

2000-18\_ onderhoud-drainageconstructies-waterkeringen

**stowa**

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer

Onderhoud van drainageconstructies  
in waterkeringen  
*Compendium*



2000

18



Onderhoud van drainageconstructies  
in waterkeringen  
*Compendium*

2000

18

Arthur van Schendelstraat 816  
Postbus 8090, 3503 RB Utrecht  
Telefoon 030 232 11 99  
Telefax 030 232 17 66  
E-Mail [stowa@stowa.nl](mailto:stowa@stowa.nl)  
<http://www.stowa.nl>

Publicaties en het publicatie-  
overzicht van de STOWA kunt u  
uitsluitend bestellen bij:  
*Hageman Fulfilment*  
Postbus 1110  
3330 CC Zwijndrecht  
tel. 078 - 629 33 32  
fax 078 - 610 42 87  
e-mail: [hff@wxs.nl](mailto:hff@wxs.nl)  
o.v.v. ISBN- of bestelnummer en  
een duidelijk afleveradres.  
ISBN 90.5773.097.9

---

**Onderhoud van drainageconstructies  
in waterkeringen**

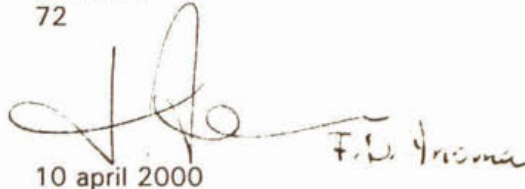
Compendium

---

---

## Verantwoording

Titel                   Onderhoud van drainageconstructies in waterkeringen  
Opdrachtgever      STOWA, programmacommissie Waterkering  
Projectleider        ir. J.K. Muntinga  
Auteur(s)            ir. F.D. Anema  
Projectnummer      0444170  
Aantal pagina's     72  
Handtekening



F.D. Anema

Datum                10 april 2000

## Colofon

Tauw bv  
Regio Oost  
Handelskade 11  
Postbus 133  
7400 AC Deventer  
Telefoon (0570) 69 99 11  
Fax (0570) 69 96 66

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of anderszins zonder voorafgaande, schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

Tauw bv beschikt over de volgende certificaten: NEN-EN-ISO 9001, VCA\*\* en KOMO-asbestinventarisatie. De meet- en inspectiediensten van Tauw zijn geaccrediteerd (STERIN I057). Deze accreditaties zijn op de werkzaamheden van toepassing tenzij in dit rapport anders is aangegeven.

ISO-9001 nr. 651023/650421  
VCA\*\* nr. 650488  
KOMO nr. 651286  
STERLAB-register nr L005:  
Laboratorium  
STERIN-register nr I057:  
Meet- en bemonsterings-  
activiteiten bodem, water,  
lucht en afvalstoffen





## Ten Geleide

Het onderzoek naar het onderhoud van drainageconstructies in waterkeringen is erop gericht de kennis en ervaring met het onderhoud van drainages in de binnenteeën van waterkeringen te bundelen. Het onderzoek omvat een literatuurstudie, een enquête onder de waterkeringbeheerders, interviews met een vijftal beheerders en deskundigen, een workshop en het opstellen van een kennisdocument. Het onderzoek is afgebakend tot buisdrainage.

Drainage in de binnenteeën van een waterkering wordt aangelegd om de stabiliteit van het binnentalud te verbeteren en om het (landbouwkundig) beheer uit te kunnen voeren. Het toepassen van drainage brengt risico's met zich mee, in verband met het geleidelijk afnemen van het functioneren van de drainage in de tijd en de onderbelichting van inspectie en onderhoud. In waterkeringen wordt enkelvoudige drainage langs de waterkering het meest toegepast. Het leggen gebeurt met een sleufloze machine of met een kettinggraver en bij rivierdijken veelal met een (kleine) graafmachine. Voor de buizen wordt polyvinylchloride (PVC), polyethyleen (PE) en polypropyleen (PP) toegepast en in enkele gevallen high density polyethyleen (HDPE). Polypropyleen en kokos worden veelal als omhullingsmaterialen gebruikt en zand en grind worden als omstortingsmaterialen toegepast.

