. Schipdeuren

Een schipdeur is een drijvende deur, die als een schip tussen de beide wanden van het sluishoofd kan worden gevaren en ter plaatse worden afgezonken (afb. 315). Er zijn zowel houten als ijzeren en stalen schipdeuren gemaakt.

#### Toepassing

Met het groter worden van de schepen zocht men rond 1800 naar een nieuw type afsluitmiddel voor dokken. Deze dokken moesten worden drooggezet om schepen te kunnen repareren. Met houten puntdeuren had men de grenzen bereikt, waarbij men nog veilig kon werken. De waterbouwkundige Jan Blanken had rond 1800 een bezoek gebracht aan Frankrijk, waar hij de zogenaamde bateau-porte of schipdeur had gezien<sup>450</sup>.

Omstreeks diezelfde tijd werden plannen gemaakt om te Hellevoetsluis een droogdok te bouwen voor reparatie van marineschepen. Om deze plannen te verwezenlijken was de 'Commissie tot executie der Sluis en Dokwerken' ingesteld, waarvan Blanken directeur was<sup>451</sup>. Deze meldde zijn bevindingen bij deze commissie. De schipdeuren die Blanken in Frankrijk had gezien, waren echter niet stabiel. Zij moesten met behulp van een speciaal schip worden verwijderd en weer op hun plaats worden gebracht.

De commissie gaf daarom de constructeur-generaal van de Marine, P. Glavimans, opdracht om een meer stabiele schipdeur te ontwerpen. Deze besprak zijn opdracht met de waterbouwkundige A.F. Goudriaan. Met behulp van diens aanwijzingen ontwierp Glavimans daarop een stabiele deur, die zonder hulp van een ander schip kon worden verplaatst (afb. 316)<sup>452</sup>. Deze schipdeur werd in 1802 toegepast in het onder leiding van Blanken gebouwde droogdok te Hellevoetsluis<sup>453</sup>. De sluis had aan de bovenzijde een breedte van 19 m. Doordat de wanden onder een helling waren gebouwd, was de breedte bij de vloer kleiner. Hierdoor kon de deur gemakkelijk worden in- en uitgevaren.

Het principe van een drijvend afsluitmiddel dateert echter al uit 1776. In dat jaar kwam C. Redelykheid met een publikatie over zijn vinding van een 'sluis-sluitbak'<sup>454</sup>. Bij zware storm en hoge vloed bleken sluisen met puntdeuren regelmatig te bezwijken, met alle gevolgen van dien. Redelykheid beschrijft in zijn boek enkele maatregelen die men in de loop der tijd had genomen om de sluisen te beveiligen. Deze bleken echter niet voldoende te zijn, waarom hij met een nieuw 'middel, dienende tot verzekering der sluisen, tegens zwaren stormen en hogen waterfloeden' kwam. Hij ontwierp een drijvende bak met schuiven die bij stormvloed van buiten af voor de vloed-



deuren in het buitensluishoofd kon worden gevaren. De bak kon worden verzwaard met stenen en bezat aan de buitenzijde een verbreding, die tegen de kopse kant van de sluiswanden sloot. Door het openen van de schuiven zakte de bak tussen de sluishoofdwallen, zodat de puntdeuren niet meer aan het hoge water en de golfslag werden blootgesteld. Het is niet bekend of deze vinding ook is toegepast.

In 1806 ontwierp Goudriaan een schipdeur voor het grote dok te Medemblik<sup>455</sup>. In deze deur nam hij twee stel puntdeuren op, zowel eb- als vloeddeuren (afb. 317). Deze maakten het mogelijk met kleine schepen het dok binnen te varen zonder dat de schipdeur zelf behoefde te worden verwijderd. Het in- en uitvaren van schipdeuren was namelijk een tijdrovende bezigheid.

In 1861 en 1862 werden naar een ontwerp van A.E. Tromp en B. Strootman plaatijzeren schipdeuren aangebracht in het oude en nieuwe droogdok te Willemsoord bij Den Helder<sup>456</sup>. Daar was in de loop van de 19de eeuw een nieuwe marinehaven aangelegd. De deuren werden gebouwd onder toezicht van J. Swets, die enkele jaren later de eerste ijzeren roldeur ontwierp voor een sluis te Kampen. Deze roldeur had de vorm van een spits toelopend schip, of wel een halve schipdeur<sup>457</sup>.

Een meer moderne schipdeur werd in 1930 toegepast in een keersluis te Vlissingen. Deze sluis hoefde slechts enkele keren per jaar te worden geopend om grote schepen door te laten, die bij de plaatselijke scheepswerf De Schelde werden gebouwd<sup>458</sup>. De keersluis kreeg naast een stel vloeddeuren en een stel ebdeuren, tevens een stalen schipdeur (afb. 318). De schipdeur heeft aan de bovenzijde een lengte van 45 m en is 12,4 m hoog. De breedte van de deur bedraagt over de gehele hoogte 5 m. In lengterichting heeft de verticale doorsnede de vorm van een gelijkbenig trapezium, met de korte zijde onder.

Een schipdeur is een bedrijfszekere en veilig afsluitemiddel, dat zich leent voor brede sluisen. Zij geeft de sluis een onbeperkte doorvaarthoogte, en kan naar twee zijden keren. Omdat het verwijderen en het inbrengen van de deur een tijdrovende bezigheid is, was deze alleen interessant voor sluisen die slechts sporadisch open hoefden. Schipdeuren werden dan ook weinig toegepast en vrijwel altijd bij scheepsdokken.

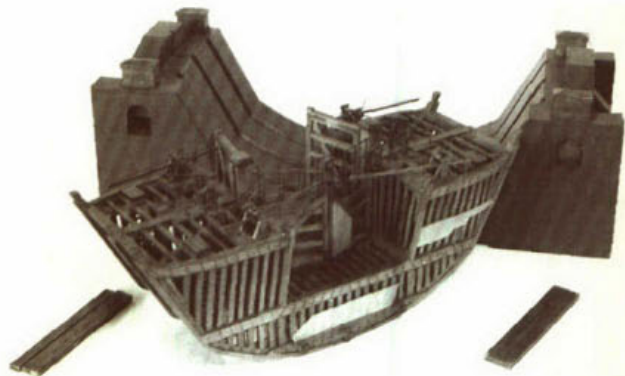
De aanvankelijk houten schipdeur te Hellevoetsluis is later vervangen door een stalen schipdeur (afb. 319). Deze is samen met die te Vlissingen nog steeds aanwezig.

## Werking

In Nederland zijn alleen schipdeuren toegepast, die zelf stabiel zijn. Om deze deuren te verwijderen wordt het water aan beide zijden van de deur op gelijke hoogte gebracht. Het in de schipdeur ingelaten water wordt met een aantal pompen eruit gepompt, waardoor de deur opdrijft. Doordat de wanden van het sluishoofd onder een helling zijn aangelegd, komt de deur vrij van de sponningen. Zij wordt daarna weggevoerd, bijvoorbeeld met behulp van vaarbomen of vanaf de wal met scheepstrossen.

De deur te laten schepen kunnen daarna door de sluis varen.

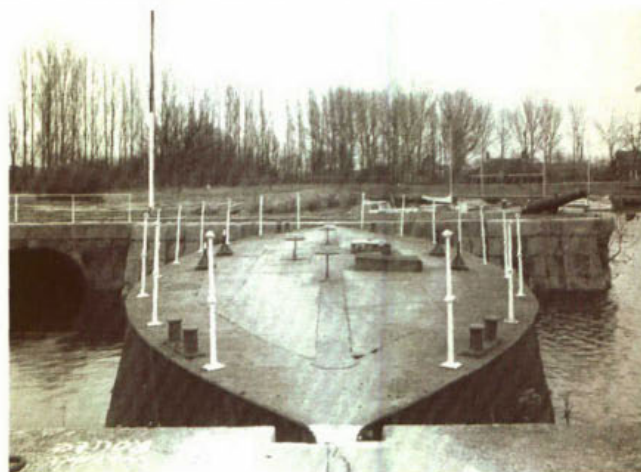
Om de sluis te sluiten, wordt de schipdeur weer tussen de sluishoofdwallen gevaren. Door water in de deur in te laten, zakt deze tussen de sponningen in het sluishoofd, waarmee de sluis weer is gesloten. Voor het inlaten van water zijn in de wand gaten gemaakt, die met kranen kunnen worden afgesloten.



317. Model van de schipdeur met puntdeur van het grote dok te Medemblik naar het ontwerp van Goudriaan (beplanking gedeeltelijk weggelaten).

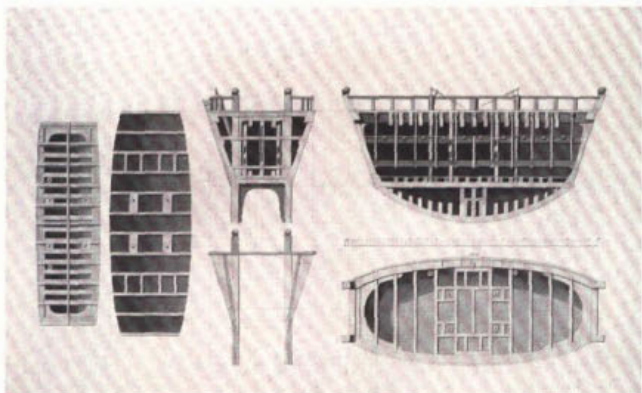


318. De schipdeur in de keersluis te Vlissingen.

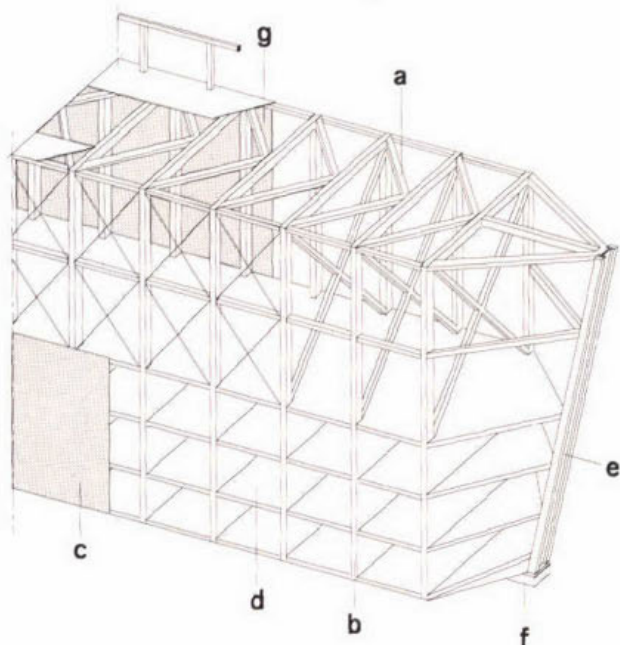


319. Stalen schipdeur in het scheepsdok te Hellevoetsluis.





320. Tekening van de constructie van de houten schipdeur van P. Glavimans voor het scheepsdok te Hellevoetsluis.



321. Schema van de constructie van de stalen schipdeur te Vlissingen.

a = bovenregel uitgevoerd als K-ligger, b = tussenstijl, c = beplating kanaalzijde, d = luchtkist, e = zijaanslag, f = aanslag onderzijde, g = beplating zeezijde.

## Constructie

Schipdeuren hebben de vorm van een schip. In lengterichting heeft de deur in verticale doorsnede dezelfde vorm als de doorgang tussen de sluishoofden. Hiertussen afgezonken sluiten zij de doorgang waterdicht af.

Houten deuren bezaten twee kielen en een platte voor- en achtersteven, waarop ter plaatse van de kielen twee balken waren bevestigd (afb. 320)<sup>459</sup>. In de sluisvloer en in de sluiswanden waren op dezelfde afstand sponningen in

het metselwerk gespaard. De deur kon daardoor met de beide kielen en de balken op de voor- en de achtersteven in de sponningen worden afgezonken. Hiermee werd een grote waterdichtheid verkregen.

Evenals een schip was de deur opgebouwd uit een aantal spanten waar overheen een waterdichte beplanking (huid) was aangebracht. Het inwendige was verdeeld in een aantal dekken, die door waterdichte vloeren van elkaar waren gescheiden. Om de deur voldoende stabiel te maken, werd deze voorzien van een hoeveelheid stenen of een andere ballast, totdat de deur de gewenste diepgang had bereikt. Voor het laten rusten in de sponningen werd, zoals hiervoor is vermeld, water ingelaten dat bij het verwijderen van de deur er weer moest worden uitgepompt.

De schipdeur in Medemblik was grotendeels gelijk aan die te Hellevoetsluis. Het belangrijkste verschil waren de in de schipdeur aangebrachte eb- en vloeddeuren (Voor de constructie daarvan wordt verwezen naar de paragraaf over puntdeuren.) Hierdoor werd de deur in dwarsrichting breder. De beide kielen lagen dan ook verder uit elkaar (zie afb. 317).

De huidige stalen schipdeur te Hellevoetsluis heeft één kiel, terwijl de voor- en de achtersteven is voorzien van eveneens één houten balk. De constructie van het schip bestaat uit een geraamte waarover een stalen beplating is aangebracht. In lengterichting heeft de deur in verticale doorsnede dezelfde vorm als de houten deur.

De hoofdconstructie van de stalen schipdeur in de keersluis te Vlissingen wordt gevormd door een zestal horizontale vakwerkliggers. Deze zijn boven geplaatst en uitgevoerd als K-liggers (afb. 321a). De onderste helft van de deur is voorzien van een luchtkist (d), die in lengterichting in een zevental vakken is verdeeld. De luchtkist heeft zowel verticaal als horizontaal een rechthoekige doorsnede. Zij bestrijkt vrijwel de gehele bodem van de deur. Het middelste vak is twee maal zo groot als elk van de andere vakken.

Boven de tussenwanden van de luchtkist en boven het middenvak zijn in totaal negen verticale schoorverbanden aangebracht. De tussenwanden van de luchtkist, de schoorverbanden en de horizontale hoofdliggers zorgen voor een stijve constructie.

Tegen de onderzijde van de luchtkist is een gietijzeren ballast geplaatst. Ten einde de juiste diepgang te krijgen, wordt de luchtkist, met uitzondering van het middelste vak, gedeeltelijk gevuld met zoet water. Het middenvak wordt met zout water gevuld om de deur op de juiste plaats te houden. Voor het verwijderen van de schipdeur moet het zoute water er weer worden uitgepompt.

De schipdeur rust via zijaanslagen in sponningen, die in de beide zijwanden zijn aangebracht. De voor- en de achtersteven zijn daartoe voorzien van een I-profiel, waarvan de flenzen met hout zijn bekleed (afb. 321e). In de sluisvloer is geen sponning aangebracht, omdat men vreesde dat deze herhaaldelijk zou dichtslippen. De schipdeur staat met een houten kiel (f) op een drempel van graniet.





*Ontlast- annex inlaatsluis in de Maasdijk bij Nederhemert-Zuid, zie pag. 48 en 145.  
(Fotografische Dienst Bouwkunde, TU Delft)*



## 4. STROOMSLUIZEN

Dit hoofdstuk behandelt de stroomsluizen. Hiertoe behoren alle sluizen, met uitzondering van de schutsluizen. De stroomsluizen kenmerken zich door het bezit van slechts één sluishoofd; dit in tegenstelling tot de schutsluizen, die er minimaal twee hebben. Een stroomsluis staat open of is gesloten. Is de sluis geopend, dan kan het water vrijwel onbelemmerd door de sluis stromen. Bij schutsluizen daarentegen is vrijwel altijd één afsluitmiddel gesloten (met uitzondering van de keer-schutsluizen).

Tot de stroomsluizen behoren in de eerste plaats de sluizen ten behoeve van de waterhuishouding. Zij vormen verreweg de grootste groep, met als belangrijkste sluizen de uitwateringssluizen. Naast de schutsluizen zijn er ook een aantal scheepvaartsluizen die tot de stroomsluizen worden gerekend, omdat zij één sluishoofd bezitten. Voor wat betreft vorm en functie wijken deze ook niet essentieel af van de sluizen ten behoeve van de waterhuishouding. Vaak bezitten deze sluizen een gemengde functie, zowel voor de scheepvaart als voor de waterhuishouding.

De militaire sluizen ten slotte hebben in feite een vergelijkbare functie als die voor de waterhuishouding. De laatste dienen echter een civiel doel, terwijl de militaire sluizen alleen in oorlogssituaties werden gebruikt. Niet alleen de functie maar ook de vorm en de constructie vertonen grote overeenkomst. Soms had een sluis zowel een civiele als een militaire functie.

Na een beschrijving van de diverse sluisstypen binnen de stroomsluizen zal in dit hoofdstuk op de constructie worden ingegaan. Daarbij zal de nadruk liggen op de uitwateringssluizen. De andere stroomsluizen komen alleen aan de orde voor zover zij daarvan afwijken.

### 4.1. Sluizen voor de waterhuishouding

Tot de sluizen die een functie in de regulering van de waterstand hebben, behoren de uitwaterings- of suatiesluizen, de ontlastsluizen, de inlaatsluizen, de irrigatiesluizen en sommige keersluizen.

Uitwateringssluizen dienen, evenals de ontlastsluizen, om overtollig water af te voeren. Inlaatsluizen hebben juist als functie om een tekort aan water aan te vullen, terwijl irrigatiesluizen het water over het land voeren. Keersluizen moeten onder extreme omstandigheden het water tegenhouden.

### Uitwaterings- of suatiesluizen

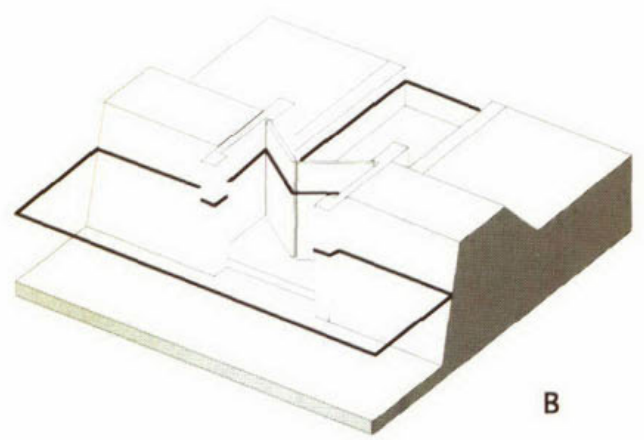
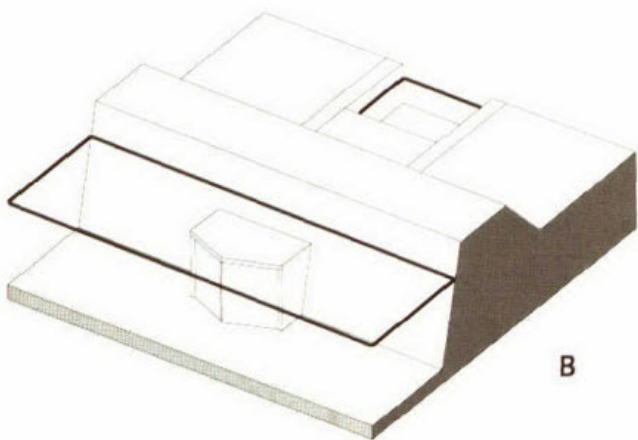
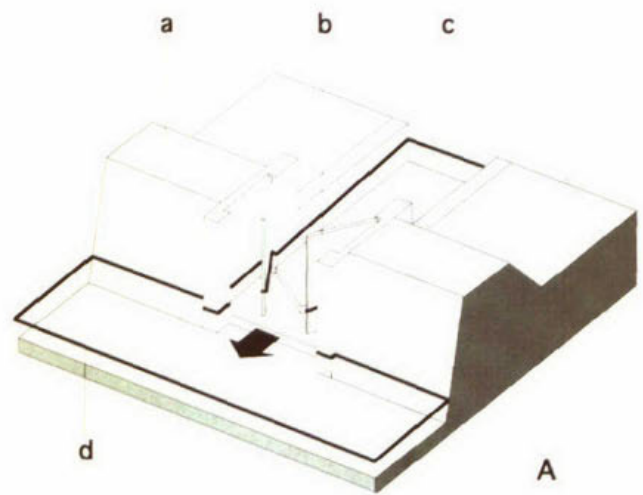
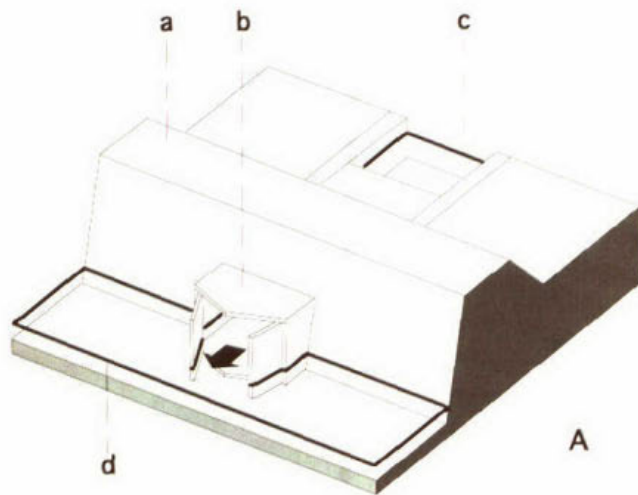
Een uitwaterings- of suatiesluis voert overtollig water af van een bepaald gebied. Meestal is dit een polder, waarvan de waterstand toeneemt door neerslag en kwelwater, dat door de dijken of kaden sijpelt. Wanneer de verdamping onvoldoende is, moet het overtollige water worden afgevoerd. Er zijn daarbij in principe drie mogelijkheden. Als het buitenwater altijd lager staat dan het binnenwater in de polder kan men volstaan met natuurlijke lozing via een vaste of beweegbare stuw. Wanneer het niveau van het buitenwater doorlopend hoger is dan de waterstand in de polder, is kunstmatige lozing noodzakelijk. Vroeger werden hiervoor windmolens gebruikt, die het water via een scheprad of vijzel omhoogvoerden. Tegenwoordig gebuikt men hiervoor een gemaal.

Als het buitenwater afwisselend hoger en lager is dan het polderpeil is natuurlijke lozing met uitwateringssluizen mogelijk. Bij hoge buitenwaterstand is de sluis gesloten en bij lage waterstand staat de sluis open, zodat het overtollige polderwater kan worden afgevoerd. Het zal duidelijk zijn dat uitwateringssluizen met name voorkomen in die gebieden, waar eb en vloed duidelijk aanwezig zijn. Uitwateringssluizen kunnen worden onderverdeeld in koker- of duikersluizen (afb. 322) en open sluizen (afb. 323). Bij duikersluizen bevindt het afsluitmiddel zich, zoals de naam al aangeeft, in of voor een duiker of koker.

De uitwateringssluis is het oudste sluisstype. Bij Valkenburg in Zuid-Holland is een uitwateringssluis blootgelegd, die op grond van bij de sluis gevonden aardewerkresten uit de tweede eeuw na Chr. is gedateerd. Het sluisje bestond uit een uitgeholde boomstam met aan het ene uiteinde een houten klep (zie afb. 14). In Schiedam-Kethel werd een soortgelijk duikersluisje opgegraven, waarvan eveneens wordt vermoed dat deze uit de Romeinse Tijd dateert (zie afb. 13). Met de val van het Romeinse Rijk kwam er ook een eind aan de sluisbouw.

Pas omstreeks het jaar 1000 wordt de uitwateringssluis opnieuw geïntroduceerd. In 1065 zou een uitwateringssluis zijn gebouwd te Krooswijk bij Rotterdam<sup>460</sup>. De vroegste vermelding in Nederland is te vinden in een oorkonde uit 1155 van het Sticht Utrecht<sup>461</sup>. In deze in het Latijn opgestelde oorkonde vergunde de bisschop van Utrecht de parochianen van Lopik onder meer een sluis te leggen in de IJsseldijk ter verbetering van de aanwezige uitwatering. Hieruit kan worden opgemaakt dat uitwateringssluizen toen bekend waren.





322. Uitwateringssluis uitgevoerd als duikersluis: (A) open; (B) gesloten.  
*a* = dijklichaam als vaste waterkering, *b* = duikersluis, *c* = uitwateringskanaal, *d* = buitenwater.

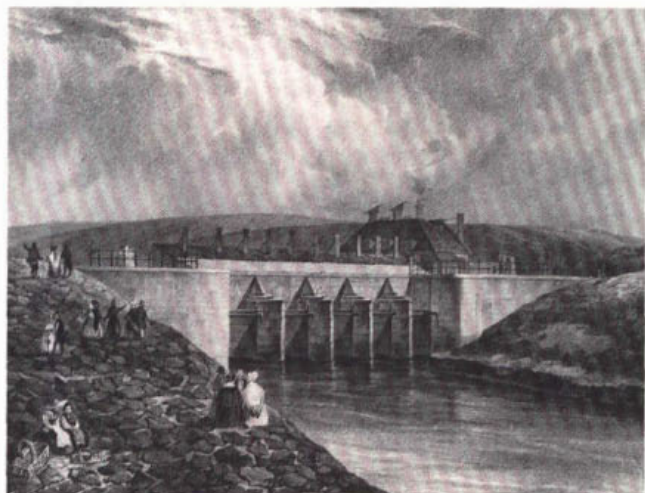
323. Open uitwateringssluis: (A) open; (B) gesloten.  
*a* = dijklichaam als vaste waterkering, *b* = sluis, *c* = uitwateringskanaal, *d* = buitenwater.

Een andere vroege toepassing van uitwateringssluizen zijn de sluizen in de Wendeldijk, die ten zuiden van de huidige Haarlemmermeerpolder liep. In 1226 kwamen Holland en Utrecht overeen om in deze dijk een zevental sluizen te bouwen om het overtollige water uit deze provincies af te voeren<sup>462</sup>. Uitwateringssluisjes uit de 13de eeuw zijn onder meer opgegraven in Rotterdam en in het Friese Buitenpost.

In het noorden van ons land werden uitwateringssluizen 'zijl' genoemd, terwijl in Friesland voor duikersluisjes ook de benaming 'pomp' voorkomt. Ook het oude woord 'verlaat' werd soms voor uitwateringssluizen gebruikt. Tegenwoordig spreekt men met name bij grote sluizen vaak van spuisluis, waarmee oorspronkelijk (en ook in dit boek; zie hierna) een ander sluisstype werd bedoeld. Het werkwoord spuien heeft ook de betekenis van overtollig water lozen. In het begin van deze eeuw werd een uitwateringssluis, waarmee overtollig kanaalwater werd afgevoerd, wel spuisluis genoemd. Ook open uitwateringssluizen werden soms met deze naam aangeduid.

De uitwateringssluizen uit de Romeinse Tijd zijn waarschijnlijk vrijwel allemaal als duikersluis uitgevoerd. Dit geldt ook voor de eerste sluizen uit de Middeleeuwen, zoals blijkt uit de overblijfselen van opgegraven oude sluizen. De vroegste vermeldingen van uitwateringssluizen zeggen echter niets over de constructie. De hiervoor genoemde in het Latijn opgestelde oorkonden uit 1155 en 1226 spreken over 'sluse'. Een eveneens in het Latijn opgestelde oorkonde uit 1285 maakt melding van 'fistulas' (duikers)<sup>463</sup>. In deze oorkonde kregen Lopik en het kapittel van St. Marie te Utrecht toestemming de sluizen van Langerak en Cabauw te stoppen, die nadeel aan hun watergang naar de IJssel toebrechten. Men neemt wel aan dat met 'sluse' een open sluis wordt bedoeld, terwijl duikersluizen door het woord 'fistulas' worden aangeduid<sup>464</sup>. Duikersluizen die in de dijken werden gebouwd, waren veel veiliger dan open sluizen en verdienden dan ook de voorkeur. Wanneer de dijk echter niet hoog genoeg was om een voldoende gronddekking boven de sluisoker te krijgen, bouwde men een open sluis. Open sluizen wer-





324. De uitwateringssluizen bij Katwijk aan Zee uit 1807.

den eveneens toegepast op plaatsen waar het verschil tussen het binnen- en het buitenwater groot kan zijn, terwijl zware golfslag niet te duchten is. Ook als door de sluis scheepvaart moet plaatsvinden, ligt een open sluis het meest voor de hand. De schepen kunnen bij gelijke waterstand in- en uitvaren. Een dergelijke uitwateringssluiz wordt wel tijsluis genoemd. De schepen moeten een gunstig tij afwachten voordat ze de sluis kunnen passeren.

Verreweg de meeste uitwateringssluizen worden ook nu nog uitgevoerd als duikersluizen. De eis van voldoende gronddekking is daarbij niet nodig, omdat de sluisdekking gewoonlijk van gewapend beton wordt gemaakt.

Naast de bovengenoemde indeling wordt ook wel onderscheid gemaakt tussen sluisen met een directe afwatering van een polder en sluisen die het water van een boezem afvoeren<sup>465</sup>. Sluisen met een directe afwatering, soms wel poldersluizen genoemd, lozen het overtollige polderwater rechtstreeks op zee, op een rivierarm of op een rivier. De achter de sluis gelegen polders liggen hoog genoeg om het overtollige water bij lage buitenwaterstanden te kunnen kwijtraken. Deze uitwateringssluizen zijn meestal klein.

De tweede groep is te vinden bij de lager gelegen polders. Daar wordt het polderwater eerst op de boezem gemalen. Een boezem omvat de gezamenlijke vaarten met alle aanwezige meren en plassen, die als tijdelijke bergplaats voor het overtollige water van een polder dienen<sup>466</sup>. Als het boezempeil hoog genoeg is, kan er op natuurlijke wijze worden geloosd met uitwateringssluizen. De sluisen die tot deze groep behoren zijn vaak groot van afmetingen. Bekende voorbeelden hiervan zijn de uitwateringssluizen te Katwijk (afb. 324) en die in de Afsluitdijk (afb. 325).

De hoogte en breedte (breedte) van een uitwateringssluiz worden bepaald door de eisen die aan een natuurlijke lozing worden gesteld. Hierbij is niet alleen de grootte van het gebied en de hoeveelheid neerslag van belang, maar ook de sluisgang. Dit is de tijd dat de sluis werkt, met andere woorden: de tijd dat het buitenwater lager staat dan



325. Uitwateringssluizen in de Afsluitdijk bij Den Oever.

het binnenwater. Bij het openen van een sluis in een getijdegebied zal de intensiteit van de uitstroming toenemen totdat het hoogteverschil het grootst is en daarna weer afnemen.

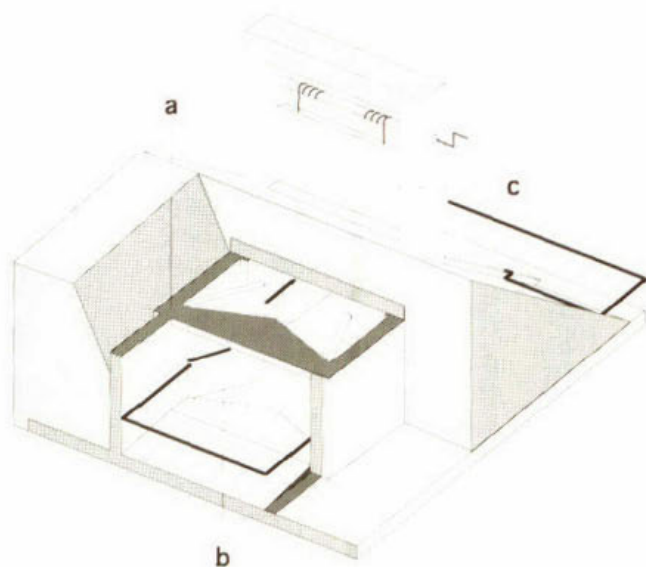
Met gegevens zoals de oppervlakte van het gebied, de hoeveelheid neerslag en kwelwater, de grootte van de verdamping en de sluisgang kan de grootte van het natte of doorstroomprofiel van de sluis worden bepaald. Kokersluizen werden voor 1940 bij voorkeur niet breder gebouwd dan 5 m. Als een grotere breedte was vereist, werden meerdere kokers naast elkaar gelegd. De uitwateringssluizen in de Afsluitdijk, met een kokerbreedte van 12 m, zijn hierop een uitzondering. Toepassing van meerdere kokers geeft het voordeel dat ook uitwatering kan plaatsvinden als één van de sluisen gecontroleerd of hersteld moet worden.

De sluisgang is ook afhankelijk van de sluisdiepte. Een smalle en diepe sluis geeft een snellere afvoer dan een wijde maar ondiepe sluis met hetzelfde natte profiel. Maatgevend is daarbij de diepte van de slagdrempel. Een diepe ligging van de slagdrempel maakt de sluis echter wel duurder. Voor 1940 koos men meestal voor een diepte van 0,5 tot 1 m beneden de laagwaterstand. Rond 1600 werd de slagdrempel nog gelijk met of juist beneden de laagste waterstand bij oostenwind gelegd<sup>467</sup>. De gebrekkige middelen voor het droogzetten van de bouwput zullen hiervoor de doorslag hebben gegeven.

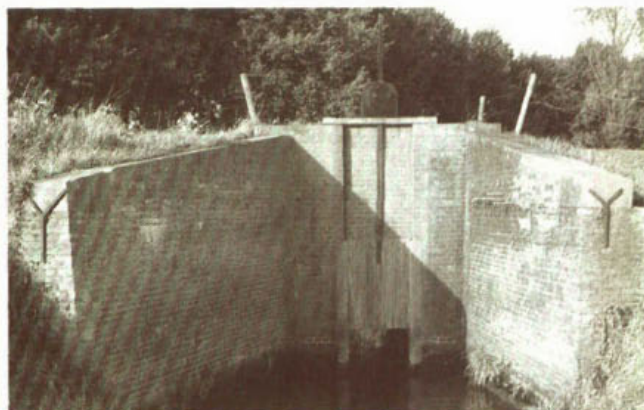
Bij open uitwateringssluizen worden vrijwel altijd puntdeuren toegepast. Bij kokersluizen komen naast puntdeuren ook enkele draaideuren en schuiven (hefdeuren) voor. Voor 1600 werden ook wel klepdeuren gebruikt. Deze laatste voldeden echter niet helemaal en verdwenen langzamerhand geheel.

Puntdeuren, enkele draaideuren en klepdeuren in uitwateringssluizen worden, als ze door de eb- en vloedbeweging van het water zelf worden bediend, wachtdeuren genoemd. Bij plotseling optredende hoge standen van het buitenwater worden deze deuren vanzelf gesloten. Bij toepassing van wachtdeuren bezitten kokersluizen ge-





326. Duikersluis met wachtdeuren (puntdeuren) en schuif.  
a = duiker, b = puntdeuren, c = schuif.



327. Uitwateringssluis met schuif bij Doeveren.



328. De Keizerinnesluis te Rotterdam; achter de puntdeuren is later een wand met schuif gebouwd.



329. De Oranjesluis bij Maasdijk.

woonlijk echter tevens een schuif als noodvoorziening (afb. 326). Aan zee gelegen open sluisen moesten om veiligheidsredenen, naast de gewone vloeddeuren, zijn voorzien van een extra stel deuren, stormvloeddeuren genoemd. Uitwateringssluizen met wachtdeuren werden soms wel wachtsluizen genoemd.

Schuiven (hefdeuren) hebben enkele voordelen boven wachtdeuren. Het belangrijkste voordeel is dat hefdeuren naar twee zijden kunnen keren. Wanneer in droge perioden moet worden belet dat het binnenwater wegloopt, kan de schuif eenvoudig worden gesloten. Ook kan met een schuif water worden ingelaten. Verder wordt bij toepassing van schuiven het doorstroomprofiel niet verkleind. Belangrijk is ook dat de schuif in stromend water gesloten en bij een verschillende binnen- en buitenwaterstand geopend kan worden. Het nadeel van een schuif is dat deze bediend moet worden, wat bij wachtdeuren niet nodig is, al zal regelmatige controle noodzakelijk zijn.

Als de sluis niet al te breed is, kan een enkele draaideur worden gebruikt. Deze heeft als voordeel boven puntdeuren dat de constructie van de aanslagen eenvoudiger is. Ook de afdichting ter plaatse van de voorhar is beter. Voorwaarde voor toepassing is echter dat de hoogte-breedteverhouding gunstig is, zodat gevaar voor schranken klein is. Een nadeel van de enkele draaideur ten opzichte van puntdeuren bij eenzelfde sluisbreedte is, dat de deur zwaarder is en daardoor ook trager reageert en dus minder snel zal worden gesloten.

Uitwateringssluizen komen in allerlei afmetingen en vormen voor. De houten sluisen zijn ondertussen allemaal verdwenen, maar van de gemetselde sluisen zijn er nog veel bewaard gebleven. Een eenvoudig en veel voorkomend type is het duikersluisje met een schuif als afsluitmiddel (afb. 327).

Vanaf circa 1400 werden stenen duikersluizen gemaakt met een boogvormig gewelf. Een voorbeeld daarvan is de Keizerinnesluis in de Rotte te Rotterdam, die onder meer in 1563 werd gerestaureerd (afb. 328). Aan het eind van de vorige eeuw is achter de puntdeuren een wand gemetseld, voorzien van een schuif. Soms bouwde men boven





330. *Uitwateringssluis bij Brakel.*



331. *Dubbele duikersluis bij het voormalige gemaal bij Spijk.*

de uitwateringssluis een gebouw. De Oranjesluis bij Maasdijk bevindt zich onder de imposante sluiswachterswoning (afb. 329).

Naast duikersluizen met één koker komen ook veel sluisen met twee kokers voor. In 1753 liet Baron Piek, Heer van Braakel, een dubbele duikersluis bouwen bij Brakel (afb. 330). Elk van de beide sluisokkers bezit een stel puntdeuren. De deuren zijn voorzien van een ijzeren kruk als vaste waker.

Ook de uitwateringssluis langs de Linge bij het voormalige gemaal bij Spijk heeft twee kokers (afb. 331). Aan de binnendijkse zijde is een verticale schacht gemetseld, waarin de beide schuiven bewegen. In de schacht zijn tevens twee paar schotbalksponningen aangebracht. Boven deze sponningen bevinden zich de bewegingswerken voor het neerlaten en omhoog hijsen van de schotbalken. De beide kokers zijn voorzien van wachtdeuren, die door het water werden gesloten en geopend. Aan de buitendijkse zijde zijn eveneens schuiven aangebracht. De sluis wordt thans alleen nog als inlaatsluis gebruikt.



332. *Twee voormalige dubbele uitwateringssluizen bij Kinderdijk.*



333. *Uitwateringssluizen onder de Nieuwe Friese Brug bij Munnekezijl.*

Bij Kinderdijk bevonden zich tot omstreeks 1975 diverse duikersluizen, zowel enkele als dubbele (afb. 332). Het complex moest wijken, omdat de rivierdijk moest worden verhoogd, waarbij de sluisen werden vervangen door een gemaal. De uitwateringssluizen onder de Nieuwe Friese Brug bij Munnekezijl bestaan uit een groot aantal openingen, die met schuiven kunnen worden afgesloten (afb. 333). De sluis is geheel gerestaureerd, maar heeft geen directe functie meer.

Een merkwaardige uitwateringssluis is die in de monding van het Afwateringskanaal van 's-Hertogenbosch naar Drongelen bij Waalwijk. Het kanaal kruist daar het zuidelijke Afwateringskanaal langs de Bergsche Maas, dat via grondduikers onder het eerstgenoemde kanaal doorloopt. Op de kruising is in elk van de beide kanalen een uitwateringssluis gebouwd (afb. 334).

Een bijzonder type uitwateringssluis is de hevelsluis. Deze bestaat uit een stalen pijp, die vanuit het afwateringskanaal over de dijk naar het open buitenwater wordt geleid. Door de lucht uit de buis te pompen, gaat deze bij laag buitenwater als een hevel werken en wordt het binnenwater afgevoerd. Een terugslagklep moet voorkomen dat het water bij vloed terugstroomt. De hevelsluis werd in 1904 voor het eerst toegepast in Duitsland<sup>468</sup>. Eén van de voordelen van de hevelsluis is dat de dijk niet hoeft te worden doorgraven. In 1911 werd een voorstel gedaan





334. De boven elkaar gebouwde uitwateringssluizen in het Afwateringskanaal 's-Hertogenbosch-Drongelen bij Waalwijk.



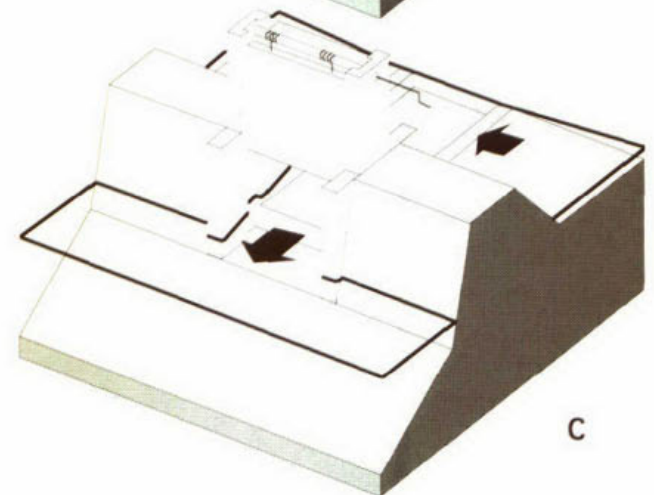
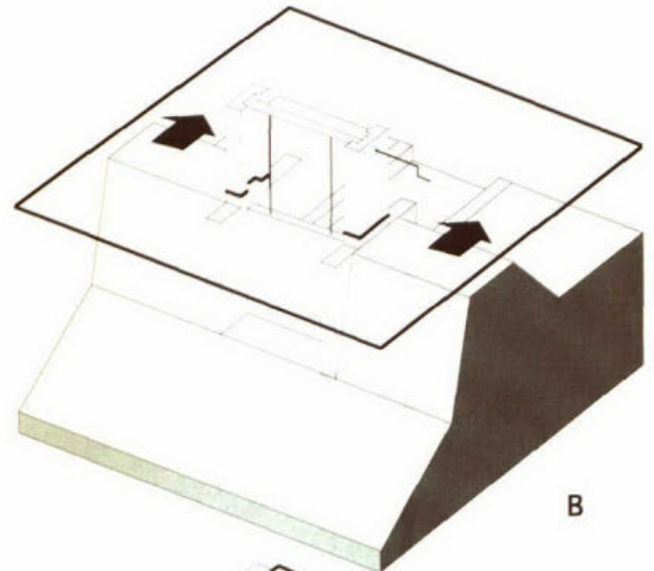
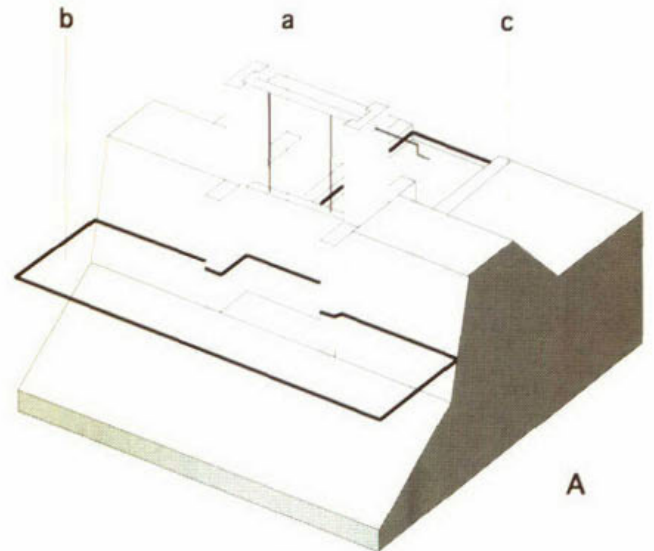
336. Ontlastsluis langs de Waal bij Gendt.

een tiental van deze sluisen in Friesland toe te passen. Voor zover bekend is hier echter geen gehoor aangegeven.

### Ontlastsluizen

Ontlastsluizen (afb. 335) dienen om water, dat ten gevolge van een overstrooming een gebied is binnengekomen, af te voeren. Ze kunnen als een bijzonder type van de uitwateringssluizen worden beschouwd, maar doen alleen in noodgevallen dienst. Pas in de 20ste eeuw wordt van dit sluisstype melding gemaakt. Ze zijn onder meer toegepast in zomerkaden langs rivieren. Bij grote rivierafvoeren stroomt het water over de kaden en over de sluis de uiterwaarden binnen. Nadat het rivierpeil voldoende is gezakt, worden de sluisen geopend, zodat het water kan wegstromen.

Ontlastsluizen zijn gewoonlijk klein van afmetingen. De constructie komt overeen met die van een eenvoudige uitwateringssluis. Een schuif die er voor moet zorgen dat het buitenwater niet naar binnen stroomt, is in de meeste gevallen voldoende (afb. 336). Soms wordt zelfs volstaan met schotbalken, die worden verwijderd als het water



335. Ontlastsluis: (A) kerend, (B) overstroomd en (C) uitwaterend.  
a = sluis, b = buitenwater, c = uiterwaard.





337. Duikersluis van gewapend beton langs de Maas bij Nederhemert.

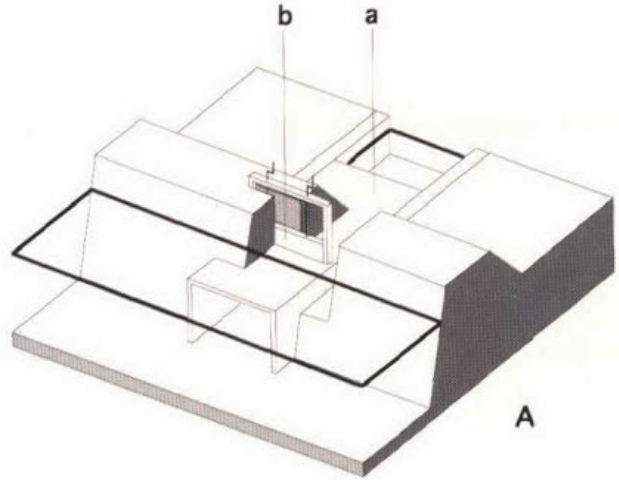


338. Ontlastsluis in het Kanaal Almelo-Nordhorn naar de beneden Dinkel.

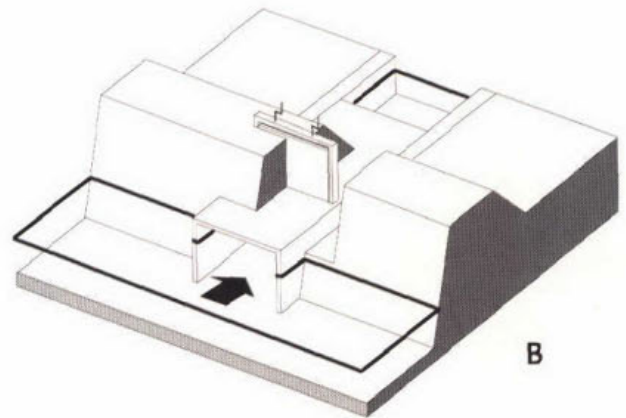
moet worden afgevoerd. Dit verwijderen gebeurt bij ontlastsluizen in zomerkaden geleidelijk door telkens één balk weg te halen. Het water vloeit daardoor langzaam weg, zodat het bezonken slib op de uiterwaarden zal achterblijven en voor de nodige bemesting zorgt.

Naast schuiven en schotbalken zijn er ook ontlastsluizen met puntdeuren toegepast, zoals in de sluis bij Nederhemert (afb. 337). Deze duikersluis van gewapend beton kreeg vloeddeuren aan de rivierzijde en ebdeuren aan de binnendijkse zijde, zodat de sluis naar twee zijden water kon keren. Hierdoor kon de sluis tevens als inlaatsluis voor de winterbevoeiingen worden gebruikt.

Een bijzonder type ontlastsluis is de sluis die overtollig water van een scheepvaartkanaal afvoert. Een voorbeeld hiervan is de sluis in de noordelijke oever van het Kanaal Almelo-Nordhorn (afb. 338). Deze voert overtollig kanaalwater af naar de beneden Dinkel. De sluis bezit acht openingen, elk afsluitbaar met een schuif. Een dergelijke sluis, die het water in het kanaal op peil houdt, wordt soms ook wel spuisluis genoemd.



A



B

339. Inlaatsluis: (A) open; (B) gesloten. a = duiker, b = afsluitlet.

### Inlaatsluizen

Bij de laag gelegen Nederlandse polders is vaker sprake van een teveel aan water, dan van een tekort. Na een langdurige droge periode kan de grondwaterstand echter zo laag worden, dat dit schade aan de gewassen toebrengt. De waterhoeveelheid moet dan worden aangevuld. Aanvankelijk zal men voor het inlaten van water de aanwezige uitwateringssluizen hebben gebruikt. De sluisen, waarvan sprake is in een rekening van de stad Middelburg uit 1432, waren waarschijnlijk uitwateringssluizen met hefdeuren. Deze moesten worden geopend, vanwege grote droogte op het land<sup>469</sup>.

Vaak wordt ook nu nog volstaan met de afsluitletten van de uitwateringssluis te voorzien van schuiven of wordt bij dit sluisstype een omloopriool aangelegd om water in te laten. Bij een uitwateringssluis voorzien van schuiven en wachtdeuren, moeten deze laatste kunnen worden vastgezet. Wanneer echter grote hoeveelheden water nodig zijn, is dit niet meer voldoende, maar moet men een inlaatsluis bouwen (afb. 339). Pas in de 19de eeuw wordt, voor zover bekend, voor het eerst melding gemaakt van dit sluisstype.



Inlaatsluizen hebben een functie tegenovergesteld aan die van de uitwateringssluizen. Om ook bij lage buitenwaterstanden water in te kunnen laten, moet de sluisdrempel voldoende laag liggen. Inlaatsluizen komen ook voor in combinatie met irrigatiesluizen. Soms moest de sluis juist in de winter haar werk doen ten dienste van de winterbevoeiingen (zie afb. 337). Een andere toepassing is die bij steden om op gezette tijden de grachten door te spoelen en het water te verversen. Het water wordt dan aan de andere zijde via een uitwateringssluis weer afgevoerd.

Inlaatsluizen moeten bij ongelijke waterstand kunnen worden geopend en bij stromend water gesloten. Een schuif is dan ook het aangewezen middel om dit te doen. Gewoonlijk wordt de sluis uitgevoerd als een kokers- of duikersluis. De constructie daarvan komt vrijwel overeen met een kokersluis voor de uitwatering, met schuiven als afsluitmiddel. Meestal wil men zelf bepalen wanneer de sluis open moet, zodat wachtdeuren ontbreken. Slechts zelden bezit een inlaatsluis een wachtdeur. Deze moet dan voorkomen, dat de watergang achter de sluis leegloopt bij plotselinge daling van de waterstand van het buitenwater. Een voorbeeld daarvan is de inlaatsluis bij Genderen uit 1893 (afb. 340). Deze bezit behalve een glij-schuif en een wielschuif ook een enkele draaideur.

De grootte van een inlaatsluis wordt bepaald door de hoeveelheid water die men wil inlaten. Meestal wordt aan een aantal naast elkaar gelegen kleine kokers de voorkeur gegeven boven één grote (afb. 341). Door de geringere kracht op de schuif ten gevolge van de waterdruk kan het bedieningsmechanisme eenvoudiger worden uitgevoerd en gemakkelijker bediend. Bij meerdere kokers kan tevens de in te laten hoeveelheid water beter worden geregeld.

### Irrigatiesluizen

Irrigatiesluizen zijn nauw verwant aan de inlaatsluizen en kwamen ook vaak voor in combinatie hiermee. Ze dienen voor de landbouw en verdelen het water, dat via een inlaatsluis op een soort tussenboezem is ingelaten, over de landerijen. Het met het water binnenkomende slib bezinkt op het land en zorgt voor een goede bemesting. Het binnen te laten water mag niet zout of verontreinigd zijn, omdat anders juist schade wordt toegebracht.

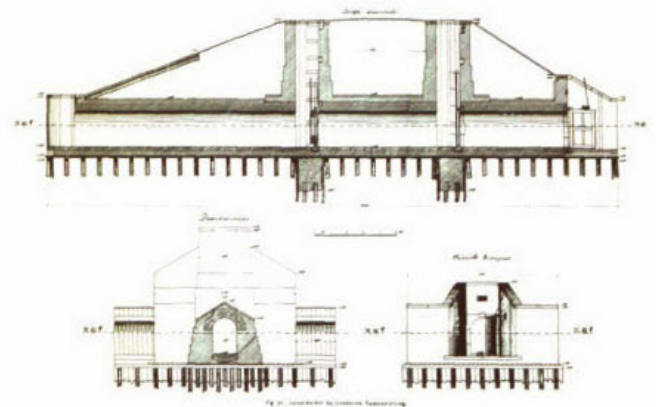
Evenals ontlastsluizen behoeven irrigatiesluizen geen twee waterwegen met elkaar te verbinden. De drempel kan even hoog als het te irrigeren land liggen en dit rechtstreeks bevoeien (afb. 342). De constructie van een irrigatiesluis komt overeen met die van een inlaatsluis. Als afsluitmiddel werd gewoonlijk een schuif gebruikt. De naam irrigatiesluizen komt alleen voor in handboeken uit de eerste helft van de 20ste eeuw. Vermoedelijk werden echter ook al in de 19de eeuw sluisen voor een dergelijk doel gebruikt. Na de Tweede Wereldoorlog verloren de irrigatiesluizen in Nederland hun functie. Het onderwater zetten van landerijen voor bemesting is niet

meer rendabel en het slib is vaak verontreinigd. Het gebruik van kunstmest voldoet veel beter, terwijl ook voor het bevoeien van landerijen in droge perioden betere methoden zijn gevonden. Irrigatiesluizen komen in ons land dan ook waarschijnlijk niet meer voor.

### Keersluizen (waterhuishouding)

Keersluizen zijn vrijwel altijd uitgevoerd als open sluisen (afb. 343). Ze komen qua vorm en constructie vrijwel overeen met uitwateringssluizen. Er zijn zowel keersluizen ten behoeve van de waterhuishouding als voor de scheepvaart. Deze laatste zullen in het navolgende worden besproken. Vaak hebben deze sluisen een gemengde functie.

Keersluizen moeten meestal voorkomen dat de waterstand achter de sluis te hoog wordt waardoor overstromingen ontstaan. Een vroege toepassing van een keersluis voor de waterhuishouding is vermoedelijk die in de Svadenburgerdam bij het latere Zwammerdam. Deze, door het graafschap Holland aangelegde dam moest in 1202 op last van de keizer worden opgeruimd, omdat Utrecht problemen kreeg met zijn waterafvoer. Utrecht mocht echter alleen water afvoeren als Holland hiervan geen hinder zou ondervinden<sup>470</sup>. Waarschijnlijk werd daarop in de dam een keersluis gemaakt.

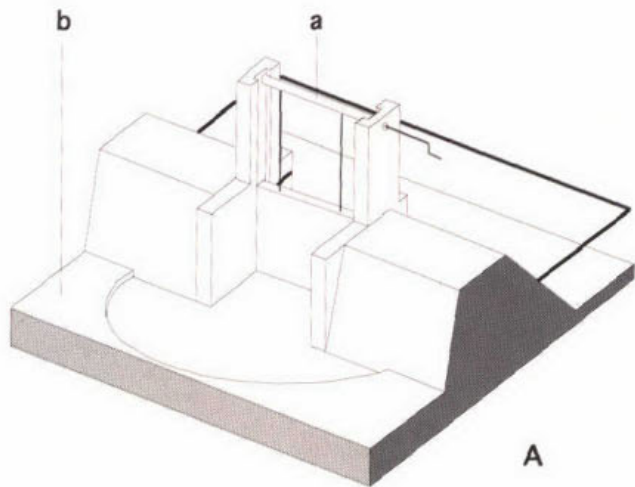


340. Tekening van de inlaatsluis bij Genderen.

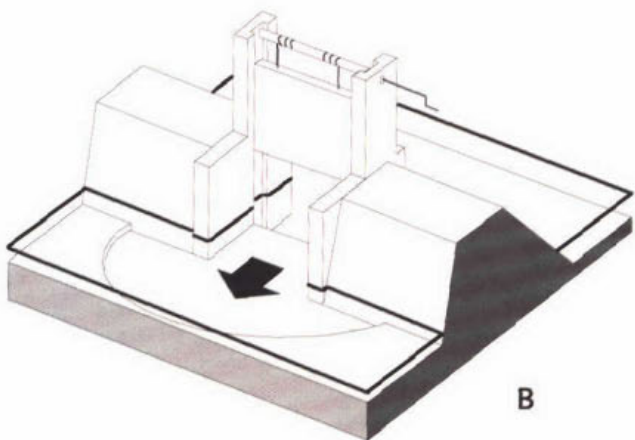


341. Inlaatsluis bij Angeren.





A



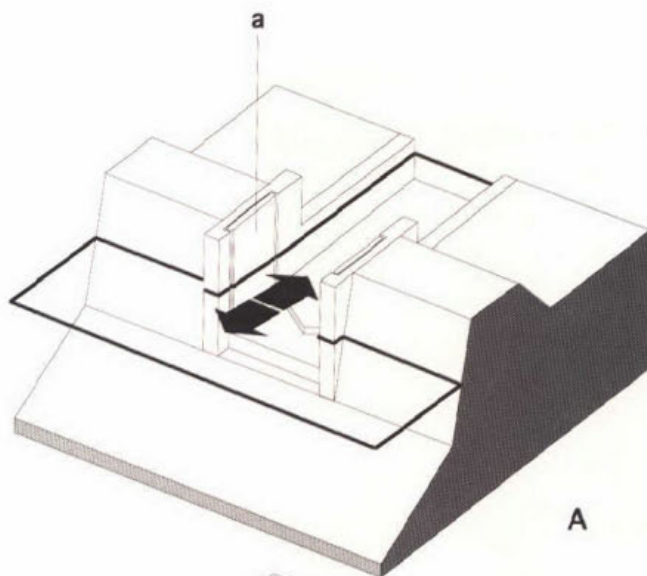
B

342. Irrigatiesluis: (A) open; (B) gesloten.  
a = sluis, b = irrigatiegebied.

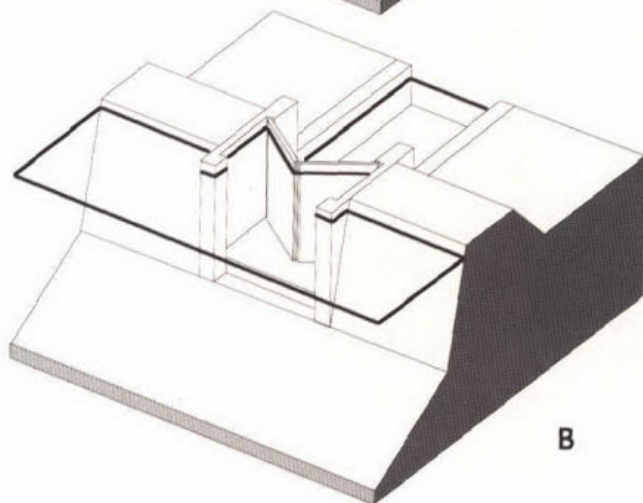
Sluizen die het achterliggende gebied moeten beschermen tegen overstromingen zijn voorzien van vloeddeuren, die alleen worden gesloten bij extreem hoge buitenwaterstanden. Het tegenovergestelde hiervan is het voorkomen van een te lage waterstand achter de sluis. Bij extreem laag buitenwater zou een waterweg, die in open verbinding met de zee of een rivier staat, droog kunnen komen te staan. Als gevolg daarvan zal met name in warme periodes vissterfte en stankoverlast ontstaan, waardoor gevaar voor de volksgezondheid kan optreden. Ook kunnen bij extreem lage waterstanden aanwezige kademuuren bezwijken, wat grote schade zou veroorzaken. Een keersluis voorzien van ebdeuren, die bij lage waterstanden worden gesloten, moet dit voorkomen (afb. 344).

Naast puntdeuren zijn ook schuiven gebruikt als afsluitmiddel voor keersluizen ten behoeve van de waterhuishouding. Hoeft de sluis slechts in uitzonderlijke gevallen te worden gesloten, bij voorbeeld bij overstromingen,

344. Dubbelkerende keersluis.  
a = vloeddeuren, b = ebdeuren.

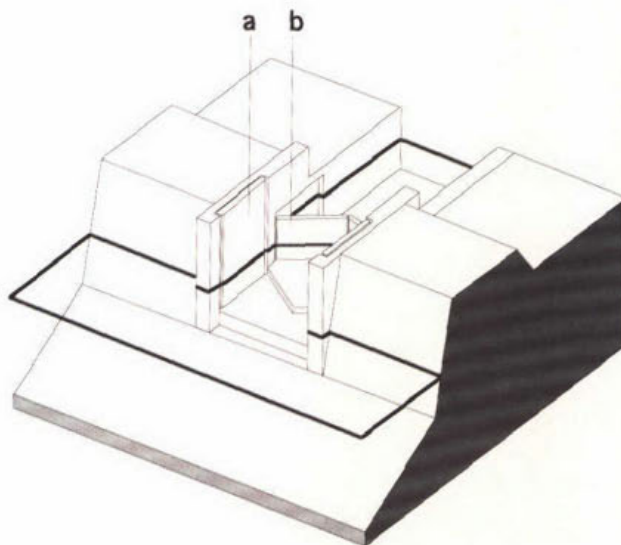


A



B

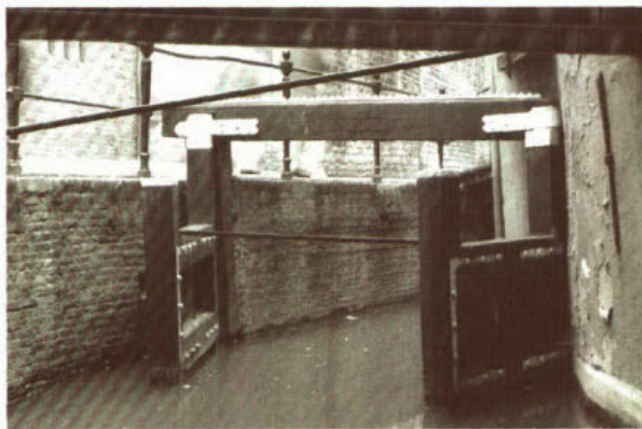
343. Keersluis: (A) open; (B) gesloten.  
a = sluis met enkele waterkering.







345. Schotbalkkering bij Nieuwegein.



346. Keersluisje bij de St. Janskerk te Gouda.



347. De Wachtsluis bij Vlissingen vlak na de bouw in 1871.

dan wordt wel volstaan met een kering door schotbalken (afb. 345).

Keersluisjes komen ook voor in de grachten bij steden (afb. 346). Deze hebben gewoonlijk een functie bij het doorspoelen van de grachten. Door het sluiten van de



348. Coupure met twee openingen voor schotbalken in de Beusichemse Dijk bij Culemborg.

sluis kon het doorspoelwater in de gewenste richting worden gestuurd.

Een andere toepassing van een keersluis is die als reservesluis achter een uitwateringssluis. Zo'n sluis, die op ruime afstand van de uitwateringssluis wordt gebouwd, wordt ook wel wachtsluis genoemd (afb. 347). De sluis treedt in werking als de uitwateringssluis zou bezwijken bij een hoge buitenwaterstand. Een dergelijke combinatie werd vaak toegepast wanneer achter de uitwateringssluis een groot gebied lag. Daarbij werden de dijken langs de watergang tussen de beide sluizen op dezelfde hoogte gebracht als de hoofdwaterkering.

De combinatie van een uitwateringssluis en een wachtsluis kon ook worden gebruikt om te spuien. De uitwateringssluis fungeerde dan tevens als spuisluis. Bij opkomende vloed werd de wachtsluis gesloten, terwijl de uitwateringssluis geopend bleef. Pas als het water zijn hoogste peil had bereikt, werd ook deze sluis gesloten en weer geopend als het buitenwater voldoende laag was gezakt. Puntdeuren kunnen niet zonder meer tegen het hoge water in worden geopend. Daarom moet de uitwateringssluis een ander afsluitmiddel bezitten, bijvoorbeeld schotdeuren of waaierdeuren.

Een bijzonder type keersluis is de coupure (afb. 348). Een coupure is een doorgraving van een dijk of een kade, waarmee wordt voorkomen dat het verkeer over de dijk heen zou moeten gaan, wat lange opritten of steile hellingen vereist. De zijwanden van de doorgraving worden voorzien van een stenen of betonnen wand. Bij brede openingen zijn één of meer tussenpijlers nodig. In deze wanden en tussenpijlers worden sponningen uitgespaard, waarin schotbalken of schotten kunnen worden geplaatst. Toepassing van een coupure is alleen zinvol als dergelijke hoge waterstanden vrij uitzonderlijk zijn.

Een coupure ligt dus niet in een waterweg. Soms is zelfs in de wijde omgeving geen water te zien. De betreffende dijk is dan een slaperdijk en doet alleen dienst in noodgevallen als de wakerdijk is bezweken. Een vrij grote coupure is die in de Diefdijk op de kruising met de snelweg tussen Utrecht en 's-Hertogenbosch. Als afsluitmiddel zijn naast schotbalken ook hefdeuren aanwezig (afb. 349).

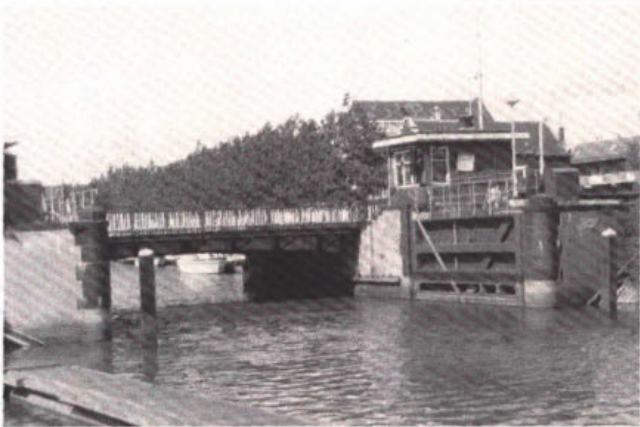




349. Coupure in de Diefdijk bij de kruising met de A12 bij Zijderveld.



350. Keersluis in de havenmond van Blokzijl.



351. Keersluis in de havenmond van Vlaardingen.

#### 4.2. Sluizen ten behoeve van de scheepvaart

Tot de stroomsluizen die in het belang van de scheepvaart worden gebouwd, behoren sommige keersluizen, de doksluizen en de spuisluisen. De belangrijkste scheepvaartsluizen, de schutsluizen, komen in het volgende hoofdstuk aan de orde.

#### Keersluizen (scheepvaart)

Keersluizen ten behoeve van de scheepvaart zijn de voorlopers van de schutsluizen. Reeds in de 12de eeuw werd te Gouda, in de mond van de Gouwe, een keersluis aangelegd ter plaatse van de huidige Donkere Sluis<sup>471</sup>. Voor 1284 was ook een keersluis bij de uitmonding van de Gouwe in de Oude Rijn bij Alphen aan den Rijn gebouwd, die de Gouwesluis heette<sup>472</sup>. De uit 1373 daterende keersluis te Vreeswijk werd zestig jaar later omgebouwd tot schutsluis.

Deze keersluizen waren waarschijnlijk alle voorzien van schotdeuren. Later werden vooral puntdeuren gebruikt en in de 19de en 20ste eeuw soms schipdeuren en hefdeuren. In het buitenland komen ook roldeuren voor.

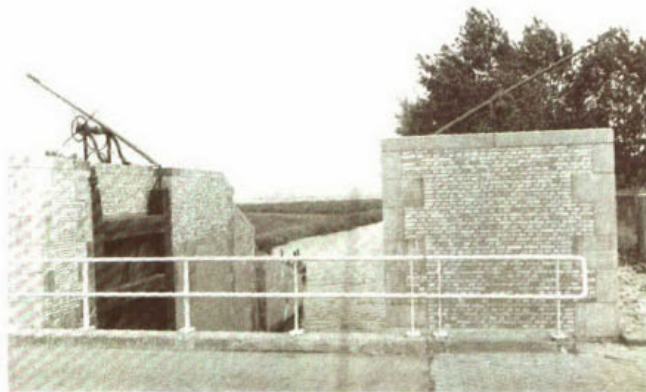
Keersluizen ten behoeve van de scheepvaart zijn veel gebouwd in de monding van een haven, zoals bij Blokzijl (afb. 350) en bij Vlaardingen (afb. 351). De sluis staat meestal open en wordt slechts in extreme gevallen gesloten. Voorwaarde is dat extreme waterstanden slechts weinig voorkomen, anders wordt de voorkeur gegeven aan een schutsluis. Dergelijke keersluizen komen zowel voor bij zeehavens als bij havens langs rivieren. Bij zeehavens moet de sluis het haventerrein beschermen tegen stormvloed of juist voorkomen dat de schepen bij zeer laag water op de bodem komen te staan.

Keersluizen bij havens langs rivieren moeten de haven beschermen tegen extreem grote of kleine rivierafvoeren. Zou de haven in open verbinding met het buitenwater staan, dan moet de kade zo hoog komen te liggen, dat deze ook bij zeer hoge waterstanden niet onderloopt. Een andere mogelijkheid is rond de haven een hoge dijk aan te leggen. Het landverkeer tussen de haven en het achterland moet deze dijk kruisen, wat grote opritten of steile hellingen tot gevolg heeft. Ook zal men bij elke stormvloed of hoge rivierstand de kade moeten ontruimen. Komt een hoge waterstand slechts zelden voor, dan zou men kunnen volstaan met het aanbrengen van coupures in de dijk rond de haven.

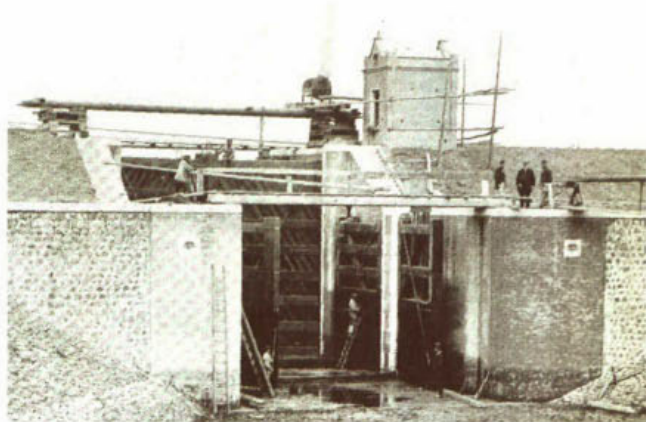
Niet alleen extreem hoge, maar ook extreem lage waterstanden maken dure aanpassingen noodzakelijk. Om te voorkomen dat schepen aan de grond lopen, moet de haven diep worden uitgebaggerd. Dit vereist hoge en daardoor dure kademuren. Tevens moeten de laad- en losinrichtingen op de kade aan de grote verschillen in waterstand worden aangepast. Vaak is het voordeliger een keersluis tussen de haven en het buitenwater te bouwen. Al naar gelang de omstandigheden zal dit een enkele- of dubbelkerende sluis zijn. Het havenpeil wordt hiermee begrensd, zodat een grote havendiepte of hoge dijken rond het haventerrein niet nodig zijn.

Keersluizen komen ook voor in waterwegen, die zowel voor de afwatering als voor scheepvaart worden gebruikt. Soms fungeert de uitwateringssluis tevens als scheepvaartsluis. Bij drukker scheepvaartverkeer of bij grotere uitstroming wordt naast de uitwateringssluis een keersluis gebouwd, zoals die in het Munnekezijlsterried bij Munnekezijl (afb. 352). De uitwateringssluis werd in dat geval meestal uitgevoerd als duikersluis met meerdere





352. Keersluis in het Munnekezijlsterried bij Munnekezijl.

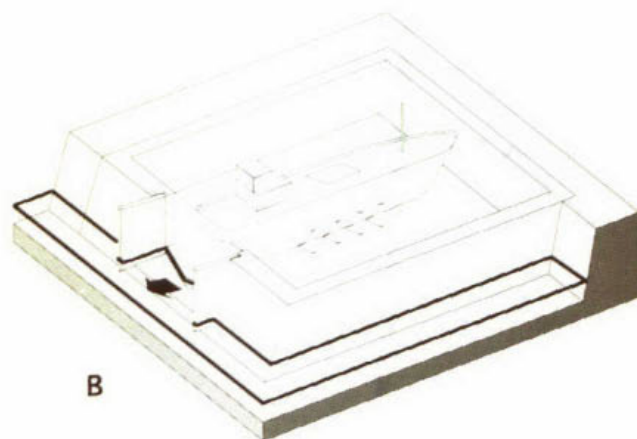
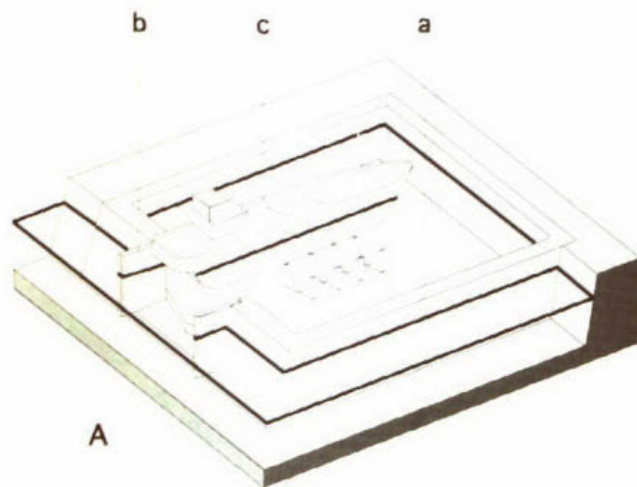


353. De Nieuwe Statenzijl tijdens de bouw in 1876 met eb-, vloed- en stormvloeddeuren.

kokers (zie afb. 333). In belangrijke scheepvaartwegen, die tevens voor de afwatering worden gebruikt, is een schutsluis noodzakelijk.

Bij aan zee gelegen keersluizen was meestal naast een stel vloeddeuren en een stel ebdeuren ook een stel stormvloeddeuren nodig. Vaak waren deze even hoog als de gewone vloeddeuren; soms ook waren de stormvloeddeuren hoger dan de vloeddeuren (afb. 353).

Bovengenoemde typen keersluizen staan vrijwel altijd open. Er zijn echter ook keersluizen die slechts enkele keren worden geopend om een schip door te laten. Dit is onder meer het geval als de sluis een scheepswerf met het buitenwater verbindt, waarbij het buitenwater aan eb en vloed onderhevig is. Omdat de sluis slechts enkele keren een (nieuw) schip hoeft door te laten, kan in plaats van een dure schutsluis worden volstaan met een keersluis. Een voorbeeld van een dergelijke sluis is de keersluis te Vlissingen (zie afb. 117).



354. Doksluis: (A) open, (B) legen bij laagwater en (C) kerend.  
a = droogdok, b = doksluis, c = schip.

### Doksluizen

Doksluizen zijn een bijzonder type keersluizen, gebruikt bij droogdokken (afb. 354). Het grootste verschil ligt in het feit dat de sluis in gesloten stand over de gehele hoog-



te water moet keren. Het er achter gelegen dok wordt, nadat het schip is binnengevaren, geheel drooggepompt, zodat aan de dokzijde geen water meer tegen de deuren staat. Doksluizen werden in Nederland voor het eerst toegepast bij de bouw van een droogdok te Vlissingen in 1703<sup>473</sup>. Een andere vroege toepassing is het droogdok te Hellevoetsluis uit 1802 (afb. 355).

De doksluis kan worden beschouwd als het sluishoofd van een 'éénweg-schutsluis', met andere woorden: een schutsluis met één sluishoofd en het droogdok als kolk. Als afsluitmiddel werden vooral puntdeuren en schipdeuren toegepast.

### Spuisluizen

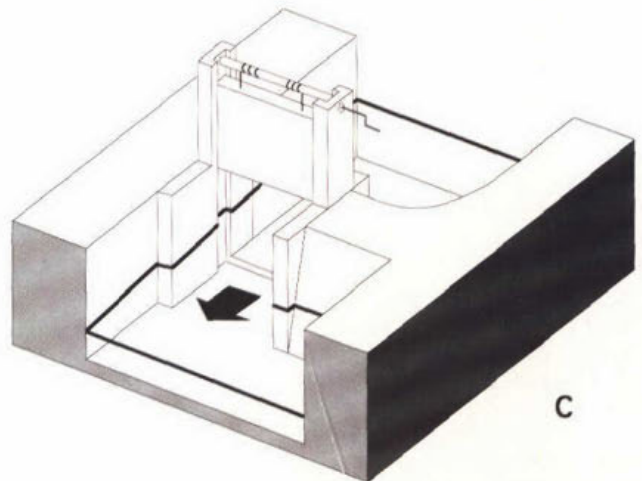
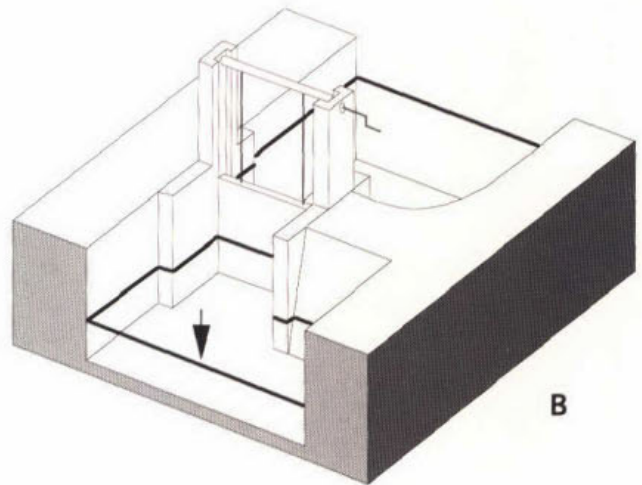
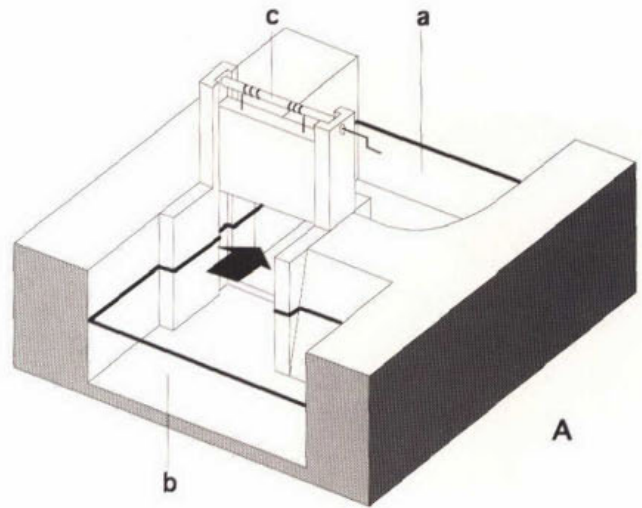
Spuisluizen (afb. 356) moeten voorkomen dat de vaargeul dichtslibt. Daartoe bevindt zich achter de sluis een spuijom. Bij opkomend tij wordt de sluisdeur geopend en stroomt het buitenwater de spuijom binnen. Wanneer het water de hoogste stand heeft bereikt, wordt de sluis gesloten en pas als het buitenwater voldoende is gedaald, wordt de sluis zo snel mogelijk geopend. Door het met kracht naar buiten stromende water wordt het bezonken vuil opgewoeld en met het water afgevoerd.

In een tijd toen er nog geen baggermolens waren of deze nog zeer primitief waren, was de spuisluis het aangewezen middel om havens en verbindingskanalen op diepte te houden. Spuisluizen werden dan ook reeds vroeg toegepast. Een rekening van de stad Middelburg uit 1365 maakt reeds melding van een sluis waarmee geschuurd of gespuid werd<sup>474</sup>. Omstreeks 1400 werd in Den Briel een spuisluis toegepast, voorzien van een toldeur<sup>475</sup>.

Rond 1600 werden diverse spuisluizen gebouwd. Als afsluitmiddelen werden schotdeuren (hefdeuren), toldeuren, kruisende deuren en puntdeuren voorzien van toldeuren toegepast<sup>476</sup>. De toldeuren en de kruisende deuren werden speciaal voor dit doel ontwikkeld. Een voorbeeld van een spuisluis met kruisende deuren is de Don-

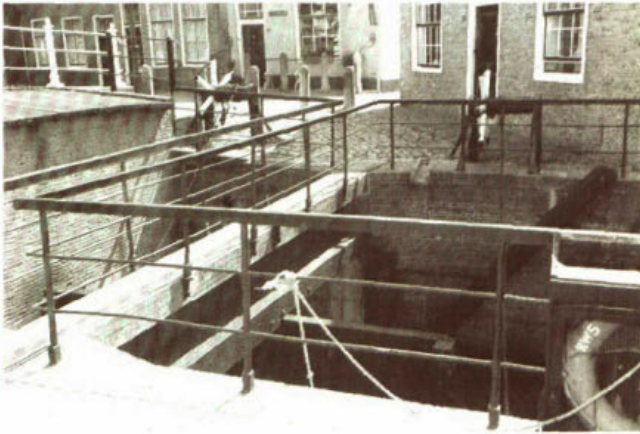


355. Het Droogdok te Hellevoetsluis met schipdeur en tussenhoofd met puntdeuren.



356. Spuisluis: (A) vullen spuijom, (B) keren van het water in de spuijom en (C) het spuien bij laagwater. a = spuijom, b = buitenwater, c = spuisluis.



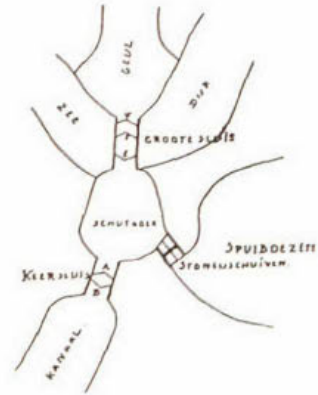


357. Spuisluis te Goedereede.



358. De Waaiersluis bij Gouda; door de waaierdeuren kan de schutsluis tevens als spuisluis worden gebruikt.

kere Sluis te Gouda (zie afb. 234). In Goedereede bevindt zich nog een spuisluis met een toldeur (afb. 357). In het begin van de 18de eeuw verschenen de waaierdeuren en de gekoppelde deuren, die eveneens in spuisluizen konden worden toegepast. Soms werd een schutsluis zodanig ingericht, dat deze ook als spuisluis kon worden gebruikt. Bij vloed werd de sluis opengezet en water op het bovenpand ingelaten, waarna men de spuideuren sloot. Bij laagwater werden deze deuren weer geopend, zodat het water met grote snelheid uit het bovenpand afliep. De sluis kon vervolgens weer als schutsluis worden gebruikt. Een voorbeeld hiervan is de Waaiersluis bij Gouda (afb. 358). Behalve eb- en vloeddeuren in de beide sluishoofden bezit deze sluis ook een stel waaierdeuren. Door de ontwikkeling van modern baggermaterieel raakte dit type sluis in de 20ste eeuw buiten gebruik. De naam wordt daarna vaak gebruikt voor met name grote uitwateringssluizen. Echte spuisluizen komen nauwelijks meer voor. De enige sluis met nog een duidelijke spuikom is die in het sluiscomplex Nieuwe Termunterzijl bij Termunterzijl (afb. 359). Dit complex bestaat uit een buitensluishoofd (ook wel Nieuwe of Grootte Sluis genoemd) met eb-, vloed- en stormvloeddeuren, een binnensluishoofd (keersluis) met eb- en vloeddeuren en een in de



359. Het sluiscomplex bij Termunterzijl: situatieschets (boven) en opname vanaf de Nieuwe Sluis (buitenhoofd) met links de spuisluis naar de spuikom en rechts de keersluis (binnenhoofd).

schutkolk uitmondende spuisluis met schuiven. Achter de spuisluis bevindt zich de spuiboezem. De schutsluis dateert uit 1870 en de spuisluis uit 1907<sup>477</sup>.

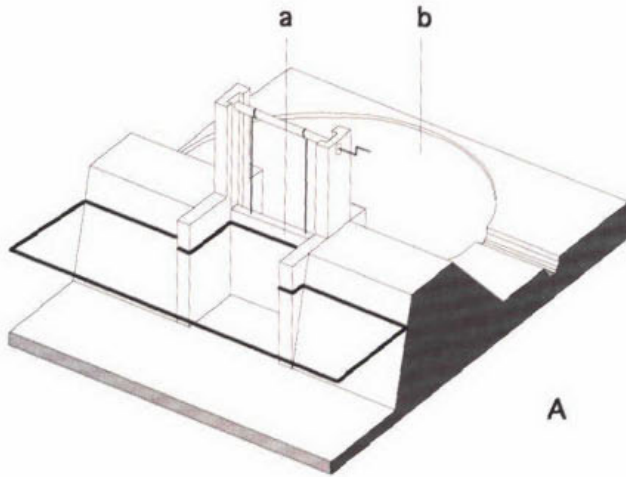
#### 4.3. Militaire sluisen

Militaire sluisen worden onderverdeeld in inundatiesluizen en damsluizen. Inundatiesluizen moeten, evenals de inlaatsluizen en de irrigatiesluizen, water over het land brengen, terwijl damsluizen, evenals de keersluizen, water moeten tegenhouden.

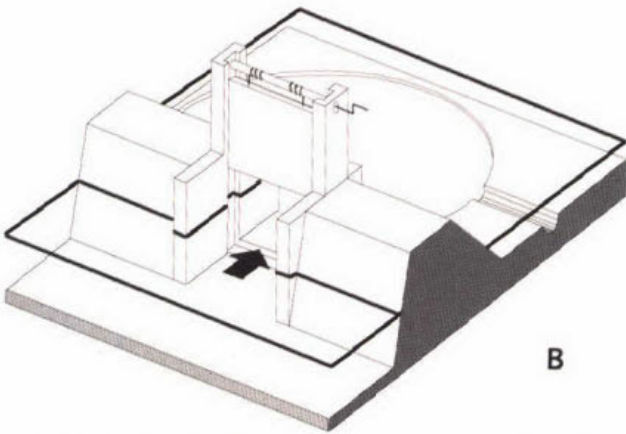
#### Inundatiesluizen

Inundatiesluizen (afb. 360) dienen om in geval van oorlog te worden geopend om water door te laten en op deze wijze grote stukken land te inunderen. Dit inunderen houdt in dat het terrein dras wordt gezet. De waterhoogte moet voldoende zijn om het verder trekken van de vijand te verhinderen. Wegen, maar ook greppels en sloten, moeten vrijwel onzichtbaar zijn. Het water mag echter ook niet zo hoog staan, dat de tegenstander van boten gebruik kan maken.





A



B

360. Inundatiesluis: (A) gesloten, (B) geopend voor inundatie.

a = inundatiesluis, b = inundatiegebied.

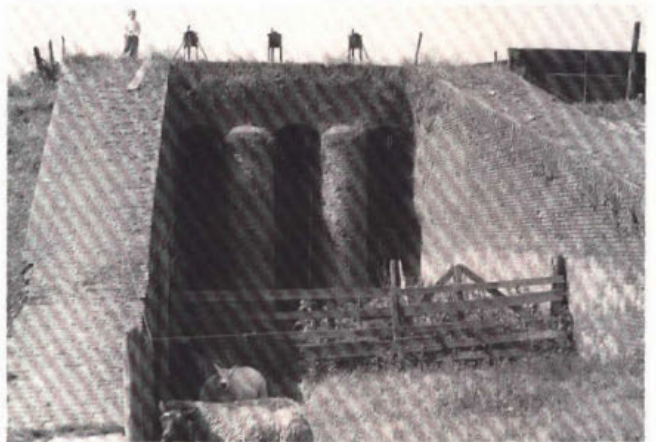
Aanvankelijk maakte men voor het inunderen gebruik van bestaande sluisen. In de 17de eeuw werden ook wel sluisen gebouwd, die in vreedstijd voor de uitwatering dienden, maar in oorlogstijd voor het inunderen werden gebruikt. Een dergelijke sluis werd in 1663 gebouwd in de Buitendijk bij Oud-Drimmelen (afb. 361). De gemetselde duikersluis, die deel uitmaakte van de verdedigingswerken van Geertruidenberg, bezit zowel een enkele draaier als een schuif. Na het rampjaar 1672 werden verscheiden inundatiesluizen gebouwd bij de verbetering van de oude Hollandse Waterlinie<sup>478</sup>.

Evenals een inlaatsluis is een inundatiesluis in normale gevallen gesloten. Ook voor wat betreft het uiterlijk en de werking lijken deze sluisstypen veel op elkaar (afb. 362). Soms worden inundatiesluizen dan ook met deze naam aangeduid of ook wel doorlaatsluizen genoemd. Een inundatiesluis hoeft niet altijd twee waterwegen met elkaar te verbinden, maar kan ook, evenals bij de irrigatiesluizen, direct het land onder water zetten.

Het benodigde water wordt onttrokken aan rivieren, boezems of poldervaarten. Daartoe wordt op de meest gunstige plaatsen in dijken of kaden een sluis gebouwd.



361. Uitwaterings-inundatiesluis in de Buitendijk bij Oud-Drimmelen uit 1663.

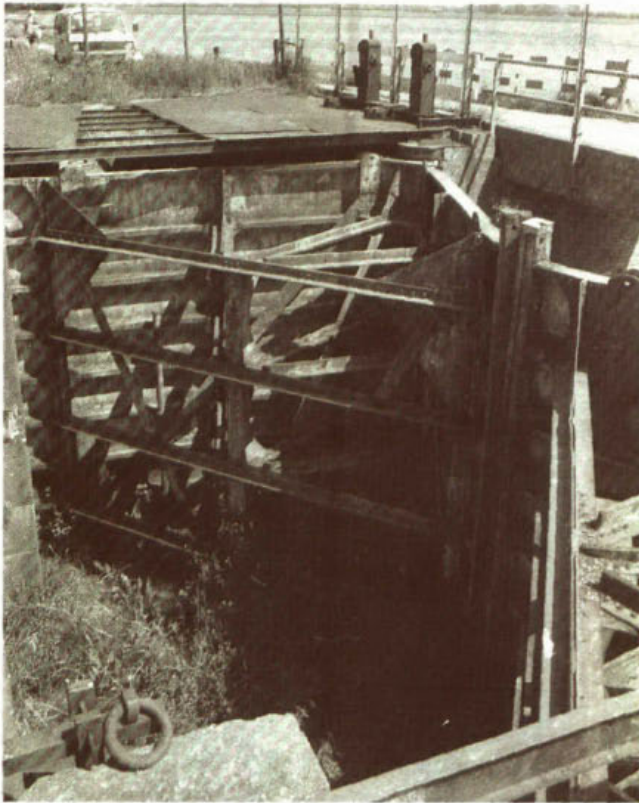


362. Inundatiesluis bij Hedikhuizen.

Als afsluitmiddel paste men gewoonlijk schotbalken, schuiven of schotdeuren, toldeuren en waaierdeuren toe. Met name de waaierdeuren bleken een geschikt afsluitmiddel te zijn voor inundatiesluizen, aanvankelijk van hout en later van ijzer en staal (afb. 363). Soms bezit de inundatiesluis zowel schotbalken als waaierdeuren (afb. 364, zie ook afb. 64).

Naast inundatiesluizen die speciaal voor dit doel werden gebouwd, maakte men ook later nog wel gebruik van niet-militaire sluisen. Zelfs schutsluisen kon men zodanig inrichten, dat hiermee ook inundatie kon plaatsvinden. Bezat deze schutsluis puntdeuren, dan moesten deze tegen het hoge water in geopend kunnen worden. Toldeuren of schuiven in de puntdeuren zijn te klein om hiermee in korte tijd voldoende water door te laten. Daarom werden schotbalken in de sponningen geplaatst. De benedendeuren van de schutsluis werden vastgezet in de deuren of in de omloopriolen werd het water aan weerszijden van de bovendeur op gelijke hoogte gebracht, zodat deze konden worden geopend. Daarna werden de schotbalken weggehaald en stroomde het water over de volle sluisbreedte het inundatiegebied binnen.