Drainages kunnen verstopt raken door: verstopping of beschadiging (bij maaien) van de eindbuizen, slibafzetting, zandinspoeling, chemische neerslag (ijzer, zwavel) of wortelingroei. De drainage kan ook zijn functie verliezen door een ondoorlatende bovengrond, graafwerkzaamheden of zetting. Inspectie kan worden uitgevoerd door: controle van de eindbuizen of de ontwateringstoestand, doorsteken en het opgraven van drains. Onderhoud gebeurt door het doorspuiten. De spuitdruk en onderhoudsfrequentie zijn belangrijk. Daarnaast kan onderhoud, afhankelijk van de situatie worden uitgevoerd door het onderbemalen. Deze methode wordt bij waterkeringen voor zover bekend niet toegepast. Er is veel onderzoek gedaan naar het onderhoud van landbouwdrainage. Het onderzoek naar drainage met omstorting is onderbelicht.

Het functioneren van drainages in waterkeringen kan worden verbeterd door:

- bij het ontwerp reeds rekening te houden met de mogelijkheid om het onderhoud uit te voeren: inspectie- en doorspuitputten aanbrengen, geen haakse bochten in drainages of ingewikkelde systemen, een goede bereikbaarheid en markering van onderhouds- en inspectievoorzieningen;
- bij aanleg zorgvuldig te werk te gaan: onder droge omstandigheden werken, voorkomen van knikken, katteruggen of verzakkingen, het goed aansluiten van mofverbindingen en het voorkomen van platliggers bij het aanbrengen van omstorting. Steeksproefgewijze controle na aanleg op gebreken en inmeten drainagesystemen en vastlegging op revisietekeningen;
- jaarlijkse inspectie uit te voeren bij hoge buitenwaterstanden en na elke maaibeurt of slootonderhoudsbeurt. Registratie van de verstoppingen en resultaten onderhoud;
- onderhoudsfrequentie afstemmen op het bodemtype en de ernst van de verstoppingsproblematiek (veelal ijzer) en vervolgens baseren op ervaring.

De auteurs van het rapport willen de geïnterviewden, de geënquêteerden en de deelnemers aan de workshop bedanken voor hun actieve bijdrage aan de discussie voor het (verbeterd) onderhoud van drainage in waterkeringen en bij de totstandkoming van dit project.

Dit onderzoek maakt deel uit van het STOWA onderzoeksprogramma waterkeringen en is voor 50% gefinancierd door de waterschappen en voor de andere helft door de Dienst Weg en Waterbouw van Rijkswaterstaat. De werkzaamheden zijn uitgevoerd door Tauw in combinatie met Lareco bv. Vanuit Tauw zijn ir. J.K. Muntinga als projectleider en ir. F.D. Anema als adviseur bij het project betrokken. Vanuit Lareco zijn ing. H. van Dasselaar en M. Smid betrokken bij de uitvoering van het project. De begeleidingscommissie bestaat uit: L. Vos (waterschap Groot Salland (voorzitter), ing. W. van Dijk (Heemraadschap Fleverwaard), J.J. van den Boomgaard (waterschap Veluwe), ir. H. van Hemert (DHV, technisch-inhoudelijk begeleider) en ir. L.R. Wentholt (STOWA).

ir. J.M.J. Leenen  
Directeur

Utrecht  
april 2000



## Inhoud

Summary .....	7
1 Inleiding .....	9
1.1 Achtergronden van het onderzoek .....	9
1.2 Doelstelling .....	9
1.3 Afbakening .....	10
1.4 Aanpak van het onderzoek .....	10
1.5 Leeswijzer .....	11
2 Drainage in waterkeringen .....	13
3 Aspecten bij ontwerp en aanleg .....	15
3.1 Ontwerp .....	15
3.2 Aanleg .....	16
3.2.1 Aanlegmethoden .....	16
3.2.2 Vlakke ligging .....	20
3.2.3 Overige aandachtspunten .....	21
3.3 Buismaterialen .....	22
3.4 Filtermaterialen .....	22
3.4.1 Algemeen .....	22
3.4.2 Omhullingsmaterialen .....	23
3.4.3 Omstortingen/afdekkingsmaterialen .....	25
4 Verstoppingsproblemen .....	27
4.1 Algemeen .....	27
4.2 Verstopping eindbuizen .....	27
4.3 Slibafzetting .....	27
4.4 Zandafzetting .....	28
4.5 Ondoorlatende bovengrond .....	28
4.6 Chemische verbindingen .....	29
4.6.1 IJzerverbindingen .....	29
4.6.2 Zwavelverbindingen .....	32
4.7 Wortelingroei .....	33
4.8 Graafwerkzaamheden .....	34
4.9 Zettingen .....	34
5 Inspectie .....	35
5.1 Algemeen .....	35
5.2 Controle eindbuizen .....	35
5.3 Controle ontwateringstoestand .....	36
5.4 Doorsteken .....	37
5.5 Camera-inspectie .....	37
5.6 Stijghoogtemetingen .....	37
5.7 Controle gevoeligheid voor ijzerafzettingen .....	39
5.8 Opgraven drains .....	40
5.9 Inspectie tijdens aanleg .....	40
5.10 Grondradar .....	41
5.11 Conclusie .....	41