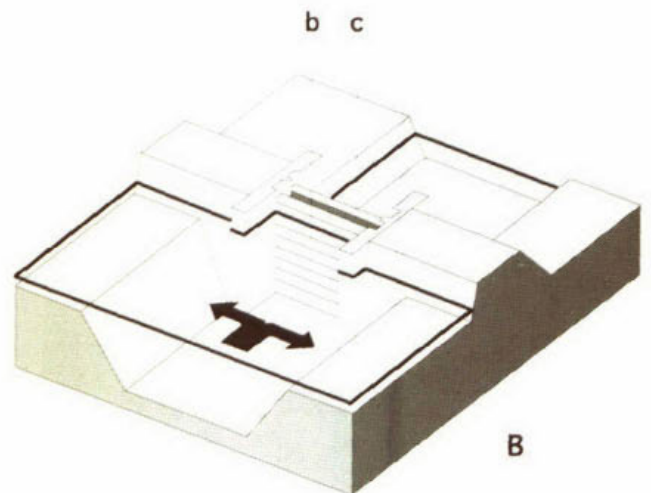
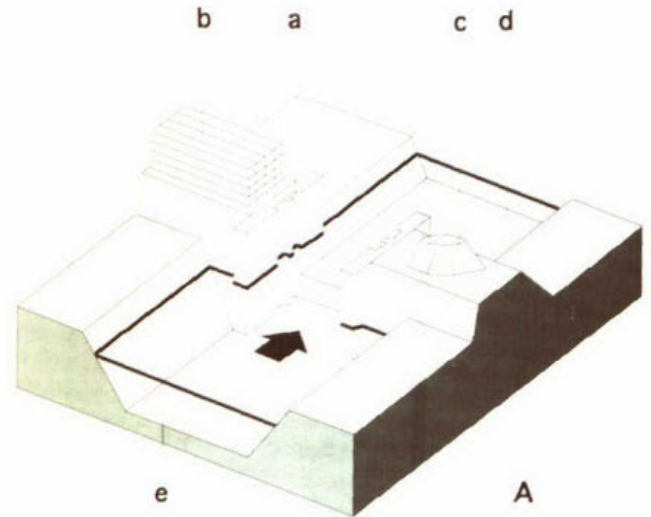


363. Inundatiesluis bij de Bakkerskil bij Werkendam.



364. Schotbalken in de inundatiesluis in de Zuider Lingedijk bij Asperen.

In plaats van schotbalken werden ook wel naalden gebruikt, die ook in stuwen voorkwamen. Deze naalden bestaan uit verticale balken, die aan de onderzijde tegen een drempel steunen en aan de bovenzijde tegen een balk, die over de sluisopening werd geplaatst en vastgezet. De naaldversperring werd meestal bij de benedendeuren aangebracht. Ook hier werden deze één voor één op hun plaats gebracht en werden de benedendeuren geopend en



365. Damsluis: (A) open; (B) gesloten.  
a = schotbalkspanning, b = schotbalken, c = klei, d = niet te inunderen gebied, e = inundatiegebied.

vastgezet. Door de ruimte tussen de naaldversperring en de bovendeuuren in verbinding te brengen met het bovenwater, konden vervolgens ook de bovendeuuren worden geopend en vastgezet. De naalden kunnen daarna één voor één worden verwijderd, of in één keer door de bovenbalk los te maken. In het laatste geval zullen de naalden met het water worden meegevoerd, om later weer te worden opgevist en geborgen.

## Damsluizen

Damsluizen hebben als doel een tijdelijke afsluiting te verzorgen, om te voorkomen dat het inundatiewater wegloopt, of dat ook het gebied van de verdediger onderstroomt (afb. 365). De eerste damsluizen werden gebouwd bij de aanleg van de Nieuwe Hollandse Waterlinie

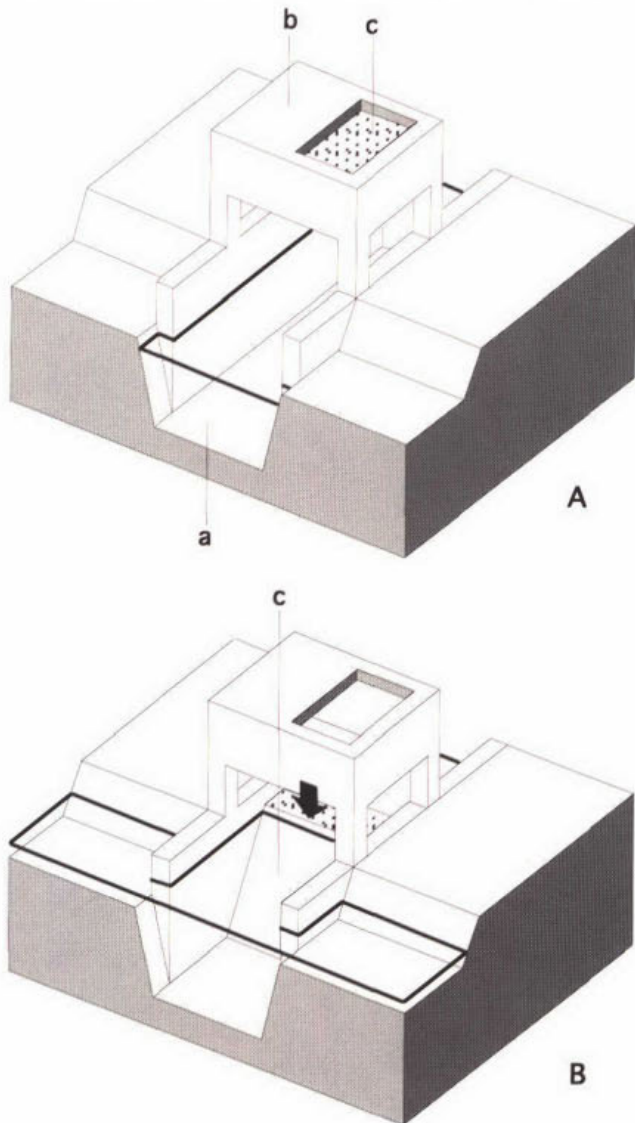




366. Damsluis in de linedijk in de Wijkermeerpolder.



368. De Plofsluis in het Amsterdam-Rijnkanaal bij Nieuwegein.



367. Plofsluis: (A) normale toestand en (B) met opgeblazen bodem.

a = scheepvaartkanaal, b = reservoir, c = zand, grind en puin.

in de 19de eeuw<sup>479</sup>. Met deze sluisen kon het inundatiepeil beter worden beheerst en tevens de grootte van de lijn worden begrensd. Ook in de stelling van Amsterdam, die in de tweede helft van de 19de eeuw werd aangelegd, komen veel damsluisen voor (afb. 366, zie ook afb. 94 en 95). Damsluisen bestaan gewoonlijk uit een goot van metselwerk of (gewapend) beton, waarin aan weerszijden twee verticale sponningen zijn uitgespaard (zie afb. 345). In deze sponningen kunnen twee rijen schotbalken worden geplaatst. Het sluisstype wordt daarom ook wel schotbalksluis genoemd. In normale gevallen staat deze sluis open en kan er onbelemmerd scheepvaart of doorstroming plaatsvinden. Bij oorlogsgevaar werden de schotbalken, die in de nabijheid van de sluis waren opgeslagen, in de sponningen van het sluishoofd neergelaten. De tussenliggende ruimte vulde men met zand en klei, zodat er een dam in de waterweg ontstond. Wanneer daarna de inundatiesluis werd geopend, kon het water niet meer worden afgevoerd. Het water werd daardoor opgestuwd en stroomde over het inundatiegebied.

Een bijzonder type damsluis is de zogenoemde plofsluis (afb. 367). Bij deze sluis wordt er een bak met zand en grind of puin boven de waterweg geplaatst. Bij oorlogsgevaar kan men de bodem laten springen, waardoor de inhoud in de er onderdoor lopende waterweg stort. Dit type damsluis werd gebouwd bij Jutphaas (Nieuwegein) over het Amsterdam-Rijnkanaal, net voorbij de splitsing met het Lekkanaal (afb. 368)<sup>480</sup>. De sluis moest voorkomen dat het inundatiewater via het Amsterdam-Rijnkanaal weer werd afgevoerd. Daartoe werd boven het kanaal een enorme bak van gewapend beton gebouwd. Deze is door tussenwanden verdeeld in vijf vakken, elk met een lengte van 66 m, een breedte van circa 5,7 m en ruim 10 m hoog. De wanden moesten na het springen van de bodem intact blijven en kregen daarom een forse dikte, variërend van 1,5 tot 2 m. De sluis kwam pas na het uitbreken van de oorlog in 1940 gereed.

De meeste damsluisen staan normaliter open. Er zijn echter ook sluisen die altijd gesloten zijn, maar in oorlogstijd worden geopend. Een dergelijke sluis ligt bijvoorbeeld in een dijk die twee polders van elkaar scheidt,



met bijna gelijk polderpeil. Bij het in werking stellen van de waterlinie worden deze polders dan verbonden. Eigenlijk is hier sprake van een tussenvorm tussen een inundatiesluis en een damsluis.

#### 4.4. Het sluislichaam

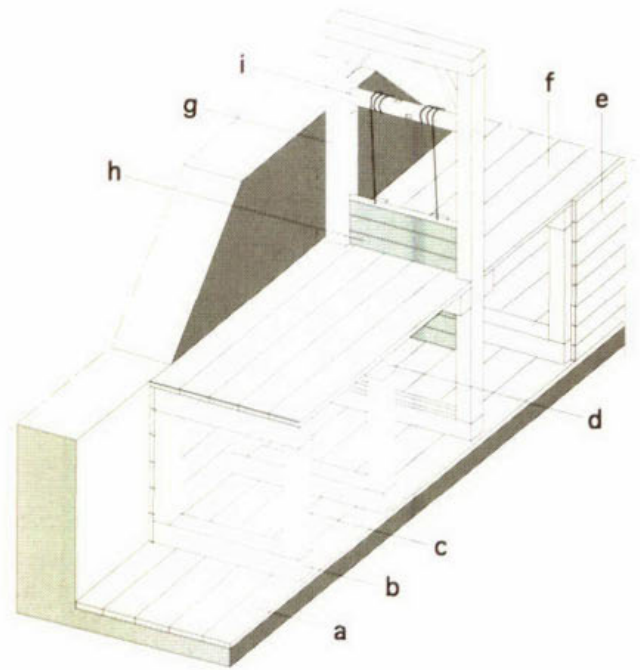
Het afsluitlemiddel moet stevig op zijn plaats worden gehouden om de waterdruk te kunnen opnemen. Hiervoor zorgen het sluislichaam en de fundering. Het sluislichaam bestaat uit de sluiswanden en de vloer. Bij koker- of duikersluizen komt daar het gewelf of de dekplaat nog bij. Het aanslagvlak tussen het afsluitlemiddel en het sluislichaam wordt het waterkozijn genoemd. Dit waterkozijn bestaat uit de (slag)drempel, de aanslagstijlen en een eventuele bovendorpel.

#### Houten sluisen

De eerste sluisen waren geheel van hout gemaakt. De sluisen uit de Romeinse Tijd bestonden uit een uitgeholde boomstam, aan het uiteinde afgesloten door een klep. Voor de constructie daarvan wordt verwezen naar hoofdstuk 2 (zie afb. 14). In de Middeleeuwen verschenen sluisen die waren opgebouwd uit een geraamte van houten balken (gebinten) waarvan de bodem, de wanden en de bovenkant werden bekleed met planken (afb. 369). De vloerbalken of slijkhouten werden loodrecht op de sluisas op korte afstanden van elkaar geplaatst. Daaronder werden in langsrichting brede planken aangebracht. Waarschijnlijk werd de vloer op zijn kop in elkaar gezet, waarbij men de planken op de balken nagelde. De vloer werd daarna in zijn geheel omgekeerd. In de slijkhouten waren aan de beide uiteinden vierkante gaten uitgehakt, waarin een verticale stijl werd geplaatst. Over de stijlen legde men daarna de gebint- of koppelbalken. De stijlen waren aan beide uiteinden voorzien van pennen, terwijl in de gebintbalken op gelijke wijze als in de vloerbalken vierkante gaten waren gehakt. Zowel de vloerbalken als de gebintbalken staken aan weerszijden buiten de sluis uit.

Aanvankelijk werden de sluisen op staal gefundeerd, dat wil zeggen dat het sluislichaam direct op de ondergrond rustte, zonder dat er palen in de grond waren geheid. Dit had tot gevolg dat de sluis, die vaak op een slappe ondergrond werd gebouwd, al spoedig verzakte. Reeds na enkele decennia was men genoodzaakt een nieuwe sluis te bouwen. Vaak werd de nieuwe sluis over de verzakte vloer van de bestaande sluis heen gebouwd. Bij sommige van de in Rotterdam gevonden sluisen waren de vloeren van drie opeenvolgende sluisen te zien (afb. 370).

Het belangrijkste onderdeel van het sluislichaam bevindt zich ter plaatse van het afsluitlemiddel. Bij houten sluisen is dit het deurgebint met de bijbehorende constructiedelen. De opbouw van het deurgebint hangt af van het type afsluitlemiddel. Het eenvoudigste is een gebint voor een klepdeur of voor een enkele draaideur: een houten raamwerk bestaande uit een dorpel, twee zijstijlen en een bo-



369. Opbouw van een middeleeuwse houten duikersluis. a = sluisvloer, b = slijkbalk, c = gebintstijl, d = gebintbalk, e = beplanking van de zijwand, f = beplanking bovenzijde, g = stijl van het deurgebint, h = schotdeur, i = draaiboom.



370. Drie opeenvolgende boven elkaar geplaatste vloeren in de Bergsche of Donkere Sluis te Rotterdam tijdens de opgraving in 1943.

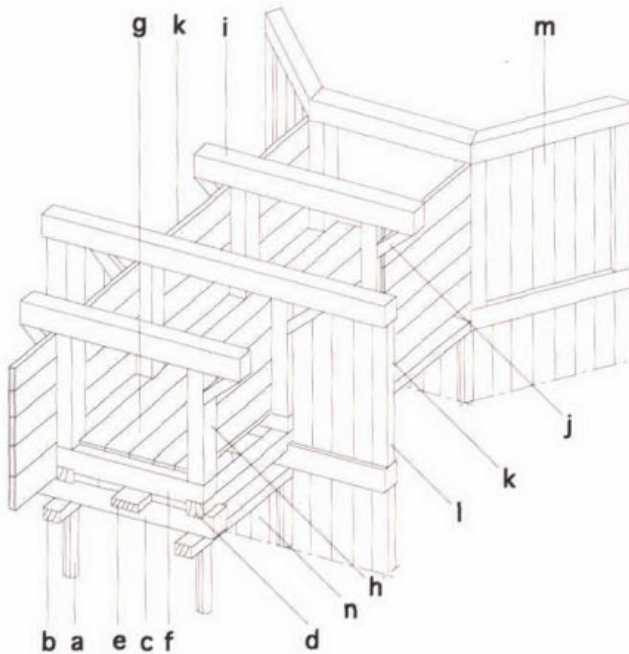
vendorpel, rondom voorzien van een aanslaglijst. Aan de achterzijde wordt het gebint gesteund door een schoorbalk tussen elk van de beide stijlen en de vloer. Een dergelijke schoorbalk was waarschijnlijk nog te zien bij de in 1991 blootgelegde sluis te Rotterdam (afb. 371).

Bij de klepdeur zijn aan de onderzijde van de stijlen houten klossen gemonteerd, voorzien van een rond gat. De onderregel van de klepdeur is voorzien van ronde pennen, waarmee de deur in de gaten van de houten klossen





371. Schoorbalk in de in 1991 opgegraven uitwateringsluis te Rotterdam.



372. Constructie houten sluis.

*a = heipaal, b = zandstrook, c = kesp, d = kloosterhout, e = ondervloer, f = zwalp, g = bovenvloer, h = zijstijl, i = gebintbalk, j = korbeel, k = beplanking aan de zijkant, l = scherm tegen achterloopsheid, m = vleugel, n = damwand tegen onderloopsheid.*

kan draaien. De constructie van een deurgebint voor een enkele draaideur is, met uitzondering van de beide klossen, gelijk aan die van de klepdeur. In de dorpel, die onder de deur ligt, bevindt zich bij één der stijlen een rond gat voorzien van een metalen pot (zie afb. 147). In dit gat draait de achterhar van de deur, die daartoe is voorzien van een pen. Aan de bovenzijde draait de achterhar met de hals in een halsbeugel, die aan de stijl van het deurgebint is bevestigd.

Bij schotdeuren (hefdeuren) is het deurgebint veel hoger. Het gebint steekt boven de sluis uit teneinde de deur boven de sluisopening te kunnen hijsen. De beide stijlen zijn voorzien van sponningen waarin de deur zich beweegt (zie afb. 369g). Halverwege het gebint, ter plaatse van de bovenzijde van de sluis, bevindt zich vaak een tussenregel, het kalf genoemd. Dit kalf is zodanig geplaatst, dat de deur deze kan passeren bij het omhoog en omlaag bewegen. Vlak onder de gebintbalk is in de beide stijlen een rond gat gemaakt, waarin een boom (i) is gestoken. Met behulp van handspaken of een rad kan de boom worden gedraaid en de deur omhoog worden gehesen of naar beneden gelaten.

In de loop der tijd werd de constructie aan de nieuwe eisen van de tijd aangepast. Het principe bleef gelijk, maar er werden meer constructiedelen gebruikt. De oudste bestekken dateren uit de 15de eeuw. De constructies van de hierin beschreven sluisen zijn, evenals van die uit de 16de eeuw, niet helemaal gelijk. De verschillen betreffen echter meestal details. Van de meest toegepaste constructie wordt hierna een beschrijving gegeven (afb. 372).

Bij de bouw van een sluis worden, nadat de bouwput is gegraven, op geringe afstanden van elkaar in dwarsrichting de kespen of slijkhouten (c) op de ondergrond geplaatst. Bij minder draagkrachtige gronden moeten eerst palen (a) in de grond worden geheid, waarover de kespen worden aangebracht. Soms zijn ter plaatse van de wanden, met name stenen wanden, onder de kespen in lengterichting lange houten balken neergelegd, zandstroken (b) genoemd.

Over de kespen worden ter plaatse van de zijwanden in langrichting de kloosterhouten (d) geplaatst. Tussen de kloosterhouten komt de eerste houten vloer (e). De planken lopen eveneens in de lengterichting en worden op de kespen genageld. Over deze planken worden boven de kespen de zwalpen (f) of dorpels aangebracht. De zwalpen moeten stevig met de kloosterhouten en de kespen worden verbonden. Ze moeten voorkomen dat de planken los worden gedrukt. Met name als de sluis droog wordt gezet, kan de opwaartse druk van onderen op de sluisvloer groot worden. De zwalpen moeten, in samenwerking met de kespen, deze druk opnemen.

De zwalpen dienen tevens als dorpels van de gebinten. De stijlen (h) hiervan worden met een pen-en-gatverbinding op de zwalpen geplaatst. Aan de bovenzijde zijn de stijlen verbonden door gebintbalken (i), eveneens met pen-en-gatverbindingen. Vaak zijn in de gebinten tussen de gebintbalk en de stijlen korbelen (j) of schoorbalkjes gemonteerd om het gebint stijver te maken. Meestal werden deze korbelen aan de binnenzijde van de sluis aangebracht. Er zijn ook sluisen, waarvan de gebintbalken veel langer zijn dan de sluisbreedte en waarbij de korbelen zich aan de buitenzijde bevinden.

Over de zwalpen wordt, eveneens in lengterichting, een tweede vloer (g) gemaakt, nadat de ruimte tussen de zwalpen is opgevuld met klei. Hierdoor ontstaat een vrijwel waterdichte vloer. Ook de zijwanden van kokersluisen bestaan vaak uit een dubbele wand van planken,



waarbij de tussenruimte is opgevuld met klei. Vaak ook wordt volstaan met een enkele wand (k), waarbij de planken aan de buitenzijde van de stijlen zijn vastgenageld. Open sluisen hebben gewoonlijk een enkele wand. Bij kokersluisen moet ook de zoldering, de bovenzijde van de sluis, worden voorzien van een planken vloer. Hier overheen loopt het dijklichaam.

Al vroeg werd ingezien dat de sluis beschermd moest worden tegen onderloopsheid en achterloopsheid. Onderloopsheid wil zeggen dat er water onder de sluisvloer door kan lopen, waarmee de ondergrond wordt weggespoeld en de sluis zijn waterkerende functie verliest. Achterloopsheid betekent dat er water achter de sluiswanden langs loopt.

Teneinde onderloopsheid tegen te gaan wordt onder het sluislichaam een aantal damwanden geheid (afb. 372n). Het aantal damwanden varieert sterk. Bij kleine sluisen werd soms volstaan met één damwand, bij grotere sluisen werden vaak meer dan drie damwanden geplaatst. Bij de Eiesluis te Heist uit 1433 werden zelfs op acht plaatsen damwanden onder de vloer geheid. Bij toepassing van meer dan één damwand bevinden deze zich gewoonlijk aan de beide uiteinden van de sluis en ter plaatse van de afsluitmiddelen.

Om achterloopsheid tegen te gaan, worden op dezelfde plaatsen als hiervoor genoemd, tevens damwanden of schermen naast het sluislichaam aangebracht (l). Het water moet dan om de damwanden heenlopen, zodat de weg langer wordt, waardoor de kracht van het langstromende water vermindert. De uiteinden van de sluis werden gewoonlijk voorzien van vleugels, hetzij loodrecht op de sluiswanden of onder een hoek (m). Ter plaatse van de uitstroomopening maakte men vaak een planken vloer om uitspoeling van de ondergrond te voorkomen (zie afb. 528). Bij schuin geplaatste vleugels lag de vloer tussen deze vleugels.

De benamingen die in de loop der eeuwen aan de verschillende onderdelen van een houten sluis zijn gegeven, zijn niet eenduidig. Per streek en in de loop der tijd zijn verscheidene namen voor eenzelfde constructiedeel gebruikt of werden met dezelfde namen verschillende onderdelen aangeduid<sup>481</sup>. Zo werden heipalen (zie afb. 372a) vroeger ook wel pijlen, heimasten of heistokken genoemd. Voor de damwanden (n) komen de benamingen vleugels, baarden, baardplanken, paalplanken, palingplanken, heiplanken, heistukken en oren voor. Een zandstrook (b) heette soms zandplaat, slikbalk, watersloof of zelfs dennemast en de kesp (c) vaak slijkhout, soms grondbalk of grontwerk, slijkhout, roosterhout of roosterbalk. De kloosterhouten (d) werden ook wel koppelhout, strekhout, kroostelhout, zandstrook of schuifhout genoemd, terwijl men voor de zwalpen (f) de namen sille, zwalphout, dorpel, drempel, slijkbalken en kesp tegenkomt. In dit boek zijn de meer recente en gewoonlijk ook de meest voorkomende benamingen gehanteerd.

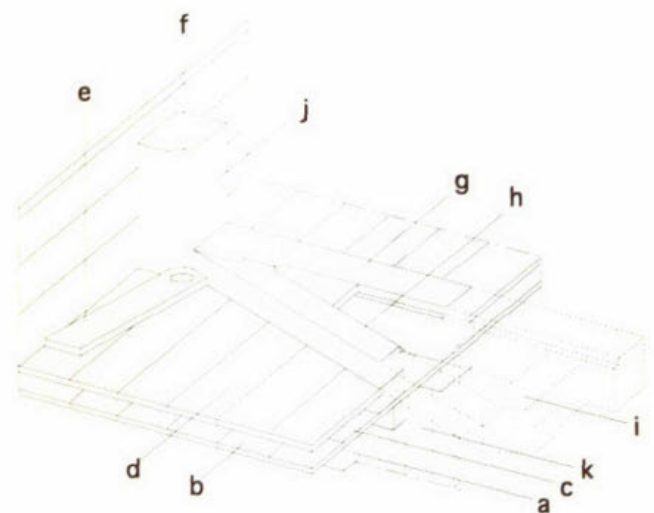
Bij toepassing van puntdeuren vereist het deurgebint een hechte constructie. Teneinde een goede waterdichtheid te verkrijgen zijn de stijlen, slagstijlen genoemd, deels als

contramal van de achterharren geschaafd. De deuren draaien aan de onderzijde in de komplaat, een breed stuk balk, die stevig op de zwalpen is bevestigd (afb. 373e). De komplaat loopt iets onder de slagbalk (g) door en bestrijkt vaak de gehele lengte van de deurkas.

Aan de onderzijde sluiten de deuren tegen de slagdrempel. Deze bestaat uit een zware slagbalk (g), een kopstuk of koning (i) en twee puntstukken (h). De slagdrempel heeft in plattegrond de vorm van een gelijkbenige driehoek, met de slagbalk als basis, de puntstukken als benen en het kopstuk als hoogtelijn. De slagbalk bestrijkt de gehele sluisbreedte en is in de slagstijl gewerkt. De onderdelen van de slagdrempel zijn met een pen-en-gatverbinding onderling tot één geheel verbonden. De beide ruimten tussen slagbalk, kopstuk en puntstukken zijn voorzien van een beplanking. In oude bestekken komt men soms de benaming puntstuk voor het kopstuk tegen, terwijl daar de puntstukken karbeels heten. De slagdrempel werd soms ook wel puntbalk genoemd.

Bij een dubbelkerende sluis heeft de slagdrempel een ruitvormige plattegrond met de slagbalk als lange diagonaal, vier puntstukken als zijden en twee kopstukken die samen de korte diagonaal vormen. Bij zeer brede sluisen wordt, naast het kopstuk in het midden, ook nog aan weerszijden daarvan, halverwege naar de sluiswanden toe, een kopstuk aangebracht. De slagdrempel heeft dan dus drie kopstukken.

Om bij open sluisen het naar binnen wijken van de wanden te voorkomen, moeten deze worden verankerd. Bij kleine sluisen werden de beide wanden vaak onderling gekoppeld door een aantal gebinten. De doorvaarthoogte werd hiermee echter beperkt. Soms werd bij sluisen met geringe diepte volstaan met de slijkhouten of kespen veel breder dan de sluis te maken en de zijstijlen via korbelen of schoorbalken daarmee te verbinden. Bij grotere sluisen werden vaak aan weerszijden van de sluis op eni-



373. Constructie houten slagdrempel.

a = kesp, b = ondervloer, c = zwalp, d = bovenzijde, e = komplaat, f = keuspot, g = slagbalk, h = puntstuk, i = kopstuk of koning, j = slagstijl, k = damwand.



ge afstand houten schermen in de grond geheid (zie afb. 447). Tussen de schermen en de sluiswanden werd een smalle sleuf gegraven, waarin een houten balk werd gelegd, die met de wanden en het scherm werd verbonden. In de 19de en 20ste eeuw werd in plaats van een balk een kabel gebruikt.

Ter plaatse van de puntdeuren bestaat tevens het gevaar voor uitwijken van de wanden. Als de deuren zijn gesloten en water keren, werkt er een kracht loodrecht op de sluiswanden. Daarom dienen de aanslagstijlen van de deuren te worden geschoord, bijvoorbeeld door schoorbalken op de verlengde kesp en te plaatsen.

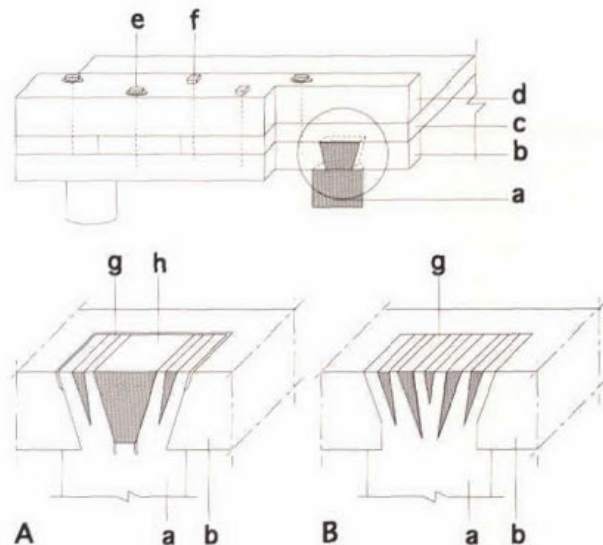
### Gemetselde sluisen

De eerste stenen sluisen werden rond 1400 gebouwd. De ontwikkeling daarvan zette zich echter pas goed na 1550 in. Hoewel sporadisch enkele minder grote sluisen op staal (direct op de ondergrond) werden gefundeerd, bezitten verreweg de meeste sluisen een paalfundering. Deze fundering komt vrijwel overeen met die van houten sluisen (zie afb. 372). Ook hier worden over de palen kesp en aangebracht, met soms in langsrichting twee of meer zandstroken daaronder.

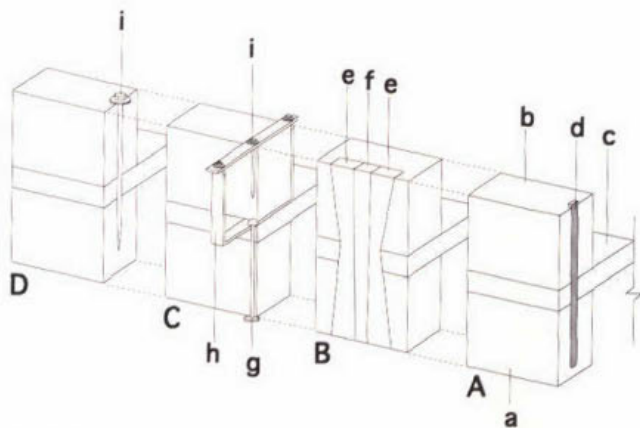
Bij brede sluisen worden niet alleen onder de wanden maar ook in de dag van de sluis palen geheid. Deze dienen niet om de vloer te ondersteunen, maar moeten juist het opdrijven daarvan tegengaan. Daarom zijn de palen voorzien van een pen met ingezaagde sleuven (afb. 374). In de kesp is een gat gebeiteld, waarin de pen van de heipaal wordt gestoken. Nadat de kesp is geplaatst, kunnen in de pensleuven een eikehouten prop met aan weerszijden eiken wiggen (A) of alleen eikehouten wiggen (B) worden geslagen.

Ter plaatse van de wanden worden in langsrichting één of meer kloosterhouten of schuifhouten aangebracht. Daartussen wordt een planken vloer getimmerd. Over deze vloer worden boven de kesp en de zwalpen geplaatst, die in het muurwerk van de wanden steken. De zwalpen worden stevig met de kesp verbonden, waardoor een constructie ontstaat die in staat is het opbuigen van de vloer tegen te gaan (afb. 375). Vroeger werd daartoe zowel in de zwalp als in de kesp een gat geboord, waarin met geweld een eiken treknagel werd geslagen (A). De kesp die toch al waren verzwakt door de gaten van de heipalen, scheurden daardoor vaak uit, terwijl soms de nagel scheurde zonder dat dit werd opgemerkt.

Een andere verbinding is die met een wolfconstructie (B). Bij deze methode wordt zowel in de kesp als in de zwalp een enigszins taps toelopend gat gemaakt met een rechte hoekige doorsnede. Het gat wordt doorgezet in de tussenliggende beplanking. De lengte van het gat is aan de bovenzijde van de kesp het kleinst, terwijl dit bij de zwalp juist aan de onderzijde het geval is. In dit gat worden twee eikehouten proppen gestoken, die aan één zijde zijn ingesnoerd (e). Tussen beide proppen wordt een derde prop (f) geslagen, waardoor een hechte en duurzame verbinding ontstaat. Een nadeel van deze verbinding is dat zowel de kesp als de zwalp geheel worden doorboord, zo-



374. *Verbinding tussen trekpaal en kesp: (A) met eiken prop en wiggen en (B) met alleen eiken wiggen. a = heipaal, b = kesp, c = ondervloer, d = zwalp, e = houtdraadbout, f = houten treknagel, g = eiken wiggen, h = prop.*



375. *Verbindingconstructies tussen kesp en zwalp: (A) met eiken treknagels, (B) wolfconstructie, (C) met bout en beugel, (D) met houtdraadbouten. a = kesp, b = zwalp, c = ondervloer, d = treknagel, e = eenzijdig ingesnoerde prop, f = taps prop, g = schroefbout, h = beugel, i = houtdraadbout.*

dat kleine ondichtheden kunnen ontstaan die water doorlaten.

Een nieuwere verbindingmethode is die met bout en beugel (C). In de kesp wordt daarbij een gat geboord, waarin vanaf de onderkant een moerbout (g) wordt gestoken. Nadat ter plaatse de beplanking is aangebracht, waarin eveneens een gat is geboord, wordt daar bovenop een beugel (h) geplaatst, die met de bout wordt vastgezet. De zwalp wordt, nadat alle vloerdelen zijn gelegd, in de beugel geschoven en met een verbindingsstrip en moeren vastgezet.

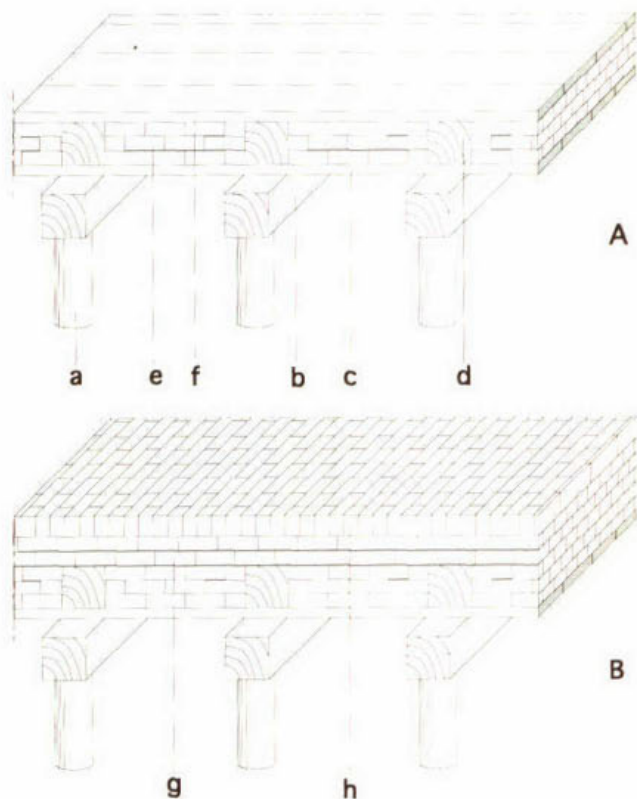
Ook deze verbinding is hecht maar heeft als nadeel dat de kesp geheel wordt doorboord, waardoor de verbinding



kan gaan lekken. Daarom werd in de 20ste eeuw de voorkeur gegeven aan een verbinding met houtdraadbouten (D). Alleen in de zwalp moet dan een gat worden geboord, waarin een forse houtdraadbout wordt gestoken. Deze wordt vervolgens in de kesp gedraaid en geeft eveneens een hechte verbinding.

Stenen sluisen werden vooral in het begin nog vaak voorzien van een houten vloer. Al spoedig werd de ruimte tussen de zwalpen opgevuld met metselwerk in plaats van met klei (afb. 376A). Daar overheen werd een houten vloer aangebracht, terwijl ook de slagdrempel van hout was. De constructie daarvan is gelijk aan die van de houten sluisen.

Later, met name toen rond 1730 de paalworm had toegeslagen, werd de houten bovenvloer bedekt door een gemetselde vloer (B). Deze vloer bestond uit een aantal platte steenlagen, die werden afgedekt door een rollaag met een dikte van een halve of een hele steen, dat wil zeggen met op hun kant geplaatste stenen. De vloeren worden pas gelegd nadat de muren zijn opgemetseld en het gewelf is geslagen. Hiermee wordt voorkomen dat door zettingen de vloer zou scheuren, waardoor deze niet meer waterdicht is. De gemetselde vloer is een klezoor (een kwart steen) diep in een vooraf uitgespaarde horizontale



376. Houten fundering en vloer met metselwerk: (A) stenen vulling tussen houten onder- en bovenvloer en (B) stenen bovenvloer op houten ondervloer.

a = heipaal, b = kesp, c = ondervloer, d = zwalp, e = vulling van metselwerk, f = houten bovenvloer, g = gemetselde bovenvloer, h = dekvloer, uitgevoerd als rollaag.

sleuf van de rechtstanden (sluismuren) ingelaten. De stenen worden loodrecht op de sluisas gelegd, om uitspoeling van de voegen te voorkomen.

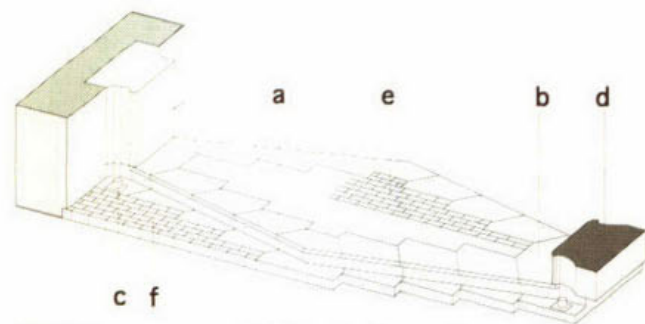
Profielvernauwingen zullen een snelle uitstroming belemmeren. Daarom moeten deze zoveel mogelijk worden vermeden. Soms kan men hieraan echter niet ontkomen. Om de deur door de vloedstrooming te laten sluiten, moet de voorhar van de deuren ver genoeg uit de deurkas blijven steken. Ook de drempel vormt een hindernis. Teneinde deze hindernis zo klein mogelijk te houden, is de vloer aan de achterzijde van de slagdrempel plaatselijk op gelijke hoogte met de drempel gebracht (zie afb. 383g). Het eerste stuk loopt horizontaal, waarna de vloer naar beneden buigt om geleidelijk weer op de normale vloerhoogte terecht te komen.

Bij kleine, niet aan zee gelegen sluisen werd ook later nog wel een houten bovenvloer toegepast. Ook de slagdrempel en de komplaat is daarbij gewoonlijk van hout (afb. 377). Bij grote of aan zee gelegen sluisen gebruikte men drempels van natuursteen.

Sluisen met eb- en vloeddeuren bezitten twee slagdrempels (afb. 378). De tussenliggende ruimte (e) is opgevuld met metselwerk tot een vlak geheel, op dezelfde wijze uitgevoerd als de rest van de vloer. Voor de slagdrempel worden grote blokken natuursteen (a) gebruikt. Deze worden voor ongeveer tweederde in de sluisvloer ingela-



377. Houten komplaat voor een puntdeur met links de houten slagdrempel in het Berkelsche Verlaat.



378. Natuurstenen dubbele slagdrempel.

a = drempelstuk, b = taatsblok, c = taats, d = natuurstenen slagstijl, e = metselwerkvulling tussen de slagdrempels, f = metselwerk vloer.



ten. Bij toepassing van puntdeuren zijn ze zodanig uitgevoerd, dat de voegen tussen de blokken vrijwel geheel loodrecht op de drempel staan. Om een goede verankering in de gemetselde vloer te krijgen is een deel van de voeg evenwijdig aan de sluisas gemaakt, terwijl de voor- en de achterzijde van de blokken loodrecht op de sluisas staan.

Onder de slagstijlen (d) zijn grote taatsblokken (b) geplaatst, waarin de taats (c) wordt verankerd. Bij oude sluisen is in deze blokken een taatskom aangebracht. De taatsblokken zijn met ijzeren dookbouten in het metselwerk van de vloer verankerd.

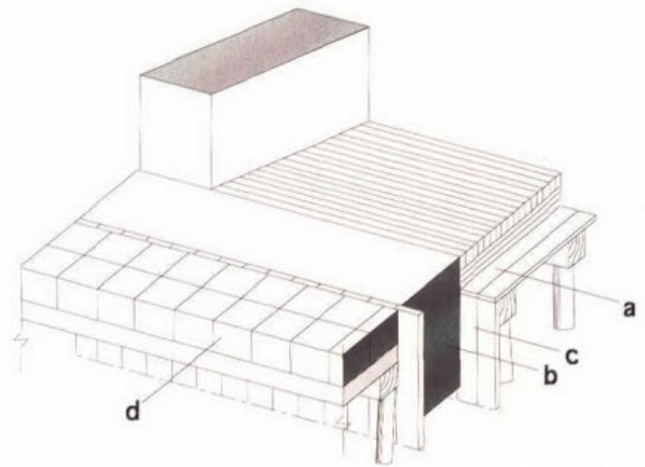
De rollagen worden aan beide sluisenden opgesloten door een natuurstenen dorpel, jokdorpel genoemd (afb. 379d). De blokken van deze dorpels worden met ijzeren dookbouten verankerd (f) of door natuurstenen wolfstukken (e) op hun plaats gehouden. Wolfstukken zijn lange blokken, waarvan de breedte in het midden kleiner is dan aan de uiteinden. In horizontale doorsnede hebben zij de vorm van twee gelijkbenige trapeziums met een gemeenschappelijke korte zijde. De ene helft wordt in het metselwerk van de vloer opgenomen, terwijl de andere helft aan weerszijden een blok van de jokdorpel op zijn plaats houdt.

Om de houten fundering tegen paalworm te beschermen, wordt de stenen vloer aan de keerzijde over een lengte van ongeveer 1 á 1,5 m dieper gefundeerd (afb. 379b). Deze diepte is voldoende om de paalworm bij de houten fundering weg te houden.

In de 19de eeuw werd ook wel een koffer toegepast van ongewapend beton (afb. 380b). Op één meter afstand van de damwand onder het uiteinde van de sluis werd een tweede damwand geslagen, waarna de tussenliggende grond tot een diepte van 2 m werd afgegraven. De vrijko-

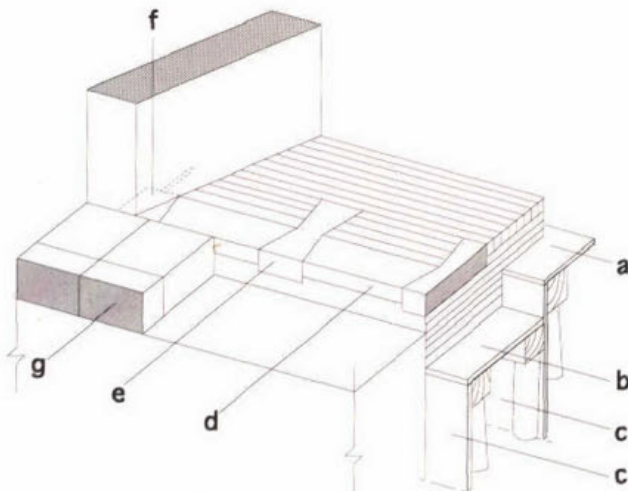
mende ruimte werd volgestort met beton. Door ongelijke zetting scheurde de betonkoffer echter vaak van de sluisvloer af, zodat de paalworm alsnog zijn verwoestend werk kon verrichten. Daarom werd deze constructiewijze in de 20ste eeuw verlaten.

De sluiswanden, ook wel rechtstanden genoemd, hebben in doorsnede de vorm van een rechthoekig trapezium (afb. 381). Het hellende achtervlak wordt met specie vlak afgewerkt. Ter plaatse van de afsluitmiddelen worden de muren aan de achterzijde verzwakt met contreforten (steunberen) met verticale achter- en zijvlakken. Deze dienen tevens om de achterloopsheid tegen te gaan. De rechtstanden van open sluisen worden vaak afgedekt met natuurstenen dekzerken, die met twee ankers in het metselwerk zijn verankerd. Ook wordt wel volstaan met een afdekking door een rollaag van baksteen.



380. Betonnen koffer tussen damwanden als beëindiging van de sluisvloer.

a = sluisvloer, b = betonkoffer, c = damwand, d = basaltblokken op grindbed.



379. Lager gefundeerde jokdorpel met dookbouten en natuurstenen wolfstukken.

a = sluisvloer, b = dieper gefundeerde jokdorpel, c = damwand, d = jokdorpelblok, e = wolfstuk, f = dorpelstuk verankerd met een dookbout, g = zetwerk van betonblokken.



381. Maquette van de Utrechtse Gemeentesluis te Vreeswijk (Nieuwegein) met gemetselde sluiswanden, voorzien van contreforten of penanten.



Aan de beide uiteinden is de sluis voorzien van vleugels (afb. 382c). Deze muurdelen maken een hoek van circa 15° met de rechtstanden, waardoor het water door de sluis wordt geleid zonder al te veel weerstand te onder- vinden. Omdat de toe- en afvoerkanalen gewoonlijk een trapeziumvormige doorsnede bezitten, terwijl de sluis een rechthoekig profiel heeft, zijn aan het einde van de vleugels retourmuren (d) gebouwd. Ook deze gaan de achterloepsheid tegen. De vleugelmuren worden evenals de retourmuren gewoonlijk afgedekt met natuurstenen dekzerken. Deze worden elk met twee ankers in het metselwerk verankerd.

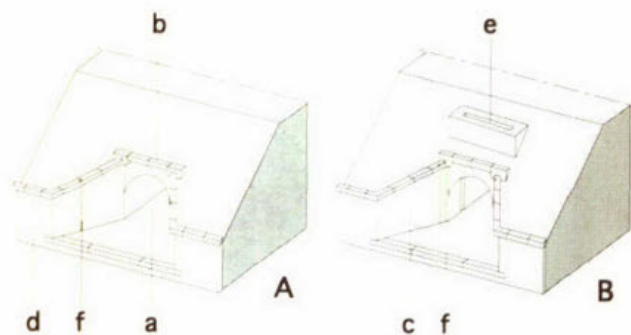
De rechtstanden zijn voorzien van sponningen voor schotbalken en schuiven en van deuren voor een enkele draaideur of puntdeuren. De slagstijlen van de deuren bestaan bij gemetselde sluisen vrijwel altijd uit grote blokken natuursteen. Om een goede aansluiting met het metselwerk te krijgen worden deze meestal enigszins ver- schoven op elkaar gestapeld (zie bijv. afb. 352). Bij punt- deuren wordt de dagzijde van de aanslagstijl zodanig be- werkt, dat de achterhar twee aanslagstroken krijgt, één in het verlengde van het deurvlak en één loodrecht daarop. In plaats van natuurstenen stijlen werden na 1850 ook wel met gietijzer en later met gietstaal beklede aan- slagstijlen toegepast.

Soms ontbreken de deuren, waarbij het sluislichaam veel korter is gemaakt. De deuren steken dan voor of achter de sluis uit en worden aan het uiteinde tegen aan- varen beschermd door een houten paal of meerstoel. Met name de enkele draaideuren kunnen op deze wijze ge- makkelijk tegen het sluislichaam worden gedraaid en de opening afsluiten.

Teneinde de wachtdeuren gemakkelijk door het te- rugstromende vloedwater te laten sluiten, wordt de deur- kas aan het einde (ter plaatse van de voorhar) onder 1:5 afgeschuind. Daarnaast moeten voorzieningen worden getroffen, waardoor de deur enigszins uit de kas wordt geduwd, zoals vaste of beweegbare wakers (zie bij de enkele draaideur en de puntdeuren in het hoofdstuk 'Af- sluitmiddelen'). Als vaste waker werd wel een eiken klos gebruikt die in een natuurstenen neut was vastgezet. De neut, voorzien van een vierkant gat, is in de wand van de deurkas gemetseld.

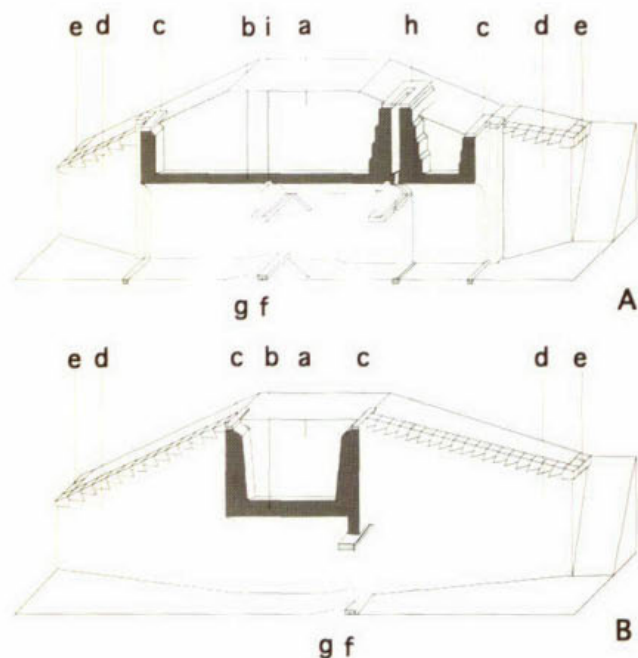
Schotbalken worden gebruikt als de sluis moet worden drooggelegd voor onderhoudswerkzaamheden. De schot- balksponningen bevinden zich zowel aan het begin als aan het einde van de sluis en zijn vaak gemaakt als uit- sparing in het metselwerk. Meestal wordt aan de uitein- den van de sluiswanden een tweetal sponningen aange- bracht, met een onderlinge afstand van circa 80 cm. Bij het droogzetten van de sluis worden de schotbalken in de sponningen neergelaten en de 80 cm brede ruimte daar- tussen met klei gevuld, zodat een waterdichte dam ont- staat.

Bij duikersluizen worden de schotbalksponningen in de vleugelmuren aangebracht (afb. 382f). Omdat de vleugels een hoek met de sluis maken, is een uitsparing in het metselwerk veel moeilijker te verwezenlijken. Daarom worden hier blokken van natuursteen toegepast, waarin de sponningen zijn gehakt. Bij het buitenfront van een ko-



382. Beëindiging van een duikersluis: (A) aan de binnen- dijke zijde en (B) aan de buitendijkse zijde.

a = duiker, b = frontmuur of zonnewachter, c = vleugel- muur, d = retourmuur, e = schacht voor schuif, f = schot- balksponning.



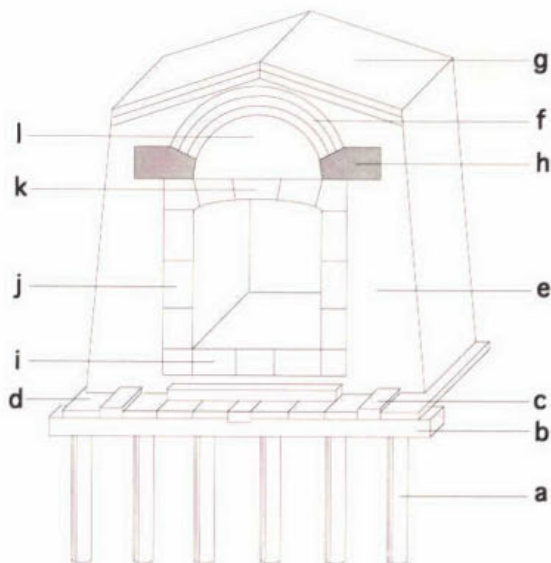
383. Langsdoorsnede duikersluis: (A) met lange koker en (B) met korte koker.

a = dijklichaam, b = duiker, c = zonnewachter, d = vleugel- muur, e = retourmuur, f = slagdrempel, g = vloeiende aan- sluiting tussen achterzijde drempel en vloer, h = schacht voor de schuif, i = schildmuurtje.

kersluis moeten de binnenste sponningen zich bij het uit- einde van de koker bevinden, zodat deze in zijn geheel wordt afgesloten. Bij het binnenfront moet echter vol- doende ruimte aanwezig zijn om de enkele draaideur of de puntdeuren uit de koker te kunnen halen. Soms is boven deze deuren een verticale koker gemetseld, zodat deze daardoor kunnen worden uitgenomen.

Bij duikersluizen wordt onderscheid gemaakt tussen lan- ge en korte kokersluizen (afb. 383). Over de sluis loopt het dijklichaam, dat aan weerszijden wordt begrensd door een frontmuur (c). Deze boven op de koker opge-





384. Doorsnede duikersluis bij het waterkozijn (slagdrempels en slagstijlen) van een enkele draaideur.

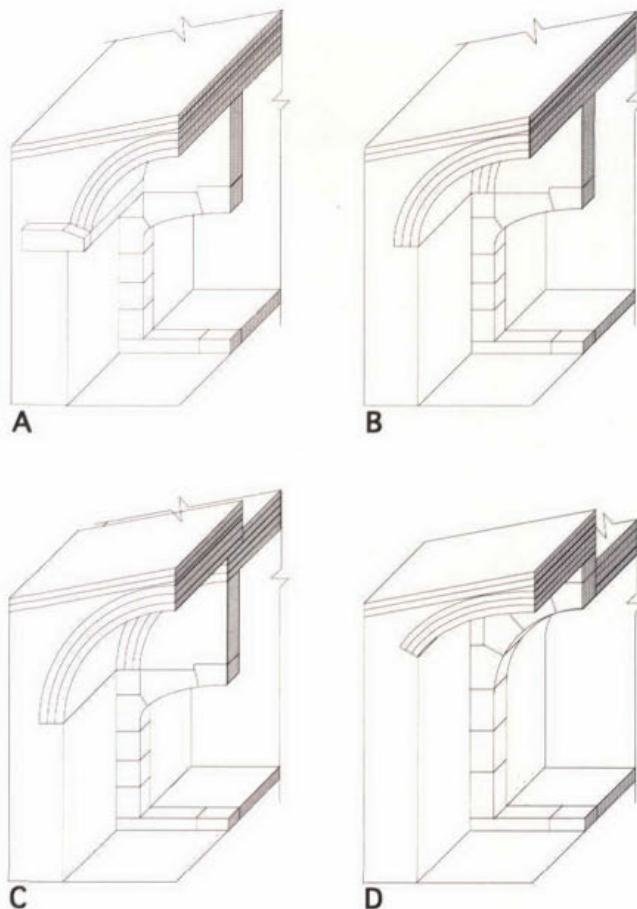
*a = paalfundering, b = kesp, c = kloosterhout, d = houten ondervloer, e = rechtstand, f = gewelf, g = aanrazing afgedekt met twee platte lagen metselwerk, h = deurkaslatei, i = slagdrempel, j = slagstijl, k = bovenaanslag, l = schildmuurtje.*

trokken muren worden ook wel hoofdmuren of zonnewachters genoemd. Lange duikersluizen (A) hebben relatief korte vleugels en lage frontmuren, terwijl korte duikersluizen (B) juist lange, hoge vleugels en hoge frontmuren bezitten.

Bij lange sluisen worden de wachtdeuren midden onder de kruin van de dijk geplaatst, zodat ze enigszins zijn beschermd tegen zware golfslag. Bij korte sluisen worden de wachtdeuren aan de buitenzijde van de koker geplaatst. Ze zijn daardoor veel meer blootgesteld aan beschadiging, maar kunnen wel gemakkelijker worden hersteld of vervangen. Een ander nadeel van korte kokersluizen is dat de hoge en lange vleugels door de grote gronddruk neiging hebben om voorover te komen en van de koker af te scheuren.

Kokersluizen worden afgedekt met een tongewelf met een halfcirkelvormige, korbboogvormige of halfelliptische doorsnede (afb. 384). De geboorte van het gewelf bevindt zich meestal iets boven de hoogste binnenwaterstand. Het gewelf is gewoonlijk uitgevoerd als troggewelf, waarbij de stenen in de lengterichting van de sluis liggen. Het wordt vrijwel altijd na een flinke aanrazing met twee platte lagen afgedekt en krijgt daarmee de vorm van een flauw hellend zadeldak (g). De aanrazing bestaat uit een opvulling met specie tussen de opgetrokken rechtstanden en de top van het gewelf.

Ook wanneer meerdere kokers naast elkaar liggen, wordt het geheel door een aanrazing opgevuld en afgedekt met een vlak zadeldak. Dit om te voorkomen dat er water in de knik boven de tussenwanden of pijlers blijft staan dat niet weg kan lopen, zodat er een verzwakking van de dijk ontstaat.



385. Aanpassingen gewelfconstructie van een kokersluis ter plaatse van de deurkas: (A) met natuurstenen latei, (B) met verbrede basis (geboorte) van het gewelf, (C) met over elkaar geschoven gewelven en (D) met hogere geboorte van het gewelf.

De bovenaanslag van de deur is opgebouwd uit toogvormige stukken natuursteen (k) van grote afmetingen. De ruimte tussen het gewelf en de bovenaanslag wordt afgesloten door een gemetseld schildmuurtje (l) of schildstuk, dat zowel in de bovenaanslag als in het gewelf enkele centimeters is ingelaten.

Ter plaatse van de deuren is de sluis breder: bij de normale sluisbreedte komt ook nog de diepte van de deurkassen. Daarnaast moet het afsluitmiddel de hele koker afsluiten en tevens gemakkelijk uitgenomen kunnen worden. Dit heeft tot gevolg dat het gewelf niet zomaar over de gehele sluislengte kan worden doorgetrokken. Er is bij de wachtdeuren een aanpassing nodig, waar verschillende oplossingen voor zijn gevonden. Soms werd over de deurkas een natuurstenen latei aangebracht, die het gewelf ondersteunde (afb. 385A).

Een andere mogelijkheid is het gewelf plaatselijk te verbreden en een zodanige elliptische of korbboogvorm te geven, dat de top van het gewelf dezelfde hoogte krijgt als de rest van de kokersluis (B). Ook geeft men het gewelf plaatselijk wel een grotere straal, zodat de gewelven (in doorsnede) als het ware over elkaar geschoven liggen (C).



De toppen van de gewelven liggen hierbij niet meer op één hoogte.

Een vierde mogelijkheid bestaat in het ter plaatse van de deurkas optrekken van de rechtstanden (D). De geboorte van het gewelf ligt dan hoger. Afhankelijk van de keuze van de gewelfvorm kan de top op gelijke hoogte of hoger liggen. Meestal past men hierbij in plaats van een troggewelf een steekgewelf toe, waarbij de stenen dwars op de richting van de sluisas liggen.

Soms wordt het hoogteverschil tussen de gewelven zo groot gemaakt, dat ook het cilindervormige deel van de koker door de deuren kan worden afgesloten. Met name als de sluiswijdte groot is ten opzichte van de sluishoogte heeft dit voordelen. De hoogte-breedteverhouding van de deuren is dan gunstiger met het oog op schranken. Ook heeft de sluis daarmee een groter doorstromingsprofiel, zodat bij buitengewoon grote binnenwaterstanden een extra afvoer kan plaatsvinden. De deuren krijgen dan een aanslag tegen het gewelf, dat daarom met natuursteen moet worden bekleed.

In de 20ste eeuw wordt voor de horizontale bovenaanslag en de lateibalk boven de deurkas in plaats van natuursteen meestal gewapend beton gebruikt.

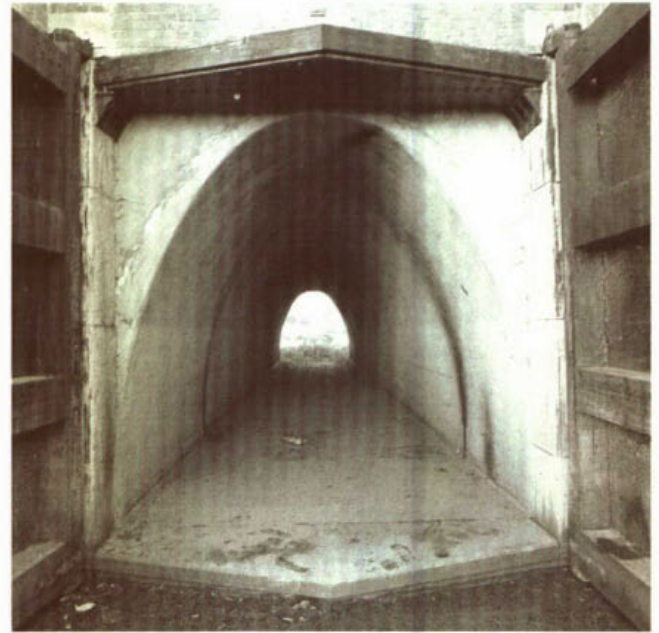
De schuif beweegt in twee sponningen met rondom een speling van circa 5 cm. Ter plaatse van de sluiswijdte, waar de schuif het water moet keren en dus een aanslag moet hebben, zijn de sponningen met natuursteen bekleed. De bovenaanslag en de onderdorpel komt overeen met die bij een enkele draaideur.

### Sluizen van gewapend beton

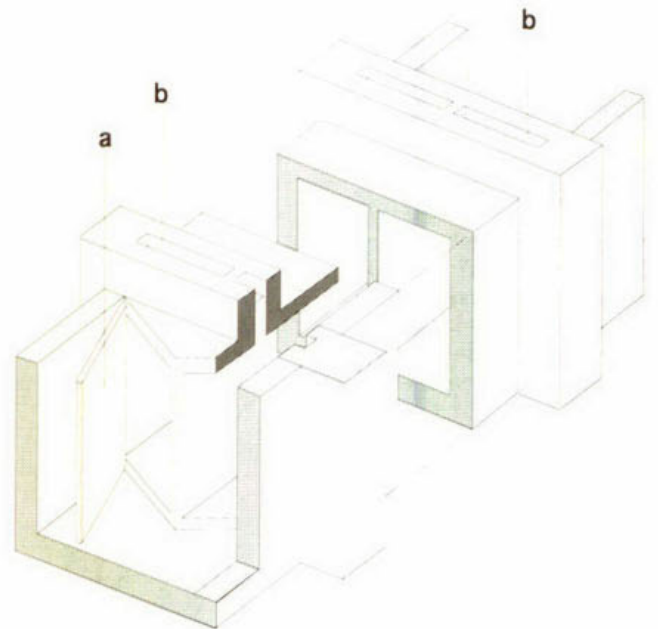
Aan het eind van de 19de eeuw verschenen met de introductie van het gewapend beton ook de eerste sluizen van dit materiaal. Het gewapend beton is veel sterker, zodat met minder materiaal grotere afmetingen kunnen worden verkregen. Ook kan met gewapend beton veel lichter worden gebouwd, terwijl de constructie veel eenvoudiger is. Een ingewikkelde vloerconstructie met kesp en zwalpen is bij gewapend beton niet meer nodig.

De eerste sluis in dit nieuwe materiaal is de duikersluis uit 1893 te Nederhemert-Zuid in de noordelijke dijk van de Bergsche Maas<sup>482</sup>. Alleen de duiker zelf werd in dit materiaal uitgevoerd en had in doorsnede de vorm van een halve ellips (afb. 386). De duiker werd aan de beide uiteinden afgesloten door een gemetseld front of sluis hoofd met puntdeuren. In tegenstelling met een schutsluis hebben deze deuren niet dezelfde richting: aan de buitenzijde bevinden zich vloeddeuren en aan de binnenzijde ebdeuren.

Duiker- of kokersluizen kregen meestal een rechthoekige doorsnede, omdat de bekisting hiervoor veel eenvoudiger en daardoor goedkoper is (afb. 387). Over de palen werd eerst een laag stampbeton gestort. Daarna werd de wapening van de vloer aangebracht en het beton gestort. vervolgens werd de wapening van de wanden gesteld en na het aanbrengen van een bekisting deze volgestort met beton. Als laatste kon nu, nadat de wapening was gesteld,



386. Betonnen duiker van de sluis te Nederhemert-Zuid.

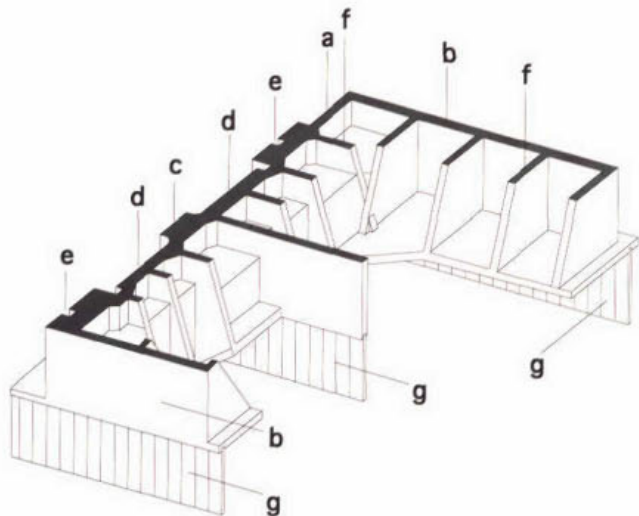


387. Betonnen kokersluis.  
a = enkele draaideur, b = verticale schacht voor de schuif.

de dekplaat worden gestort. De gewapend betonnen vloeren steken bij grote sluizen aan weerszijden uit, bij open sluizen zelfs enkele meters. Voor kleine duikersluizen werden ook wel geprefabriceerde elementen (kokers) toegepast.

De wanden van open sluizen zijn aan de achterzijde voorzien van ribben (soms ook wel consoles of ruggen ge-





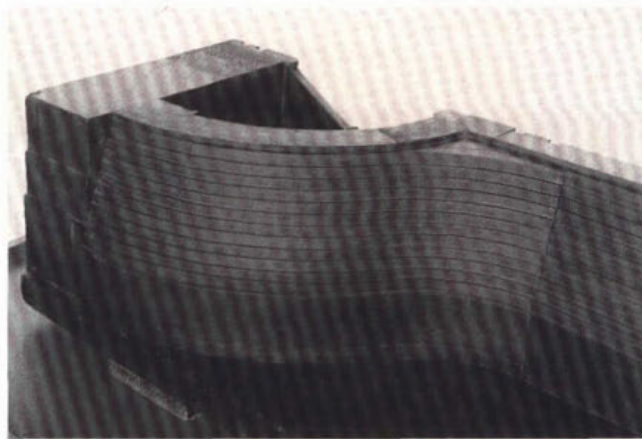
388. Open uitwaterings- of keersluis van gewapend beton. *a* = sluishoofdwand, *b* = retourmuur, *c* = slagstijl, *d* = deurkas, *e* = schotbalkspinning, *f* = rib, *g* = damwand.

noemd), die zowel met de rechtstanden als de uitstekende vloer verbonden zijn (afb. 388). Deze versterkingen van gewapend beton dienen, evenals de contreforten bij gemetselde sluisen, om de rechtstanden op hun plaats te houden. De ruimte tussen de ribben wordt deels opgevuld met stampbeton en deels met grond. Bij open sluisen wordt soms de binnenkant (voorkant) van de rechtstanden bekleed met baksteen, terwijl de wanden worden afgedekt met natuurstenen dekzerken. In plaats van natuurstenen dekzerken werd de bovenzijde van de wanden ook wel voorzien van een stalen lijst met afgeronde hoek.

Ook betonnen sluisen dienen beschermd te worden tegen onder- en achterloopsheid. Daarom wordt onder de sluis een stalen damwand geslagen. Deze is via een verzwaring van de vloeren aan de onderzijde waterdicht met het sluislichaam verbonden. Om achterloopsheid tegen te gaan, wordt tevens aan weerszijden van de sluis een stalen damwand geslagen. Ook worden wel op palen gefundeerde dwarsmuren van gewapend beton opgetrokken, die met de onderzijde aansluiten op een damwand.

Voor slagdrempels en slagstijlen is het gewapend beton minder geschikt. Daarom gebruikte men hiervoor evenals bij gemetselde sluisen blokken van natuursteen. Een andere mogelijkheid was de slagdrempels en de slagstijlen te voorzien van speciaal daarvoor vervaardigde staalprofielen, die in het beton zijn verankerd. Deze profielen beschermen het beton tegen beschadigen en geven tevens een goede afdichting. In plaats van staal gebruikte men hiervoor ook wel gietijzer.

Soms wordt de vloer voorzien van een deklaag van ongewapend beton, die geleidelijk op de achterzijde van de slagdrempel aansluit. Bij dubbelkerende sluisen worden de boven de vloer uitstekende slagdrempels gewapend en de tussenliggende ruimte opgevuld met ongewapend beton.



389. Maquette van een deurkas voor een waaierdeur.

### Bijzondere constructies

Sluisen met waaierdeuren en roldeuren vereisen een diepe deurkas. De sluiswand krijgt daardoor aan de landzijde een uitstulping. Aan de fundering en de constructie moet daarom extra zorg worden besteed om afscheuren te voorkomen. Omdat in Nederland roldeuren alleen bij schutsluisen zijn toegepast, komt de constructie van deze deurkassen in het volgende hoofdstuk ter sprake.

Ter plaatse van de waaierkassen worden voor de kespens en zwalpen lange balken gebruikt. Hiertussen en over de zwalpen worden vloerdelen aangebracht, waarop de wanden van de kas worden opgetrokken. De wand wordt gedeeltelijk rond gemetseld, ongeveer een kwartcirkel, zodat de deur gemakkelijk in de kas kan draaien (afb. 389).

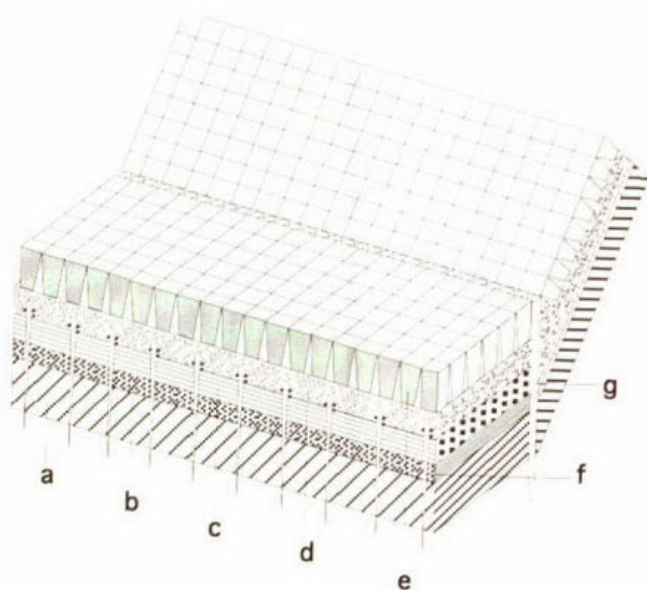
Stoney-schuiven en hefdeuren bewegen bij stroomsluisen gewoonlijk in een stalen portaal (zie afb. 292 en 300). Dit portaal is opgebouwd uit profielstaal. Soms bestaan de beide stijlen en de bovenregel uit een I-profiel. Vaak ook is een samengestelde of geconstrueerde constructie toegepast, opgebouwd uit stalen profielen en strippen. Voor de oude 19de-eeuwse portaalconstructies is in plaats van staal smeedijzer gebruikt. Het portaal wordt op de sluiswanden verankerd.

### Bodembescherming

Bij de uitstroomopening bestaat gevaar voor ontgroning. Om dit tegen te gaan wordt aan beide zijden van de sluis een bodemverdediging aangebracht. Ook de aansluitende taluds van de beide watergangen moeten worden beschermd.

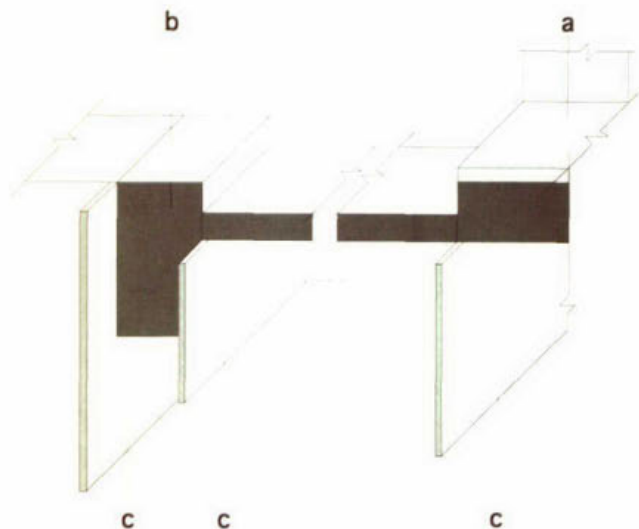
Een reeds in de 15de eeuw toegepaste constructie is de zogenaamde baarding, baar of uitbaring (zie afb. 528). Deze bestaat uit een houten vloer tussen de vleugelwanden bij de uitstroomopening. Omdat de vleugels wijd uitlopen, wordt het doorstroomprofiel groter en zal de snelheid van het uitstromende water afnemen. Bij het uiteinde van de uitbaring moest de snelheid zo ver zijn afgeno-





390. *Stortebed als bodembescherming tegen ontgronding.*  
*a = kleilaag, b = rietlaag, c = rijshout, d = puin of grind,*  
*e = steenzetting, f = tuin, g = perkoenpaaltjes.*

men, dat geen gevaar voor uitschuring meer bestond. Een later veel gebruikte bodemconstructie bestond uit een 30 cm dikke kleilaag, 5 á 10 cm riet en een laag rijshout van ruim 15 cm, waar overheen een 15-20 cm dikke laag puin wordt gestort. Het geheel werd vlak afgewerkt door een steenzetting van 20-30 cm dikte (afb. 390). Het riet lag loodrecht op en het rijshout evenwijdig aan de stroomrichting. De rijshoutlaag werd ingeknepen door tuinen (houten stokken in de vorm van een tentharing), die op een onderlinge afstand van ongeveer 0,5 m werden ingeslagen. De taluds werden over dezelfde lengte beschermd door twee vlijlagen baksteen (zonder specie), bedekt door een puinstorting en afgewerkt met een steenzetting. De steenzetting werd ter plaatse van de bodem afgesloten door een rij perkoenpalen.



391. *Betonnen plaat als moderne bodembescherming.*  
*a = sluisvloer, b = kofferdrempel, c = damwanden.*

Een meer moderne uitvoering van een bodembescherming bestaat uit een kleilaag waarop een grindbed wordt gestort. Daar overheen werd een zetwerk van basaltblokken of betonblokken met een dikte van 40 á 60 cm aangebracht (zie afb. 379 en 380). De lengte van de bodemverdediging is afhankelijk van de situatie, maar bedraagt minimaal 8 m.

In de 20ste eeuw past men bij belangrijke sluisen vaak een plaat van gewapend beton toe. Dit is onder meer toegepast bij de uitwateringssluizen in de Afsluitdijk bij Den Oever en bij Kornwerderzand. De plaat heeft daar een dikte van 50 cm en wordt afgesloten door een kofferdrempel van gewapend beton (afb. 391). De kofferdrempel steekt ongeveer 50 cm boven de plaat uit en wordt ingesloten door twee stalen damwanden.

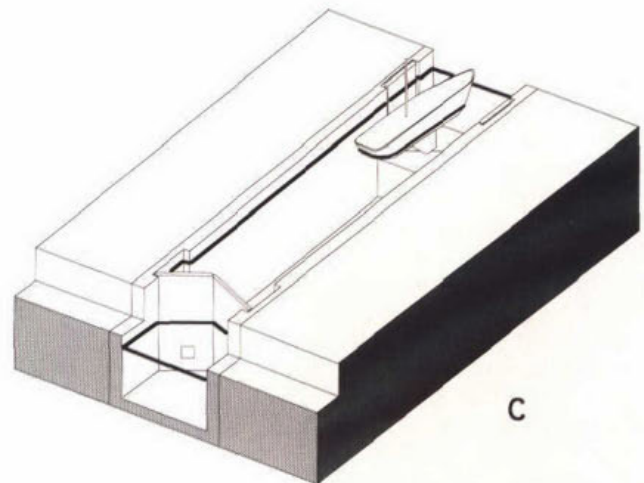
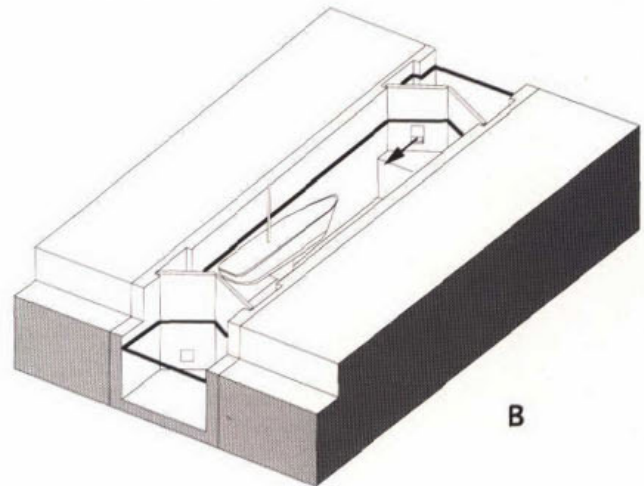
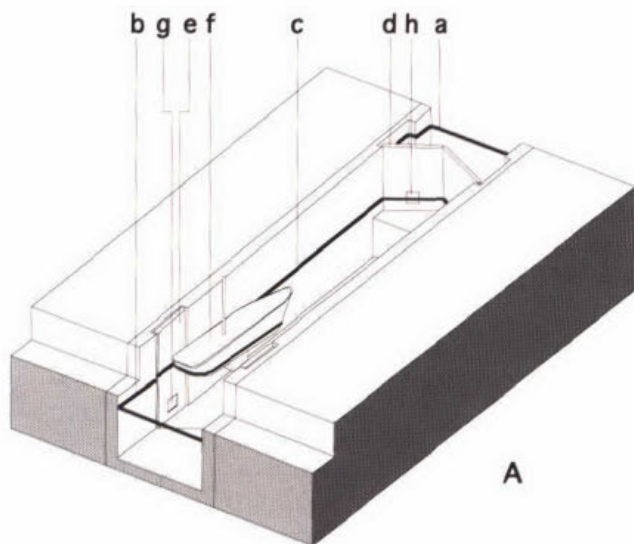


## 5. SCHUTSLUIZEN

Schutsluizen dienen om scheepvaart tussen twee verschillende waterwegen of (kanaal)panden met een ongelijk waterpeil mogelijk te maken. Om dit te bereiken kan men gebruik maken van een schutsluis. Deze bestaat uit minimaal twee sluishoofden, die onderling zijn verbonden door een schutkolk. Een schutsluis heeft dus minstens twee keringen. Hiermee is meteen het belangrijkste verschil aangegeven met de stroomsluizen. Kan een stroomsluis geopend of gesloten zijn, bij schutsluizen is vrijwel altijd ten minste één afsluitmiddel gesloten. Alleen als de waterstand voor en achter de sluis gedurende enige tijd gelijk is, kunnen alle deuren openstaan. Dit kan bijvoorbeeld voorkomen bij sluizen in getijdegebieden. Schutsluizen langs rivieren, die alleen bij extreem hoge of lage rivierstanden worden gesloten, heten keer-schutsluizen.

Schutsluizen zijn de belangrijkste en meest voorkomende scheepvaartsluizen. De andere sluizen voor de scheepvaart, zoals keersluizen en spuisluizen zijn in het vorige hoofdstuk behandeld. Oude benamingen voor een schutsluis zijn: verlaat, sas of sassluis, en kolksluis.

Om een schutsluis te passeren, moet het water in de schutkolk op gelijke hoogte worden gebracht met de waterweg waarop het te schutten schip zich bevindt (afb. 392). Het afsluitmiddel aan de zijde waar het schip zich bevindt, kan nu worden geopend, waarna het schip de sluis binnenvaart (A). Vervolgens wordt het afsluitmiddel weer gesloten en het water in de kolk op gelijke hoogte gebracht met het water aan de andere zijde van de sluis (B). Dit kan door het openen van de schuif (h) in de deuren (d) aan die zijde. Nadat deze deuren bij gelijke waterstand zijn geopend, verlaat het schip de kolk en vervolgt zijn weg (B).



392. Schutsluis met drie stadia tijdens het schutten: (A) het schip vaart de sluis binnen, (B) het vullen van de sluis-kolk en (C) het schip verlaat de sluis.

*a* = bovenpand van het kanaal, *b* = benedenpand, *c* = sluis-kolk, *d* = deuren bovensluishoofd, *e* = deuren benedensluishoofd, *f* = schip, *g*, *h* = schuiven in de deuren.



Schutsluizen kunnen enkel of dubbelkerend zijn. Bij dubbelkerende sluizen is het water aan de ene zijde afwisselend hoger en lager dan dat aan de andere zijde. Het hoogteverschil tussen het water aan weerszijden van de sluis heet de schuthoogte. Het schutverlies is de hoeveelheid water die bij het schutten van de zijde met de hoogste waterstand naar de zijde met de laagste waterstand stroomt.

Dit hoofdstuk geeft allereerst een schets van de ontwikkeling van de schutsluizen. Vervolgens komen de verschillende typen schutsluizen aan de orde, gevolgd door een beschrijving van de constructie van de sluishoofden en van de schutkolk. Als laatste zullen de schuiven in deuren en de omloopriolen met hun afsluitmiddelen worden behandeld, waarmee de kolk kan worden gevuld of geleedigd.

### 5.1. Ontwikkeling

De eerste schutsluizen zijn waarschijnlijk in getijdegebieden ontstaan. Om het achterland tegen overstromingen te beschermen werden rond de 13de eeuw diverse waterlopen door een dam van het buitenwater afgesloten. Om alsnog het overtollige water te kunnen afvoeren, werden in de dam uitwateringssluizen gebouwd. Voor de scheepvaart was een dam echter een grote hindernis.

Aanvankelijk moesten de schepen gebruik maken van uitwateringssluizen of keersluizen. Deze konden alleen worden geopend als de waterstand voor en achter de sluis gelijk was. Daarbij mocht de snelheid van het uitstromende water niet te groot zijn, omdat dit de schepen te veel hinderde. Een andere mogelijkheid was om de schepen via een overtoom naar hoger of lager water te brengen. Dit kostte echter veel energie, terwijl de afmetingen van schepen beperkt moesten blijven.

Vermoedelijk ontwikkelde de schutsluis zich in de 13de eeuw uit de keersluis. Waar, wanneer en door wie de eerste schutsluis is gebouwd, is onbekend. In 1186 werd in opdracht van de Vlaamse stad Brugge een dam aangelegd in de Reie, de scheepvaartweg van Brugge naar zee<sup>483</sup>. Deze dam lag op de plaats waar enkele jaren later de stad Damme werd gesticht. Ten einde scheepvaart mogelijk te maken, werd in de dam een sluis gebouwd: de Brugse Speye. Er wordt aangenomen dat dit een schutsluis is geweest; sommigen zijn zelfs van mening dat dit de eerste schutsluis ter wereld was<sup>484</sup>. De naam speye, speie of spoye werd in de Middeleeuwen ook voor schutsluis gebruikt<sup>485</sup>. Uit de summere beschrijving kan echter niet met zekerheid worden afgeleid of dit een schutsluis was. In een verordening van de steden Brugge en Damme uit 1236 is sprake van speyen<sup>486</sup>. De huizen die hier te dicht bij stonden, moesten in verband met gevaar voor brand worden afgebroken. Uit de beschrijving valt echter niet duidelijk op te maken of hier twee achter elkaar gelegen sluizen worden bedoeld, met daartussen de schutkolk, of twee naast elkaar gelegen keersluizen<sup>487</sup>.

Een artikel over de toepassing van plaatijzeren deuren in brede zeesluizen uit 1864 maakt melding van schutsluizen te Amsterdam, die daar al in 1220 aanwezig zouden

zijn geweest<sup>488</sup>. Een duidelijke beschrijving en een bronvermelding ontbreken echter en vermoedelijk zijn dit keersluizen geweest met één sluishoofd, zonder kolk.

In 1253 gaf de graaf van Holland en Rooms Koning Willem II bevel om in de dam bij het dorpje Spaarnedam een watergang die men een spoye of gat noemt aan te leggen, waar de zeeschepen gemakkelijk doorheen konden varen<sup>489</sup>. Alhoewel de oorkonde over de sluis verder zeer vaag is, zijn er sterke aanwijzingen dat hier een schutsluis wordt bedoeld<sup>490</sup>. De spoye of opening moest een breedte krijgen van 24 voet, dus meer dan 7 m. In de oorkonde wordt tevens het sluisgeld vastgesteld. Alhoewel het waterschap Rijnland bezwaren maakte tegen deze vergunning, ligt het voor de hand dat deze sluis toch is gebouwd in de gelijktijdig aangelegde dam<sup>491</sup>.

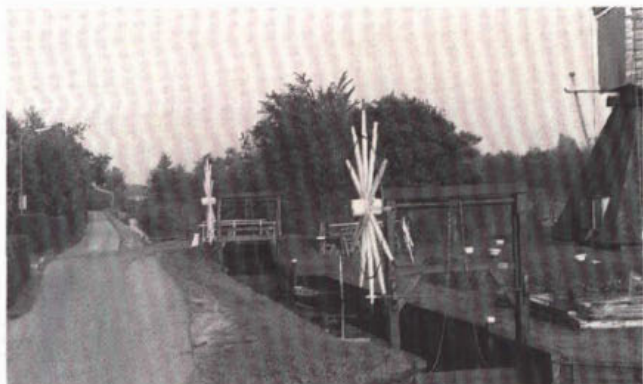
Het waterschap beschouwde de sluis als een verzwakking van de waterkering. Misschien niet ten onrechte, want in 1286 was de dam verdwenen en stond de Spaarne weer in open verbinding met de zee<sup>492</sup>. De graaf gaf daarop, nu met instemming van de hoogheemraden, toestemming een nieuwe dijk aan te leggen met daarin een aantal sluizen. In 1315 werd, met verwijzing naar de oorkonde uit 1253, het sluisgeld opnieuw vastgesteld<sup>493</sup>. Daaruit kan worden opgemaakt, dat toen zeker een schutsluis aanwezig was. Een verslag van een ongeval, dat in 1449 in de sluis plaatsvond, toont aan dat deze hefdeuren bezat<sup>494</sup>.

In 1308 kreeg de keersluis in de Gouwe te Gouda een tweede deur<sup>495</sup>. Uit latere afbeeldingen blijkt dat de sluis toen nog schotdeuren bezat. Voor kering naar twee zijden was dus geen tweede deur nodig. Tenzij het afsluitmiddel als extra veiligheid werd aangebracht, kan worden aangenomen dat hiermee een schutsluis werd gecreëerd. De afmetingen van deze sluis zijn waarschijnlijk klein geweest.

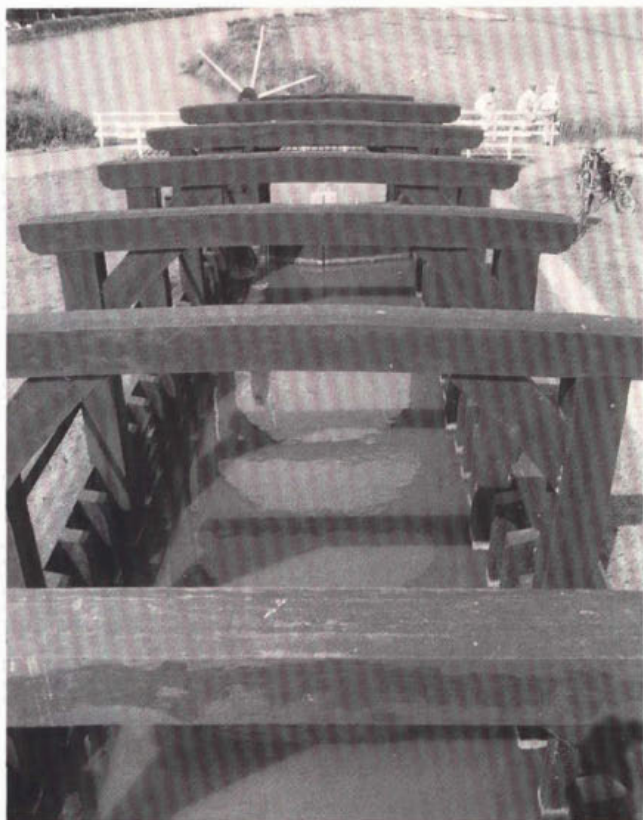
Rekeningen uit 1357-1358 betreffende de reparatie van de Eiesluis te Heist maken duidelijk, dat de betreffende sluis vrij groot moet zijn geweest<sup>496</sup>. Er was een grote hoeveelheid balken en planken nodig voor het herstel. Ook is er sprake van verse deuren (binnendeuren) en zoute deuren (buitendeuren), terwijl de noordzijde 'noordsluis' en de zuidzijde 'zuidsluis' wordt genoemd. Dit doet vermoeden dat er twee sluishoofden waren, zodat de sluis ook als schutsluis kon dienen. Wel is het zo dat deze hoofden als kokers waren uitgevoerd, zodat de te schutten schepen dan niet groot geweest kunnen zijn en er ook slechts gedurende korte tijd kon worden gesloten.

Harde bewijzen, dat bij de bovengenoemde sluizen sprake is van schutsluizen, ontbreken echter. Rond 1400 werden diverse sluizen gebouwd, waarbij duidelijk sprake is van schutsluizen. Deze werden onder meer gebouwd te Delfshaven (1389), Brielle (1394), Schiedam (1395) en Gouda (de eerste Mallegatsluis uit 1398)<sup>497</sup>. Bij Amsterdam werden rond 1413 enkele schutsluizen gebouwd, terwijl de uit 1373 daterende keersluis te Vreeswijk in 1435 werd omgebouwd tot schutsluis (zie afb. 28)<sup>498</sup>. In 1436 werd in Gouda op kosten van een aantal Hollandse steden het Amsterdamse Verlaat gebouwd (zie afb. 25)<sup>499</sup>.





393. Schutsluisje bij Tienhoven



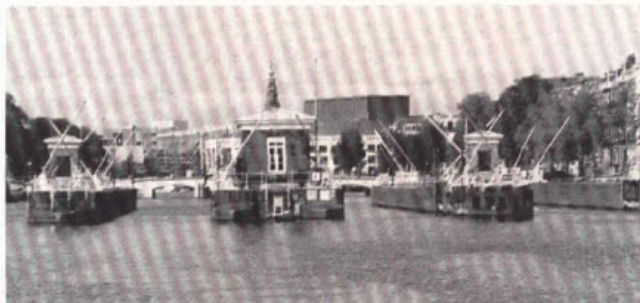
394. Het Bleiswijkse Verlaat bij Bleiswijk tussen de Rottemeren en de Lange Vaart.

Samen met de Donkere Sluis vormt deze een lange schutsluis met het tussengelegen deel van de Gouwe als schutkolk. De afstand tussen beide sluisen bedraagt niet minder dan 380 m.

In 1395 werd in Damme een nieuwe schutsluis gebouwd<sup>500</sup>. De uitvoerige beschrijving maakt melding van een zoute deur en verse deuren, die 100 voet uit elkaar liggen (dat wil zeggen een kolk lengte van circa 30 m). De breedte van de sluis bedraagt 32 voet (waarschijnlijk is dit een verschrijving en wordt 24 voet bedoeld, omdat een sluisbreedte van 10 m voor die tijd wel erg groot is).



395. Schutsluis met Groene kolk in de polder Oldelamer langs de Kuinder of Tjonger.



396. De Amstelsluizen te Amsterdam.

De sluis werd van steen gebouwd, en is daarmee één van de allereerste stenen schutsluisen.

De eerste schutsluisen waren van hout en bezaten waarschijnlijk schotdeuren als afsluitemiddel. De schutsluis in de Tienhovensche Plassen bij het Utrechtse plaatsje Tienhoven geeft een indruk hoe de vroegste schutsluisen er zullen hebben uitgezien (afb. 393).

Om het naar binnenwijken van de sluiswanden te voorkomen, plaatste men ook in de kolk tussen de beide afsluitemiddelen gebinten. In Nederland zijn veel van dergelijke sluisen gebouwd, met name in de veengebieden. In de 18de eeuw werden de gebinten op de wal in elkaar gezet en daarna in een van te voren gebaggerde sleuf geheld. Een voorbeeld van een dergelijke steeksluis is het Bleiswijkse Verlaat tussen de Lange Vaart en de Rottemeren (afb. 394). Soms werden alleen de sluishoofden geplaatst met daartussen een zogeheten groene kolk (afb. 395).

Naast de hefdeur zal ook de enkele draaideur al spoedig zijn toegepast. De puntdeuren verschenen pas veel later. Rond 1600 werden in scheepvaartsluisen de schotdeuren langzamerhand vervangen door puntdeuren. Simon Stevin toont in zijn *Nieuwe maniere van sterctebou door spilsluisen*, geschreven in of voor 1617, een schutsluis voorzien van puntdeuren en omloopriolen<sup>501</sup>.

Rond 1673 werden de Amstelsluizen te Amsterdam (afb. 396) en de zeesluizen te Muiden (afb. 397) gebouwd<sup>502</sup>. Beide sluiscomplexen kregen een voor die tijd grote



schutsluis. De Duitse waterbouwkundige C.F. Wiebe-king noemt in het begin van de 19de eeuw de sluisen in Muiden één van de grootste en merkwaardigste van Europa<sup>503</sup>.

Een bijzonder type schutsluis is de waterbesparende sluis naar een ontwerp uit 1812 van de inspecteur-generaal van de Waterstaat A.F. Goudriaan<sup>504</sup>. De sluis bezat een combinatie van een waterrad met een scheprad, waardoor een deel van het schutwater kon worden teruggemaal- (zie afb. 66). Het systeem werd in 1815-1816 toegepast in de Drentsche Hoofdvaart, ter vervanging van twee van de zes bestaande houten sluisen<sup>505</sup>. Doordat de verliezen door verdamping echter veel groter waren dan de schut-verliezen, was de besparing gering, zodat de scheprade- ren al spoedig buiten gebruik werden gesteld<sup>506</sup>.