6	Onderhoud .....	43
6.1	Algemeen.....	43
6.2	Doorspuiten.....	43
6.3	Onderbemalen .....	46
6.4	Onderhoudsfrequentie.....	47
7	Interviews.....	49
7.1	Algemeen.....	49
7.2	Heemraadschap Fleverwaard.....	49
7.3	Waterschap Friesland.....	50
7.4	Waterschap Groot Salland .....	51
7.5	Groep Midden Betuwe.....	52
8	Resultaten workshop .....	55
8.1	Doel .....	55
8.2	Resultaten.....	55
9	Conclusies en aanbevelingen.....	59
9.1	Enquête .....	59
9.2	Literatuuronderzoek en interviews.....	59
9.3	Workshop .....	61
9.4	Aanbevelingen .....	62
9.5	Vervolgonderzoek.....	65
	Begrippenlijst .....	67
	Literatuurlijst .....	69

#### **Bijlagen**

1. Systemen dijksdrainage
2. Kans op ijzerafzettingen bij verschillende grondsoorten
3. Effect van ijzerafzetting en periodiek reiniging op stijghoogte
4. Voorbeeld doorspuitput en eindkap
5. Voorbeeld filtersamenstelling in relatie tot bodemsamenstelling
6. Berekening pompdruk
7. Programma workshop en deelnemerslijst
8. Enquête onderhoud drainageconstructies met uitwerking
9. Schets borstelkop

## Summary

Drainage systems are installed in the inner toes of dykes in order to improve the stability of the inner slope, and facilitate its (agricultural) management. However, there are some risks associated to drainage, e.g. a gradual loss in the drain's performance over time, and risks caused by insufficient attention for certain aspects of the installation, inspection and maintenance of the drains. Dyke drains usually consist of a single drain along the dyke, installed by means of a trenchless machine or a wheel-chain excavator, or, in the case of river dykes, using an ordinary (small) excavator. The materials used for the pipes are polyvinylchloride (PVC), polyethylene (PE), and polypropylene (PP) and – in some cases - high density polyethylene (HDPE). The drain envelope often consists of polypropylene and/or coconut fibre, and, in addition, sand and gravel are applied around the drains.

Drains can become clogged by: blockage or damage (e.g. caused by mowing activities) of the end pipes, silting, in-washing sand, settlement of chemicals (iron, sulphur) or ingrowing roots. The drainage may furthermore lose (part of) its function as a consequence of impermeable topsoils, excavation work, or subsidence. The drains can be inspected by checking the end pipes or the dewatering situation, piercing, or digging them up. Maintenance is done by flushing the pipes. The flushing pressure and frequency of the maintenance are important in this. If the drain is permanently below the groundwater table, pumping may be a good maintenance method. This method is not used for drains in dykes, in as far as known.

Much research has been done into the maintenance of agricultural drainage systems. However, too little is known about drainage by drains laid within trench fill material.

The functioning of the drains along dykes can be improved by:

- including maintenance aspects in the design, by adding inspection- and flushing pits/manholes, avoiding square angles in the drains or complicated systems, providing easy access, and marking maintenance- and inspection provisions;
- exercising more care during the installation of the drains: work in the dry, avoiding kinks, bulges, or subsidence, making sure the connections between coupling sleeves are good, and avoiding that pipes flatten when the trench fill is applied around the drains. Random checks should be carried out in order to detect flaws, and during installation, the position of the drainage system should be measured in the field and included in the as-built drawing;
- carrying out annual inspections during high (outer) water levels and after every mowing or ditch maintenance round, and recording blockages and maintenance results;
- gearing the maintenance frequency to soil type, hydrological situation (seepage) and the severity of the clogging problems (usually iron), and then basing it on the experiences.

Flushing may damage the soil structure around the drain or the drain itself, which will lead to inwashing sand and poor drainage. The maintenance then has a contrary effect. By applying low pressures only, these negative side effects can be restricted. In some cases, maintenance is unnecessary.

In view of the negative effects of maintenance, it is important to optimise the maintenance frequency.