Vele tientallen schutsluisen werden gedurende de eerste helft van de 19de eeuw gebouwd bij de aanleg van kana- len onder de regering van Koning Willem I. Bij de bouw van de sluisen in de Zuid-Willemsvaart bij Maastricht ondervond men ernstige hinder van het opwellen van wa- ter in de bouwput. Omdat de sluisputten niet konden worden drooggelegd, kwam Goudriaan met een nieuw type fundering<sup>507</sup>. In een vooraf uitgebaggerde sleuf werd een laag beton gestort; een voor die tijd relatief nieuw bouw materiaal, dat onder water verhardde dank- zij een hydraulisch bindmiddel. Hierdoor ontstond een waterdichte plaat, waarop men zonder problemen de sluis kon bouwen. Goudriaan kreeg voor deze vinding van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen een gouden ereprijs en een premie van f 150,-.

Een andere nieuw materiaal in de 19de eeuw is het ijzer. De eerste toepassing daarvan in een schutsluis is die voor puntdeuren in de Willem III-sluis te Amsterdam uit 1864 (afb. 398)<sup>508</sup>. De sluis had een totale schutlengte van 110 m en een breedte van ruim 18 m.

Tot de 20ste eeuw werden voor schutsluisen vrijwel altijd puntdeuren als afsluitmiddelen gebruikt. Wel werden aan het eind van de 18de en in de eerste helft van de 19de



397. De zeesluisen te Muiden.



398. Willem III-sluis te Amsterdam met houten en ijzeren puntdeuren tijdens de bouw in 1865.



399. Drietrapsluis in het Apeldoornsch Kanaal bij Dieren uit 1869.

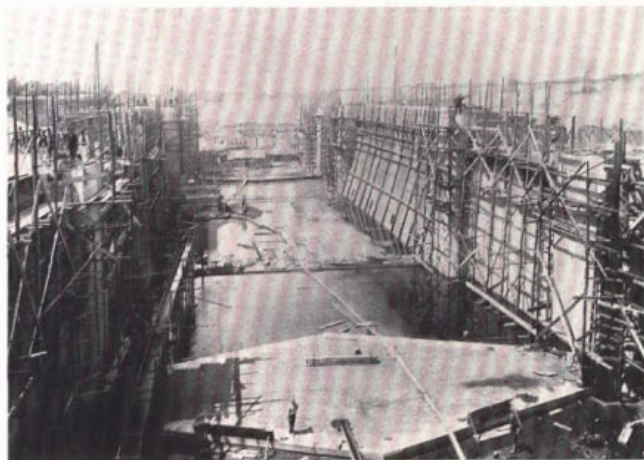
eeuw diverse ontwerpen voor roldeuren gemaakt. Dit deurttype is in die tijd echter slechts één maal toegepast en wel in 1868 in nieuwe Cellesluis te Kampen, ontworpen door J. Swets<sup>509</sup>. Deze uitwaterings-schutsluis diende ter vervanging van de bestaande sluis en kreeg in het buiten- hoofd eb- en vloeddeuren en in het binnenhoofd een rol- deur (zie afb. 85)<sup>510</sup>.

Een bijzondere sluis was de drietraps-schutsluis uit 1869 in het Apeldoornsch Kanaal bij Dieren (afb. 399)<sup>511</sup>. De sluis werd gebouwd in de uitmonding van het kanaal in de IJssel en bezat drie schutkolken. Bij zeer lage IJ- selstanden moest een verval van meer dan 10 m worden gekeerd, wat men in die tijd niet over één afsluitmiddel durfde te keren.

In 1896 kwam in de monding van het Noordzeekanaal bij IJmuiden een nieuwe schutsluis gereed, met een schut- lengte van 225 m en een breedte van 25 m (afb. 400)<sup>512</sup>. De sluisdeuren werden met behulp van een elektromotor bewogen en rond de sluis werd een elektrische verlichting aangebracht<sup>513</sup>. Het is waarschijnlijk de eerste sluis waar elektriciteit werd toegepast.

Een unieke schutsluis is de Wilhelminasluis uit 1897 in de Afgedamde Maas bij Andel uit 1897 (zie afb. 96)<sup>514</sup>. De-





400. De Middensluis te IJmuiden tijdens de bouw in 1894.



401. Schutsluis in het Afwateringskanaal van Meijel naar Neer met ovale kolk tijdens de bouw in 1884.

ze sluis maakt het mogelijk dat er, na de scheiding van de Maas en de Waal, toch scheepvaart tussen beide rivieren kan plaatsvinden. De schutsluis heeft een groene kolk (aarden beloop; verticale kolkwanden ontbreken) en is voorzien van waaierdeuren (een bijzonder type waaierdeuren die zelfstandig kunnen drijven). De toepassing van waaierdeuren gaf de mogelijkheid om de sluis onder alle omstandigheden te gebruiken.

Voor 1900 werd de schutkolk vaak veel breder gemaakt dan de sluishoofden, zodat meerdere schepen tegelijk konden worden geschut. Daarbij was ook de lengte gewoonlijk groter dan die van het langste te verwachten schip. De vorm van de schutkolk was meestal rechthoekig, maar er zijn bijvoorbeeld ook kolken met een ovale plattgrond (afb. 401). In Kuinre is zelfs een schutsluis gebouwd met een min of meer waaievormig oppervlak (afb. 402). Deze sluis ligt in een bocht en de gekozen vorm maakt het mogelijk dat de schepen in de kolk kunnen draaien.

In de eerste helft van de 20ste eeuw werden diverse nieuwe kanalen aangelegd en bestaande vergroot. Ook werd de Maas gekanaliseerd, zodat er veel nieuwe schutsluizen



402. Schutsluis te Kuinre met waaievormige kolk.



403. Gekoppelde sluis in het Wilhelminakanaal te Tilburg.

moesten worden gebouwd. Voor de bepaling van de afmetingen van de kolk werd daarbij veel meer dan vroeger naar de afmetingen van de te verwachten schepen gekeken. Bij de moderne sluisen, zoals deze na de Eerste Wereldoorlog werden gebouwd, is de kolkbreedte gewoonlijk vrijwel gelijk aan de doorvaartbreedte. De kolkwanden en de sluishoofdwanden liggen in een rechte lijn.

Voor de sluisdeuren verschenen naast de puntdeuren ook moderne afsluitmiddelen zoals roldeuren, hefdeuren en segmentdeuren. Door de toepassing van de nieuwe materialen staal en gewapend beton konden veel bredere sluisopeningen worden gerealiseerd. Ook was men in staat om grotere vervallen in één keer te keren. Met name gedurende het Interbellum werd een aantal indrukwekkende sluisen gebouwd.

In het Wilhelminakanaal, gegraven van 1909 tot 1923, werden de schutsluizen uitgevoerd als bajonetsluizen<sup>515</sup>. Bij dit sluisstype verspringen de sluishoofden ten opzichte van de sluiscolkas. Ten einde bij elke sluis hetzelfde schutverlies te krijgen, moest iedere sluis dezelfde afmetingen en dezelfde schuthoogte hebben. Twee van de vier schutsluizen werden daarom uitgevoerd als een gekoppelde sluis (afb. 403).



De eerste moderne roldeuren in Nederland werden toegepast in de nieuwe schutsluis te Hansweert in het Kanaal door Zuid-Beveland<sup>516</sup>. De sluis werd gebouwd van 1912 tot 1916 en had een doorvaartbreedte van 16 m (zie afb. 107). Roldeuren bleken niet alleen geschikt te zijn voor sluisen met grote breedte, maar ook voor bajonetsluisen. Met name in Groningen en in West-Friesland werden diverse schutsluisen met roldeuren met een bovengelezen rolbaan gebouwd.

Roldeuren werden ook toegepast in de schutsluis te IJmuiden uit 1930 (afb. 404)<sup>517</sup>. De sluis kreeg een drempe diepte van 15 m –NAP, een schutlengte van 400 m en een breedte van 50 m en was daarmee lange tijd de grootste schutsluis ter wereld.

Soms moet een sluis niet twee, maar drie vaarwegen met een verschillend peil met elkaar verbinden. De schutsluis krijgt dan drie ingangen en wordt driewegsluis genoemd. Een voorbeeld hiervan is de Driewegsluis uit 1928, gebouwd in de T-kruising van de Helomavaart en de Linde op de grens tussen Friesland en Overijssel (afb. 405)<sup>518</sup>.

Een bijzondere sluis is die te Panheel in de monding van het Kanaal Wessem-Nederweert in de Maas, die in 1929 in gebruik werd gesteld (afb. 406)<sup>519</sup>. Om het schutwaterverlies te beperken, kreeg de sluis drie spaarkommen: twee open kommen en één afgesloten kom. De beide open kommen bevinden zich aan weerszijden van de sluis en de andere is in de kolkwanden en onder de vloer van het bovenhoofd aangebracht. Bij het legen van de kolk wordt een deel van het schutwater op de kommen geloosd, dat bij het vullen weer kan worden teruggevoerd.

De eerste schutsluis in Nederland met moderne hefdeuren is die in het Bossche Veld bij Maastricht in de nieuwe verbinding van de Zuid-Willemsvaart met de Maas<sup>520</sup>. Deze uit 1931 daterende sluis bezit circa 20 m hoge heftorens, verbonden door een verbindingsbrug (zie afb. 125). Ook in het in 1934 geopende Julianakanaal tussen Maastricht en Maasbracht bouwde men een aantal bijzondere schutsluisen<sup>521</sup>. De sluisen te Born en Limmel werden voorzien van hefdeuren (afb. 407). Daarbij werd de sluis te Born uitgevoerd als schachtsluis<sup>522</sup>. Met een schut hoogte van 11,35 m bezat deze sluis het grootste verval in Nederland.

De dubbele keer-schutsluis te Limmel bij Maastricht staat bijna het gehele jaar open (afb. 408).<sup>523</sup> Alleen bij zeer grote Maasafvoeren wordt de sluis gesloten. Daar de beide schutkolken in open verbinding met elkaar staan, kan slechts in één richting gelijktijdig worden gesloten. De nu verdwenen schutsluisen bij Maasbracht en Roosteren hadden in het bovensluishoofd een klepdeur als afsluitmiddel<sup>524</sup>.

In 1933 werden de Parksluisen te Rotterdam in gebruik genomen, bestaande uit twee schutsluisen (zie afb. 129). De grootste werd voorzien van roldeuren, terwijl de kleinste sluis een voor Nederland geheel nieuw type afsluitmiddel kreeg: de segmentdeur<sup>525</sup>.

Bijzondere schutsluisen komen ook voor in het in 1935 geopende Twenthekanaal<sup>526</sup>. In het benedenhoofd van



404. De Noordersluis te IJmuiden.



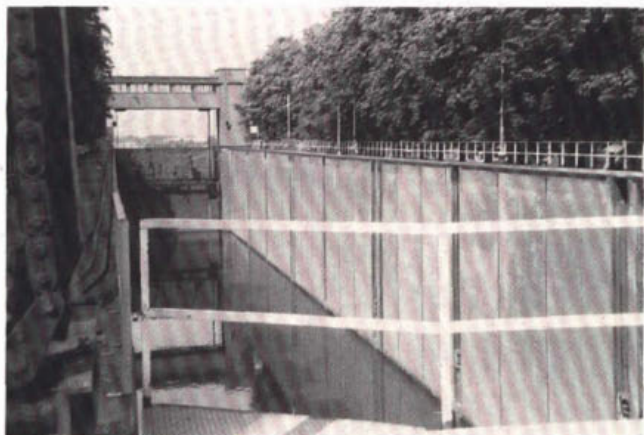
405. De Driewegsluis in de Linde bij de splitsing met de Helomavaart.



406. Spaarkom naast de schutsluis bij Panheel in het Kanaal Wessem-Nederweert.

de schutsluis te Hengelo komt een unieke toepassing van roldeuren voor. Ten einde een symmetrisch sluishoofd te krijgen, werden dubbele roldeuren (porte brisée) met een bovenliggende rolbaan toegepast (zie afb. 133). Dit was mogelijk doordat de sluis als schachtsluis is uitgevoerd.





407. Schachtsluis te Born.



408. Keerschutsluis bij Limmel.



409. De Prinses Irenesluis in het Amsterdam-Rijnkanaal bij Wijk bij Duurstede.

Voor de andere afsluittmiddelen werden hefdeuren toegepast. In Eefde werden de bijbehorende heftorens boven de deur gekoppeld door een verbindingsbrug, terwijl in Delden en in Hengelo losse heftorens zijn toegepast (zie afb. 132).

De uit 1938 daterende Prinses Irenesluis in het Amsterdam-Rijnkanaal te Wijk bij Duurstede was met een kolkengte van 350 m de langste binnenscheepvaartsluis van Europa (afb. 409)<sup>527</sup>. De sluis kreeg een tussenhoofd en bezat drie hefdeuren met afdrukmechanisme. De kolk wordt gevuld en geleegd via in de deuren aangebrachte schuiven.

## 5.2. Schutsluistypen

Schutsluizen komen in vele typen en vormen voor. Een aantal daarvan hangt af van de plaats waar de sluis zich bevindt. Andere typen zijn weer afgeleid van de kwantiteit en de kwaliteit van de scheepvaart. Daaruit blijkt reeds dat de verschillende typen ook in combinatie kunnen voorkomen. Van de belangrijkste zal in het navolgende een beschrijving worden gegeven. Omdat puntdeuren het meest zijn toegepast, zullen deze in de voorbeelden worden gebruikt, tenzij een ander type afsluittmiddel meer voor de hand ligt.

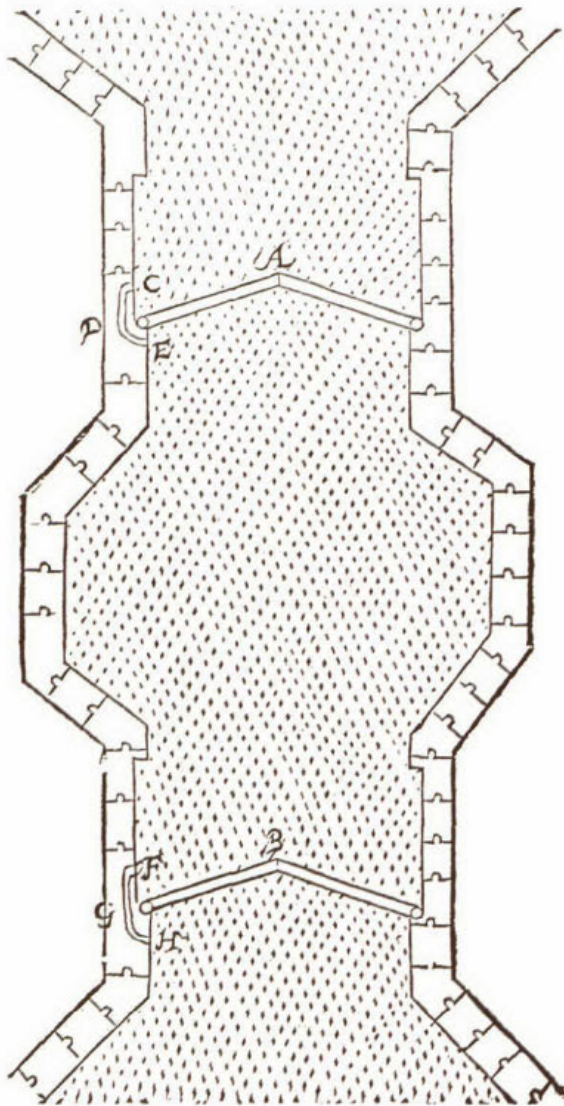
Vaak, met name bij de meer belangrijke sluisen, bevinden zich bij de sluis één of meer bedieningshuisjes. In de buurt van de sluis werden vroeger ook vaak de woningen voor de sluiswachters gebouwd. Bij kleine en minder belangrijke sluisen is meestal volstaan met één sluiswachterswoning, terwijl bij grote en belangrijke sluisen meerdere sluiswachterswoningen voorkomen. Bij aan zee gelegen sluisen komt men nog wel eens een peilschaalhuisje tegen, zoals bij het sluiscomplex in het Kanaal door Zuid-Beveland te Wemeldinge in Zeeland en de Lemstersluis te Lemmer in Friesland. Hoewel deze niet onbelangrijk zijn en vaak fraai zijn vormgegeven, zullen deze in dit boek echter niet worden behandeld.

## Gewone kanaalsluis

Bij sluisen in kanalen hoeft het water gewoonlijk slechts in één richting te worden gekeerd, waardoor kan worden volstaan met in elk sluishoofd één stel deuren. Simon Stevin geeft in zijn boek 'Sterctebou' een plattegrond van een dergelijke sluis (afb. 410). Het sluishoofd aan de zijde met de hoge waterstand (A) wordt het bovensluishoofd en dat aan de kant van het lage water (B) het benedensluishoofd genoemd.

Enkelkerende kanaalsluisen komen voor tussen twee kanaalpannen en in gekanaliseerde rivieren, evenwijdig aan de stuw. Het kanaalpannd met de hoogste waterstand wordt het bovenpand genoemd en het andere het benedenpand. Ook een sluis die de vaarwegen van twee polders met een ongelijk polderpeil verbindt, waarbij de waterstand van de ene polder altijd hoger is dan die van de andere, wordt als kanaalsluis uitgevoerd. De schuthoogte in deze sluisen is vrijwel constant, hoogstens is er enig verschil tussen zomer- en winterpeil.



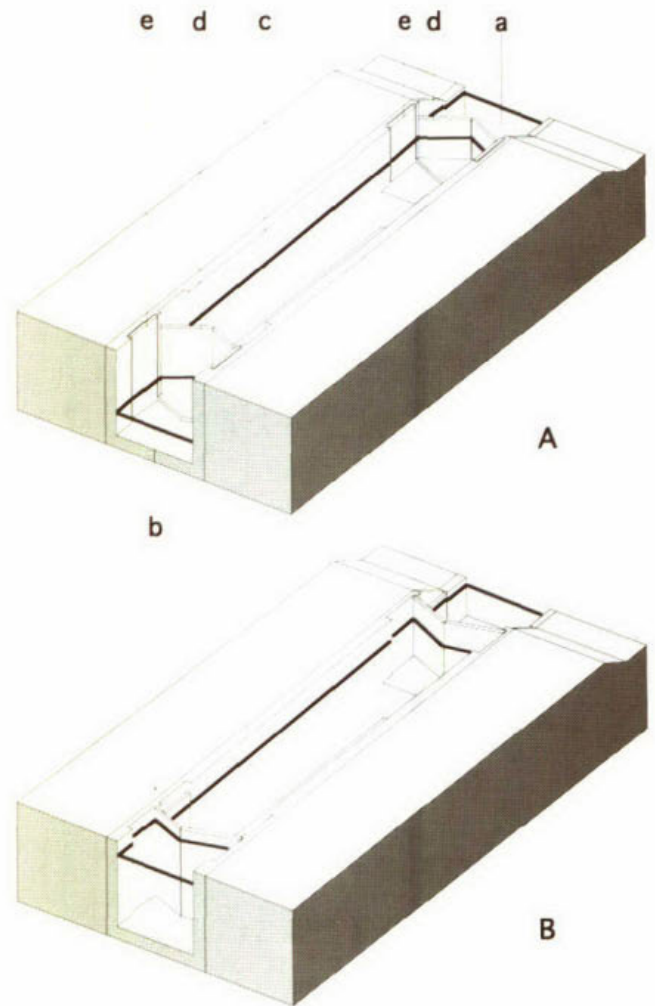


410. Tekening van een kanaalsluis volgens Stevin. A = bovenhoofd, B = benedenhoofd. CDE en FGH = omloopriolen.

### Dubbelkerende sluis

Deze komt voor in de uitmonding van een kanaal in een rivier of in zee. De waterstand van een rivier kan zowel hoger als lager zijn dan die van het kanaal. Het water zal dus naar twee zijden gekeerd moeten kunnen worden. In dat geval zijn bij toepassing van bijvoorbeeld puntdeuren in elk sluishoofd minimaal twee stel deuren nodig (afb. 411). Bij deze sluisen wordt het sluishoofd aan de rivierzijde het buitenhoofd en dat aan de kanaalzijde het binnenhoofd genoemd.

Ook bij zeesluisen zal het water, ten gevolge van eb en vloed, meestal naar twee zijden gekeerd moeten kunnen worden. De stroom- en keerrichting verandert hier met eb en vloed mee, dus ongeveer vier maal per dag. Bij toepassing van puntdeuren moeten de sluishoofden daarom



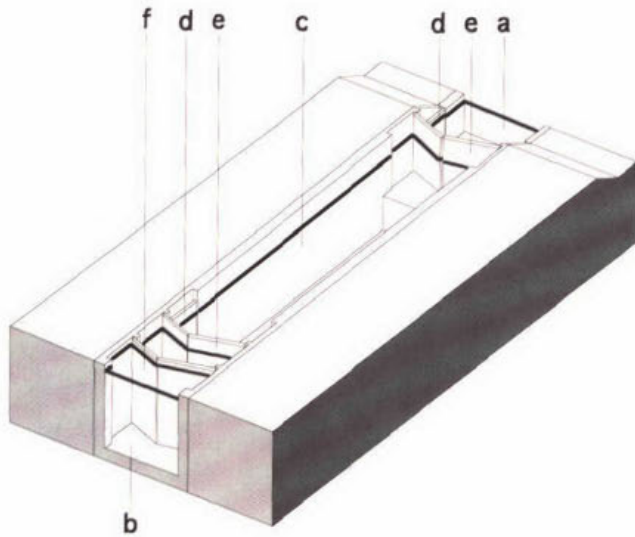
411. Dubbelkerende sluis: (A) laag buitenwater en (B) hoog buitenwater. a = binnenwater, b = buitenwater, c = schutkolk, d = eb-deuren, e = vloeddeuren.

zijn voorzien van eb- en vloeddeuren. Bij zeesluisen onderscheidt men eveneens een buitenhoofd (aan de zeezijde) en een binnenhoofd.

De deuren in het buitenhoofd heten buiteneb- en buitenvloeddeuren, die in het binnenhoofd binneneb- en binnenvloeddeuren. De binnendeuren werden vroeger ook wel verse of zoete deuren genoemd en de buitendeuren zoute deuren. Gewoonlijk bezit het buitenhoofd voor de veiligheid een extra stel stormvloeddeuren (afb. 412). Deze zijn bij storm en extreem hoge waterstanden gesloten, zodat in die situatie geen scheepvaart kan plaatsvinden. Door de ontwikkeling van de bouwtechniek waardoor de deuren sterker en meer bedrijfszeker werden, paste men na 1945 nauwelijks meer stormvloeddeuren toe.

Om financiële redenen werd de schutsluis soms zo gebouwd, dat er onder extreem hoge of lage waterstanden niet gesluisd kan worden. Om bijvoorbeeld bij zeer hoge buitenwaterstanden te kunnen schutten, moet de bovenkant van de kolkwanden en van het binnenhoofd op ge-





412. Dubbelkerende sluis met stormvloeddeuren.  
*a = binnenwater, b = buitenwater, c = schutkolk, d = ebdeuren, e = vloeddeuren, f = stormvloeddeuren.*



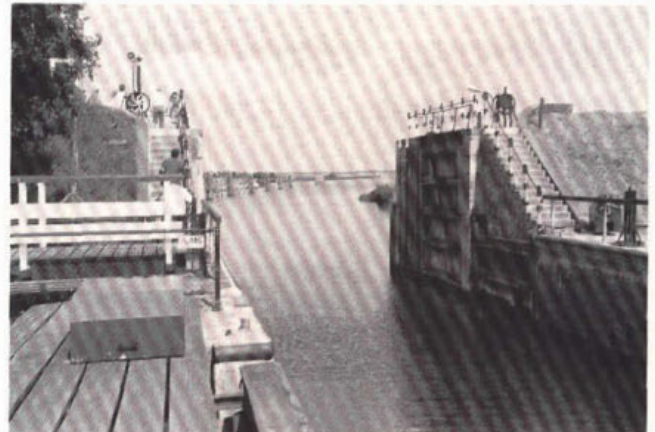
413. Het buitensluishoofd van het Benedensas in de uitmonding van de Steenbergsche Vliet bij Steenberg.

lijke hoogte liggen met die van het buitenhoofd. De hoogste waterstand waarbij nog geschut kan worden, wordt het schutpeil genoemd. Een voorbeeld van een schutsluis met een hoger buitenhoofd is het Benedensas in de uitmonding van de Steenbergsche Vliet bij Steenberg (afb. 413). Ook het voormalige buitenhoofd van de schutsluis in de uitmonding van de Linge in de Bovenmerwede te Gorinchem bezat eb-, vloed- en stormvloeddeuren (afb. 414). Zelfs de vloeddeuren van het buitensluishoofd waren hoger dan die van het binnensluishoofd en de kolkwanden. Bij hoge waterstanden van de Merwede kon al spoedig niet meer worden geschut.

Bij zeer lage buitenwaterstanden moeten de drempel van het buitenhoofd en de bodem van de schutkolk voldoende diep liggen om scheepvaart tussen kolk en buitenwater mogelijk te maken. Bij zeesluizen werd de drempel soms zo hoog gelegd, dat schepen met een grote diepgang niet bij laagwater konden worden geschut. Een dergelijke sluis wordt vaak tijsluis genoemd: de schepen moeten een



414. Het voormalige buitensluishoofd van de schutsluis in de uitmonding van de Linge in de Boven Merwede te Gorinchem.



415. De middensluis te IJmuiden: schutsluis met tussenhoofd.

beter tij (hoogwater) afwachten om naar binnen of naar buiten te kunnen varen.

### Schutsluis met tussenhoofd

Moest een sluis dienst doen voor schepen met verschillende lengte, dan werd de lengte van de schutkolk gebaseerd op die van het langste schip. Om kleine schepen snel en met weinig waterverlies te schutten, kreeg de kolk een tussenhoofd. Dit tussenhoofd verdeelde de sluis in twee gewoonlijk ongelijke delen. Al naar gelang de grootte van het te schutten schip of het aantal schepen werd de kleine of de grote kolk of werden beide kolken gezamenlijk gebruikt. Een voorbeeld van een dergelijke sluis is de Middensluis te IJmuiden (afb. 415). De sluis met tussenhoofd vond met name toepassing in lange sleepvaartsluizen, zoals de Prinses Irenesluis te Wijk bij Duurstede (zie afb. 409).



Vormt de sluis de verbinding met een rivier, dan kan men bij extreem hoge of extreem lage waterstanden de sluis als gekoppelde sluis gebruiken. Het gehele sluisdeel tussen het buiten- en het tussenhoofd moet wel op voldoende hoogte zijn gebracht, in plaats van alleen het buitenhoofd. De meeste schepen kunnen nu altijd de sluis gebruiken, alleen grote schepen moeten wachten op normale waterstanden.

### Gekoppelde sluis

Een gekoppelde sluis wordt ook wel getrapte sluis genoemd. De eenvoudigste gekoppelde sluis lijkt op een kanaalsluis met een tussenhoofd (afb. 416). Het verschil hiermee is echter dat het niveauverschil tussen de waterweg voor en achter de sluis over beide sluiscolken moet worden verdeeld. Een dergelijke gekoppelde sluis wordt tweetrapssluis genoemd.

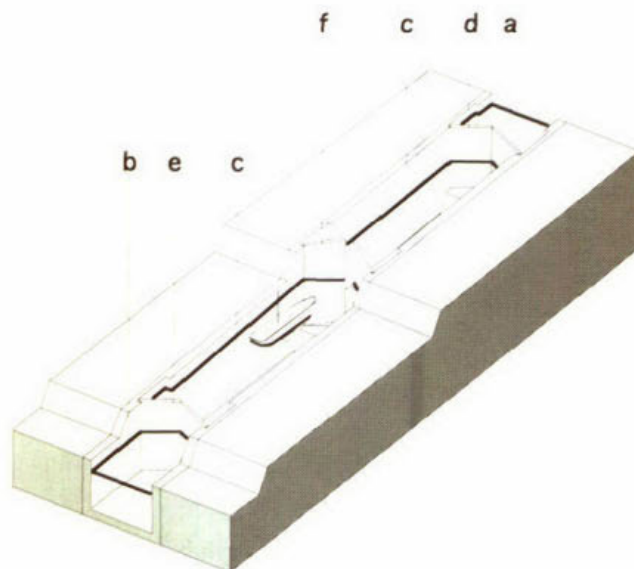
In Nederland werd voor 1900 vanwege de bodemgesteldheid een schuthoogte van 3 m als het maximum beschouwd. Bij grotere schuthoogten was men namelijk bang voor onderloopsheid en voor het uitwijken van de sluiswanden bij toepassing van puntdeuren. Moest op korte afstand een groter niveauverschil worden overwonnen, dan koos men voor een gekoppelde sluis. Op plaatsen waar de schuthoogte grote variaties vertoonde, kon afhankelijk van de grootte van het niveauverschil met één of meer kolken worden geslut.

Gekoppelde sluisen komen voor in de uitmonding van een kanaal in een rivier, waarbij het verval groot kan worden, en in sterk olopemde gebieden. Ook wanneer men het schutverlies zo beperkt mogelijk wil houden, wordt wel voor een getrapte sluis gekozen. Alle sluisen en sluiscolken worden dan even groot gemaakt en krijgen een schuthoogte. Tweetrapssluisen zijn onder meer gebouwd in het Kanaal Almelo-Nordhorn ten noorden van Weerseloo (zie afb. 102) en in het Wilhelminakanaal te Tilburg (zie afb. 403). Voorbeelden van gekoppelde sluisen in de kruising van een kanaal met een rivier zijn de sluisen in het Merwedekanaal bij Vianen en Vreeswijk (afb. 417).

In Nederland is naast een aantal tweetrapssluisen ook een drietrapssluis gebouwd, namelijk in de uitmonding van het Apeldoornsch Kanaal in de IJssel bij Dieren (zie afb. 399). Deze sluis is echter inmiddels afgebroken. Soms bouwde men twee sluisen vlak achter elkaar, zoals de Snellesluis bij Moordrecht en een schutsluiscomplex bij Rijsenhout in de Haarlemmermeerpolder. De tussen de beide sluisen gelegen korte vaarweg kon dan als derde schutkolk dienen. Met de komst van nieuwe materialen en nieuwe bouwtechnieken kon men sluisen bouwen die in één keer een grote schuthoogte kunnen overwinnen. De grootste schuthoogte kwam voor 1940 voor bij de schachtsluis te Born en bedroeg 11,35 m (zie afb. 407).

### Bajonetsluis

Vroeger was de kolkbreedte vaak veel groter dan de doorvaartbreedte tussen de sluishoofden. Bij de moderne



416. Gekoppelde sluis.

a = bovenpand van het kanaal, b = benedenpand, c = sluiscolken, d = deuren bovensluishoofd, e = deuren benedensluishoofd, f = deuren tussenhoofd.

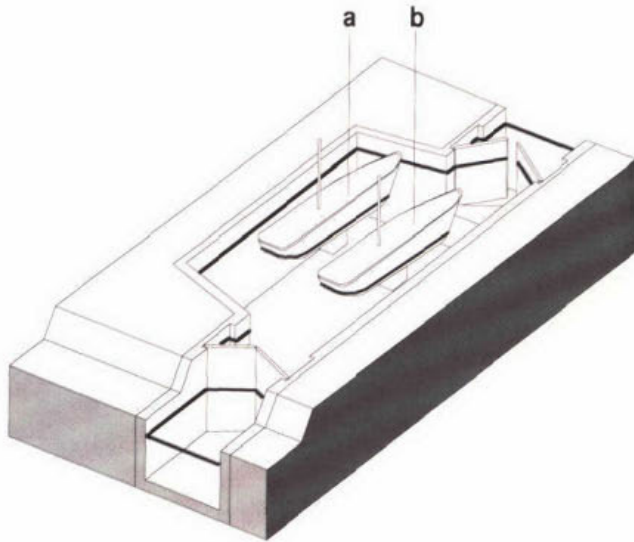


417. De Koninginnesluis te Vreeswijk (Nieuwegein): de gekoppelde sluis gezien vanaf het buitensluishoofd.

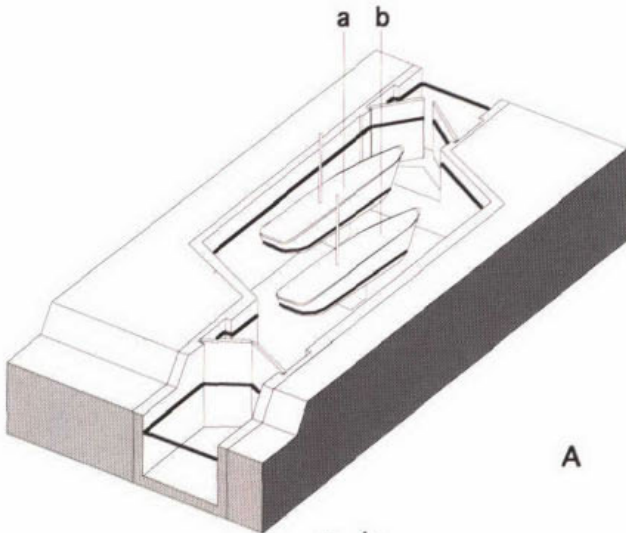
sluisen is de kolk meestal even breed als de doorvaartbreedte. Rond 1900 bouwde men echter nog veel sluisen, waarvan de kolkbreedte groter was. Wel hield men voor de bepaling van de kolk grootte meer rekening met de afmetingen van de te verwachten schepen. De breedte werd dan zodanig gekozen, dat twee of drie grote schepen naast elkaar konden liggen.

Was de kolk geschikt voor twee naast elkaar gelegen schepen, dan werd de verbreding naar één zijde gemaakt (afb. 418). De beide sluishoofden bevonden zich daarbij aan de andere kant van de sluisas. Zouden deze zich in de as van de sluis bevinden, dan zou er extra ruimte nodig zijn om de schepen naar binnen of naar buiten te kunnen varen. De nuttige kolk lengte zou daardoor veel kleiner zijn dan de werkelijke lengte, wat de sluis onnodig duur maakt. Bij schutsluisen waarbij drie grote schepen naast

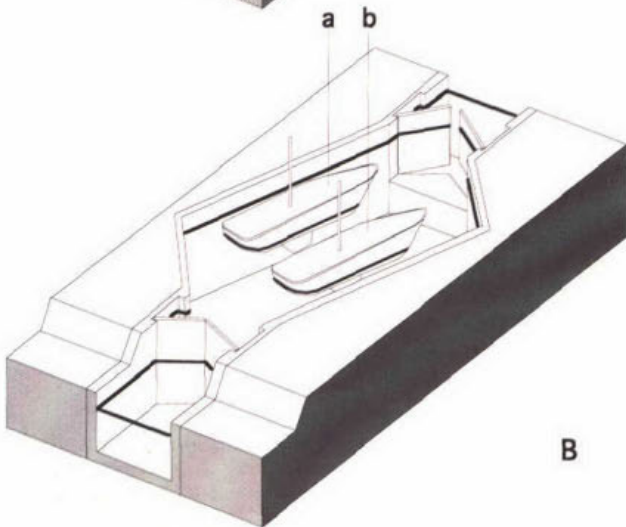




418. Schutsluis met verbrede kolk.  
*a = eerst binnenvarende schip, b = laatst binnenvarende schip.*



A



B



419. Schutsluis met brede kolk in het Kanaal door Zuid-Beveland bij Wemeldinge.

elkaar in de kolk kunnen liggen, kunnen de beide sluis-  
 hoofden zich wel in het midden van de sluis bevinden  
 (afb. 419).

Een nadeel van bovengenoemde uitvoering is echter dat  
 het eerst aankomende schip het laatste de sluis verlaat. In  
 de 20ste eeuw werd daarom gekozen voor een andere  
 oplossing, waarbij de beide sluishoofden niet in elkaars  
 verlengde maar ten opzicht van elkaar verschoven zijn  
 geplaatst (afb. 420). Het schip dat nu het eerst de sluis  
 binnenvaart, komt recht voor het andere sluishoofd te  
 liggen en zal de kolk ook weer als eerste verlaten.

Een dergelijke sluis wordt bajonetsluis genoemd, waar-  
 van twee uitvoeringen bestaan. Bij nieuw te graven vaar-  
 wegen kan men de as van de beide aansluitende vaarwe-  
 gen ten opzicht van elkaar laten verspringen (A). De as  
 van de kolk loopt dan evenwijdig aan en ligt tussen de  
 beide kanaalassen in. Ook als het kanaal dezelfde breedte  
 heeft als de sluis, kan deze uitvoering worden toege-  
 past. Dit is onder meer het geval bij de sluisen in het  
 Noordbrabantse Wilhelminakanaal (zie afb. 403).

Met name bij bestaande vaarwegen kan het bezwaarlijk  
 zijn om de kanaalassen te laten verspringen. De sluis  
 wordt dan scheef op de kanaalassen gebouwd, waarbij de  
 doorgetrokken as midden door de sluishoofden loopt  
 (afb. 420B). Voor deze uitvoering is gekozen bij de bouw  
 van de nieuwe schutsluis 15 in de Zuid-Willemsvaart bij  
 Nederweert.

### Dubbele sluis

Een dubbele sluis bestaat uit twee naast elkaar gelegen  
 sluisen van verschillende afmetingen. Het toenemen van  
 de afmetingen van de schepen kon er de oorzaak van zijn  
 dat de bestaande sluis niet meer voldeed. Soms werd dan  
 naast deze sluis een grotere gebouwd, waarbij de oude  
 sluis nog voor kleine schepen werd gebruikt. Een voor-

420. Bajonetsluisen: (A) met versprongen kanaalassen en (B) met scheve sluisas.

*a = eerst binnenvarende schip, b = laatst binnenvarende schip.*



beeld hiervan is het sluiscomplex te IJmuiden, waar zelfs twee grotere sluisen na de ingebruikneming werden bijgebouwd.

Soms wil men echter grote en kleine schepen bewust scheiden, zoals bij de Willemsluis in het Noordhollandsch Kanaal te Amsterdam (afb. 421). Reeds bij de aanleg werden daar twee sluisen gebouwd, één voor kleine en één voor grote schepen. Ook het sluiscomplex te IJmuiden kreeg al bij de eerste aanleg behalve een uitwateringsluis twee schutsluisen van verschillende grootte (afb. 422).

Bij het voormalige sluiscomplex te Hansweert werd, kort na de bouw van de eerste sluis in 1965, een kleinere sluis als reservesluis toegevoegd<sup>528</sup>. Omdat de capaciteit van deze sluisen te klein werd, besloot men in 1907 tot de bouw van een derde, maar nu grotere sluis. In Wemeldinge, aan het andere uiteinde van het Kanaal door Zuid-Beveland, gebeurde hetzelfde, zij het iets later.

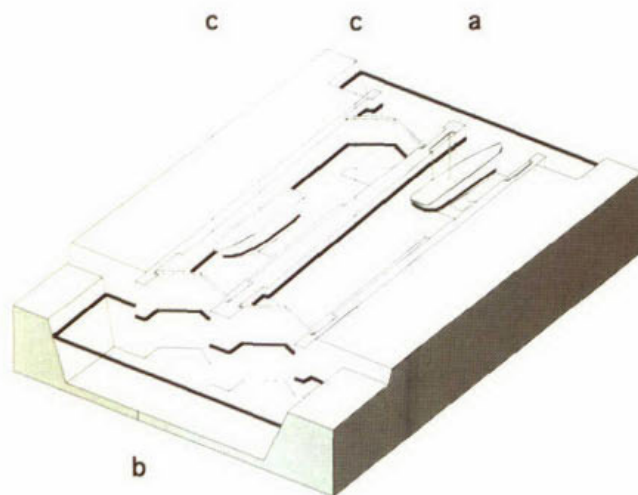
### Tweelingsluis

In kanalen waarin men veel scheepvaartverkeer verwacht, worden vaak twee gelijke sluisen naast elkaar gebouwd (afb. 423). Op deze wijze kan separaat in beide richtingen worden geschut en zal de op- en neergaande scheepvaart elkaar niet hinderen. Een dergelijke sluis wordt tweelingsluis genoemd. Ook als later een tweede sluis van dezelfde omvang wordt toegevoegd, spreekt men van een tweelingsluis. Men zou deze als een bijzondere vorm van de dubbele sluis kunnen beschouwen. Een voorbeeld van een tweelingsluis is de Beatrixsluis in het Lekkanaal te Vreeswijk (afb. 424). De enkele sluisen te Maasbracht en Roosteren in het Julianakanaal werden rond 1970 vervangen door één drielingsluis te Maasbracht.

Een merkwaardige tweelingsluis is die aan het begin van het Julianakanaal bij Limmel (zie afb. 408). De beide schutkolken van deze sluis zijn onderling verbonden: de tussenwand bestaat uit een aantal meerstoelen, onderling



422. Dubbele schutsluis te IJmuiden tijdens de bouw in 1872 met geheel rechts de uitwateringsluis.



423. Tweelingsluis. a = bovenpand van het kanaal, b = benedenpand, c = sluis-kolken.

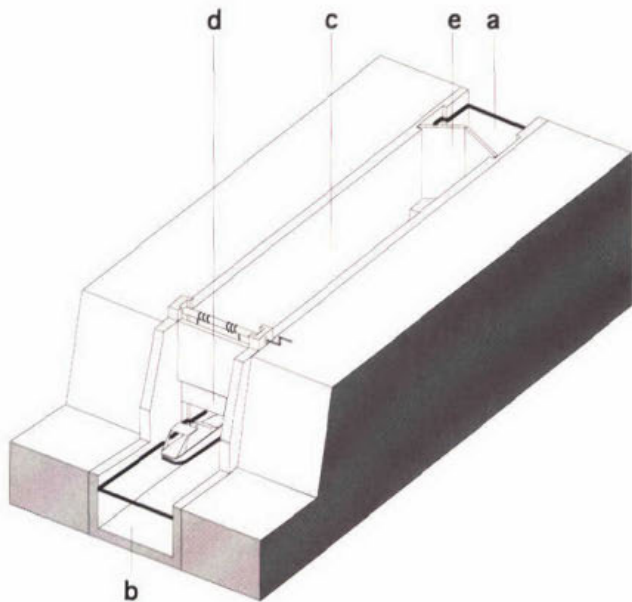


421. De Willemsluis in het Noordhollandsch Kanaal te Amsterdam tijdens de renovatie in 1867.



424. Tweelingsluis (Beatrixsluis) in het Lekkanaal bij Nieuwegein.





#### 425. Schachtsluis.

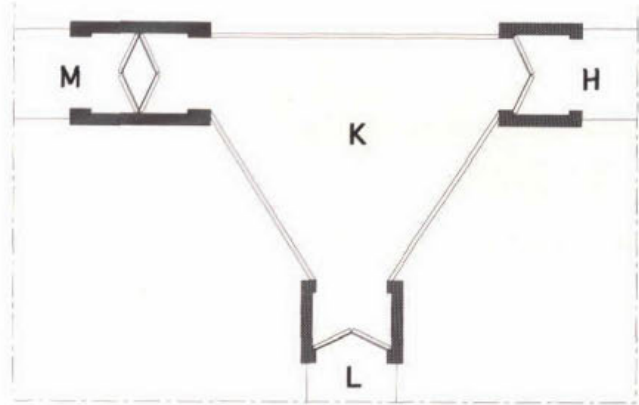
*a = bovenpand van het kanaal, b = benedenpand, c = sluis-kolk, d = sluisdeuren benedenpand (schacht), e = sluisdeuren bovenpand.*

gekoppeld door een verbindingsbrug. De mogelijkheid om separaat in beide richtingen te schutten ontbreekt hier. Beide sluisen kunnen slechts tegelijkertijd en in één richting schutten. Normaal staan de sluisen echter open en hebben de op- en de neergaande vaart een eigen opening ter beschikking. Slechts bij zeer hoge of lage waterstanden wordt de sluis in werking gesteld. In dat geval kunnen de opgaande schepen de ene kolk binnenvaren, terwijl de neergaande schepen de andere verlaten en omgekeerd. De wachttijden worden daarmee aanmerkelijk beperkt.

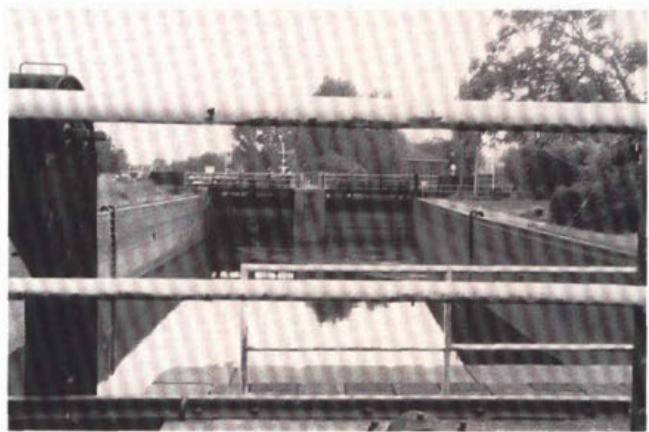
#### Schachtsluis

Door de invoering van de nieuwe bouwmaterialen staal en gewapend beton en van nieuwe technieken was men in staat veel grotere vervallen in één keer te overwinnen. Een gekoppelde sluis was niet meer nodig en raakte buiten gebruik. Een grote schuthoogte hield echter ook in, dat in het benedenhoofd zeer hoge deuren nodig waren. Daarom werd dit sluishoofd vaak als koker of schacht uitgevoerd, zodat de deur tevens een bovenaanslag kreeg (afb. 425). De bovenkant van de deuren lag daarbij meestal onder de waterspiegel van het bovenpand.

De koker heeft een zodanige hoogte dat de doorvaarthoogte niet kleiner is dan de minimale doorvaarthoogte die voor het aansluitende kanaal geldt. Bekende schachtsluizen zijn die te Born in het Julianakanaal (zie afb. 407) en die te Hengelo in het Twenthekanaal (zie afb. 133).



426. Driewegsluis. *K = schutkolk, H = vaarweg met hoogste waterstand, L = vaarweg met laagste waterstand, M = vaarweg met tussenliggende waterstand.*



427. Driewegsluis in het Damsterdiep te Groningen.

#### Driewegsluis

Meestal verbindt een schutsluis twee waterwegen of twee kanaalpannen met elkaar. Soms moet een sluis echter drie vaarwegen met een verschillend waterpeil verbinden. Men bouwt dan een sluis met drie openingen, een driewegsluis genoemd (afb. 426). Bij een dergelijke sluis moet minstens één sluishoofd dubbelkerend worden uitgevoerd. Dit is het sluishoofd naar de vaarweg, waarvan de waterstand tussen die van de beide andere in ligt. Soms is meer dan één sluishoofd dubbelkerend, bijvoorbeeld bij variërende waterstanden. Driewegsluisen zijn onder meer gebouwd in het Damsterdiep in de stad Groningen (afb. 427) en in de Linde bij de kruising met de Helomavaart (zie afb. 405).

#### Schutsluis met spaarkommen

Tijdens het schutten verdwijnt er water van het bovenpand naar het benedenpand. Wanneer geen water aan het bovenpand zou worden toegevoegd, komt het waterpeil daarvan steeds lager te staan en zou uiteindelijk dit



pand droogvallen. Staat dit pand in verbinding met een rivier, waarvan de waterhoogte groter is, dan kan het schutverlies gemakkelijk worden aangevuld. Is dit niet het geval, dan moet er water van elders worden aangevoerd. Het bovenpand van het Apeldoornsch Kanaal was bijvoorbeeld aangesloten op een wel.

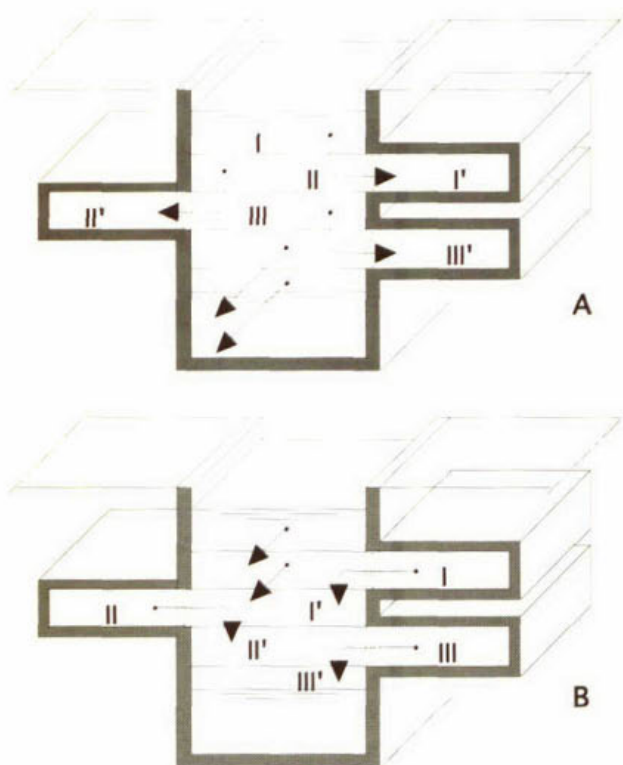
Soms was het echter niet of nauwelijks mogelijk om het schutverlies aan te vullen. Met name gedurende droge periodes konden daardoor grote problemen ontstaan. Bij het schutverlies kwam nog het verlies door verdamping, wat vaak veel groter was. Het verlies kon worden beperkt door het aanleggen van spaarkommen. Deze bestaan uit een aantal reservoirs, waarvan de bodems op verschillende hoogten liggen (afb. 428).

Het systeem werkt het gunstigst als het schutverlies in een aantal gelijke delen wordt verdeeld en de inhoud van een reservoir of spaarkom gelijk is aan zo'n deel. Het aantal spaarkommen moet daarbij twee minder zijn dan het aantal delen van het schutverlies, waarbij naast het bovenste en naast het onderste deel geen reservoir aanwezig is.

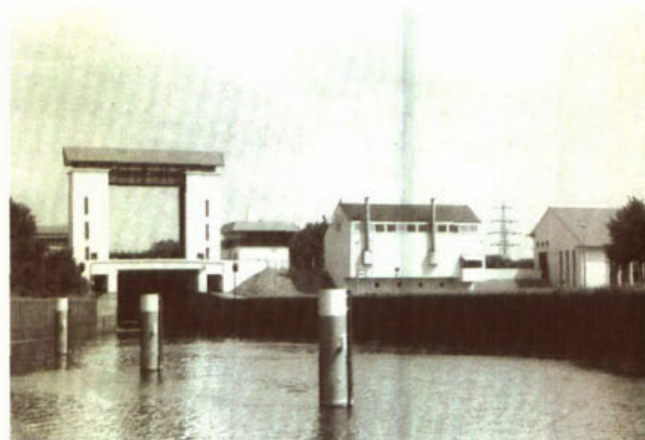
Bij het schutten van hoog naar laag laat men door de schuif van het bovenste reservoir te openen water van het bovenste deel van de schutkolk in dit reservoir lopen. Nadat dit reservoir is gevuld en het water op gelijke hoogte staat, wordt de schuif gesloten. Door vervolgens de schuif naar de tweede en lager gelegen spaarkom te openen, zal er water dit reservoir binnenstromen. Nadat op gelijke wijze ten slotte de onderste kom is gevuld, moet de inhoud van de onderste twee delen van de schutkolk als echt schutverlies op het benedenpand worden geloosd.

Om het water in de schutkolk weer op gelijke hoogte met het bovenpand te krijgen, wordt eerst de inhoud van het onderste reservoir in de kolk geloosd. De schuif moet daarna worden gesloten, waarna men de inhoud van de volgende spaarkom de schutkolk binnen laat lopen. De laatste twee delen moeten met water uit het bovenpand worden gevuld, wat weer het echte schutverlies aangeeft. Bij toepassing van drie spaarkommen vermindert het schutverlies met 60%. Theoretisch gezien kan het schutverlies tot vrijwel nul worden teruggebracht, door een zeer groot aantal spaarkommen toe te passen. In de praktijk is dit echter niet uitvoerbaar. Een verdeling van de schuthoogte in achten en daarbij zes spaarkommen geven een besparing van 75%. Het aantal reservoirs neemt dus sneller toe dan de besparing. De sluis te Panheel bezat drie spaarkommen, waarvan er twee aan weerszijden van de sluis lagen en één als een groot riool in de kolkwanden en onder de vloer van het bovenhoofd (zie afb. 406).

Juist in droge periodes zullen de verdampingsverliezen vaak veel groter zijn dan de schutverliezen. Het nuttig effect van de spaarkommen is over het algemeen dan ook niet zo groot. Open reservoirs, zoals die bij de sluis te Panheel zijn toegepast, geven nog een extra verdampingsverlies. Later werd het totale waterverlies aangevuld door naast de schutsluis een gemaal te plaatsen, die water terugpompte van het benedenpand naar het bovenpand. Dit is onder meer toegepast bij de sluizen in het Twenthekanaal (afb. 429).



428. Werking van een Schutsluis met (drie) spaarkommen: (A) het vullen van de schutkolk en (B) het legen van de kolk. Waterdeel I gaat naar I', II naar II' en III naar III'.

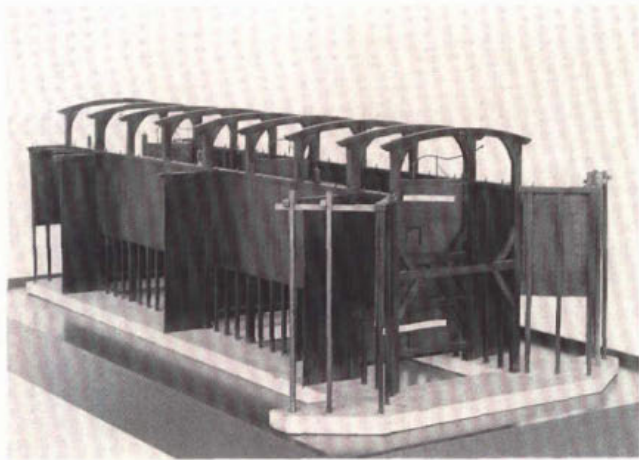


429. De schutsluis in het Twenthekanaal te Eefde bij Zutphen met rechts het gemaal.

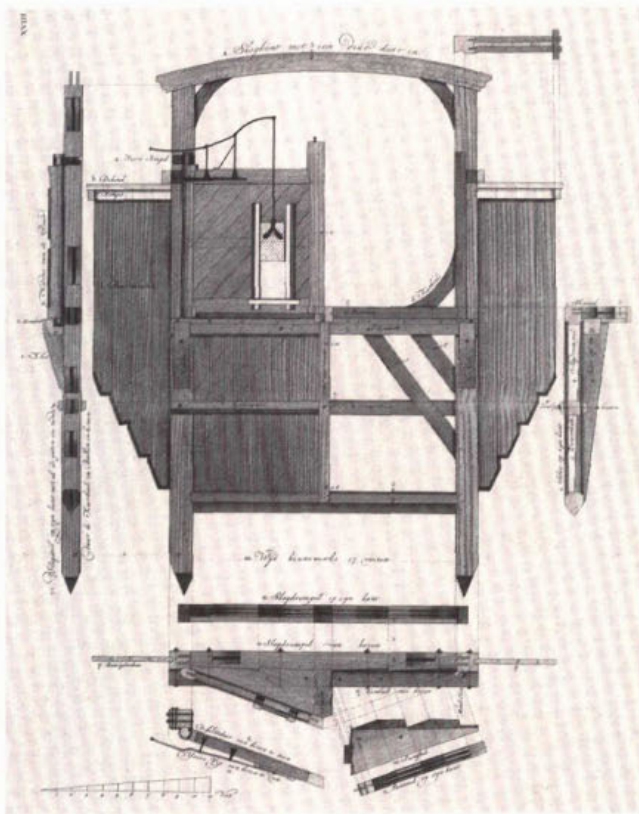
### 5.3. Constructie van het sluishoofd

Een schutsluis bestaat uit twee (of meer) sluishoofden, onderling verbonden door een schutkolk. Er zijn hierbij in principe twee mogelijkheden: schutsluizen waarbij sluishoofden en kolk één geheel vormen en sluizen waarbij de hoofden geheel los van elkaar staan en worden verbonden door bijvoorbeeld een groene kolk. In het laatste





430. Maquette van een steeksluisje met damwanden en zijschermen.



431. Slaggebint van een steeksluisje volgens Van der Horst (1736).

geval zou men kunnen spreken van twee keersluizen, waarbij de tussenliggende waterweg als schutkolk fungeert.

Het sluishoofd bevat de afsluitmiddelen en moet dus de waterdruk op de deuren afvoeren naar de ondergrond. De constructie van het sluishoofd komt vrijwel overeen met die van een stroomsluis. In dit hoofdstuk zullen

daarom alleen de constructies worden beschreven die daarvan verschillen.

## Houten sluisen

Evenals de stroomsluisen werden ook de eerste schutsluisen van hout gebouwd. Het is niet bekend of bij deze sluisen de hoofden en de kolk één geheel vormden. Het ligt echter voor de hand dat kleinere schutsluisen hebben bestaan uit een groot aantal achter elkaar geplaatste gebinten (zie afb. 394). Aan beide uiteinden bevonden zich dan de deurgebinten, terwijl de ruimte daartussen als 'schutkolk' fungeerde. De gebinten bestonden uit een drempel met daarop twee stijlen, die aan de bovenzijde zijn verbonden door een sloof. Het gehele sluisgebouw werd voorzien van een planken vloer en wanden, zoals eerder bij de stroomsluisen is beschreven.

Grote overeenkomst met de hiervoor genoemde sluisen vertoont het houten steeksluisje. Een steeksluisje bestaat eveneens uit een aantal gebinten, waaronder minstens twee slag- of deurgebinten. De gebinten worden echter vooraf in elkaar gezet en daarna in zijn geheel in een vooraf gebaggerde sleuf geheid.

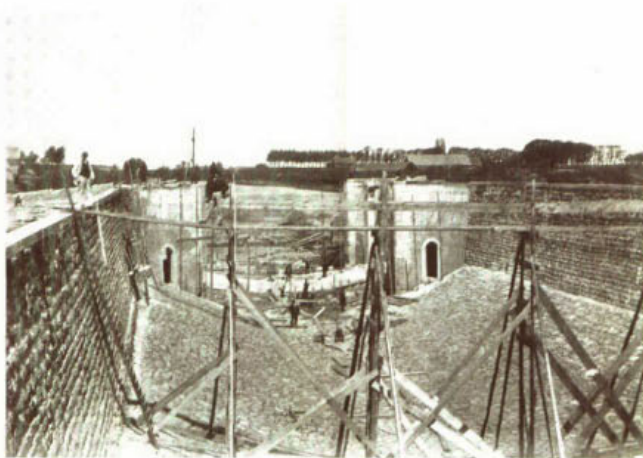
De gebinten zijn opgebouwd uit twee lange zware stijlen, aan elkaar gekoppeld door twee koppelbalken, één aan de bovenzijde over de stijlen en één ter plaatse van de kolkbodem (afb. 430). De onderdelen van een gebint zijn onderling verbonden door een pen-en-gatverbinding met houten nagels, terwijl de stijfheid wordt verhoogd door een viertal korbelen. De gebinten worden op afstand gehouden door houten sloven. Deze vormen tevens de bovenkant van de beide beschoeiingen, die aan weerszijden het sluislichaam begrenzen.

De slaggebinten hebben een meer gecompliceerde constructie. Ook deze bestaan uit twee stijlen verbonden door een koppelbalk aan de bovenzijde, een slagbalk en beneden de slagbalk één of twee koppelbalken of -platen (afb. 431). Onder de slagbalk en tegen de koppelbalken worden damplanken gespijkerd, terwijl ook aan weerszijden van het gebint een scherm wordt aangebracht. Deze damwanden, ook wel baard genoemd, moeten onder- en achterloopsheid tegengaan.

De slagdrempel vormt een gelijkbenige driehoek, met een hoofdbalk als basis, twee puntstukken als benen en een slotstuk als hoogtelijn. Daaronder bevindt zich de kombalk met aan beide uiteinden een cilindervormig gat, waarin de taatskom wordt geplaatst. De slagdrempel wordt bij de stijlen ondersteund door twee houten klossen, en is in het midden van de slagdrempel met een grote houten klos afgeschoord naar de onderste koppelbalk. Bij dubbelkerende sluisen is de slagdrempel symmetrisch uitgevoerd.

Steeksluisjes werden toegepast op plaatsen met slappe grondlagen. Het sluisje is goedkoop in uitvoering maar duur in onderhoud. Langs de Rotte liggen een tweetal replica's van een dergelijke houten sluis: het Bleiswijkse Verlaat bij Bleiswijk en het Boterdorpsche Verlaat te Rotterdam-Hillegersberg (afb. 18). Soms werden alleen de beide sluishoofden uitgevoerd als een steeksluisje en





432. Contragewelf in de eerste schutsluis (voormalige Middensluis) te Hansweert in het Kanaal door Zuid-Beveland tijdens de bouw in 1865.

werd daartussen een groene kolk gebaggerd, eventueel voorzien van een eenvoudige houten beschoeiing. Een voorbeeld van een steeksluisje met een groene kolk is de schutsluis die de polder Oldelamer bij Wolvega verbond met de Tjonger (zie afb. 395).

### Gemetselde sluisen

De constructie van een stenen sluishoofd komt in grote lijnen overeen met die van een gemetselde stroomsluis. Als fundering wordt meestal een paalfundering toegepast. Bij een schutsluis worden bij vlakke gemetselde vloeren altijd zwalpen toegepast (zie afb. 376). Dit had mede te maken met het feit dat schutsluisen gewoonlijk veel breder zijn dan bij voorbeeld uitwateringssluizen. Werd bij deze laatste een grote uitstroombreedte vereist, dan konden meerdere sluisen of kokers naast elkaar worden geplaatst.

Bij schutsluisen is dit niet mogelijk, omdat daar de breedte afhangt van het grootste schip dat men wil doorlaten. Bij brede sluisen, 16 m of meer, werd in de 19de en het begin van de 20ste eeuw de sluisvloer vaak uitgevoerd als een gemetseld contragewelf. Afhankelijk van de sluisbreedte kreeg deze een dikte van 44 tot 66 cm (twee tot drie steens). Een contragewelf werd onder meer toegepast bij de Willemssluis in het Noordhollandsch Kanaal bij Amsterdam (zie afb. 421) en de eerste schutsluis te Hansweert (afb. 432).

Vroeger werden ook de sluishoofdmuren aan de dagzijde meestal onder een steile helling opgetrokken. De schepen waren aan de onderzijde veelal smaller dan aan de bovenzijde, zodat kon worden bespaard op de vloerbreedte. Na 1900 werden, mede doordat de schepen een steeds meer rechthoekige dwarsdoorsnede kregen, alleen nog maar loodrechte wanden gemaakt.

Vanaf de 19de eeuw werd steeds vaker in plaats van een houten of gemetselde vloerconstructie over de heipalen een betonnen vloer gestort. Deze relatief eenvoudige



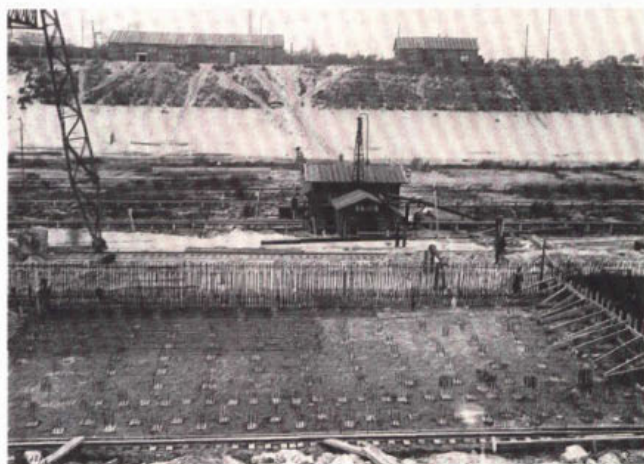
433. Aanbrengen van de vloer en de slagdrempels van de Middensluis te IJmuiden in 1894.

constructie werd voor het eerst toegepast door Goudriaan bij de bouw van de sluisen in de Zuid-Willemsvaart bij Maastricht rond 1825. Een betonnen vloer had als voordeel dat deze onder water kon worden gestort. De bouwput hoefde dan niet geheel droog te worden gelegd, wat vooral bij opwellend water een probleem was. Naast de toepassing bij hinderlijk opwellend grondwater, gebruikte men deze funderingsmethode ook op plaatsen waar grote problemen met het heien werden verwacht. De dikte van een niet onderheide plaat van ongewapend beton moet erg groot zijn; soms wel enkele meters. De grote plaatdikte voorkomt, dat bij het droogzetten van de sluis, de vloer opdrijft door de opwaartse druk van het grondwater. Tevens werd door de grote vloerdikte het gewicht van de sluishoofdwanden gelijkmatig over de ondergrond verdeeld.

Deze funderingswijze is onder meer toegepast bij de schutsluisen te IJmuiden (afb. 433)<sup>529</sup>. De Zuidersluis uit 1872 heeft een vloerdikte van 3 m en de Middensluis uit 1895 van 2,5 m. De grote Noordersluis uit 1930 is op betonpalen gefundeerd (afb. 434).

Met name bij schutsluisen moet grote aandacht worden besteed aan de onder- en achterloopsheid, temeer als over de sluis doorlopend een groot verval aanwezig is. Bij een dergelijk verval zal altijd water onder de sluis door en langs de sluis heenlopen. Als de snelheid daarvan te groot is, treedt ontgronding op en zal de sluis zijn kerende functie verliezen. De filtersnelheid hangt af van de grondsoort en het verval. Door het aanbrengen van damwanden wordt de weg die het grondwater moet doorlopen langer en daarmee het verval en de daarvan afhankelijke filtersnelheid kleiner. De onderloopsheid kan vrijwel tot stilstand worden gebracht door de damwanden tot in een onderliggende waterdichte laag te slaan. De af te leggen weg van het grondwater kan men ook vergroten door de gehele schutsluis, inclusief de schutkolk, als een waterdichte bak uit te voeren.





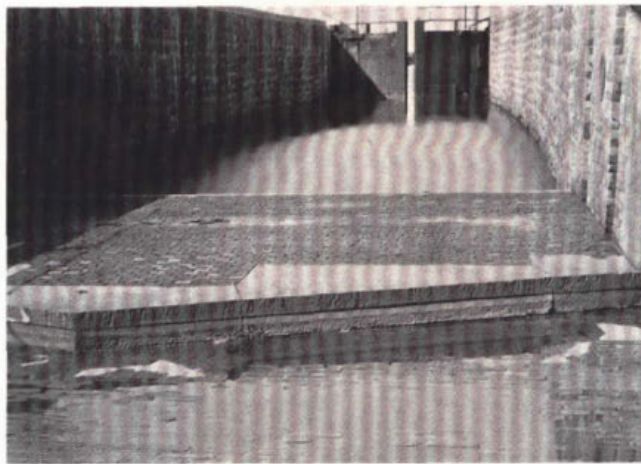
434. Paalfundering van de Noordersluis te IJmuiden in 1924.



435. Natuurstenen slagdrempel in de Schutsluis II bij de Kolonie Veenhuizen tijdens de bouw in 1881.

Zakkingen van de ondergrond zijn ontoelaatbaar, zodat bij een slappe ondergrond eerst een grondverbetering moet worden toegepast. Zeer slappe lagen werden zoveel mogelijk verwijderd, waarna de uitgebaggerde sleuf systematisch werd opgevuld met zand. De nog aanwezig slappe ondergrond wordt hierdoor samengeperst. In de zandstorting, waarvan de oppervlakte en de diepte groter was dan die van het sluislichaam, kon daarna de bouwput worden gegraven.

Evenals bij de stroomsluizen worden ook voor de slagdrempels van een schutsluis grote brokken natuursteen gebruikt (afb. 435). De drempel steekt meestal in zijn geheel boven de sluisbodem uit. Een vloeiende overgang tussen de achterzijde van de drempel en de sluisvloer (zie afb. 383g) is niet nodig, omdat er gewoonlijk geen water door de sluis behoeft te stromen. Ook de aanslagstijlen bestaan uit grote blokken van natuursteen, waarin tevens de halsbeugel is verankerd (afb. 436). De hoeken van de sluishoofdwanden en van de deurkassen zijn eveneens



436. Aanslagstijlen en dekzerken van natuursteen in de Middensluis te IJmuiden.



437. IJzeren bekleding van de slagstijlen van het schutsluisje in de Kolderveensche Westergriфт bij Meppel.

vaak van natuursteen gemaakt. Daardoor zijn deze beter bestand tegen aanvaringen. De wanden worden vaak afgedekt met natuurstenen dekzerken.

Bij kleine sluisen werd veel minder natuursteen gebruikt, meestal alleen voor de slagstijlen. Soms werd zelfs volstaan met een gietijzeren bekleding van de gemetselde aanslagstijlen. Voorbeelden hiervan zijn het schutsluisje in de Nijeveensche Griфт en de sluis langs het Meppelerdiep in de Kolderveensche Westergriфт bij Meppel (afb. 437).

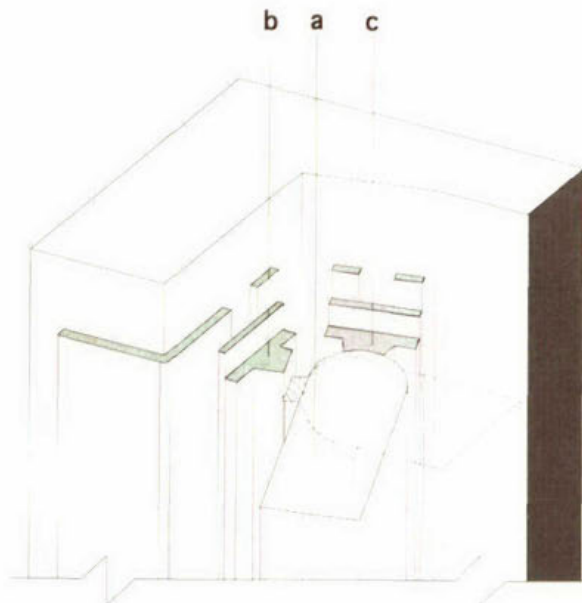
### Sluizen van gewapend beton

Sluizen van gewapend beton zijn meestal op palen gefundeerd, maar ook wel op staal, waarbij een al of niet gewapende vloerplaat wordt toegepast. Beton is minder geschikt voor slagdrempels en aanslagstijlen, die men daarom gewoonlijk van gietijzer of gietstaal maakt. De aanslagstijl bestaat daarbij gewoonlijk uit twee stroken, één



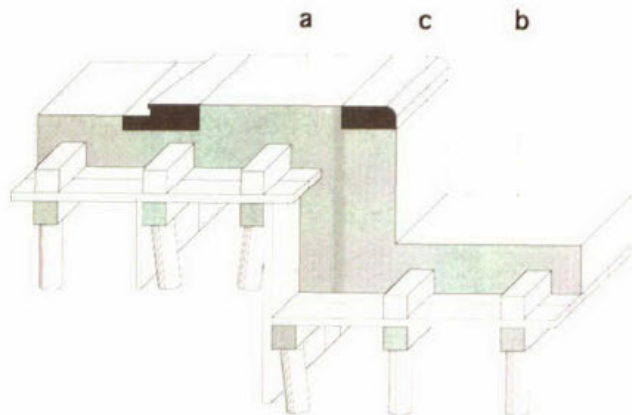
loodrecht op het deurvlak en één in het verlengde daarvan (afb. 438). De beide stroken zijn gemonteerd op een frame van hoekstaal en strippen, dat in het beton is verankerd. Soms werd echter ook bij dit materiaal gebruik gemaakt van natuursteen. De schutsluis in het Noordhollandse Kolhorn heeft een natuurstenen slagdrempel en gietijzeren aanslagstijlen. Een enkele maal werd ook wel volstaan met een slagdrempel en slagstijlen van gewapend beton, die dan werden bekleed met een slijtlaag van staalbeton.

De afgeronde hoeken worden tegen aanvaring beschermd door een bekleding van speciaal daarvoor gemaakte staalprofielen met een gebogen doorsnede. Deze worden op regelmatige afstanden in het beton verankerd. Voor de bovenrand wordt een soortgelijke constructie toegepast (zie afb. 453).



438. Gietstalen aanslagstijlen in een schutsluis van gewapend beton.

*a* = deur, *b* = stalen slagstijl loodrecht op het deurvlak, *c* = stalen slagstijl in de lengterichting van de deur.



439. Constructie gemetselde stortmuur.

*a* = bovensluishoofd, *b* = schutkolk, *c* = stortmuur.

## Bijzondere onderdelen van sluishoofden

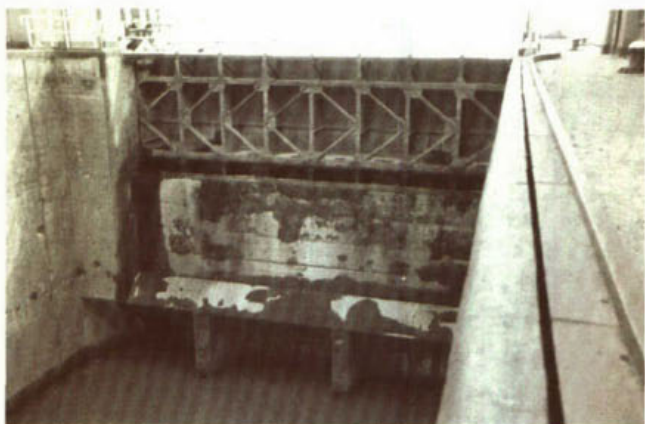
### Stortmuur

Omdat de vloer van het bovenhoofd (veel) hoger ligt dan die van de kolk en het benedenhoofd, moet extra aandacht worden besteed aan de overgang daartussen. Onder het bovensluishoofd wordt ter plaatse van de kolk een afsluitende wand, de stortmuur genoemd, aangebracht. Bij houten sluisen bestaat deze uit een eenvoudige damwand. Ook bij stenen sluisen met hooggefundeerde wanden is de stortmuur gewoonlijk van hout (zie afb. 381).

De stortmuur van een stenen schutsluis met laaggefundeerde wanden bestaat uit een brede gemetselde koffer, die ruim 50 cm onder de kolkbodem is gefundeerd (afb. 439). Een voorbeeld van een stenen stortmuur is die in de schutsluis het Berkelsche Verlaat in de Zweth bij Berkel en Rodenrijs (afb. 440). Bij betonnen sluisen is ook de stortmuur uitgevoerd in dit materiaal. Bij sluisen met groot verval komt deze stortvloer bij het schutten gedeeltelijk boven water. Dit is onder meer te zien bij het bovenhoofd van Sluis 15 in de Zuid-Willemsvaart bij Weert en de schachtsluis in het Julianakanaal te Born (afb. 441).

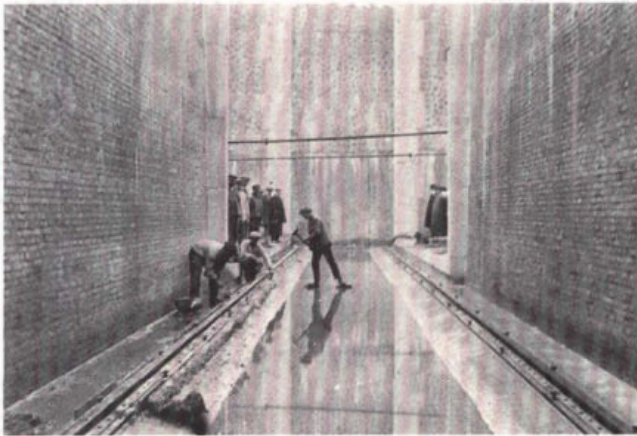


440. Stenen stortmuur in het Berkelsche Verlaat in de Zweth bij Berkel en Rodenrijs.



441. Betonnen stortmuur in de schachtsluis te Born.





442. Deurkas voor een roldeur in de voormalige Ooster-sluis te Hansweert tijdens de bouw omstreeks 1915.

#### Roldeurkas

Schutsluizen met roldeuren als afsluitmiddel vereisen een relatief kort sluishoofd. Aan één zijde bevindt zich echter een zeer diepe deurkas (afb. 442). De constructie daarvan is in principe eenvoudig, maar er worden hoge eisen gesteld aan de fundering van de rolbaan. Een kleine verzakking zal grote moeilijkheden geven voor het bewegen van de deur. Tevens zal een verticale verplaatsing van de deurkas ten opzichte van het sluishoofd de deurkas van het sluislichaam kunnen doen afscheuren.

Bij roldeuren (met een bovengelegen rijbaan) in bajonetsluizen beweegt de deur vaak tussen de naast het sluishoofd geplaatste keermuur en een eenvoudig remmingwerk (afb. 443). Dit laatste moet de deur tegen aanvaren beschermen. Een kostbare deurkas is daarmee overbodig geworden.

Doordat in het benedenhoofd van de schutsluis in het Twenthekanaal te Hengelo een dubbele roldeur is toegepast, kon daar het sluishoofd symmetrisch worden gemaakt. Aan weerszijden bevindt zich een deurkas met een lengte iets groter dan de halve sluishoofdbreedte. Deze hoeven slechts één van de beide deurhelften te bergen. De constructie van het sluishoofd is daardoor eenvoudiger.

#### Hefstorens

Hefdeuren vereisen grote hefstorens, meestal verbonden door een verbindingsbrug (afb. 444). Deze geven met de daarin opgehangen hefdeur een forse belasting op het sluishoofd, waarop de fundering moet zijn berekend. De torens zijn meestal van gewapend beton gemaakt en kunnen zowel gesloten als open zijn uitgevoerd. Aan het uiterlijk van de torens is gewoonlijk veel aandacht besteed. Vaak werd hierbij een architect betrokken.

Gesloten hefstorens komen onder meer voor in het Twenthekanaal bij Delden en Hengelo (zie afb. 132). De schutsluis te Wijk bij Duurstede in het Amsterdam-Rijnkanaal bezat een hefportaal met open torens, die



443. Remingwerk voor de 'deurkas' van de roldeur in het 6e Verlaat te Jispingboermussel in het Musselkanaal.



444. Hefstorens in Sluis 16 in de Zuid-Willemsvaart bij Weert.

echter later zijn dichtgemaakt. In de torens bevinden zich gewoonlijk de contragewichten en een trap naar de verbindingsbrug, waar zich vaak de bewegingsinrichting van de hefdeur bevindt. Soms worden stalen hefportalen met een open constructie gebruikt, zoals de schutsluis in het Ganzendiep bij IJsselmuiden (zie afb. 295).

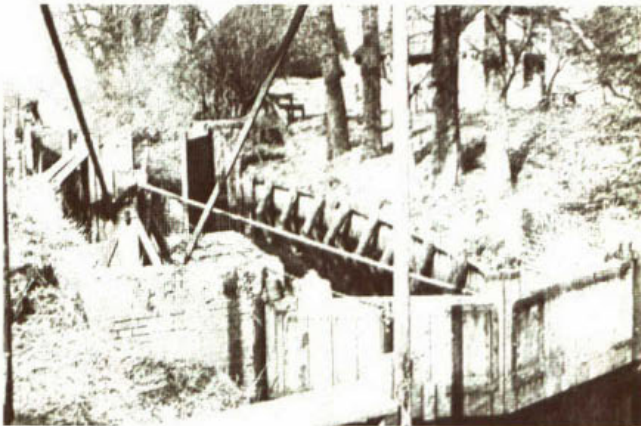
#### 5.4. De schutkolk

De schutkolk is het meest kenmerkende onderdeel van een schutsluis. Naast de benaming (schut)kolk komen ook de namen sas en verlaat voor<sup>530</sup>. Het woord verlaat wordt overigens ook voor de gehele sluis en zelfs wel voor de sluishoofden gebruikt. Voor de constructie zijn in de loop der tijd vele methoden toegepast. De meest eenvoudige is wel de zogeheten groene kolk met aarden belopen (afb. 445). De sluishoofden staan daarbij geheel los van elkaar en vormen als het ware twee achter elkaar geplaatste keersluizen. De tussengelegen vaarweg vormt de schutkolk, waarvan de aarden belopen (wanden) gewoonlijk onder een talud van 1:1 (45°) zijn aangelegd. Beneden de hoogste waterstand wordt de helling verde-

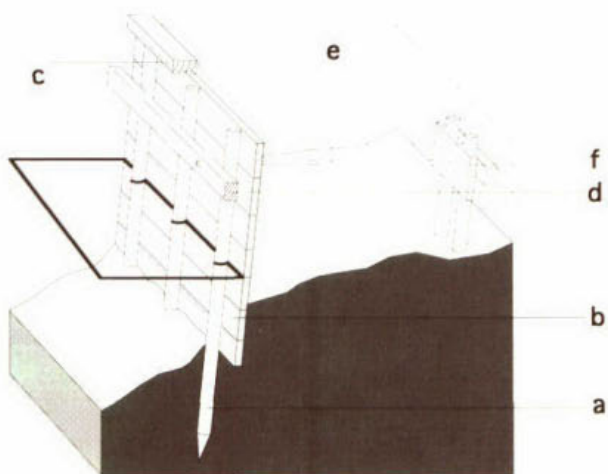




445. Groene kolk met aarden belopen in de schutsluis Electra in het Reitdiep.



446. Schutkolk met houten beschoeiing in de Nijeveensche Grift te Meppel.



447. Houten beschoeiing met verankering. a = ingeheid perkoenpaal, b = horizontale beplanking, c = deksloof, d = horizontale balk voor de bevestiging van de verankering, e = ankerkabel, f = verankeringschot.



448. Baksteen troggewelfjes tussen ijzeren stijlen in de schutsluis in de Trageldijk bij Coevorden.

digd met een steenzetting of met betonnen platen, terwijl daarboven een grasmat is aangebracht.

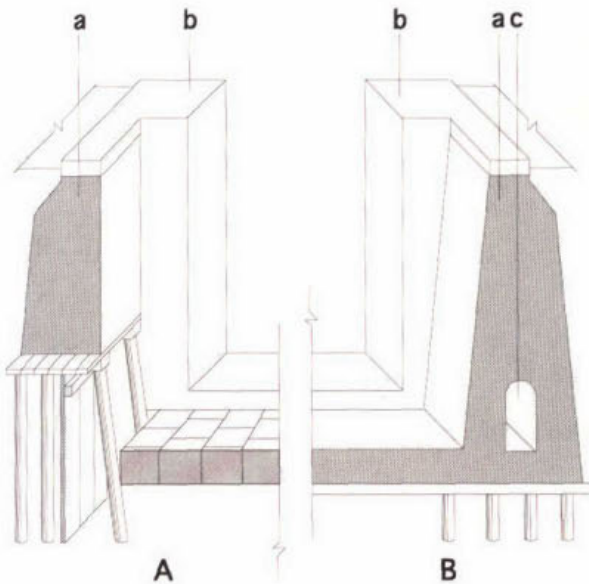
Een groene kolk is vrij goedkoop, maar vereist veel schutwater. Om te voorkomen dat de schepen in het talud lopen, worden op gezette afstanden meerpalen of meerstoelen, of wordt een doorlopend remmingwerk geplaatst. (Deze constructies van hout, staal of gewapend beton worden ook gebruikt om bijvoorbeeld de sluis hoofden tegen aanvaring te beschermen.) Zij zijn voorzien van een loopbrug en verbonden met de beide sluis hoofden of de wal. Schutsluizen met een groene kolk werden in de 19de eeuw vaak toegepast, onder meer bij de aanleg van de Zuid-Willemsvaart. Andere voorbeelden zijn de schutsluizen te Katerveer bij Zwolle (zie afb. 68) en de Wilhelminasluis in de Afgedamde Maas bij Andel (zie afb. 96).

Een eveneens relatief goedkope constructie voor de zijdelingse begrenzing van de kolk is een beschoeiing. Vroeger werd bij kleine schutsluizen meestal een houten beschoeiing aangebracht (afb. 446). Deze bestond uit houten palen, waartegen aan de achterzijde houten planken werden bevestigd. De ruimte tussen de beschoeiing en de wal werd daarna opgevuld met grond. Om te voorkomen dat de beschoeiing door de gronddruk voorover komt, is deze vaak met een kabel aan een op enige afstand in de grond geplaatst ankerschot bevestigd (afb. 447). Voor het plaatsen van de kabel wordt een smalle sleuf gegraven, die na plaatsing weer wordt gedicht.

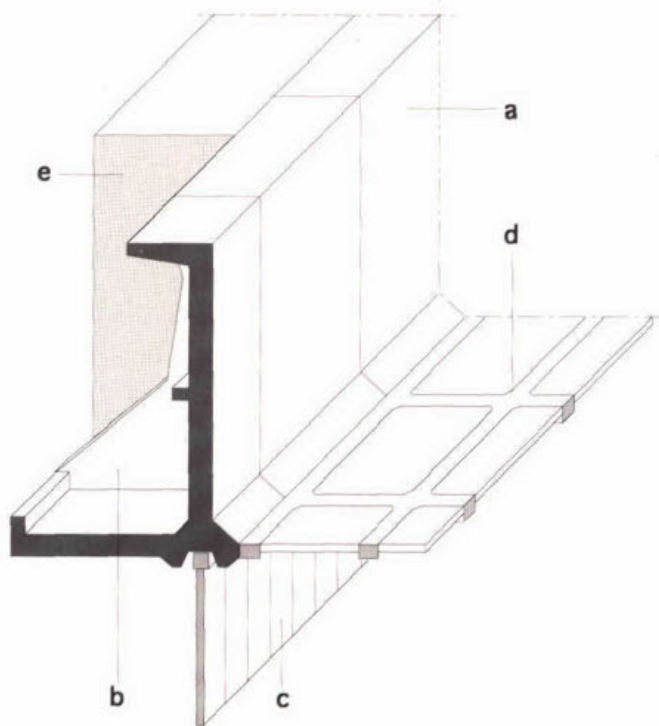
Rond 1900 werden in plaats van houten palen, stalen I-profielen in de grond geheid. Beneden de laagste waterspiegel werd vervolgens een houten beschoeiing aangebracht, terwijl boven deze hoogte verticale troggewelfjes van baksteen werden gemetseld. Een dergelijke constructie werd ook wel toegepast voor kademuuren en voor de vleugelmuren van een sluis hoofd. Een voorbeeld hiervan is een schutsluis bij Coevorden (afb. 448).

Nog weer later werden 'damplanken' van gewapend beton en van staal gebruikt (zie bijv. afb. 131). Deze werden naar achteren via een staaf of een kabel aan ankerplaten verankerd en beneden de kolkbodem onderling gestempeld. Dit stempelen gebeurde of door horizontale betonnen balken als afstandhouders, of door een stempelraam. Een stempelraam bestaat uit een stramien van betonnen balken in langs- en dwarsrichting (zie afb. 451d).





449. Gemetselde kolkwanden: (A) hoog gefundeerde wand en (B) laag gefundeerde muur met rioolstelsel. a = schutkolkwand, b = sluishoofd, c = riool.



451. Kolkwand van gewapend beton. a = betonnen kademuur, b = rib, c = damwand, d = balkrooster, e = grondmassa.

Een veel duurdere begrenzing van de kolk is die met een kademuur van metselwerk of beton. Bij uitvoering in beton werd aan de dagzijde vaak een bekleding van metselwerk, natuursteen of betonsteen aangebracht. De muur kan zowel hoog als diep (of laag) worden gefundeerd (afb. 449). Bij hoog gefundeerde muren (A) wordt onder



450. Hoog gefundeerde kolkwand van de schutsluis in de uitmonding van de Gracht in de Helomavaart.

de muur een damwand aangebracht. Deze bevindt zich onder de laagste waterspiegel en moet zo goed mogelijk aansluiten aan die onder de sluishoofden. Een diep gefundeerde muur (B) is noodzakelijk bij toepassing van een rioolstelsel (c) voor het vullen en het legen van de kolk via de zijwanden.

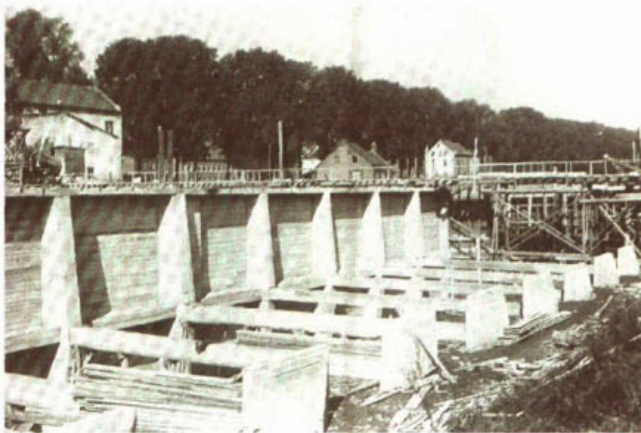
De muur wordt gefundeerd op twee of meer rijen verticale heipalen en een rij schuine schoorpalen. Deze laatste rij bevindt zich aan de kolkzijde. De palen zijn in langsricting verbonden door een brede houten sloof die over de voorste verticale palenrij en de schoorpalen loopt. In dwarsricting zijn de paalrijen verbonden door houten kespes, waarover een planken vloer is getimmerd en waarop de muur is opgetrokken. Later werd in plaats van een houten vloerconstructie over de palen een betonnen plaat gestort.

De schoorpalen moeten voorkomen dat de wand door de te keren grondmassa zijdelings verplaatst. Hoe hoger de muur is gefundeerd, des te meer en zwaardere schoorpalen zijn er nodig. In plaats van schoorpalen toe te passen, kan men bij diep gefundeerde keermuren deze ook onderling koppelen door de kespes alle of om de andere door te laten lopen. Om het uitknikken van de kespes te voorkomen, worden deze in langsricting gekoppeld door kloosterhouten en in verticale ricting door palen ondersteund.

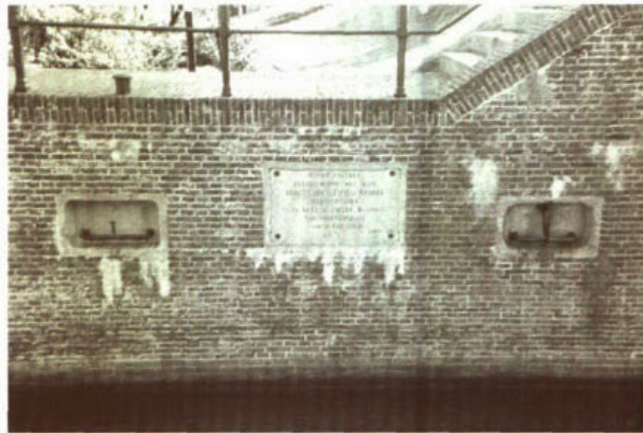
Naast hoog gefundeerde kolkwanden van metselwerk bestaat er ook een voorbeeld van een hoog gefundeerde kolkwand van beton. Deze bevindt zich in de schutsluis in de uitmonding van de Gracht in de Jonkers- of Helomavaart bij Munnekeburen (afb. 450).

Het modernst zijn de muren van gewapend beton, die via ribben (verticale dwarschotten) met de funderingsplaat zijn verbonden (afb. 451). Door de inwerking van de temperatuur kan de uitzetting boven de waterspiegel groot zijn, en daardoor gemakkelijk scheurvorming optreden. De muur bestaat daarom uit relatief korte elementen, onderling gescheiden door verticale dilatatievoegen. De beide wanden worden op afstand gehouden door balken of door een stempelraam (d). Een voorbeeld van een schut-

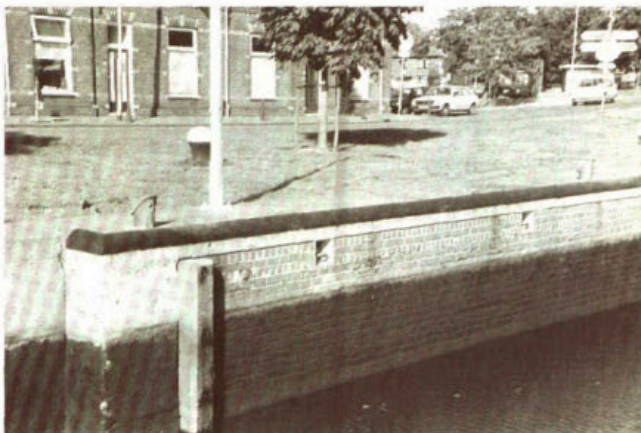




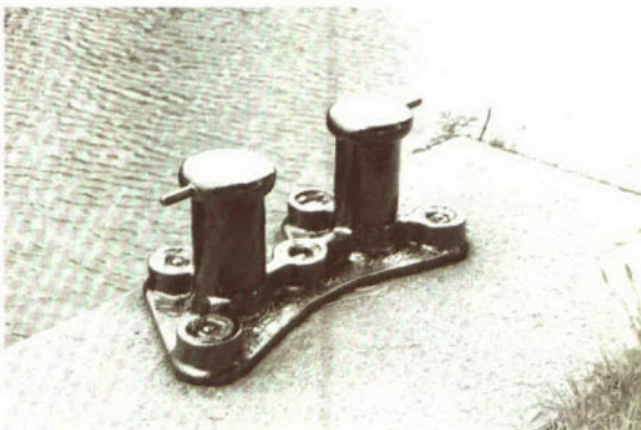
452. Kolkwand van gewapend beton in de voormalige schutsluis te Sint Pieter bij Maastricht.



455. Haalkommen in de kolkwand van de schutsluis in de Nauernasche Vaart bij Nauerna.



453. Stalen dekzerkprofiel langs de schutkolkwanden van de schutsluis in het Noordhollansch Kanaal te Purmerend.



454. Bolders bij de schutsluizen in het Merwedekanaal te Utrecht.

sluis met kolkwanden van gewapend beton is de voormalige sluis te Sint Pieter bij Maastricht (afb. 452).

Gewoonlijk bezit de schutkolk geen waterdichte bodem. Er wordt dan volstaan met een steenstorting als bodembescherming. Bij een sterk waterdoorlatende ondergrond wordt, om problemen te voorkomen, ook de kolk als waterdichte bak uitgevoerd. Voor 1900 gebeurde dit meestal door een houten vloerconstructie, waar overheen een aantal lagen baksteen werd gemetseld. De constructie daarvan komt overeen met die in stroomsluizen. Ook werd wel een zeer dikke laag (ongewapend) beton gestort, waarop dan de rechtstanden werden opgetrokken.

In de 20ste eeuw werd bij sterk waterdoorlatende gronden de schutkolk uitgevoerd als een waterdichte bak van gewapend beton. De kolk vormt zo één geheel met de sluishoofden. Ten einde scheurvorming te voorkomen, moesten op regelmatige afstanden dilatatievoegen worden aangebracht. Een andere mogelijkheid is om onder de kolkmuur een damwand te slaan, die tot in een waterdoorlatende grondlaag steekt (zie afb. 451c). Deze wand moet aansluiten aan de damwanden onder de beide sluishoofden.

Ter bescherming van de bovenrand werd deze bij gemetselde wanden voorzien van rollagen van baksteen of van natuurstenen dekzerken. Om beschadiging van de trossen te voorkomen, mag de rand aan de kolkzijde niet scherp zijn. Bij wanden van gewapend beton (of dekzerken van dit materiaal) werd de bovenrand afgerond en bekleed met een speciaal daarvoor vervaardigd stalen dekzerkprofiel (afb. 453). Vaak werd een opstaande rand aangebracht, zodat de schippers en het sluispersoneel steun konden vinden bij het trekken aan de trossen. Kolkwanden uitgevoerd als damwanden van staal of van gewapend beton werden afgedekt door een zware betonnen sloof met stalen dekzerkprofiel.

#### *Haalpenen en bolders*

Om de schepen in de kolk tijdens het schutten op hun plaats te houden, heeft men de kolkwanden voorzien van haalpenen of bolders (afb. 454). Om bolders kan een





456. Bolder in een stalen haalkom in de Spieringsluis in de Biesbosch.

scheepstros worden geslagen, waarmee het schip kan worden vastgelegd. Uiteraard moet het schip met het water kunnen meezakken. Haalpennen zijn lichter uitgevoerd dan bolders, zodat alleen kleine schepen kunnen vastmaken. Grotere schepen dienen met een schippershaak op hun plaats te worden houden.

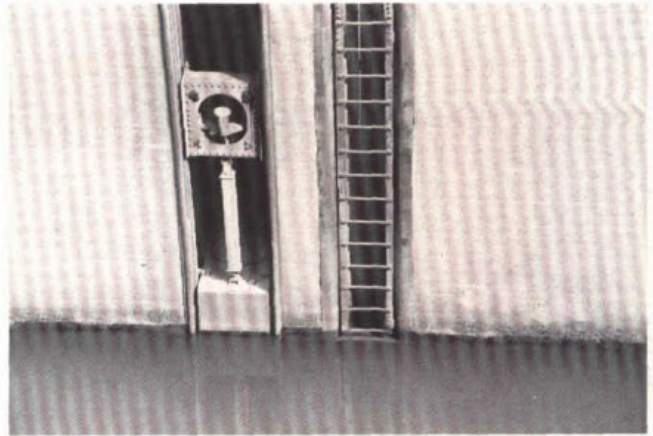
Haalkommen in oude stenen schutsluizen bestaan uit een in de wand ingemetseld, uitgehold blok natuursteen, waarin een kruisvormig haalijzer of een haalpen is aangebracht (afb. 455). Bij meer moderne sluizen zijn de haalpennen en bolders vaak opgenomen in een stalen haalkom, die in de sluiswand is verankerd (afb. 456). Bij belangrijke sluizen is boven de haalkom een elektrische verlichting aangebracht. In minder belangrijke sluizen met betonnen wanden werd wel in plaats van een haalpen een haalkom, voorzien van een U-vormig haalijzer, in het beton opgenomen.

Bij het zakken of stijgen van het water, moet de tros kunnen worden gevierd of aangehaald. Bij sluizen met een groot verval zijn meerdere rijen haalkommen boven elkaar nodig, zodat de scheepstrossen kunnen worden verlegd. Een andere mogelijkheid is de toepassing van drijvende bolders (afb. 457). Deze zijn voorzien van vier loopwielen en vier geleidewielen en lopen in een in de kolkwand aangebrachte rail. De bolders zijn verbonden met stalen luchtkisten, die met het water op en neer bewegen.

Bij belangrijke sluizen bezat men soms een inrichting om de schepen naar binnen te slepen. Zo reed bij de schutsluis te Sint Pieter een tractor over een railbaan op de sluiswand. Bij de Middensluis te IJmuiden zijn 'bolders' geplaatst, die om een verticale as kunnen draaien (afb. 458). De bolders zijn verbonden met een in een kelder geplaatst bewegingswerk, dat elektrisch werd aangedreven. Door het draaien van de bolder werd de scheepstros opgewonden en het schip naar binnen geslept.

#### *Sluistrappen en -ladders*

Om bij sluizen met een groot verval de schepen in de schutkolk te kunnen bereiken, worden de wanden tevens voorzien van een trap. Bij oude sluizen bestaat deze vaak



457. Drijvende bolder in de schutkolk van de schutsluis te Born.



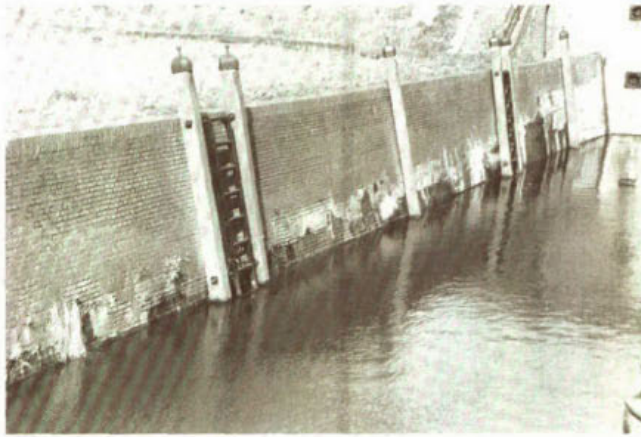
458. Draaibare 'bolder' bij de Middensluis te IJmuiden voor het naar binnen slepen van de schepen.



459. Stenen trappen in de Utrechtse Gemeenteschutsluis te Vreeswijk (Nieuwegein).

uit een in de sluiswolkwand uitgespaarde stenen trap, die meestal in de richting van de sluisas loopt (zie afb. 417). Soms loopt de trap loodrecht op de sluisas en bestrijkt deze een groot deel van de sluiswand (afb. 459). Ook





460. Stalen ladder in de Dubbele Sluis in het Kanaal Almelo-Nordhorn ten noorden van Weerselo.

werd wel tussen twee houten stijlen een ijzeren trap geplaatst (afb. 460). In 20ste-eeuwse sluisen is in de wanden meestal een aantal nissen uitgespaard, voorzien van klimijzers of een stalen ladder (zie afb. 457). Eén of meer trappen lopen daarbij door tot op de bodem, om deze gemakkelijk bij het droogleggen van de sluis te kunnen bereiken. Trappen zijn overigens ook nodig tussen de sluis hoofden en de kolk, wanneer de bovenzijden van de wanden daarvan niet op gelijke hoogte liggen (zie bijv. afb. 397).

### 5.5. Schuiven en omloopriolen

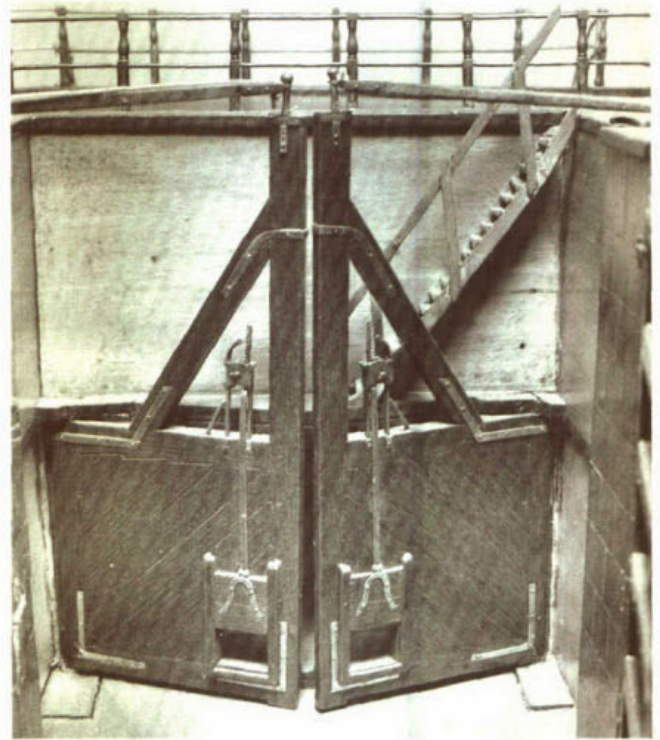
Om de schutkolk te vullen en te legen, oftewel om de waterstand in de kolk afwisselend op gelijke hoogte te brengen met die buiten de sluis, zijn voorzieningen nodig. Meestal zijn dit schuiven in de deuren of omloopriolen met schuiven. Sommige afsluitmiddelen zoals hefdeuren en segmentdeuren kunnen onder verval worden geopend. Bij deze afsluitmiddelen kunnen schuiven en omloopriolen achterwege worden gelaten. Bij puntdeuren en roldeuren zijn deze echter wel nodig, terwijl ter ontlasting van het bewegingsmechanisme ook bij grote hefdeuren schuiven worden gebruikt. Omloopriolen zijn ook noodzakelijk bij kruisende deuren, waaierdeuren en gekoppelde deuren, hoewel deze onder verval kunnen worden geopend.

#### Schuiven en kleppen in deuren

Voor schuiven en kleppen in deuren zijn drie typen toegepast: de glijschuif, de jaloezieschuif en de tolklep.

##### *Glijschuif*

Schuiven in deuren, ook wel rinketten genoemd, werden al vroeg toegepast, waarschijnlijk reeds bij de bouw van de eerste schutsluisen. Een vroege vermelding is te vinden in het bestek van de schutsluis te Spaarndam uit 1567<sup>531</sup>. Elk paar deuren moest worden voorzien van een klinket, later meestal rinket genoemd. Schuiven in deuren



461. Maquette van houten puntdeuren met eveneens houten rinketten.

ren zijn altijd uitgevoerd als glijschuif.

Een houten rinket bestaat uit een dubbel opgeklampt schot, met de verticale planken aan de buitenzijde. In de houten puntdeur is in de beplanking een opening uitgespaard (afb. 461). De opening bevindt zich meestal tussen de eerste en de tweede tussenregel van anderen, zodat het water zo laag mogelijk de sluis binnenstroomt, zonder de bodem te veel te beschadigen. De opening mag niet ter plaatse van de schoorbalk worden aangebracht.

Plaatsing bij de voorhar heeft het nadeel dat de deur door het bewegingsmechanisme ongunstig wordt belast. Daarom wordt de voorkeur gegeven aan het midden van de deur of eventueel iets meer naar de voorhar toe.

De opening wordt aan beide zijanten begrensd door een regelstijl tussen de regels. Aan de buitenzijde van de deur is aan de onderkant van de opening een schuifdorpel aangebracht en aan de beide zijanten een schuifstijl. Deze schuifstijlen hebben een lengte gelijk aan twee maal de hoogte van de schuif en zijn voorzien van een spanning.

In gesloten stand staat de schuif op de dorpel. Soms worden de schuifstijlen van ijzer of van hout gemaakt, met daaroverheen een ijzeren strip.

Als bewegingsmechanisme komen diverse typen voor. Eén van de oudste is die waarbij via een spreiband scharnierend een rondijzer aan de schuif is bevestigd, die met het andere uiteinde is verbonden met een hefboom (afb. 462). Een eveneens oude bewegingsinrichting is die met een ketting, waarvan het ene uiteinde aan de schuif is ver-





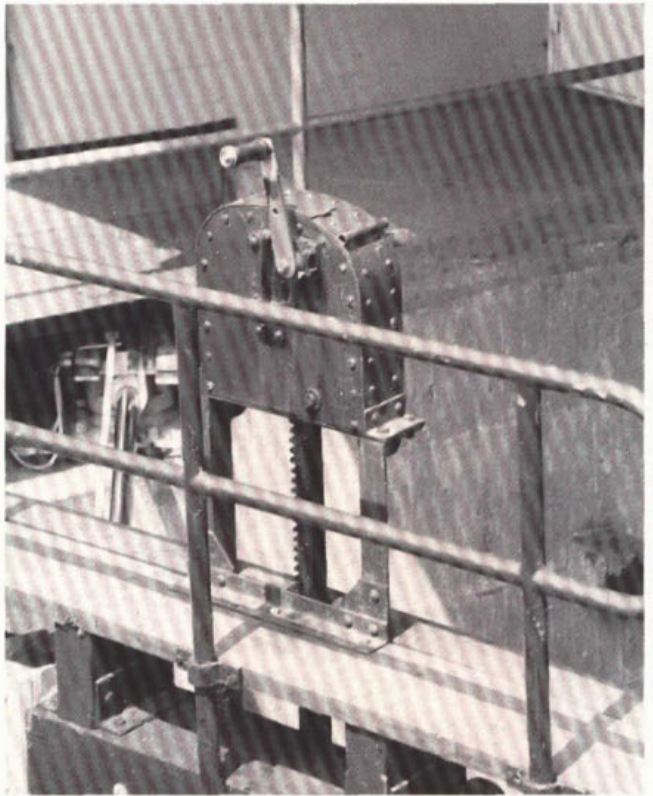
462. Rinket met hefboom in de Zuidersluis in de 's-Gravelandsche Vaart bij 's-Graveland.



463. Rinket met kaapstanders in de schutsluis te Westzanner Overtoom.



464. Rinket met windas, bevestigd tegen een slagstijl van het Bleiswijkse Verlaat bij Bleiswijk tussen de Rottemeren en de Lange Vaart.

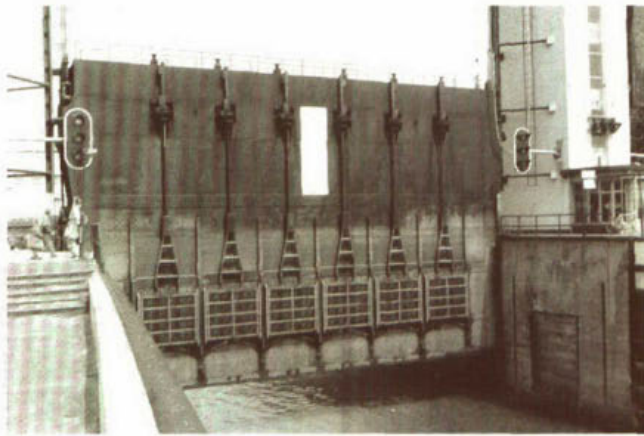


465. Rinket met heugelstang en tandwielkast in de schutsluis te Giessendam in de monding van de Giessen.

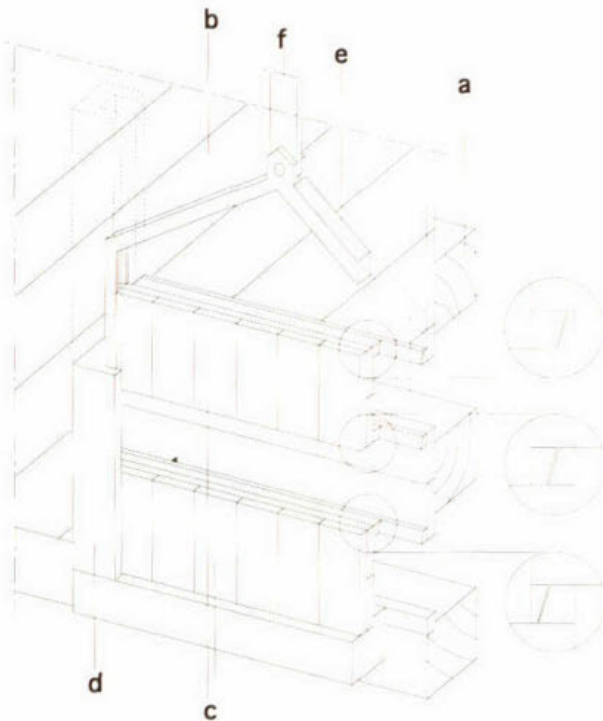
bonden (afb. 463). Het andere uiteinde wordt om een windas of kaapstander op het sluishoofd gewonden. De schuif moet daarbij door zijn eigen gewicht weer naar beneden zakken. Op de deur is boven de schuif voor het leiden van de ketting een geleidewiel gemonteerd. Beide bewegingswerken komen voor in het *Theatrum machinarum universale* uit 1736<sup>532</sup>. Bij steeksluisjes is de windas vaak aan de slagstijl verbonden (afb. 464).

Een in de 19de en 20ste eeuw veel toegepast bewegingsmechanisme is de tandwielkast (afb. 465). Deze wordt op





466. Stalen schuiven in de hefdeuren van de Beatrixsluis bij Vreeswijk.



467. Jaloezie-schuif.  
*a* = tussenregel, *b* = beplanking puntdeur, *c* = jaloezie-schuif, *d* = schuifspinning, *e* = ijzeren frame, *f* = heugelstang naar bewegingswerk.

de deur boven de schuif geplaatst. Met een slinger of wiel kan een heugelstang op en neer worden bewogen, die scharnierend aan de bovenzijde van de schuif is bevestigd. Om het bewegingsmechanisme te bedienen, is boven op de puntdeuren een loopbrug geplaatst. Soms wordt daarbij volstaan met een houten of ijzeren leuning. In plaats van houten schuiven zijn ook ijzeren en stalen schuiven toegepast. Deze bestaan uit een beplating, versterkt door hoekprofielen. Stalen schuiven komen niet

alleen in puntdeuren, maar ook in hefdeuren voor, onder meer in de deuren van de Beatrixsluis bij Vreeswijk (afb. 466).

#### Jaloezie-schuif

Nauw verwant met de gewone glij-schuif is de jaloezie-schuif (afb. 467). Deze wordt toegepast als de regels van de puntdeuren dicht bij elkaar liggen. Er worden dan twee of meer openingen boven elkaar gemaakt. De schuif bestaat, al naar gelang het aantal openingen, uit twee of meer dubbel opgeklampte schotten, elk van geringe hoogte. In gesloten stand sluiten ze de openingen af, terwijl de schuifdelen zich in open stand voor de bovenliggende regels bevinden. De schuif hoeft voor het openen dus slechts over kleine afstand te worden geheven. Tevens zal door de verdeling van de openingen de hinderlijke werking van het binnenstromende water worden verminderd.

Zowel de openingen als de schuifdelen bezitten van houten aanslaglijsten. De dagzijde van de horizontale lijsten is schuin afgezaagd, zodat de schuif bij het heffen direct van de horizontale aanslagen komt. Om bij het openen de bovenliggende regel van de aanslaglijst te kunnen passeren, worden de regels op de schuif naar boven toe dikker en daarmee die op de deur smaller.

De schuifdelen worden door een ijzeren of stalen frame bijeengehouden, dat in de sponning van een tweetal schuifstijlen glijdt. Als bewegingsmechanisme wordt meestal een tandwielkast gebruikt, gelijk aan die bij de gewone schuiven. Naast houten zijn er ook jaloezie-schuiven toegepast die geheel van ijzer of staal zijn gemaakt. Het door de opening naar buiten stromende water heeft een nadelige invloed op de schuiven. Om deze invloed te verminderen, werden sinds circa 1930 de binnenranden van de opening vaak volgens de stroomlijn bewerkt, of werden deze bekleed met gestroomlijnde stroken.

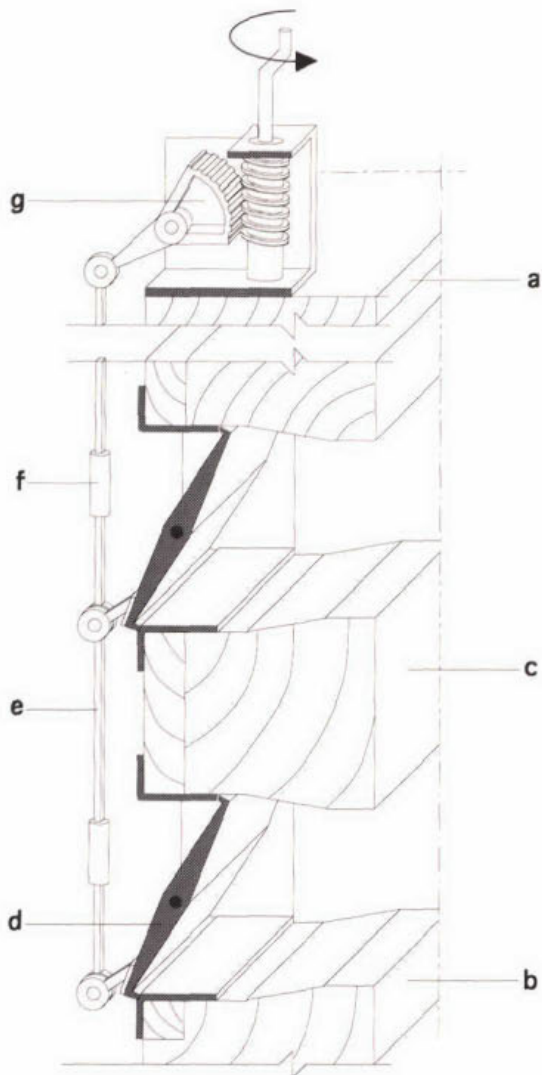
#### Tolklep

Een geheel ander afsluitemiddel in deuren is de tolklep die, in tegenstelling tot de toldeur, een horizontale draai-as bezit (afb. 468). De as rust in lagers, gevat in een gietijzeren of gietstalen raam, dat de klep omlijst. De onder-vleugel draait naar buiten tegen het hoge water in en is iets groter dan de bovenvleugel. Daardoor wordt de klep met geringe overdruk gesloten gehouden en is er een geringe kracht nodig om deze te openen. Het met kracht naar buiten stromende water zal de klep in trilling brengen, zodat deze stevig moet worden geconstrueerd.

Tolkleppen zijn zowel van gietijzer als van giet- of plaatstaal gemaakt. Vaak zijn meerdere tolkleppen boven elkaar geplaatst die met hetzelfde bewegingsmechanisme worden geopend en gesloten. Tussen de verschillende kleppen is een staaf aangebracht, voorzien van een wartel om de lengte af te stellen. Op deze wijze kunnen de kleppen gelijktijdig geheel worden gesloten.

Het bewegingsmechanisme van een tolklep is zodanig uitgevoerd, dat de beweging wordt begrensd. Dit kan door het aanbrengen van een nok op de stang die de klep met het bewegingsmechanisme verbindt. De nok loopt dan tussen twee op de sluisdeur bevestigde ogen, waardoor de verbindingstaaf op en neer beweegt. Een andere





468. Tolklep.

*a = bovenregel, b = onderregel, c = tussenregel, d = tolklep, e = ophaalstang, f = wartel, g = bewegingswerk.*

mogelijkheid is de staaf te bevestigen aan een getand kwadrant, dat door een staande worm wordt bewogen (afb. 468g). Een worm is een korte as met een grove schroefdraad, die door een slinger wordt rondgedraaid.

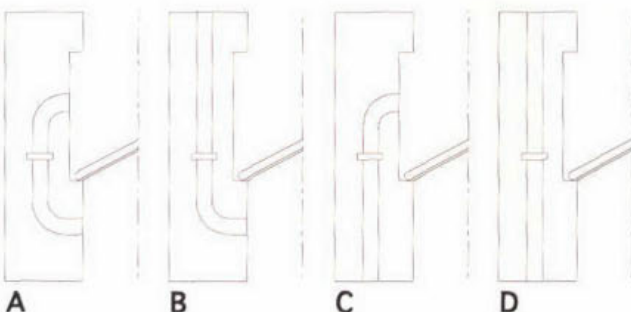
## Omloopriolen

Het principe van omloopriolen dateert uit de 16de eeuw. Cornelis Dircksz. Muys gebruikte voor het in beweging brengen en gesloten houden van zijn kruisende deuren naast rinketten ook omloopriolen (zie afb. 42)<sup>533</sup>. Simon Stevin geeft in zijn boek *Sterctebou door spilsluysen* de plattegrond weer van een schutsluis met omloopriolen die hij 'slecken' (slakken) noemt (zie afb. 410CDE en FGH)<sup>534</sup>. De benaming slakken komt ook nu nog wel voor.

Naar functie zijn er dus twee typen omloopriolen. De



469. Omloopriool van het Berkelsche Verlaat in de Zweth.



470. Korte omloopriolen: (A) in- en uitstroomopening loodrecht op de sluisas, (B) instroomopening evenwijdig aan en uitstroomopening loodrecht op de sluisas, (C) instroomopening loodrecht op en uitstroomopening evenwijdig aan de sluisas en (D) beide openingen evenwijdig aan de sluisas.

eerstgenoemde dient voor het openen van de deuren. Deze komen behalve bij kruisende deuren ook voor bij waaierdeuren en gekoppelde deuren. In het hoofdstuk 'Afsluitmiddelen' is de werking daarvan bij de betreffende deuren reeds besproken. De meeste omloopriolen dienen voor het vullen en legen van de schutkolk. Voor wat betreft de constructie en de rioolschuiven is er geen verschil.

Aanvankelijk werden er korte omloopriolen toegepast, waarvan de openingen zich aan weerszijden van de draaipunten van de deuren bevonden (afb. 469, zie ook afb. 410). Het riool maakte daarbij twee, vaak rechte hoeken (afb. 470A). Voor het vullen van de kolk is dit echter gunstig, omdat het loodrecht op de sluisas binnenstromende water op deze wijze een groot deel van zijn energie verliest. Was de kolk of de aansluitende vaarweg breder dan de doorvaartwijdte van het sluishoofd, dan werden de openingen ook wel in de voor- en achterzijde van de penanten gemaakt, die aan weerszijden van de doorvaartopening de kolk van de vaarweg afsloten (afb. 470B, C en D). Het water kon daardoor sneller door het riool stromen, waardoor de kolk sneller werd gevuld. Nadeel was echter dat hierbij ook meer hinder voor de in de sluis liggende schepen optrad.



In de loop der tijd werden de schepen en daarmee ook de sluzen groter, terwijl steeds hogere eisen werden gesteld aan een snelle schutting. Toepassing van grotere schuiven in de deuren betekende in die tijd een te grote verzwakking van de deuren. Ook zou het zwaardere bewegingswerk voor de schuif de deur te veel belasten. Als enig alternatief bleef daarom over om de doorsnede van de riolen groter te maken, waarmee echter tevens de hinder voor de schepen in de kolk toenam.

Aan het eind van de 19de eeuw kwam men op het idee de riolen over de gehele kolk lengte door te trekken in de beide kolkwanden. Op regelmatige afstanden werden kleinere zijspruiten met openingen naar de kolk aangebracht (afb. 471). Om de instroming zo gelijkmatig mogelijk te laten plaatsvinden, moest de gezamenlijke doorsnede van de zijspruiten anderhalf maal zo groot zijn als die van het hoofdriool. Een zodanig uitgevoerd rioolstelsel geeft een rustige vulling van de kolk, waarbij alleen maar enige dwarsstroming optreedt.

Een andere mogelijkheid is de uitstroomopeningen in de bodem van de schutkolk aan te brengen, zoals bij voorbeeld bij de Panamasluizen is gebeurd. Een dergelijk systeem is, doordat de sluis lager gefundeerd moet worden, nog duurder dan een rioolstelsel in de kolkwanden. Aan het begin van de 20ste eeuw werd daarom naar andere mogelijkheden gekeken.

Modelproeven, gedaan in het Berlijnse waterbouwkundig laboratorium, toonden aan dat ook met korte omloopriolen een rustige vulling kon worden verkregen. De riolen en afsluutmiddelen moeten dan wel aan enkele voorwaarden voldoen. De uitstrooming moet zodanig plaatsvinden, dat het grootste deel van de energie zo snel mogelijk wordt vernietigd. Tevens moet het openen van de schuiven geleidelijk gebeuren, eerst zeer langzaam en daarna sneller, zodat een drukgolf wordt vermeden.

Om de energie zoveel mogelijk te vernietigen, werd de opening enigszins trompetvormig verwijd, waardoor de snelheid van het uitstromende water kleiner wordt (afb. 472). (In de praktijk bleek dat deze snelheidsvermindering veel kleiner was dan men had verwacht, met name bij korte omloopriolen. Deze uitvoering, die een dure bekisting vereiste, werd later dan ook niet meer toegepast.)

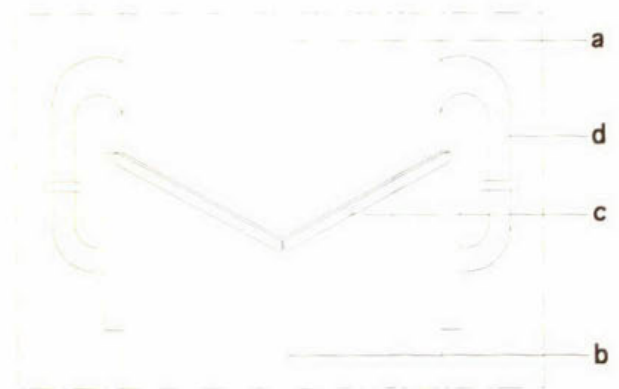
Een andere maatregel was de uitstroomopening iets naar de deur toe te buigen. Het binnenstromende water stroomt daardoor tegen de deur of tegen de stortmuur onder het sluishoofd, zodat een deel van de energie wordt vernietigd.

Het geleidelijk aan toe laten nemen van de snelheid van het binnenstromende water kan ook plaatsvinden door de vorm van de riooldoorsnede aan te passen. Door van een rechthoekige doorsnede de hoeken af te schuiven, zal bij het heffen van de schuif de opening in het begin slechts langzaam toenemen. Daarmee neemt ook de hoeveelheid water die door het riool de kolk binnenstroomt geleidelijk toe.

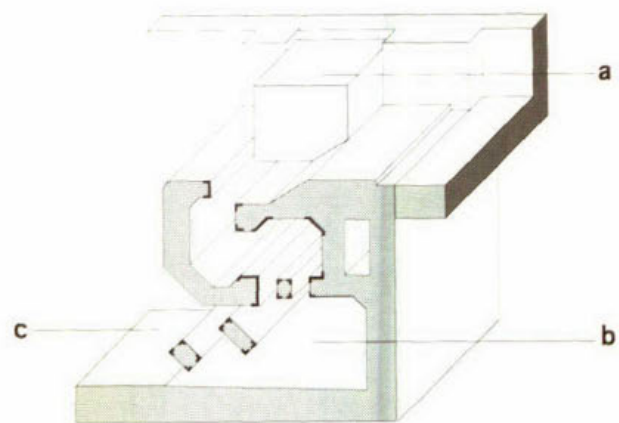
Ter vernietiging van de energie van het binnenstromende water wordt ook wel een woelkamer toegepast. Deze bevindt zich achter de stortmuur, onder het hoger gelegen bovenhoofd en bezit verticale of horizontale schotten. Het instromende water kaatst tegen de schotten terug zo-



471. Kolkwand met rioolopeningen van de voormalige Oostersluis te Hansweert tijdens de bouw in 1915.



472. Trompetvormige uitstroomopening. a = sluischolk, b = bovenpand, c = puntdeuren, d = omloopriool.



473. Woelkamer onder het bovensluishoofd. a = hefdeur, b = woelkamer, c = uitstroomopening.



dat de kracht grotendeels wordt gebroken. Vervolgens stroomt het water met geringe snelheid door de openingen in de stortmuur de sluisenkolk binnen.

Een dergelijke woelkamer wordt ook wel toegepast bij hefdeuren zonder omloopriolen en schuiven. In gesloten stand sluit de hefdeur de onderliggende opening in de bodem van het sluishoofd af (afb. 473). Bij het heffen zal het water eerst via de woelkamer de kolk binnenstromen en pas rechtstreeks als het waterverschil niet groot meer is. Vaak echter wordt volstaan met het aanbrengen van een drempel op de sluisbodem die de waterstraal terugkaatst.

Door de wachtplaatsen van de te schutten schepen op enige afstand van de sluis te situeren, zal het legen van de kolk geen hinderlijke invloed op de schepen hebben. Wel moeten maatregelen worden genomen om aantasting van de benedenstrooms aansluitende bodem te voorkomen. Daarom wordt bij 20ste-eeuwse sluisen een betonnen vloer voor de sluis gestort, voorzien van drempels (afb. 474). Deze kaatsen het uitstromende water terug en leiden dit omhoog. Wanneer de waterstroom daarna weer omlaag gaat, heeft deze zoveel energie verloren, dat er geen gevaar meer bestaat voor de verderop gelegen kanaalbodem. Door de drempels schuin te leggen, wordt de waterstraal tevens afgeleid van de schepen die voor de sluis wachten.

De afmetingen van omloopriolen kunnen zeer groot zijn. Zo hebben de omloopriolen van de waaierdeuren van de Wilhelminasluis te Andel een breedte van 1,14 m en een hoogte van 2 m. De riolen van de schutsluis in de Maas naast de stuw bij Sambeek zijn 2,5 m breed en 3,1 m hoog. De doorsnede daarvan is aan de bovenzijde cirkelvormig. Bij de Noordersluis te IJmuiden hebben de riolen een breedte van 2,5 m en een hoogte van 5,5 m (afb. 475). De cilinderschuiven (klokschuiven), toegepast in de schutsluisen te Maasbracht en Roosteren, sloten een rioolschacht af met een doorsnede van 3 m.

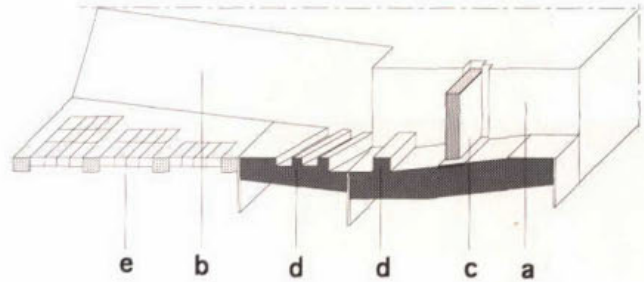
### Afsluitmiddelen voor omloopriolen

Ook voor de afsluiting van omloopriolen zijn in de loop der tijd diverse afsluitmiddelen ontwikkeld. Genoemd kunnen worden de diverse typen vlakke schuiven, de tolkappen, de cilinderschuiven en de segmentschuif.

#### *Glijschuif*

Het oudste afsluitmiddel voor omloopriolen is de glij-schuif. Deze loopt gewoonlijk in een verticale schacht in het sluishoofd met aan weerszijden een sponning. De schacht is uitgevoerd in natuursteen. Bij zeer kleine schutsluisen is de schuif soms ter plaatse van de instroom-opening geplaatst, waar in de wand een nis is uitgespaard. De beide zijkanten zijn voorzien van een sponning, of er is aan weerszijden een houten stijl met sponningen aangebracht (zie afb. 469).

Boven de schacht of de nis bevindt zich het bewegingsmechanisme. Bij oude sluisen is dit een windas, waarmee een ketting kon worden opgewonden, waarvan het uiteinde aan de schuif was bevestigd. Een dergelijk bewe-

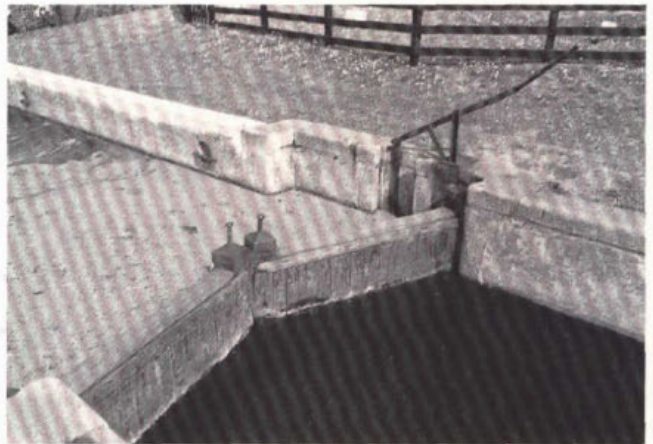


474. Bodembescherming met schuingeplaatste betonnen drempels.

a = schutkolk, b = benedenpand van de vaarweg, c = hefdeur, d = betonnen drempel, e = plaatselijke bekleding kanaalbodem.



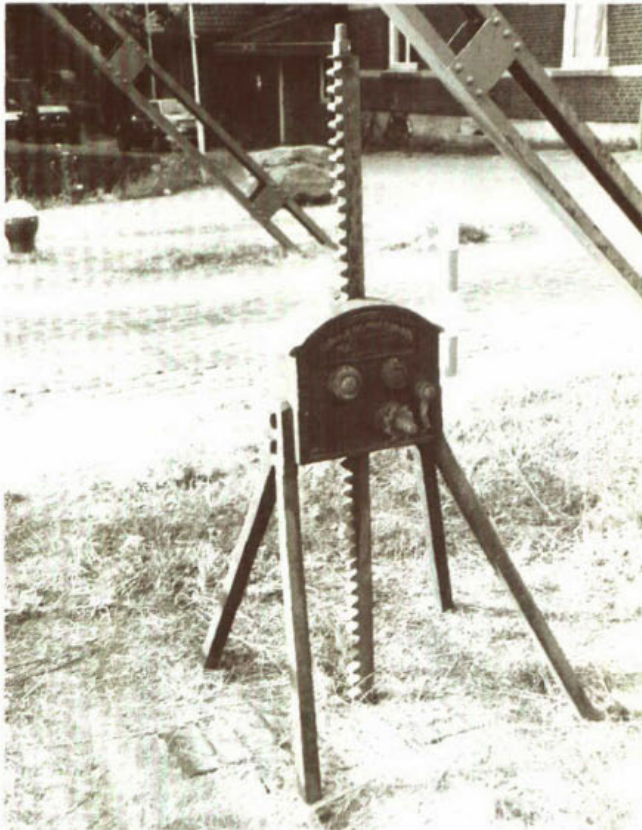
475. Riool van de Noordersluis te IJmuiden.



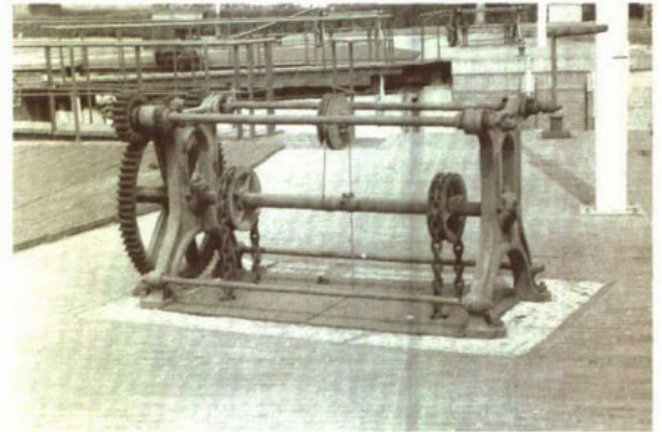
476. Riolschuif met hefboom in de schutsluis in de Rietveldsche Vaart bij Hazerswoude-Dorp.

gingsinrichting bevond zich ook op de sluis te Muiden uit 1673. In het *Theatrum machinarum universale* uit 1736 wordt de windas voor de rioolschuiven een 'schilpad' genoemd, terwijl de rioolschuiven rinketdeuren heten<sup>535</sup>. De hefboom, die bij schuiven in deuren werd gebruikt, komt eveneens voor bij rioolschuiven (afb. 467). In de

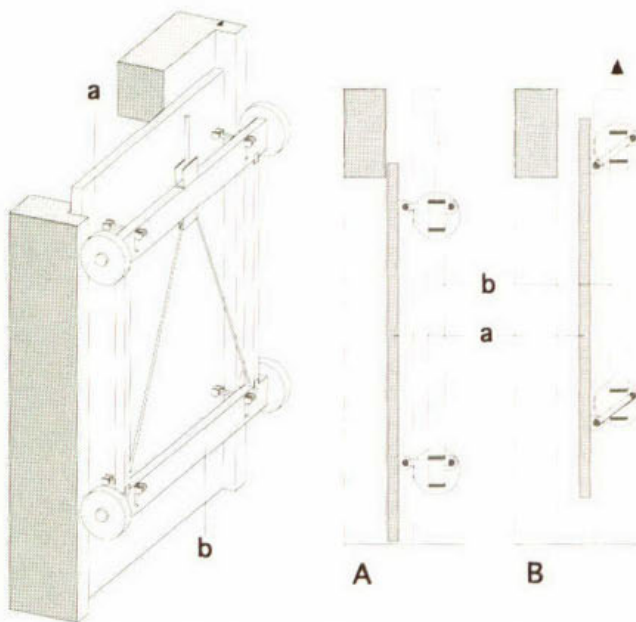




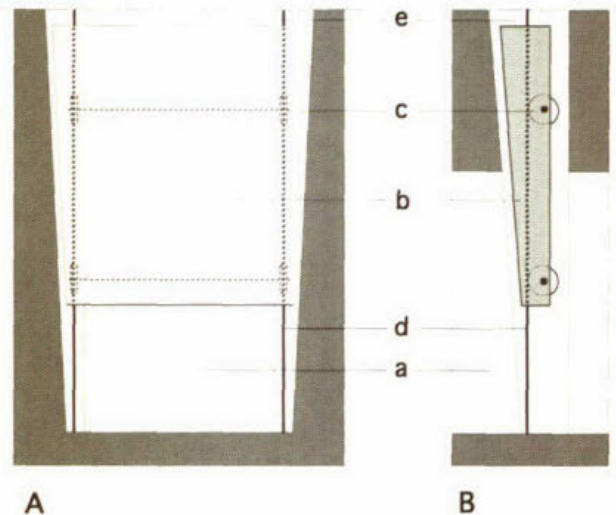
477. Riolschuif met heugelstang en tandwielkast in de oude schutsluis in de Zuid-Willemsvaart te Maastricht.



478. Bewegingsmechanisme van een wielschuif met contragwicht in de Wilhelminasluis bij Andel.



480. Ontlaste glijtschuif naar het ontwerp van Josephus Jitta: (A) in gesloten stand en (B) tijdens het heffen. a = hoofdschuif, b = bijgschuif met loopwielen.



479. Wielschuif: (A) wigvormig in het vlak van de schuif en (B) wigvormig in dwarsdoorsnede. a = riool, b = schuif, c = loopwiel, d = rolbaan, e = schacht of schuifkoker.

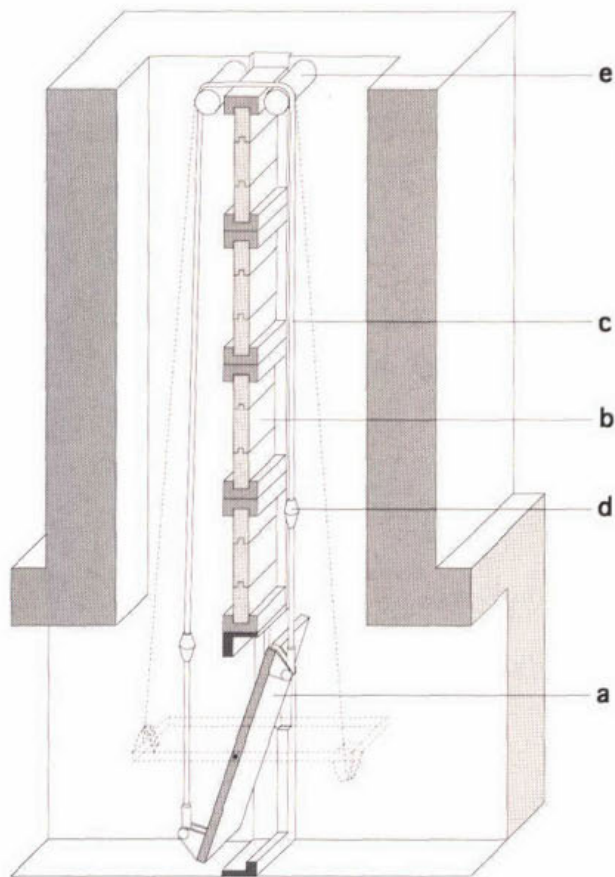
19de eeuw werd voor het bewegingsmechanisme meestal een tandwielkast gebruikt, waarin een heugelstang kon worden bewogen (afb. 477).

#### Wielschuif en Stoney-schuif

Bij grote riooldoorsneden en een groot verval, zoals deze vanaf het eind van de 19de eeuw voorkomen, voldoet een glijtschuif niet meer. In plaats daarvan werden wielschuiwen en Stoney-schuiwen toegepast. De constructie daarvan is bij de hefdeuren en schuiwen in het hoofdstuk 'Afsluitmiddelen' beschreven. Gewoonlijk worden de schuiwen mechanisch bediend, maar ook handbediening komt voor (afb. 478).

De waterdichtheid vereist speciale voorzieningen, omdat deze niet rechtstreeks door de schuif kan plaatsvinden. Soms is op de schuif een verende plaat gemonteerd, met daarop een houten of bronzen lijst of een rubberstrip. Deze plaat werd door de waterdruk tegen een aanslaglijst





481. Tolklep voor een omloopriool.

*a = tolklep, b = waterdicht schot in stalen frame, c = stangen en ketting tussen klep en bewegingswerk, d = wartel, e = aandrijfrol.*

geduwd, maar sloot over het algemeen niet volkomen af. Door geringe afwijkingen kon de wrijving zo groot worden, dat extra kracht nodig was om de schuif te heffen. Hierop moest het bewegingswerk wel zijn berekend. Ook werd hierdoor slijtage van het dichtingsmiddel sterk bevorderd.

Een andere mogelijkheid om de waterdichtheid te verbeteren, was de schuif in dwars- of in langsrichting wigvormig te maken (afb. 479). In gesloten stand rust de schuif dan via een ingedrukte rubberstrip tegen de aanslagen, terwijl deze bij het heffen reeds spoedig daarvan vrij komt. Gedurende korte tijd moet dus door het bewegingswerk een grote kracht bij het openen worden uitgeoefend.

#### Ontlaste glijschuif

Door de waterbouwkundige J.P. Josephus Jitta werd de ontlaste glijschuif ontworpen, waarbij de wielen alleen voor het bewegen worden gebruikt<sup>536</sup>. De schuif combineert de voordelen van een glijschuif met een directe dichting en die van een wielschuif met een geringe wrijving tijdens het bewegen. De ontlaste glijschuif bestaat uit een hoofdschuif en een bijschuif (afb. 480). De hoofdschuif, die is voorzien van een stalen beplating, dient als

waterkering en heeft geen wielen. Ze is door vier pendelstaven (staven met aan de beide uiteinden scharnieren) verbonden met de bijschuif. Deze bestaat uit een stalen frame, waarop de geleidingswielen zijn gemonteerd. Door de scharnierende verbinding wordt bij het optrekken van de bijschuif, de hoofdschuif van de aanslagen getrokken.

#### Toldeur en tolklep

Evenals in puntdeuren komen ook in omloopriolen toldeuren en tolkleppen voor. De draaias werd meestal zodanig excentrisch geplaatst, dat de overdruk op het grootste deel het afsluitmiddel gesloten houdt. Alleen voor het openen is dus kracht nodig. Voor de constructie wordt verwezen naar de beschrijving van de toldeuren in het hoofdstuk 'Afsluitmiddelen' en naar die van de hiervoor behandelde tolkleppen in puntdeuren.

Bij niet al te grote vervallen is de afsluiting echter vaak onvolkomen. Daarom werden kleppen toegepast, waarvan de beide vleugels via een ketting met het bewegingswerk zijn verbonden (afb. 481). Door het aanhalen van de ketting aan de ene zijde wordt de klep stevig tegen de aanslagen gedrukt. Voor de afdichting worden rubberprofielen gebruikt. De klep wordt geopend door het aanhalen van de ketting aan de andere zijde.

#### Roerklep

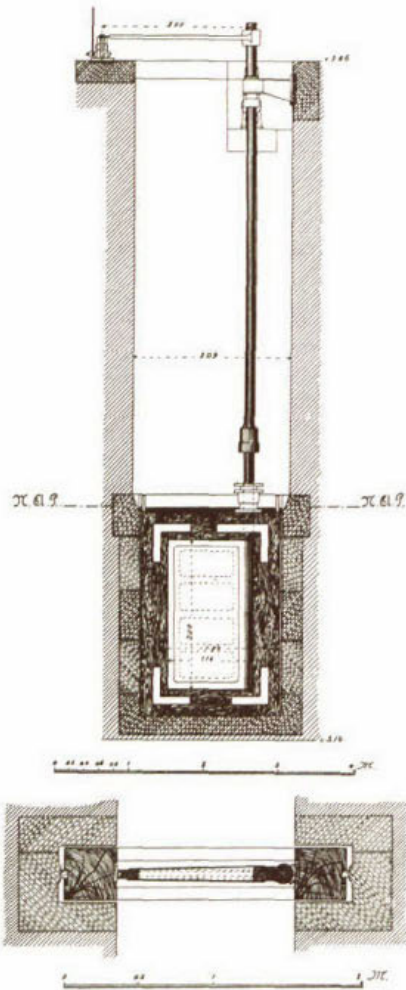
Een bijzonder afsluitmiddel voor rioolschuiven is de roerklep, toegepast in het omloopriool van de waaierdeuren van de Wilhelminasluis bij Andel (afb. 482)<sup>537</sup>. De klep draait om een verticale as in een houten raamwerk en kan naar beide richtingen worden geopend. Ter plaatse van de draaias is de roerklep door een verticale staaf verbonden met de 'roerpen' op het sluishoofd. De roerpen kan met een klink worden vastgezet, waarmee de klep is vergrendeld. Door het oplichten van de klink wordt de klep door de waterdruk opengedraaid.

#### Cilinderschuif

Een geheel ander afsluitmiddel is de cilinderschuif, die wordt geplaatst boven een cirkelvormige opening. In zijn eenvoudigste vorm bestaat de schuif uit een open ronde koker van plaatstaal, waarvan de bovenrand boven de waterspiegel uitsteekt (afb. 483). Het voordeel van een dergelijke cilinder is dat bij het openen geen waterdruk behoeft te worden overwonnen. De schuif kan uitstekend worden toegepast in het bovenhoofd van schutsluizen met een groot verval. Ze wordt daarbij boven een verticale schacht geplaatst, die in verbinding staat met de sluis-kolk. Bij het benedenhoofd zou de lengte zo groot kunnen worden dat de schuif te zwaar wordt.

De hefhoogte behoeft slechts gelijk te zijn aan de helft van de straal van de verticale schacht die door de cilinderschuif wordt afgesloten. Daarom werd de schuif later iets hoger gemaakt dan genoemde maat. Boven deze cilinder is een tweede vaste cilinder geplaatst, waarin de eerste kan bewegen. Deze bovenste heeft een iets grotere hoogte en wordt aan de bovenzijde afgesloten door een cirkelvormige plaat. In het midden daarvan bevindt zich een gat, waarop waterdicht een holle buis staat. Door deze buis loopt de stang waarmee de onderste cilinder op en neer wordt bewogen.

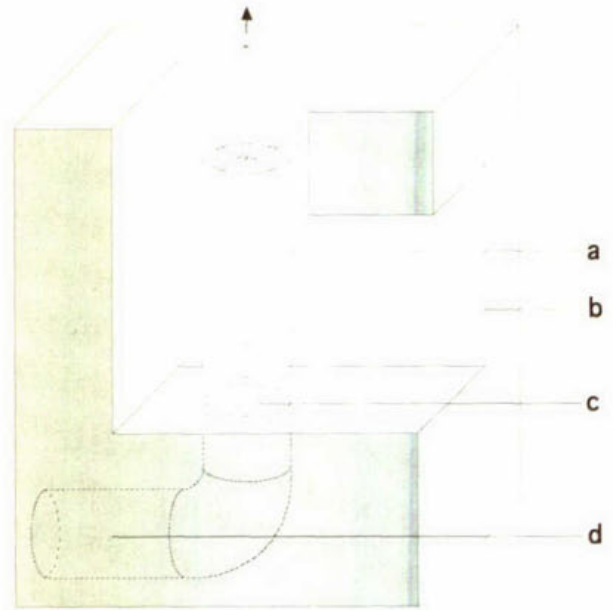




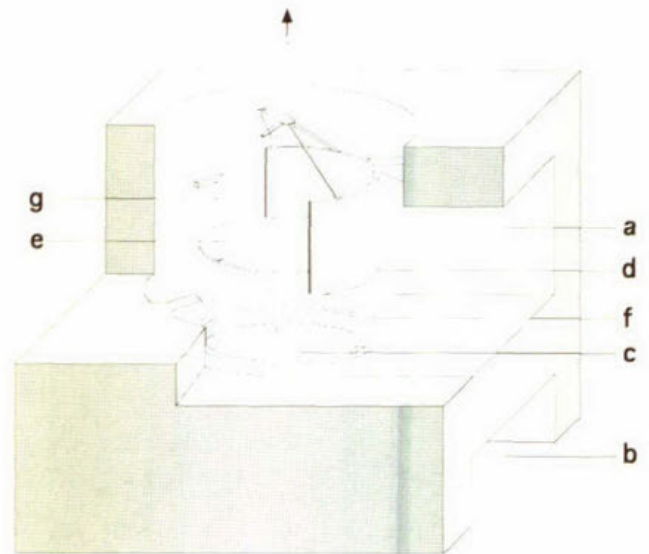
482. Roerklep in de Wilhelminasluis bij Andel; het bewegingsmechanisme op het sluishoofd (boven) en een tekening van de klep.

#### Klokschuif

Een verdere ontwikkeling van de cilinderschuif is de klokschuif (afb. 484). Deze bestaat uit een cilinder die om een vaste ronde dekplaat beweegt. De dekplaat wordt



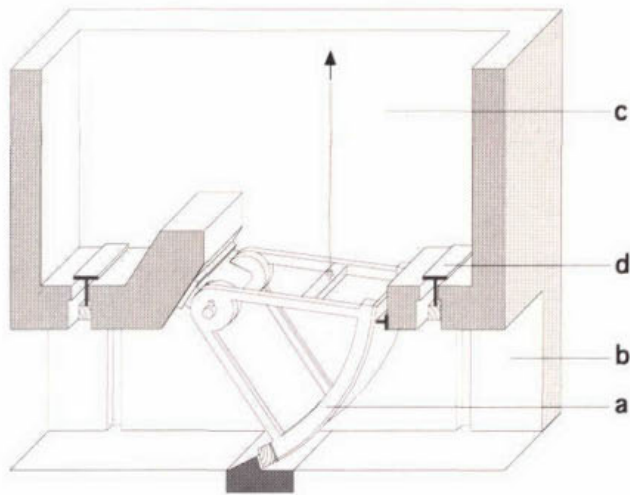
483. Cilinderschuif voor een omloopriool.  
a = schuif, b = bovenriool, c = ingang benedenriool, d = benedenriool.



484. Klokschuif voor een omloopriool.  
a = bovenriool, b = benedenriool, c = ingang benedenriool, d = mantel klokschuif, e = dekplaat, f = geleidingsstijl en ondersteuning van de dekplaat, g = geleidingsstijl boven de dekplaat.

ondersteund door een stalen frame en bezit aan de bovenzijde drie geleidingsstijlen. De onderzijde van de cilinder en de aanslag boven de verticale schacht hebben een conische vorm, zodat bij het heffen de doorstromopening in het begin slechts zeer langzaam groter wordt.





485. Segmentschuif voor een omloopriool.  
*a = schuif, b = riool, c = schuifkelder, d = afsluiting schot-  
 balkspanningen.*

Voor de afdichting is een rubberprofiel gebruikt. Bij het heffen van een cilinderschuif zal zonder maatregelen een draaiende waterbeweging ontstaan, die nadelig op de afvoer werkt. Daarom wordt de ruimte tussen de cilinder en de bovenschacht plaatselijk voorzien van een verticale stroomkering.

#### *Segmentschuif*

Een eveneens modern afsluitemiddel is de segmentschuif (afb. 485). Deze bestaat, evenals de segmentdeur, uit een gebogen plaat, die door een tweetal armen is verbonden met de draaias. De constructie hiervan komt in principe overeen met die van de segmentdeur, die in het hoofdstuk 'Afsluitemiddelen' is beschreven. Grote schuiven kunnen evenals de segmentdeur worden uitgebalanceerd. De schuiven worden bewogen via een ketting, die aan de bovenzijde van de schuif is bevestigd. De waterdichtheid aan de onderzijde wordt verkregen door een houten lijst en de dichtheid aan de beide zijkanten en de bovenzijde door een elastische afdichting.





*De Monsterse Sluis te Maassluis, zie pag. 78.  
(Fotografische Dienst Bouwkunde, TU Delft)*



## 6. STUWEN

Een stuw is een waterbouwkundige constructie, die in de doorstroomopening van een rivier, beek of sloot wordt geplaatst. Hierdoor wordt de doorstroming van water belemmerd, zodat de waterspiegel achter de stuw wordt verhoogd.

Naar functie wordt onderscheid gemaakt tussen debiet-beheersende stuwen en waterspiegel-beheersende stuwen. Bij het eerste stuwtype kan worden gedacht aan stuw-dammen voor de opwekking van elektriciteit (witte steenkool). Ook worden deze stuwen toegepast voor drinkwatervoorziening en irrigatie of voor de voeding van kanalen. Waterspiegel-beheersende stuwen hebben vooral tot doel een gewenste minimum vaardiepte te handhaven. Ook kunnen ze dienen tot het op peil houden van de grondwaterstand bovenstrooms van de stuw. Door opstuwning van het water in de waterloop achter de stuw zal ook de grondwaterspiegel van het belendende gebied stijgen.

Een tweede indeling is die tussen vaste en beweegbare stuwen. Vaste stuwen bestaan vaak uit een aarden dam bekleed met een steenzetting en voorzien van de nodige damwanden. Grote stuw-dammen zijn uitgevoerd in gewapend beton. In kleine waterwegen als sloten, waar men een bepaald peil wil handhaven, komen dikwijls houten vaste stuwen voor in de vorm van een damwand. In dit hoofdstuk zullen voornamelijk de beweegbare of wegneembare stuwen worden behandeld. Zij bestaan uit schotbalken of een houten of stalen schot, dat indien nodig geheel of gedeeltelijk kan worden weggenomen. Dit wegnemen geschiedt bijna altijd door neerklappen of omhoog hijsen. Bij een geringe waterafvoer is de stuw gesloten en wordt het water zoveel mogelijk vastgehouden. Neemt de afvoer toe, dan zal de kering langzamerhand worden verwijderd, totdat de afvoer zo groot is dat de gehele stuw kan of zelfs moet worden geopend. De waterweg heeft dan het volledige doorstroomprofiel herregen.

De beweegbare stuwen zijn nauw verwant met de sluizen. Plasschaert bijvoorbeeld behandelt in zijn *Beknopt praktisch leerboek der burgerlijke en water-bouwkunde* uit 1887 de stuwen dan ook onder het hoofdstuk 'sluizen'. Stuwen komen vaak voor in natuurlijke, stromende wateren als rivieren en beken, terwijl sluizen meestal in kunstmatige kanalen worden gebouwd.

Ook uitwateringssluizen werken slechts als het water stroomt. Zij hebben echter als functie om een te veel aan water af te voeren, terwijl stuwen het bovenstroomse wa-

ter juist moeten vasthouden. Hiermee springt al direct de verwantschap tussen stuwen en keersluizen in het oog. Ook de keersluizen dienen tot kering van het water. Keersluizen met ebdeuren hebben zelfs als functie om een minimale waterstand te handhaven, zowel voor de scheepvaart, als voor het op peil houden van de grondwaterstand.

Het water achter een keersluis staat vrijwel horizontaal, terwijl het water bovenstrooms van een stuw door de opstuwning langzaam omhoog loopt. Men zou het valschut, zoals toegepast in Drente en Overijssel, als een tussenvorm kunnen zien. Deze enkele waterkering wordt zowel keersluis als stuw genoemd. Bij stuwen stroomt gewoonlijk water over de stuw heen. Dit komt echter ook voor bij sommige keersluizen en zelfs bij schutsluizen als deze zich in een kanaal bevinden dat tevens als afwateringskanaal wordt gebruikt.

Het zal duidelijk zijn dat in een boek over de ontwikkeling van de sluisbouw, de stuwen niet onbesproken kunnen blijven. In tegenstelling tot sluizen wordt met het woord 'stuw' zowel het afsluitmiddel als het gehele kunstwerk aangeduid.

### 6.1. Ontwikkeling

De toepassing van beweegbare stuwen vond in ons land veel later plaats dan die van sluizen. Dit ondanks het feit dat met name de kleine rivieren en beken, maar ook de Maas, gedurende lange perioden nauwelijks bevaarbaar waren. De ontwikkeling van beweegbare stuwen vond vooral in het buitenland plaats. Met name in Frankrijk en in Amerika werden in de 19de eeuw vernuftige constructies ontwikkeld. Uit Amerika komt bijvoorbeeld de dakstuw, een vinding van de ingenieur J. White uit 1818<sup>538</sup>. Deze bestaat uit twee kleppen die in geopende stand plat op de bodem liggen en in gesloten stand een zadeldak vormen (zie afb. 507). Dit type is overigens in ons land niet toegepast. Frankrijk leverde de ideeën voor de klepstuw en de naaldstuw, die hierna aan de orde komen.

#### Verlaten in Drenthe

Tot de eerste in Nederland ten behoeve van de scheepvaart toegepaste stuwen kunnen de verlaten of valschutten in de vaarweg van Meppel naar de Smilderven en wor-





486. Stuw met hefdeur (valschut) te Maartensdijk.

den gerekend. In deze vaarweg was tussen 1614 en 1625 een dertiental verlaten gebouwd, die ervoor moesten zorgen dat er op deze vaarweg voldoende waterdiepte voor de schepen aanwezig was<sup>539</sup>. Om financiële redenen bestonden deze uit een enkele kering voorzien van een schotdeur (hefdeur), die met behulp van een windwerk omhoog kon worden gehesen (zie afb. 30). Tijdens het 'schutten' stroomde het water door de sluis.

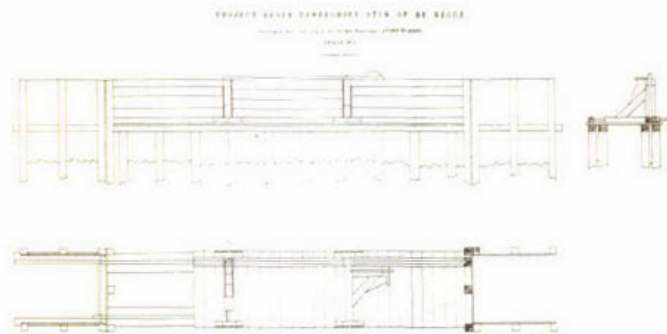
De sluisen waren in feite stuwen, die werden opengezet als er een schip moest passeren. Op voorstel van Jan Adriaansz Leeghwater en de landmeter Cornelis Dankerts werd in 1634 het grootste deel van deze sluisen omgebouwd tot schutsluisen. Valschutten met schotdeuren komen nog veel voor, onder meer in Utrecht en omgeving (afb. 486).

### Stuwbouw in Overijssel

Aan het bevaarbaar maken van rivieren was men in die tijd nog niet toe. Volstaan werd met het aanleggen van overlaten om dijkdoorbraken bij extreem hoge waterafvoeren tegen te gaan. Aan maatregelen om ook bij kleine afvoeren scheepvaart mogelijk te maken, werd pas in de 19de eeuw meer serieus gedacht.

Tot ver in die eeuw behielp men zich voor bijvoorbeeld het bevaren van de Regge in Overijssel gedurende droge perioden nog met een primitief middel<sup>540</sup>. Als de waterstand te laag was om scheepvaart mogelijk te maken, werd door de schippers benedenstrooms een zanddam opgeworpen. Het water werd daardoor opgestuwd. Als dit hoog genoeg stond, werd de dam snel doorgestoken en voeren de schepen met het afstromende water mee, totdat zij weer aan de grond liepen en dezelfde procedure zich herhaalde.

Het opwerpen van aarden dammen was een paardemid-



487. Ontwerp van Storm Buysing voor een stuw met neerklapbare jukken en schotbalken in de Regge uit 1831.

del, waardoor de bevaarbaarheid van de rivieren nog meer verslechterde. De dammen werden slechts gedeeltelijk opgeruimd. De rest werd door de stroom afgebroken en meegevoerd en bezonk op plaatsen waar de stroomsnelheid kleiner was. Daardoor ontstonden overal ondiepten in de rivier.

Een verbetering vormde de aanleg van permanente stuwdammen, met in het midden van de vaarweg een afsluitbare opening. In droge perioden was de opening gesloten. Het water achter de stuwdam werd opgestuwd, terwijl de schepen zich bij de stuw verzamelden. Als het water voldoende was opgestuwd, werd het afsluitmiddel verwijderd en voeren de schepen met de waterstroom mee naar de volgende stuw. Deze eenvoudige stuwen werden onder meer gebouwd in de riviertjes in Twente en de Graafschap<sup>541</sup>.

In 1831 bouwde de Provinciale Waterstaat in Overijssel een stuw in de uitmonding van de Regge in de Vecht met een breedte van 9 m<sup>542</sup>. Deze werd gesloten door een soort schipdeur, waarin een 3 m brede opening was uitgespaard (enigszins vergelijkbaar met de schipdeur van Goudriaan te Medemblik). Deze opening was bestemd voor de doorvaart van schepen (zompen) en afsluitbaar met schotbalken. Bij een grote waterafvoer kon de gehele 'schipdeur' worden weggehaald. Waarschijnlijk door een slechte bodembescherming voldeed de stuw niet aan de verwachtingen en moest reeds spoedig worden opgeruimd.

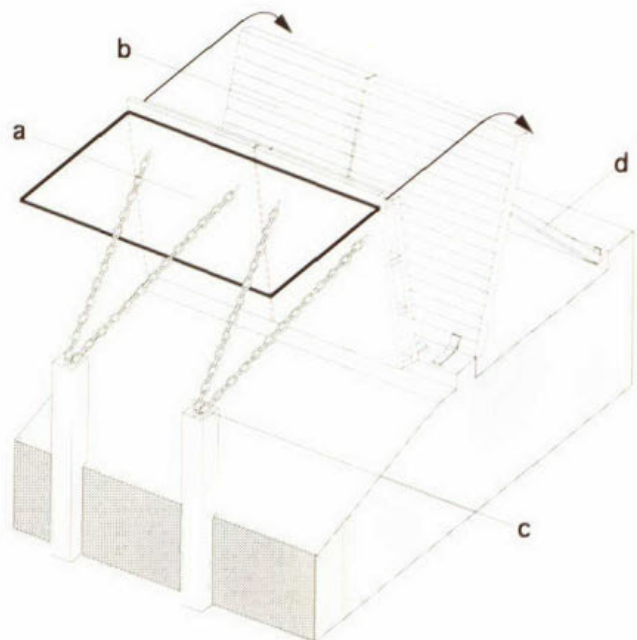
De waterbouwkundige Storm Buysing ontwierp in datzelfde jaar een stuw met drie openingen, elk 3 m breed<sup>543</sup>. Voor de beide tussenpijlers gebruikte hij een houten juk, dat om een horizontale as op de bodem zijwaarts kon worden neergeklapt (afb. 487). De jukken bestonden uit een horizontale balk, waarop aan het ene uiteinde een verticale stijl was bevestigd. De stijl en de horizontale balk waren tevens verbonden door een schuine schoorbalk. Aan de beide uiteinden van de horizontale balk was een lange, ronde ijzeren pin gemonteerd. Deze draaide in blokken op de stuwvloer, waarin een gat was geboord.

In geheven stand bevonden de jukken zich met het ene uiteinde van de horizontale balk in openingen, die in de









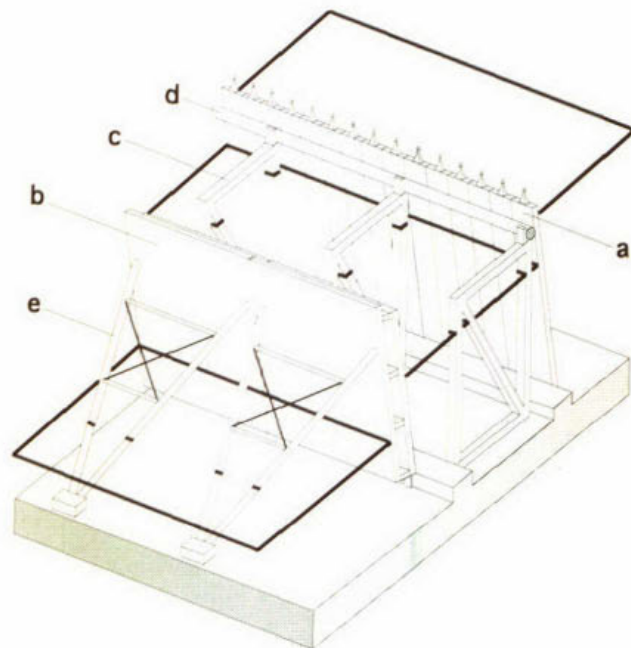
489. *Klepstuw van Thénard.*

*a = bovenstroomse klep, b = benedenstroomse klep, c = verankering bovenstroomse klep, d = schoorbalken benedenstroomse klep.*

daarachter één rij gericht naar het benedenwater (afb. 489).

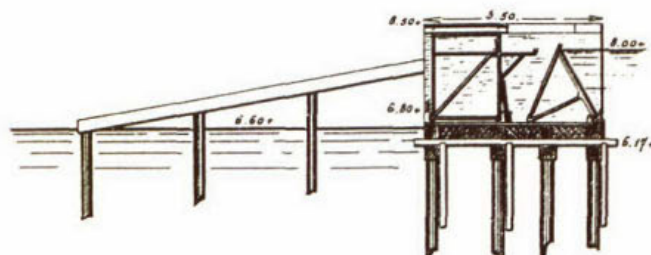
De kleppen draaien om een horizontale as ter plaatse van de bodem. In gesloten stand worden de benedenkleppen ondersteund door een schoor, die gemakkelijk en snel kan worden verwijderd. De bovenkleppen zijn met een ketting aan in de grond geheide palen verbonden. In open stand liggen deze kleppen op de bodem en worden vastgehouden door een klink. Moet de stuw worden gesloten, dan wordt de klink verwijderd, zodat de kleppen door het stromende water worden opgelicht. De benedenkleppen kunnen daarna gemakkelijk overeind worden gezet, waarna de ruimte tussen de kleppen onder water komt te staan. Doordat het water aan beide zijden van de bovenkleppen gelijk staat, kunnen deze zonder veel moeite worden neergedrukt en vastgezet. Bij grote waterafvoeren worden de schoren van de bovenkleppen weggeduwd en komen deze plat op de dam te liggen. De stuwdam heeft daarmee weer zijn oorspronkelijke hoogte gekregen.

De waterdichtheid van de stuwklep is veel groter dan die van stuwnaalden. Een nadeel is dat de klepstuw van Thénard slechts bij een geringe stuwhoogte bruikbaar is. Daarom paste de Fransman Chanoine de beide stelsels gecombineerd toe (afb. 490)<sup>555</sup>. Bij het in werking stellen van deze stuw worden, nadat de jukken zijn opgericht, eerst de naalden geplaatst. De stroom wordt daardoor gebroken, zodat de kleppen gemakkelijk kunnen worden opgericht. Moet de stuw worden opgeruimd, dan worden eerst de naalden verwijderd en de jukken neergelaten. Vervolgens kunnen de schoorbalken onder de kleppen worden weggeduwd, zodat ook de kleppen op de bodem komen te liggen. Dit gecombineerde stelsel werd rond



490. *De gecombineerde Poirée-Thénardstuw volgens Chanoine.*

*a = stuwnaalden, b = klep, c = juk, d = bovensteunregel naalden, e = klepschoor.*



491. *Tekening van de klep-naaldstuw in de Vecht bij Ane.*

1850 eveneens gebruikt bij de kanalisatie van de Maas bij Luik.

Ook voor de stuwen in de Vecht en die in de Regge werd voor dit gecombineerde Poirée-Thénard-stelsel gekozen. Ten einde de lekverliezen te verminderen, werd voorgesteld de kleppen bovenstrooms van de naaldkering te plaatsen. Als eerste werd in 1852 bij Hankate met de bouw van de stuw in de Regge begonnen, die een breedte kreeg van 26 m<sup>556</sup>. Om constructieve redenen werd daar de naaldkering nog bovenstrooms van de klepkering aangebracht (afb. 491). De stuwhoogte over de naalden was 1,8 m, terwijl de bovenzijde van de kleppen 10 cm lager lag. De kleppen waren van gietijzer en stonden 0,5 m



uit elkaar. De scharnieren bevonden zich bij opgeheven klep aan de bovenstroomse kant, waarbij deze aan de onderzijde een aanslag kreeg. De open ruimte tussen twee kleppen kon men afdekken met houten schotten.

De stuwen bij Ane en bij De Haandrik in de Vecht werden ongeveer volgens hetzelfde principe gebouwd. Bij deze stuwen was de naaldkering benedenstrooms van de klepdeuren aangebracht, wat veel beter bleek te zijn. De stuwhoogte bedroeg tweederde van die van de stuw in de Regge. De stuw bij Ane bezat een 20 m brede doorstroomopening met aan weerszijden een riool van 1,5 m breedte (zie afb. 80). De door de Overijsselsche Kanalisatie-Maatschappij gebouwde stuw kon in 1854 worden overgedragen aan de provincie. De 17 m brede stuw in De Haandrik, waarbij ook een schutsluis moest worden gebouwd, kwam in 1856 gereed.

### Stuwen in de Oude IJssel

Omstreeks 1890 werd de Oude IJssel in Gelderland gekanaliseerd<sup>557</sup>. Dit riviertje volgt in grootte op de Vecht in Overijssel. Er werd een aantal stuwen gebouwd met daarnaast een schutsluis. De sluisen kwamen er om financiële redenen: de provincie Gelderland was namelijk alleen bereid om subsidie te verlenen als er tevens schutsluisen zouden worden gebouwd. Het bedrag van de verleende subsidie was daarbij groter dan de extra kosten voor de bouw van de schutsluisen.

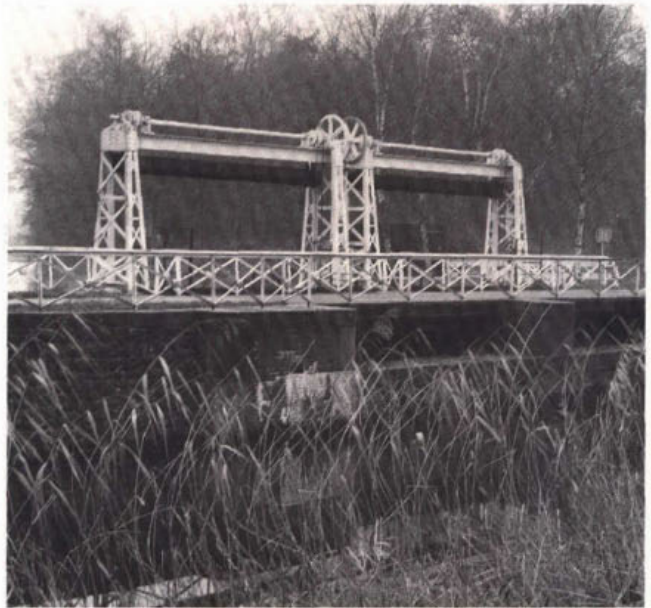
Als afsluitmiddel voor de stuwen paste men glijschuiven toe. Deze bestonden uit een ijzeren plaat, die tussen ijzeren stijlen gleeed. De stijlen waren aan de bovenzijde scharnierend aan een brug bevestigd en steunden met de onderzijde tegen een drempel. Aan de bovenzijde van de platen zaten haken gemonteerd. De schuiven werden gehesen door middel van een tang, die om de haken viel en zich vanzelf vastzette. De tang en daarmee de schuif werd met behulp van eert lier naar boven getrokken. De stijlen konden daarna omhoog worden gedraaid.

### Stoney-schuiven in de Dinkel

Aan het eind van de 19de eeuw werd in Engeland de Stoney-schuif ontwikkeld<sup>558</sup>. Deze hefdeur is zowel in sluisen als in stuwen gebruikt. In 1889 werd het Kanaal Almelo-Nordhorn geopend, waarmee de Overijsselsche Kanalen ook een verbinding naar Duitsland kregen<sup>559</sup>. Voor de voeding van het kanaal werd in 1904 in de Dinkel een stuw gebouwd<sup>560</sup>. Als afsluitmiddel werden een tweetal Stoney-schuiven aangebracht (afb. 492).

### Kanalisisatie van de Overijsselsche Vecht

In 1896 besloot het Rijk het beheer van de Overijsselsche Vecht op zich zou nemen<sup>561</sup>. Dit riviertje is niet alleen de grootste van de kleine Nederlandse rivieren, maar heeft ook een relatief groot stroomgebied, waarvan bijna de helft in Duitsland ligt. Door de aanleg van de Dedemsvaart en de Overijsselsche Kanalen en door het groter



492. Stuw met Stoney-schuiven in de Dinkel bij de kruising met het Kanaal Almelo-Nordhorn.

worden van de schepen nam het belang van de Vecht voor de scheepvaart snel in betekenis af.

De rivier verwilderde daarna steeds meer, waarbij de vele bochten steeds scherper werden. De landerijen langs de rivier kwamen ook zomers steeds vaker onder water te staan, zodat men besloot de rivier te verbeteren. Uitgangspunten daarbij waren dat zomers geen overstromingen meer mochten voorkomen, terwijl die in de winter juist moesten worden behouden<sup>562</sup>. Deze laatste zorgden door het bezinken van de met het water meegevoerde slibdeeltjes voor bemesting van het ondergelopen land. Naast het afsnijden van niet minder dan 69 bochten, waardoor de rivierlengte met 40% afnam, werden tussen 1907 en 1916 vijf nieuwe stuwen gebouwd<sup>563</sup>. Omdat tussen Ommen en Zwolle nog scheepvaartverkeer over de Vecht plaatsvond, werden parallel aan de stuwen bij Vilsteren en bij Vechten (nu Vechterweerd, ten westen van Dalfsen) schutsluisen gebouwd. Naast de drie stuwen tussen Ommen en Hardenberg werd geen schutsluis gebouwd, zodat daar geen doorgaande scheepvaart meer mogelijk was, die echter toch al weinig voorstelde.

De drie stuwen bovenstrooms van Ommen, bij Junne, Marienberg en Hardenberg, kregen drie openingen, elk met een breedte van 9 m. Benedenstrooms van Ommen moest ook het water van de Vecht worden afgevoerd, zodat de beide daar gebouwde stuwen vier openingen van elk 9 m kregen. Alle stuwen kregen een vaste bedieningsbrug, terwijl onder deze brug op de rivierbodem een gietijzeren drempel was aangebracht.

De openingen werden door verticale profielijzers in zes vakken verdeeld (afb. 493). Tussen deze profielen konden, met behulp van een loopkraan die over de bedieningsbrug liep, stalen schuiven worden neergelaten of opgehaald. De schuiven waren 1 m hoog en hadden een

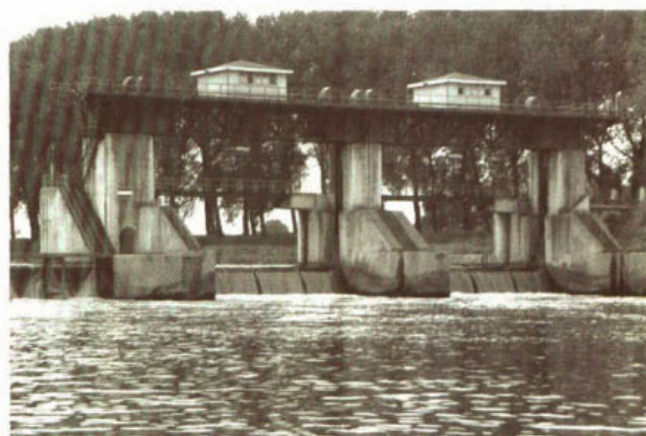




493. Stuw bij Vilsteren in de Vecht omstreeks 1950.



494. Stuw bij Roermond.



495. De afvoeropeningen van de stuw bij Roermond.

breedte van 1,5 m. Er konden meerdere schuiven boven elkaar worden geplaatst. De opstuwung kon fijner worden geregeld door in plaats van een schuif schotbalken met een hoogte van 0,25 m te gebruiken.

In 1920 werden de twee bestaande stuwen bovenstrooms van Hardenberg, die bij Ane en die bij De Haandrik, vervangen<sup>564</sup>. Zij kregen daarbij hetzelfde afsluitemiddel als de vijf andere stuwen.

## Maaskanalitie

De kanalisatie van de Vecht stelde in vergelijking met die van veel grotere rivieren in het buitenland weinig voor. Al in 1851 hadden de eerder genoemde ingenieurs Van der Kastele en Stieltjes op hun reis door Frankrijk veel grotere stuwen gezien. Pas in de 20ste eeuw werd in Nederland aan vergelijkbare werken gedacht.

De sterke opkomst van de steenkoolwinning in Zuid-Limburg bracht de noodzaak met zich mee tot een goede scheepvaartverbinding met de rest van Nederland<sup>565</sup>. Er werden diverse studies verricht en in 1915 nam het parlement een wet aan, die de kanalisatie van de Maas tussen Maastricht en Grave regelde<sup>566</sup>. Bij Linne, Roermond, Belfeld, Sambeek (Afferden) en Grave zou een stuw worden gebouwd. In 1920 werd met de bouw begonnen en tien jaar later was het werk voltooid.

De stuw bij Linne was de eerste die gereed kwam. De stuw bestond uit een 60 m brede scheepvaartopening en drie afvoeropeningen, elk met een breedte van 17 m (zie afb. 118)<sup>567</sup>. De stuw bij Roermond is vrijwel gelijk aan die bij Linne, maar heeft twee afvoeropeningen, terwijl de scheepvaartopening 68 m breed is (afb. 494). De afvoeropeningen werden afgesloten met stalen Stonyschuiven (afb. 495). Elke afvoeropening bezit twee even hoge schuiven, die zowel achter als boven elkaar kunnen worden geplaatst. Het overtollige water wordt zoveel mogelijk over de schuiven van deze openingen afgevoerd. Wordt de aanvoer groter, dan laat men de bovenste schuiven zakken. Pas als dit niet meer voldoende is, wordt ook water via de scheepvaartopening afgevoerd. De scheepvaartopening wordt afgesloten door twee boven elkaar geplaatste stalen wielschuiven, met een breedte van 4 m (afb. 496). De wielschuif wordt ondersteund door stalen jukken, die zijwaarts op de bodem kunnen worden neergeklapt. In totaal zijn er 14 jukken in de opening aanwezig; deze zijn drie aan drie gekoppeld door een scharnierend verbonden brug, die in neergelaten stand eveneens onder water ligt. Bij het sluiten van de stuw worden steeds drie jukken met hun verbindingsbrug door een elektrisch aangedreven kraanwagen omhoog gehesen (afb. 497). De kraan rijdt daarna verder over de



496. De scheepvaartopening van de stuw bij Linne.





497. Het opzetten van de jukken in de scheepvaartopening van de stuw te Linne in 1925.



498. Stuw bij Belfeld.

zo ontstane brug, om het volgende stel op te heffen. Wanneer alle jukken omhoog zijn gezet, worden met dezelfde kraan de wielschuiten geplaatst.

Bij het toenemen van de waterafvoer wordt, nadat de bovenschuiven in de drie afvoeropeningen zijn neergelaten, begonnen met het opruimen van de wielschuiten in de scheepvaartopening. Al naargelang dit nodig is, haalt de kraanwagen steeds meer schuiven uit de opening. Wanneer de afvoer zo groot is geworden dat opstuwen niet meer nodig is, kunnen, na het verwijderen van de schuiven, de jukken drie aan drie weer op de bodem worden neergelaten. Voor het opruimen van de gehele stuw was, afhankelijk van de weersgesteldheid, 6 tot 8 uur nodig. In neergelaten stand liggen de jukken gedeeltelijk over elkaar. Om deze zoveel mogelijk tegen beschadigen te beschermen, werd bovenstrooms van de jukken een 0,65 m hoge drempel aangebracht. In de praktijk bleek deze echter juist een averechtse werking te hebben: vuil hoopte zich achter de drempel op, zodat de jukken niet meer goed op de bodem lagen. Voor de volgende stuwen koos men daarom voor een andere constructie.

De stuw bij Belfeld werd, in tegenstelling tot de beide hiervoor genoemde, niet in een bochtafsnijding maar in het bestaande rivierbed aangelegd<sup>568</sup>. Ook deze stuw kreeg twee afvoeropeningen van elk 17 m en één scheepvaartopening met een breedte van 63 m (afb. 498). Voor de afvoeropening zijn weer Stoney-schuiven gebruikt. Omdat het stuwpeil hier veel groter is, zijn de schuiven hoger gemaakt. De hierna gebouwde stuw bij Sambeek is identiek aan die bij Belfeld en eveneens in het bestaande rivierbed gebouwd.

Vanwege de opgetreden problemen bij Linne en Roermond werden de jukken in de Belfeldse en de Sambeekse stuw niet onderling gekoppeld. Zij konden afzonderlijk worden bewogen en werden in geheven stand gekoppeld door losse bruggdelen. De jukken stonden 4,85 m uit elkaar. Aan de benedenzijde ontbreekt een directe verbinding tussen de voetpunten, zodat zij neergeklapt in elkaar vallen.

Een ander verschil met de beide voorgaande stuwen is de



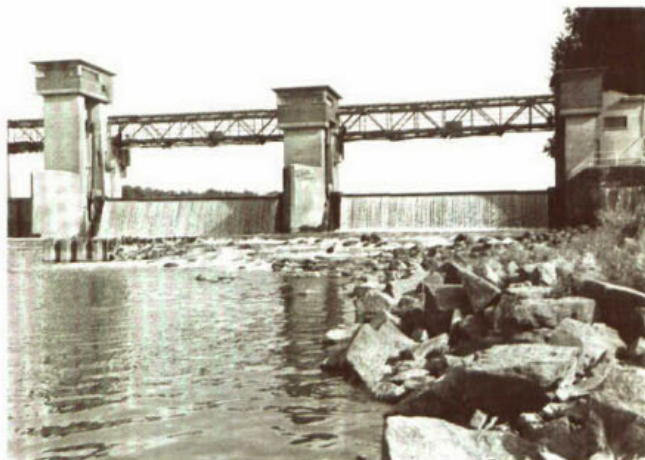
499. Stuw bij Grave.

wijze van ondersteuning van de wielschuiten. Deze worden niet rechtstreeks door de jukken ondersteund, maar door losse stijlen. Deze stijlen vinden onder een aanslag tegen de drempel en boven tegen de jukken. De jukken konden hierdoor lichter worden uitgevoerd. Verder werd de drempel zoveel mogelijk vlak gehouden, om het bezinken van vuil achter de drempel tegen te gaan.

### Stuw bij Grave

Voor de stuw bij Grave uit 1928 is een geheel andere constructie toegepast<sup>569</sup>. Er werd besloten om ter plaatse van de stuw tevens een verkeersbrug voor gewoon verkeer te bouwen. De stuw heeft twee openingen, één van bijna 50 m en één van ruim 60 m, afgesloten door drie boven elkaar gelegen rijen vlakke wielschuiten (afb. 499). De schuiven worden ondersteund door jukken, die hun bovenaanslag op de brug hebben en onder tegen een drempel rusten. Naarmate de afvoer toeneemt, worden meerdere schuiven omhoog gehesen. Dit gebeurde door middel van verticaal bewegende wagentjes, waaraan de schuiven werden aangehaakt. De wagentjes zelf werden door een langs de brug bewegende kraanwagen omhoog





500. Stuw bij Borgharen.

getrokken en neergelaten. Daartoe was naast de verkeersbrug een kraanbaan gemonteerd.

Nadat alle schuiven omhoog zijn gehaald, kunnen ook de jukken worden opgetrokken. Deze moeten daartoe eerst 10 cm omhoog worden gehezen, waardoor de onderkant boven de aanslagdrempel komt. Vervolgens werden de jukken in een horizontale stand onder het brugdek gedraaid.

In extreme omstandigheden, bijvoorbeeld bij onverwachts optredende ijsgang, kunnen de jukken ook met neergelaten schuiven omhoog worden gedraaid. Na het boven de dorpel hijsen van de jukken worden deze met de stroom meegenomen, waarna zij in horizontale stand tegen de onderzijde van de brug kunnen worden gebracht.

### Stuw bij Borgharen

Het deel van de Maas tussen Maastricht en Maasbracht is grensrivier met België. Toen de onderhandelingen met dat land, om ook dit deel van de rivier te kanaliseren, mislukten, werd besloten tot de aanleg van het Juliana-kanaal<sup>570</sup>. De grensrivier werd daarmee in de bestaande toestand gehandhaafd.

Het deel van de Maas bij Maastricht, dat geheel op Nederlands grondgebied ligt, werd wel gekanaliseerd. Bij Borgharen werd daartoe een stuw gebouwd (afb. 500)<sup>571</sup>. Ook deze stuw werd in het bestaande rivierbed aangelegd. In 1925 werd met de bouw begonnen en in 1929 was de stuw gereed.

De stuw kreeg naast een 30 m brede scheepvaartopening, drie afvoeropeningen met elk een breedte van 23 m. Voor de afsluiting van de scheepvaartopening werd een enkele wielschuif gekozen. De afvoeropeningen kregen een wielschuif met een verstelbare klep. Deze klep draait om een horizontale as waardoor het stuwpeil nauwkeurig is te regelen.

### Stuw te Lith

De laatstgebouwde stuw in de Maas is die te Lith, die te



501. Stuw bij Lith.



502. Vizerstuw in de Lek bij Hagestein.

vens het meest stroomafwaarts ligt. De stuw werd tussen 1934 en 1936 gebouwd in een bochtafsnijding van de Maas<sup>572</sup>. Zij heeft drie openingen, elk met een breedte van 38 m, die zowel voor de waterafvoer als voor de scheepvaart kunnen worden gebruikt. Evenals bij de stuw bij Borgharen zijn ook hier wielschuiven met verstelbare kleppen toegepast (afb. 501). De schuif is nog geklonken, maar de kleppen zijn geheel gelast. De snavelachtige vorm van de klep is bepaald aan de hand van modelproeven bij het Waterloopkundig Laboratorium in Delft. Aan de bovenzijde van de gebogen beplating is een stroomverdeler aangebracht, waardoor de waterkracht enigszins wordt beteugeld. De gekozen uitvoering maakte het mogelijk, dat de stuw bij ijsgang niet direct geopend behoefde te worden.