In order to do so, the maintenance results (volume of flushed out material) must be monitored and recorded. By testing these results against certain flushing- or assessment

criteria, the maintenance frequency can be optimised. We recommend that a methodology should be drawn up for this.

The significance of the construction is another factor to include when determining the maintenance frequency. If the drainage is an important factor in the stability of the dyke, (preventive) maintenance will get more priority. We advise that the maintenance schedules should be included in maintenance plans.



## 1 Inleiding

### 1.1 Achtergronden van het onderzoek

Nederland beschikt over ruim 3.000 km aan primaire waterkeringen. Om bij hoog buitenwater problemen door dijkskwel of hoge grondwaterstanden in het binnenbeloop te ondervangen wordt in bepaalde gevallen gekozen voor de aanleg van drainage in de binnentoe of het binnentalud van de waterkering. Volgens een inventarisatie is in circa 20% van de primaire waterkeringen en in circa 5% van de boezemkaden drainage aangebracht. Om de kwel onbelemmerd via de drainage te kunnen afvoeren dient naast een goed ontwerp en een zorgvuldige aanleg, verstopping van de drainage te worden voorkomen door periodieke inspectie en onderhoud van de drainageconstructie.

In opdracht van de Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) programmacommissie Waterkeren (PCWK) is een onderzoek uitgevoerd naar het onderhoudsaspect van drainageconstructies in waterkeringen.

De aanleiding voor het onderzoek is een enquête van de STOWA onder haar leden, waarin verschillende beheerders van waterkeringsconstructies in Nederland problemen signaleren met het onderhoud van drainageconstructies in waterkeringen. Door middel van interviews en een uitgebreide enquête onder beheerders is de aard van de problemen nader in kaart gebracht. De problemen laten zich kenschetsen als:

- bij het ontwerp is onvoldoende rekening gehouden met het onderhoud;
- ligging drainage en onderhoudsvoorzieningen onbekend/niet gedocumenteerd;
- slechte bereikbaarheid/toegankelijkheid voor onderhoud;
- kwetsbaarheid bij graafwerkzaamheden of slootonderhoud;
- de behoefte aan gestandaardiseerde onderhoudsrichtlijnen/beheersplannen;
- de onbekendheid met verschillende inspectiemogelijkheden van drainage;
- de onbekendheid met achtergronden verstoppingsproblematiek.

De onzichtbaarheid van drainage werkt een aantal problemen in de hand.

Uit de enquête is naar voren gekomen dat er een grote spreiding is in de frequentie van onderhoud. De onderhoudsfrequentie varieert van jaarlijks onderhoud tot onderhoud eens in de vijf jaar. Er zijn ook waterbeheerders, die helemaal geen onderhoud plegen. Daarnaast vinden onderhoudswerkzaamheden plaats op 'ad hoc' basis, wanneer problemen geconstateerd worden met de afvoer of de constatering van (langdurige) natte plekken aan het maaiveld. Het type onderhoudsmaatregel bestaat bijna altijd uit het doorspuiten van de drainage. Over het algemeen heeft het drainageonderhoud een lage prioriteit. Vanwege de onderhoudsgevoeligheid wordt soms afgezien van het aanbrengen van drainage in waterkeringen. Ook wordt in een aantal gevallen drainage gelegd als extra veiligheid.

### 1.2 Doelstelling

Het doel van het onderzoek is om de kennis en ervaring met betrekking tot het onderhoudsaspect van drainageconstructies te verzamelen, vast te leggen en uit te wisselen.

Dit rapport fungeert voor deze punten als een kennisdocument voor het onderhoud van drainages in waterkeringen.

### 1.3 Afbakening

Op basis van de interviews en de enquêteresultaten is het onderhoudsaspect tot de volgende punten afgebakend:

- aandachtspunten bij het ontwerp en de aanleg met het oog op het onderhoud;
- achtergronden verstoppingsproblemen die het onderhoud noodzakelijk maken;
- inspectiemethoden van drainage;
- methoden van onderhoud.

Het onderzoek beperkt zich tot buisdrainage al dan niet aangelegd in een sleuf (met omstorting). Andere vormen van drainage zoals ontlastsloten, (met grind) opgevulde sleuven, taludfilters e.d. vallen buiten dit onderzoek met als argument dat dergelijke constructies na aanleg vrijwel niet meer voor onderhoud in aanmerking komen.