### Vizierstuwen in de Rijn

Na de Tweede Wereldoorlog werd ook besloten tot kanalisatie van de Neder-Rijn. Waren de hiervoor genoemde stuwen afgeleid van bestaande buitenlandse constructies, voor de Rijn werd een geheel nieuw stuwtype ontwikkeld: de vizierstuw (afb. 502). Ze zijn gebouwd bij Driel, bij Amerongen en in de Lek bij Hagestein in de jaren 1954 tot 1970<sup>573</sup>. De stuw bij Driel fungeert als 'verdeel-



kraan' en regelt de verdeling van het water tussen de Neder-Rijn en de IJssel. Naast elke stuw is een schutsluis gebouwd.

De stuw heeft de vorm van het vizier van een middeleeuwse ridderhelm, waaraan het ook zijn naam ontleend. Ze bestaat uit een gebogen halve cilinder met een middellijn van circa 50 m, die aan de beide uiteinden scharnierend met de landhoofden en de tussenpijlers is verbonden. Door deze vorm zijn de resulterende waterdrukken gericht vanaf het cirkelmiddelpunt. Omdat het afsluitemiddel daardoor uitsluitend op trek wordt belast, kan dit vrij licht worden geconstrueerd. In geheven stand zijn er echter wel belangrijke torsiekrachten. De halve cilinder is gericht naar de bovenstroomse zijde en staat in geopende stand onder een hoek van 60°. Met deze helling wordt de vereiste doorvaarthoogte bereikt.

## 6.2. Stuwtypen

Uit het voorgaande blijkt dat men pas halverwege de 19de eeuw serieus met de bouw van stuwen is begonnen. In de loop der tijd zijn daarna diverse types beweegbare stuwen toegepast. De meest primitieve is wel die met schotbalken. Er werden echter ook meer gecompliceerde stuwconstructies gebruikt. Van elk type zal hierna een beschrijving van de constructie worden gegeven<sup>574</sup>.

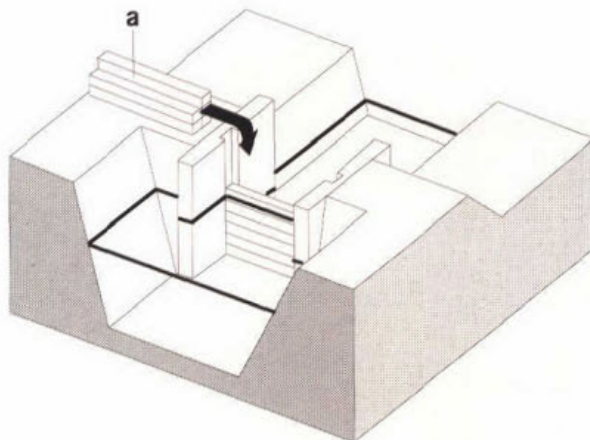
Aan de waterdichtheid worden bij stuwen over het algemeen veel lagere eisen gesteld dan bij sluizen. Gewoonlijk wordt ook bij een gesloten stuw water afgevoerd, zodat kleine openingen geen afbreuk doen aan de goede werking van de stuw. Soms worden echter wel hoge eisen gesteld aan de afdichting, ten einde vastvriezen bij vorst te voorkomen.

Vooraf waar relatief kleine constructie-elementen worden toegepast, stroomt vaak veel water tussen het afsluitemiddel door. Dit is bij voorbeeld het geval bij de naaldstuw, de klepstuw en de wielschuifstuw met jukken. Wil men in extreem droge perioden zoveel mogelijk water tegenhouden, dan worden de kieren afgedekt.

### Schotbalkstuw

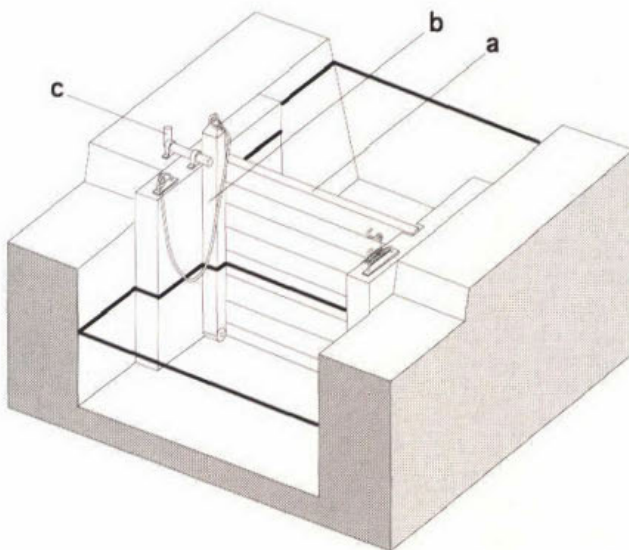
Het meest primitieve type beweegbare stuw is die met schotbalken (afb. 503). Het afsluitemiddel bestaat daarbij uit houten balken, met een vierkante of rechthoekige doorsnede, die bovenop elkaar worden gestapeld. Door hun eigen gewicht worden zij op elkaar gedrukt en keren op deze wijze het water. Soms waren de schotbalken voorzien van messing en groef, waardoor de waterdichtheid toenam. De schotbalken steunen met de beide uiteinden in verticale sponningen in de beide landhoofden.

Bij meerdere openingen zijn in het rivierbed penanten of tussenpijlers geplaatst, aan weerszijden voorzien van sponningen. Ten einde de schotbalken te verwijderen, moeten deze uit de sponningen worden getild. Daartoe waren aan de bovenzijde, verzonken in de balk, ijzeren ogen bevestigd waarmee de balken met haken konden worden omhoog getrokken.



503. Schotbalkstuw.

a = schotbalken.



504. Schotbalkstuw met wegklapbare aanslagstijl.

a = schotbalken, b = aanslagstijl, c = vergrendeling stijl.

Schotbalken konden slechts worden gebruikt tot een lengte van 7 á 8 m. Bij grotere lengte worden zij onhandelbaar. Om zonder extra voorzieningen redelijk snel te kunnen worden verwijderd, is een schotbalklengte van 3 m het maximaal mogelijke. Er zijn echter constructies toegepast, waarbij aan één zijde de schotbalken achter een verticale houten stijl rustten (afb. 504). Deze stijl was aan de onderzijde scharnierend met de bodem verbonden, en kon aan de bovenzijde worden vastgezet. Moest de stuw snel worden geopend om schepen door te laten, of vanwege een snel toenemende afvoer, dan werd de vergrendeling weggenomen.

De stijl werd door de waterdruk naar beneden gedruwd en de schotbalken dreven met de stroom mee. Zowel de stijl als de schotbalken waren via kettingen met één van de landhoofden verbonden. De schotbalken konden daarvoor gemakkelijk worden opgevist en de stijl weer over-eind worden gezet. Ook werd wel een palrol of praamhar



toegepast, zoals ook bij de vergrendeling van toldeuren in spuisluizen werd gebruikt.

Niet alleen het wegnemen maar ook het plaatsen van de schotbalken om de stuw te sluiten kostte veel moeite. De balken hebben de neiging om door de stroom omhoog te worden gedrukt. Er was dan ook veel kracht nodig om de balken op hun plaats te brengen. De bovenste balk werd met houten klossen vastgezet in de sponningen. Vanwege de moeilijke en tijdrovende plaatsing en verwijdering werden schotbalkstuwten slechts weinig toegepast en vrijwel alleen voor smalle beekjes.

## Naaldstuw

Naast horizontale schotbalken werden ook verticale naalden toegepast. Deze naalden waren gewoonlijk van hout en hadden een rechthoekige doorsnede. Beneden rustten zij tegen een drempel en met de bovenzijde tegen een vaste brug of een horizontale balk (afb. 505). De naalden werden aan de bovenzijde voorzien van een ijzeren muts waarop een oog was gesmeed. Dit oog heeft twee functies. Door een koevoet in het oog te steken kan de naald worden opgelicht en boven de drempel worden getild. Ook kan een touw door het oog worden gehaald, zodat de naald niet wegdrijft, maar gemakkelijk kan worden opgevist.

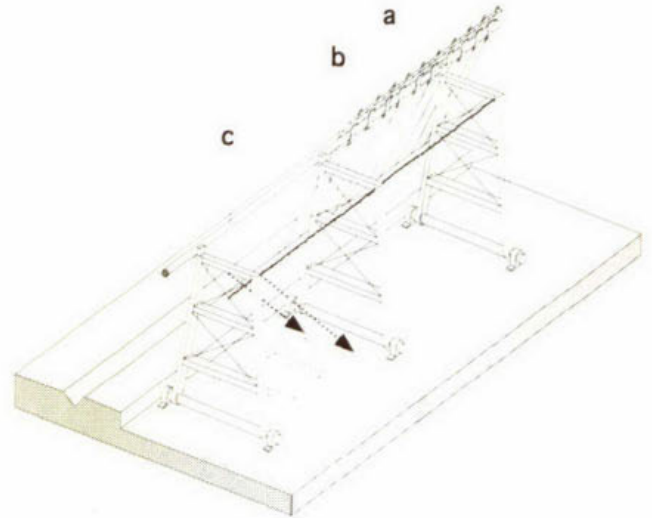
Wanneer een vaste brug ontbreekt, rusten de naalden met de bovenzijde tegen horizontale staven die worden ondersteund door ijzeren jukken. Elke staaf is met het ene uiteinde scharnierend met een juk verbonden, terwijl het andere uiteinde tegen een volgend juk rust. Dit laatste steunpunt is zodanig uitgevoerd dat dit gemakkelijk en snel kan worden verwijderd, zodat de naalden hun bovensteunpunt verliezen en met de stroom worden meegevoerd. Op deze wijze kan de stuw snel worden geopend. De ijzeren jukken bestaan uit een raamwerk in de vorm van een driehoek of van een vierhoek met een schoorstaaf als diagonaal. De horizontale basis rust op de bodem en vormt tevens de draaiax, waarover de jukken zijwaarts kunnen neerklappen. Het ene uiteinde van de horizontale staaf draait in de bovenstrooms gelegen drempel, terwijl het andere uiteinde in een blok draait, dat benedenstrooms van het juk op de vloer is bevestigd. De bovenstroomse drempel werd zo hoog gemaakt, dat de neergeklapte jukken geheel achter de drempel verdwenen. Daardoor werden de jukken bij strenge vorst en gelijktijdige lage waterstand zo min mogelijk blootgesteld aan drijfijfs.

De stuwnaalden werden los tegen elkaar geplaatst. Worden schotbalken door het eigen gewicht nog enigszins op elkaar gedrukt, bij naalden is daarvan geen sprake. Ook een messing-en-groefverbinding kan bij naalden niet worden toegepast, daar zij anders nauwelijks zijn te sluiten. Daardoor is de waterdichtheid van een naaldstuw niet groot. Soms plaatste men daarom latten over de kieren, waardoor de waterdichtheid aanmerkelijk verbeterde.

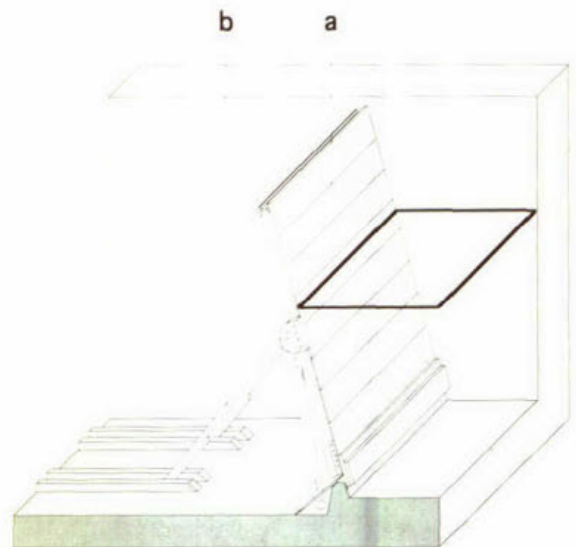
Bij het sluiten van de naaldstuw wordt op een willekeurige plaats de eerste naald geplaatst. Zolang de stroom nog niet zo sterk is, kunnen de volgende naalden ook gemakkelijk op hun plaats worden gebracht. Bij het smaller

worden van de opening neemt de stroomsterkte toe. De volgende naald wordt daarom achter de al geplaatste naalden neergelaten en daarna langs deze naalden op hun plaats gerold. Met naalden kan een maximale hoogte van 3 m worden gekeerd.

In plaats van rechthoekige houten naalden werden in het buitenland ook wel holle ijzeren naalden toegepast met een ronde of zeshoekige doorsnede. Door de naalden in twee lagen aan te brengen kon de waterdichtheid worden verbeterd. In Nederland zijn voor zover bekend in de 19de eeuw alleen houten naalden gebruikt. Daarna werden in ons land geen naaldstuwten meer toegepast.

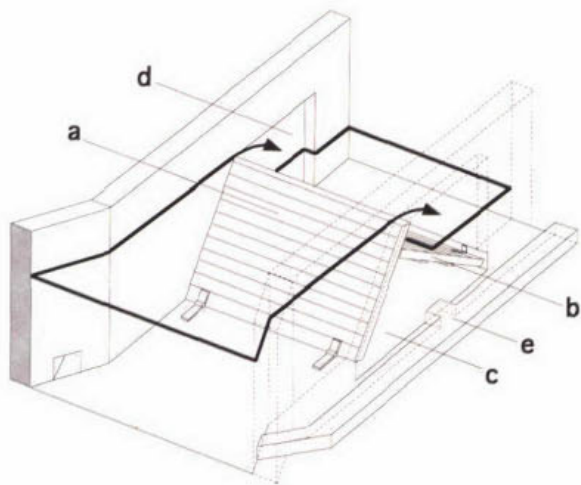


505. Naaldstuw.  
a = naalden, b = juk, c = bovensteunregel voor de naalden.



506. Automatische klepstuw.  
a = klep, b = schoor.





507. Dakstuw.  
*a = bovenklep, b = onderklep, c = ruimte onder de kleppen, d = inkassing in het landhoofd voor de kleppen, e = omloopriool.*

## Klepstuw

Doordat de naaldstuw in gesloten stand gewoonlijk veel water doorlaat, wat in droge perioden bezwaarlijk kan zijn, werd deze vaak gecombineerd met een klepstuw. De klepstuw bestaat uit een houten of ijzeren klep die om een horizontale as op de bodem draait (zie afb. 489). In geheven stand (bij gesloten stuw) wordt de klep ondersteund door een schoorbalk en staat zij onder een helling, gericht naar de benedenstroomse zijde van de rivier. De schoorbalk is met de bovenzijde scharnierend aan de klep verbonden en heeft aan de onderzijde een aanslag tegen een verhoging op de bodem. Door de schoor van deze aanslag weg te duwen, zakt de klep naar beneden en is de stuw geopend. Bij een sterke stroming zal het echter vrijwel onmogelijk zijn de klepstuw weer te sluiten. Vandaar de combinatie met stuwnaalden, die na plaatsing de stroom breken.

In de tweede helft van de 20ste eeuw zijn in kleine rivieren, zoals de Overijsselse Vecht, veel stalen kleppen toegepast, die met een hydraulische duwpers worden geheven en neergelaten. Bij erg kleine stuwten worden vaak kettingen gebruikt, die om een horizontale as worden gewonden en door een elektromotor worden aangedreven. Een bijzonder type klepstuw is de Chanoine-Pascaud-stuwklep, die door het water zelf wordt geopend (afb. 506). De klep is daartoe iets onder het midden scharnierend verbonden aan een trapeziumvormig juk, dat door een schoor wordt ondersteund. Het juk zelf bezit aan de onderzijde een horizontale draaias, die haaks op de stroomrichting staat. Neemt nu de afvoer toe dan duikt de klep voorover en komt de schoorbalk van de aanslag, waardoor de hele constructie plat op de bodem komt te liggen. Daalt de afvoer, dan moet de stuw met de hand of mechanisch weer overeind worden gezet.

## Dakstuw

De dakstuw bestaat uit twee kleppen die in gesloten stand een zadeldak vormen (afb. 507). In geopende stand liggen de kleppen plat op de bodem, waarbij de bovenstroomse klep gedeeltelijk over de andere klep ligt. De ruimte onder de kleppen staat via riolen in verbinding met zowel het bovenstroomse als het benedenstroomse deel van de rivier. De riolen zijn met schuiven afsluitbaar. Door het sluiten van de schuiven naar het benedenstroomse rivierdeel en het openen van die aan de andere kant, wordt water onder de kleppen ingelaten, waardoor deze omhoog komen. Het toestromende water wordt daardoor opgestuwd.

In de beide zijwanden is een waaivormige inkassing aangebracht, waarmee een aanslag voor de bovenste klep is verkregen. Deze aanslag zorgt ervoor dat de klep niet verder open kan. De onderste klep staat in geheven stand tegen een klamp, die op de onderzijde van de bovenste klep is bevestigd. Om de stuw te openen wordt de bovenstroomse rioolschuif gesloten en de benedenstroomse geopend, waardoor het water uit de ruimte onder de kleppen stroomt. De kleppen zakken daardoor weer in de inkassing in de bodem en de rivier heeft weer het volledige doorstroomprofiel ter beschikking.

## Schuifstuw

Schuiven zijn veel toegepast in stuwten. Hiervan zijn diverse typen te onderscheiden, de glijschuif, de wielschuif en de Stoney-schuif. In tegenstelling tot Stoney-schuiven en hefdeuren in sluizen, zijn schuiven in stuwten meestal niet uitgebalanceerd.

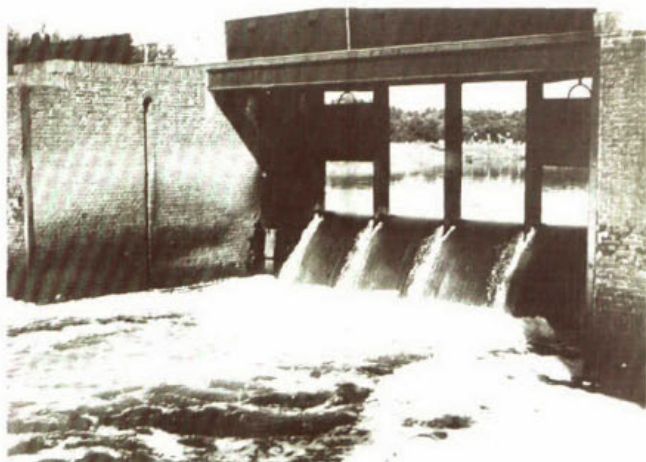
### *glijschuif*

De glijschuif werkt in principe op dezelfde manier als de schuiven die veel voorkomen in sluizen ten behoeve van de waterhuishouding (zie afb. 486). Ze zijn zowel in hout als in ijzer en staal uitgevoerd. Houten schuiven bestaan uit een rij boven elkaar geplaatste planken of balken, voorzien van messing en groef en bijeengehouden door ijzeren strippen. Bij een kleine opening wordt ook wel een dubbel opgeklampt schot gebruikt. IJzeren schuiven bestaan uit een raamwerk van profielijzer, waarover een beplating is aangebracht. Aanvankelijk werden gietijzeren schuiven toegepast, terwijl in de 20ste eeuw het ijzer werd vervangen door staal.

De schuiven glijden in sponningen in de beide landhoofden. Bij meerdere openingen worden tussenpijlers geplaatst. Dit kan een gemetselde pijler zijn maar er komen ook ijzeren staven voor die aan de onderzijde tegen een drempel steunen en aan de bovenzijde tegen een vaste brug (afb. 508). Deze ijzeren stijlen worden ook wel (zij het ten onrechte) naalden genoemd.

De waterdichtheid van glijschuiven is over het algemeen groot. Bij het bewegen van glijschuiven onder verval treden echter grote wrijvingskrachten op. De schuiven kunnen dus niet te groot worden en zijn daarom slechts bruikbaar voor kleine stuwten. Gewoonlijk worden meerdere schuiven boven elkaar geplaatst, zodat door het





508. Glijschuiven in de stuw bij Vilsteren in de Overijsselse Vecht.

wegnemen van één of meer schuiven het stuwpeil nauwkeurig kan worden geregeld.

Een bijzonder type schuifstuw is die in de Berkel bij de Kapperallee te Warnsveld uit 1925 (afb. 509). Deze bestaat uit boven elkaar geplaatste balken, die naar onderen toe in hoogte toenemen. De balken zijn zodanig verbonden dat de balken één voor één omhoog worden getrokken. De onderste balk komt daarbij pas omhoog als de bovenste al een eind is gehesen. Hiermee kan de waterstand worden geregeld.

#### Stoney-schuif

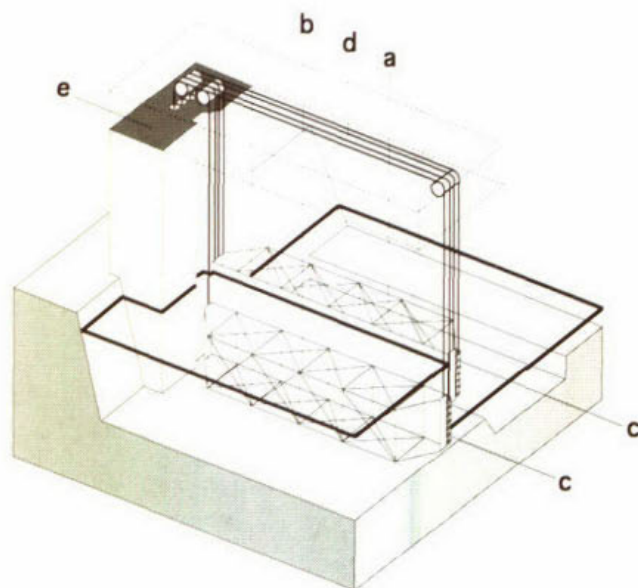
Voor grotere stuwopeningen werden vaak Stoney-schuiven gebruikt (zie afb. 492). De constructie daarvan komt overeen met die in sluizen (zie afb. 300). Stoney-schuiven zijn toegepast tot een breedte van 17 m. De schuiven drukken tegen losse wielwagens, die tussen de deur en de aanslagen zijn geplaatst. Bij het bewegen gaan deze met halve snelheid mee omhoog of omlaag, zodat een zuivere rollende beweging plaatsvindt. Om te voorkomen dat de rolwagen bij afnemende druk naar beneden valt, werd deze aan een kabel opgehangen. Daartoe was aan de bovenzijde van de wagen een schijf gemonteerd. De kabel is met het ene uiteinde aan een vast punt van het hefportaal verbonden, terwijl het andere eind aan de ophangkabel van de schuif is bevestigd.

De Stoney-schuif bestaat uit een stalen beplating, die op een aantal hoofdliggers is geklonken. Deze liggers zijn meestal als vakwerk uitgevoerd. Bij de stuwen in de Maas zijn Stoney-schuiven toegepast met een ruimtelijk vakwerk als hoofdligger (afb. 510). De vakwerkligger heeft een min of meer vierkante doorsnede.

Om de waterstand met een enkele schuif te regelen, moet de stuw worden geheven, zodat het water er onderdoor stroomt. Dit heeft verschillende nadelen. Drijvend vuil en drijfjz zal zich voor de stuw ophopen, zodat, om dit af te voeren, de stuw in haar geheel omhoog moet worden gehesen. Een ander bezwaar is de energie van het water, die bij een onderafvoer veel nadeliger is voor de bodem benedenstrooms van de stuw, dan bij bovenafvoer het geval is. Ook is bij benedenafvoer de doorstroming afhan-



509. Schuifstuw in de Berkel bij Warnsveld.



510. Dubbele Stoney-schuif zoals toegepast in de Maasstuwen tussen Linne en Sambeek.

a = bovenste schuif, b = benedenste schuif, c = losse rolwagens, d = ophangkabels schuiven en rolwagens, e = toren met bewegingsinrichting.

kelijk van de stand van het benedenwater, wat met name in getijdegebieden hinderlijk kan zijn.

Bovenafvoer heeft daarom meestal de voorkeur, om welke reden bij grote stuwen vaak wordt gekozen voor een dubbele schuif (zie afb. 510). De beide schuiven bevinden zich daarbij zowel boven als achter elkaar. Onder normale omstandigheden staat één schuif op de bodem, terwijl de tweede wordt gebruikt voor de regulering van het stuwpeil. Pas als de watertoevoer zo groot is dat er geen opstuwning meer nodig is, worden beide schuiven geheven. Het onderdoor laten van water wordt wel tijdelijk toegepast om zand en vuil af te voeren, dat bovenstrooms van de stuw is bezonken. De onderste schuif wordt daartoe iets omhoog geheven, zodat er een sterke stroming



onder de schuif door ontstaat, die het bezonken vuil meeneemt.

Stoney-schuiven vereisen vaste hefportalen of heftorens. Tussen de heftorens is een bedieningsbrug aangebracht, waardoor de beide bewegingsmechanismen aan weerszijden van de schuif gemakkelijk zijn te koppelen. Dit is nodig voor een gelijkmatige beweging van de schuif, zodat deze niet scheef en vast zal lopen. Kleine schuiven worden gewoonlijk met handkracht bewogen en zijn door contragewichten uitgebalanceerd. Grote schuiven zijn niet uitgebalanceerd en worden motorisch aangedreven.

#### *wielschuiven*

Ook wielschuiven zijn veel toegepast, en wel in een breedte variërend van 4 tot bijna 40 m. Wielschuiven zijn met name veel gebruikt in de scheepvaartopening van een stuw. Voor deze opening werd bij de Limburgse Maas een breedte vereist van meer dan 60 m. Een dergelijke breedte was toen niet meer door één schuif af te sluiten. Daarom is daar voor een andere oplossing gekozen. De opening wordt door een groot aantal naast elkaar geplaatste schuiven afgesloten, die worden ondersteund door wegneembare jukken.

De schuiven zijn uitgevoerd als vlakke wielschuiven, bestaande uit een stijl en regelwerk met een beplating. Voor de jukken zijn twee typen gebruikt: jukken die zijwaarts op de bodem neerklappen en jukken die onder een brug draaien. Bij de zijwaarts neerklapbare jukken rust elke schuif tegen twee jukken aan. Van dit type zijn twee uitvoeringen ontwikkeld.

Bij de oudste uitvoering worden de schuiven rechtstreeks door de jukken ondersteund. De jukken zijn daarbij uitgevoerd als vakwerkconstructie (afb. 511). In neergeklapte stand liggen ze gedeeltelijk over elkaar en worden beschermd door een 0,65 m hoge drempel. Omdat deze constructie voor problemen zorgde, werd later een andere constructie ontwikkeld. Daarbij worden de schuiven niet meer rechtstreeks door de jukken ondersteund, maar

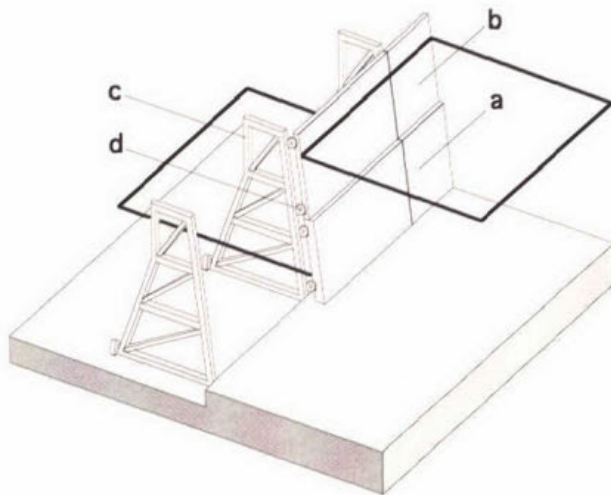
door losse stijlen die aan de onderzijde tegen een drempel rusten en met de bovenzijde tegen de jukken (afb. 512). Deze jukken zijn opgebouwd uit twee stijlen, die aan de bovenzijde en iets onder het midden van de stijlen met elkaar zijn verbonden. Tevens is de bovenzijde van de stijl aan de kant van de schuif afgeschoord naar de onderzijde van de andere stijl. Doordat de verbinding tussen de onderzijde van de stijlen ontbreekt, vallen de jukken in neergeklapte stand niet over, maar in elkaar. Ze liggen daarbij vlak op de bodem, zodat een hoge drempel wordt vermeden.

Bij het openen van de stuw moeten de wielschuiven worden verwijderd. De schuiven rusten daarom los tegen de jukken en staan onder een helling, gericht naar de benedenstroomse zijde. Ze worden door de waterdruk op hun plaats gehouden. Elke schuif heeft vier wielen. Bij de oudste uitvoering lopen deze over de bovenstroomse stijlen van de jukken en bij de nieuwere over de losse stijlen.

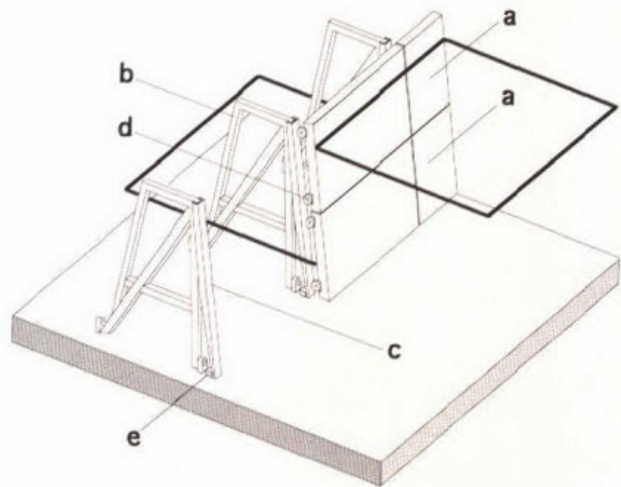
Bij de toepassing van een stuw onder een verkeersbrug kan voor een andere oplossing worden gekozen. De jukken kunnen onder het brugdek worden gedraaid, waarmee de hele constructie zich boven water bevindt (afb. 513). Controle en herstel zijn daardoor ook veel gemakkelijker uit te voeren. De jukken bestaan uit twee zware samengestelde stijlen, onderling verbonden door regels en diagonalen (afb. 514).

In tegenstelling tot de zijwaarts neerklapbare jukken, staan deze jukken dwars op het rivierbed. Aan de onderzijde haken ze achter stalen aanslagstukken, die in de betonnen vloer zijn verankerd. De bovenzijde van de jukken steunt tegen de verkeersbrug. Elke stijl is via een hefboom met de brug verbonden (afb. 515). Daardoor kunnen de jukken eerst 10 cm omhoog worden gehesen, om over de aanslagen te kunnen worden gedraaid.

De schuiven zijn voorzien van vier loopwielen en vier ge-

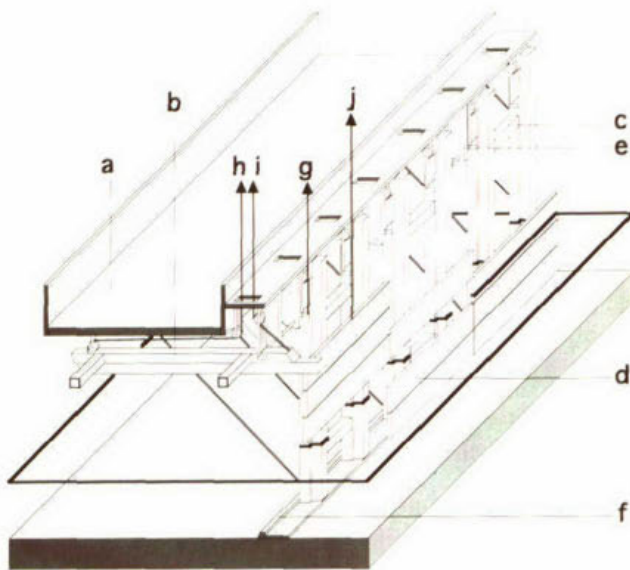


511. *Wielschuif rechtstreeks ondersteund door jukken.*  
a = benedenschuif, b = bovenschuif, c = juk, d = loopwiel.

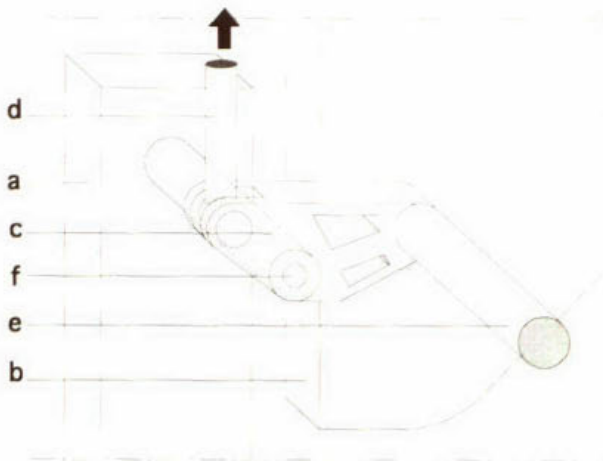


512. *Wielschuif via losse stijlen ondersteund door jukken.*  
a = schuif, b = juk, c = losse stijl, d = loopwiel, e = nok als onderaanslag voor de stijl.





513. Jukken en schuiven onder een verkeersbrug.  
*a = brug, b = juk in opgeklapte stand, c = juk in neergelaten stand, d = wielschuij, e = console, f = aanslagdrempel voor de jukken, g = kabel voor het heffen van de jukken boven de drempel, h = kabel voor het omhoog halen van de jukken, i = kabel voor het neerlaten van de jukken, j = kabel voor het heffen van de schuiven.*

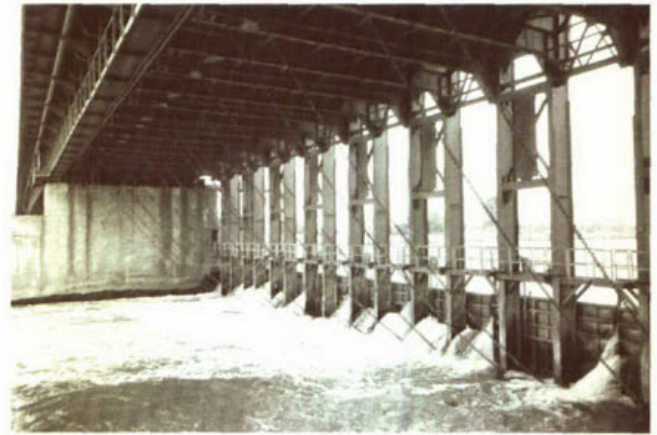


515. Hefboommechanisme voor het heffen van de onder een verkeersbrug geplaatste jukken boven de aanslagdrempel.

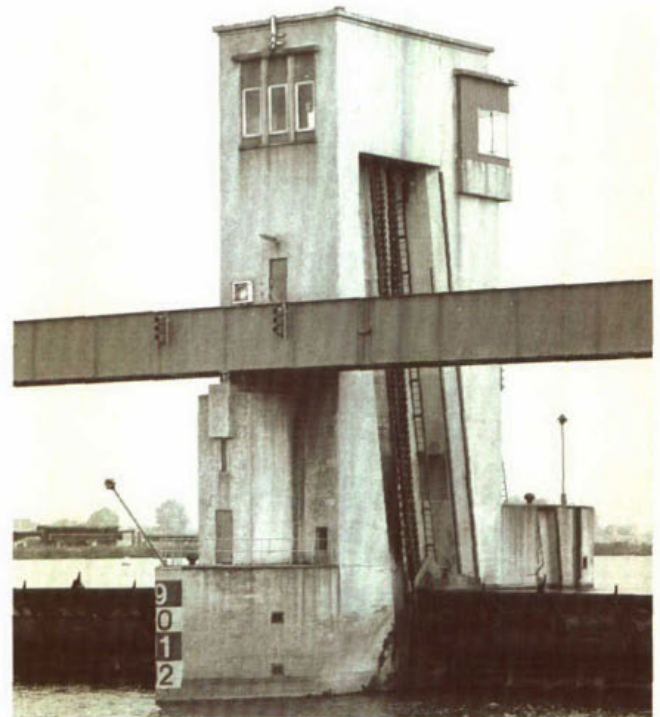
*a = jukstijl, b = console aan de brug, c = 'hefboom', d = stang of kabel naar het bewegingswerk, e = draaias door de console, f = draaias door het juk.*

leidingswielen. De assen van beide wielsoorten staan loodrecht op elkaar. Elke schuij wordt door één juk ondersteund. Daarom behoeven de schuiven slechts omhoog te worden getrokken. Om een wirwar van kabels te vermijden, worden de schuiven door een apart wagentje, dat via kabels met de bewegingsinrichting is verbonden, gehesen en neergelaten.

Bij toepassing van jukken mogen de schuiven niet te



514. Schuiven en jukken van de stuw te Grave.



516. Heftoeren met kettingen voor de beweging van de wielschuij met klep in de stuw te Lith.

groot worden. Meestal worden twee of drie schuiven boven elkaar geplaatst, wat als bijkomend voordeel heeft, dat de waterafvoer fijner kan worden geregeld. De schuiven sluiten de opening niet volledig af. Tussen twee naast elkaar geplaatste schuiven bevindt zich een opening van enkele centimeters, opdat de schuiven bij het bewegen elkaar niet hinderen. In extreem droge perioden kunnen deze kieren worden afgedekt met naalden.



Naast deze relatief kleine wielschuiten zijn er ook grotere toegepast, tot een breedte van 38 m. Deze bewegen tussen heftoren en zijn opgehangen aan zware Gallse kettingen (een soort reusachtige fietsketting, afb. 516). De schuiten zijn aan beide uiteinden voorzien van twee rolwagens, elk met twee loopwielen. De rolwagens zijn scharnierend met de schuif verbonden, zoals dit ook bij hefdeuren het geval is. Om de opwaartse beweging gemakkelijker te maken, is de rijbaan enigszins hellend gemaakt naar de benedenstroomse richting. De waterdruk zal daardoor het omhoog trekken van de schuif bevorderen.

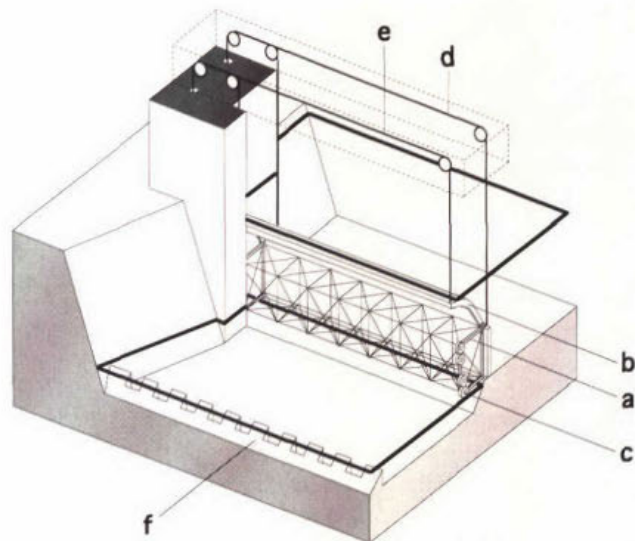
Voor de fijnregeling van de waterafvoer wordt op de schuif vaak een klep geplaatst, die scharnierend daarmee is verbonden. Van de hoofdconstructie van de schuif bestaan twee uitvoeringen. In Borgharen is een vakwerklijger toegepast met een vierkante doorsnede, waarop aan de bovenstroomse zijde een plaat is geklonken (afb. 517). De hoofdconstructie van de wielschuif in de stuw bij Lith heeft in doorsnede een driehoekige vorm.

In de kleppen is een versterkingsbuis aangebracht. De kleppen worden met dezelfde kettingen bewogen als de schuiten. De ketting is daartoe met het ene uiteinde verbonden met de klep en loopt daarna via de bewegingstrommel naar de schuif. In Borgharen is de ketting direct aan de schuif bevestigd, terwijl in Lith de ketting over een aan de schuif gemonteerde schijf loopt en met het uiteinde aan de bovenzijde van de heftoren is bevestigd.

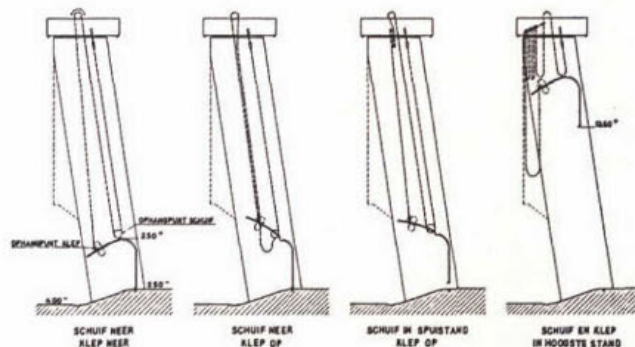
De kettingtrommels worden aangedreven door een elektromotor. Afhankelijk van de draairichting zal of de schuif, of de klep worden gehesen. Daarbij kan de klep pas worden opgericht als de schuif op de bodem staat. Bij Lith kan het kettingdeel naar de klep worden vastgezet, zodat bij het hijsen van de schuif de klep ten opzichte van de schuif slechts langzaam naar beneden zakt (afb. 518). De schuif wordt daarmee in spuistand gezet, zodat bezonken vuil wegspoelt.

Bij deze stuw werd als eis gesteld, dat deze ook bij matige vorst moest kunnen werken. Met name op plaatsen waar water tussen de vaste en de bewegende delen doorlekt, kunnen de delen vastvriezen. Daarom is grote aandacht besteed aan de afdichting tussen de schuif en de klep en bij de zijwanden. Tussen de schuif en de klep is een afdichting gemaakt, bestaande uit twee rubberstroken met daartussen, ter versterking, een bronzen strip. De stroken zijn met bouten zowel met de schuif als met de klep verbonden. Ter plaatse van de heftoren zijn aan de schuif en de klep zijschilden gemonteerd, terwijl in de heftoren dichtingslijsten zijn aangebracht. De afdichting wordt verkregen door rubberstroken tussen de bewegende en de vaste delen.

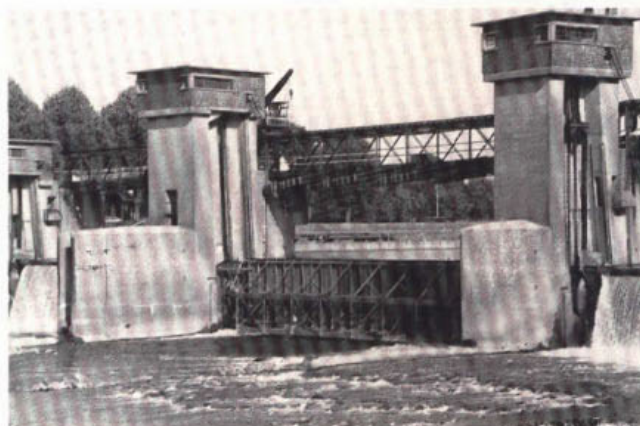
Bij de schuif in de scheepvaartopening van de stuw bij Borgharen ontbreekt een klep. Die heeft daarom een grotere hoogte, mede veroorzaakt door de lagere ligging van de vloer. De hoofdconstructie is ook bij deze schuif uitgevoerd als ruimtevakwerk, met in doorsnede de vorm van een rechthoekig trapezium waarbij de bovenzijde schuin loopt (afb. 519).



517. *Wielschuif met klep in een stuw.*  
*a = vakwerklijger van de schuif, b = klep, c = rolwagen, d = kabel voor wielschuif, e = kabel voor klep, f = drempel met 'tanden' als stroombreker.*



518. *Beweging van de schuif en de klep in de stuw te Lith.*



519. *Wielschuif in de scheepvaartopening te Borgharen.*



### 6.3. Het stuwlichaam

De beweegbare stuw wordt door het stuwlichaam op zijn plaats gehouden. Het stuwlichaam bestaat uit de stuwvloer, de beide landhoofden en de eventuele tussenpijlers. Op dit stuwlichaam werken door de waterdruk op het afsluutmiddel forse krachten. Het stuwlichaam moet deze krachten kunnen opnemen en dus goed worden gefundeerd.

Evenals bij sluizen zal ook bij stuwen gevaar voor onder- en achterloopsheid optreden. Daarom worden onder en naast het stuwlichaam damwanden geslagen. Ook zullen bij stuwen, meer nog dan bij sluizen, maatregelen moeten worden genomen tegen uitschuring van de rivierbodem door het overstortende of het onderdoor stromende water. Een goede bescherming van de bodem is daarom noodzakelijk.

#### Hout

De oudste stuwen waren gering van omvang. Er werd volstaan met een houten vloer en houten landhoofden, zoals deze nog wel voorkomen in kleine sloten en in beekjes. Vaak is de stuw zelfs niet meer dan een eenvoudige damwand, met in het midden een opening waarin schotbalken kunnen worden geplaatst (afb. 520).

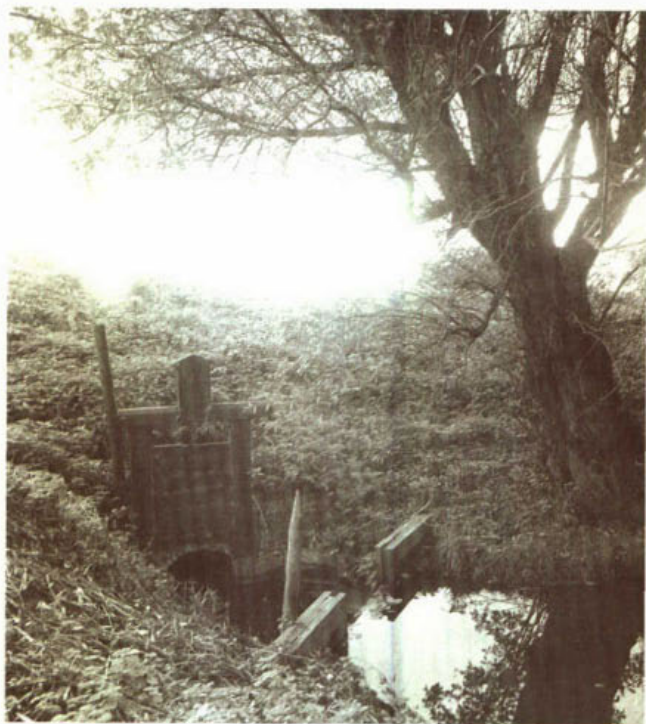
#### Steen

Bij iets grotere stuwen, zoals die in de Overijsselse Vecht, bouwde men stenen landhoofden (afb. 521). Het stuwlichaam werd gefundeerd op houten palen, onderling in dwarsrichting verbonden door kespes. Ter plaatse van de landhoofden en eventuele tussenpijlers zijn in langsvaart over de kespes één of meer kloosterhouten geplaatst, met daartussen een houten ondervloer. De constructie hiervan komt overeen met die bij de sluizen en is in hoofdstuk 4 nader beschreven.

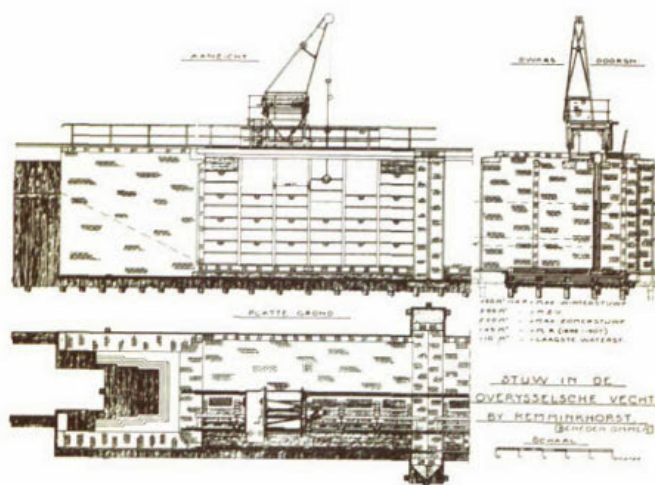
Ook bij stuwen zullen bij het droogzetten forse opwaartse krachten ten gevolge van de grondwaterdruk op de stuwvloer worden uitgeoefend. Ten einde het omhoogkomen van de vloer te voorkomen, moet de constructie daarop zijn berekend. Daarom werden ook hier over de houten vloer en boven de kespes zwalpen geplaatst, die stevig met de kespes zijn verbonden. Over deze houten constructie is een vloer van baksteen gemetseld, waarvan de bovenzijde is uitgevoerd als rollaag.

Onder het afsluutmiddel bevindt zich een natuurstenen drempel in de stuwvloer, terwijl de vloer aan de beide uiteinden wordt afgesloten door een natuurstenen jokdorpel. Bij toepassing van glijschuiven is in de landhoofden en de eventuele tussenpijlers een sponning uitgespaard. Ook zijn aan weerszijden van het afsluutmiddel schotbalksponningen gemaakt, zodat de stuwvloer indien nodig kan worden drooggelegd. Bij een defecte stuw kunnen de schotbalken als noodkering fungeren.

De landhoofden en tussenpijlers zijn opgetrokken in baksteen, terwijl voor de hoeken en ter plaatse van de sponningen blokken van natuursteen zijn gebruikt. Bij



520. Houten stuwte met links een keersluisje in de nabijheid van de Oranjesluis bij Maasdijk.

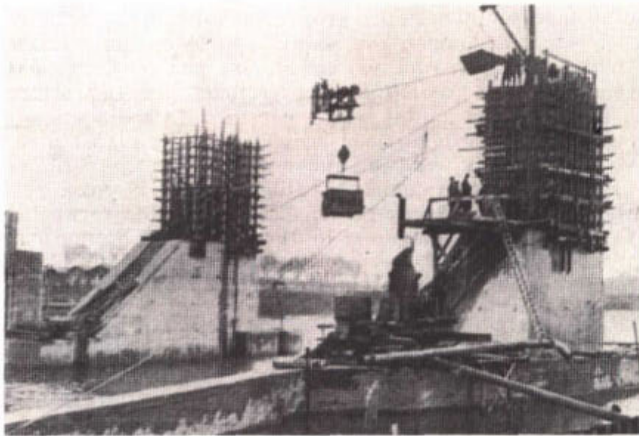


521. Tekening van de fundering en de constructie van de landhoofden en de tussenpijlers van de stuwen in de Vecht.

de spits toelopende tussenpijlers zijn ook de beide uiteinden van natuursteen gemaakt. Onder- en achterloopsheid wordt tegengegaan door twee of meer damwanden onder en naast het stuwlichaam.

De bodem benedenstrooms van de stuw zal gevaar lopen om uit te schuren door het overstortende en onderdoor stromende water. Om ontgroning te voorkomen, wordt ter plaatse een stortvloer of een ontvangbed aangebracht, die aansluit op het kunstwerk. De stortvloer wordt benedenstrooms vaak voorzien van een drempel die het water





522. De bouw van de betonnen pijlers van de stuw bij Belfeld in 1924.

terugkaatst en omhoog buigt en daarmee de schadelijke werking vermindert.

Bij de stuwen die rond 1900 in de kleine rivieren werden gebouwd, bestond het ontvangbed uit een laag riet en een laag rijshout, waar overheen een laag puin werd gestort. De stortvloer werd afgedekt door een ingevoegd zetwerk van basaltblokken, opgesloten tussen het stuwlichaam en een houten damwand. De lengte van de stortvloer is afhankelijk van het stuwtype en de hoeveelheid water die moet worden verwerkt. Bij de stuwen in de Vecht was de lengte bovenstrooms van de stuw 5 m en benedenstrooms 30 m. Bij de meest stroomafwaarts gelegen helft van de stortvloer werd volstaan met een zinkstuk, afgestort met basaltpuin.

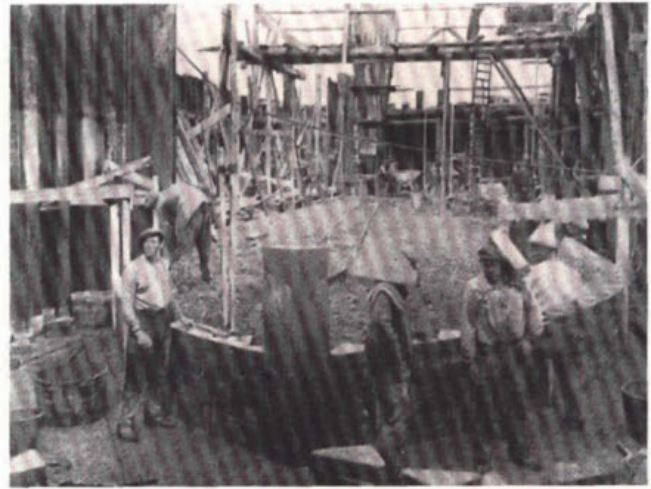
## Beton

De stuwlichamen van de Maasstuwen zijn van beton gemaakt en op staal gefundeerd: ter plaatse van de landhoofden en de tussenpijlers werd een dikke betonnen plaat gestort. Rondom deze platen sloeg men een stalen damwand. Omdat in de ondergrond meestal zand- en grindlagen voorkomen, is toepassing van een houten damwand vrijwel onmogelijk.

Op de funderingsplaten worden de betonnen landhoofden en tussenpijlers opgetrokken (afb. 522). Deze zijn voorzien van sponningen, zowel voor de beweegbare als voor een tijdelijke kering. Deze laatste dient om de stuw voor onderhoudswerkzaamheden droog te zetten. De schuifspinningen van de stuw te Lith zijn voorzien van in het beton verankerde dichtingslijsten, omdat bij deze stuw hoge eisen aan de afdichting werden gesteld.

Bij de stuw te Grave fungeren de landhoofden en de tussenpijlers tevens als de onderbouw van een verkeersbrug. Ten einde een dure bekisting uit te sparen, zijn de landhoofden en pijlers bekleed met betonblokken (afb. 523). Deze werden als eerste opgetrokken, waarna in de binnenruimte beton werd gestort.

Tussen de funderingsplaten wordt de stuwvloer gestort, die aan de boven- en benedenstroomse zijde wordt af-



523. Eén van de pijlers van de stuw bij Grave met een bekleding van betonblokken tijdens de bouw in 1927.

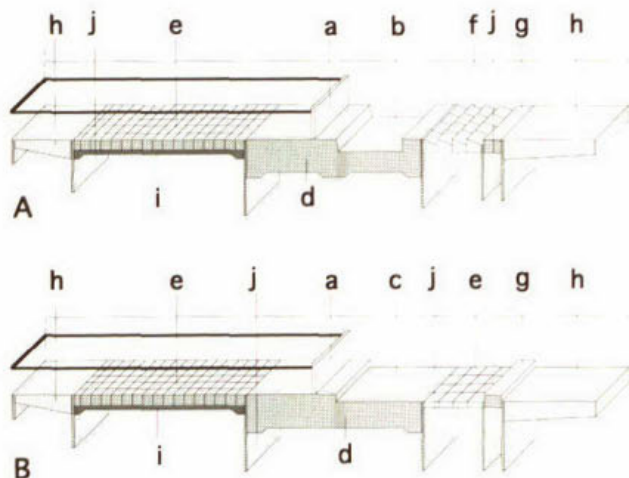
gesloten door een stalen damwand. Deze moet goed aansluiten tegen de andere damwanden, ten einde onderloopsheid zoveel mogelijk tegen te gaan en ontgronding te voorkomen. Om de opwaartse waterdruk te kunnen weerstaan, met name bij het droogzetten van de stuw, is de stuwvloer vaak gewapend en bezit deze een grote dikte.

De stuwvloer wordt voorzien van de nodige aanslagdempels en nokken. Bij de stuwen bij Linne en Roermond is de vloer benedenstrooms van de jukken verlaagd. De bovenstroomse draaipunten bevinden zich in de aldus gevormde opstand, terwijl die aan de benedenstroomse zijde rechtstreeks op de stuwbodem zijn verankerd (zie afb. 511). Hierdoor zijn de jukken in neergelaten stand beschermd tegen laag drijvende (zwevende) voorwerpen. Bij de stuwen bij Belfeld en Sambeek liggen de draaipunten rechtstreeks op de vlakke stuwvloer (zie afb. 512). Voor de onderaanslag van de losse stijlen zijn op de stuwvloer nokken (e) aangebracht. In de vloer verankerde nokken zijn ook toegepast bij de stuw te Grave. Daar dienen deze als onderaanslag van de jukken, waarbij er voor elk juk twee nokken nodig zijn.

De bodem bovenstrooms van een stuw is vaak versterkt door een betonplaat met daarvoor een zinkstuk met bestorting. Zowel de betonplaat als de bestorting worden tegen onderloopsheid beschermd door een damwand. Ook werd wel een waterdicht klebed (i) aangebracht, bekleed met grote betonblokken (afb. 524).

Aan de benedenstroomse zijde van de stuw is het gevaar voor aantasting van de bodem veel groter. In de stuwvloeren van de afvoeropeningen (A) is gewoonlijk een verdiepte stortkom (b) uitgespaard. Het water dat hierin blijft staan, fungeert als waterkussen dat de kracht van het neerstortende water opvangt. Een groot deel van de energie gaat hierbij verloren. Bij de vijf oudste stuwen (van Maasbracht tot en met Grave) is voor de oppervlakte van de stortkom een harde betonsoort toegepast, waarbij in plaats van grind basaltsteenslag is gebruikt.





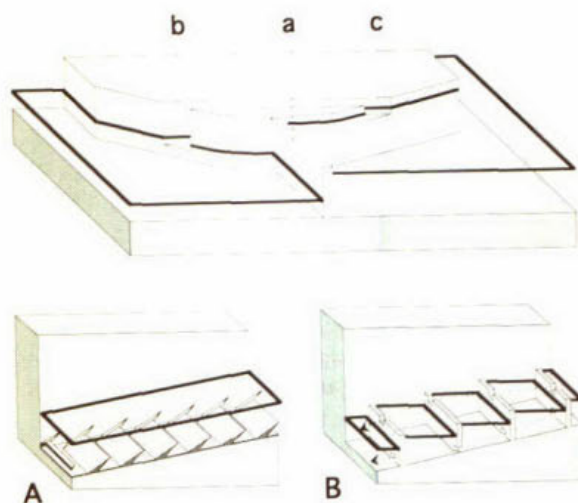
524. Vloerconstructie van de Maasdammen: (A) afvoeropening, (B) scheepvaartopening.

*a* = stuw, *b* = verdiepte stuwvloer afvoeropening (benedenstrooms), *c* = stuwvloer scheepvaartopening, *d* = gewapend beton, *e* = zetwerk van betonblokken, *f* = opstaande betonblokken ('zaagtanden'), *g* = drempel, *h* = stortbed van grind, *i* = kleibed, *j* = damwand.

Tevens zijn de randen van de kom bekleed met gietijzer. Aansluitend aan de stuwvloer is een bekleding van zware betonblokken (*e*) van grote afmetingen aangebracht, met een lengte van 8,5 m. Deze blokken zijn aan de bovenzijde schuin afgewerkt, zodat in langsdoorsnede zaagtanden ontstaan, die met de verticale zijden naar de stuw zijn gericht. Het afstromende water wordt hierdoor bij de bodem nog eens extra afgeremd. De blokken worden afgesloten met een hierboven uitstekende drempel (*g*), opgesloten tussen stalen damwanden (*j*). Daardoor wordt de waterstroom naar boven gebogen en zal deze, voordat de bodem weer wordt bereikt, een groot deel van zijn energie hebben verloren.

Benedenstrooms van de drempel is ten slotte nog een stortbed aangebracht over een lengte van ruim 20 m. Deze bestaat uit een zinkstuk, waar overheen zware brokken natuursteen of beton zijn gestort. De vloerconstructie bij een scheepvaartopening (B) is vrijwel gelijk aan die van de afvoeropening. De verdiepte stortkom ontbreekt echter, terwijl de benedenstroomse steenzetting aan de bovenzijde vlak is gehouden.

De stuwvloer bij Lith werd stroomafwaarts afgesloten door een gedraineerd grindbed, afgedekt door een zetwerk van zware betonblokken. Van deze kubusvormige blokken hebben de zijden een lengte van 1 m. Naast een drempel aan het einde van de stuwvloer, was er een tweede drempel geplaatst als beëindiging van het zetwerk van betonblokken. Om ontgronding bij het uiteinde van de landhoofden te voorkomen kreeg de drempel daar een geknikte vorm, waarbij de punt stroomafwaarts is gericht. Benedenstrooms van de drempel werd over een lengte van 40 m een zinkstuk aangebracht. Overigens werden de bodem en de wanden direct bovenstrooms van het afsluitmiddel bekleed met slijtvaste staalbetontegels.



525. Vistrap: (A) detail Denilse trap met schuin opstaande plaatstalen stroombrekers en (B) detail bekkentrap met dwarschotten, voorzien van verspringend geplaatste openingen.

*a* = stuw, *b* = ingang vistrap (benedenstrooms), *c* = uitgang vistrap.

Bij de stuw bij Borgharen ontbreekt een benedenstroomse bodembescherming. De vorm van de vloer werd vastgesteld door modelproeven in het laboratorium van de Duitse hoogleraar Rehbock te Karlsruhe<sup>575</sup>. In plaats van drempels is de stuwvloer aan het benedenstroomse uiteinde voorzien van tanden, een patent van deze hoogleraar (zie afb. 517). Door deze tanden werd de energie zodanig vernietigd, dat een stuwvloer van relatief geringe lengte voldoende was. Een verdere bodembescherming bleek niet nodig te zijn. De stuwvloer met de tanden en het onderwater staande deel van de landhoofden en de pijlers werden tegen uitschuring bekleed met een 1 cm dikke laag staalbeton (beton met staalgruis als toeslagmiddel).

Boven op de landhoofden en de pijlers worden de heftorens gebouwd, waarin de bewegingswerken en de eventuele contragewichten zijn geplaatst. De torens zijn meestal verbonden door een bedieningsbrug. Bij de ruim 60 m brede scheepvaartopeningen in de Maasdammen tussen Maasbracht en Grave ontbreken deze echter. Daar wordt pas met het overeind zetten van de jukken tevens de bedieningsbrug aangebracht, die bij het verwijderen van de stuw weer verdwijnt.

## 6.4. Vistrappen

Hoewel stuwen voor de scheepvaart gewoonlijk een belangrijke verbetering betekenen, vormen ze voor vissen een grote hindernis. Omdat het stroomopwaarts zwemmen niet meer mogelijk is, gaat de visstand in een gekanaliseerde rivier zonder maatregelen snel achteruit. Om de vissen alsnog de mogelijkheid te geven om stroomopwaarts te zwemmen, werden zogeheten vistrappen gebouwd (afb. 525). In Nederland zijn hiervan voor 1940



twee typen toegepast, de Denilse trap en de bekken-trap<sup>576</sup>.

Voor beide vistrapsystemen geldt dat deze zoveel mogelijk recht moeten zijn. Alleen de benedenstroomse uitgang moet iets schuin naar het midden van de rivier worden gericht. Het uittredende water, de lokstroom genoemd, moet door de vissen gemakkelijk kunnen worden opgemerkt. Deze uitstroming mag zich daarom ook niet verder dan 20 m van het afsluitmiddel bevinden. De snelheid van het water mag in een vistrap niet groter zijn dan circa 2 m/s, omdat de vissen anders te vermoeid raken. Deze snelheid is minder naarmate de helling van de trap flauwer is.

### Denilse trap

De Denilse trap, ook wel het systeem-Denil genoemd, is een uitvinding van de Belgische ingenieur Denil, en werd in alle Maasstuwen gebouwd. De trap bestaat uit een hellende goot van gewapend beton, die het water beneden de stuw met het bovenstroomse water verbindt (afb. 525A). De bodem van deze trap heeft schuin opstaande platen die als stroombreker fungeren. De trappen in de Maas hebben een breedte van ongeveer 2 m en een diepte van 1,5 m.

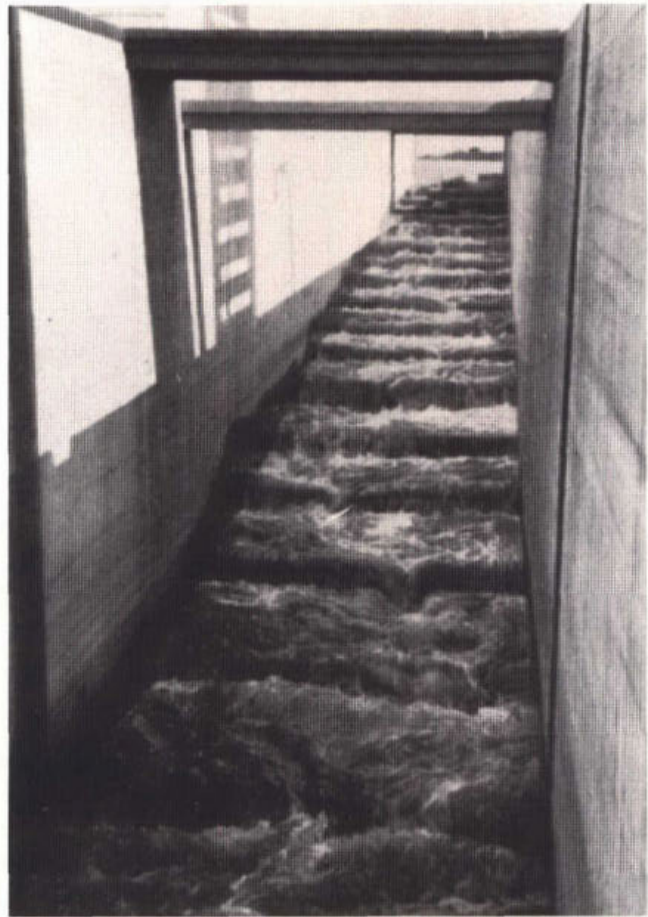
Het maximale verval dat met een Denilse trap kan worden overwonnen, is niet groter dan 5,5 m. Ook de stroomsnelheid is bij dit systeem moeilijk te regelen. Een vergroting van de afvoer heeft direct een vergroting van de watersnelheid in de vistrap tot gevolg.

Om de snelheid bij een variërend stuwpeil te regelen, werd bij de stuw te Lith de Denilse trap voorzien van een tussenbekken. In dit bekken wordt de waterstand constant gehouden. Daartoe is het via een riool met een automatisch werkende regelaar verbonden met het bovenwater. De regelaar treedt in werking als de waterafvoer te laag wordt. Het deel van de trap tussen het bovenwater en het tussenbekken is uitgevoerd als bekken-trap.

### Bekken-trap

De bekken-trap is in Nederland waarschijnlijk voor het eerst toegepast in de stuw bij Lith (afb. 526). Daar bevindt zich in het noordelijke landhoofd een Denilse trap en in het zuidelijke een bekken-trap<sup>577</sup>. Bij de bekken-trap zijn in de hellende goot op regelmatige afstanden dwarschotten aangebracht, zodat de trap in bekkens wordt verdeeld (afb. 525B). Hierdoor ontstaan als het ware een aantal achter elkaar geplaatste stuwen, elk met een relatief geringe stuwhoogte.

Elk dwarsschot heeft twee openingen, één aan de onder-

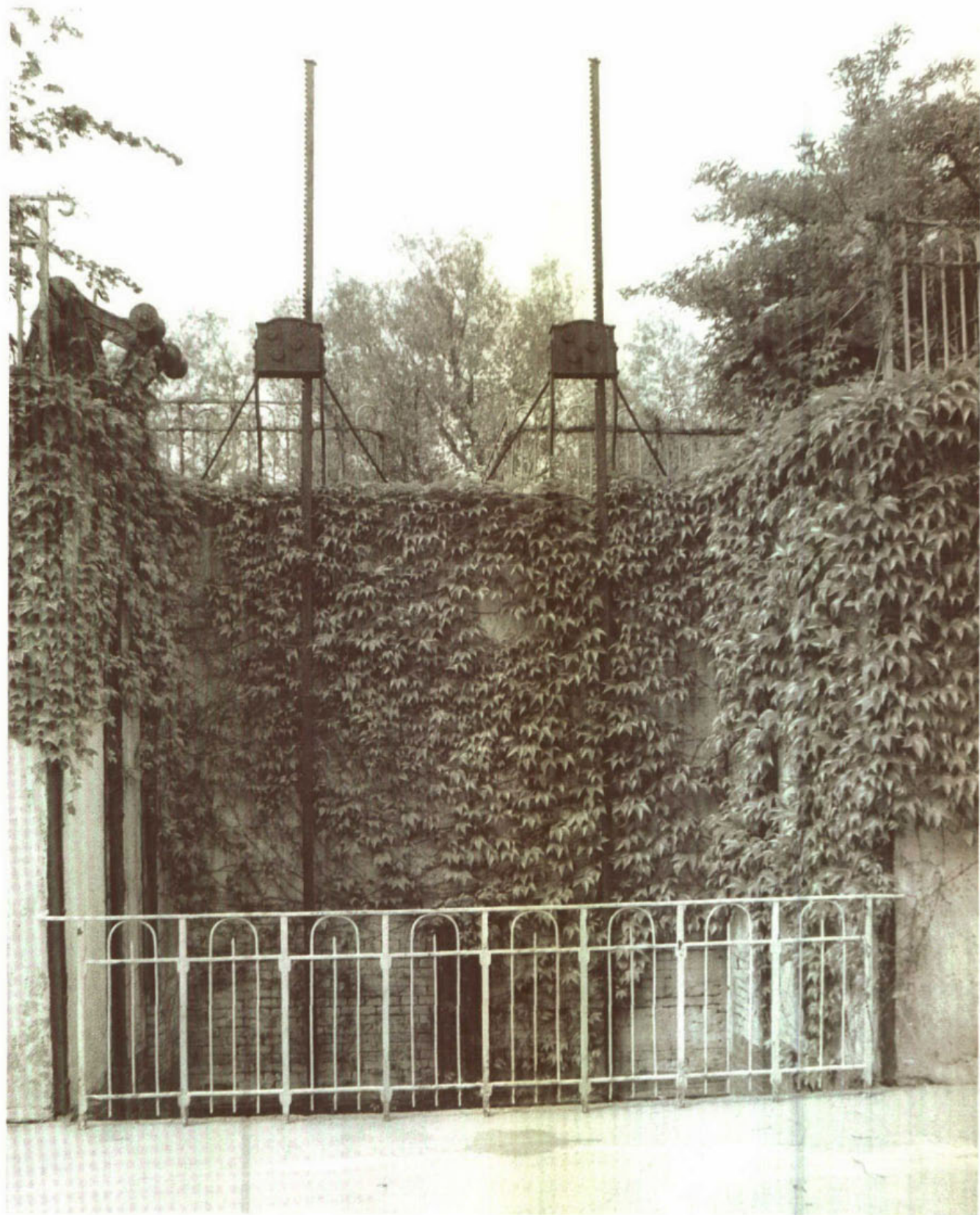


526. Bekken-trap bij de stuw te Lith omstreeks 1950.

zijde en één aan de bovenzijde. Beide openingen bevinden zich in het midden van het schot of aan weerszijden daarvan. In de lengterichting van de trap worden ze verspringend aangebracht, volgens twee gebroken lijnen. De waterstroom in de trap maakt daardoor een veterbeweging, waarbij die aan de onderzijde tegengesteld is aan die van de bovenstroom. De vissen zwemmen door de openingen naar het bovenpand.

De bekken-trap in de Maas heeft een breedte van circa 2,5 m, terwijl de dwarsschotten op een afstand van ongeveer 2 m van elkaar zijn geplaatst. De openingen in de dwarschotten hebben een hoogte van ongeveer 0,6 m en een breedte van bijna 0,5 m. De snelheid van het water is kleiner naarmate de breedte, de lengte en de diepte van de bekkens groter zijn. De uitvoering van de bekken-trap, die proefondervindelijk is vastgesteld, geeft de vissen de nodige rustpunten, dit in tegenstelling tot de Denilse trap.





*Dubbele duikersluis in de Zuidelijke Lingedijk bij het voormalige gemaal te Spijk bij Gorinchem, zie pag. 143.  
(foto G.J. Arends)*



**Bestekken van sluishoofden in de Grift (1633)**

In hoofdstuk 2 'Waterbouwkundige kunstwerken in Nederland' is beschreven hoe op voorstel van onder meer Jan Adriaensz Leeghwater de keersluizen in de Grift tussen Meppel en de Smildervenen werden omgebouwd tot schutsluizen (zie afb. 31). Dit gebeurde door bovenstreams van de bestaande keersluizen met hefdeur een tweede sluishoofd te plaatsen. Deze nieuwe sluishoofden werden voorzien van puntdeuren. Voor de bouw van deze sluishoofden kwam Leeghwater met een ontwerpbestek met tekening. In overleg werd dit enigszins aangepast tot een definitief bestek, volgens welke op 22 november 1633 de aanbesteding plaatsvond<sup>578</sup>. De in totaal zes sluishoofden werden door drie aannemers aangenomen, die elk twee sluizen voor hun rekening namen. Alle sluizen moesten half april 1634 gereed zijn, op straffe van een olopende boete. De werkzaamheden moesten dus in nog geen vijf maanden tijds en dan nog groten-deels in de winter plaatsvinden.

Omdat bij beide bestekken ook een tekening is bewaard gebleven, kan vrij goed worden nagegaan hoe de sluishoofden moesten worden geconstrueerd. In deze bijlage zal daarom de letterlijke tekst van beide bestekken met de bijbehorende tekeningen worden opgenomen, zoals deze ons zijn nagelaten door Pieter Serwouters, destijds boekhouder bij de ontginningsmaatschappij. Vervolgens zal een korte verklaring worden gegeven, waarbij de verschillen tussen de beide bestekken naar voren zullen komen.

**Ontwerpbestek<sup>579</sup>**

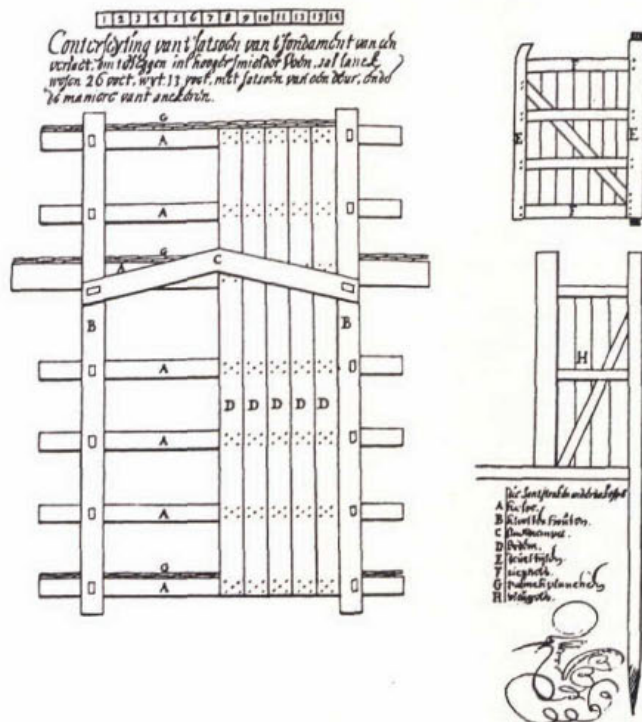
*Boven de tekening is geschreven (afb. 527):*

Conterfesting van t'fatsoen van t'fondament van een verlaet, om te leggen int hooger Smielder Veen, sal lanck wesen 26 voet, wijt 13 voet, met fatsoen van een deur ende de maniere vant ankeren.

*Bij de tekening de volgende verklaring:*

de santstrooken onder de kespe

- A kespe
- B klooster houten
- C slachdrempel
- D bodem
- E deurstijlen
- F ricghels
- G palinckplancken
- H vleugels



527. Tekening bij het ontwerpbestek van de sluishoofden in de Grift.

A = kespen, B = kloosterhouten, C = slagdrempel, D = bodemplanken, E = voor- en achterhar van de deur, F = deurregels, G = damwanden tegen onderloopsheid, H = zijschermen tegen achterloopsheid.

Anno 1633 den 26 augusti

Besteck waerna de Heeren bewinthebbers van de Hooge Smielder Veen besteden willen sekere verlaten op conditie ende voorwaerden als volcht, op Alcmaer voeten en diujmen.

Inden eersten sal den aennemer gehouden wesen dit verlaet lanck te maken sesentwintich voet, ende wijt bin-nenswerck 13 voet, gelijk int patroon geteijckent staat, ende dat al te samen op sijn eijgen kosten, hetsij het houtwerck ijserwerck ende spijkers met aenkleven van dien.

Men sal inden gront leggen 2 sant stroocken, sullen 2 voet langer wesen als die sluijs, daermen het fundament altesamen van grenen hout op fonderen sal, die sant-



stroocken dick ses duijm, breed 10 duijm, die bovenkant recht bereijdt, om die kespen daer eenparich van gelijke hoochte op te leggen.

Item men sal maken seven kespen, sullen elck lanck wesen 20 voet, dick 7 duijm, breed een voet, uitgesondert die kesp die onder de slachdrempel sal komen, sal breed wesen 18 duijm ende 23 voeten lanck, op dese kespen salmen klooster houten leggen op de wijdde van sluijs gelijk int patroon te sien is, met dubbelde kepen ofte voorloegen inde kespen gewrocht, sullen breed wesen 14 duijm, dick 8 duijm, 2 voet langer als den sluijs.

Op dese voors. kespen salmen een bodem leggen tegen de kloosterhouten in, soo lanck als die sluijs van balckdelen gesaecht, sullen dick wesen 2 duijm, op desen bodem salmen een eijken slachdrempel leggen met anderhalff voet punt, breed 15 duijm, dick 10 duijm, wel vlack op die bodem gewrocht, ende met mos ende teer aengeleijt wel op die bodem ende kloosterhouten genagelt ende besorcht met 3 stercke klampen van achteren wel beset.

Dit navolgende van eijcken hout

Item men sal maken 2 slachstijlen sullen elck lang wesen elff voeten behalven die pennen sullen dick wesen 14 duijm viercant, met noch aen ijder sijde 6 stijlen, sullen soo veel langer tegen de borsten wesen, als die drempel uit die kloosterhouten steeckt, teweten allen die borsten boven gelijke hooch sullen elck dick wesen 9 duijm vierkant, behalven die twee stijlen aent vooreijndt daer die deuren van achteren aen sullen slaen, die sullen een voet breed wesen ende ses duijm dick, op dese voors. stijlen salmen aen ijder sijde een sloving leggen, soo lanck als den sluijs, sonder lasschen, sullen elck dick wesen 10 duijmen ende 13 duijmen breed.

Item men sal dit verlaat aen beijde sijden beplancken ofte dicht maken met deventer plancken, dick 6 uit een voet, soo lanck als de sluijs sonder lasschen, beginnende onder van de kespen aff, tot boven aende onderkant van de slooven toe, die bodem met die sijden altesamen wel vast gespijckert ende besorcht, Men sal daer mede bij de spijkers noch nagels smijten tot bewaringe voort roesten van de spijkers ende, dat voornamelijck inden bodem.

Noch salmen dit verlaat met palinckplancken inden gront heijen ende tot drij plaatse wel besetten, gelijk int patroon te sien is, soo breed als die kespen lanck sijn, met eijnden van deelen dick anderhalff duijm, vijff off ses voet lanck, een voet onbegrepen na gelegentheijt vande gront vereijsscen sal, die selve gekantrecht ende gestreken, onder overplat gescharpt, die kanten dicht aen mal-kander geset, ende tegen de kespen aengespijckert alvermen den bodem legt, ende dat wel gedaen sijnde salmen tselve in gelijke forme noch eens verdobbelen over de naden heen, ende dan boven affhouwen gelijk de kespen, om den bodem daer vlack op te leggen.

Item men sal aen ijder sijde vant verlaat tot drij plaatse, te weten voor ende achter, ende aen even die deuren, wel sterck ankeren met stercke eijcken palen, 12 voet inden

gront heijen, na de gelegentheijt mede brengen sal aende enden vande kespen te steunen, den boveijnden van de palen soo hooch als d'onderkant vande slooven, ende elcke paal met 2 anckers boven malcanderen wel beset met swaluw sterten aende palen, ende stijlen van t'verlaat wel besorcht ende vast gespijckert die palen 10 duijm vierkant, den anckers lanck naden eijsch dick 7 duijm vierkant, die anckers salmen van voren beschoenen ende met eijcken plancken dicht maken voort omloopen vande water, ende aen even die deuren aen beijde sijden salmen den anckers met een carbiel besetten ende besorgen voor t'hangen vande deuren, gelijk mede int patroon geteijckent staat.

Men sal tot elck verlaat twee deuren maken, wel starck ende bondich sullen hooch wesen 9 voeten, soo breed dat die deuren 7 duijm op die slachstijlen mogen komen ende het punt vlack tegens malcanderen aen ende die deuren 4 duijm op die slachdrempel te slaen, die deur stijlen daer den deuren aen sullen draeijen, sullen breed wesen een voet, dick acht duijm ende die ander stijlen met alle die richels ende carbiels sullen acht duijm vierkant wesen, welverstaande die middel richels met die carbiels sullen soo veel dunder wesen als den plancken dick sijn ende inde onder eijnden bovenrichel ende stijlen ingespons sullen werden, boven salmen een ankerbout door die deurstijl op den richel maken met een kram ende spijkers beset.

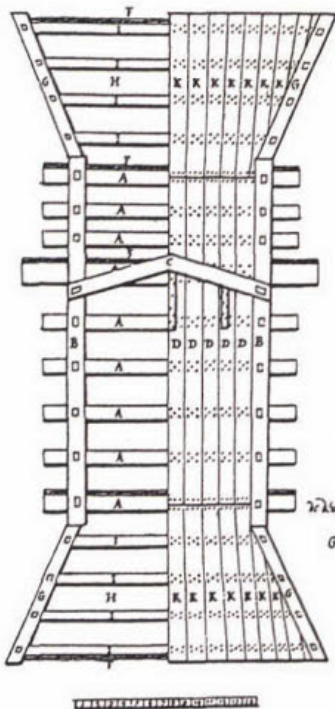
Die voors. deuren salmen altesamen op sulck fatsoen maken als int patroon te sien is, ende met goede eijcken plancken van 2 duijm dick wel dicht maken, gestreken ende gespons mede wel gespijckert, noch salmen mede aende eene deur een klincket maken na de gelegentheijt vant werck om gemakelijck te mogen schutten, den deuren sullen onder in ijsere koppen gestelt werden, met eenen ijseren ring omt eijnde vande deurstijl ende met ijseren platen daert op draeijt, boven mede met een ijseren beugel, ende met schenen aent eijndt van de deurstijl na die eijsch vant werck het vierkant vande deurstijl een voet hooger als die bovenkant vande deur.

Den aennemer sal gehouden wesen dit voors. verlaat op het beste te maken altesamen wel op het besteck ende met pennen ende gaten die wercken sluijten ende wel nagelen ende besetten, het fundament wel waterpas op sijn behoorlijke diepte inde gront te leggen, sonder met den lichten daer van te scheijden, altesamen tot goet contentement van de heeren besteders, off gecommiteerden die voor het werck sullen werden gestelt contentement sal gedaen werden inde redelijckheijt na alle behooren, waer van die heeren besteders het bedammen ende droogh houden sullen becostigen, als die verlaten geleijt werden.

Item dit voors. verlaat salmen maken van goet deventer, hassels ofte westfaels eijcken hout, niet vierich noch ratspanich, noch vuredelijck spint ofte waenkant, welke quaat hout die besteders sullen mogen uitkeuren ofte doen uitkeuren bij luijden hen dies verstaande welke hout als dan uitgekeurt sijnde sal verbeurt sijn, ende den aennemer sal wederom ander goed hout inde plaats maken, naar inhouden vant besteck.



*Affbeelding van t'fondament van een verlaat. Om te leggen in de Hooger Smilder Veen. sal langh wesen behalven die baerdingen 26 voet, ende wijt 13 voet, met t'fatsoen van een deur.*



*De Jongschaps tegels onder de deuren en Hout  
A. Kespen  
B. Cloosterhouten  
C. Slachdrempel  
D. bodem, soldering, ofte plancken de deur  
E. Ricghels, met de deurstylen & aldus.  
F. Paling plancken  
G. en H. Vleugels met die baerding  
I. Slyckhouten onder die baerding  
K. die bodem vant verlaat, ofte baerding*

*Bij de tekening de volgende verklaring:*  
A. Kespen  
B. Cloosterhouten  
C. Slachdrempel  
D. bodem, soldering ofte plancken de deur  
E. Ricghels, met de deurstylen & aldus.  
F. Paling plancken  
G. en H. Vleugels met die baerding  
I. Slyckhouten onder die baerding  
K. die bodem vant verlaat, ofte baerding

Anno 1633 den 26. Augusto  
Besteck ofte seerter(?) waerna de Heeren bewinthebbers van de hoge Smilder Veen besteden willen sekere verlaten, op conditie ende voorwaerden als volcht, op Alcmaer voeten en duijmen.

Inden eersten sal den aennemer gehouden wesen dit verlaat lanck te maken 26 voet, ende wijt binnens wercks dertien voet, gelijk int patroon geteijckent staat, ende dat altesamen op sijn eijgen kosten, het sij het houtwerck, ijsenwerck ende spijckers, met t'aenkleven vandien.

Men sal inden gront leggen twee santstroocken, sullen soo lanck wesen als die sluijs, daermen het fundament altesamen van grenen hout op fonderen sal, die santstroocken dick 6 duim, breed 10 duim, die bovenkant recht bereijt, om die kespen, daer eenparich van gelijke hoochte op te leggen.

Item, men sal maken 9 kespen, sullen elck langh wesen 20 voet, dick 7 duim, breed een voet, uitgesondert die kesp, die onder die slachdrempel sal komen, sal breed wesen 18 duim, ende 23 voet langh.

Op dese kespen, salmen kloosterhouten leggen, op de wijdde van de sluijs gelijk int patroon te sien is, met dubbelde kespen, ofte voorloegen indie kespen gewrocht, sullen breed wesen 14 duim, dick 8 duim, twee voet langer als de sluijs.

Op dese voors. kespen salmen een bodem leggen tegen de kloosterhouten in, soo lanck als die sluijs, van balckdelen gesaeght, sullen dick wesen 3 duim, op desen bodem een eijcken slachdrempel leggen, met anderhalff voet punt, breed 15 duim, dick 10 duim, wel vlack op die bodemgevoecht, ende met mosch ende teer aengeleijt, wel op die bodem ende kloosterhouten genagelt, en besorcht, met 3 stercke klampen van achteren wel beset.

dit navolgende van eijkenhout.  
Item men sal maken twee slachstijlen, sullen elck langh wesen 15 voet, behalven die pennen, sullen dick wesen 14 duim vierkant, met een slachbalck daerop van gelijke dicte, langh na den eijsch, met pennen en gaten gesloten, met noch aen ijder sijde 6 stijlen, sullen elck langh wesen tegen de borsten, 11 voet, te weten alle de borsten gelijke hooch, sullen elck dick wesen 9 duim vierkant, behalven de 4 stijlen, aen t'voor eijndt, daer die deuren van achteren sullen aenslaen, die sullen een voet breed wesen, ende

528. Tekening bij het definitieve bestek van de sluishoofden in de Griff.

A = kespen, B = kloosterhouten, C = slagdrempel, D = bodemplanken, E = deurregels, F = damwanden, G = vleugels, H = houten vloer tussen de vleugels, I = slykhouten onder de vloer tussen de vleugels, K = bodemplanken tussen de vleugels.

Den aennemer sal gehouden wesen dit verlaat ofte sluijs te maken ende te setten binnen den tijd van . . . . . dagen naastkomende op de verbeurte van . . . . .

Den aennemer sal mede goede borgen stellen voor sijn aengenomen werck daer die heeren besteders mede tevreden sijn.

Die beloofde penningen vande bestedinge salmen betalen . . . . .

Onderstond: Jan Adriaansz Leechwater molenmaker in de Rijp

**Definitieve bestek<sup>580</sup>**

Boven de tekening is geschreven (afb. 528):  
Affbeelding van t'fondament van een verlaat, om te leggen in de Hooger Smilde Veen, sal langh wesen behalven die baerdingen 26 voet, en wijt 13 voet, met t'fatsoen van een deur.



5 duijm dick, op dese voors. stijlen, salmen een slovingh leggen, aen ider sijde met pennen en gaten, soo langh als die sluijs, sonder lasschen, sullen elck dick wesen tien duijm ende 13 duijm breed, noch salmen twee gebinten maken, voor en achter de stijlen, ende balcken, een voet vierkant, even hoogh als slachbijnt, met karbiels na den eijsch.

Item men sal dit verlaat aen beijde sijde, beplancken ofte dichtmaken, met eijcken plancken dick  $2\frac{1}{2}$  duijm, soo langh als die sluijs sonder lasschen, beginnende onder van die kespen off tot boven aenden onderkant vande sloovingh toe, die bodem met die sijden al tesamen wel vast gespijckert en besorcht, men sal daermede bij de spijckers noch nagels smijten, tot bewaringh vanden bodem, voor t'roesten vande spijckers, ende dat voornamelijck, om den bodem wel neer te houden.

Noch salmen dit verlaat met palinghplancken inden gront heijen ende tot drij plaatsen wel besetten, gelijk int patroon te sien is, soo breed als die kespen lanck sijn, met eijnden van deelen, dick  $1\frac{1}{2}$  duijm, vijff ofte ses voeten lanck, een voet onbegrepen, na de gelegentheijt vanden gront vereijssen sal, die selve gekantrecht ende gestreken, onder overplat gescharpt, die kanten dicht aen malcander geset ende tegen de kespen aen gespijckert al vermen den bodem leght ende dat wel gedaen sijnde, salmen t'selve in gelijcke forme noch eens verdobbelen, voor de naden heen ende dan boven affhouwen, gelijk die kespen, om den bodem daer vlack op te leggen.

Item men sal aen ijder sijde vant verlaat, tot drij plaatsen ter sijden besetten, voort omloopen vant water, met plancken na den eijsch ende gelegentheijt vant werck, te weten voor ende achter, ende aen even de deuren.

Men sal tot elck verlaat twee deuren maken, wel sterck ende bondich sullen hoogh wesen 9 voet, soo breed dat de deuren 8 duijm op de slachstijlen komen, ende het punt vlack tegen malkanderen aen ende die deuren 4 duijm op de slachdrempel te slaen, die deurstijlen daer de deuren aen sullen draeijen, sullen breed wesen een voet, dick 8 duijm, ende die andere stijlen met alle de richgels ende karbiels, sullen 8 duijm viercant wesen, wel verstaende die middel richgels met die karbiels, sullen soo veel dunder wesen als die plancken dick sijn, ende inde onder ende boven richgel ende stijlen ingespont sullen werden, boven salmen een ankerbout, door die deurstijl op die richgel maken, met een klam ende spijckers beset.

Die voors. deuren salmen altesamen op sulck fatsoen maken als int patroon te sien is, ende met goede eijcken plancken van twee duijm dick, wel dicht maken gestreken ende gespont ende wel gespijckert, noch salmen mede aen elke deur, een klincket maken na de gelegentheijt vant werck, om gemakkelijck te mogen schutten, die deuren sullen onder in ijseren koppen gestelt werden, met een ijseren ringh om t'eijndt vande deurstijl, ende met ijseren platen daert op draeijt, boven mede met een ijseren beugel, ende met schenen aent eijndt van de deurstijl na den eijsch vant werck, het vierkant vanden deurstijl een voet

hooger als die bovenkant vande deur, die bodem vande kop met den tol verstaelt.

Noch salmen aen elck eijndt vant verlaat, twee vleugels maken, op de maniere als int patroon geteijckent staat, sullen elck lanck wesen elff voet, met elck vier slijckhouten daer den bodem op komen sal, van goet grenen hout, sullen dick wesen seven duijm, breed een voet, lanck na den eijsch, aende buijten eijnden sullen de vleugels wijt wesen 23 voet ende aende eijnden een halff voet affdragende ofte wat meer na de gelegentheijt vant werck.

Op die eijnden vande slijckhouten, salmen aen ijder sijd een kloosterhout leggen, daer die vier eijcken stijlen, aen ijder sijd met pennen in staen, sullen dick wesen acht duijm viercant, die kloosterhouten salmen behoorlijck inde kespen inkeepen, die stijlen sullen soo lanck wesen dat die bovenkant van de slooff die daer opleggen sal, even hooch sal komen als d'ondercant vande groote slooven, die sloven ende stijlen van eijcken hout, dick 10 duijm viercant, lanck na den eijsch met pennen ende gaten op die stijlen gewrocht.

Ider schermt ofte vleugel salmen met twee anckers starck besetten na den eijsch vant werck, die vleugels sullen behoorlijck ter steeck staen na den eijsch ende gelegentheijt vant werck.

Noch salmen die kespen van het storttebed over solderen en bevroeren met dicke noortse delen dicht aen malcanderen gestreken, mede wel vast gespijckert ende genagelt, die eijnden van de deelen salmen stuijcken op die endelste kespen vant verlaat, elck halff ende halff.

Aende buijtenste kesp salmen t'selve mede met palinckplancken besetten, die onder die bodem sullen berusten als voren vant verlaat verhaelt is.

Men sal onder ofte ter sijden elck slijckhout twee palen inden gront slaen ende aende slijckhouten besetten, voor t'oprijzen van de storttebedden ofte bodem.

Den aennemer sal gehouden wesen dit voors. verlaet op het best te maken, altesamen wel op het besteck, ende met pennen ende gaten die wercken sluijten, mede wel nagelen ende besetten, het fundament wel waterpas, op sijn behoorlijcke diepte inden gront te leggen, sonder met den lichten daarvan te scheijden, altesamen tot goet contentement van heeren besteders, ofte gecommiteerden die over het werk sullen werden gestelt, inde redelijckheijt na alle behooren, waer van de heeren besteders, het bedammen ende het droochhouden, met het graven sullen bekostigen, als die verlaten sullen geleijt werden.

Item dit voors. verlaat salmen maken van goet deventer hassels ofte westvaels eijckenhout, niet vierich noch ratelyspannich, noch vuredelijck spint, ofte waencant, welke quaat hout den besteders sullen mogen uitkeuren ofte doen uitkeuren, bij luijden hen diens verstaanden, ende den aennemer sal wederrom ander goet hout inde plaats moeten maken na t'inhouden vant besteck.



In maniere ende conditie als volcht, soo willen den E. heeren van Hooger Smilder Veenen besteden dese nage-noemde sluijsen volgens het besteck.

Een ijgelyck sal gewaerschout wesen dat dese sluijsen besteet sullen werden van onderen op, van n. 1 tot n. 6 toe.

Item sal al het hout van de respective sluijsen op half Martij moeten wesen op de plaats daerse gestelt sullen werden, om alsdan gemeten ende opgenomen te werden op pene van 40 guldens voor ijder sluijs te verbeuren.

Ende sullen deselve sluijsen altesamen moeten voltroc-ken sijn om te gebruijcken op half April a. 1634 ende wie den gesetten dach niet vaerdig en is, voor d'eerste werck ijder dach te verbeuren drij guldens, de tweede weeck ses guldens, de derde negen guldens ende alsoo van dese weecken navolgende voor ijder dach.

De betalinge van E. heeren sal geschieden, d'eene helft soo wanneer het houtwerck loffbaerlijck sal opgenomen wesen, d'ander helft een maant na datum dat de sluijsen voor goet sullen wesen opgenomen. Ende sullen de E. heeren ijder aennemer een bestek leveren om haar daer na te reguleren.

Aldus gedaen ten huijse van Machtel Bruijns weduwe in de Rijn op den 22 november 1633.

was onderteijckent mij. present G. Rechteropdam.

### Verklaring

De sluishoofden kregen een lengte van 26 (Alkmaarse) voet en een breedte tussen de stijlen van 13 voet. Op de juiste diepte moesten als eerste in lengterichting van de sluis twee zandstroken worden gelegd, even lang als de sluis en 13 voet uit elkaar (in het ontwerpbestek waren deze 2 voet langer dan de sluis). In doorsnede waren deze 10 voet breed en 6 voet dik of hoog. Op de zandstroken moesten in dwarsrichting negen kespen worden geplaatst, waarvan acht met een lengte van 20 voet, dik 7 duim en breed 1 voet. De kesp onder de slagdrempel moest 23 voet lang worden en 18 duim breed. Het ontwerpbestek ging uit van zeven kespen.

Op de kespen moesten, boven de zandstroken, de beide kloosterhouten worden aangebracht. Deze waren 2 voet langer als het sluishoofd en in doorsnede 14 bij 8 duim. Tussen de kloosterhouten kwam een houten vloer, waarvan de planken een dikte hadden van 3 duim (in het ontwerpbestek 2 duim). De eiken slagdrempel was 15 duim breed en 10 duim dik en kreeg een punt van 1½ voet. De aldus uit twee delen bestaande drempel werd aan de achterzijde nog eens gefixeerd door drie klampen, waarvan één bij de punt.

Op de slagdrempel werden twee slagstijlen opgericht met daaroverheen een gebintbalk of bovenregel ('slagbalk'). Het slaggebint werd met pen-en-gatverbinding in elkaar gezet. De stijlen en de gebintbalk waren 14 duim in het

vierkant. De hoogte tussen de slagdrempel en de bovenregel bedroeg 15 voet. In het ontwerpbestek was geen gebintbalk voorzien, maar moest de constructie van de zijschermen de stijlen loodrecht houden. Overigens kregen de slagstijlen hier dezelfde hoogte als de andere stijlen in de sluishoofdwallen.

Vervolgens moesten aan beide zijden van het sluishoofd, boven de kespen, op de kloosterhouten nog eens zes stijlen worden geplaatst en twee eindgebinten. In het ontwerpbestek, dat twee kespen minder telde, ontbraken de eindgebinten: op de uiteinden werden (eind)stijlen geplaatst. De vierkante stijlen waren 11 voet hoog en 9 duim dik, met uitzondering van de stijlen bij de 'deurkas', waar in open stand de deur voor hing. Deze in totaal vier stijlen moesten smaller worden, 5 duim, en kregen daarom in de lengterichting van de sluis een breedte van 1 voet. De stijlen van de eindgebinten waren 1 voet in het vierkant. Omdat bij het ontwerpbestek de stijlen verder uit elkaar stonden, kon daar worden volstaan met het aan weerszijden smaller maken van één stijl (daar 6 duim).

Over de stijlen werd in de lengterichting van de sluis een sloof geplaatst, verbonden met pen-en-gatverbinding. Deze mocht geen las bezitten en moest dus uit één stuk bestaan. Gezien de tekening ligt het echter voor de hand dat de sloven bij het slaggebint moesten worden onderbroken (zie ook afb. 31). De tussenstijlen waren 4 voet korter dan de stijlen van de drie gebinten, zodat de sloven van de zijwanden waarschijnlijk tussen de gebinten moesten worden bevestigd.

Beide zijwanden moesten worden voorzien van een beplanking van 2½ duim dik, vanaf de kespen tot aan de onderkant van de sloven. In het ontwerpbestek was de beplanking dunner gedacht: zes uit een voet. Ook van de planken gold dat deze uit één stuk moesten bestaan en evenals de bodemplanken moesten worden vastgespijkerd. Bij de spijkers moest men, met name bij die in de vloer, (houten) nagels 'smijten' om het roesten van de spijkers tegen te gaan, waardoor de bodem zou gaan opdrijven. Waarschijnlijk werden de spijkers verdiept in geslagen, waarna daarboven een houten prop of nagel werd geslagen.

Op drie plaatsen, aan de beide uiteinden en onder de slagdrempel, moest voordat de sluisvloer werd gelegd een damwand worden geslagen tot een diepte van 5 tot 6 voet onder het sluishoofd. Om het inheien te vergemakkelijken werden de 1½ duim dikke damwandplanken aan de onderzijde voorzien van een platte punt. De wand moest in twee lagen worden aangebracht, waarbij de naden verspringen, en tegen de kespen worden vastgespijkerd. De damwanden kwamen over de volle lengte van de kespen, zoals ook in de tekening is te zien.

Op dezelfde plaatsen moesten ook zijschermen worden geplaatst tegen het omlopen van het water (achterloopsheid). Het definitieve bestek vermeldt hierbij dat deze 'naar de eis en de gelegenheid van het werk' moesten worden gemaakt en zwijgt verder over de constructie. Het ontwerpbestek gaat daar juist uitvoerig op in en meldt dat aan de uiteinden van de kespen een 12 voet lange eiken paal moest worden geslagen (zie ook afb. 527). De bovenzijde van deze palen, met een doorsnede van 10



duim in het vierkant, moest even hoog komen als de onderkant van de sloven op de zijwanden. Deze palen moesten met de uiteinden van de kespen worden verbonden en dienden tevens als verankering van het sluishoofd. Tussen de palen en de bijbehorende stijlen van de sluiswand moesten twee regels ('ankers') van 7 bij 7 duim worden aangebracht, die met zwaluwstaartverbindingen werden vastgezet. Hier overheen was een verticale beplanking gedacht. De beide schermen bij het afsluitmiddel moesten tevens worden voorzien van een schrank-schoor ('karbeel'), ten einde de slagstijlen in verticale stand te kunnen houden.

Als afsluitmiddel kreeg elk nieuw sluishoofd een paar puntdeuren met een hoogte van 9 voet. De achterhar moest 1 voet breed worden en 8 duim dik, terwijl de voorhar en de onder- en bovenregel een doorsnede kregen van 8 duim in het vierkant. Deze vier onderdelen moesten worden voorzien van een sponning, waarin een 2 duim dikke beplanking kon worden ingelaten. De tussenregels en de schrank-schoor kregen daarom een dikte van 6 duim en waren 8 duim breed. De verbinding tussen de achterhar en de bovenregel werd versterkt met een ankerbout. De harren staken een voet boven de deuren uit.

Op de deuren moesten in verticale richting planken, voorzien van messing en groef, worden gespijkerd. In beide deuren kwam een klinket of schuif. Het ontwerpbestek ging uit van een klinket in slechts één van de deuren. Aan de onderzijde draaiden de deuren in een ijzeren keuspot. Rond de taats van de achterhar moest een ijzeren ring worden aangebracht en aan de onderzijde een ijzeren plaat. Volgens het definitieve bestek moesten zowel de kom als het ijzerwerk van de taats worden verstaald.

De hals van de deur moest worden versterkt met schenen (verticale ijzeren strippen) en draaide in een ijzeren halsbeugel.

In tegenstelling tot het ontwerpbestek moest het sluishoofd volgens het definitieve bestek aan beide uiteinden worden voorzien van twee uitwijkende vleugels met daartussen een houten vloer of uitbaring. De vleugels kregen een lengte van 11 voet, terwijl de breedte tussen de uiteinden van twee vleugels 23 voet bedroeg. Tussen de vleugels moesten vier slijkhouten of kespen worden geplaatst van 1 voet breed en 7 duim dik. De vleugels moesten van de sluis af gezien een halve voet of meer naar beneden hellen.

Ter plaatse van de vleugels kwam een kloosterhout te liggen, waarop vier stijlen werden opgericht met pen-en-gatverbinding. Hier overheen moest met pen-en-gatverbinding een sloof worden geplaatst, die net onder de sloven van de sluishoofdwallen kwam te liggen. De stijlen waren in doorsnede 8 bij 8 duim, de sloven 10 bij 10 duim. De vleugels moesten elk met twee ankers worden verankerd, zodat de vleugels verticaal bleven staan.

Op de vier slijkhouten moest een houten vloer worden aangebracht, bij het sluishoofd op de eindkespen daarvan gespijkerd. De stuiknaat tussen deze beplanking en die van de vloer moest midden over de kesp liggen. Aan het eind van de beide uitbaringen moest eveneens een damwand worden geslagen. Ten slotte moesten bij de uiteinden van de slijkhouten palen worden geslagen, die stevig met de slijkhouten moesten worden verbonden. Deze moesten voorkomen dat de uitbaring zou opdrijven.



**Bestekken van sluizen uit de omgeving van Nijkerk**

In deze bijlage wordt een bewerking gegeven van enkele oude bestekken van sluizen uit de omgeving van Nijkerk<sup>581</sup>. De bestekken zijn in meer hedendaags Nederlands 'vertaald', terwijl voor de oude benamingen voor zover bekend ook de huidige benamingen zijn gegeven (zie ook afb. 369, 372, 527 en 528). Na iedere bewerking van een bestek wordt een korte verklaring van de constructie van de sluis gegeven. Omdat tekeningen ontbreken is het niet altijd mogelijk te achterhalen wat precies wordt bedoeld. Geven de oudste bestekken problemen door gebrek aan informatie, de meer recente bestekken geven juist problemen door een veelheid aan details, die door het ontbreken van tekeningen niet altijd zijn te verklaren. Soms moet daarom naar de betekenis worden geraden.

**Bestek van de Spoeisluis (3-12-1531)<sup>582</sup>**

Volgens de hierna beschreven voorwaarden en wijze hebben de erfgenamen van Arkemeden aan meester Gijsbert te Zwolle opdracht gegeven een nieuwe sluis te maken, de Sponze geheten.

De sluis moet 39 'holt' voet lang worden, 10 voet hoog en buitenwerks 15 voet breed. De sluis krijgt 17 gebinten, waarvan vijf met zijschermen ('ghefloegelt'). De balken van deze vijf gebinten moeten 24 voet lang zijn, waarvan twee een breedte van 1 voet en een dikte van 4/5 voet en de anderen 1 voet vierkant. De stijlen moeten dezelfde dikte hebben als de balken. De balken en stijlen van de andere twaalf gebinten zijn 3/4 voet in het vierkant.

De kloosterhouten moeten een dikte van 1 voet in het vierkant krijgen. Er moeten tien slijkhouten van 3/4 voet breed en 1/2 voet dik worden geplaatst. De sluis krijgt 4 damwanden ('inden boedem gefloegelt'), waarvan de planken 5 voet diep in de bodem moeten worden geheid. De sluis moet aan beide uiteinden een houten vloer krijgen ('uyt gebaert') met op elk eind vier 'baert styelen' met een dikte van 1 voet in het vierkant.

Alle planken moeten een dikte hebben van 1/6 voet, de bodemplanken echter 1/7 voet. Over de naden moet een tengel worden geslagen ('belyst') met mos in de naden, zowel in de naden van de zijwanden als die van de vloer. Al het hout moet van goede kwaliteit zijn ('geeff' en niet 'roetolmich off ratellschellich') en goed vierkant (geen afgeronde hoeken). De deuren moeten gelijk zijn aan die

van de oude sluis.

De erfgenamen zullen de sluis laten controleren in Zwolle, waarbij verkeerd ('quaet') hout moet worden vervangen. Meester Gijsbert zal de sluis rond half maart (1532) op zijn kosten aan de dijk te Arck brengen. Bij het ter plaatse opbouwen zal hij en elke knecht ieder 3 stuivers Brabants geld krijgen.

De vijf gebinten (zie hiervoor) zullen aan beiden zijden met 'krombeels' (schoorbalkjes) worden versterkt.

Meester Gijsbert krijgt hiervoor (voor het bouwen van de sluis) 200 Philipsgulden of de waarde daarvan (in andere munt), waarvan 60% ineens (bij de oplevering?) en de rest op de eerstkomende St. Johan of St. Jacob. Opgemaakt in het jaar onzes Heeren 1531 op de eerste adventszondag.

*Verklaring*

De sluis kreeg een lengte van circa 12 m, was ruim 3 m hoog en bezat een breedte van ruim 4,5 m. Op de ondergrond moesten in lengterichting van de sluis tien slijkhouten in dwarsrichting worden gelegd. Hier overheen kwam aan weerszijden een kloosterhout. Op deze kloosterhouten werden vervolgens 17 gebinten opgericht. Deze bestaan uit twee stijlen met daaroverheen een gebintbalk. Hoewel men in later tijd deze gebinten gewoonlijk op een drempel of zwalp plaatste, wordt hiervan in het bestek geen melding gemaakt. Zeer waarschijnlijk stonden de stijlen rechtstreeks op de kloosterhouten. Het aantal gebinten was daarbij groter dan het aantal slijkhouten.

Vijf van de 17 gebinten moesten zwaarder worden uitgevoerd en worden voorzien van zijschermen. De gebinten moesten tevens worden versterkt met korbelen of schoorbalkjes. Over de plaats van deze gebinten wordt echter niets vermeld. Onder de sluis moesten vier damwanden worden geheid, maar ook hier zwijgt het bestek over de plaats daarvan. Het ligt echter voor de hand dat deze zich bij de beide uiteinden bevonden en bij de afsluitmiddelen. Datzelfde geldt ook voor de zijschermen, hoewel er daarvan één meer moest worden gemaakt.

De sluis kreeg aan de beide uiteinden een uitbaring, een houten vloer om het uitspoelen van de bodem voor en achter de sluis te voorkomen. Aan het uiteinde van deze uitbaringen moesten vier baarstijlen komen. Het is onduidelijk wat hiermee wordt bedoeld; mogelijk moesten deze vier stijlen op het uiteinde van de uitbaring worden ingeslagen, met andere woorden twee eindstijlen en twee tussenstijlen, waardoor drie openingen ontstonden.



De bodem van de sluis en de beide zijwanden moesten worden beplankt, waarbij over de naden een tengel werd geslagen. Het is niet duidelijk of dit een open sluis of een duikersluis was. Over de afsluitmiddelen wordt slechts gemeld dat de deuren gelijk moesten zijn aan die van de oude sluis.

### **Bestek van de sluis bij Zechen of boven Diermen (Lange-roesluis; 5 mei 1589)<sup>583</sup>**

Volgens de voorwaarden en de wijze hierna beschreven willen de gezamenlijke erfgenamen van Arkemeden de nieuwe sluis bij Zechen of boven Diermen aanbesteden aan een daartoe bekwame meester. Deze sluis moet 30 'holt' voet lang worden, 9 voet hoog en buitenwerks 12 voet breed. De sluis moet dertien gebinten krijgen, waarvan er vier zowel aan de binnen- als aan de buitenzijde met korbelen moeten worden versterkt ('gekrombeelt'). Vier gebinten zullen aan de beide zijden worden voorzien van damwandschermen ('durgaende gevluegelt'). De balken hebben daartoe een lengte van 21 voet.

De balken van twee (van deze vier) gebinten moeten 1 voet breed en 5/4 voet dik worden, het ene gebint moet aan de zeezijde en het andere aan de landzijde ('an de Meen') worden geplaatst. De beide andere gebinten moeten bij de deuren worden geplaatst, waarbij de balken 1 voet in het vierkant moeten zijn. De stijlen van deze vier gebinten zijn eveneens vierkant, waarbij de dikte gelijk is aan die van de balken.

De balken en stijlen van de andere negen gebinten moeten een dikte krijgen van 3/4 voet in het vierkant. De kloosterhouten zijn ook vierkant met een dikte van 1 voet.

De sluis krijgt veertien slijkhouten ('slijcholteren') met een breedte van 3/4 voet, 1/2 voet dik en 16 voet lang. Onder de sluis moet op vier plaatsen 5 voet diep een damwand worden geslagen ('in den boedem gevluegelt'). De beide dorpels (van de deurgebinten) moeten 5/4 voet dik in het vierkant worden.

De sluis moet aan de beide uiteinden, zowel aan de zee-kant als aan de Meenzijde, worden voorzien van een 10 voet lange houten vloer, die van de sluis af breder wordt ('schuin uitgebaert'), op elk einde met vier 'baerstylen'. (De vleugels) aan beide zijden bezitten acht vierkante stijlen met een dikte van 3/4 voet.

Alle planken moeten 1/5 voet dik worden, maar de vloerplanken 1/6 voet dikte. Op de naden tussen de planken moeten, voor zover noodzakelijk, tengels worden geslagen ('beleit op de vergaedinge') en (die) aan beide zijden (en) in de bodem (de vloer) van mos moeten worden voorzien.

Al het hout moet van gaaf eiken worden gemaakt en van goede kwaliteit zijn ('niet rotolmich ofte raetelschellich') met scherpe kanten (zonder afgeronde hoeken).

De sluis moet door daartoe aangewezen deskundigen worden beoordeeld, waarbij verkeerd ('quaet') hout moet worden vervangen. De meester is gehouden de sluis op zijn kosten op de genoemde plaats op te leveren, op 25 juli ('Jacobi') 1589.

Klaas van Diermen heeft de sluis ingezet voor 900 'keiser

gulden' van 20 stuivers. Het werd uiteindelijk gegund aan Henric van Arler de Olde voor 700 gulden nadat een aangestoken kaars was opgebrand: 'Ende daarna de keerse opgesteeken, by uytganc van welke Arler vurseid de slach gekreegen'.

Een maand na de aanbesteding (dus 15 juni 1589) zou 300 gulden worden betaald en het restant in 2 termijnen, waarvan de eerste helft in mei 1590 en de andere helft op 25 juli 1590. Zowel de aannemer als de erfgenamen moesten borgen binnen Hardewijk stellen.

Het ijzerwerk en de afdamming zullen door en op kosten van de erfgenamen worden gemaakt. Deze zullen ook helpen bij het heien van de damwanden, zoals dit ook aan de reeds gelegde sluis is geschied en naar oud gebruik.

Aldus opgemaakt 15 mei anno 1589.

### *Verklaring*

Deze sluis was kleiner dan de vorige: ongeveer 9 m lang, nog geen 3 m hoog en totaal ruim 3,5 m breed. De sluis kreeg veertien slijkhouten met daaroverheen in lengterichting aan weerszijden een kloosterhout. Op deze beide kloosterhouten moesten dertien gebinten worden geplaatst. Vier hiervan werden zwaarder uitgevoerd en kregen een langere gebintbalk. Zowel aan de binnenzijde als aan de buitenzijde werden deze gebinten voorzien van korbelen. Ook werden aan weerszijden van deze gebinten zijschermen gemaakt. In tegenstelling tot het vorige bestek wordt hier wel de plaats van deze vier gebinten genoemd: twee ter plaatse van de afsluitmiddelen en de andere bij de beide uiteinden.

Vervolgens moesten op vier plaatsen damwanden in de grond worden geheid. Het ligt voor de hand dat dit bij de genoemde vier gebinten moest plaatsvinden, hoewel het bestek daarover zwijgt. De sluis kreeg vier deuren, waarschijnlijk een paar ebdeuren en een paar vloeddeuren.

Bij de in- en uitstroomopening moest een uitbaring worden gemaakt met een lengte van ongeveer 3 m. De schuin weglopende vleugels bezaten elk acht stijlen, terwijl aan het uiteinde van de beide uitbaringen vier baarstijlen moesten worden geplaatst.

De sluis moest binnen 10 weken na de aanbesteding worden opgeleverd. Ook hier wordt niet vermeld of de sluis als duiker moest worden uitgevoerd.

### **Besteck en voorwaarden om nae te maecken een nuwen sluys diemen leggen sall in de Laeck (1612)<sup>584</sup>**

De sluis krijgt een lengte van 66 voet. Binnenwerks is de sluis 6 voet breed en 6 voet hoog.

Buitendijks, aan de zeezijde, krijgt de sluis aan weerszijden een vleugel met een 'uutbaring' (houten vloer tussen de vleugels). De oostvleugel heeft een lengte van 14 voet en de westvleugel 10 à 11 voet. De vleugels moeten zoveel palen (of stijlen) krijgen dat deze 3.5 voet uit elkaar staan. De palen hebben een doorsnede van 8 bij 8 duim. De uitbaring moet goed en dicht tussen de vleugels worden ingewerkt.



Binnendijks (landzijde) komt slechts één vleugel, alleen aan de westzijde. Deze heeft een lengte van 14 à 15 voet en is op dezelfde wijze als de andere vleugels voorzien van palen.

Onder de uitbaring en onder de sluis komen achttien slijkhouten te liggen. Die onder het sluislichaam zijn 12 voet lang, 9 duim breed en 5 duim dik.

De kloosterhouten moeten 8 duim breed en 5 duim dik zijn en door middel van een zwaluwstaartverbinding met de slijkhouten zijn verbonden.

De sluis krijgt 30 gebinten. Ter plaatse van het dijkllichaam krijgen de onderdelen van vier gebinten een doorsnede van 8 bij 8 duim. Tussen steeds twee van deze gebinten wordt een normaal gebint geplaatst. De vier kopelbalken van deze gebinten worden zo lang genomen, dat tussen de balk en de stijlen aan de buitenzijde korbelen (schoorbalken) kunnen worden aangelegt. Tegen de balken worden, zover als deze uitsteken, damplanken in de grond geheid dicht tegen elkaar gesloten (dit om achterloopsheid, waarbij het water langs de sluis heenloopt, tegen te gaan, zodat de sluis niet zal wegspoelen).

Er moeten nog eens 4 gebinten, eveneens 8 duim in het vierkant, waarvan er aan elk der beide uiteinden één moet worden geplaatst, en één (moet zijn twee) waar de deuren aan worden gehangen. De deurgebinten krijgen verbindingen met 'swaensborsten'.

De onderdelen van de andere gebinten (22 stuks) moeten een doorsnede hebben van 6 duim in het vierkant.

Op drie plaatsen en wel aan de voorzijde van de uitbaring, aan de voorkant van het sluislichaam (zeezijde, tussen sluis en uitbaring) en ergens meer naar het midden van de sluis toe, moeten planken in de grond worden geheid, dicht tegen elkaar aan en vastgenageld tegen de slijkhouten, zodat er geen water onder de sluis door kan lopen (onderloopsheid).

Alle planken krijgen een dikte van 1/6 voet ('ses uut een voet gesneden ofte gesaecht').

De sluis krijgt twee paar deuren (waarschijnlijk puntdeuren). De buitendeuren komen ongeveer 8 voet van het ene uiteinde (zeezijde) te hangen en de binnendeuren ongeveer 6 voet van het andere uiteinde (landzijde).

Het te gebruiken hout moet van goede kwaliteit zijn, eventueel uit een 'hoffstede gehouwen' (gekapt; aangeplante bomen bij een boerderij?) en mag geen gebreken vertonen, maar moet gaaf en glad zijn.

Als het geraamte van de sluis gereed is, moet de aannemer dit de dijkgraaf en heemraden laten weten, zodat deze kunnen komen controleren voordat de sluis is geplaatst om te zien of het hout goed is. Het niet-goedgekeurde hout moet worden vervangen. Ook alle planken moeten voordat zij tegen de sluis worden gesla-

gen door dijkgraaf en heemraden worden gecontroleerd en wat niet goed wordt bevonden moet worden vervangen.

Alle planken moeten dicht tegen elkaar worden bevestigd, de naden bestreken met mos en teer.

De sluis moet 1 maart (1612) worden opgeleverd. De aannemer moet zorgen voor geschikte en door dijkgraaf en hoogheemrade geaccepteerde borgen, die dit garanderen en aansprakelijk gesteld zullen worden voor eventuele schade bij niet tijdige oplevering.

De eerste helft van de aanneemsom zal worden betaald als de sluis is geplaatst en de resterende helft (...?) een half jaar na de oplevering.

Op 1 december 1611 werd de sluis ingezet door Abraham Tonissen voor 760 carolus gulden ad 20 stuivers. Op 2 december 1611 werd de sluis bij openbare afslag door Tonissen gemijnd voor 630 carolus gulden.

#### *Verklaring*

Deze 17de-eeuwse sluis was ongeveer 22 m lang en zowel in breedte als hoogte bijna 2 m. De sluis kreeg aan de zeezijde een uitbaring met vleugels van ongelijke lengte. Waarschijnlijk waren deze onder een verschillende hoek geplaatst. Aan de binnendijkse zijde kwam slechts één vleugel en ontbrak een uitbaring.

Onder de sluis en de uitbaring moesten in totaal achttien slijkhouten worden gelegd met daaroverheen de beide kloosterhouten. Hierop werden 30 gebinten geplaatst, waarvan er acht zwaarder moesten worden uitgevoerd. Vier van deze acht gebinten moesten onder de dijk komen en worden voorzien van korbelen aan de buitenzijde en van zijschermen. Vervolgens moest er aan elk der beide uiteinden een zwaarder gebint worden geplaatst en de resterende twee bij de afsluitmiddelen.

Onder de sluis moesten drie damwanden worden geslagen: één aan het begin van de uitbaring, één ter plaatse van de scheiding tussen de uitbaring en de sluis en één meer naar het midden van de sluis toe. In de sluis werden een paar binnendeuren en een paar buitendeuren geplaatst, waarschijnlijk een stel ebedeuren en een stel vloedeuren. Alhoewel het bestek hierover zwijgt, ligt het voor de hand dat hier sprake is van een duikersluis, omdat de vier zwaarder uitgevoerde gebinten onder de dijk moesten komen.

De sluis moest in nog geen 3 maanden worden gebouwd en dat in de winter! Deze tijdplanning werd echter niet gehaald, want uit de stukken blijkt dat op 14 mei 1612 dijkgraaf en heemraden de situatie bekijken en meedelen tot zover te zijn voldaan. Vijf dagen later worden de werkzaamheden voltooid door aannemer Zaer Jacobs, die 55 gulden ontving voor het plaatsen van de deuren en het aanstampen van de grond rond de sluis.

#### **Sluis in Kerstgensgat (1617)<sup>585</sup>**

Eerst moet de sloot en het gat in de dijk, waar de sluis komt te liggen, worden gegraven.



De sloot buitendijks moet even diep en breed worden als het reeds gegraven beginstuk tot aan de dijk, waarbij de vrijkomende grond aan de oostkant van de sloot moet worden gestort. Het gat in de dijk moet zo diep worden uitgegraven dat de timmerman de sluis kan plaatsen, en zo ruim dat de planken (van de zij-damwanden) gemakkelijk kunnen worden ingeheid en, nadat de sluis is geplaatst, kan worden aangevuld tot aan de sloot binnendijks. Het grondwerk was aangenomen door Peel Henricksen voor 36 gulden.

Op de hierna volgende voorwaarden willen dijkgraaf en heemraden namens de gezamenlijke erfgenamen van Arkemheen gemaakt en geleverd zien het houtwerk voor een nieuwe sluis die door de aannemer bij Kerstgengat geplaatst moet worden.

De sluis moet ongeveer 46 voet lang worden en binnenwerks 4,5 voet breed en 4 voet hoog.

De kloosterhouten moeten 8 duim breedt en 5 duim dik zijn en met een zwaluwstaartverbinding met de slijkhouten worden verbonden.

Er moeten zo veel slijkhouten worden gebruikt, dat deze 2 3/4 voet uit elkaar komen te liggen. De slijkhouten moeten 7 duim breedt, 4 duim dik en 8 voet lang worden.

De sluis heeft 21 gebinten, waarvan de onderdelen een doorsnede hebben van 6 bij 6 duim. Bij het uiteinde aan de zeekant moet een gebint worden geplaatst, waarvan de onderdelen een breedte van 9 duim en een dikte van 8 duim bezitten. Dit gebint moet zo hoog worden dat er een schotdeur (hefdeur) in geplaatst kan worden met daarboven een windas om de deur omhoog te draaien. De planken aan de buitenzijde moeten goed in het gebint worden 'ingespant' (zie verklaring).

De schotdeur moet worden gemaakt van goede eiken planken, 1/5 voet dik en aan de buitenzijde (zeekant) voorzien van klampen, die een dikte hebben van 1/6 voet. De stijlen van het schotdeurgebint moeten worden voorzien van sponningen (groeven), waarin de schotdeur gemakkelijk op en neer kan worden bewogen en ook goed in staat is water te keren.

Alle planken die in de bodem en daaronder (damwanden?) komen, moeten 1/6 voet dik worden. De planken moeten zo breed worden dat zij de gehele sluisvloer bestrijken. De bovenste planken (over de sluisgebinten en tegen de zijwanden?) krijgen een dikte van 1/5 voet en mogen geen spint bezitten. Alle planken moeten dicht tegen elkaar worden aangebracht, waarbij de naden tussen de planken geteerd en van mos moeten worden voorzien.

Aan de beide uiteinden zal de sluis aan weerszijden een vleugel krijgen met elk een lengte van 9 à 10 voet. Elke vleugel zal met vier palen stevig in de grond worden geheid en voorzien zijn van planken met een dikte van 1/6 voet. De onderzijde van deze wand moet even diep als de sluis komen te liggen.

Op drie plaatsen, één bij het uiteinde (zeekant) en de andere op geschikte plaatsen meer naar het midden toe, moeten goede eiken planken in de grond worden geheid (de damwanden), aan de bovenzijde vastgenageld aan de slijkhouten.

Er moet goed binnenlands hout worden gebruikt, dat niet uit de bossen komt, of goed Deventer hout dat minstens een jaar geleden gekapt is. Al het hout moet van goede kwaliteit zijn en mag geen gebreken vertonen.

Als het geraamte gereed is, moeten dijkgraaf en heemraden komen controleren en wat niet goed wordt bevonden, moet de aannemer op eigen kosten vervangen.

De sluis moet uiterlijk op de laatste dag van augustus (1617) worden opgeleverd. De aannemer moet geschikte borgen stellen voor tijdige oplevering, die voor dijkgraaf en heemraden acceptabel zijn.

Het eerste derdedeel van de aanneemsom zal bij de oplevering worden betaald, het tweede derdedeel midden in de winter en het laatste deel op St. Pieter 1618.

Abraham Thonissen heeft de sluis ingezet voor 413½ gulden en daarna gemijnd bij verhoging voor 340 gulden op 8 juli 1617.

#### *Verklaring*

De sluis kreeg een lengte van ongeveer 14 m en was bijna 1,5 m breedt en circa 1,2 m hoog. Op de ondergrond werden veertien of vijftien slijkhouten neergelegd met daarop twee kloosterhouten. Op deze kloosterhouten kwamen 21 gewone gebinten en aan de zeekant een deurgebint. Het deurgebint werd voorzien van een schotdeur of schuif, die met behulp van een windas kon worden gehezen. Waarschijnlijk moesten aan de voor- en achterzijde van het gebint, voor zover dit boven de sluis uitstak, planken worden aangebracht, in een sponning die in de stijlen was uitgespaard, zodat een verticale koker ontstond. De schotdeur bestond uit een rij planken die door opgespijkerde klampen werden bijeengehouden.

Aan beide uiteinden werd een uitbaring gemaakt. De 3 m lange vleugels werden met vier palen stevig in de grond verankerd. Verder moesten op drie plaatsen damwanden worden geheid, waarvan één bij het deurgebint en de beide andere meer naar het midden toe. Gezien de afmetingen van de sluis en de constructie van het deurgebint, ligt het voor de hand dat de sluis als duikersluis is uitgevoerd. De sluis moest in nog geen twee maanden worden gebouwd. Op 16 augustus 1617 was het geraamte gereed, zodat nog veertien dagen restten voor het afbouwen van de sluis.

#### **Bestek van de Wielsluis (10-12-1710)<sup>586</sup>**

Voorwaarden waarop de dijkgraaf en heemraden van Arkemheen aan de minst biedende willen aanbesteden het maken van de nieuwe sluis in de uitwatering genaamd de Wiel, zowel het hout als het ijzerwerk, de spijkers, de bronzen keuspotten ('metale commen') voor de deuren en het arbeidsloon, en dat in gulden van 20 stuivers.



Ten eerste zal de aannemer maken twee slaggebinten met een hoogte van 11½ voet, gemeten vanaf de bovenkant van de kloosterhouten tot de bovenkant van de bovenregel, en 14 voet breed, gemeten tussen de buitenkant van de stijlen ('buyten werks'). De stijlen hebben een doorsnede van 14 bij 8 duim. De 'slag of puntbalck' heeft een hoogte van 15 duim en een breedte van 12 duim en is 26 voet lang en met pen-en-gatverbinding in elkaar gezet; de pennen hebben een lengte van 5 duim ('5 duym in geschooten') en een doorsnede van 3 duim. De 'kerbeelt' (puntstukken van de slagdrempel of inderdaad de korbelen?) met een doorsnede van 12 bij 15 duim, '5 voedt overtant met een pen van 2 duym wel dicht ingeschooten'. Bij de verbinding van de slagdrempel of de puntbalk (met de stijlen?) moet een dubbele pen-en-gatverbinding worden toegepast. Aan de voorkant moet de slagdrempel 1 duim in de stijl worden 'ingeschooten' en met een bout en drie krammen worden vastgezet. De drempel moet 1 duim in het kloosterhout worden 'ingewerckt' en met drie hakkelbouten met de kespen ('roosterhouten') worden bevestigd. De stijlen moeten met een pen van 3 duim in het kloosterhout worden geplaatst en 1 duim worden 'ingeschooten' en met een 'cramboudt' door het kloosterhout heen, met drie krammen worden vastgezet. De stijlen moeten aan de zijde waar de deur hangt hol worden uitgefreesd, zodat de ronding van de achterhar van de deur er goed in sluit, 5 duim aan de binnenkant en 5 duim aan de zijkant, zodanig dat de deur daar altijd goed aansluit. Dit alles als vakwerk ('meesterprijs') op te leveren. Hietoe te leveren al het hout. De gebintbalk moet 6 voet aan weerszijden van de sluis uitsteken en aan de bovenzijde schuin worden afgewerkt voor het afwateren; aan de onderzijde moet een sponning ('croos') worden gemaakt van 2 duim diepte voor de damwandplanken ('heyplancken'), waarvan de buitenste en de middelste met een pen van 2 duim moeten worden vastgezet.

De aannemer zal noch eens vijf gebinten maken van zodanige hoogte, dat de sluis in lengterichting over een lengte van 44 voet 1 voet hoger is dan bij de uiteinden. In breedterichting moet de sluis in het midden een halve voet hoger zijn. De balken ('het hout') van deze vijf gebinten zijn in doorsnede 11 bij 13 duim 'op sijn plat gewerckt' (dat wil zeggen de brede zijden in de lengterichting van de sluis), met een pen van 2½ duim en (de stijlen) zowel boven als onder 1 duim 'ingeschooten'. En met een krambout met drie krammen in de kespen ('roosterhout') vastgezet. De korbelen zijn incusief de tanden 5 voet lang en in doorsnede 11 bij 8 duim en moeten met pennen van 2 duim stevig worden verbonden. Hiertoe te leveren al het hout en ijzerwerk, de krambouten van zwaar duims ijzer.

De aannemer zal noch eens elf 'loose' gebinten maken (gebinten zonder korbelen dus zonder stijfheid in dwarsrichting?); de hoogte en breedte naar gelang het beloop van de sluis. De balken in doorsnede 11 bij 8 duim 'op sijn kant gewerckt' (dat wil zeggen de smalle zijden in de lengterichting van de sluis) en op dezelfde wijze als hiervoor vermeld verbonden.

De aannemer zal onder de sluis 68 palen heien, die onder de sluis 12 voet lang en die onder de 'baer' (houten vloer voor de sluis) 11, 10, 9 en 8 voet lang volgens de tekening. Hiervan moeten er 38 met hakkelbouten worden vastgezet ('geslooten') en de rest met pen en gat. De palen waar de hakkelbouten inkomen, moeten boven van een ijzeren band worden voorzien tegen het scheuren. De ringen moeten van zware 'kluft' worden gemaakt, de hakkelbouten van duims ijzer, 9 duim diep in de paal.

De aannemer zal op deze palen midden door de sluis twee 'dennemasten' plaatsen, van 1½ voet in diameter en 68 voet lang, van het ene eind tot het andere volgens de tekening. De 'roosterhouten' (kespen) moeten daarin worden gekeept (dat wil zeggen een inkeping in de kespen, zie hierna) en met hakkelbouten stevig met de palen verbonden, maar onder de slagbalken moeten de masten over de roosterhouten worden gekeept en eveneens over de 'hey stucken' (damwandplanken) en daarna met bouten vastgezet.

De aannemer moet de palen onder de kloosterhouten met goede pen-en-gatverbindingen stevig daarmee verbinden, evenals die onder de 'baer' volgens de tekening. De kloosterhouten moeten 2 duim in de 'roosterhouten' (kespen) worden verzonken, maar de twee roosterhouten onder de voorste slagbalk moeten slechts 4 duim uit elkaar liggen. En aan weerszijden 6 voet buiten de sluis steken, waar de 'paelplanken' (damwand) tussen geheid moet worden, evenals de achterste slagbalk, maar die blijven even breed als de sluis.

De aannemer moet onder de sluis bij de slagbalken, bij de voorste roosterbalk en bij de beide 'baarde' 'paalplanken' heien; die onder de slagbalken moeten 4 duim dik zijn en onderling met een zwalustaartverbinding worden verbonden, 8½ voet lang zijn en buiten de sluis aan weerszijden van het (voorst, zie hiervoor) slaggebint over een breedte van 6 voet worden voortgezet. Deze (laatst genoemde) 'stucken' (planken) moeten 18 voet lang worden en op dezelfde wijze verbonden als de andere. Tevens met een zwalustaartverbinding aan de slagstijl. En boven in een 'kroos' (sponning) in de 'bintbalk' (bovenregel) worden gewerkt, maar de buitenste en middelste plank met pen en gat. En tussen de roosterhouten en de slagbalk moet een plank in de slagstijl worden gewerkt en daar met '7 duimen' (zevenduims-spijkers) aan vastgespijkerd. De planken voor het voorste roosterhout en voor de 'baar' moeten 3 duim dik zijn, 8 voet lang en met 'sponnen' (mes en groef) in elkaar gezet en met '6 duimen' (zesduims-spijkers) hecht tegen de balk worden gespijkerd en zodanig afgehakt dat de 'bodem' (vloer) daar dicht op aansluit.

Op deze hiervoor genoemde roosterhouten of 'grontwerck' zal de aannemer de 'bodem' (vloer) leggen met planken van 3 duim dikte en 44 voet lengte, zodat deze zonder lassen van het ene eind van de sluis tot het andere eind reiken; deze moeten met zesduims-spijkers, op afstanden van 3½ duim, stevig op elk roosterhout worden gespijkerd.



Tevens ('noch') zal de aannemer de beide 'baeren' van een vloer voorzien ('beleggen') met delen van 2 duim dikte en met vijfduims-spijkers stevig vastgespijkerd. Maar eerst moeten de palen van de vleugels aan weerszijden (van de baar) geheid zijn, zodat de roosterhouten daaraan vastgespijkerd kunnen worden. De vloerdelen moeten daaromheen worden gekeept. En op de gehele vloer moeten 'slijkbalken' (zwalpen) worden geplaatst ('beleggen'), boven ieder roosterhout één en met vier hakkelbouten 'geslooten' (aan de roosterhouten bevestigd). Maar in de 'slijkhouten' (kespen) die aan de voorkant van de 'baar' en aan het begin van de sluis komen, moet een sponning worden uitgehakt, waarin de uiteinden van de vloerdelen kunnen worden geplaatst, hetwelk beter op de tekening is te zien. Op de palen van de vleugels moet een sloof worden geplaatst na de 'trefferingh' (helling?) van de dijk, met een goede pen-en-gatverbinding in elkaar gezet. En iedere vleugel moet aan twee ankers worden verankerd, de ankers op een afstand van 12 voet uit de vleugels geplaatst met kruisen en goed geheide palen en met een keep over de sloof heen en met een gording vastgezet.

De aannemer zal de sluis aan beide zijden 'beleden' met eiken planken van zes uit een voet, zonder ook maar enig gebrek. En de sluis moet aan de bovenzijde worden bekleed met eiken 2 duim dikke delen zonder spint, alle met vijfduims-spijkers op ieder gebint gespijkerd, (de spijkers) op elke plank 4 duim uit elkaar. Aan de beide zij-kanten moet een tweede wand worden gemaakt ('verdubbelingh') van goede 'Noordtse' planken, stevig vastgespijkerd en dicht tegen elkaar, zonder 'waen of spint'. Tevens zal de aannemer vier deuren voor de sluis maken, zoals op de tekening staat. Het hout met een doorsnede van 6 bij 8 duim, goed en zonder enig spint, gebrek ('quaat'), kwast of dwarsdraad. De regels moeten 1 duim (in de harren) worden ingekeept ('ingeschooten') en met een sponning dicht en stevig in elkaar gewerkt en met twee beugelbanden aan de achterste stijl stevig worden vastgespijkerd en met een klinkbout geklonken. De deuren zo te maken dat deze overal goed tegen de stijl en de drempel aansluiten. De stijlen (achterharren) zijn onder in 'metaele' (bronzen) kommen en boven in 'beugelbanden of stroppen met boutjes' opgesloten. De beugels of stroppen met een bout door de slagbalk (slagstijl?) heen. De deuren te bekleden met eiken planken van zeven uit een voet.

Tevens zal de aannemer vier vleugels maken, te weten aan ieder eind van de sluis twee, zover als de baar zich uitstrekt. In iedere vleugel vier palen te heien, zo diep als op de tekening is aangegeven. Met dien verstande dat bij de dijk elke paal zodanig is geproportioneerd, dat de laatste paal lager staat en enigszins schuin naar de glooiing van de dijk. Deze vleugels te bekleden met goede eiken planken van zes uit een voet en steven tegen elkaar geplaatst, zonder spint en met een tengel van 3 bij 1½ duim op de naden goed dicht gespijkerd.

De aannemer zal deze sluis over een lengte van 45 voet en ter breedte van 15 voet en 2 duim moeten 'decken' met 2

duims dikke eiken planken zonder spint, vierkant geschaafd ('gestreecken'), met een breeuwnaat goed dicht gebreeuwd, gepekt, geteerd en 'geschulpt' (?) en met vijfduims-spijkers in alle balken ('leggers') gespijkerd, (de spijkers) om de 5 duimen.

Ook zal de aannemer vier metalen (bronzen) kommen (keuspotten), vier metalen 'tolle' (taatsen) en vier ijzeren 'comstucken' (voor het bevestigen van de kommen op de sluisvloer?) met een diameter van 12 (duim) en 5 duim lang, twee van 6 duim, naar behoren geplaatst.

Tevens ('item') zal de aannemer voor alles moeten leveren, voor wat betreft het (sluis)lichaam, goed vierkant hout (zonder afgeschuinde of afgeronde hoeken), zonder 'quaat' spint, 'rilligheyt', voor. . . (?) olm of 'quaje' kwasten. En het grenen van goed Noors hout. En zal het werk vakkundig ('meesterlick') moeten bewerken dat het door een (keur)meester goedgekeurd kan worden. Tot dien einde moet de sluis vooraf op de dijk in elkaar worden gezet om gekeurd te worden, voordat deze in de grond wordt geplaatst. De aannemer zal moeten leveren het grenehout, het eikehout, spijkers, ijzerwerk, metalen kommen en tollen, welke kommen ½ duim dik en 3 duim diep moeten zijn, pek, teer, mos, 'werckschulpen' (?), gereedschap, arbeidsloon en bovendien keien (om te heien?) en eigen gereedschap om te heien, touwwerk en eigen 'drinckbier', zodat hij niets heeft te vorderen dan zijn bedongen penningen (aanneemsom). De dijkgraaf en de heemraden zullen alleen de heipalen, de roosterhouten, de palen van de vleugels, alsmede de sloof op de palen van de vleugels, de ankers (?) en de slijkbalken leveren, die op de oude dijk zullen worden aangewezen en die de aannemer op zijn kosten zal moeten 'uytknijpen' (tussen het ter plaatse liggende hout uithalen) en op het werk brengen, zoals hij ook met alle hiervoor genoemde materialen zal moeten doen.

De aannemer zal ook op zijn kosten de oude sluis moeten uitbreken, met zo weinig mogelijk schade en op de dijk op een geschikte plaats moeten neerzetten.

De betaling zal geschieden in drie termijnen, te weten de helft van waar hij recht op heeft op half maart aanstaande, verder een vierde part als de sluis op de dijk in elkaar is gezet en de laatste termijn als de sluis geheel gereed is, met dien verstande dat van de laatste termijn 500 gulden een jaar lang zal moeten blijven staan, gedurende welke tijd de aannemer op zich moet nemen om de sluis goed dicht te houden, waarbij 4 procent rente per jaar zal worden verstrekt.

De aannemer zal twee hiertoe bekwaam zijnde borgen moeten stellen tot volvoering van dit bestek en tot tevredenheid van de dijkgraaf en de heemraden, die zich naast de hoofdaannemer, ieder voor zich voor zowel de hoofdaannemer als voor diens erfgenamen, en zowel voor gereed zijnde als voor ongereed zijnde goederen zullen verbinden, onder dwang van alle gerechtshoven, rechtters en rechtbanken met verwerping van alle tegenstrijdige tegenwerpingen.



Het werk zal direkt moeten worden begonnen en gereed zijn voor 1 mei aanstaande 1711 op straffe ('poene') van het verbeuren van vijf gulden per dag.

Indien de aanbesteding van deze sluis niet tot tevredenheid van de dijkgraaf en de heemraden mocht uitvallen, dan zullen zij hetzelfde volgens machtiging van de erfgenamen aan zich mogen behouden, ook wanneer de (laatste hamer)slag reeds een uur zou zijn gevallen, alles zonder tegenspreken of verhindering van iemand, met dien verstande dat de inzetter voor zijn inzet 10 gulden krijgt.

Ten laatste dient tot slot van dit bestek, dat de aannemers zowel aan het bestek als aan de tekening moeten voldoen en het gehele werk naar de eis maken, zowel wat niet geschreven is, getekend als wat wel getekend maar niet geschreven is, zonder enige aktie, vordering of tegenspraak en in volkomen staat (zonder gebrek) moeten opleveren.

Ingezet door Jan Noor voor 2990.

Daarna gegund volgens de voorgaande voorwaarden aan Cornelis van Vredenburg voor de somma van 2400 gulden, daarvoor borgen gesteld hebbende. In oorkonde is deze getekend op 10 december 1710 Cornelis Vredenburg.

#### *Verklaring*

De sluis bezat een lengte van ongeveer 13,5 m, was circa 3,5 m hoog en ruim 4 m breed. Aan beide uiteinden kreeg de sluis een uitbaring. De aanbesteding vond plaats op 10 december 1911 en de sluis moest op 1 mei 1911 worden opgeleverd. De sluis moest dus grotendeels in de winter en binnen ruim 4½ maand worden gebouwd.

Onder de sluis en de uitbaring kwamen 68 heipalen, waarvan de helft met pen-en-gatverbinding aan de kloosterhouten en aan de slijkhouten van de uitbaring moesten worden verbonden en de rest met hakkelbouten. Over de palen kwamen midden in de sluis twee zandstroken (dennemasten), geplaatst in de lengterichting van de sluis. Hieroverheen werden in dwarsrichting de roosterhouten of kespen geplaatst. Vervolgens werd aan weerszijden op de kespen een kloosterhout aangebracht.

Ter plaatse van de afsluitmiddelen, onder het uiteinde van de sluis aan de zeekant en onder de uiteinden van de beide uitbaringen werden damwanden geheid. In totaal kreeg de sluis dus vijf damwanden. Bij de deuren staken de damwanden aan weerszijden bijna 2 m buiten de sluis uit en werden naast de slagstijl over een hoogte van ruim 2,5 m voortgezet, zodat tevens zijschermen tegen achterloopsheid ontstonden.

Op de beide kloosterhouten werden vervolgens twee slaggebinten, vijf andere gebinten met korbelen en elf 'loose' gebinten geplaatst. Met dit laatste worden waarschijnlijk gebinten zonder korbelen bedoeld. De gebinten moesten van zodanige hoogte zijn dat de sluis in lengterichting enigszins rond liep en in het midden circa 30 cm hoger was dan aan de beide uiteinden. Ook waren de gebintbalken of bovenregels van de gebinten zodanig afgrond dat deze in het midden circa 15 cm hoger waren dan aan de uiteinden.

Op de bodem, tegen de beide zijkanten en aan de bovenzijde werden planken gespijkerd. Er is hier dus sprake van een houten duikersluis. De zijwanden kregen een dubbele beplanking. In het bestek wordt twee maal geschreven over een bekeding van de bovenzijde. Mogelijk moest ook hier een dubbele beplanking komen; misschien een beplanking aan de onderzijde tegen de gebintbalken en één boven op deze balken. Over de gehele vloer van zowel de sluis als van de uitbaring werden boven de kespen ('roosterhouten') zwalpen ('slijckbalken') aangebracht. Deze werden door hakkelbouten met de kespen verbonden.

Aan weerszijden van de beide uitbaringen kwamen houten vleugels. De stijlen van deze vleugels werden in de grond geheid en stevig met de slijkhouten onder de uitbaring verbonden. Tevens werden de vleugels op twee plaatsen verankerd. De ankers bestonden uit twee kruislings geplaatste balken, die achter in de grond geheide palen haakten. Over de vleugels werd een sloof geplaatst, die met het dijktalud mee helde.

De sluis kreeg twee paar puntdeuren, waarschijnlijk een stel eb- en een stel vloeddeuren. Van de deuren wordt slechts vermeld dat deze gemaakt moesten worden, zoals op de tekening was aangegeven; deze ontbreekt echter.

#### **Bestek van de Langeroesluis (1724)<sup>587</sup>**

Voorwaarden waarop de dijkgraaf en heemraden van Arkemheen het bouwen van een sluis in de zeedijk aan de Langeroe, waar de oude sluis ligt, willen aanbesteden.

1. De oude sluis moet worden opgeruimd, waarbij de gehele ondergrond moet worden gezuiverd om zonder hinder de nieuwe sluis te bouwen. De oude materialen zijn ten dienste van Arkemheen.

2. De bodem van de sluis moet 44 voet lang worden en de breedte tussen de stijlen van het deurgebint ('slagbinstijlen') 12 voet. Onder de sluis moeten tot aan de zandstroken aan beide zijden twaalf palen worden geheid met een lengte van 8 voet en bij de kop een dikte van 8 bij 10 duim. Deze moeten zo diep worden geslagen, dat de drempels van de nieuwe sluis een halve voet lager dan die van de oude komen te liggen. Over de heipalen moet aan beide zijden (in langsrichting) met pen-en-gatverbindingen een zandstrook worden geplaatst van 8 bij 10 duim in doorsnede en een lengte van 44 voet. Hierover (in dwarsrichting) acht kespen ('slikhouten') plaatsen met een doorsnede van 8 bij 13 duim en een lengte van 23 voet en twaalf van dezelfde dikte maar een lengte van 15 voet. De zandstroken moeten met een zwaluwstaartverbinding 2½ duim diep in de slikhouten worden gewerkt en met houten nagels worden vastgenageld. Alles van grenehout.

3. Onder de vloer moeten vier rijen damwanden ('palingplanken') worden geheid, met een dikte van 3 duim en een lengte van 7 voet. De 'palingplanken' die aan weerszijden van de sluis komen, moeten 3 voet langer worden en deze lengte boven de andere uitsteken. De regels van



de 23 voet brede damwand moeten met messing en groef ('geploegt en gemest') tegen elkaar worden geplaatst en onder de sluis 1 duim boven de kespen ('slikhouten') blijven. De damwandplanken buiten de sluis bij de (slag)drempels moeten zover uitsteken dat deze 2 duim in de drempels steken. Dit alles moet goed ('gnap') en zuiver worden afgewerkt, waarbij de messing en groef in doorsnede 1 duim in het vierkant zijn. Alles van grenehout.

4. Op de kespen moet aan beide zijden (van de sluis) een kloosterhout worden gelegd, met een dikte van 7 bij 11 duim en een lengte van 44 voet uit één stuk. Ook deze moeten met een zwaluwstaartverbinding  $2\frac{1}{2}$  duim diep in de slikhouten worden gewerkt en in de damwandplanken worden gekeept. De kloosterhouten moeten met houten nagels aan de kespen worden verbonden. Alles van grenehout.

5. Tussen de kloosterhouten moet over de kespen een houten vloer worden aangebracht met een dikte van 3 duim. De vloerdelen moeten over de damwanden worden gekeept. De delen moeten recht zijn en dicht tegen elkaar aanliggen, waarbij de naden moeten worden voorzien van teer en mos. Ook moeten de delen goed in het verband worden gelegd en vast gespijkerd, terwijl de stuiken (verbinding tussen twee vloerdelen in lengterichting) boven de kespen liggen. Over de vloer moeten veertien zwalpen worden gelegd (in het bestek worden de zwalpen 'kespen' genoemd en de kespen slikhouten). De zwalpen krijgen een dikte van 7 bij 13 duim en zijn zo lang dat de uiteinden gelijk liggen met de buitenzijde van de stijlen van de gebinten. De zwalpen moeten vlak op de bodem worden geplaatst en met lip- en zwaluwstaartverbindingen in de kloosterhouten worden gewerkt. Iedere zwalp moet met 20 duims nagels door de vloer heen op de kespen worden genageld. Dit alles van grenehout.

6. Op de vloer moeten twee drempels worden geplaatst met een dikte van 15 duim, een breedte in het midden van  $2\frac{1}{2}$  voet en een lengte van 23 voet. Aan de voordrempel (de buitendrempel, aan de zeezijde) komt één en aan de achterdrempel (de binnendrempel, aan de landzijde) komen twee kopstukken (of koningen; in het bestek 'puntstukken' genoemd) met een dikte van 15 duim en een breedte van 2 voet. De lengte van deze kopstukken is zodanig dat deze een sprong van drie voet kunnen maken. De kopstukken moeten met een dubbele pen-en-gatverbinding, gecombineerd met een tandverbinding in de drempel worden gesloten en vastgenageld. De drempels mogen bij de slagstijlen niet smaller worden gehakt dan 15 duim. Voor de drempels zijn in totaal zes puntstukken (in het bestek 'karbeels' genoemd, de balken van de drempel waar in gesloten stand de deuren met de onderregel tegen aanslaan) met een dikte van 15 duim en zo breed, dat deze dicht tegen de drempel aanliggen. Deze krijgen een dubbele pen-en-gatverbinding met de drempel en een enkele pen-en-gatverbinding met het kopstuk, gecombineerd met een tandverbinding, en vastgezet met nagels. De drempels moeten 1 duim in de vloer en over de kloosterhouten worden gekeept, met teer en mos ertussen en elke drempel met 20 grenen nagels met

een doorsnede van  $1\frac{1}{2}$  duim, die door alles heen gaan, worden vastgezet. Bij elke slagstijl wordt een komplaat ('steunder') op de vloer geplaatst, met een doorsnede van 7 bij 13 duim, schuin onder de drempel en met een lipverbinding onder de dichtstbij zijnde zwalp gesloten en genageld. Dit alles van eikehout.

7. Op iedere drempel moet een slaggebint worden geplaatst, waarvan de hoogte tussen de bovenkant van de drempel en de onderkant van de gebintbalk 13 voet bedraagt. De stijlen hebben een dikte van 15 duim in het vierkant, de balken hebben dezelfde dikte en zijn 14 à 15 voet lang. Ieder gebint krijgt twee korbelen ('carbeels') met een dikte van 12 bij 15 duim en een lengte van 4 voet, de tanden aan de uiteinden inbegrepen. De gebintstijlen moeten met een dubbele pen-en-gatverbinding onder in de drempel en in de balk worden gesloten en genageld. De korbelen worden met een enkele pen-en-gatverbinding vastgezet.

Op iedere zwalp moet een 'geldbint' (gewoon gebint) worden geplaatst, met dezelfde hoogte als van de deurgebinten. De stijlen en de balk hebben een dikte van 12 duim in het vierkant, terwijl de balken 14 à 15 voet lang zijn. De bijbehorende korbelen hebben een dikte van 10 bij 13 duim en een lengte van  $3\frac{1}{4}$  voet tussen de uiteinden van de tanden. De gebinten moeten zowel onder als boven met een pen-en-gatverbinding worden gesloten en vastgenageld. De koppelbalken van zowel de slagbinten als de 'geldbinten' moeten krom worden gezaagd, met een kromte van 3 duim. Dit alles van eikehout.

8. De sluis moet zowel aan de bovenkant als aan de beide zijden worden dichtgemaakt met 2 duims dikke eiken planken zonder spint. Deze moeten sluitend tegen elkaar worden geplaatst, goed in verband gewerkt met teer en mos (en) tegen de slagstijlen aanliggen. De planken moeten met voldoende spijkers en nagels worden vastgezet, alles zo goed mogelijk en volgens de richtlijnen.

9. Aan beide zijden van de sluis op de drempels twee zijschermen ('oor') te maken van hetzelfde hout als van de damwanden ('palingplanken') en eveneens voorzien van messing en groef. (Dus op beide slagdrempels aan weerszijden een damwandscherm van grenehout tegen achterloopsheid.) Ieder 'oor' wordt even breed als het uitstekende deel van de drempel en in een 3 duim diepe sponning gestoken die in de drempel is aangebracht. Ook in de 'voering' (bekleding of zijbeplanking van de sluis?) wordt ieder zijscherm 1 duim ingelaten. Op elk zijscherm moet een eiken sloof ('riggel') worden geplaatst, met een sponning over de planken en met een pen in de slagstijl vastgemaakt. De 'riggels' hebben een doorsnede van 6 bij 7 duim. De 'ooren' moeten zo hoog worden dat deze 6 duim onder het zomerpeil komen te staan.

10. In de sluis moeten vier deuren worden gemaakt en gehangen. Deze deuren moeten zuiver worden afgehangen en bij de drempels en de stijlen zodanig worden geschaafd, dat deze goed waterdicht sluiten. Onder en boven moeten de deuren  $4\frac{1}{2}$  duim aanslag hebben. De stijlen (voor- en achterhar) en de onder- en bovenregel zijn



7 bij 13 duim in doorsnede. In iedere deur komen twee tussenregels van 4 bij 12 duim, die met pen-en-gatverbinding in elkaar worden gesloten en genageld. Over de deuren moet aan weerszijden diagonaalsgewijs een eiken beplanking ('wagenschot') worden aangebracht met een dikte van 1½ duim en goed vastgespijkerd en genageld. In twee deuren moet een klinket (schuif) worden gemaakt van voldoende grote. De geleidestijlen voor de schuif moeten van voldoende afmetingen zijn. Bovenstaande alles van goed eikehout.

11. In iedere deur moeten zeven krambouten komen met een dikte van ¾ duim en een lengte van 2½ voet, elk met drie krammen. Rond elke achterhar ('draystijl') een ijzeren beugel, dik ½ duim en breed 1½ duim en met een lengte van 3 voet, elke beugel met twee half-duims klinkbouten vastgeklonken. Het ijzerwerk voor de klinketten moet van voldoende grootte en zwaarte zijn. Voor het draaien van de deuren zijn 'metaelen coppen en tollen' (bronzen taatspotten en taatsen voor het onderdraaipunt) nodig. De koppen moeten van voldoende grootte en zwaarte zijn.

12. Aan iedere koppelbalk van de deurgebinten moet voor de aanslag van de deuren een puntstuk (nu koning of koppelstuk genoemd) worden gemaakt, dik 5 bij 10 duim. Tussen de balk en het puntstuk moeten twee 'karbeels' (thans puntstukken genoemd) met een doorsnede van 5 bij 6 duim worden bevestigd door middel van pen-en-gatverbindingen. De beide puntstukken met een hielverbinding aan elkaar en aan de koppelbalk gespijkerd en genageld. De opening tussen de 'karbeels' en de balk dicht te maken met 1½-duims hout. Voor het draaien van de deuren moet op iedere deur een klamp van voldoende grootte worden bevestigd, die door een tandverbinding met bouten of stutten moet worden vastgemaakt. Op elke deur moet een 'stut' (vaste waker) worden bevestigd, zodat de deur bij vloed door het water zelf wordt gesloten. Dit alles van eikehout.

13. In het slaggebint aan de binnenzijde moeten tevens twee ebdeuren worden gemaakt, die met de bovenkant 5 1/4 voet boven de drempel uitsteken. De stijlen (harren) en regels moeten een dikte van 5 bij 10 duim krijgen en aan één zijde een beplanking ('wagenschot') van 2½ duim dikte. De verbindingen van het geraamte worden voorzien van krambouten; voor het draaien van de deuren moeten er kommen, tollen en klampen worden toegepast, van gelijke grootte als die van de andere deuren. Dit alles van goed eikehout.

14. Aan beide uiteinden moet aan weerszijden een vleugel ('schoeijing') worden gemaakt over een lengte van 2 roeden en met de vereiste hoogte. De delen (planken) hiervan hebben een dikte van 1½ duim. Voor iedere vleugel zijn negen lange en zware palen, een sloof ('gording'), ankers en 'stootpalen' (meerpalen?) nodig. Dit naar de eis van het werk en goed en stevig met elkaar verbonden en gespijkerd. De delen moeten worden aangebracht tot een diepte gelijk aan de onderkant van de sluis.

15. Aan de buitenzijde moet (tussen de beide vleugels) een uitbaring ('baar'; houten vloer voor de sluis tegen uitspoeling van de bodem) worden gemaakt, gelijk aan die van de oude sluis.

16. Al het hout moet gecontroleerd zijn voordat het in het werk wordt gebracht en wat slecht of niet goed wordt bevonden, zal worden afgekeurd en moeten worden vervangen. De heren besteders zullen de vrijheid hebben om dit zelf te doen of door iemand anders het werk te laten inspecteren om het zelve op de beste wijze vast te stellen.

17. De aannemer zal de arbeidslonen voor het timmeren en heien voor zijn rekening moeten nemen. Hij zal alles op de beste wijze met pennen en gaten, voorloeven, zwaalwstaarten en tanden moeten maken van goed gaaf hout. Dit alles naar de eis van het werk met als maat de Amsterdamse voet van 11 duim.

18. De betaling zal plaatsvinden in drie termijnen: het eerste deel als de bodem is gelegd, de tweede termijn als de sluis is geïnspecteerd en goed bevonden en de laatste drie maanden daarna, nadat de sluis opnieuw door dijkgraaf en heemraden is gecontroleerd.

19. De aannemer zal twee hiertoe bekwaam zijnde borgen moeten stellen tot volvoering van dit bestek en tot tevredenheid van de dijkgraaf en de heemraden, die zich naast de hoofdaannemer, ieder voor zich voor zowel de hoofdaannemer als voor diens erfgenamen, en zowel voor gereed zijnde als voor ongereed zijnde goederen zullen verbinden, onder dwang van alle gerechtshoven, rechters en rechtbanken met verwerping van alle tegenstrijdige tegenwerpingen.

20. Dijkgraaf en heemraden zullen al het materiaal leveren, zowel het houtwerk, het ijzerwerk en de nagels. Het hout vierkant gezaagd met uitzondering van enkele op het werk zijnde ongezaagde bomen, die door de aannemer zullen worden gemerkt.

21. De aannemer verplicht zich het werk te op leveren op 28 augustus, a.s. maandag over zes weken. Na het verlopen van deze datum verbeurt de aannemer per dag 3 gulden voor de kosten van het drooghouden en in stand houden van de bouwput ('de drooghouding en de aardwerking') en 6 gulden ten voordele van Akemheen.

22. Op de inzet zal 9 gulden ten laste van Arkemheen staan, dat hierna 'onder houten teljonen(?)' zal worden geschreven. De laagste inschrijver zal de inzet hebben. Vervolgens zal dit opnieuw opgehangen en opgeslagen worden. Die dan het eerste mijn roept zal de aannemer worden, met dien verstande dat de dijkgraaf en heemraden zich het recht voorbehouden om na maximaal een half uur overleg het werk al of niet te gunnen. Ingezet door Henrik Zachariassen voor 897 gulden. Gemijnt door Pieter van Lokhorst voor 790 gulden met als borg Casijn van Diermen. . . . bij 'handtastinge' aan de heer dijkgraaf de 10de juli 1724 in de 'Roskam'.



### *Verklaring.*

Deze ruim 13 m lange sluis met een doorstroombreedte van circa 3,6 m werd gefundeerd op aan weerszijden twaalf palen. Over deze beide rijen heipalen kwam in langsrichting een zandstrook, die door een pen-en-gatverbinding met de palen werd verbonden. Op de beide zandstroken werden vervolgens 20 slijkhouten of kespen geplaatst. De kespen waren door een zwaluwstaartverbinding op de zandstroken bevestigd. Acht van deze kespen staken aan beide uiteinden ruim 1 m uit.

Op vier plaatsen kreeg de sluis een damwand. De damwanden liepen aan weerszijden van de sluis bijna 1 m buiten het sluislichaam door en staken daar circa 1 m boven de fundering uit. De damwandplanken waren met messing en groef in elkaar geschoven. De plaats van deze damwanden wordt niet vermeld, maar het ligt voor de hand dat deze bij de afsluitmiddelen en aan de uiteinden van de sluis kwamen. Bij deze vier damwanden zullen ook de hiervoor genoemde acht lange kespen hebben gelegen, waarbij de damwanden steeds tussen twee kespen werden ingeklemd.

Over de kespen werd aan weerszijden boven de zandstrook een kloosterhout aangebracht, met daartussen de houten vloer. Op deze vloer moesten 14 zwalpen worden geplaatst, waarbij elke zwalp boven een kesp kwam te liggen en hieraan met 20-duims nagels werd bevestigd. Bij de drempels zijn geen zwalpen nodig, terwijl bij de beide andere damwanden kan worden volstaan met één zwalp, zodat boven 14 van de 20 kespen een zwalp nodig was.

Op twee plaatsen kreeg de sluis een afsluitmiddel. Er moesten dus twee slagdrempels worden gemaakt. De buitenste slagdrempel bestond uit een slagbalk, twee puntstukken en een koning of kopstuk. De binnenste slagdrempel moest naar twee zijden keren. Daardoor bezat deze slagdrempel aan weerszijden een kopstuk en twee puntstukken. Op de beide slagdrempels werd een slaggebint opgericht, waarvan de vrije hoogte ongeveer 4

m bedroeg. De gebinten bestonden uit twee stijlen en een gebintbalk en werden versterkt met een tweetal korbelen. Op elk van de 14 zwalpen moest vervolgens een 'geldgebint' (gewoon gebint) worden geplaatst. De gebintbalken werden enigszins afgerond ten behoeve van het afwateren. In tegenstelling tot de vorige sluis wordt geen melding gemaakt van een kromming in de lengterichting van de sluis. Ook deze sluis is uitgevoerd als duiker en kreeg zowel aan de bovenkant als aan de beide zijkanten een beplanking.

De sluis werd voorzien van twee stel vloeddeuren en een stel ebdeuren. De vloeddeuren bestonden uit vier regels die met pen en gat en met krambouten werden verbonden met de voor- en de achterhar. Bij de verbindingen tussen de bovenregel en de achterhar werd in plaats van een krambout een beugel toegepast. De beplanking van de deuren werd diagonaalsgewijs aangebracht. De constructie van de ebdeuren kwam vrijwel overeen met die van de vloeddeuren.

Van elk stel vloeddeuren kreeg één deur een klinket of schuif. Dit is opmerkelijk omdat deze sluis waarschijnlijk niet als schutsluis diende. Ook kan men zich afvragen hoe deze schuiven werden bediend in de duiker. Mogelijk werden de schuiven gebruikt voor het inlaten van water in droge perioden. De ebdeuren waren nog geen 2 m hoog, terwijl de vloeddeuren de gehele duikerhoogte bestreken. Deze sloegen ook aan de bovenkant tegen een puntstuk.

Aan de beide uiteinden van de sluis werden vleugels aangebracht, waarvan de stijlen in de grond werden geheid. Bovendien werden deze ook met ankers verankerd. Tussen de vleugels van de uitstroomopening naar het buitenwater werd een uitbaring of houten vloer gemaakt, die gelijk was aan die van de oude sluis.

De sluis moest binnen 6 weken gereed zijn, terwijl één week na de aanbesteding met de bouw moest worden begonnen.



## BIJLAGE 3

Door H. Janse.

### Bestekken

In vele archieven in Nederland en Vlaanderen bevinden zich bestekken van sluizen. Het oudste bekende bestek is dat van een sluis te Heist van omstreeks 1425. Hierna volgt van dit bestek en van enkele andere voorbeelden een samenvatting. Voor een nadere verklaring van de termen kan men de achterin opgenomen index raadplegen.

### Heist (B.), ca. 1425, bestek van de nieuwe Verse Sluis<sup>588</sup>.

#### *Belangrijkste passages*

Eerst te leggen 2 zandplaten aan elke zijde van de sluis, zo lang als de vierkante sluis, tenminste 10 duim breed 9 duim dik. Daaronder 3 'pilen' (aangepunte paaltjes) per roede (ca. 3,75 m), elke 'pyl' 6 voet lang of zo lang als de grond behoort. Op de zandplaten grondbalken 2½ voet of minder uit elkaar, 10 duim breed 9 duim dik.

De grondbalken 3 voet buiten de sluis aan elke zijde, de grondbalken van de deurgebinten 5 voet buiten de sluis. De grondbalken onder de deurgebinten 11 duim vierkant. De deurgebinten 'wel gepaelplanct met goeden paelplancken' 2½ duim dik 5 voet lang.

Op de grondbalken 2 'croostelhouten' (kloosterhouten, verg. inkrozen) aan elke zijde van de sluis en langs de vierkante sluis, 10 duim breed 9 duim dik. Tussen de kloosterhouten wordt een vloer opgesloten op alle grondbalken met planken 1½ dik. De bijbehorende 'zillen (sillen)' 10 × 5 duim, liggen 10 duim uit elkaar, met voorloeven in de kloosterhouten bevestigd, iedere vierde 'ghewuwestert' (met wouw- of zwaluwstaart).

Op de 'zillen' legt men een goed gesloten vloer van planken 2 duim dik. De ruimte tussen de beide vloeren moet gevuld en aangestampt zijn met klei of kleizoden, zodat er water noch 'wase' (slijk) door kan komen.

6 hoofdgebinten, waarvan 4 deurgebinten met sloven, sillen, kant- en middenstijlen 14 duim vierkant.

In elk deurgebint zal worden gemaakt een deur, die beneden draait in koperen pannen met gestaalde pinnen en met ijzeren 'meinselen' (beslagringen?), boven in 'caestelhouten', die gesloten zijn met 'sceeden', zodat men de deuren uitnemen en inzetten kan als er iets niet in orde is. Het hoofdgebint aan de zeezijde en dat aan de landzijde zullen zijn 12 duim vierkant. Daarin hangen de 2 schuifdeuren met een windas, waarboven een huisje gedekt met planken. Van alle gebinten buiten de hoofdgebinten zul-

len kant- en middenstijlen 10 duim breed en 9 duim dik zijn, de sloven 10 duim vierkant.

De sluis zal aan de buitenkant gesloten zijn met planken van 2 duim dik, bovenop 2½ dik, buiten en op de sluis en aan de kaaïen gedreven met mos en getingelt met eiken tengels 1 × 3 duim. Aan de binnenzijde van de sluis gesloten met planken 1½ duim dik tot de sloof. Tussen de beide wanden is de ruimte aangestampt met klei.

36 gordingen 12 duim vierkant, die boven op de sluis buitengaats 2 voeten langer. De stijlen, die in de gordingen staan met halve woustaarten (zwaluwstaarten), aangedreven met scheden.

Aan elke zijde van de sluis 6 slieten tot 5 voet buiten de sluis, gebonden met schoorbanden en kruisen, gesloten met planken van 2½ duim dik, 'ghegroeft ende gemest deene in dandre gaende, datter noch water noch wase duer driven en soude noch en mochte'.

Bij de 6 hoofdgebinten en op twee andere plaatsen moeten dwars onder de sluis paalplanken aangebracht zijn. Er moet op de sluis een ademgat gemaakt worden (?).

Aan de zeezijde moet een staartvloer van 36 voet gemaakt worden, waaronder 3 zandplaten 8 duim vierkant, lang als de staartvloer. Onder de zandplaten 3 palen per roede 5 voeten lang of zo lang als de grond nodig heeft. Op de zandplaten grondbalken 8 duim vierkant, 3 voet uit elkaar liggend. Daarop 3 kloosterhouten, aan elke zijde van de staartvloer en in het midden, 9 duim breed 8 duim dik. Tussen de kloosterhouten een vloer van planken 2 duim dik. Aan de zeezijde moet de staartvloer gepaalplankt worden en er moet aan beide zijden een kade gemaakt worden. De stijlen van de kaden moeten 8 × 7 duim en zullen 1½ voet uit elkaar staan. De sloven van de kaden 8 duim vierkant, de zijden van de kaden gesloten met planken 1½ duim.

Het einde van de staartvloer is aan de zeezijde 20 voet breed. Er moeten 3 of meer gebinten gemaakt worden. Elk gebint met 4 korbelen en een middenstijl, alles 10 duim vierkant.

Aan de landzijde komt ook een staartvloer 20 voet lang met twee gebinten. Paalplanken gegroefd en gemest, opdat er geen water door zal komen.

2 kaden aan het einde van de staartvloer 16 voet lang. De palen van de kade in te slaan met een grote schuifheij (scoffeye), 2 voet uit elkaar. Elke kaaï drie tangen met kruisen, elk kruis 2 palen.

In het midden van de sluis op de zillen een kloosterhout, waarin de middenstijlen van de sluis gepend zijn.



*Samenvatting van de belangrijkste artikelen*

1. Elsendam.

Te maken een nieuwe dam van elsenhout 20 voet  $1\frac{1}{2}$  voet wijd 'daer die paelen off lanck wesen 6, 7 ofte 8 voet tot gelijk die gordinge ingehijt gegort met eiken gordingen'  $5 \times 7$  duim 'sonder lassen, gesloeten mit bouts van acht pont wegende, mit schijff ende slot, drie op te roede, de tafelen twee voet in de gront mit plancken nyet breed genomen en es alsdan die plancken te rabatten een duym over malcanderen ende daer opgespijckert mit drie middelnagelen opte voet, welke nagelen' 1 duim door de planken, om geniet, daar op 'getingelt mit schaelge dack ende sal tot gelijk die slickhouten geslegen worden'.

3. Slikhouten, 4 per roede,  $5 \times 7$  duim, onder schotdeurgebint  $7 \times 12$  duim, 3 voeten in de kade, onder schotdeurgebint 4 voet.

4/5. Palingplanken (in het bestek van ca. 1425 uit Brugge staat: paalplanken). Onder slikhout onder schotdeurgebint een palingplank zo lang als slikhout, 2 duim, 3 voet diep, dichtgemaakt met mos en teer en getingelt met bast en spijkere, zodat ze wind en water tegenhouden zal.

Twee uiterste slikhouten van elk eind van het spui zullen mede gepalingplankt worden, 4 voet diep als voren.

6. Kloosterhouten. Op slikhout een kloosterhout zonder lassen 7 duim dik, 11 duim breed.

7. Onderste bodem. Op slikhouten tussen kloosterhouten een bodem van planken, 8 uit een voet (dus ca.  $1\frac{3}{8}$  duim dik), vast aaneen gestreken en gedreven, elke plank gespijkerd op elk slikhout 3 dubbele middelnagels. Alle vergaringen (naden) gemost en geteerd.

8. Houten nagelen. In elke vergaring op het slikhout onder het schotdeurgebint genageld met 2 houten nagels, 1 duim 'groff'.

9. 'Swalpen ofte dreppels.' In de kloosterhouten zullen worden gelegd 14 swalpen of drempels  $5\frac{1}{2}$  duim dik  $\times$  9 duim met vierkante 'plemen' (elders 'ploemen') lang 6 duim dik 3 duim. Deze swalpen met drempels voor het schotdeurgebint en de 2 'vlogelsgebinten' (vleugelgebinten) zullen even wijd van pen gelegd worden.

10. Gebinten. Op kloosterhouten 14 vierkante gebinten, stijlen 10 duim dik, 11 duim breed, onder met pennen in de kloosterhouten 2 duim dik 3 duim lang, 't eind aan de woustaart van de swalpen, zulks dat de stijlen met borst voorkomen zullen over de woustaarten van de swalpen en dat ze achter gelijk tegen de kant van de kloosterhouten uitkomen zullen om de planken gelijk daar aan te spijkere. Tegen het doorwateren moet men ze mossen en 'drijnen'. De 'ploeme' hierop gewrocht is  $11 \times$  duim aan elk eind,  $\frac{1}{2}$  duim over de stijlen om niet over de borst de druipen. Pen van de stijlen 6 duim lang 2 duim dik, gaten 'gemuseert' 2 duim 'voor dat locken van den watere'. Elk eind van de vierkante gebinten zullen gesloten zijn met 3 houten nagels, 1 duim grof als dat behoort.

11. 2 vleugelgebinten, op elk eind van het spui één. 4 stijlen 10 duim dik  $11\frac{1}{2}$  duim breed. 2 kalveren  $10/11$  duim met pennen gesloten in de stijlen 6 duim lang 2 duim dik, elk eind 2 houten nagels 1 duim.

12. Sloven. Op gebinten en vleugelgebinten  $11\frac{1}{2} \times 12\frac{1}{2}$  duim.

13. Drempels van de vleugelgebinten in de kloosterhouten  $5\frac{1}{2} \times 9$  duim, 20 voet lang (d.w.z. aan iedere zijde 4 voet in de dijk) 'omme dat die speye te stijver leggen soude'.

14. Schotdeurgebint. Drempel  $11/16$  duim. 10 gebinten buiten incl. 1 vleugelgebint, 6 binnen, het andere vleugelgebint niet inbegrepen.

15. Stijlen. Op drempel schotdeurstijlen  $13/16$  duim, schotdeurgebint hoog van onderkant tot bovenkant 20 duim.

16. Palingplank. Aan weerszijden van de schotdeurstijlen een palingplank van het bovenste van het spui tot op het slikhout, 3 duim dik 2 voet breed, dicht gemost, geteerd, gesingeld met bast, zodat ze wind en water tegenhouden zal.

17. Regel. Aan schotdeurstijl nagelen even lang als palingplank  $4 \times 6$  duim met 2 p. dubbele middelnagels, waaraan palingplank.

18. Onderste balk. In schotdeurgebint balk van dezelfde hoogte als de andere sloven  $7 \times 13$  duim, met pen en gat in de schotdeurstijl staande op een tand  $\frac{1}{2}$  duim diep, elk eind gesloten met 3 houten nagels 1 duim enz.

19. Upperste balk. In schotdeurgebint balk  $12 \times 15$  duim, 2 karbeels  $8 \times 15$  duim 4 voeten lang gebonden in de stijlen en balk pen-en-gat op een tand  $\frac{1}{2}$  duim diep, 4 houten nagels in balk en stijlen.

20. IJzeren bouten. Door elke schotdeurstijl een ijzeren bout  $1\frac{1}{2}$  duim grof, wel gehooft, 4 voet lang, met 3 krammen en 6 ankernagels gespijkerd op de bovenbalk.

21. Kop, karbeels. Op de ene schotdeurstijl een kop  $13 \times 18$  duim 5 voet lang. 2 karbeels  $10 \times 12$  duim in kop en stijl gebonden 3 voet lang pen-en-gat op tand  $\frac{1}{2}$  duim diep 3 nagels enz.

22. As. Op kop 'asch ofte windaes'  $13\frac{1}{2}$  voet lang 14 duim vierkant, het ene eind met een 'hals gewrocht' op de kop, andere eind met een speen (spie?) op de andere schotdeurstijl, aan weerszijden van de kruisarmen onder de as een strop van een platte staaf met vier spieën.

23. Wiel, kruisarmen, spruiten. Aan windas een wiel 23 voet hoog 16 kanten in het rond, 3 kruisarmen  $5 \times 6$  duim, spruiten  $5 \times 5-6$  duim breed op het uiterste punt 1 duim kleiner dan het binnenste.

24. Blokkeel, planken. In de spruit een blokkeel 14 duim lang, 3 spruiten gesloten met 2 houten nagels. Op blokkeel planken gemaakt 9 uit een voet. Daarop gespijkerd 3 dubbele middelnagels op elk blokkeel. Op de planken driekante trapjes 2 duim dik 3 duim breed  $1\frac{1}{2}$  voet van elkaar gespijkerd met 2 dubbele middelnagels.

25. 'Stuenveeren' (steunveren). Wiel met 4 steunveren 6 voet lang door de kruisarmen met bouten gesloten, ander eind op de windas met veren gespijkerd.

26. Ketting. Aan schotdeurstijl een 'stijnen kettinge' met een kram vastmaken, aan andere kant een haak om de schotdeur aan het wiel 'daer mede op te houden'.

27. 'Leen' (leuning). Bezijden het wiel een leuning met 4 palen 10 voet dubbele berkoenen, de leuning van middelhouten uit het lange bos 2 leuningen hoog, in de palen gewrocht met ijzeren banden op elke paal vastgemaakt 2 voet lang, daar op gespijkerd met 10 bandnagels.

29. Schotdeur, harren, klampen. In schotdeurgebint schotdeur waarvan de harren  $8 \times 11$  duim. In de harren



5 klampen  $4\frac{1}{2} \times 9$  duim, 6 duim lang gepend in de harren, elke klamp gesloten met 3 houten nagels 1 duim enz. 30. 'Vuyrden' planken. Op klampen vuren planken van 'goede grenen ofte pruysen vuyren hout'  $2\frac{1}{2}$  duim genageld op de klampen met 'zengen', die 1 duim doorgaan en omgeniet worden. 2 per klamp, 10 zengen per plank. (N.B. In deze context moet vuren ook gelezen worden als grenen<sup>590</sup>).

31. IJzeren bouten. Elke plank 1 bout per klamp, gesloten met ringen en spieën aan de andere kant van de klamp, de spie goed gespijkerd zoals dat behoort.

32. Beugels en schijnen. Aan schotdeur 2 beugels, 2 haken aan de as om de koorden aan vast te maken. Aan schotdeur 2 hoofden met 4 schijnen en aan de bovenste balk 2 schijnen met bouten en spieën.

33. Sponningen. Schotdeur  $4\frac{1}{2}$  duim diep in de sponningen 'omme nyet te bersten'.

34. Korfhouten. Aan elke zijde van het spui in de sloven te werken een korfhout van de ene tot de andere kant  $9 \times 13$  duim, buiten sponning 2 duim diep onder tot  $1\frac{1}{2}$  duim bij de deur, korfhouten  $5\frac{1}{2}$  duim diep en op elke sloof gespijkerd met 2 zengen van 10 duim lang.

35. Loopschoren. Aan elke stijl van het schotdeurgebint 2 loopschoren 10 voet lang,  $8 \times 10$  duim voor en achter met pen-en-gat in de stijlen en in de korfhouten, staande op een tand, gesloten met pennen 5 duim lang 2 duim dik. 2 houten nagels.

36. Bovenste bodem. Binnenzijde planken. Dubbele bodem planken van bodem tot sloven breed 8 uit een voet, in drempel en stijl gespijkerd.

#### Communicatie of Sassluis, Stolwijkersluis/Krimpenerwaard, 1800.

##### Samenvatting

Aarde dam of Vingerling ('t Buiten Vingerling).

Binnendam.

Sluisput droogmaken met Ketting- of tonmolens, hoosbakken of pompen.

Bovenkant slagbalken.

Buitenfronten tot aan de kassen der middeldeuren.

*Heywerk goede gaave greenen, vuuren of dennen spieren* lang 33 voeten zwaar 3 voeten van 't stameind 9 à 10 duim, en aan den top 4 à 5 duim.

*Dam- of Baardplanken* (heien) tussen grenen kespen.

*Kespen of Slikhouten* over palen. Pennen aan palen, dennen  $12 \times 14$  duim onder der fronten, onder de slagbalken.

Over kespen dennen *Strek- of Roosterhouten*  $11 \times 12$  duim. Tussen kespen en strekhouten mos en teer.

Tussen strekhouten dennen vloer 5 duim, 4 vakken.

Met schuine tand in damplanken onder slagbalken, 1 duim *in te kroozen* in andere damplanken. Met mos en teer aanleggen. 2 grenen duims treknagels + 2 spijkers 10 duim enz.

3 eiken *slagbalken* over verheven staande 3 rijen damplanken en roosterhouten gekeept. 1 duim in ondervloer gekeept met mos en teer.  $24 \times 27$  duim.

Gaten en tanden aanwerken van Koning en Puntstukken, spongen (sponningen) voor de eiken Bovenvloer,

water en kalkspongen.

*Zwalpen* over roosterhouten boven de kespen, 24 eiken zwalpen  $10 \times 11/18$  duim en 2 st.  $14 \times 9$  duim, op hun kant.

Ruimten tussen zwalpen vol metselen met 4 platte lagen + 1 steens rollaag, harde vlakke IJssel plavei (straatklinkers) in sterke tras. Daarover eiken vloer 3 duim, naden dichtbreeuwen.

Kopstuk.

Puntstukken in slagbalken, schieten onder hardstenen slagstukken. Tegen puntstukken en slagbalken te leggen 6 eiken keuzen,  $7\frac{1}{2} \times 24$  duim, lang 7 voet; daar in te werken metalen potten.

2 paar buiten Vloeddeuren.

2 achterharren, 2 voorharren, onder- en bovendorpels, 12 middenregels, schrankschoren. Hoog  $25\frac{1}{2}$  voet. Boven op de achterhar een metalen ring om bovennok, onder aan een hoed, die in een pan draait. Het rinket (rinquet of schuif) met getande heugel.

Schutdeuren (middelste)  $2 \times 5$  middenregels, hoog 23 voet.

Binnen Schutdeuren hoog 17 voet,  $2 \times 4$  regels.

In elk paar deuren een slakgat breed 16 duim. 3 slakstijlen tussen onderdorpel en eerste onderregel.

#### Gorinchem, bestek en tekeningen Oude Merwedeluis, 1823-'24.

Keersluis (geen schutsluis!) in de mond van de haven met een paar hoge buiten- of vloeddeuren, die buitenwaarts gekeerd waren en vlak ernaast een paar lage ebdeuren, die binnenwaarts gericht waren.

##### Samenvatting

Slagbalk onder in sluis.

Buiten- en binnen-frontmuren.

Dennen bodem.

Dekstukken.

Een rijzen stortebed, dik 0,706 m, sluitende tegen de houten sluisvloeren. Daartoe op de bodem '*een egale digte spreiding van bladriet, dik 0,157*' (m). Daarover rijslaag 0,235. Dit alles te bezetten met doorgaande zware tuinen om tien voets palen sterk gevlochten hoog 0,209, wijd uit elkaar 0,628. Tussen de tuinen de rijslaag te bedekken met goede Brikstukken dik 0,105. Vast en sterk overdekken en te bezetten met platte Doornikse ballaststeen dik 0,209.

Heipalen, kespen, 4 rijen grenen damplanken tussen de kespen: 1° onder frontmuren; 2° onder slagbalk der vloed- en ebdeuren; 3° onder sponningen voor de schotbalken; 4° onder binnenfront.

Zandstroken met kepen en voorloeven over de kespen van vierkant dennen, onder sluisgebouw en kaai- of vleugel-muren.

Dennen vloer, platen dik 0,105, breed gemiddeld 0,366.

Slagbalk, koperen puntstukken enz.

Zwalpen dwars over dennen vloer, kalven onder keuzen der sluisdeuren. Alles met mos en teer aanleggen.

Sluisvloer eiken platen 5,2 cm dik, op zwalpen gespijkerd en met houten treknagels bevestigd.

Komplaten = keuzen, eiken.



Deuren: achterharren, voorharren, onder- en bovenregels, middenregels, schrankschoren, stijlen voor slakgaten, schuifstijlen, onderdorpels, beplanking, schuiven.  
Windwerken voor slakken of schuiven.  
Onderkeuspotten van gegoten metaal voor de harmutsen.  
Bovennok of harring.  
Kluchten of klossen  
Schotbalken.

Natuursteen: slagstijlen voor deuren van hardsteen (blauwsteen).

Waterkozijnen der 4 grote schuiven.

Dorpels, hoekstenen, dekstenen.

In 1852 werden de ebdeuren verwijderd en een tweede stel vloeddeuren aangebracht. In 1906-07 werden weer ebdeuren geplaatst.