De aanleg van drainage in het binnenbeloop kan meerdere redenen hebben. Dit onderzoek beperkt zich tot de drainage die is aangelegd met het oog op het afvangen van kwelwater vanuit het buitenwater met als doel het verlagen van de waterverhanglijn in het binnentalud of -beloop. Drainage gelegd met het oog op het afvangen van neerslag of cunetdrainage van wegen vallen in principe buiten dit onderzoek, hoewel in de praktijk de drainage meerdere functies kan vervullen.

Drainage die toegepast wordt tijdens de aanleg van een waterkering met het oog op een versnelde consolidatie of het werken in den droge valt buiten de scope van dit onderzoek.

### 1.4 Aanpak van het onderzoek

Het onderzoek bestaat uit een literatuuronderzoek, interviews met probleemhebbers en deskundigen en een enquête onder beheerders van waterkeringen. Het onderzoek is afgerond met een workshop.

Veel onderzoek naar het onderhoud van drainage is gedaan in het kader van de inpoldering en inrichting van de IJsselmeerpolders en vormt als zodanig een belangrijke informatiebron. Een nadeel hiervan is dat de onderzoeken specifiek betrekking hebben op de situatie in de IJsselmeerpolders. Bovendien is veel literatuur enigszins verouderd, waardoor de (technische) ontwikkelingen van de laatste tien jaar niet gedocumenteerd zijn. Andere onderzoeken naar het onderhoudsaspect zijn slechts beperkt voorhanden.

Eveneens kwam tijdens het literatuuronderzoek naar voren dat het specifieke onderwerp 'drainage in waterkeringen' slechts sporadisch in de literatuur behandeld wordt. Aangezien de mechanismen van verstopping en de methoden van onderhoud bij drainage in waterkeringen vrijwel identiek zijn aan die bij landbouw- en cunetdrainage is veel informatie verkregen uit literatuur omtrent het onderhoudsaspect van met name landbouwdrainage. Wel dient hierbij de volgende kanttekening te worden geplaatst. Bij landbouwdrainage wordt vrijwel uitsluitend zonder omstorting gewerkt, terwijl dijksdrainage zowel met als zonder omstorting wordt gelegd. De omstorting is van invloed op de werking van de drainage, de verstoppingsproblemen rondom de drain en de effecten van het onderhoud.



De resultaten van het literatuuronderzoek kunnen derhalve niet één op één vertaald worden naar alle dijksdrainage. In relevante passages in dit rapport wordt dit knelpunt behandeld.

Het literatuuronderzoek is getoetst en aangevuld met praktijkervaringen van beheerders van waterkeringsconstructies door middel van interviews.

Tenslotte zijn de onderzoeksresultaten toegelicht en besproken op een workshop. Een verslag van de discussie op de workshop omtrent aandachtspunten bij het (verbeterd) onderhoud van drainage in waterkeringen is in deze rapportage opgenomen.

## **1.5 Leeswijzer**

Het rapport omvat een zevental hoofdstukken. In hoofdstuk 2 wordt in het kort ingegaan op de redenen voor het toepassen van drainage in waterkeringen.

Hoofdstuk 3 tot en met 6 bevatten de resultaten van het literatuuronderzoek. Achtereenvolgens wordt ingegaan op het ontwerp en de aanleg van drainage. De aspecten bij het ontwerp en de aanleg die bepalend zijn voor het functioneren en de inspectie en het onderhoud van drainage worden hier behandeld. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de verstoppingsproblemen, zoals deze zich in de praktijk voordoen. Waar nodig wordt de verstoppingsproblematiek toegelicht middels een procesbeschrijving. Hoofdstuk 5 gaat in op de inspectiemethoden van drainage. De onderhoudsmethoden worden behandeld in hoofdstuk 6.

In hoofdstuk 7 worden de bevindingen uit de interviews toegelicht. In hoofdstuk 8 is verslag gedaan van de resultaten van de workshop. In hoofdstuk 9 zijn de conclusies en aanbevelingen weergegeven.





## 2 Drainage in waterkeringen

Het waterkerend vermogen van een waterkering wordt bepaald door de kruinhoogte en de stabiliteit van het dijklichaam. Bij het ontwerpen van nieuwe waterkeringen en bij het toetsen van bestaande waterkeringen wordt hieraan veel aandacht besteed. De stabiliteit van een dijklichaam wordt bepaald door :

- voldoende weerstand van het dijklichaam tegen het afschuiven van het buitentalud en het binnentalud (macrostabiliteit);
- voldoende weerstand van het dijklichaam tegen het uitspoelen van grond of het afdrukken van de toplaag van het binnentalud ten gevolge van kwel uit het binnentalud (microstabiliteit);
- bij situering op een goed doorlatend zandpakket voldoende weerstand tegen piping: dit is een dusdanig sterke grondwaterstroming onder het dijklichaam bij hoge buitenwaterstanden, dat er zand wordt meegevoerd en er holtes ontstaan die het binnentalud en vervolgens de kruin kunnen ondermijnen.