1. Dibbits (1950) p. 3, 7, 52 e.v.
2. Dibbits (1950) p. 38.
3. Dibbits (1950) p. 52-53; A. en H. Algra, *Dispereert niet; twintig eeuwen historie van de Nederlanden*, Franeker 1972 6, p. 24-31 'De gepelde terp'.
4. P. Holland en P. Turner, *The history of the world; Commonly called the Natural History of G. Plinius secundus or Pliny*, New York 1964, boek 16, p. 153-154.
5. Dibbits (1950) p. 52.
6. Dibbits (1950) p. 54; Beernink (1937) p. 1-14.
7. Beernink (1937) p. 11-14.
8. Van Trierum in *Westerheem* 35 (1986) p. 52; Van Trierum, Döbken en Guiran (1988) p. 39, 45-46.
9. De Roo en Brouwer in *Westerheem* 21 (1972) p. 209-216; Van Trierum, Döbken en Guiran (1988) p. 45-46, 49-50, 53; A.B. Döbken, 'Spijkenisse: Hartel West' in *Holland* 21 (1989) p. 329.
10. M.C. van Trierum in Van Trierum en Henkes (1986) p. 66.
11. De Roo en Brouwer in *Westerheem* 21 (1972) p. 209-216.
12. D.P. Hallewas in *Holland* 19 (1987), p. 321; Bult en Hallewas (1990) p. 16-17.
13. P. van Rijn (in voorbereiding) in D.P. Hallewas en R.M. van Dierendonck, *Vondsten van Valkenburg-Marktveld, campagne 1985-1988* (voorlopige titel).
14. A. Verhulst en D.P. Blok in *Algemene Geschiedenis der Nederlanden* deel I, Haarlem 1981, p. 128.
15. H. van der Linden, 'De Voorgeschiedenis en opkomst van de Rijnlandse poldermolens' in Van den Hoek en Thomassen (1983) p. 9-14.
16. Rienks en Walther (1954) p. 130, 209, 466; Coornaert in *Rond de poldertorens* 28 (1986) p. 60; A. Verhulst en D.P. Blok in *Algemene Geschiedenis der Nederlanden* deel I, Haarlem 1981, p. 135.
17. Mondelinge mededelingen van prof.dr. H. van der Linden en drs. G.P. van der Ven (1992).
18. H. van der Linden, 'De Voorgeschiedenis en opkomst van de Rijnlandse poldermolens' in Thomassen (1983) p. 9-14.
19. G. van Reyn (1832) p. 16.
20. Van der Linden (1982) in AGN III p. 60 en noot 5 op p. 450.
21. L.P.C. van den Bergh, *Oorkondenboek van Holland en Zeeland; Uitgegeven van wege de Koninklijke Akademie van Wetenschappen* deel I, Amsterdam 1866, p. 132; S. Muller en A.C. Bouman, *Oorkondenboek van het Sticht Utrecht; Tot 1301* deel I, Utrecht 1920, p. 371-372 nr. 411.
22. Doorman (1953) p. 85 noot 1 (naar: Wauters XI, I, 113).
23. Halbertsma II (1963) p. 166.
24. Van der Heide in *Honderd eeuwen Nederland* (1959) p. 287-288.
25. Vierlingh (1920) p. 207.
26. Coornaert (1976) p. 297-298.
27. Vierlingh (1920) p. 238.
28. Coornaert (1976) p. 298.
29. Coornaert (1976) p. 305, 316.
30. Biekerf 65 (1964) p. 60 (schriftelijke mededeling dr.ing. H. Janse).
31. Zie o.a. Colijn (1947) p. 36-37.
32. Habermehl (1988) p. 5.
33. Conrad (1849) p. 14 (noot); Van der Linden (1977) in *Samenwinninge* p. 135.
34. Van der Linden in *Met eerbiedigende werking* (1971) p. 119-131.
35. Coert (1984) p. 11-13.
36. L.P.C. van den Bergh, *Oorkondenboek van Holland en Zeeland; Uitgegeven van wege de Koninklijke Akademie van Wetenschappen* deel I, Amsterdam 1866, p. 92-93 nr. 145.
37. Van der Linden in *Met eerbiedigende werking* (1971) p. 122 noot 10 (naar: Heeringa (1940) OSU deel II, nr. 557).
38. Van der Linden in *Met eerbiedigende werking* (1971) p. 122-123; Van der Linden in *Holland* 22 (1990) p. 135.
39. Van der Linden in *Holland* 22 (1990) p. 134-135.
40. Van der Linden in *Holland* 22 (1990) p. 136; L.P.C. van den Bergh, *Oorkondenboek van Holland en Zeeland; Uitgegeven van wege de Koninklijke Akademie van Wetenschappen* deel I, Amsterdam 1866, p. 170-171 nr. 294.
41. Beekman in *Waterbouwkunde I* (1908) Afd. VI p. 127; Van der Linden in *Holland* 22 (1990) p. 136-137.
42. Cerutti in *Tussen Vecht en Eem* 6 (1976) p. 68-81 (schriftelijke mededeling dr.ing. H. Janse).
43. Beekman (1948) p. 223.
44. W.S. Unger (samensteller), *Bronnen tot de geschiedenis van Middelburg in den landsheerlijken tijd* deel 2, 's-Gravenhage, 1926, p. 307.
45. Franx in *Rotterdams jaarboekje 1945* p. 79, 85-86; Franx in *Weg en Waterbouw* 8 (1948) p. 22-24.
46. H.R. Reinders in Bierma e.a. (1988) p. 260-269.
47. Van der Linden in AGN III (1982) p. 60; Dibbits (1950) p. 139.
48. Conrad (1849) p. 1-3, 13-14; Doorman (1953) p. 82-83.
49. Doorman (1953) p. 82.
50. Coornaert in *Rond de Poldertorens* 32 (1990) p. 97; Doorman (1953) p. 82, 85.
51. J. Verdam en C.H. Ebbingh Wubben, *Middelnederlandsch Handwoordenboek*, 's-Gravenhage 1956, p. 27; Conrad (1849) p. 7; Coornaert in *Rond de Poldertorens* 32 (1990) p. 95.
52. Coornaert in *Rond de Poldertorens* 29 (1987) p. 49-51.
53. Doorman (1953) p. 82-83.
54. Strootman in *Verhandelingen KIVI* (1864) p. 14.
55. L.P.C. van den Bergh, *Oorkondenboek van Holland en Zeeland; Uitgegeven van wege de Koninklijke Akademie van Wetenschappen* deel I, Amsterdam 1866, p. 306 no. 583; Van der Linden (1977) in *Samenwinninge* p. 138.
56. Conrad (1849) p. 3-8.
57. L.P.C. van den Bergh, *Oorkondenboek van Holland en Zeeland* deel I, Amsterdam 1866, p. 330 nr. 621.
58. L.P.C. van den Bergh, *Oorkondenboek van Holland en Zee-*



- land deel II, Amsterdam 1873, p. 256-257 nr. 583; Van der Linden (1990) in *Holland* 22 p. 144.
59. Conrad (1849) p. 11.
  60. Van der Linden in *Holland* 22 (1990) p. 144.
  61. Conrad (1849) p. 11; Doorman (1953) p. 83.
  62. Doorman (1953) p. 83.
  63. Habermehl (1988) p. 2, 5-6.
  64. Coornaert (1976) p. 298-299.
  65. Doorman (1953) p. 84.
  66. Conrad (1849) p. 14.
  67. Habermehl (1990) p. 19.
  68. Doorman (1953) p. 83.
  69. Biekorf 65 (1964) p. 60 (schriftelijke mededeling dr.ing. H. Janse).
  70. Coornaert (1976) p. 319, 322.
  71. Coornaert (1976) p. 330.
  72. Coornaert (1976) p. 324.
  73. Van Dam (1989) p. 31.
  74. De Hullu in Vierlingh (1920) p. VII.
  75. Vierlingh (1920) p. 180-183.
  76. Vierlingh (1920) p. 175-180.
  77. Vierlingh (1920) p. 250-251.
  78. Vierlingh (1920) p. 184-194, 201.
  79. Franx in *Weg en Waterbouw* 8 (1948) p. 17, 21-22.
  80. Franx in *Weg en Waterbouw* 8 (1948) p. 17-21.
  81. Vierlingh (1920) p. 199.
  82. Vierlingh (1920) p. 198-199.
  83. G.G. Calkoen, *Wateren binnen het Sticht van Utrecht en daarmede in verband en gemeenschap zijnde*, handschrift uit 1898/99 (naar schriftelijke mededelingen van en kopieën toegezonden door ir. J.A. Storm van Leeuwen uit Utrecht).
  84. Storm van Leeuwen (1985) p. 39; De tekenaar F. Hogenberg geeft op de gravure de slag tussen de geuzen en de Spanjaarden weer, die in werkelijkheid in 1585 bij Amerongen plaatsvond.
  85. Vierling (1920) p. 210.
  86. Conrad (1849) p. 29-30.
  87. Vierlingh (1920) p. 207.
  88. Vierlingh (1920) p. 240, 246; Conrad (1849) noot op p. 13-14.
  89. Vierlingh (1920) p. 221-230.
  90. Vierlingh (1920) p. 240-248.
  91. Vierlingh (1920) p. 256-267; Stevin (1633) p. 6 e.v.
  92. W.S. Unger, *Bronnen tot de Geschiedenis van Middelburg in den landsheerlijken tijd* deel 2, 's-Gravenhage 1926, p. 148.
  93. Stevin (1633) P. 6.
  94. Blanken (1808-1) p. 33-34.
  95. Stevin (1633) p. 12-13.
  96. Braun en Hogenberg, *De Hollandse Steden; naar de oorspronkelijke uitgave van 1574* (facs.), Groningen z.j.
  97. Joan Blaeu, *Toonneel der Steden van de Vereenighde Nederlanden, met hare beschrijvingen* (facs.), z.p. z.j.
  98. Coert (1991) p. 85-90.
  99. Coert in *Tijdschrift voor waterstaatsgeschiedenis* 2 (1993) p. 64-68.
  100. Rijksarchief in Drenthe te Assen, Archief Hollandse Participanten, inv. nr. 12 *Journal B*, p. 54-60, 69-73.
  101. Coert (1991) p. 122.
  102. M.L. Guicciardini (Cuicciardini), *Beschrijvinghe van alle de Nederlanden, anderssins ghenoeemt Neder-Duytslandt*, Amsterdam 1612 (facs. Haarlem 1979) p. 218-219.
  103. Van Leeuwen (1988) p. 81-82; W. Downer in F.H.C.M. Daams en J.D. de Kort (red.), *Over door en om de Leytsche Dam, Geschiedenis van een gouden gemeente*, Leidschendam 1988, 'Leidschendam 1610-1795' p. 95-96.
  104. Van Leeuwen (1988) p. 84.
  105. Van Leeuwen (1988) p. 92-94.
  106. J.B. van Creveld in Van der Kley (1967) p. 181.
  107. Van den Hoek Ostende in *Amstelodamum* 1986 p. 24-27.
  108. J.B. van Creveld in Van der Kley (1967) p. 182; G. van Reyn (1832) p. 12-14.
  109. Kingma in *Industriële archeologie* 11 (1991) p. 51-52.
  110. Van den Hoek Ostende in *Amstelodamum* 78 (1986) p. 27-32.
  111. Kingma in *Industriële archeologie* 11 (1991) p. 53-57; Bruines in *Met Stoom* (1991) nr. 8 p. 22.
  112. Vierlingh (1920) p. 238-239, 260-261.
  113. Stevin (1633) p. 9.
  114. Stevin (1633) p. 6-8.
  115. Stevin (1633) p. 9.
  116. Stevin (1633) p. 13.
  117. Doorman (1953) p. 81.
  118. Stevin (1633) p. 15.
  119. Stevin (1633) p. 14-15.
  120. A. en H. Algra *Dispereert niet; Twintig eeuwen historie van de Nederlanden* deel I, Franeker 1972 p. 349.
  121. Conrad (1849) p. 31; Habermehl (1990) p. 5.
  122. C. Will in Brand (1986) p. 15-16.
  123. C. Will in Brand (1986) p. 17-25.
  124. Redelijkheid (1774) p. IX.
  125. C. Will in Brand (1986) p. 23.
  126. W.S. Unger (samensteller), *Bronnen tot de geschiedenis van Middelburg in den landsheerlijken tijd* deel 2, 's-Gravenhage, 1926, p. 225.
  127. Kruizinga in *Ons Amsterdam* 25 (1973) p. 164-166.
  128. Van der Horst (1736) p. 1-7; plaat I-XIV.
  129. Beekman (1948) p. 223.
  130. Groen van Prinsterer, *Handboek der geschiedenis van het vaderland* deel 1, Veenendaal 1978 (eerste druk 1846), p. 338.
  131. Wiebeking (1812) p. 726.
  132. Van der Horst (1736) p. 9-10, plaat XVII- XVIII.
  133. Van der Horst (1736) p. 11, plaat XX- XXI.
  134. Polley (1737) p. 2, 4, plaat II, VII.
  135. Polley (1737) p. 10, plaat XXI.
  136. Polley (1737) p. 5, 8-9, plaat XI, XIX.
  137. Storm Buysing (1845) p. 300.
  138. Tromp in *Notulen KlvI* (1851) stuk 7 p. 1-2.
  139. Vreugdenhil (1988) p. 8-9.
  140. Schilstra (1969) p. 136-138.
  141. Strootman in *Verhandelingen KlvI* (1864) p. 56.
  142. Vreugdenhil (1988) p. 8-9.
  143. Storm Buysing (1845) p. 21.
  144. Storm Buysing (1845) p. 22-23.
  145. Storm Buysing (1845) p. 23-24.
  146. Plasscheart (1887) p. 2.
  147. Storm Buysing (1845) p. 42-45.
  148. Brade (1844) p. 172-173.
  149. Redelijkheid (1774).
  150. Redelijkheid (1774) p. IX.
  151. Goudriaan (1809) p. 245.
  152. Goudriaan (1809) p. 254.
  153. Goudriaan (1809) p. 248-250, 255-256, plaat fig. 5.
  154. Goudriaan (1809) p. 277-278.
  155. Harte (1852) p. 23.
  156. Goudriaan (1809) p. 240.
  157. Goudriaan (1809) p. 230-231.
  158. Goudriaan (1809) p. 243-244.
  159. Goudriaan (1809) p. 232-233.
  160. Harte (1852) p. 23-24.
  161. Brade (1844) p. 114-130; A. Loosjes, *Katwijk's zomertochtje; met platen en eene kaart*, Haarlem 1805, p. 108.
  162. Beekman (1948) p. 168.
  163. Brade (1844) p. 213-217.
  164. Blanken (1808-1) p. 33-36.



165. Brade (1844) p. 165.  
 166. Blanken (1808-1).  
 167. Goudriaan (1808).  
 168. Goudriaan (1808) p. 38-39.  
 169. Goudriaan (1808) p. 37.  
 170. Blanken (1808-2).  
 171. Tutein Nolthenius in *Weg- en waterbouw* 3 (1944) p. 158-160; Doorman (1947) p. 96-97.  
 172. Goudriaan (1809).  
 173. Goudriaan (1809) p. 228-229.  
 174. Goudriaan (1809) p. 245-250.  
 175. G.P. van de Ven in *De physique existentie dezes lands* (1987) p. 70-71.  
 176. Storm Buysing (1845) p. 40-41.  
 177. G.P. van de Ven in *De physique existentie dezes lands* (1987) p. 71-74.  
 178. Brade (1844) p. 143-144.  
 179. Koppert (1983) p. 11; C. Will in Brand (1986) p. 25, 28.  
 180. G.P. van de Ven in *De physique existentie dezes lands* (1987) p. 74.  
 181. Koppert (1983) p. 16-17.  
 182. G. Koppert in Brand (1986) p. 50-51; C.H. van Meijgaard in *De physique existentie dezes lands* (1987) p. 53-55.  
 183. G. Koppert in Brand (1986) p. 50-51, 187-189.  
 184. Coert (1991) p. 220-222.  
 185. Goudriaan in *Verhandelingen Hollandsch Instituut van Wetenschappen* deel I (1812) p. 131-165.  
 186. Goudriaan (1823) p. 72-100; Brade (1844) p. 111-113.  
 187. Baud (1838) p. 285-286.  
 188. Brade (1844) p. 212.  
 189. Teixeira de Mattos (1903) p. 3-77.  
 190. Storm Buysing (1845) p. 193-195.  
 191. Storm Buysing (1845) p. 187-190.  
 192. Storm Buysing (1845) p. 191-193.  
 193. Storm Buysing (1845) p. 163; *Summa Encyclopedie en woordenboek in kleur* deel 10, Utrecht, 1976 p. 398.  
 194. Brade (1844) p. 23-37.  
 195. Brade (1844) p. 73-80.  
 196. Brade (1844) p. 87-110.  
 197. Goudriaan (1827) p. 9-11, 14-20 e.v.; Baud (1844) p. 194-203.  
 198. Alewijn (1824).  
 199. Storm Buysing (1845) p. 214-215.  
 200. Strootman in *Verhandelingen KIVI* (1864) noot p. 47; Van Breen, 'Kraandeursluis' in *Centraalblad* 7 (1916) nr. 52.  
 201. Storm Buysing (1845) p. 214-215.  
 202. Singels (1839).  
 203. Van Diggelen (1850).  
 204. Van Diggelen (1850) p. 11.  
 205. Conrad in *Notulen KIVI* (1850) p. 208-211.  
 206. Van Konijnenburg (1905) p. 6-7 e.v.  
 207. Storm Buysing (1845) p. 56.  
 208. Storm Buysing (1845) p. 36.  
 209. Storm Buysing (1845) p. 52.  
 210. Van Konijnenburg (1905) p. 21-22; Storm Buysing (1845) p. 54-56.  
 211. Storm Buysing (1845) p. 47-54.  
 212. Storm Buysing (1845) p. 86-87.  
 213. Smolders (1989) p. 18-19.  
 214. Beekman (1948) p. 170-171.  
 215. Van de Kastele en Stieltjes in *Notulen KIVI* (1853) p. 58, 69, 71; Lambrechtsen in *De Ingenieur* 33 (1918) p. 429; Smolders (1989) p. 22, 26; Teixeira de Mattos (1903) p. 159-164.  
 216. Teixeira de Mattos (1903) p. 559-563.  
 217. Van de Kastele en Stieltjes in *Notulen KIVI* (1853) p. 53 e.v.  
 218. Van Konijnenburg (1905) p. 21-22.  
 219. Bongaerts (1909) p. 14-15; Van Konijnenburg (1905) p. 11-17.  
 220. De Vries en Jansen in *De Ingenieur* 49 (1934) p. B38.  
 221. Van Konijnenburg (1905) p. 22.  
 222. Beekman (1948) p. 84-85.  
 223. Van de Kastele en Stieltjes in *Notulen KIVI* (1853) p. 56.  
 224. Strootman in *Verhandelingen KIVI* (1864) p. 21, 46.  
 225. Strootman in *Verhandelingen KIVI* (1864) p. 59; Swets in *Tijdschrift KIVI* (1879) p. 269-270.  
 226. Strootman in *Verhandelingen KIVI* (1864) p. 48; Swets in *Tijdschrift KIVI* (1879) p. 270.  
 227. Conrad in *Tijdschrift KIVI* (1871) p. 159-160, 187-196.  
 228. Swets in *Tijdschrift KIVI* (1879) p. 270; Plasscheart (1887) p. 234.  
 229. Plasscheart (1887) p. 212.  
 230. Kok (1986) p. 21-27.  
 231. Plasscheart (1887) p. 202.  
 232. J.B. Schuurman en H. Wieringa in Van der Kley (1967) p. 141-142.  
 233. Plasscheart (1887) p. 208-214.  
 234. Swets in *Tijdschrift KIVI* (1879) p. 270; Kempees en Ringers in *De Ingenieur* 26 (1911) p. 490.  
 235. Swets in *Tijdschrift KIVI* 1871-72 p. 359-365; Swets (1873) p. 5-13.  
 236. Swets in *Tijdschrift KIVI* (1879) p. 266-267.  
 237. Kempees en Ringers in *De Ingenieur* 26 (1911) p. 489-490.  
 238. Beekman (1948) p. 13-14.  
 239. Strootman in *Verhandelingen KIVI* (1864) p. 46.  
 240. Beekman (1948) p. 185.  
 241. Dirks in *Tijdschrift KIVI* (1871) p. 124-132.  
 242. Dirks in *Tijdschrift KIVI* (1871) p. 133-134.  
 243. Plasscheart (1887) p. 228.  
 244. Wortman en Van den Broek (1909) p. 95-105; A.K.W. Unger in Van der Kley (1967) p. 239-241.  
 245. 'Slagdorpediepte' en 'Nieuwe sluis te IJmuiden' in *De Ingenieur* 4 (1989) p. 116-118, 379-380, 421, 429-430, 432-433, 443-444, 453, 462.  
 246. 'Sluizen te IJmuiden' in *De Ingenieur* 14 (1899) p. 20-21.  
 247. Baars (1991) p. 18-27.  
 248. Beekman (1948) p. 7-8.  
 249. Van den Steen van Ommeren in *De Ingenieur* 27 (1912) p. 376-382.  
 250. J. de Zee in *De stelling van Amsterdam* p. 20.  
 251. R. Schimmel in *De stelling van Amsterdam* p. 33-96.  
 252. Van Konijnenburg (1905) p. 25-26.  
 253. Bongaerts (1909) p. 244-252.  
 254. Tutein Nolthenius in *Tijdschrift KIVI* (1893) p. 40-42, 48-53; Bongaerts (1909) p. 60-61.  
 255. Bongaerts (1909) p. 164-171, 270-281.  
 256. Oostinjer in *De Ingenieur* 13 (1898) p. 80-81.  
 257. Déking Dura in *De Ingenieur* 13 (1898) p. 93.  
 258. Teixeira de Mattos (1903) p. 460-462.  
 259. Teixeira de Mattos (1903) p. 260-269.  
 260. Teixeira de Mattos (1903) p. 171-182.  
 261. Smolders (1989) p. 35-37.  
 262. D.M. van der Schrier in Meindersma en De Jong (1985) p. 91-92.  
 263. Lambrechtsen in *De Ingenieur* 33 (1918) p. 428-430.  
 264. Beekman (1948) p. 172.  
 265. A. de Graaf in Van der Kley (1967) p. 103-111.  
 266. J.B. Schuurman en H. Wieringa in Van der Kley (1967) p. 136-140.  
 267. Kempees en Ringers in *De Ingenieur* 26 (1911) p. 489-506.  
 268. Kok (1986) p. 31-33.  
 269. Kempees en Ringers in *De Ingenieur* 26 (1911) p. 503-505.  
 270. Postema, Schiphorst en Van der Schrier (1937) p. 180-183.  
 271. Bouma in *De Ingenieur* 25 (1910) p. 466-471.



272. Schelling in *De Ingenieur* 48 (1933) p. B235-B238; J. van der Veen in Van der Kley (1967) p. 164-166.
273. Bins (1949) p. 148.
274. C. Thomése in Van der Kley (1967) p. 210-213.
275. Kok in *Noordholland* 4 (1985) nr. 5 p. 23.
276. Van de Hoek Ostende in *Amstelodamum* 78 (1986) p. 50.
277. Van de Hoek Ostende in *Amstelodamum* 78 (1986) p. 28-31.
278. Van de Hoek Ostende in *Amstelodamum* 78 (1986) p. 36-38.
279. Kok in *Noordholland* 4 (1985) nr. 5 p. 23-28.
280. Kingma in *Industriële Archeologie* 11 (1991) p. 59-63.
281. A.K.W. Unger in Van der Kley (1967) p. 242-243.
282. 'Verslag Staatscommissie' in *De Ingenieur* 27 (1912) p. 53.
283. 'Bouw van de schutsluis te IJmuiden' in *De Ingenieur* 30 (1915) p. 632.
284. Gelinck in *De Ingenieur* 39 (1924) p. 744.
285. 'Rapport inzake constructie nieuwe sluis te IJmuiden' in *Centraalblad* 14 (1922/23) p. 228-229.
286. Ringers in *De Ingenieur* 39 (1924) p. 745 e.v.
287. 'Te waterlating en transport van de eerste roldeur' in *De Ingenieur* 42 (1927) p. 202-205.
288. 'Opening van de Noorderschutsluis te IJmuiden' in *De Ingenieur* 45 (1930) p. A180-A181.
289. Brinkhorst en De Groot in *De Ingenieur* 44 (1929) p. B235 e.v.
290. Van Sandick in *De Ingenieur* 45 (1930) p. A325-A330.
291. J.C. Hoornborg in Van der Kley (1967) p. 81.
292. Bongaerts (1912) p. 18 e.v..
293. Bongaerts (1912) p. 11-12; Van de Kastele en Stieltjes in *Notulen KIVI* (1853) p. 55-80.
294. *Scheepvaartwegen in Limburg* (1932) p. 4; 'Kanaliserie van de Maas' in *De Ingenieur* 30 (1915) p. 233, 545.
295. Schlingemann in *De Ingenieur* 40 (1925) p. 713-717.
296. Eglie in *De Ingenieur* 43 (1928) p. B15-B26.
297. Heyning in *De Ingenieur* 40 (1925) p. 720-730.
298. Wentholt in *De Ingenieur* 40 (1925) p. 475-476.
299. De Bruyn in *De Ingenieur* 40 (1925) p. 484-487.
300. Klink in *De Ingenieur* 42 (1927) p. 529 e.v.
301. Klink in *De Ingenieur* 42 (1927) p. 539-544.
302. Klink in *De Ingenieur* 42 (1927) p. 534-539.
303. Bijls in *De Ingenieur* 53 (1938) p. B61-B62.
304. 'Albertkanaal bij Maastricht' in *De Ingenieur* 49 (1934) p. A182.
305. Reich in *Bouwkundig Weekblad* 53 (1932) p. 243.
306. Klink in *De Ingenieur* 42 (1927) p. 529-534.
307. Volker in *De Ingenieur* 48 (1933) p. B1-B5.
308. Volker in *De Ingenieur* 49 (1934) p. 199-202.
309. Postema, Schiphorst en Van der Schrier (1937) p. 177-180.
310. Fritzlin in *Publieke Werken* 2 (1932) p. 37-41.
311. Burky in *Staal* 2 (1936) p. 101, 119.
312. Heyning in *De Ingenieur* 40 (1925) p. 726-729.
313. Dibbits (1950) p. 143.
314. J.C. Hoornborg in Van der Kley (1967) p. 83-84.
315. De Vries in *De Ingenieur* 50 (1935) p. B207-B210.
316. Boer en Kielman (1936) p. 43; Boer en Kielman (1942) p. 78-81.
317. De Vries en Jansen in *De Ingenieur* 49 (1934) p. B33- B38.
318. Smolders (1989) p. 17.
319. Van Heyst in *De Ingenieur* 32 (1917) p. 769-774.
320. G.C. Lodder in Van der Kley (1967) p. 112-124.
321. Lodder in Van der Kley (1967) p. 115.
322. Smolders (1989) p. 51.
323. Wentholt in *De Ingenieur* 47 (1932) p. B69-B79; Eggink in *De Ingenieur* 52 (1937) p. B95-B101.
324. Wentholt in *De Ingenieur* 47 (1932) p. B83.
325. Boer en Kielman (1936) p. 181-184.
326. Boer en Kielman (1936) p. 285-287.
327. De Blocq van Kuffeler in *De Ingenieur* 42 (1927) p. 789-794; Kamp in *De Ingenieur* 42 (1927) p. 794-798; Kamp in *De Ingenieur* 45 (1930) p. B173-B181.
328. Postema, Schiphorst en Van der Schrier (1937) p. 70-73.
329. Jolles in *De Ingenieur* 33 (1918) p. 451-459; Baars (1991) p. 27-30.
330. Baars (1991) p. 30-42.
331. Brinkhorst en Heyning in *De Ingenieur* 49 (1934) p. B111-B114.
332. Brinkhorst en Heyning in *De Ingenieur* 52 (1937) p. B61-B66.
333. Baars (1991) p. 102.
334. Voor de beschrijving van de constructies in dit en de volgende hoofdstukken is gebruik gemaakt van diverse bestekken en handboeken. Wij noemen hier het bestek van de Eiesluis (1433) in Coornaert (1976), de bestekken uit Vierlingh (1920), de bestekken van Leeghwater (zie bijlage 1), de bestekken van enkele sluisen in de zeedijk van de Polder Arkemheen bij Nijkerk (zie bijlage 2), de door H. Janse uitgewerkte bestekken (zie bijlage 3) en de handboeken van Van der Horst (1736), Polley (1737), Baud (1838), Storm Buysing (1845), Harte (1852), Plasschaert (1887), Zwiers (ca. 1910), Bolderman en Dwars (1913), Boer (1921), Postema, Schiphorst en Van der Schrier (1937, 1942), Colijn (1947) en Josephus Jitta (1947).
335. 'Een nieuw systeem van sluisdeuren' in *De Ingenieur* 39 (1924) p. 922-923.
336. Josephus Jitta (1947) p. 18-20.
337. H.R. Reinders in Bierma e.a. (1988) p. 260-269.
338. Vierlingh (1920) p. 175-180.
339. Vierlingh (1920) p. 189.
340. Vierlingh (1920) p. 222-223.
341. Vierlingh (1920) p. 199.
342. Vierlingh (1920) p. 198-199.
343. Teixeira de Mattos (1903) p. 171-182.
344. Coornaert (1976) p. 319-323.
345. Vierlingh (1920) p. 221-225.
346. Vierlingh (1920) p. 240-248.
347. Storm van Leeuwen (1985) p. 39.
348. Stevin (1633) p. 6-8.
349. Braun en Hogenberg, *De Hollandse Steden; naar de oorspronkelijke uitgave van 1574* (facs.), Groningen z.j.
350. Joan Blaeu, *Toonneel der Steden van de Vereenigde Nederlanden, met hare beschrijvingen* (facs.), z.p. z.j.
351. Van der Horst (1736) p. 4 en pl. X.
352. Tromp in *Notulen KIVI* (1851) stuk 7 p. 2.
353. Baud (1838) plaat XIV.
354. Storm Buysing (1845) p. 304-305.
355. Strootman in *Verhandelingen KIVI* (1864) p. 59; Swets in *Tijdschrift KIVI* (1879) p. 269-270.
356. Conrad in *Tijdschrift KIVI* (1871) p. 184.
357. Plasschaert (1887) p. 208-214.
358. 'Sluisdeuren van gewapend beton' in *Gewapend beton* 8 (1920) p. 211.
359. 'Schets van eene eenvoudige en onkostbare sluiting van sluisdeuren', in *Notulen KIVI* (1849) p. 24, plaat 2.
360. Vierlingh (1920) p. 240-248.
361. Rijksarchief in Drenthe te Assen, Archief Hollandse Participanten, inv. nr. 12 *Journal B*, p. 58, 71.
362. Van der Horst (1736) p. 4, plaat X; Polley (1737) p. 3, plaat IV, VI.
363. Josephus Jitta (1947) p. 224.
364. Storm Buysing (1845) p. 292-293.
365. Conrad in *Tijdschrift KIVI* (1871) p. 184.
366. Ortt in *Notulen KIVI* (1850) p. 265-269.
367. Ortt in *Notulen KIVI* (1850) noot op p. 266.
368. Postema, Schiphorst en Van der Schrier (1937) p. 69-70.



369. Postema, Schiphorst en Van der Schrier (1937) p. 70-73.  
 370. Postema, Schiphorst en Van der Schrier (1937) p. 163-166.  
 371. Stevin (1633) p. 6; Blanken (1808-1) p. 33-34.  
 372. Stevin (1633) p. 13; G. Doorman, *Octrooien voor uitvindingen in de Nederlanden uit de 16e-18e eeuw*, 's-Gravenhage 1940, p. 278-279; Doorman (1953) p. 81.  
 373. Stevin (1633) p. 15, 9-11.  
 374. Van der Horst (1736) p. 5, plaat VI, XI.  
 375. Goudriaan (1809) p. 277-285.  
 376. Van de Kastele en Stieltjes in *Notulen KIVI* (1853) p. 57.  
 377. Plasschaert (1887) p. 228.  
 378. Blanken (1808-1).  
 379. Doorman (1947) p. 96-97.  
 380. Goudriaan (1808).  
 381. Blanken (1808-2).  
 382. Goudriaan (1809).  
 383. Van de Kastele en Stieltjes in *Notulen KIVI* (1853) p. 69.  
 384. Swets in *Tijdschrift KIVI* (1879) p. 270; Plasschaert (1887) p. 234.  
 385. Bongaerts (1909) p. 244-252.  
 386. Van den Steen van Ommeren in *De Ingenieur* 27 (1912) p. 376-382.  
 387. Zie onder meer Van de Kastele en Stieltjes in *Notulen KIVI* (1853) p. 57 en Plasschaert (1887) p. 142 (noot 1).  
 388. Stevin (1633) p. 13-16.  
 389. Blanken (1808-2) p. 19.  
 390. Wiebeking 2 (1812) p. 708.  
 391. Alewijn (1824).  
 392. Brade (1844) p. 90-91, 100.  
 393. Van Breen, 'Kraandeursluis' in *Centraalblad* 7 (1916) nr. 52.  
 394. Van Breen, 'Kraandeursluis' in *Centraalblad* 7 (1916) nr. 52.  
 395. Strootman in *Verhandelingen KIVI* (1864) noot op p. 47.  
 396. Storm Buysing (1845) p. 214-215.  
 397. Alewijn (1824) p. 26-27.  
 398. Franx in *Rotterdams jaarboekje 1945* p. 85; Franx in *Weg en Waterbouw* 8 (1948) p. 22-24.  
 399. Stevin (1633) p. 9.  
 400. Plasschaert (1887) p. 247-248.  
 401. Postema, Schiphorst en Van der Schrier (1937) p. 178-180.  
 402. Engelhard (1921) p. 143-145.  
 403. Burky in *Staal* 2 (1936) p. 101, 119, 121-123, 131-132.  
 404. Heyning in *De Ingenieur* 40 (1925) p. 726-729.  
 405. Vierlingh (1920) p. 238, 261.  
 406. Stevin (1633) p. 9.  
 407. Storm Buysing (1844) p. 303 (Sganzin schrijft dit in *Resumé des leçons d'un cours de construction; 29e leçon* uit circa 1800).  
 408. Redelijkheid (1774).  
 409. Singels (1839).  
 410. Diggelen (1850).  
 411. Swets in *Tijdschrift KIVI* (1871), p. 359-365; Swets (1873).  
 412. Swets in *Tijdschrift KIVI* (1879), p. 265-271.  
 413. Kempers en Ringers in *De Ingenieur* 26 (1911) p. 489 e.v.  
 414. Kempers en Ringers in *De Ingenieur* 26 (1911) p. 489-490; Kok (1985) p. 31.  
 415. Postema, Schiphorst en Van der Schrier (1937) p. 180-183; J. van der Veen in Van der Kley (1967) p. 161-172.  
 416. Eggink in *De Ingenieur* 52 (1937) p. B100-B101.  
 417. Klink in *De Ingenieur* 42 (1927) p. 534-539; Postema, Schiphorst en Van der Schrier (1937) p. 187; Colijn (1947) p. 163-165.  
 418. Zie o.a. Kempees en Ringers in *De Ingenieur* 26 (1911) p. 490-491; Josephus Jitta (1947) p. 18-19.  
 419. Scholtens in *De Volkskrant* van 16-1-93.  
 420. Zie o.a. Van der Linden in *AGN* 3 (1982) p. 60.  
 421. *Biekorf* 65 (1964) p. 60 (schriftelijke mededeling dr.ing. H. Janse).  
 422. Coornaert (1976) p. 319, 322, 324.  
 423. Van Dam (1989) p. 31.  
 424. Vierlingh (1920) p. 175-183.  
 425. Vierlingh (1920) p. 180-183, 250-251.  
 426. Vierlingh (1920) p. 238-239, 260-261.  
 427. Van der Linden in *Samenwinninge* (1977) afb. 2.  
 428. Braun en Hogenberg, *De Hollandse Steden; naar de oorspronkelijke uitgave van 1574* (facs.), Groningen z.j.  
 429. Joan Blaeu, *Tooneel der Steden van de Vereenighde Nederlanden, met hare beschrijvingen* (facs. van uitgave 1648), z.p. z.j.  
 430. Stevin (1633) p. 6-8.  
 431. Goudriaan (1809) p. 286 e.v.  
 432. Coert (1991) p. 85-90.  
 433. Coert (1991) p. 122.  
 434. Van Leeuwen in *Over, door en om de Leytsche Dam* (1988) p. 92-94.  
 435. Bolderman en Dwars (1913) p. 184-185.  
 436. Brade (1844) p. 114-130; Beekman (1948) p. 168.  
 437. Storm Buysing (1845) p. 309-310.  
 438. Van de Kastele en Stieltjes in *Notulen KIVI* (1853) p. 56.  
 439. Oostinjer in *De Ingenieur* 13 (1878) p. 80-81.  
 440. Déking Dura in *De Ingenieur* 13 (1898) p. 93.  
 441. Reich in *Bouwkundig Weekblad* 53 (1932) p. 243.  
 442. Egelie in *De Ingenieur* 47 (1932) p. B146-B155.  
 443. De Groot in *De Ingenieur* 44 (1929) p. B215.  
 444. Postema, Schiphorst en Van der Schrier (1942) p. 208-209.  
 445. Zie o.a. Postema, Schiphorst en Van der Schier (1937) p. 66-67, 203-204.  
 446. De Vries en Jansen in *De Ingenieur* 49 (1934) p. B33-B38.  
 447. Josephus Jitta in *De Ingenieur* 49 (1934) p. B154-B155.  
 448. Josephus Jitta in *De Ingenieur* 52 (1937) p. B59.  
 449. Volker in *De Ingenieur* 48 (1933) p. B1-B5.  
 450. Goudriaan (1809) p. 240.  
 451. Goudriaan (1809) p. 230-231.  
 452. Goudriaan (1809) p. 243-244.  
 453. Goudriaan (1809) p. 232-233; Harte (1852) p. 23.  
 454. Redelykheid (1776).  
 455. Harte (1852) p. 23-24.  
 456. Strootman in *Verhandelingen KIVI* (1864) p. 48; Swets in *Tijdschrift KIVI* (1879) p. 270.  
 457. Swets in *Tijdschrift KIVI* (1879) p. 270; Kempees en Ringers in *De Ingenieur* 26 (1911) p. 490.  
 458. Brinkhorst en De Groot in *De Ingenieur* 44 (1929) p. B235, B240-B242.  
 459. Harte (1852) p. 23-24.  
 460. G. van Reyn (1832) p. 16.  
 461. S. Muller en A.C. Bouman, *Oorkondenboek van het Sticht Utrecht tot 1301* deel I, Utrecht 1920, p. 371-372, nr. 411; L.P.C. van den Bergh, *Oorkondenboek van Holland en Zeeland, Amsterdam*, 's-Gravenhage 1866, p. 85, nr. 132.  
 462. L.P.C. van den Bergh, *Oorkondenboek van Holland en Zeeland, Amsterdam*, 's-Gravenhage 1866, p. 170-171, nr. 294.  
 463. F. Ketner, *Oorkondenboek van het Sticht Utrecht tot 1301* deel IV, tweede stuk, 's-Gravenhage 1954, p. 424-425, nr. 2220; L.P.C. van den Bergh, *Oorkondenboek van Holland en Zeeland, Amsterdam*, 's-Gravenhage 1873, p. 243, nr. 553.  
 464. Van der Linden in: *AGN* III (1982) p. 60 en noot 6 op p. 450.  
 465. Postema, Schiphorst en Van der Schrier (1937) p. 46-48.  
 466. Boer en Kielman (1936) p. 142.  
 467. Vierlingh (1920) p. 175, 197-198.  
 468. Brandsma in *De Ingenieur* 26 (1911) p. 902-907; 'Hevelsluizen met automatische luchtafvoer' in *Centraalblad* 2 (1910-11), nr. 22, 23; 'Hevelsluizen voor Friesland' in *Centraal-*



- blad 3 (1911-12), nr. 17.
469. W.S. Unger (samensteller), *Bronnen tot de geschiedenis van Middelburg in den landsheerlijken tijd* deel II, 's-Gravenhage, 1926, p. 307.
470. Van der Linden in *Holland* 22 (1990) p. 135.
471. Habermehl (1988) p. 5.
472. Conrad (1849) p. 14 (noot); Van der Linden (1977) in *Samenwinninge* p. 135.
473. *De physique existentie dezes lands* (1987) p. 220.
474. W.S. Unger, *Bronnen tot de Geschiedenis van Middelburg in den landsheerlijken tijd* deel 2, 's-Gravenhage 1926, p. 148.
475. Blanken (1808-1) p. 33-34.
476. Stevin (1633) p. 6-16.
477. Wind in *Centraalblad* 4 (1912), nr. 8 en 9.
478. C. Will in Brand (1988) p. 23-24.
479. C. Will in Brand (1988) p. 25-29.
480. Koppert (1987) p. 19-20.
481. Voor de beschrijving van de constructie van een sluis en het verzamelen van de diverse benamingen is geput uit diverse bestekken en handboeken. Wij noemen hier het bestek van de Eiesluis (1433) in Coornaert (1976), de bestekken uit Vierlingh (1920), de bestekken van Leeghwater voor de sluishoofden in de Grift in Drenthe, (zie bijlage 1), de bestekken van enkele sluizen in de zeedijk van de Polder Arkemheen bij Nijkerk (zie bijlage 2), de door H. Janse uitgewerkte bestekken (zie bijlage 3) en de handboeken van Van der Horst (1736), Polley (1737), Baud (1838), Storm Buysing (1845), Harte (1852), Plasschaert (1887), Zwiers (ca. 1910), Bolderman en Dwars (1913), Boer (1921), Postema, Schiphorst en Van der Schrier (1937, 1942) en Colijn (1947).
482. Bongaerts (1919) p. 60-61, 72, 75; Tutein Nolthenius in *Tijdschrift KIVI* (1893) p. 40-44, 48-53.
483. Doorman (1953) p. 82.
484. Coornaert in *Rond de Poldertorens* 32 (1990) p. 97; Doorman (1953) p. 82, 85.
485. J. Verdam en C.H. Ebbing Wubben, *Middelnederlandsch Handwoordenboek*, 's-Gravenhage 1956, p. 27; Vierlingh (1920) p. XLIV, 240; Conrad (1849) p. 7; Coornaert in *Rond de Poldertorens* 32 (1990) p. 95.
486. Coornaert in *Rond de Poldertorens* 29 (1987) p. 49-51.
487. Doorman (1953) p. 82-83.
488. Strootman in *Verhandelingen KIVI* (1864) p. 14.
489. L.P.C. van den Bergh, *Oorkondenboek van Holland en Zeeland; Uitgegeven van wege de Koninklijke Akademie van Wetenschappen* deel I, Amsterdam 1866, p. 306 no. 583.
490. Conrad (1849) p. 3-11.
491. Van der Linden (1977) in *Samenwinninge* p. 138.
492. L.P.C. van den Bergh, *Oorkondenboek van Holland en Zeeland* deel II, Amsterdam 1873, p. 256-257 nr. 583; Van der Linden (1990) in: *Holland* 22 p. 144.
493. Conrad (1849) p. 11; Doorman (1953) p. 83.
494. Doorman (1953) p. 83.
495. Habermehl (1988) p. 2, 5-6.
496. Coornaert (1976) p. 298-299.
497. Doorman (1953) p. 84.
498. Conrad (1849) p. 14.
499. Habermehl (1990) p. 19.
500. Doorman (1953) p. 83.
501. Stevin (1633) p. 6-8.
502. Kruizinga in *Ons Amsterdam* 25 (1973) p. 164-166; Beekman (1948) p. 223.
503. Wiebeking (1812) p. 726.
504. Coert (1991) p. 220-222.
505. Goudriaan (1823) p. 72-100; Brade (1844) p. 111-113.
506. Baud (1838) p. 285-286.
507. Goudriaan (1827) p. 9-11, 14-20 e.v.; Baud (1844) p. 194-203.
508. Conrad in *Tijdschrift KIVI* (1871) p. 159-160, 187-196.
509. Swets in *Tijdschrift KIVI* 1879-80 p. 270; Kempees en Ringers in *De Ingenieur* 26 (1911) p. 490.
510. Swets in *Tijdschrift KIVI* 1871-72 p. 359-365.
511. Beekman (1948) p. 13-14.
512. Wortman en Van den Broek (1909) p. 95-105; A.K.W. Unger in Van der Kley (1967) p. 239-241.
513. 'Sluizen te IJmuiden' in *De Ingenieur* 14 (1899) p. 20-21.
514. Bongaerts (1909) p. 244-252.
515. A. de Graaf in Van der Kley (1967) p. 103-111.
516. Kempees en Ringers in *De Ingenieur* 26 (1911) p. 489-506.
517. 'Bouw van de schutsluis te IJmuiden' in *De Ingenieur* 30 (1915) p. 632; Gelinck in *De Ingenieur* 39 (1924) p. 744; Ringers in *De Ingenieur* 39 (1924) p. 745 e.v.; 'Opening van de Noorderschutsluis te IJmuiden' in *De Ingenieur* 45 (1930) p. A180-A181.
518. Bins (1949) p. 148.
519. Heyning in *De Ingenieur* 40 (1925) p. 720-726.
520. Reich in *Bouwkundig Weekblad* 53 (1932) p. 243.
521. Klink in *De Ingenieur* 42 (1927) p. 529-534.
522. Volker in *De Ingenieur* 48 (1933) p. B1-B5.
523. Volker in *De Ingenieur* 49 (1934) p. 199-202.
524. Postema, Schiphorst en Van der Schrier (1937) p. 177-180.
525. Burky in *Staal* 2 (1936) p. 101, 119.
526. Wentholt in *De Ingenieur* 47 (1932) p. B69-B79; Eggink in *De Ingenieur* 52 (1937) p. B95-B101.
527. Brinkhorst en Heyning in *De Ingenieur* 52 (1937) p. B61-B66.
528. Kok (1986) p. 24-33.
529. Wortman en Van den Broek (1909) p. 62-67, 98-105.
530. Zie o.a. Stevin (1633) p. 7.
531. Vierlingh (1920) p. 244.
532. Van der Horst (1736) o.a. plaat XVIII-XIX.
533. Stevin (1933) p. 14-16.
534. Stevin (1933) p. 7-8.
535. Van der Horst (1736) p. 3, plaat II, VIII.
536. Josephus Jitta in *De Ingenieur* 48 (1933) p. B242-B244.
537. Bongaerts (1909) p. 248.
538. Storm Buysing (1845) p. 103-104; Van de Kastele en Stieltjes in *Notulen KIVI* (1853) p. 58; Plasschaers (1887) p. 264-265; Boer en Kielman (1942) p. 66.
539. Coert (1991) p. 85-90.
540. Storm Buysing (1845) p. 98, Plasschaert (1887) p. 263.
541. Storm Buysing (1845) p. 97.
542. Storm Buysing in *Notulen KIVI* (1850) p. 152.
543. Storm Buysing in *Notulen KIVI* (1850) p. 152-153, plaat II.
544. Van de Kastele en Stieltjes in *Notulen KIVI* (1853) p. 56.
545. Staring in *Notulen KIVI* (1850) p. 178 noot 1.
546. Smolders (1989) p. 18-19.
547. Beekman (1948) p. 170-171, Smolders (1989) p. 20-26.
548. Van de Kastele en Stieltjes in *Notulen KIVI* (1853) p. 58, 69, 71; Lambrechtsen in *De Ingenieur* 33 (1918) p. 429; Smolders (1989) p. 22, 26.
549. Van de Kastele en Stieltjes in *Notulen KIVI* (1853) p. 58-59.
550. Staring in *Notulen KIVI* (1850) p. 173 e.v., plaat I.
551. Van de Kastele in *Notulen KIVI* (1849) p. 268-271, pl. 1.
552. Van de Kastele en Stieltjes in *Notulen KIVI* (1853) p. 58.
553. Van de Kastele en Stieltjes in *Notulen KIVI* (1853) p. 53 e.v.
554. Van de Kastele en Stieltjes in *Notulen KIVI* (1853) p. 56-57.
555. Van de Kastele en Stieltjes in *Notulen KIVI* (1853) p. 58, 65-67.
556. Van de Kastele en Stieltjes in *Notulen KIVI* (1853) p. 67, 69-71, 80.
557. Lambrechtsen (met opmerking van W.S.G.T. Post) in *De Ingenieur* 33 (1918) p. 438-440.



558. De Meijer in *De Ingenieur* 13 (1898) p. 37.  
 559. Smolders (1989) p. 35-37.  
 560. D.M. van der Schrier in Meindersma en De Jong (1985) p. 91-92.  
 561. Lambrechtsen in *De Ingenieur* 33 (1918) p. 429.  
 562. Lambrechtsen in *De Ingenieur* 33 (1918) p. 431.  
 563. Lambrechtsen in *De Ingenieur* 33 (1918) p. 435.  
 564. Beekman (1948) p. 172.  
 565. Bongaerts (1912) p. 18-20.  
 566. *Scheepvaartwegen in Limburg* (1932) p. 4; 'Kanaliserie van de Maas' in *De Ingenieur* 30 (1915) p. 233, 545.  
 567. Schlingemann in *De Ingenieur* 40 (1925) p. 713-717.  
 568. De Vries in *De Ingenieur* 40 (1925) p. 718-720.  
 569. Egelie in *De Ingenieur* 43 (1928) p. B15-B26.  
 570. Klink in *De Ingenieur* 42 (1927) p. 529.  
 571. Klink in *De Ingenieur* 42 (1927) p. 539-544.  
 572. Jansen in *De Ingenieur* 50 (1935) p. B219, B221-B228.  
 573. Vreugdenhil e.a. (1988) p. 16; Glerum e.a. (1981) p. 3.48-3.50.  
 574. Bij de beschrijving van de diverse stuwtypen is onder meer gebruik gemaakt van artikelen in de tijdschriften van het KIVI en in *De Ingenieur* en de handboeken van Plasschaert (1887), Boer en Kielman (1942) en Glerum e.a. (1981).  
 575. Klink in *De Ingenieur* 42 (1927) p. 541.  
 576. Boer en Kielman (1942) p. 68-70; Jansen in *De Ingenieur* 50 (1935) p. B227-B228.  
 577. Jansen in *De Ingenieur* 50 (1935) p. B227.  
 578. Rijksarchief in Drenthe te Assen, Archief Hollandse Partictpanten, inv. nr. 12 *Journal B*, p. 72-73.  
 579. Rijksarchief in Drenthe te Assen, Archief Hollandse Partictpanten, inv. nr. 12 *Journal B*, p. 56-59.  
 580. Rijksarchief in Drenthe te Assen, Archief Hollandse Partictpanten, inv. nr. 12 *Journal B*, p. 69-72.  
 581. De oorspronkelijke teksten werden getranscribeerd door drs. W.J. Hagoort uit Ermelo en aan schrijver dezes ter beschikking gesteld met de vraag deze uit te werken.  
 582. Bron: Oud Archief Hardewijk, no. 1959.  
 583. Bron: Oud Archief Hardewijk, no. 1959.  
 584. Bron: Gemeente-archief Nijkerk, Archief van de zeepolder Arkemheen, inv.nr. 1 (notulenboek) fol. 3v-55.  
 585. Bron: Gemeente-archief Nijkerk, Archief van de zeepolder Arkemheen, inv.nr. 1 (notulenboek) fol.111r-112v.  
 586. Bron: Gemeente-archief Nijkerk, Archief van de zeepolder Arkemheen, inv.nr. 1065.  
 587. Bron: Archief Zeepolder Arkemheen, Inv.nr. 1065.  
 588. KOO Brugge, Archief SJH, A10; ontvangen door bemiddeling van dr. L. Devliegheer te Brugge.  
 589. Archief Hoogheemraadschap Delfland, inv. nr. 2627/2.  
 590. *Restauratievademecum* RVblad Hout 01-2.



## LITERATUUR

- 'Aanleg van een kanaal ter verbinding van de Maas bij Wessem met de Zuid-Willemsvaart te Nederweert', *De Ingenieur* 32 (1917), p. 288, 451, 577.
- J. Adriani e.a. (samenst.), *Gouda... Havenstad? Studie naar het herstel van de relatie Hollandsche IJssel-Gouda*, uitgave initiatiefgroep 'Gouda Havenstad', Gouda 1989 (4e druk).
- J.W. Akkerman en W. Whitlau, 'Bewegingswerktuigen voor de hefdeuren van de sluis der Twenthe-kanalen bij Zutphen', *De Ingenieur* 47 (1932), p. W95-W99.
- 'Albertkanaal bij Maastricht', *De Ingenieur* 49 (1934), p. A182.
- C. Alewijn, *Verhandeling over den voordeeligsten hoek, onder welken men de puntdeuren eener huis kan zamenvoegen*, z.p. (1823).
- C. Alewijn, *Beschrijving van een ontwerp van sluizen met gekoppelde deuren, welke bij alle waterstanden geheel of gedeeltelijk geopend en wederom gesloten kunnen worden*, Brussel 1824.
- H.W. Alings, 'Memoriesteen 1596 van de Oude Haarlemersluis', *Ons Amsterdam* 12 (1960), p. 188-192.
- Het Apeldoorns Kanaal*, uitgave monumentencommissie Gemeente Apeldoorn, Apeldoorn 1990.
- F.E. Artes, 'Inrichting voor het varen van schepen onder lage bruggen', *De Ingenieur* 30 (1915), p. 845-847.
- 'De hydraulische ascenseur te Fontinettes', *De Ingenieur* 4 (1889), p. 134-136.
- J. Aubert (red.), *Rivierstuwen. Vaste stuwen, beweegbare stuwen*, Geïllustreerd technisch woordenboek, hoofdstuk X, Brussel 1934.
- K.E. Baars, *Varend vervoeren. Van Amsterdam tot de Rijn: 100 jaar Merwedekanaal*, Utrecht 1991.
- P. Bakker Nzn., *IJzerbouw. Handleiding bij het samenstellen van eenvoudige ijzerconstructies*, serie: Theorie en Praktijk, Amsterdam 1919, 1923 (2de druk).
- 'Batingheschut bepaalt weer het aanzicht van Dwingeloo', *Siepel Nieuws* 4 april 1989.
- F. Baud, *Proeve van eenen cursus over de waterbouwkunde*, deel 2 (met platenatlas), 's-Gravenhage 1838.
- K.A. Bazlen, *Zuiderzeeland. Nieuw land in wording*, Amsterdam 1952.
- A.A. Beekman, *Polders en droogmakerijen*, deel I, afd. VI van N.H. Henket e.a. (red.), 'Waterbouwkunde', 's-Gravenhage 1908/1909, (2 afl.).
- A.A. Beekman, *Nederland als polderland. Beschrijving van den eigenaardigen toestand der belangrijkste helft van ons land*, Zutphen 1932 (3e druk).
- A.A. Beekman, *De wateren van Nederland aardrijkskundig en geschiedkundig beschreven*, 's-Gravenhage 1948.
- J.J.P. Beernink, *Waterbouwkundige werken der oudheid in Nederland*, Deventer 1937.
- A.A. Bekaar, 'Mededeeling over trasmalen op het werk en eenige opmerkingen over naald- en metselproeven', *Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, Verhandelingen, verscheidenheden* (1875/1876), p. 50-56.
- A.A. Bekaar, 'Verslag over eenige metselproeven, gedaan bij het bouwen van de Nieuwe Statenzijl en van een Bazaltmuur in de haven van Delfzijl', *Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, Verhandelingen, verscheidenheden* (1878/1879), p. 50-56.
- A.A. Bekaar, 'G. van Diesen als hoofdingenieur van Zeeland van 1874-1881', *De Ingenieur* 21 (1906), p. 368-373.
- Beknopt handboek der waterbouwkunde bevattende de meest voorkomende constructies en de regel, bij die werken in acht te nemen door een oud Rijkswaterstaat-opzichter*, Rotterdam z.j.
- F.L. Berghuis, *Handboek voor water- en burgerlijke bouwkunde*, met platenatlas, Groningen 1879.
- 'Bewegingsinrichtingen voor sluisdeuren' (door By), *De Ingenieur* 44 (1929), p. B197-B198.
- H.P. Berlage e.a. (red.), *Moderne bouwkunst in Nederland*



- no. 19. *Bruggen, viaducten en sluiswerken*, Rotterdam 1935.
- R. Biemans, *Sluis-stuwcomplex Lith*, uitgave Rijkswaterstaat Dienstkring Nijmegen-Maas, Lith 1990.
- C. Biemond, 'Nieuwe gezichtspunten bij de beoordeling van verkeersverbeteringen 1: de schutsluis', *Publieke Werken* 5 (1936) p. 150-152.
- M. Bierma e.a. (red.), *Terpen en wierden in het Fries-Groningse kustgebied*, Groningen 1988.
- A. Bijls, 'Historische techniek. Wie bouwde de eerste schutsluizen?', *De Ingenieur* 55 (1940), p. 162.
- P.G. Bins, *Frieslands strijd tegen het water*, Leeuwarden 1949.
- J. Blanken, *Nieuw ontwerp tot het bouwen van minkostbare sluizen, welke alle de vereischten der bekende sluizen bezitten, en daar en boven de steeds ontbrekende, meer uitgebreide nuttigheden van dezelve, vervullen kunnen*, 's-Gravenhage 1808.
- J. Blanken, *Antwoord aan den heer inspecteur-generaal over den waterstaat van het Koninkrijk Holland, A.F. Goudriaan, tot wederlegging van deszelfs in druk uitgegeven bedenkingen, wegens een nieuw ontwerp der sluizen van zinnen ambtgenoot*, 's-Gravenhage 1808.
- J. Blanken, *Iste vervolg-memorie van geschiedkundige aantekeningen, over de vroegere binnendijksche waterontlastingen, door sluizen en waterleidingen tot in de buitenrievieren, enz.*, Utrecht 1835.
- J. Blanken, 'Verbaal van de eerste sluiting, de droogmaking en de zetting van Zijner Majesteit oorlogschip van linie Willem de Eerste, in het drooge dok aan het Nieuwe Diep, in juli 1822, bijlage bij notulen der vergadering van 11 november 1851, *Algemeen verslag van de werkzaamheden en notulen der vergaderingen van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs* (1851/1852), p. 76-85.
- V.I.P. de Blocq van Kuffeler, 'De afsluiting en de daartoe reeds gemaakte en in uitvoering zijnde dijkswerken', *De Ingenieur* 42 (1927), p. 789-794.
- H.E. Boer, *Kanalen, kanaalwerken, polders*, serie Theorie en Practijk, Amsterdam 1921.
- H.E. Boer en J.A. Kielman, *Rivieren, rijshoutconstructies, dijken, duinen en stranden, waterschappen, polders en droogmakerijen*, deel 3 van A.P. Potma (red.), 'Weg- en Waterbouwkunde', Amsterdam 1936, 1942 (2e druk).
- H. ten Bokkel Huinink, 'Vervanging van de railbanen van de roldeuren van de Oostsluis te Hansweert', *De Ingenieur* 50 (1935), p. B141-B144.
- M.B.N. Bolderman en A.W.C. Dwars, *Beknopt leerboek der Waterbouwkunde*, Amsterdam/Utrecht 1913.
- F.L. van der Bom (red.), *Koninklijk Instituut van Ingenieurs, Jubileum 1847-1947*, z.pl. 1947, p. 100-112, 'Bouw- en Waterbouwkunde'.
- M.C.E. Bongaerts (bew.), *De scheiding van Maas en Waal onder verlegging van de uitmonding der Maas naar den Amer*, uitgave Ministerie van Waterstaat, z.pl. 1909.
- M.C.E. Bongaerts, *Een nationaal belang van groote betekenis. De kanalisatie van de Limburgsche Maas*, rede, gehouden in de Afdeling 'Roermond' der Limburgsche Maasvereniging, 30 juni 1912, Roermond 1912.
- A. van den Boogaard, 'Sluis te Muiden weer in bedrijf', *De Waterkampioen* (1976), p. 1450-1453.
- Boulé, 'Memorie betreffende een nieuw stelsel van beweegbare stuwten, gesloten door valschiiven en opzetrampen', *Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, Verhandelingen, vertalingen* (1877/1878), p. 75-94.
- S. Bouma, 'De Groninger Veenkoloniën', *De Ingenieur* 25 (1910), p. 459-471.
- 'Bouw eener tweede schutsluis in het Merwedekanaal bij Utrecht', *De Ingenieur* 17 (1902), p. 580.
- 'Bouw van een derde stel schutsluizen voor het Kanaal door Zuid-Beveland te Hansweert en te Wemeldinge', *De Ingenieur* 23 (1908), p. 368.
- 'Bouw van een schutsluis e.a. te IJmuiden en verbetering van het Noordzeekanaal', *De Ingenieur* 30 (1915), p. 631-633.
- H. Bouwman e.a. (red.), *Verkaveld door de sloten*, uitgave t.g.v. tien jaar Waterschap 'De Oude Veenen', Leiderdorp 1989.
- W.C. Brade, *Handboek van waterbouwkunde. Beschrijving der voornaamste kanalen in Nederland*, 's-Gravenhage/Amsterdam 1844.
- H. Brand en J. Brand, *De Hollandse Waterlinie*, Utrecht 1986, 1988 (2de druk).
- W. Brandsma Johs. Zn., 'Een nieuw type uitwateringsluizen', *De Ingenieur* 26 (1911), p. 902-907.
- L.G. van Breen, 'Kraandeursluis', *Centraalblad der Bouwbedrijven voor Nederland en koloniën* 7 (1916) nr. 52.
- L.G. van Breen, 'Beschouwingen over waaierdeuren en taatsen in verband met het herstellen van benedendraaipunten in de middenschutsluis te Terneuzen', *Centraalblad der Bouwbedrijven voor Nederland en koloniën* 11 (1919), p. 26-28, 33-36.
- W.H. Brinkhorst, 'De werken van het Amsterdam-



- Rijnkanaal tusschen den Vaartschen Rijn bij Jutphaas en de Lek bij Vreeswijk', *De Ingenieur* 49 (1934), p. B143-B149.
- W.H. Brinkhorst en C. de Groot, 'De keersluis te Vlissingen', *De Ingenieur* 44 (1929), p. B235-B246.
- W.H. Brinkhorst en C.T.C. Heyning, 'Het Amsterdam-Rijnkanaal', *De Ingenieur* 49 (1934), p. B111-B114; 52 (1937) p. B61-B66.
- P. Broos, 'Droogmakerijen waren empirische karweien', *Delft Integraal. Onderzoek en onderwijs van de TU Delft* (1992) 1, p. 17-21.
- H.E. de Bruijn, J.W. Welcker en A. Déking Dura, *Martenhoekster Verlaat*, commissie-rapport, Den Haag 1908.
- S. Bruines, 'Van Westsaenersluis tot Zaangemaal', *Met Stoom* (1991) nr. 8, p. 18-23.
- C. Brunings, *Consideratien nopens de algemeene verbetering der hoofdrievieren binnen de Bataafsche Republiek. Opgesteld door den directeur-generaal van 's lands rivier en zeewerken*, handschrift, Zwanenburg 1806.
- H.C.P. de Bruyn, 'Het Maas-Waalkanaal. De schutsluizen van het Maas-Waalkanaal', *De Ingenieur* 40 (1925), p. 484-487.
- A. Bubberman, 'Beschoeiingen van gegoten ijzer', *De Ambachtsman* 12 (1896), p. 145-146.
- W. Buist, 'De (nieuwe) Hollandse Waterlinie: monument zonder gevallen', *De Kampioen* juli/aug. (1987), p. 16-19.
- E.J. Bult en D.P. Hallewas, *Graven bij Valkenburg III, het archeologisch onderzoek in 1987 en 1988*, Delft 1990, hoofdstuk 1: 'De opgravingen op het marktveld te Valkenburg (Z.H.) in 1987 en 1988', p. 16-18.
- W.W. Buma, *Antwoord aan den heer D.H. Andreae, te Kollum, handelende namens eene commissie uit Gedeputeerde Staten van Groningen, op een voorstel betreffende de afsluiting van het Reitdiep enz.*, Leeuwarden 1868.
- J.F.W. Burky, 'De bruggen en waterkeringen van de Parksluizen te Rotterdam', *Staal* 2 (1936), p. 101-105, 119-123, 129-132.
- G.A. Coert, *Drenthe en zijn waterschappen*, gedenkboek t.g.v. 50 jarig bestaan Drentse waterschapsland, Meppel 1984.
- G.A. Coert, *Stromen en schutten, vaarten en voordien. Geschiedenis van de natte waterstaat in Drenthe (1400-1985)*, Meppel 1991.
- G.A. Coert, 'De Meppelersluis in de zeventiende- en achttiende eeuw', *Oud Meppel* 13 (1991) nr. 1, p. 45-53.
- G.A. Coert, 'Werken en wonen in de Smildervenen in de zeventiende eeuw. Een mislukte kolonisatie te Hoogersmilde', *Tijdschrift voor Waterstaatsgeschiedenis* 2 (1993) p. 58-74.
- P.J. Colijn, *Duikers en sluizen*, deel 3 van M.B.N. Bolderman en A.W.C. Dwars, 'Waterbouwkunde', Amsterdam 1947 (4de druk).
- Conrad, 'schutsluis te Veere', opmerkingen bij de behandeling van de Waterstaatsbegroting voor 1898 in de Tweede Kamer der Staten-Generaal, *De Ingenieur* 13 (1898) p. 17-18.
- F.W. Conrad, *Verspreide bijdragen*, 's-Gravenhage/Amsterdam 1849.
- F.W. Conrad, 'Beschrijving van eene nieuwe wijze van sluiting van sluizen of dokken, of van iedere andere opening bestemd voor de scheepvaart', bijlage bij notulen der vergadering van 9 april 1850, *Algemeen verslag van de werkzaamheden en notulen der vergaderingen van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs* (1849/1850), p. 208-211.
- F.W. Conrad, 'Beschrijving van den bouw der schutsluis Willem III en van de herstelling der schutsluis Willem I, gelegen aan den ingang van het Noordhollandsch Kanaal tegenover Amsterdam', *Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, Verhandelingen* (1870/1871), p. 159-204.
- I.F.W. Conrad, *Brief aan het dagelijks bestuur van het Waterschap Schouwen*, Haarlem 1875.
- J.F.W. Conrad, 'Beschrijving van de wijze, waarop de derde waterkeering der Rijks Hulp-schutsluis te Vreeswijk in 1850 is afgedamd', bijlage bij notulen der vergadering van 10 juni 1851, *Algemeen verslag van de werkzaamheden en notulen der vergaderingen van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs* (1850/1851), p. 165-169.
- M. Coornaert, *Heist en de Eiesluis. De geschiedenis, de topografie en de toponimie van Heist met een studie over de Eiesluis*, Tiel 1976, p. 297-366, hoofdstuk 5: 'De Geschiedenis van de Eiesluis'.
- M. Coornaert, 'Waar en wanneer is Damme ontstaan', *Rond de Poldertorens* 28 (1986), p. 51-84.
- M. Coornaert, 'Sluizen en Watermolens in Brugge en in Damme', *Rond de Poldertorens* 29 (1987), p. 37-54, 59-87.
- M. Coornaert, 'De watermolen en de havenkille van Damme', *Rond de Poldertorens* 32 (1990), p. 86-113.
- W.H. Cos, 'Het bewegen van sluisdeuren', *De Ingenieur* 48 (1933), p. B135.
- J. van Dalen, 'Kabelspanningen en -kokers in waterbouwkundige kunstwerken. De kabelkoker in de Nieuwe Schutsluis te IJmuiden', *Centraalblad der Bouwbedrijven*



voor *Nederland en koloniën* 18 (1926/1927), p. 148-151.

J. van Dalen, 'Het buitensluishoofd van de derde schutsluis te IJmuiden', *Centraalblad der Bouwbedrijven voor Nederland en koloniën* 20 (1929), p. 265-269, 285-287, 345-348.

P.J.E.M. van Dam, *Bestuur en beleid in het moeras: het Hoogheemraadschap van Rijnland in de vijftiende eeuw*, doctoraalscriptie RUL Middeleeuwse Geschiedenis, Leiden 1989.

P.J.E.M. van Dam, 'Gravers, ofzetters en berriedragers. Werkgelegenheid aan de Spaarndammerdijk omstreeks 1510', *Tijdschrift voor sociale geschiedenis* 18 (1992), p. 447-478.

P. Deiters, Charles Vandenhove. Een culturele en premoderne architectuur. Droogdok Hellevoetsluis/Koninklijke Schouwburg Den Haag, Rotterdam 1990.

A. Déking Dura, 'Stoney-sluizen', *De Ingenieur* 13 (1898), p. 93.

A. Déking Dura, 'Bouw en exploitatie van het Rijn-Westerkanaal', *De Ingenieur* 29 (1914), p. 323-327.

'Deuren voor de schutsluis te IJmuiden', *De Ingenieur* 42 (1927), p. 109.

H.A.M.C. Dibbitts, *Nederland-Waterland. Een historisch-technisch overzicht*, Utrecht 1950.

B.P.G. van Diggelen, *De beweging der spoordeuren in sluizen, door drukking van het water op een drijfboom*, Zwolle 1850.

J. Dirks, 'Nota betreffende de werken van de Amsterdamsche Kanaalmaatschappij' (bijlage bij notulen der vergadering van 8 juni 1871), *Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs* (1870/1871), p. 124-135.

A.B. Döbken, 'Spijkenisse: Hartel West' en 's-Gravenzande' in: Archeologische kroniek Zuid-Holland, *Holland, regionaal-historisch tijdschrift* 21 (1989), p. 329, 343-344.

P. Don, *Voorne-Putten*, Zeist/Zwolle z.j.

M. Donkersloot - de Vrij e.a., *De Stichtse Rijnlanden. Geschiedenis van de zuidelijke Utrechtse waterschappen*, Utrecht 1993.

G. Doorman, *Octrooien voor uitvindingen in de Nederlanden uit de 16e-18e eeuw. Met bespreking van enkele onderwerpen enz.*, uitgave Octrooiraad, 's-Gravenhage 1940 (met aanvulling, 1942).

G. Doorman, *Het Nederlandsch Octrooiwezen en de techniek der 19e eeuw*, uitgave Octrooiraad, 's-Gravenhage 1947.

G. Doorman, *Techniek en octrooiwezen in hun aanvang. Geschiedkundige aanvullingen bij: 1. octrooien voor uitvindingen enz.*, 's-Gravenhage 1953.

D. van Doorn e.a., *Gedenkschrift uitgegeven t.g.v. het 700-jarig bestaan van het Hoogheemraadschap van Schieland*, Utrecht/Hilversum 1984 (facs. van Rotterdam 1973).

*De drielingsluis te Maasbracht*, publicatie Ministerie van Verkeer en Waterstaat, no. 296, Den Haag z.j.

A.H. van Drunen en A. Steketeer, 'Oude uitwateringsluis bij Fort Crèvecoeur', *Bulletin Stichting tot behoud van monumenten van bedrijf en techniek in het zuiden van Nederland* (1989) nr. 32, p. 659-689.

C.F. Egelie, 'De stuw te Grave', *De Ingenieur* 43 (1928), p. B15-B26.

C.F. Egelie, 'De schutsluis in het Bossche Veld', *De Ingenieur* 45 (1930), p. B226-B228.

C.F. Egelie, 'De hefdeuren, de bewegingsinrichtingen en de elektrische installatie van de schutsluis in het Bossche veld te Maastricht', *De Ingenieur* 47 (1932), p. B145-B155.

A. Eggink, 'Eenige mededeelingen omtrent den bouw van de sluis en den stroomduiker bij Zutphen', *De Ingenieur* 47 (1932), p. B89-B91.

A. Eggink, 'De Twenthekanalen', *De Ingenieur* 52 (1937), p. B95-B101.

J.M.W. van Elzelingen, 'De provinciale vaarwegen in Zuid-Holland', *De Ingenieur* 26 (1911), p. 52-62.

F. Engelhard, *Kanal- und Schleusenbau*, deel 3, band 4 van R. Otzen (red.), 'Handbibliothek für Bauingenieure', Berlin 1921.

F. Engers, 'Zandsteen voor sluiswerk', *De Ambachtsman* 13 (1898), p. 376.

J.G. Ermerins, 'Beschrijving van de onderloopschheid der sluizen en de verzanding voor den havenmond van het Kanaal door Walcheren te Veere, enz.', *De Ingenieur* 17 (1902), p. 54-60, 70-74.

B.R. Feis en P. Nijhof, *Bedrijfsmonumenten in het groene hart van Holland. Een verkenning van monumenten van bedrijf en techniek in Midden-Holland en West-Utrecht*, Zwolle 1983.

J.G.W. Fijnje, 'Levensbericht van Frederik Willem Conrad, voorzitter en een der oprichters van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs en eene bijdrage tot de geschiedenis van den waterstaat van zijn tijd', bijlage bij notulen der vergadering van 9 juni 1870, *Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, Algemeen verslag van*



de werkzaamheden en notulen der vergaderingen (1869/1870), p. 123-213.

C. Franx, 'De nieuwere gezichtspunten inzake schutsluizen', *De Ingenieur* 44 (1929), p. B44-B51, B110-B111.

C. Franx, 'De strijd tegen het water in het Middeleeuwse Rotterdam', *Rotterdams Jaarboekje 1945*, Rotterdam 1945.

C. Franx, 'Merkwaardige oude fundeeringen blootgelegd te Rotterdam', *Weg en Waterbouw* 8 (1948), p. 17-32.

M.C. Fritzlin, 'Eenige aantekeningen over den bouw der Parksluizen te Rotterdam', *Publieke Werken* 2 (1932), p. 37-41.

W.A. Froger, *Ontwerp ter bekoming eener geregelde waterverversching in de grachten der stad Amsterdam*, Amsterdam 1850.

'Gebreken aan de schutsluis te Vreeswijk', *De Ingenieur* 19 (1904), p. 855.

*Gedenkboek. Twee eeuwen Waterstaatswerken*, Amstelveen 1960.

H. van Gelderen, 'Iets over de beweging van schuiven van groote afmetingen onder grooten waterdruk', *De Ingenieur* 13 (1898), p. 348-349.

B.A. Gelders, 'De sluis te Tiel. Sluitstuk van het Amsterdam-Rijnkanaal' (Delen I en II), *Cement* 4 (1952), p. 343-345, 396-400.

W.G.C. Gelinck, 'Een en ander betreffende de voormalige Sassluis te Werkendam', *De Ingenieur* 18 (1903), p. 858-861.

W.G.C. Gelinck, 'Het Noordzee-kanaal. 8 maart 1865-8 maart 1915', *De Ingenieur* 30 (1915), p. 197.

W.G.C. Gelinck, 'De werken te IJmuiden in verband met den bouw van de groote sluis', *De Ingenieur* 39 (1924), p. 743-745.

L. Giebels (red.), *Waterbeweging rond Gouda van ca. 1100 tot heden. Geschiedenis van Rijnlands waterstaat tussen IJssel en Gouwe*, Leiden 1988.

A. Glerum e.a. *Waterbouwkundige constructies B.O. I*, verzamelde aantekeningen bij het college f9a, Delft 1981.

A.F. Goudriaan, *Brief aan den inspecteur-generaal bij den waterstaat J. Blanken, Jansz. over deszelfs onlangs uitgegeven stukken, getijeld: 'Nieuw ontwerp tot het bouwen van minkostbare sluizen, enz.'*, Amsterdam 1808.

A.F. Goudriaan, *Verhandeling over het ontwerp van sluizen volgens de uitgave van den heer inspecteur generaal bij den waterstaat van het Koninkrijk Holland, J. Blanken,*

*Jansz. Het eerst aan de Benschopper sluis beproefd*, Amsterdam 1809.

A.F. Goudriaan, 'Ontwerp, ter verbetering van de schutsluizen; ... dat, bij de doorschutting, het schutwater voor een groot gedeelte weder op den boven-boezem ter rug gevoerd wordt', *Verhandeling der Eerste Klasse van het Hollandsch Instituut van Wetenschappen, enz.*, deel 1, Amsterdam 1812, p. 131-165.

A.F. Goudriaan, *Aanmerkingen over het nemen van proeven met modellen van werktuigen in het algemeen, ... door welken de schutsluizen de belangrijke eigenschap kunnen verkrijgen, dat, bij de doorschutting, het schutwater voor een groot gedeelte weder op den boven boezem te rug gevoerd wordt, overdruk uit 'Verhandelingen der Eerste Klasse van het Hollandsch Instituut van Wetenschappen, deel 6'*, Amsterdam 1823.

A.F. Goudriaan, *Verhandeling ter beantwoording der vraag: welke middelen, behalve de gebruikelijke en niet voldoende, er kunnen aangewend worden, om de wellen, bij het funderen van diepe sluizen, te bedwingen, enz.*, z.pl. (1827).

*De Gouwe*, uitgave Stichting Binnenhavenmuseum 'Turfsingel' Gouda, Gouda z.j.

A. Greve, 'Beschrijving van de middelen, welke zijn aangewend tot het dicht en onschadelijk maken van de lekkingen aan de Mallegat- en Donkere sluizen te Gouda in augustus 1851', bijlage bij notulen der vergadering van 11 november 1851, *Algemeen verslag van de werkzaamheden en notulen der vergaderingen van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs (1851/1852)*, p. 51-59.

C.L. van Groningen, *De Vijfheerenlanden met Asperen, Heukehum en Spijk*, serie: De Nederlandse monumenten van geschiedenis en kunst, 's-Gravenhage z.j., p. 1-46, 209-211 ('Weg- en waterbouwkundige werken').

C.L. van Groningen, *De Alblasserwaard*, serie: De Nederlandse monumenten van geschiedenis en kunst, Zeist/Zwolle 1992, p. 75-110 ('Weg- en waterbouwkundige werken').

C. de Groot, 'Een schutsluis zonder riolen en bewegingsinrichtingen', *De Ingenieur* 44 (1929), p. B215.

N.D.B. Habermehl, *Gouda Waterstad*, uitgave Stichting Open Monumentendag Gouda, Gouda 1988.

N.D.B. Habermehl en J.W. s'Jacob, *Gouda, het Tolhuis en zijn omgeving*, uitgave Stichting Open Monumentendag Gouda, Gouda 1990.

C. Hadfield, *Canals of the world*, Oxford 1964.

C. Hadfield, *World canals. Inland navigation past and present*, London 1986.

J. Hafkamp, 'Zonder bemaling krijgen we natte voeten',



*Reformatorsch Dagblad* 14 juni 1990, p. 15.

B. Hakkeling, 'Het heien bij den sluisbouw te IJmuiden', *Bouwbedrijf* 6 (1929), p. 10-13, 31-35.

B. Hakkeling, *De uitvoering van de werken betreffende den bouw eener schutsluis c.a. te Wijk bij Duurstede*, overdruk uit het tijdschrift O.T.A.R., Alphen aan den Rijn 1940.

B. Hakkeling, *De uitvoering van de werken betreffende den bouw van het Sluizencomplex te Ravenswaaij (Gld.)*, overdruk uit het tijdschrift O.T.A.R., z.pl. 1941.

H. Halbertsma, *Terpen tussen Vlie en Eems, een geografisch-historische benadering*, deel 2: Tekst, uitgave Vereniging voor Terpenonderzoek, Groningen 1963.

D.P. Hallewas, 'Valkenburg' in: Archeologische kroniek Zuid-Holland, *Holland, regionaal-historisch tijdschrift* 19 (1987), p. 318-322.

J.H. Harte, *Volledige leerboek der sluis- en waterbouwkunde, bevattende de beschrijving en afbeelding van alle soorten van sluizen, bruggen, duikers, enz.*, Gorinchem 1852.

J. van Hasselt en De Koning, *Ontwerp voor een verbetering van den Scheepvaartweg Groningen - de Lemmer*, Nijmegen 1901.

G.D. van der Heide, 'Dijkbouw door de eeuwen heen' in: J.E. Bogaers e.a. (red.), *Honderd eeuwen Nederland*, 's-Gravenhage 1959, p. 265-291.

W. Heitling en L. Lensen, *De Twenthekanalen, Succes van een mislukking*, Zutphen 1984.

F.E. Hellendoorn, 'Noord-Holland en de jongere bouwkunst: pionier onder de provincies', in *De stenen droom*, Zutphen 1988, p. 38-43.

F.E. Hellendoorn, 'Bescherming als provinciale monumenten. Waterstaatkundige objecten in Noord-Holland', *Monumenten* 7/8 (1988), p. 36-39.

F.E. Hellendoorn (samenst.), *Bescherming waterstaatkundige monumenten in Noord-Holland*, uitgave Provinciaal Bestuur van Noord-Holland, Haarlem 1989.

J.O. Henar en N.C. Bank, *Inventaris van het archief van het hoogheemraadschap van de Uitwaterende Sluizen in Kennemerland en Westfriesland 1544-1950*, Edam 1986.

*Herinnering aan het oordeel van eenen deskundigen over de afdamming van het Sloe*, z.pl. z.j. (ca. 1850).

'Hevelsluizen met automatischen luchtafvoer', *Centraalblad der Bouwbedrijven voor Nederland en koloniën* 2 (1910-1911), nr. 22, 23.

'Hevelsluizen voor Friesland', *Centraalblad der Bouwbedrijven voor Nederland en koloniën* 3 (1911/1912), nr. 17.

C.T.C. Heyning, 'Kanaal Wessem-Nederweert', *De Ingenieur* 40 (1925), p. 720-730.

C.T.C. Heyning en J.H. van der Burgt, 'Het kanaal van Wessem naar Nederweert', *De Ingenieur* 43 (1928), p. B175-B188.

H. van Heyst, 'Demerara-Greenheart', *Centraalblad der Bouwbedrijven voor Nederland en koloniën* 6 (1915), nr. 43-2.

D.A. van Heyst, 'Het kanaal naar Twenthe', *De Ingenieur* 32 (1917), p. 769-774.

J.H. van den Hoek Ostende, 'Overtomen in de omgeving van Amsterdam', in *Achtenzeventigste jaarboek van het genootschap Amstelodamum*, Amsterdam 1986 p. 21-53.

J.A. van den Hoek en A. Thomassen (red.), *25 jaar Rijnlandse Molenstichting*, Leiden 1983.

A. van Hoepen, 'De sluisbouw te IJmuiden', *Centraalblad der Bouwbedrijven voor Nederland en koloniën* 18 (1927), p. 377-379, 385-387, 397-404, 409-412.

A. van Hoepen, 'Nieuwe kanalen in het zuiden van ons land I: Kanaal Wessem-Nederweert', *Centraalblad der Bouwbedrijven voor Nederland en koloniën* 20 (1928), p. 34-36.

A. van Hoepen, 'Nieuwe kanalen in het zuiden van ons land II: Het Maas-Waalkanaal', *Centraalblad der Bouwbedrijven voor Nederland en koloniën* 20 (1928), p. 49-51.

*100 jaar trouwe dienst, Provinciale Waterstaat van Noord-Holland 1881-1981*, Amsterdam 1981.

W.H.J. van der Hooft, 'Vierkante achterhar houten sluisdeuren', *Centraalblad der Bouwbedrijven voor Nederland en koloniën* 16 (1924/1925), p. 102-103.

J.R. Hoogland, 'Historisch overzicht van de Waterwegen en Waterverdeling in Zuid Nederland', *OTAR* (1978), nr. 9.

T. van der Horst, *Theatrum machinarum universale; of keurige verzameling van verscheide grote en zeer fraaie waterwerken, schutsluizen, waterkeringen, ophaal- en draaibruggen. Met hare gronden, opstallen en doorgesneden deel I*, Franeker 1981 (facs. van Amsterdam 1736).

'Houten schutsluis' (Noord-Willemskanaal), *Centraalblad der Bouwbedrijven voor Nederland en koloniën* 1 (1909/1910), nr. 10, plaat 1.

A. Huët, 'Over de heropening, voor de scheepvaart, van den voormaligen Rijnmond bij Katwijk', bijlage bij notulen der vergadering van 11 september 1877, *Tijdschrift*



van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, *Algemeen verslag van de werkzaamheden en notulen der vergadering* (1877/1878), p. 14-19.

'IJzeren roldeuren voor de nieuwe schutsluis te IJmuiden' (door A. B.), *Centraalblad der Bouwbedrijven voor Nederland en koloniën* 16 (1924/1925), p. 181-182.

'Het inhangen van een sluisdeur', *Centraalblad der Bouwbedrijven voor Nederland en koloniën* 15 (1924), nr. 31.

'Inrichtingen, om de levende kracht van schutwater uit te putten' (door v.d. Vl.), *De Ingenieur* 43 (1928), p. B220-B222.

*Installations mécaniques et électriques pour le service d'écluses et de ponts-mobiles*, uitgave Haarlemsche Machinefabriek Figeo, Haarlem z.j.

C.A.P. Ivens, *De beteekenis van het Maas-Waal-Kanaal*, uitgave van de "Maas- en Waalkanaal-Vereeniging, Nijmegen 1928.

P.Ph. Jansen, 'Het stuwcomplex in de Maas bij Lith', *De Ingenieur* 50 (1935), p. B219-B228.

K. Jansma, *Lely bedwinger der Zuiderzee*, Amsterdam 1948, 1954 (2e druk).

T. Janssen, *Neuerungen an Schiffahrtsschleusen*, *Zeitschrift für Bauwesen* 40 (1890) p. 255-264.

C.H. Jeldes, 'Schuifdeuren voor zeesluizen en droogdokken', *De Ingenieur* 39 (1924), p. 158-159.

C.A. Jolles, 'Kanaalverbinding met Twenthe', *De Ingenieur* 29 (1914), p. 300-301.

C.A. Jolles, 'De scheepvaartweg van Amsterdam naar den Rijn', *De Ingenieur* 33 (1918), p. 451-459.

D.L. de Jong, 'De Mallegatsluis', *Bijdragen Oudheidkundige Kring Die Goude* 3 (1941) p. 71-84.

E.W. de Jong, *Herinnering aan de openstelling van het Noordzeekanaal en van de haven van IJmuiden 1 november 1876-1901*, Amsterdam 1901.

T. de Joode en P. Bernard, *De mens en het water. Bruggen, sluisen en kanalen in Nederland en België*, Weert 1989.

J.P. Josephus Jitta, 'De bouw van de nieuwe schutsluis c.a. te IJmuiden. Hoofdstuk III: Stabiliteitsberekening van de schutkolkmuuren van de in aanbouw zijnde schutsluis te IJmuiden', *De Ingenieur* 39 (1924), p. 773-777.

J.P. Josephus Jitta, 'De deuren en de afsluitcaisson voor de deuren van de Nieuwe Schutsluis te IJmuiden', *De Ingenieur* 42 (1927), p. 169-181.

J.P. Josephus Jitta, 'Het bewegen van sluisdeuren', *De ingenieur* 48 (1933), p. B44-B45.

J.P. Josephus Jitta, 'Een nieuw type schuif voor groote vervallen', *De Ingenieur* 48 (1933), p. B242-B244.

J.P. Josephus Jitta, 'Hefdeuren en vlakke stuwschuiven, welke slechts gedurende het bewegen rusten op wielen', *De Ingenieur* 49 (1934), p. B154-B155.

J.P. Josephus Jitta, 'Het ontwerp van het schutsluizencomplex te Vreeswijk', *De Ingenieur* 50 (1935), p. B163-B177.

J.P. Josephus Jitta, 'Het ontwerp van de sluisen in den Vaartschen Rijn, wederzijds van het Amsterdam-Rijnkanaal', *De Ingenieur* 51 (1936), p. B167-B170.

J.P. Josephus Jitta, 'Het ontwerp van de sluis te Wijk bij Duurstede', *De Ingenieur* 52 (1937), p. B53-B59.

J.P. Josephus Jitta, 'Het ontwerp van het sluisencomplex te Ravenswaay', *De Ingenieur* 53 (1938), p. B81-B86.

J.P. Josephus Jitta, *Sluisen en andere Waterbouwkundige Kunstwerken in en langs kanalen*, Haarlem 1947.

W. Kamp, 'De kunstwerken beoosten Wieringen', *De Ingenieur* 42 (1927), p. 794-798.

W. Kamp, 'De afsluitingswerken van de Zuiderzee', *De Ingenieur* 45 (1930), p. B173-B185.

'Kanaal Wessum-Nederweert', *De Ingenieur* 30 (1915), p. 983.

'Kanaalverbinding met Twenthe', *De Ingenieur* 29 (1914), p. 300-301.

'Kanaliserie van de Maas in Limburg', *De Ingenieur* 28 (1913), p. 640-641, 29 (1914), p. 718-719, 30 (1915), p. 233-234, 359, 361, 545.

'De kanalisatie van Westerwolde', *De Ingenieur* 14 (1899), p. 194, 29 (1914), p. 929.

L. van de Kastele, 'Opgaven der vereischte afmetingen voor de verschillende deelen der waterkeering van de geprojecteerde stuw, in de rivier de Vecht bij Loozenschans, gelegen in de provincie Overijssel', bijlage bij notulen der vergadering van 13 maart 1849, *Algemeen verslag van de werkzaamheden en notulen der vergaderingen van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs* (1848/1849), p. 268-271.

L. van de Kastele en T.J. Stieltjes, 'Verslag eener reis naar Frankrijk, tot het onderzoeken van beweegbare stuwten', *Verhandelingen van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs* (1852/1853), p. 53-80.

'Het keerschut in de 'Oude Vaart' of Dwingelooër-



- stroom', *De Ingenieur* 48 (1933), p. A253, A280-281.
- A.E. Kempees, 'Over den bouw eener tweede schutsluis in het Merwedekanaal bewesten Utrecht', *De Ingenieur* 21 (1906), p. 503-511.
- A.E. Kempees en J.A. Ringers, 'Rol- en schuifdeuren in België en Duitschland', *De Ingenieur* 26 (1911), p. 489-506.
- P.H. Kemper, 'Scheepvaartweg Groningen-Lemmer', *De Ingenieur* 32 (1917), p. 905-906.
- J. Kingma, 'Overtomen in Nederland', *Industriële Archeologie* 11 (1991) 39, p. 48-64.
- J. van der Kley, *Vaarwegen in Nederland. Een beschrijving van de Nederlandse binnenvaartwegen*, Assen 1967.
- D.J. Klink, 'De nabij Maastricht in uitvoering zijnde werken van het Julianakanaal', *De Ingenieur* 42 (1927), p. 529-544.
- J.A. van der Kloes, 'Zandsteen voor sluiswerk', *De Ambachtsman* 13 (1898), p. 180, 368-369, 376.
- P.G. Knibbe, *De vaarweg Amsterdam-Gouda-Rotterdam*, Leiden 1988.
- J. Kok, 'De overhaal in Broekerhaven. Verbinding tussen polder 'Het Grootslag' en de Zuiderzee/IJsselmeer', *Noord-Holland. Magazine over de provincie Noord-Holland* 4 (1985), p. 23-28.
- J. Kok, *Knooppunt in West-Europa*, z.pl. 1986.
- A.C. Kolff en S. Netto, 'De stichting van het boezemgemaal van Delfland, "Dieselgemaal mr. dr. C.P. Zaayer"', *De Ingenieur* 43 (1928), p. B203-B214.
- E. van Konijnenburg, *Scheiding van Maas en Waal*, 's-Gravenhage 1905.
- Koninklijk Instituut van Ingenieurs, Afdeling voor Bouwen Waterbouwkunde, 50 jaar (16 januari 1906- 16 januari 1956)*, uitgave t.g.v. herdenking 50 jarig bestaan, Delft/Voorburg 1956.
- J.E. Kooreman, 'Ontwerp voor een rol-voetbrugje over een sluishoofd', *Centraalblad der Bouwbedrijven voor Nederland en koloniën* 2 (1911), nr. 40.
- W. Koppen, 'De beweging van puntdeuren door middel van stuwschroeven', *De Ingenieur* 52 (1937), p. W95-W101.
- G. Koppert, *De forten rond Utrecht. Verdedigingswerken in de Nieuwe Hollandse Waterlinie*, serie 'Historische reeks Utrecht' deel 1, Utrecht 1983, 1987 (4e druk).
- J.B.T. Kruijer, 'Bruggen en sluisen' in: *Architectuur en stedebouw in Drenthe 1850-1940*, Zwolle 1991, p. 127-128.
- J.H. Kruizinga, 'De Amstelsluizen jubileren', *Ons Amsterdam* 25 (1973), p. 162-167.
- B. Lamberts en H. Middag, 'Bruggen, sluisen en gemalen' in: *Architectuur en stedebouw in Overijssel 1850-1940*, Zwolle 1991, p. 143-138.
- N.C. Lambrechtsen, 'De verbetering van de Overijsselse Vecht', *De Ingenieur* 33 (1918), p. 428-441.
- C.J. de Lange van Wijngaerden en J.N. Scheltema (bewerker), *Geschiedenis en beschrijving der Stad van der Goude*, Gouda 1879.
- J. Last, *Leegwater maalt de meren leeg*, Amsterdam 1942.
- H.W. van Leeuwen, 'De relatie Leidschendam-Delft' in: F.H.C.M. Daams en J.D. de Kort sr., *Over, door en om de Leytsche Dam. Geschiedenis van een gouden gemeente*, Leidschendam 1988.
- C. Lely, 'Verwijding der Oosterdoksuis te Amsterdam', *De Ingenieur* 22 (1907), p. 505.
- C. Lely, *De Kanaalverbinding Amsterdam - Boven-Rijn en de verbetering van de Linge*, rede gehouden voor de Betuwsche Kanaalvereniging op 28 november 1927, Tiel z.j.
- J. Lely, 'Het Kanaal van Gent naar Terneuzen als afwateringskanaal', *De Ingenieur* 23 (1908), p. 608-611.
- J. Lely, 'Herstellingen aan de schutsluis van het kanaal door Voorne te Nieuwesluis', *De Ingenieur* 26 (1911), p. 981-987.
- J.F. Ligtenberg en J.W. Thierry, 'De randwerken van den Wieringermeerpolder', *De Ingenieur* 44 (1929), p. B164-B169.
- Q.M. van der Linde, 'De roldeuren en afsluitcaisson voor de nieuwe schutsluis te IJmuiden', *Centraalblad der Bouwbedrijven voor Nederland en koloniën* 19 (1928), p. 297-300, 315-318.
- H. van der Linden, 'De Zwammerdam', in *Met eerbiedigende werking. Opstellen aangeboden aan prof. mr. L.J. Hijmans van den Bergh*, Deventer 1971.
- H. van der Linden, 'Een nieuw publiekrechtelijk fenomeen in de veertiende eeuw: de Rijnlandse polder', in *Samenwinnige*, uitgave t.g.v. tienjarig bestaan Nederlands Centrum voor Rechtshistorische Documentatie, Zwolle 1977.
- H. van der Linden, 'Een nieuwe overheidsinstelling: het waterschap circa 1100-1400', in *Algemene Geschiedenis der Nederlanden* deel 3: 'Middelen eeuwen', Haarlem 1982.



H. van der Linden, 'Oorsprong en oudste ontwikkeling van het hoogheemraadschap van Rijnland', *Holland, regionaal-historisch tijdschrift* 22 (1990), nr. 3, p. 129-149.

A. van Linden van den Heuvel, *Waterstaatswerken in Overijssel*, z.pl. 1939.

G.C.P. Linssen, 'De Roermondse waterkrachtcentrale', *Industriële Archeologie* 2 (1982), p. 103-115.

H.W. Lintsen e.a. (red.), *Geschiedenis van de techniek in Nederland. De wording van een moderne samenleving 1800-1890* deel 2, Zutphen 1993, p. 93-174: 'Waterstaat en infrastructuur'.

G. Lodder, 'Doorbraak en herstelling van de uitwateringssluis te Crèvecoeur', *Centraalblad der Bouwbedrijven voor Nederland en koloniën* 16 (1925), p. 210-213, 218-221.

Loebell, 'Die Wasserstraßenabteilung des Reichsverkehrsministeriums auf der Deutschen Verkehrsausstellung in München 1925', *Die Bautechnik* 3 (1925), p. 409-411.

F.P.G. van Loenen Martinet, 'Het bewegen van sluisdeuren', *De Ingenieur* 48 (1933), p. E64.

F.P.G. van Loenen Martinet, 'De elektrische en mechanische werken ten behoeve van de kanalen Terneuzen-Sas van Gent en Hansweert-Wemeldinge', *De Ingenieur* 48 (1933), p. W127-W129.

A.R. van Loon en N.C. Lambrechtsen, 'Het Kanaal van Gent naar Terneuzen', *De Ingenieur* 24 (1909), p. 566-580.

J. Lubberts, *De sluis in de vloeddijk te Nijbroek. Geschiedenis en restauratie*, uitgave Oudheidkundige Kring Voorst, z.pl. 1991.

*De Maas. Varen en spelevaren*, uitgave Voorlichting Verkeer en Waterstaat, Den Haag 1986.

'Het Maas-Waalkanaal', *Centraalblad der Bouwbedrijven voor Nederland en koloniën* 17 (1925/1926), p. 22-24.

C. Matschoss en W. Lindner, *Technische Kulturdenkmale*, Düsseldorf 1984 (fac. van München 1932), p. 115-123.

Z.Y. van der Meer, *Het opkomen van den waterstaat als taak van het landsbestuur in de Republiek der Vereenigde Provinciën*, proefschrift, Delft 1939.

J.E. de Meijer, 'Studie over vaste stuwdammen in verband met de voorgenomen opstuwing der Solo-rivier', *De Ingenieur* 13 (1898), p. 23-26, 33-37.

'Een merkwaardig denkbeeld: kunnen schutsluizen verdwijnen?', *Centraalblad der Bouwbedrijven voor Neder-*

*land en koloniën* 18 (1926), p. 111-112.

M. Meulenberg (red.), 'Een dijk van een rivier', *OTAR* (1992) 7/8, p. 223-247 (special over de Maas).

A. Meyers, 'De tweede Binnenhaven te Scheveningen en de plannen ter verbinding van die haven met de binnenwateren', *De Ingenieur* 45 (1930), p. B1-B16.

N.T. Michaëlis, 'De Hanepraaisluis te Gouda', *Verhandelingen van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs* (1858/1859), p. 26-28.

N.T. Michaëlis, 'Bepaling der krachten, die op de samenstellende deelen eener stuw werken en van de afmetingen aan die deelen te geven', *Verhandelingen van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs* (1861/1862), p. 1-7.

F.E. Mulder, 'De bouw van de nieuwe schutsluis c.a. te IJmuiden. Hoofdstuk IV: Remstoelen van gewapend beton', *De Ingenieur* 39 (1924), p. 777-778.

J.W.M. Nefkens, 'Van de redactie' (sluisje in de Nijveense Grift), *Oud Meppel* 3 (1981) nr. 3, p. 3-5.

'Een nieuwe afsluiter voor leidingen van grooten diameter' (door Fr.), *De Ingenieur* 44 (1929), p. B249-B250.

'De nieuwe keersluis te Vlissingen' (door v.B.), *Centraalblad der Bouwbedrijven voor Nederland en koloniën* 22 (1930), p. 33-35.

'De nieuwe Schutsluis te IJmuiden', *De Ingenieur* 4 (1889), p. 443-444, 453.

'De nieuwe sluis te IJmuiden', *De Ingenieur* 14 (1899), p. 20-21.

'Een nieuw systeem van sluisdeuren' (door W.K.), *De Ingenieur* 39 (1924), p. 922-923.

J.E. van Niftrik, 'Sluisbouw te Zaandam 1901-1903', *De Ingenieur* 17 (1902), p. 449-452, 18 (1903), p. 545-551, 775.

J.G. van Niftrik en A.H.D. Rups, *Gedenkboek der Wilhelmiasluis te Zaandam*, Amsterdam 1903.

T. de Nijs, *Honderd jaar schutten. De aanleg van het Merwedekanaal en de grote Merweddesluis in Gorinchem*, Gorcumse Monumentenreeks 1, Gorinchem 1993.

'Onteigening voor den aanleg van 2 stuwen c.a. ten behoeve van de kanalisatie van de Maas', *De Ingenieur* 30 (1915), p. 1029.

M.F. Oortgijsen, 'Pasmaken van sluisdeuren', *De Ambachtsman* 14 (1898), p. 145-146.

'De Oosterdoksluis te Amsterdam', *De Ingenieur* 19 (1904), p. 493.



- H. Oostinjer, 'De vaste stuwdam in de Solo-rivier op Java', *De Ingenieur* 13 (1898), p. 80-81.
- H. Oostinjer, 'Waterverlies bij schutsluizen', *De Ingenieur* 14 (1899), p. 395-397.
- 'Opening van de Noorderschutsluis te IJmuiden', *De Ingenieur* 45 (1930), p. A180-A181.
- 'De opening van het Julianakanaal' (door C.), *De Ingenieur* 49 (1934), p. A180-A181.
- C.A. Oppermann, 'Snel zelfwerkende stuw voor willekeurige waterstanden' (vertaald door J.J. Brutel de la Rivière), *Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, Verhandelingen, vertalingen* (1876/1877), p. 174-177.
- J.R.T. Ortt, 'Beschrijving van de windwerken der sluisdeuren van het Kanaal van Luik naar Maastricht', bijlage bij notulen der vergadering van 8 juni 1850, *Algemeen verslag van de werkzaamheden en notulen der vergadering van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs* (1849/1850), p. 265-269.
- J. Ortt van Schonauwen, 'Het Apeldoornsche kanaal naar Dieren en naar Hattem', opmerkingen in en bijlage bij notulen der vergadering van 8 februari 1870, *Algemeen verslag van de werkzaamheden en notulen der vergadering van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs* (1869/1870), p. 54-55, 89.
- 'Overwinning van groote hoogten', *De Ingenieur* 18 (1912), p. 471.
- M. Panman en J. Possel, 'Bruggen, sluizen en gemalen' in: *Architectuur en stedenbouw in Groningen 1850-1940*, Zwolle 1992, p. 113-117.
- B. Peiser, 'Het gietbetonbedrijf in uitvoering bij den bouw der nieuwe sluis te IJmuiden', *De Ingenieur* 42 (1927), p. 1-4.
- De Physique Existentie dezes Lands. Jan Blanken inspecteur-generaal van de waterstaat (1755-1838)*, essaybundel/catalogus t.g.v. tentoonstelling Rijksmuseum Amsterdam 14-02 t/m 03-05-1987, Beetsterzwaag 1987.
- B.F. Plasschaert, *Beknopt practisch leerboek der burgerlijke en water-bouwkunde*, deel 2: 'Waterbouwkunde', Arnhem 1887.
- P. van der Ploeg, *Bruggen in Groningen. Inventarisatie van bruggen voorkomend in het raamplan waterwegen van de provincie Groningen*, Groningen 1988 (met kaart).
- J.A. Poelman en G.W. van der Does, 'De bewegingswerktuigen van de sluis en de stuw te Linne', *De Ingenieur* 40 (1925), p. 717-718.
- J. Polley, *Theatrum machinarum universale; of keurige verzameling van verscheide grote en zeer fraaie waterwerken, schutsluizen, enz. Met hare gronden, opstellen en doorgesnedens* deel 2, Franeker 1981 (facs. van Amsterdam 1737).
- J.A. Postema, M.F.A. Schiphorst en W. van der Schrier, *Sluizen, kanalen en havens*, deel 2 van A.P. Potma (red.), 'Weg- en Waterbouwkunde', Amsterdam 1937, 1942 (2e druk).
- J. Pouls, 'Het afwateringskanaal Meijel-Neer aan de Maas', *Industriële Archeologie* 3 (1983), p. 60-79.
- B. Prakken, *Beschouwingen over de wenschelijkheid en uitvoerbaarheid van eene kanaal-verbinding tusschen Blokzijl en Groningen*, Steenwijk 1867.
- C.W.A.O. van Raalten en P.M. Wilderom, 'Sluiscomplex Andel 'waaier' weer', *De Ingenieur* 100 (1985), p. 32-33.
- J.C. Ramaer en E. van Konijnenburg, *Scheiding van Maas en Waal*, Breda/Den Bosch 1904.
- 'Rapport inzake constructie van details voor de nieuwe sluis te IJmuiden' (door A. B.), *Centraalblad der Bouwbedrijven voor Nederland en koloniën* 14 (1922/1923), p. 228-230.
- Rapport in zake een nieuwe IJsselsluis bij Gouda voor de scheepvaartverbinding tusschen Hollandsche IJssel en Gouwe*, uitgave Provinciale Waterstaat van Zuid-Holland, z.pl. 1914.
- C. Redelykheid, *De nieuw uitgevonden sluis met in- en uitschuivende deuren, afgebeeld op zes koperen platen*, 's-Gravenhage/Amsterdam 1774.
- C. Redelykheid, *Middel, dienende tot verzekering der sluizen, tegens zwaren stormen en hogen watervloeden: bestaande in een sluis-sluitbak, enz.*, 's-Gravenhage/Amsterdam 1776.
- O. Reich, 'Heftorens van de schutsluis in het Bosscheveld te Maastricht', *Bouwkundig Weekblad* 53 (1932), p. 243.
- R. Reinders, 'Een dertiende-eeuwse sluis in de Oude Ried bij Buitenpost', in M. Bierma e.a. (red.), *Terpen en wierden in het Fries-Groningse kustgebied*, Groningen 1988, p. 260-269.
- G. van Reyn, *Geschiedkundige beschrijving der stad Rotterdam en beknopt overzicht van het Hoogheemraadschap van Schieland*, Rotterdam 1832.
- K.A. Rienks en G.L. Walther, *Binnendijken en slieperdijken yn Fryslan*, Bolsward 1954.
- K. van Rijn, *Schut-uitwatering- en inundatie-sluizen in de Provincie Utrecht, enz.*, Utrecht 1886.



- J.A. Ringers, 'De bemaling van den fundeeringput van de in aanbouw zijnde Derde Schutsluis te Hansweert', *De Ingenieur* 29 (1914), p. 168-177.
- J.A. Ringers, 'Beschrijving van den bouw van de derde schutsluis in het Kanaal door Zuid-Beveland te Hansweert', *Rapporten en mededeelingen van den Rijkswaterstaat* no. 8, 's-Gravenhage 1917.
- J.A. Ringers, 'De bouw van de nieuwe schutsluis c.a. te IJmuiden. Hoofdstuk I: Voorbereiding van den bouw', *De Ingenieur* 39 (1924), p. 745-756.
- J.A. Ringers, 'De bouw van de nieuwe schutsluis c.a. te IJmuiden', *De Ingenieur* 40 (1925), p. 881-896.
- J.A. Ringers, *Een eeuw Nederlandsche waterbouw*, Den Haag 1947.
- J. Ronsse, 'Quelques particularités du canal Juliana en Hollande', *La Technique des Travaux* 9 (1933) nr. 7, p. 421-432.
- Chr. de Roo en A. Brouwer, 'Een zijl of een duiker in de Westabtspolder te Schiedam', *Westerheem* 21 (1972), p. 209-216.
- F. van Rossum, *Van Lauwerszee tot Dollard tou, 125 jaar waterstaatkundig beheer van Stad en Ommelanden door de Provinciale Waterstaat*, Groningen 1990.
- Saint-Yves, 'Over het gebruik van beweegbare stuwen volgens het stelsel van Poirée voor opstuwingen, hooger dan 2 meters boven zomerwater' (vertaald door J. Tide-man), *Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, Verhandelingen, vertalingen* (1871/1872), p. 365-380.
- R.A. van Sandick, 'Bouw- en onderhoudskosten van houten en ijzeren sluisdeuren, enz.', *De Ingenieur* 17 (1902), p. 471-472.
- R.A. van Sandick, 'Houten sluisdeur met ijzeren achterhar', *De Ingenieur* 17 (1902), p. 559.
- R.A. van Sandick, 'Officieele opening van de nieuwe keersluis te Vlissingen', *De Ingenieur* 45 (1930), p. A325-A330.
- B. van Santen, 'Bruggen en sluisen' in: *Architectuur en stedebouw in de gemeente Utrecht 1850-1940*, Zwolle 1990, p. 160-167.
- H. Santilman en E. de Meyer, 'La voie navigable Maestricht-Rotterdam', *Annales des Travaux Publics de Belgique* 82 (1929) nr. 4, p. 529-560.
- J. Schaepkens van Rimpst, *De kanalisatie der Maas. Een kwart eeuw van actie voor de bevaarbaarmaking dezer rivier*, gedenkboek van de 'Maasvereniging in Limburg' bij haar 25-jarig bestaan, Maastricht z.j.
- Scheepvaartwegen in Limburg*, Rotterdam 1932.
- A.H. Schelling, 'Het kanaal en de sluisen van den vaarweg van Groningen naar het Westen', *De Ingenieur* 48 (1933), p. B235-B238.
- A.H. Schelling, 'Verbetering van den vaarweg van Groningen naar de Westerwoldsche A bij de Bult met zijtakken naar de Veenkolonien', *De Ingenieur* 53 (1938), p. B95-B101.
- H.A. Schijfsma, 'Het Maas-Waalkanaal. De hefbruggen over het Maas-Waalkanaal', *De Ingenieur* 40 (1925), p. 490-493.
- 'Schets van eene eenvoudige en onkostbare sluiting van sluisdeuren', plaat 2 bij notulen der vergadering van 11 september 1849, *Algemeen verslag van de werkzaamheden en notulen der vergaderingen van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs* (1849/1850), p. 24.
- J.J. Schilstra, *Wie water deert. Het Hoogheemraadschap van de Uitwaterende Sluisen in Kennemerland en West-Friesland. 1544-1969*, Bergen (NH) 1969.
- J.G. Schilthuis, 'Aanslagen en dekzerken van beton aan een nieuwe zeesluis te Nijkerk', *De Ingenieur* 48 (1933), p. Bt40-Bt42.
- 'Schipdeur voor de keersluis te Vlissingen', *De Ingenieur* 45 (1930), p. W173-W174.
- F.L. Schlingemann, 'Herstelling van de slagdrempels van de kleine schutsluis te IJmuiden', *De Ingenieur* 22 (1907), p. 498-500.
- F.L. Schlingemann, 'De stuwen van de gekanaliseerde Maas', *De Ingenieur* 40 (1925), p. 713-717.
- G.A. Scholten, *De practische timmerman. Handboek voor timmerlieden, onderbazen, opzichters en aanstaande architecten*, 's-Gravenhage 1913 (4e druk met platenatlas).
- B. Scholtens, 'Sluisdeur beweegt op waterfilm', *De Volkskrant* 16 januari 1993.
- J. Schouten, *Gouda van sluis tot sluis. De geschiedenis van Gouda in de negentiende eeuw*, 's-Gravenhage z.j.
- J. Schouten, *Gouda vroeger en nu*, serie: Fibula Heem-schutreeks 3, Bussum 1969.
- D. van der Schrier, 'Ingenieurs-Kunstwerken 1840-1940' in H. Meindersma en K. de Jong (red.), *Jongere bouwkunst in Overijssel 1840-1940*, Zwolle 1986, p. 85-92.
- C.L. Schuller tot Peursum en W.J.H. Harmsen, 'Enkele mededeelingen omtrent het Wilhelminakanaal', *De Ingenieur* 31 (1916), p. 677-690.
- 'Schutsluis De Haukes (Wieringen)', *Gewapend Beton* 19



(1930) nr. 2, 19 (1931) nr. 8 (foto's).

'De schutsluis in het Bossche Veld', *De Ingenieur* 45 (1930), p. B226-B228.

M.J. Sganzin, *Programmes ou résumés des leçons d'un cours de construction*, Paris 1821 (3e druk).

M. Simon, 'Beknopte beschrijving van de spoorweg- en kanaalwerken op Walcheren', bijlage bij notulen der vergadering van 9 juni 1870, *Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, Algemeen verslag van de werkzaamheden en notulen der vergaderingen* (1869/1870), p. 316-319.

J.C. Singels, *Ontwerp eener nieuwe constructie van sluisdeuren, genaamd spoordeuren, enz.*, Gorinchem 1839.

'De slagdorpdiepte van de nieuwe sluis te IJmuiden' (door J. K.), *De Ingenieur* 4 (1889), p. 116-118.

'Slagdrempeldiepte voor de nieuwe sluis te IJmuiden', *De Ingenieur* 4 (1889), p. 379-380, 421, 432-433, 462.

F.O. Sleswijk en K.S. van Andringa, *Beschouwingen over het belang van eene kanaal-verbinding Groningen-Gorredijk-Heerenveen-Lemmer*, Amsterdam 1868.

R. Slotta, *Technische Denkmaler in der Bundesrepublik Deutschland*, Bochum 1975, p. 427-485, 510-511, 554-555, 623 (Kanäle und Schleusen).

'De sluis te Zaandam', *De Ingenieur* 14 (1899), p. 282.

'De sluisbouw te IJmuiden' (door J.C.S.), *Centraalblad der Bouwbedrijven voor Nederland en koloniën* 17 (1925/1926), p. 181-184, 197-198, 204-205, 261-263, 284-285, 342-344, 349-351, 18 (1927), p. 270-271.

'De sluisbouw te Zaandam', *De Ingenieur* 14 (1899), p. 429-430.

'Sluisdeuren van gewapend beton', *Gewapend beton* 8 (1920), p. 211.

*Sluizen en keringen. Overzicht van de sluizen en waterkeringen in Amsterdam, die in beheer en / of in onderhoud zijn bij de afd. Beheer en Onderhoud*, lijst Dienst Openbare Werken, Amsterdam 1988.

'Sluizen te IJmuiden', *De Ingenieur* 14 (1899), p. 20-21.

'De sluizen te IJmuiden', *Centraalblad der Bouwbedrijven voor Nederland en koloniën* 3 (1911/1912), nr. 15.

A. Smolders, *De geschiedenis van de Overijsselse kanalen. Geschiedenis van de N.V. Overijsselsche Kanalisatie Maatschappij en haar rechtsopvolger de N.V. Mij Overijsselsche Kanalen enz.*, serie Rijkswaterstaat, deel 50, z.pl. 1989.

'Stalen schipdeur voor nieuwe keersluis te Vlissingen', *De Ingenieur* 45 (1930), p. W79.

'De stand der in uitvoering zijnde Zuiderzeewerken' (door Sr.), *De Ingenieur* 43 (1928), p. B307-B317.

W. Staring, 'Over beweegbare stuwen', bijlage bij notulen der vergadering van 12 februari 1850, *Algemeen verslag van de werkzaamheden en notulen der vergaderingen van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs* (1849/1850), p. 173-185.

F.C.J. van den Steen van Ommeren, 'Waaierdeur te Scheveningen', *De Ingenieur* 27 (1912), p. 376-383.

*De stelling van Amsterdam. Vestingwerken rond de hoofdstad (1880-1920)*, Beetsterzwaag z.j.

T.C. van der Sterr, 'Beweging van sluisdeuren', *De Ingenieur* 4 (1889), p. 136-137.

E. Steuerwald en C.M. Schols, *Polders*, deel I, afd. VI van N.H. Henket e.a. (red.), 'Waterbouwkunde', 's-Gravenhage 1883 (2 afl.).

S. Stevin, *Nieuwe maniere van sterctebou, door spijlsuysen*, Leyden 1633.

D.J. Steyn Parve, 'Inrichting voor het varen van schepen onder lage bruggen', *De Ingenieur* 30 (1915), p. 845-847.

E.H. Stieltjes, 'Voldoende?', *De Ingenieur* 4 (1889), p. 429-430.

D.J. Storm Buysing, *Bouwkundige leercursus, ten gebruike der koninklijke militaire akademie. Handleiding tot de kennis der waterbouwkunde, voor de kadetten van den waterstaat en der genie*, deel 2, Breda 1845, 1857, 1864.

D.J. Storm Buysing, opmerkingen n.a.v. het ingezonden stuk van Staring in notulen der vergadering van 12 februari 1850, *Algemeen verslag van de werkzaamheden en notulen der vergaderingen van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs* (1849/1850), p. 151-153.

J.A. Storm van Leeuwen, *Van Oude Rijn tot Leidsche Rijn, De afwatering van de gronden in en rondom Vleuten - De Meern in de loop der tijden*, speciale uitgave van de Historische Vereniging Vleuten - De Meern - Haarzuilens en het Waterschap Leidsche Rijn, z.pl. 1985.

J. Strootman, 'Over het gebruik van gegoten ijzeren zwalpen', bijlage bij notulen der vergadering van 10 februari 1852, *Algemeen verslag van de werkzaamheden en notulen der vergaderingen van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs* (1851/1852), p. 99 (notulen), 151-158.

J. Strootman, 'Over wijde zeesluizen en sluisdeuren van plaatijzer', *Verhandelingen van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs* (1863/1864), p. 14-76.



- J. Swets Az., 'Schuivende sluisdeur', *Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, Verhandelingen* (1871/1872), p. 359-365, (1879/1880), p. 265-271.
- J. Swets Az., *Nieuw uitgedachte schuivende sluisdeur en rolwipbrug te Kampen*, Zwolle 1873.
- L.F. Teixeira de Mattos, *De Dedemsvaart*, Zwolle 1903 (met atlas).
- L.F. Teixeira de Mattos, *De waterkeeringen, waterschappen en polders van Zuid-Holland. Deel I: Algemeene provinciale reglementen. Het Vasteland*, 's-Gravenhage 1906.
- L.F. Teixeira de Mattos, *De waterkeeringen, waterschappen en polders van Zuid-Holland. Deel II: Het Vasteland (vervolg)*, 's-Gravenhage 1908.
- J.M. Telders, *Sluizen*, deel I, afd. II van N.H. Henket e.a. (red.), 'Waterbouwkunde', 's-Gravenhage, 1891/1896, (2 afl.).
- C. Tellegen, 'De bouw van de nieuwe schutsluis c.a. te IJmuiden. Hoofdstuk II: Bouw der schutkolkmuuren', *De Ingenieur* 39 (1924), p. 767-773.
- 'Te waterlating en transport van de eerste roldeur voor de nieuwe sluis te IJmuiden', *De Ingenieur* 42 (1927), p. 202-205.
- G. de Thierry (red.), *Sluizen en droogdokken. Verschillende sluizen, droogdokken, sluisdeuren, schipdeuren*, Geïllustreerd technisch woordenboek, hoofdstuk VIII, Brussel 1936.
- J.W. Thierry e.a., *Herdenking van het vijftigjarig bestaan van de afdeling voor Bouw- en Waterbouwkunde van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs*, z.pl. 1956.
- R.W. Tieskens e.a., 'Sluizencomplex bij Katwijk' en 'Schutsluis in de Vaartse Rijn bij Vreeswijk', *Het kleine bouwen. Vier eeuwen maquettes in Nederland*, n.a.v. expositie Centraal Museum Utrecht 1 mei - 26 juni 1983, Zutphen 1983, p. 109-116.
- M.C. van Trierum, 'Putten: landschap en bewoning van prehistorie tot en met middeleeuwen', *Westerheem* 35 (1986) 1 p. 50-54.
- M.C. van Trierum, A.B. Döbken en A.J. Guiran, *Boorbalans I. Bijdragen aan de bewoningsgeschiedenis van het Maasmondgebied*, Rotterdam 1988.
- M.C. van Trierum en H.E. Henkes (red.), *Rotterdam Papers V. A contribution to prehistoric, roman and medieval archeology*, teksten van lezingen 5 t/m 6 oktober 1984, Rotterdam 1986.
- A.E. Tromp, 'brief aan de Raad van Bestuur van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs' (herstelling doksluis te Vlissingen), bijlage bij notulen der vergadering van 8 juni 1850, *Algemeen verslag van de werkzaamheden en notulen der vergaderingen van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs* (1849/1850), p. 269-270.
- A.E. Tromp, 'Uittreksel uit het geschiedkundig overzicht van den aanleg van en de gemaakte veranderingen aan het dok der marine te Vlissingen en de daarvoor liggende groote zeesluis, enz.', *Verhandelingen van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs* (1850/1851) stuk 7, p. 1-17.
- J. van Tubergen, 'Mededeelingen betreffende de werkzaamheden bij het irrigatie-departement in Siam', *De Ingenieur* 25 (1910), p. 430-438.
- J.D. van der Tuin, 'Onderzoek naar de oorsprong van onze zijl-namen', *IJsselakademie* 11 (1988) nr. 2, p. 36-40.
- R.P.J. Tutein Nolthenius, 'Mededeeling betreffende een nabij Heusden volgens het Monier-stelsel gebouwden duiker', voordracht op de vergadering van 14 november 1893, *Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs* (1893/1894), p. 39-53.
- A. Tutein Nolthenius, 'Jan ten Holt en Jan Blanken Jz. uitvinders van de waaiersluis in 1777 en 1808', *Weg en Waterbouw* 3 (1944), p. 158-165.
- De uitwateringssluizen van Katwijk 1404-1984*, serie Hollandse Studien nr. 13, Leiden 1984.
- 'De vaardiepte op de Wester-Schelde', *De Ingenieur* 4 (1889), p. 432.
- G.H. Varwijk en J.R. Seinen (samenst.), *Stap voor stap langs de Dedemsvaart*, Dedemsvaart z.j. (2de druk).
- A.T. van Veen, 'Inlaatsluis in den Angerenschen en Doornenburgschen Buitenpolder', *Centraalblad der Bouwbedrijven voor Nederland en koloniën* 5 (1914), nr. 32.
- J. van Veen, *Dredge drain reclaim. The art of a nation*, 's-Gravenhage 1948.
- G.P. van de Ven (red.), *Leefbaar laagland, geschiedenis van de waterbeheersing en landaanwinning in Nederland*, Utrecht 1993.
- A.G. Verhoeven, 'Het ontstaan en de inpoldering van den Zuidhollandschen Biesbosch', *De Ingenieur* 44 (1929), p. B283-B298.
- 'Verslag van de Staatscommissie in zake den toegang tot Nederland door het Noordzeekanaal', *De Ingenieur* 27 (1912), p. 48-56.
- W. Verwey Az., *Waterstaatkundige beschrijving van Nederland*, deel II, afd. XIII van N.H. Henket e.a. (red.), 'Waterbouwkunde', 's-Gravenhage 1887/1889 (3 afl.).
- 'Verwijding der Oosterdoksluizen te Amsterdam', *De In-*



genieur 22 (1907), p. 21-22, 342-343, 505.

A. Vierlingh, *Tractaet van dyckagie*, naar manuscript uit ca. 1578, Rotterdam 1973 (fac. van 's-Gravenhage 1920).

J.A. Visser, 'Betonbedrijf aan het buitensluishoofd te IJmuiden', *Bouwbedrijf* 4 (1927), p. 507-510, 531-533.

J.A. Visser, 'Waterverlies, voeding en waterbezwaar bij scheepvaartkanalen', *Centraalblad der Bouwbedrijven voor Nederland en koloniën* 21 (1929), p. 141-143.

J.A. Visser, 'Kunstwerken bij scheepvaartkanalen', *Centraalblad der Bouwbedrijven voor Nederland en koloniën* 21 (1929), p. 180-184.

J.C. Visser, 'Iets over het in elkaar zetten van houten sluisdeuren', *Centraalblad der Bouwbedrijven voor Nederland en koloniën* 20 (1928), p. 107-109.

J.P. van Vlissingen, 'Riolschuiven voor de groote schutsluizen van het kanaal door Zuid-Beveland', *De Ingenieur* 23 (1908), p. 843-847.

J.P. van Vlissingen, 'Herstelling der schutkolkmuuren van de groote sluizen van het kanaal door Zuid-Beveland', *De Ingenieur* 26 (1911), p. 769-776.

F. Volker, 'De nieuwe waterwegen bij Maastricht', *De Ingenieur* 45 (1930), p. B217-B228.

F. Volker, 'Eenige mededeelingen betreffende den aanleg van het Julianakanaal', *De Ingenieur* 48 (1933), p. B1-B5.

F. Volker, 'Beschrijving van een drietal werken van het Julianakanaal ten zuiden van Born', *De Ingenieur* 49 (1934), p. B199-B207.

D. Vreugdenhil, *Weg- en Waterbouwkunde in de periode 1770-1850*, Arnhem 1983 (ongepubliceerd manuscript).

D. Vreugdenhil e.a., *De ontwikkeling van de Nederlandse waterstaatkundige en verkeersinfrastructuur*, Jaarbericht Rijkswaterstaat 1987. Rijkswaterstaat naar 2000, p. 4-31, z.pl. (1988).

J.W. de Vries, 'Bouw van de stuw bij Belfeld', *De Ingenieur* 40 (1925), p. 718-720.

J.W. de Vries, 'De Maasverbetering in uitvoering', *De Ingenieur* 50 (1935), p. B207-B211.

J.W. de Vries, '10 jaar Maaskanalisisatie', *De Ingenieur* 55 (1940), p. B111-B118.

J.W. de Vries en P.Ph. Jansen, 'De nieuwe sluis te St. Andries', *De Ingenieur* 49 (1934), p. B33-B38.

*Beknopt handboek der Waterbouwkunde bevattende de meest voorkomende constructies en regelen, bij die werken in acht te nemen*, Rotterdam z.j.

*Waterschappen*, uitgave Unie van Waterschappen, 's-Gravenhage 1988 (4e druk).

*Twee eeuwen Waterstaatswerken*, gedenkboek, Amstelveen 1960.

J.M.F. Wellan, 'Afdammen en weder bevestigen der losgeraakte taatsen van de binnen- en buitenvloeddeuren der schutsluis Willem III, aan het Noordhollandsch Kanaal in 1869 en 1878', *Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, Verhandelingen, verscheidenheden* (1879/1880), p. 81-84.

J.M.F. Wellan en J.M. Telders, 'Verslag uitgebracht aan den Heer Minister van Waterstaat, Handel en Nijverheid' n.a.v. het bezoek aan de 'Tentoonstelling te Parijs in 1878', *Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, Verhandelingen* (1878/1879), p. 135-137: 'Stuw bij Montbrison', 'Jalousie- of gordijnstuw' en 'Fluviografen'.

'Het Wellandkanaal' (door Fr.), *De Ingenieur* 45 (1930), p. B258-B267.

L.R. Wentholt, 'Het Maas-Waalkanaal. Algemeen overzicht', *De Ingenieur* 40 (1925), p. 475-484.

L.R. Wentholt, 'De Twenthe-kanalen', *De Ingenieur* 47 (1932), p. B69-B87.

C. Wesemann, 'Sluisbouw met kabelkraanbedrijf bij de Maaskanalisisatie', *Centraalblad der Bouwbedrijven voor Nederland en koloniën* 15 (1923), p. 97-102.

'W.O. ter onteigening voor de vernieuwing van de Uffelter en Havelter sluizen op de Drentsche hoofdvaart' (door J.W.C.T.), *De Ingenieur* 4 (1889) 41, p. 348-349.

C.F. Wiebeking, *Theoretisch-practische Wasserbaukunst*, deel 2 met atlas, Munchen 1812 (2e druk).

H. Wierenga (red.), *Waterstaat in Overijssel*, uitgave t.g.v. honderd jaar Provinciale Waterstaat in Overijssel (1882-1982), Zwolle 1983.

A. Wijers, 'Enige werken van de Rijkswaterstaat in Limburg II. De werken ter vergroting van de capaciteit van het Julianakanaal', *De Ingenieur* 81 (1966), p. B143-B151.

'De Wihelminasluis te Zaandam', *De Ingenieur* 18 (1903), p. 775.

F. Wind, 'Sluisdeuren', *Centraalblad der Bouwbedrijven voor Nederland en koloniën* 1 (1909/1910), nr. 2, 13, 18, 19, 21, 24.

J.G. Wind, 'Spuiboezem te Termunterzijl', *Centraalblad der Bouwbedrijven voor Nederland en koloniën* 4 (1912), nr. 8, 9.



R. Winkel, 'Besondere Schützausbildungen gemäß hydromechanischen Forderungen', *Die Bautechnik* 3 (1925), p. 209-210.

T.H. van Wisselingh, 'Het Maas-Waalkanaal. De boogbruggen over het Maas-Waalkanaal', *De Ingenieur* 40 (1925), p. 487-490.

H. Wortman, 'Het keerschut in de 'Oude Vaart' of Dwingeloërstroom', *De Ingenieur* 48 (1933), p. A265.

H. Wortman en G.J. van den Broek, *Geschiedenis en beschrijving van het Noordzeekanaal*, uitgave Departement van Waterstaat, Amsterdam 1909.

A. van der Woud, *Het lege land. De ruimtelijke orde van Nederland 1798-1848*, Amsterdam 1987.

L. Zwiers en F. Wind, *Sluizen*, deel 2 van L. Zwiers e.a., 'Waterbouwkunde', Amsterdam z.j.

P.J. van Zwieten en C.T.C. Heijning, 'Bewegingswerktuigen voor de roldeuren en de rioolschuiven van de Noorder schutsluis te IJmuiden', *De Ingenieur* 45 (1930), p. W73-W79.



## VERANTWOORDING AFBEELDINGEN

TUDARC, TU Delft, Faculteit der Bouwkunde: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 55, 140, 141, 143, 145, 146, 148, 153, 154, 162, 165, 166, 167, 168, 170, 180, 183, 186, 187, 188, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 208, 209, 211, 213, 215, 216, 217, 218, 224, 225, 227, 228, 229, 230, 231, 235, 236, 237, 238, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 253, 254, 255, 256, 257, 259, 260, 262, 264, 265, 266, 275, 278, 279, 281, 282, 285, 286, 300, 302, 304, 306, 308, 309, 313, 314, 315, 321, 322, 323, 326, 335, 339, 342, 343, 344, 354, 356, 360, 365, 367, 369, 372, 373, 374, 375, 376, 378, 379, 380, 382, 383, 384, 385, 387, 388, 390, 391, 392, 411, 412, 416, 418, 420, 423, 425, 426, 428, 438, 439, 447, 449, 451, 467, 468, 470, 472, 473, 474, 479, 480, 481, 483, 484, 485, 489, 490, 503, 504, 505, 506, 507, 510, 511, 512, 513, 515, 517, 524, 525.

Halbertsma (1963): 10.

Van Trierum, Döbken en Guiran (1988): 11, 12.

De Roo en Brouwer in *Westerheem* 21 (1972): 13.

Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek, Amersfoort: 14b, 15.

Bult en Hallewas (1990): 14.

J.E. Bogaers e.a. (red.), *Honderd eeuwen Nederland*, 's-Gravenhage 1959: 16.

Gemeentearchief Rotterdam: 17, 20, 26, 27, 328, 370.

A. Loosjes, *Zuid Holland in Beeld*, Amsterdam z.j.: 18.

Hoogheemraadschap van Rijnland: 19, 58, 324.

Groep Geschiedenis van de Bouwtechniek, TU Delft (G.J. Arends): 21, 25, 44, 53, 65, 68, 81, 84, 94, 95, 101, 102, 103, 104, 106, 106, 108, 109, 110, 111, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 126, 127, 129, 133, 138, 139, 142, 144, 147, 149, 150, 151, 152, 158, 159, 160, 163, 171, 172, 173, 175, 176, 178, 179, 172, 182, 184, 221, 222, 223, 226, 234, 258, 261, 263, 271, 272, 273, 276, 277, 280, 283, 292, 293, 294, 295, 297, 299, 301, 303, 310, 311, 312, 318, 334, 336, 338, 341, 345, 346, 348, 349, 350, 351, 352, 357, 358, 359o, 361, 362, 363, 366, 368, 371, 377, 394, 395, 396, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 413, 419, 427, 429, 437, 440, 441, 443, 444, 445, 450, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 460, 462,

463, 464, 465, 466, 469, 476, 477, 478, 482b, 494, 495, 496, 498, 499, 500, 509, 514, 519.

Rijksmuseum voor scheepsarcheologie, Kethelhaven: 22.

R. Smit, Dwingelo: 23, 287.

Fotografische Dienst Bouwkunde, TU Delft (H.W. Krüse en J.C.C. Schouten): 24, 45, 57, 62, 64, 72, 75, 88, 90, 96, 98, 99, 130, 131, 137, 177, 181, 185, 210, 241, 290, 305, 316, 317, 319, 327, 329, 330, 331, 337, 355, 364, 386, 389, 393, 397, 417, 424, 430, 459, 501, 516, 520.

Rijksarchief in Utrecht (Topografische Atlas), Utrecht (via J.A. Storm Van Leeuwen, Utrecht): 28.

Braun en Hogenberg, *De Hollandse Steden; naar de oorspronkelijke uitgave van 1574* (facs.), Groningen z.j.: 29b.

Joan Blaeu, *Toonneel der Steden van de Vereenighde Nederlanden, met hare beschrijvingen* (facs.), z.p. z.j.: 29o.

Coert (1991): 30.

Rijksarchief in Drenthe (Archief Hollandse Participanten, inv. nr. 12 *Journal B*), Assen: 31, 527, 528.

Gemeentearchief Delft (Historisch Topografische Atlas): 32.

F.H.C.M. Daams en J.D. de Kort (red.), *Over door en om de Leytsche Dam, Geschiedenis van een gouden gemeente*, Leidschendam 1988: 33.

Centrale Bibliotheek, TU Delft: 34, 83, 91, 92, 136, 220, 347, 353, 401, 414, 421, 422, 432, 435.

Gemeentearchief Amsterdam (Historisch Topografische Atlas): 35, 36, 112.

Gemeentearchief Zaanstad: 37.

Stevin (1633): 38, 39, 41, 42, 206, 232, 288, 410.

Algemeen Rijksarchief (Archief Staten van Holland), Den Haag: 40, 320.

W.G. van de Hulst, *Er op of er onder*, Houten 1992: 43.



- Van der Horst (1736): 46, 47, 48, 49, 156, 164, 207, 212, 214, 431.
- Rijksmuseum-Stichting, Amsterdam: 50, 56, 60, 70.
- Boer en Kielman (1942): 51.
- Redelykheid (1774): 52, 267.
- Goudriaan (1809): 54.
- Rijksdienst voor de Monumentenzorg, Zeis: 59, 69, 155, 289, 332, 333, 381, 461, 486, 492.
- Goudriaan (1808): 61.
- J. Feith, *Ons eigen land, tusschen Amsterdam en Arnhem*, z.pl. 1909: 63.
- Brade (1844): 66, 73, 239.
- Teixeira de Mattos: (1903): 67, 80, 100, 448, 491.
- Rijksarchief in Noord-Holland, Haarlem: 71, 82, 87, 89, 114, 115, 116, 169, 398, 400, 433, 434, 436, 475.
- Alewijn (1824): 74.
- Singels (1839): 76.
- Van Diggelen (1950): 77.
- Tijdschrift Koninklijk Instituut van Ingenieurs* (Notulen, Verhandelingen): 78, 161, 174, 269o, 487, 488.
- Storm Buysing (1845): 79.
- Swets (1873): 85, 269b.
- D. Vreugdenhil, Velp: 86, 399.
- De Ingenieur*: 93, 296, 307, 497, 518, 521, 522, 523.
- Bongaerts (1909): 97, 340, 482o.
- Gemeentearchief Dalfsen: 105, 493, 508.
- Ringers (1917): 107, 270.
- Gemeentearchief Stede Broec, Bovenkarspel: 113.
- Dibbits (1950): 121, 526.
- Rijkswaterstaat, Directie Limburg, Maastricht: 124, 128, 452.
- Berlage (1935): 125, 135.
- Het Oversticht, Zwolle: 132.
- Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, Den Haag: 134, 325, 502.
- Baud (1838): 157.
- Berghuis (1879): 189.
- Blanken (1808-1): 219.
- Wiebeking (1812): 233.
- Centraalblad: 240, 359b.
- Gemeentearchief Maasbracht: 252.
- Colijn (1947): 274.
- J. Kok, Apeldoorn: 284.
- Provincie Gelderland, Monumenten Inventarisatie Project (S.M. Jurgens, Apeldoorn): 291.
- L. Sevenster, Twello: 298.
- Installations mécaniques et électriques pour le service d'écluses et de ponts-mobiles*, Haarlemsche Machinefabriek Fige: 415.
- Van der Straaten Aannemingmij bv, Hansweert (via J. Kok, Apeldoorn): 442, 471.
- Stichting Oud Meppel, Meppel: 446.



# INDEX SLUIZEN EN STUWEN

- Abcoude  
damsluis in de Kromme Angstel 47  
Demmerikse schutsluis 47  
Proostdijer schutsluis 47
- Afferden (SambEEK): stuw 55, 206-207, 212, 217
- Afsluitdijk 60-61  
schutsluizen bij Den Oever en Kornwerderzand 61  
uitwateringssluizen bij Den Oever en Kornwerderzand 61, 80, 86, 141, 166
- Afwateringskanaal 's-Hertogenbosch-Drongelen: uitwateringssluis 48, 126, 133, 143-144
- Afwateringskanaal van Meijel naar Neer: schutsluis 171
- Alphen aan den Rijn: Gouwesluis 12, 14, 18, 124, 149
- Amerongen: stuw in de Neder-Rijn 208
- Amstelsluizen te Amsterdam 26, 90, 169
- Amsterdam  
Amstelsluizen 26, 90, 169  
Oranjesluizen bij Schellingwoude 45, 47, 90, 119  
Oude Haarlemmersluis 19, 71  
Overtoom 21  
overtoom bij de Drie Baarsjes 21, 53  
overtoom in de Boerenwetering bij de Wielingestraat 53  
overtoom in de Slotervaart 21-22, 53  
scheepslift in de Postjeswetering 53  
schutsluis bij de St. Anthoniedijk 46  
schutsluizen 15  
spuisluizen 89, 90  
Willem III-sluis 43, 71, 75, 170  
Willemsluis (Willem I-sluis) 37, 43, 178, 182
- Amsterdam-Rijnkanaal 61-62  
ploffsluis bij Nieuwegein 62, 155  
Prins Bernhardsluis Tiel 62  
Prinses Irenesluis Wijk bij Duurstede 62, 173, 175, 185  
Prinses Marijkesluis Rijswijk (Ravenswaay) 62
- Amsterdamse Verlaat Gouda 16, 19, 25, 168
- Andel: Wilhelminasluis in de Afdamde Maas 47-48, 95-97, 171, 186, 195-198
- Ane  
Sluis nr. 8 35-36  
stuw in de Vecht 41, 50, 203-206
- Angeren (Gld): inlaatsluis 146
- Apeldoorsch Kanaal 180  
drietrapsluis Dieren 44, 170, 176  
inlaatsluisje in de Grift 126
- Asperen  
inundatiesluis in de Noorder Lingedijk 34, 95  
inundatiesluis in de Zuider Lingedijk 34, 95, 154
- Oude of Zuidelijke Lingesluis 33, 34
- Avenhorn: overtoom 53
- Baardwijkse overlaat 29
- Batingheschut bij Dwingeloo 14, 124
- Beerse Maas 29, 59
- Belfeld: stuw in de Maas 55, 206-207, 217
- Benedensas in de Steenbergsche Vliet bij Steenberg 97, 175
- Benschoppersluis bij IJsselstein 32, 94
- Bergsche of Donkere Sluis te Rotterdam 156
- Berkel  
naaldstuw 203  
stuw bij de Kapperallee te Warnsveld 212
- Berkel en Rodenrijs: Berkelsche Verlaat 68, 160, 184, 193
- Berkelsche Verlaat in de Zweth bij Berkel en Rodenrijs 68, 160, 184, 193
- Beurs- of Binnensluis te Schiedam 78
- Beverwijk: damsluizen in de Wijkermeerpolder 47, 155
- Bieschbosch: Spieringsluis 189
- Bijlandkanaal 28
- Bleiswijk: Bleiswijkse Verlaat in de Lange Vaart 169, 181, 191
- Bleyswijksche sluis te Rotterdam 17
- Blokzijl: keersluis in de havenmond 149
- Borgharen: stuw in de Maas 56-57, 208, 215, 218
- Born: schachtsluis 57-58, 129, 132, 172-173, 178, 179, 184, 189
- Bosscheveld (Maastricht): schutsluis 57, 126-127, 130, 172
- Boterdorpsche Verlaat te Rotterdam-Hillegersberg 11, 15, 181
- Bovenkarspel: overtoom 53
- Brakel: dubbele duikersluis 79, 143
- Brielle  
Marelandsche spuisluis 19, 87, 92, 151  
schutsluis 16, 168  
sluis in de Nieuwlandse polder 24  
stenen sluis 18
- Broek op Langedijk: schutsluis met tussenhoofd 52
- Broekerhaven  
overtoom 53  
scheepslift 53
- Brugse Speye te Damme 15, 168
- Buitenpost (Fr): Middeleeuwse uitwateringssluis in het Oude Ried 14, 66, 140
- Cabauw: uitwateringssluizen 140



- Cellesluis te Kampen 44, 116-117, 170  
 Coevorden: schutsluis in de Trageldijk 186  
 Coevorderkanaal: schutsluis 49  
 Crèvecoeur: sluis in het fort 42  
 Culemborg  
   coupure in de Beusichemse Dijk 148  
   inundatiesluis bij het Spoel 34
- Dalem: uitwateringssluis 33, 34  
 Damme  
   Brugse Speye 15, 168  
   schutsluis 16, 169  
 De Haandrik: stuw in de Vecht 41, 50, 203, 205  
 Dedemsvaart 203  
   schutsluizen 35, 41, 49  
   Sluis nr. 2 bij Lichtmis 49  
   Sluis nr. 8 bij Ane 35-36  
 Delden: schutsluis in het Twenthekanaal 60, 127, 173, 185  
 Delfshaven (Rotterdam): schutsluis 16, 168  
 Delfzijl: oude schutsluis 78  
 Demmerikse schutsluis te Abcoude 47  
 Den Haag: uitwaterings-spuisluis te Scheveningen 46, 96  
 Den Helder  
   droogdokken te Willemsoord 43-44, 71, 136  
   keersluizen te Nieuwediep 42  
 Den Oever  
   schutsluis in de Afsluitdijk 61  
   uitwateringssluizen in de Afsluitdijk 61, 80, 86, 141, 166  
 Diefdijk: coupure voor autosnelweg A2 148-149  
 Diepenheim: 'gietijzeren valschut' in de Regge 42, 126, 203  
 Dieren: drietrapssluis 44, 170, 176  
 Dieze: schutsluis 42  
 Dinkel: stuw bij Kanaal Almelo-Nordhorn 49-50, 205  
 Dintelsas: schutsluis 64-65  
 Doel bij Antwerpen: uitwateringssluis 17, 67  
 Doeveren: uitwateringssluis 142  
 Donkere Sluis te Gouda 12, 16, 19, 25, 32, 100, 149, 151-152, 168  
 Drentsche Hoofdvaart  
   Haveltersluis 77  
   schutsluizen 35  
   watersparende sluisen 35, 170  
 Driel: stuw in de Neder-Rijn 208  
 Driewegsluis te Groningen 52, 118, 179  
 Driewegsluis in de Linde bij de Jonkers- of Helomavaart 52, 172, 179  
 Dubbele Sluis in het Kanaal Almelo-Nordhorn 49, 176, 190  
 Dwingeloo: Batingheschut 14, 124
- Edam: zeesluis 47  
 Eefde (Zutphen): schutsluis in het Twenthekanaal 60, 173, 180  
 Eiesluis bij Heist (Vlaanderen) 12, 16, 158, 168  
 Electra: schutsluis in het Reitdiep 186
- Gaarkeuken: schutsluis in het Van Starckenborghkanaal 52, 117, 119, 121  
 Ganzendiep: schutsluis bij IJsselmuiden 127, 185  
 Genderen: inlaatsluis 146
- Gendt (Gld): ontlastsluis langs de Waal 144  
 Giessendam: schutsluis in de Giessen 191  
 Goedereede: spuisluis 92, 152  
 Gorinchem  
   Grote Sluis 68  
   Korenbrugsluis 95  
   Oude Merweddesluis 175, 239  
   schutsluizen in het Merwedekanaal 46  
 Gouda  
   Amsterdamse Verlaat 16, 19, 25, 168  
   Donkere Sluis 12, 16, 19, 25, 32, 100, 149, 151-152, 168  
   Julianesluis 120, 122-123  
   keersluisje bij de St. Janskerk 148  
   Mallegatsluis 16, 24, 168  
   Waaiersluis 42, 152  
 Gouwesluis te Alphen aan den Rijn 12, 14, 18, 124, 149  
 Gracht: schutsluis bij Munnekeburen 187  
 Grave: stuw in de Maas 55-56, 207, 214, 217  
 's-Graveland: Zuidersluis in de 's-Gravelandsche Vaart 191  
 's-Gravenhage: uitwaterings-spuisluis te Scheveningen 46, 96  
 Grift: inlaatsluisje bij het Apeldoornsch Kanaal 126  
 Grift (Drenthe): verlaten - schutsluizen 19-20, 73, 125, 201, 221-226  
 Groningen: Driewegsluis in het Damsterdiep 52, 118, 179  
 Grote of Nieuwe Schutsluis te Vianen 46  
 Grote Sluis te Gorinchem 68
- Haarlemmermeer: damsluizen in de Geniedijk 47  
 Haarrijn: overtoom te Maarssen 46  
 Hagestein: stuw in de Lek 208  
 Halfweg: uitwateringssluizen 72  
 Hankate: stuw in de Regge 41, 203, 204  
 Hansweert  
   Grote of Oost(er)sluis 51, 117, 121, 123, 172, 178, 185, 194  
   Middensluis 43, 182  
   schutsluizen 43, 51, 178  
 Hardenberg: stuw in de Vecht 205  
 Haringvliet: uitwateringssluizen 112  
 Hasselt  
   schutsluis in de Dedemsvaart 49  
   uitwateringssluis in de Dedemsvaart 49  
 Havelte: Haveltersluis 77  
 Havelter Aa: verlaten 19  
 Hazerswoude-Dorp: schutsluis in de Rietveldsche Vaart 195  
 Hedikhuizen: inundatiesluis 128, 153  
 Heer Hugowaard: overtoom 53  
 Heerewaardense overlaat 29, 47  
 Heist (Vlaanderen)  
   Eiesluis 12, 16, 168  
   Verse Sluis 16, 70, 124, 158, 237  
 Hellevoetsluis  
   droogdok 31, 135-137, 151  
   schutsluis in het Kanaal door Voorne 37  
   spuisluis 24, 88  
 Hengelo: schachtsluis in het Twenthekanaal 60, 118, 127, 172-173, 179, 185  
 Heukelum: uitwateringssluis 126



- Heumen: keer-schutsluis 56, 72  
 Hildam: overtoom in de Rotte 21  
 Hinderdam bij Nigtevecht 13, 25  
 Hollandsche IJssel  
   sluis van Lopik in de IJsseldijk 10, 139  
   Waaiersluis 42, 152
- IJmuiden  
   Middensluis 45, 79, 170-171, 175, 182, 183, 189  
   Noordersluis 54, 117, 120, 123, 172, 182-183, 195  
   zeesluizen 45, 47, 54, 178, 182  
 IJsselmuiden: schutsluis in Ganzendiep 127, 185  
 IJsselstein: Benschoppersluis 32, 94
- Jispingboermussel: Zesde of Ter-Apelerverlaat 51-52, 117-118, 185  
 Julianakanaal  
   schachtsluis te Born 57-58, 129, 132, 172-173, 178, 179, 184, 189  
   schutsluis te Maasbracht 58, 109-111, 172, 178, 195  
   schutsluis te Roosteren 58, 109-111, 172, 178, 195  
   tweelingsluis te Limmel 57-58, 172-173, 178  
 Julianesluis in het Gouwekanaal te Gouda 120, 122-123  
 Junne (Ommen): stuw in de Vecht 205
- Kadoelen (Noord-Oostpolder): keersluis 128  
 Kampen: Cellesluis 44, 116-117, 170  
 Kanaal Almelo-Nordhorn  
   Dubbele Sluis 49, 176, 190  
   ontlastsluis naar Beneden Dinkel 50, 145, 205  
 Kanaal door Voorne: schutsluizen 37  
 Kanaal door Walcheren: schutsluizen 43, 71  
 Kanaal door Zuid-Beveland 51  
   schutsluizen te Hansweert 43, 51, 117, 121, 123, 172, 178, 182, 185, 194  
   schutsluizen te Wemeldinge 43, 51, 121, 173, 177, 178  
 Kanaal van Gent naar Terneuzen: schutsluizen 39, 43, 95, 103-104, 106-107  
 Kanaal van Luik naar Maastricht  
   schutsluis bij Maastricht 76  
   schutsluis te Sint Pieter 57, 118, 188, 189  
 Kanaal van Steenenhoek: schutsluizen 34  
 Kanaal Wessem-Nederweert: schutsluis met spaarkomen 56, 172, 180  
 Katerveersluis bij Zwolle 36, 186  
 Katwijk aan Zee: uitwateringssluizen 31-32, 70, 125, 141  
 Keizerinnesluis te Rotterdam 17, 142  
 Keppel: stuw in de Oude IJssel 203  
 Keulse Vaart: schutsluizen 36  
 Kinderdijk: uitwateringssluizen 143  
 Kolderveensche Westergriфт: schutsluis bij Meppel 183  
 Kolhorn: schutsluis 184  
 Kolksluis te Spaarndam 76  
 Kolonie Veenhuizen: Schutsluis II 183  
 Koninginnesluis te Vreeswijk 46, 61, 72, 176  
 Korenbrugsluis te Gorinchem 95  
 Kornwerderzand: uitwateringssluizen in de Afsluitdijk 61, 80, 86, 166  
 Kralingsche of Oostersche sluis te Rotterdam 17  
 Kuinre: schutsluis 171
- Lage Zwaluwe: keersluis 109  
 Langerak: uitwateringssluizen 140  
 Leidschendam  
   overtoom 20  
   schutsluis 20, 77, 125  
 Lekkanaal: Prinses Beatrixsluis bij Vreeswijk 62, 178, 192  
 Lemmer: Lemstersluis 173  
 Lijmerse overlaat 33  
 Limmel: dubbele keer-schutsluis 57-58, 172-173, 178  
 Linde: Driewegsluis 52, 172, 179  
 Linge  
   Oude Merwedesluis te Gorinchem 175, 239  
   keer-schutsluis bij Asperen 33, 34  
 Linne: stuw 55, 206-207, 212, 217  
 Lith  
   schutsluis 133  
   stuw 59, 133, 208, 214, 215, 217-219  
 Loozen (Gramsbergen): stuw in de Vecht 203  
 Lopik: sluis in de Hollandse IJsseldijk 10, 139  
 Loppersum: schutsluis in de Loppersumer Wijmers 68
- Maarsse: overtoom in de Haarrijn 46  
 Maartensdijk: valschut 202  
 Maas 47, 55-56, 59  
   stuw Belfeld 55, 206-207, 217  
   stuw Borgharen 56-57, 208, 215, 218  
   stuw Grave 55-56, 207, 214, 217  
   stuw Linne 55, 206-207, 212, 217  
   stuw Lith 59, 133, 208, 214, 215, 217-219  
   stuw Roermond 55, 206-207, 217  
   stuw Sambeek (Afferden) 55, 206-207, 212, 217  
 Maas-Waalkanaal  
   keer-schutsluis te Heumen 56, 72  
   schutsluis te Weurt (Nijmegen) 56  
 Maas(land)sluis: spuisluizen 24, 88  
 Maasbracht: schutsluis 58, 109-111, 172, 178, 195  
 Maasdijk  
   Oranjesluis 142-143  
   stuw en keersluisje bij de Oranjesluis 216  
 Maassluis: Monstersesluis 78  
 Maastricht  
   sluizen in de Zuid-Willemsvaart 38-39, 103, 107, 182, 196  
   schutsluis in het Bosscheveld 57, 126-127, 130, 172  
   schutsluis in het Kanaal van Luik naar Maastricht 76  
   schutsluis te Sint Pieter 57, 118, 188, 189  
 Mallegatsluis te Gouda 16, 24, 168  
 Marelandsche spuisluis te Brielle 19, 87, 92, 151  
 Mariënberg: stuw in de Vecht 205  
 Medemblik: grote dok 31, 136-137  
 Meppel  
   Meppeler Sluis 20, 125  
   schutsluis in de Kolderveensche Westergriфт 183  
   schutsluis in de Nijeveensche Griфт 183, 186  
 Merwedekanaal 45  
   Grote of Nieuwe Schutsluis te Vianen 46  
   Grote Sluis te Gorinchem 68  
   Koninginnesluis Vreeswijk 46, 61, 72, 176  
   schutsluis bij de St. Anthoniedijk 46  
   schutsluizen te Gorinchem 46  
   schutsluizen naar Amsterdam-Rijnkanaal 62



- schutsluizen te Utrecht 46, 61, 188  
 Wilhelminasluis te Vianen 46, 176
- Middelburg**  
 droogdok 109, 110  
 havensluis 25  
 spuisluis 18  
 uitwateringssluizen 13, 145
- Middensluis te IJmuiden** 45, 79, 170-171, 175, 182-183, 189
- Monstersesluis te Maassluis** 78
- Moordrecht**  
 keersluis in de ringvaart van de Zuidplaspolder 65  
 Snellesluis 176
- Muiden: zeesluis** 26-27, 34, 47, 88, 89, 91, 92, 169, 195
- Munnekeburen: schutsluis in de Gracht** 187
- Munnekezijl**  
 keersluis in het Munnekezijlsterried 76, 149-150  
 uitwateringssluizen onder de Nieuwe Friese Brug 143
- Musselkanaal: Vijfde Verlaat** 51, 117
- Nauerna: schusluis in de Nauernasche Vaart** 188
- Nederhemert: duikersluis in Maasdijk** 48, 145, 164
- Nederweert: Sluis** 15 56, 58-59, 112, 177, 184
- Nieuwe Friese Brug: uitwateringssluizen bij Munnekezijl** 143
- Nieuwe Statenzijl (keersluis)** 150
- Nieuwe Termunterzijl bij Termunterzijl** 152
- Nieuwe Waterweg** 44  
 waterkering 64
- Nieuwegein**  
 plofsluis in het Amsterdam-Rijnkanaal 62, 155  
 schotbalkkering 148
- Nieuwpoort (Vlaanderen): Westsluis** 12, 15, 124
- Nieuwpoort (ZH): inundatiesluis** 25
- Nigtevecht: Hinderdam in de Vecht** 13, 25
- Nijbroek: sluis in de Vloeddijk** 128
- Nijeveensche Grift: schutsluis te Meppel** 183, 186
- Nijkerk**  
 Langeroesluis 233  
 Langeroesluis bij Zechen 228  
 sluis in Kerstgensgat 229  
 sluis in de Laeck 228  
 Spoesluis 227  
 Wielsluis 230
- Nijmegen (Weurt): schutsluis** 56
- Noord-Scharwoude: schutsluis** 52
- Noordersluis te IJmuiden** 54, 117, 120, 123, 172, 182-183, 195
- Noordervaart: schutsluis** 56
- Noordhollandsch Kanaal**  
 keer- en schutsluizen 37, 182  
 schutsluis te Purmerend 188  
 Willem III-sluis 43, 71, 75, 170  
 Willemsluis (Willem I-sluis) 37, 43, 178, 182
- Noordzeekanaal**  
 Middensluis 45, 79, 170-171, 175, 182, 183, 189  
 Noordersluis 54, 117, 120, 123, 172, 182-183, 195  
 zeesluizen te IJmuiden 45, 47, 54, 178, 182
- Oldelamer: schutsluis in de polder Oldelamer** 182
- Oosterhout: gekoppelde sluis** 50
- Oost(er)sluis te Hansweert** 51, 117, 121, 123, 172, 178, 185, 194
- Oranjesluis bij Maasdijk** 142-143, 216
- Oranjesluizen te Amsterdam** 45, 47, 90, 119
- Ostende (Vlaanderen): bassin-sluis** 35
- Otterspoorsluize in de Vecht** 13
- Oud-Drimmelen: sluis in de Buitendijk** 153
- Oude Haarlemmersluis te Amsterdam** 19
- Oude IJssel**  
 stuw te Keppel 203  
 stuwen met glijschuiven 205
- Oude of Zuidelijke Lingesluis te Asperen** 33, 34
- Overijsselsche Kanalen** 41, 203
- Overijsselsche Vecht** 49-50  
 stuw bij Ane 41, 50, 203-206  
 stuw bij De Haandrik 41, 50, 203, 205  
 stuw bij Loozen (Gramsbergen) 203  
 schuifstuwen 50, 205, 216
- Overtoom te Amsterdam** 21
- Panheel: schutsluis met spaarkommen** 56, 172, 180
- Pannerdens Kanaal** 28
- Parksluizen (Grote en Kleine) te Rotterdam** 58-59, 112-114, 172
- Plofsluis in het Amsterdam-Rijnkanaal** 62, 155
- Prins Bernhardsluis te Tiel** 62
- Prinses Beatrixsluis bij Vreeswijk** 62, 178, 192
- Prinses Irenesluis bij Wijk bij Duurstede** 62, 173, 175, 185
- Prinses Marijkesluis tussen Rijswijk en Ravenswaay** 62
- Proostdijer schutsluis te Abcoude** 47
- Purmerend: schutsluis in het Noordhollandsch Kanaal** 188
- Ravenswaay: Prinses Marijkesluis** 62
- Regge**  
 'gietijzeren valschut' bij Diepenheim 42, 126, 203  
 stuw bij Hankate 41-42, 203, 204  
 stuw met schipdeur 202  
 stuw met jukken 202
- Reitdiep: schutsluis Electra** 186
- Rietveldsche Vaart: schutsluis bij Hazerswoude-Dorp** 195
- Rijkshulpschutsluis te Vreeswijk** 34
- Rijpwetering: overtoom bij de Blauwe Molen** 53
- Rijsenhout (Haarlemmermeer): schutsluizen** 176
- Rijswijk (Gld): Prinses Marijkesluis** 260
- Ringvaart: damsluis bij Vijfhuizen** 47
- Roermond: stuw in de Maas** 55, 206-207, 217
- Romeinse duikers**  
 Schiedam-Kethel 8-9, 139  
 Valkenburg (ZH) 8-9, 108, 139  
 Zuidland (ZH) 8-9
- Roosteren: schutsluis** 58, 109-111, 172, 178, 195
- Rotte**  
 overtoom op de Hildam 21  
 uitwateringssluis bij Krooswijk 10, 139
- Rotterdam**  
 Bergsche of Donkere Sluis 156  
 Bleywijksche sluis 17  
 Boterdorpsche Verlaat bij Hillegersberg 11, 15, 181  
 Keizerinnesluis 17, 142



- Kralingsche of Oostersche sluis 17  
 Middeleeuwse uitwateringssluizen in de Rotte 13-14, 66, 157  
 Parksluizen 58-59, 112-114, 172  
 sluis in de Nauwe Kerkstraat 11, 13, 108  
 uitwateringssluizen in de Rotte bij Krooswijk 10, 139  
 Zegwaardsche sluis 17  
 Zevenhuizer sluis 17
- Sambeek  
 stuw in de Maas 55, 206-207, 212, 217  
 schutsluis in de Maas 195
- Sas van Gent: schutsluis 39, 104
- Schiedam  
 Beurs- of Binnensluis 78  
 havensluis 32, 100  
 Romeinse duiker in Kethel 8-9, 139  
 schutsluis 16, 168  
 spuisluis 24, 100
- Schotkampsluisje in de Schotkampswijk 35, 49  
 Schutsluis II in de Kolonie Veenhuizen 183  
 Sint Andries: schutsluis 42, 59, 130-131, 133-134  
 Sint Pieter (Maastricht): schutsluis 57, 118, 188, 189  
 Sluis 15 in de Zuid-Willemsvaart bij Nederweert 56, 58-59, 112, 177, 184  
 Sluis 16 in de Zuid-Willemsvaart te Weert 185  
 Sluis nr. 8 in de Dedemsvaart bij Ane 35-36  
 Snellesluis bij Moordrecht 176
- Spaarndam  
 Kolksluis 76  
 schutsluis 15, 18, 73, 168, 190
- Spieringsluis: schutsluis in de Bieschbosch 189  
 Spijk: uitwateringssluizen bij het gemaal 143  
 Stadskanaal: schutsluizen 51-52, 117  
 Staphorstersluis te Zwartsluis 30, 88, 94
- Steenbergen  
 Benedensas (schutsluis) 97, 175  
 uitwateringssluizen in de Polder Kruisland 18  
 Stolwijkersluis (Gouda): Communicatie- of Sassluis 239
- Termunterzijl  
 Nieuwe Termunterzijl 152  
 schutsluis Termunterzijl 77
- Terneuzen  
 oostsluis 39, 103-104, 106, 107  
 westsluis 43, 95
- Tiel: Prins Bernhardsluis 62
- Tienhoven: schutsluis 15
- Tilburg: gekoppelde bajonetsluis 50-51, 171, 176
- Twenthekanaal 59-60, 180  
 aflatwerk in de Bolsbeek 60  
 schachtsluis te Hengelo 60, 118, 127, 172-173, 179, 185  
 schutsluis te Delden 60, 127, 173, 185  
 schutsluis te Eefde 60, 173, 180
- Uithoorn: damsluis in de Drecht 47
- Utrecht  
 Merwedesuizen 46, 61, 188  
 valschutten 202  
 Weertsluis 77, 96  
 Utrechtse Gemeenteschutsluis te Vreeswijk 36, 161, 189
- Valkenburg (ZH)  
 Romeinse duiker 8-9, 108, 139  
 Romeinse houten waterkering 9-10
- Van Starckenborghkanaal: schutsluis bij Gaarkeuken 52, 117, 119, 121
- Vecht  
 Hinderdam bij Nigtevecht 13, 25  
 Otterspoorsluizen 13
- Vechterweert (Dalfsen): stuw in de Vecht 205
- Veere: schutsluizen 43-44, 71
- Venhuizen: oortoom 53
- Verse Sluis te Heist 16, 70, 124, 158, 237
- Verversingskanaal (Afvoerkanaal): uitwaterings-spuisluis te Scheveningen 46, 96
- Vianen  
 Grote of Nieuwe Schutsluis 46  
 Wilhelminasluis 37, 46
- Vijfde Verlaat te Musselkanaal 51, 117
- Vijfhuizen: damsluis in de Ringvaart 47
- Vilsteren (Ommen): stuw in de Vecht 205-206, 212
- Vlaardingen  
 keersluis in de havenmond 149  
 spuisluis 24, 100  
 West- en Oostspui 238
- Vlissingen  
 keersluis 54-55, 136-137, 150  
 marinedok 28, 71, 151  
 schutsluizen in het Kanaal door Walcheren 43, 71  
 Wachtsluis 148
- Vreeswijk  
 keersluis 16, 149, 168  
 Koninginnesluis 46, 61, 72, 176  
 Prinses Beatrixsluis 62, 178, 192  
 Rijkshulp-schutsluis 34  
 schutsluis 16, 18, 25, 168  
 Utrechtse Gemeenteschutsluis 36, 161, 189
- Waaiersluis in de Hollandsche IJssel bij Gouda 42, 152
- Waalwijk: dubbele uitwateringssluizen 48, 126, 133, 143-144
- Wachtsluis bij Vlissingen 148
- Warnsveld: stuw in de Berkel bij de Kapperallee 212
- Weert: Sluis 16 in de Zuid-Willemsvaart 185
- Weertsluis te Utrecht 77, 96
- Wemeldinge  
 Oostsluis 51, 121, 177, 178  
 schutsluizen 43, 51, 173
- Wendeldijk: uitwateringssluizen 13, 140
- Werkendam: inundatiesluis langs de Bakkerskil 34, 154
- Westzaner Oortoom: schutsluis 191
- Weurt (Nijmegen): schutsluis 56
- Wijk bij Duurstede  
 inlaatsluis 25  
 Prinses Irenesluis 62, 173, 175, 185
- Wijkmeerpolder (Beverwijk): damsluizen 47, 155
- Wilhelminakanaal: bajonetsluizen 50-51, 171, 176-177
- Wilhelminasluis bij Andel 47-48, 95-97, 171, 186, 195, 196-198
- Willem III-sluizen te Amsterdam 43, 71, 75, 170
- Willemsluis (Willem I-sluizen) te Amsterdam 37, 43, 178, 182



Willemsvaart: Katerveersluis 36, 186  
Winneweer: uitwateringsluis in de Vismaar 11, 12  
Winoksbergen (Frans-Vlaanderen): spuisluis 24, 100  
Woerdense Verlaat: schutsluis 76  
Woudrichem: inundatiesluis 34  
  
Zaandam: overtoom 22  
Zederikkanaal 37  
Zegwaardsche sluis te Rotterdam 17  
Zesde of Ter-Apelerverlaat te Jispingboermussel 51-52,  
117-118, 185  
Zevenhuizer sluis te Rotterdam 17  
Zierikzee: havensluis 64

Zijderveld: coupure in de Diefdijk 148-149  
Zuid-Willemsvaart 37  
  schutsluis in het Bossche Veld (Maastricht) 57  
  schutsluizen 38, 186  
  Sluis 14 56  
  Sluis 15 56, 58-59, 112, 177, 184  
  Sluis 16 185  
  sluizen bij Maastricht 38-39, 103, 107, 182, 196  
Zuidersluis in de 's-Gravelandsche Vaart bij 's-Graveland  
191  
Zwammerdam: keersluis in de Svadenburgerdam 13, 146  
Zwartsluis: Staphorstersluis 30, 88, 94  
Zwolle: Katerveersluis 36, 186



## INDEX PERSONEN

- C. Alewijn 38, 39, 102, 103, 106, 107
- Meeuwes Meindertz. Bakker 37
- F. Baud 71
- Joan Blaeu 19, 125
- Jan Blanken 31, 32, 33, 34, 37, 40, 94, 95, 135
- Braun 19
- Christiaan Brunings 28, 30
- W.F. Burky 112
- Chanoine 204
- F.W. Conrad 15, 40
- Nicolaas Cruquius 44
- Cornelis Danckers 19, 20, 202
- W.J. baron van Dedem 35
- Denil 219
- Adriaen Diericxsz 23, 24, 88, 92
- B.P.G. van Diggelen 39, 40, 44, 116, 117
- C. Franx 58
- J.G. van Gendt Jr. 45
- G.A. de Geus 72
- P. Glavimans 31, 135
- A.F. Goudriaan 31, 32, 33, 35, 38, 40, 94, 95, 135, 170, 182, 202
- C. de Groot 127
- N.H. Henket 45
- Hogenberg 19
- Jan ten Holt 30, 33, 89, 94, 95
- Tileman van der Horst 26, 73, 88
- Joannes Hudde 26
- Adriaen Jansz 22, 23, 88
- J.P. Josephus Jitta 54, 74, 130, 197
- L. van de Kastele 203
- A.E. Kempees 51
- F. Kloos 42, 71
- C.R.T. Krayenhoff 34, 40, 42
- H. Krey 59, 111
- C.L.M. Lambrechtsen van Ritthem 62
- B. van de Lecq 58
- Jan Adriaansz. Leeghwater 19, 20, 73, 202, 221, 223
- C. Lely 60
- Rochus Meeuwesz 24
- Menko 11
- Cornelis Dirxsz. Muys 22, 24, 100
- J.G. van Niftrik 45
- Plasscheart 201
- Poirée 42, 203
- Jacob Polley 26, 27, 28, 73
- Cornelis Redelijkheid 29, 30, 39, 44, 89, 94, 115, 116, 117, 125, 135
- Rehbock 218
- O. Reich 57
- J.A. Ringers 51, 52, 54
- Jan Schenk 26, 27
- Pieter Serwouters 20, 221
- Sganzin 115
- J.C. Singels 39, 44, 116, 117
- Willem Staring 203
- Simon Stevin 22, 24, 26, 30, 70, 100, 108, 115, 125, 169, 173
- T.J. Stieltjes 45, 203
- D.J. Storm Buysing 41, 115, 202, 203
- B. Strootman 43, 71
- Derk Swens 30, 88, 89
- J. Swets 44, 116, 170
- Thénard 42, 203
- A.E. Tromp 43, 71
- Andries Vierlingh 17, 18, 22, 66, 67, 70, 108, 115, 124
- Pieter Vinckeboons 19
- J. White 201
- C.F. Wiebeking 27, 170







## INDEX BEGRIPPEN

- aanslag 86-87, 114, 134  
aanslaglijst 86, 114  
aanslagstijl 183-184  
aanslagstrook 162  
achterhar 69, 80-81, 98  
achterloopsheid 158, 165, 216  
ademgat 12  
afdrukinrichting 131  
afdrukmechanisme 131  
afsluitmiddel 63-137  
afsluitmiddel met draaiplaat 40  
afvoeropening 55, 206-208, 218  
automatische klepstuw 210-211  
anker 74, 161-162
- baar 165  
baard 158  
baarding 165, 223  
baardplank 158  
bajonetsluis 50, 51, 56, 171, 172, 176-177, 185  
balans 120  
balanswagen 120-121  
ballastkist 85  
bateau-porte 31, 135  
bekkentrap 219  
beneden(sluishoofd 173, 174  
beplating 85  
beschoeiing 186  
beton 38, 170, 183, 187, 217  
betonfondering 170  
betonnen duikersluis 48, 164  
betonnen vloer 170, 182  
beugel 80, 224  
beweegbare aanslag 134  
beweegbare waker 79-80, 162  
bewegingsinrichting 76-79, 113, 121, 190  
bewegingsmechanisme 39, 44, 77, 97, 110, 113, 117, 121, 128, 132, 190, 192  
binnendeur 70  
binnen(sluishoofd 174  
bodem 221, 223  
bodembescherming 165-166, 188, 195, 216-218  
bolder 188-189  
bovenaanslag 163  
bovendraaipunt 74-75, 91  
boven(sluishoofd 172-174, 184  
bovenregel 69, 80-81, 93  
buitendeur 70
- buiten(sluishoofd 174
- caestelhout 70  
Chanoine-Pascaud-stuwklep 211  
cilinderschuif 197-198  
cols 67  
contragewelf 182  
contragewicht 113, 131-132  
contrefort 161  
coupure 148  
cremaillière 77
- dakstuw 211  
damsluis 4, 47, 154-156  
damwand 158, 165, 186, 225  
dekzerk 161, 188  
dekzerkprofiel 188  
Denilse trap 219  
dennemast 158  
deurendok 123  
deurgebint 156  
deurkas 65, 162, 165, 183, 185  
deurstijl 221, 223  
doksluis 3, 31, 150-151  
dookbout 161  
doorlaatsluis 153  
doorstroomprofiel 141, 165  
doorvaartbreedte (wijdte) 45, 54, 171, 193  
dorpel 157-158  
draaias 93, 114  
draaiboom 68, 88, 92  
drempel 158, 160, 195  
drielingssluis 58, 178  
drietrapssluis 44, 170, 176  
driewegssluis 52, 172, 179  
drijfdeur 118  
drijfschot 39, 44, 116-117  
drijvende bolder 189  
droogdok 28, 31, 43, 135-136, 151  
drukstoel 84, 86-87  
drumpel 71  
dubbele sluis 58, 177-178  
dubbelkerende sluis 168, 174-175  
duiker 8, 164  
duikersluis 48, 109, 139-140, 142, 162-164  
duwboom 76  
duwpers 79



- ebdeur 70, 72, 136, 150, 174  
 eenheden 4  
 enkele draaideur 13, 49, 65-69  
 evenaar 121
- filtersnelheid 182  
 frontmuur 162  
 fundering 38, 216
- Gallse ketting 121, 129, 215  
 gebint 16, 156, 181  
 gebintbalk 157  
 gebogen kwadrant 77  
 gebogen puntdeur 28, 43, 71  
 gekoppelde deuren 102-107, 193  
 gekoppelde sluis 46, 49, 50, 171, 176  
 gelaste sluisdeur 61, 86  
 geleidingswiel 130  
 gemetselde vloer 160, 182-183  
 getand kwadrant 77, 79  
 getrapte sluis 176  
 gewapend beton 48, 71, 164-165, 183-184  
 gewelf 163  
 glijschuif 132, 133, 190-192, 195-196, 205, 211  
 grindbed 166  
 groene kolk 169, 171, 185-186  
 grondbalk 158  
 grontwerk 158
- haalijzer 189  
 haalkom 189  
 haalpen 188-189  
 hals 68, 73-75  
 halsbeugel 68, 74, 183  
 halsring 68  
 halve Panamawiel 78  
 har 67, 80, 93  
 harder 71  
 hefdeur 19, 57, 112, 123-135, 165  
 hefmechanisme 130  
 hefportaal 124, 127, 165, 185  
 heftoren 123, 127, 185  
 heimast 158  
 heipaal 157, 158, 187  
 heiplank 158  
 heistok 158  
 heistuk 158  
 herreboom 67  
 heugelstang 77, 110, 121, 128, 132, 192, 196  
 hevelsluis 143  
 hoofdmuur 163  
 hoofdriool 194  
 hooggelegen rijbaan 115  
 hooggelegen rolbaan 115, 119, 121-122  
 houtdraadbout 159  
 houten sluis 35, 156-159  
 houten sluisdeur 69, 80-81, 98, 104, 107, 137
- ijzer en staal 5, 42  
 ijzeren deur 42-43, 49, 71, 95, 98-99, 137  
 ijzeren puntdeur 42-43, 71, 83-85
- in- en uitschuivende deur 29, 115  
 inlaatsluis 2, 3, 35, 48, 126, 145-146  
 inundatiesluis 4, 25, 34, 47, 103, 152-154  
 inunderen 4, 152  
 irrigatiesluis 2, 146
- jaloezieschuif 192  
 jokdorpel 161  
 juk 55, 202, 203, 206-208, 210, 213-214
- kaapstander 26, 76, 191  
 kademuur 187  
 kanaalsluis 173-174  
 karbeel 158  
 keer-schutsluis 30, 33, 58, 167, 172  
 keersluis 3, 12, 54, 128, 146-150  
 kesp 157-160, 221, 223  
 keuspot 68, 74-75, 91  
 klep 56, 208  
 klep-naaldstuw 204  
 klepdeur 13, 17, 58, 107-111  
 klepdeur-scharnier 110  
 klepstuw 42, 204, 211  
 klimijzer 190  
 klink 88, 92  
 klinket 18, 190, 224  
 klokkespijs 68  
 klokschuif 198  
 kloosterhout 157-159, 221, 223-224  
 kniescheen 73  
 koffer 161, 184  
 kofferdrempel 166  
 kokersluis 66, 139, 156-163, 164  
 kolkengte 72, 176  
 kolksluis 167  
 kolkwand 187  
 kom 75  
 komplaat 67, 158, 160  
 koning 158  
 koningsstijl 91, 93  
 kop 224  
 koppelbalk 156  
 koppeldeur 102, 107  
 koppelgording 98  
 koppelhout 158  
 kopstuk 158  
 korbeel 157  
 kraandeur 39, 104  
 kraanwagen 206, 207  
 krachtswerking bij gekoppelde deuren 105  
 kroestelhout 158  
 kruisende deuren 24, 99-102, 193
- laaggelegen rijbaan 115  
 laaggelegen rolbaan 115, 120, 122-123  
 landhoofd 216  
 Larssen-profiel 61, 86  
 liggende deur 17, 108  
 loopwiel 119, 130  
 luchtkist 58, 85, 99, 111, 118, 122



mangat 12, 99  
meinseel 70  
metaal 29, 68, 75  
militaire sluizen 1, 24, 152-156  
muts 68, 74

naald 42, 154, 203, 210  
naaldstuw 203, 210  
natte profiel 141  
neus 92

omloopriool 101, 104-106, 190, 193-199  
onderdraaipunt 75, 91  
onderloopsheid 158, 165, 182, 216  
onderregel 69, 80-81, 93  
ontlaste glijschuif 196-197  
ontlastsluis 2, 48, 144-145  
oor 158  
open sluis 139-140  
optrekkende sluisdeur 22, 125  
overhaal 21, 53  
overheaddeur 64  
overlaat 29, 59  
overtoom 20-22, 46, 53

paalfundering 159-161, 182-183, 187  
paalplank 158  
paalworm 28, 160-161  
palingplank 158, 221, 223, 224  
palrol 92  
palwiel 128  
pan 67, 74  
Panamawiel 78  
penant 193  
pendel 130  
pen-en-gatverbinding 80-81  
perkoenpaal 166  
pijl 158  
plofsluis 62, 155  
polder 1  
poldersluis 141  
Poirée-Thénard-stuw 203-204  
pomp 14, 140  
porte brisée 60, 118  
pot 157  
praamhar 92  
prop 68, 74  
punt van vrijdraaiing 83  
puntbalk 158  
puntdeur 16, 19, 27, 69-86  
puntdeur met toldeur 23-24, 47, 89, 197  
puntdeur van gewapend beton 71  
puntstuk 158

rechtstand 160-161  
regel 80  
regeldeur 83-84, 87, 122  
remmingwerk 185  
retourmuur 162  
richel 221, 223

rijbaan 115  
rinket 18, 190-191, 193  
rinketdeur 195  
rioolschuif 193, 195  
rioolstelsel 96, 104-106, 194  
roerklep 197  
rolbaan 115, 119-120, 185  
roldeur 22, 29, 39, 44, 51-52, 57, 114-123, 185  
roldeurkas 185  
roloplegging 120  
rolwagen 119-120, 129-130  
Romeinse duiker 8-9, 108  
rondsel 76, 77  
roosterbalk 158  
roosterhout 158

sas 167  
sassluis 167  
sceede 70  
schachtsluis 57, 60, 132, 176, 179  
scheen 73-74, 224  
scheepslift 53  
scheepvaartopening 55, 206-208, 213, 215, 218  
scheepskameel 37  
scheepvaartsluizen 1, 149-152  
scheprad 35, 115, 170  
schilpad 195  
schipdeur 30, 43, 54, 135-137, 202  
schipdeur met puntdeuren 31, 136  
schoen 68, 75, 91  
schooffdeur 17, 124  
schoorbalk 156-157  
schoorpaal 187  
schortstijl 98  
schotbalk 29, 144, 153, 206, 209  
schotbalkkering 148  
schotbalksluis 155  
schotbalkspinning 162  
schotbalkstuw 209-210  
schotdeur 14, 123, 128, 202  
schranken 69, 80  
schrankshoor 69, 81, 98  
schuif 55, 89, 123-134, 190-193, 195-199, 214  
schuifdeur 115, 117, 119  
schuifhout 158-159  
schuifstuw 211-212  
schuren 22  
schut 125  
schuthoogte 50, 168, 173  
schutkolk 167, 169, 171, 185-190  
schutlengte 45, 54  
schutpeil 175  
schutsluis 1, 3, 7, 14, 167-199  
schutsluis met spaarkommen 56, 179-180  
schutsluis met tussenhoofd 56, 175-176  
schutsluistypen 173-180  
schutverlies 168  
scofdeur 124  
sectordeur 64  
segmentdeur 58, 111-114  
segmentdeur-scharnier 113



- segmentschuif 58, 112, 199  
 sille 158  
 slachdeur 17, 67  
 slagbalk 158, 223  
 slagdrempel 66, 89, 158, 160, 181, 183-184, 221, 223, 225  
 slagdrempeldiepte 45, 54, 141  
 slaggebint 181  
 slagstijl 71, 161-162, 184, 223  
 slak 193  
 sleck 193  
 slijkbalk 156, 158  
 slijkhout 156-158, 223, 224  
 slikbalk 158  
 slikhout 158  
 sluis 1  
 sluisas 65, 176  
 sluisgang 141  
 sluishoofd 167, 180-185, 221  
 sluis(hoofd)wand 136, 161, 183  
 sluiscolkas 50, 171  
 sluislichaam 156-165  
 sluis-sluitbak 135  
 sluistrap 189-190  
 sluisvloer 156-162  
 sluitbalk 18, 72  
 sluitstang 92  
 sluizen voor de waterhuishouding 1, 139-148  
 snebdeur 44, 116  
 soldering 223  
 spaakrad 128  
 spaarkom 56, 180  
 spatkracht 73, 86  
 speie / speye 168  
 spil 124, 128  
 spildeur 22  
 sponning 162  
 spoordeur 39, 116  
 spoye 168  
 spuien 148, 151  
 spuikom 101, 152  
 spuisluis 2, 3, 18, 22, 90, 101, 103, 140, 151-152  
 staande deur 17, 67  
 staende swaijende vloeddeur 67, 70  
 steekdeur 22, 23  
 steeksluisje 27, 181, 191  
 steenzetting 166, 218  
 stempelbalk 18, 72  
 stempelraam 186-187  
 stenen duikersluis 17  
 steunbeer 161  
 steunconstructie 82  
 steunregel 98  
 steunveer 17, 67  
 stijl- en regelwerk 69  
 stijldeur 83-84, 87, 122  
 Stoney-schuif 49, 55, 126, 129, 133, 165, 196-197, 206-207, 212-213  
 stormvloeddeur 106, 150, 174  
 stortebed 22, 166, 218, 224  
 stortkom 217-218  
 stortmuur 184  
 stortvloer 216-217  
 strekhout 158  
 stroomsluis 1, 139-166  
 stuw 1, 19, 41, 50, 55, 201-219  
 stuwhoogte 203-204, 219  
 stuwklep 211  
 stuwlichaam 216-218  
 stuwnaald 204, 210, 211  
 stuwpeil 219  
 stuwtypen 209-215  
 stuwvloer 217-218  
 suatiesluis 1, 139  
  
 taats 68, 74-75, 91  
 taatsblok 161  
 taatskom 66, 74, 161  
 taatspot 68  
 tandwielkast 76, 77, 129, 191, 192, 196  
 tegenhouder 30  
 tijsluis 175  
 tijveer 17, 67  
 tijwachter 67  
 toldeur 19, 23, 30, 47, 86-93  
 toldeur in puntdeur 23-24, 47, 89, 197  
 tolklep 47, 192, 193, 197  
 tractor 79, 121, 189  
 trekdeur 30  
 treknagel 159  
 trekpaal 159  
 trekstang 69, 81-82  
 troggewelf 163, 186  
 truck 130  
 tuin 166  
 tussenpijler 216  
 tussenregel 69, 80-81, 93  
 tweelingsluis 178-179  
 tweetrapssluis 176  
  
 uitbaring 165, 226  
 uitstroomopening 194  
 uitwaterings-inundatiesluis 153  
 uitwaterings-schutsluis 44  
 uitwateringssluis 1, 7, 10, 108, 139-144  
  
 valdeur 123  
 valschut 125, 126, 202, 203  
 verlaat 19, 140, 167, 201, 224  
 verse deur 16, 70  
 vistrap 218-219  
 vizierstuw 207-208  
 vleugel 157-158, 162, 221, 226  
 vleugelmuur 162, 186  
 vleugelwand 165  
 vloeddeur 70, 72, 136, 150, 174  
 vloerconstructie 218  
 voorhar 69, 80-81  
 vrijdraaipunt 83  
  
 waaier 30, 94, 96, 97  
 waaierdeur 30, 32-33, 46, 93-99, 103, 153, 193  
 waaierkas 88, 94, 96, 165



waaiersluis 32, 95  
waaiervlotdeur 48, 95, 96, 99, 171  
wachtdeur 79, 142, 162, 163  
wachtsluis 142, 148  
waker 67, 79, 162  
wartel 69, 81  
waterkozijn 156  
watterrad 35, 115, 170  
watersloof 158  
watersparende sluis 35, 170  
wielschuif 56, 196-197, 206-207, 213-215  
wielschuif met klep 208, 215  
windas 22, 124, 191, 195  
windas (overtoom) 20-21  
windwerk 27, 76, 202  
winterbevloeiing 50, 145  
woelkamer 194

wolfconstructie 159  
wolfstuk 161

zakdeur 127  
zandplaat 158  
zandstrook 157-159, 221, 223  
zeesluis 175  
zijl 14, 140  
zijscherm 158, 225  
zijspruit 194  
zoete deur 70  
zonnewachter 163  
zoute deur 16, 70  
zwaaideur 22  
zwalp 157-160  
zwalphout 158



In dit deel uit de serie *Bouwtechniek in Nederland* wordt een overzicht gegeven van de sluizen en stuwen en hun afsluitmiddelen die in ons land zijn toegepast tot 1940. Ook de werking en de constructie daarvan komt uitvoerig aan de orde.

*Nederland - Waterland* is een bekende uitdrukking, die in meer dan één opzicht waar is. Water neemt in Nederland een belangrijke plaats in. Een groot deel wordt gevormd door de delta van enkele grote rivieren. Verder wordt Nederland doorsneden door talloze riviertjes, kanalen, vaarten en sloten; ook zijn er op diverse plaatsen grote plassen en meren aanwezig. Ongeveer de helft van ons land zou zonder dijken minstens twee maal per dag overstromen. Het water is vaak een vijand geweest, denk aan de vele overstromingen, maar soms ook een bondgenoot. Door inundaties kon men in het verleden vijandelijke legers tegenhouden. Ook hebben we een groot deel van onze welvaart te danken aan de ligging van ons land aan de mond van de Rijn.

Het bovenstaande maakt duidelijk dat het water beheerst moet worden. Een teveel aan water van buitenaf moet worden gekeerd, terwijl overtollig binnenwater moet worden afgevoerd. Daarnaast mag ook het scheepvaartverkeer niet worden gehinderd. Om één en ander mogelijk te maken moet men voorzieningen treffen. Dit gebeurde door het bouwen van sluizen en stuwen voor de waterbeheersing, de scheepvaart en de defensie. Daarom is het niet zo verwonderlijk dat ons land in de ontwikkeling van sluizen een vooraanstaande plaats heeft ingenomen. Niet alleen verschillende sluisstypen maar ook diverse afsluitmiddelen werden in ons land ontwikkeld en voor het eerst toegepast.

'Sluizen en stuwen, de ontwikkeling van de sluis- en stuwbouw in Nederland tot 1940' is van belang voor al diegenen die zich interesseren voor de geschiedenis van de waterbouwkunde. Bij bescherming, behoud, restauratie, renovatie en beheer van deze kunstwerken is kennis van de ontwikkeling daarvan onontbeerlijk. Het boek is geschreven voor zowel waterbouwkundigen als ook voor geïnteresseerde leken. Daarbij zijn uitweidingen over de constructie òf in een aparte paragraaf behandeld òf in een kleiner lettertype weergegeven.

Ir. G.J. Arends is civiel-ingenieur en maakt deel uit van de Groep Geschiedenis van de Bouwtechniek. De groep is een onderdeel van de Vakgroep Bouwtechnologie van de Faculteit der Bouwkunde van de Technische Universiteit Delft.

Delftse Universitaire Pers  
Rijksdienst voor de Monumentenzorg

ISBN 90-6275-700-6



9 789062 757008