Een gebruikelijke maatregel om bovenstaande processen te voorkomen of te ondervangen is de toepassing van een kwelkade, (micro-)stabiliteitsberm kwelsloot of kwelscherm. Wanneer een dergelijke constructie niet mogelijk of gewenst is of er onvoldoende resultaat van wordt verwacht, wordt ook wel gekozen voor de aanleg van drainage in de binnenteen of onder het binnentalud van de waterkering. In figuur 2.1 zijn de genoemde situaties met drainage weergegeven. De stabiliteit van de waterkering en daarmee ook de veiligheid is dan wel afhankelijk van het goed functioneren van de drainageconstructie. In een aantal gevallen is een goede ontwateringstoestand van het binnentalud, de binnenberm of het binnenbeloop de enige reden waarom dijksdrainage wordt toegepast. Het komt ook voor dat de drainage wordt aangelegd als extra voorziening of veiligheid.

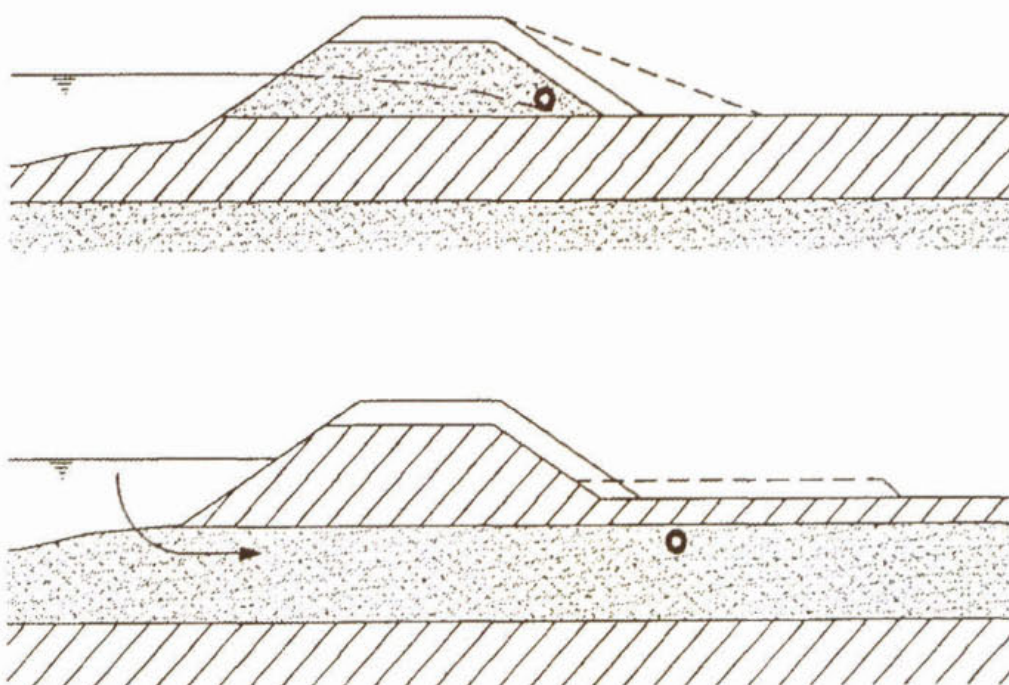
Drainages worden toegepast langs het binnentalud van rivierdijken, zeedijken en meerdijken. De redenen voor drainage zijn in het algemeen verschillend:

- Langs de binnenteen van rivierdijken kunnen woningen, kolken, bomen of wegen aanwezig zijn. Er is dan onvoldoende ruimte voor het verkrijgen van voldoende macro- en microstabiliteit door een flauwer binnentalud of het toepassen van een stabiliteitsberm tegen de binnenteen. Drainage kan dan een oplossing bieden.
- Langs de binnenteen van zeedijken is meestal voldoende ruimte voor een voldoende stabiel binnentalud of een stabiliteitsberm. Drainages langs de binnenteen worden hier veelal toegepast om wateroverlast bij de binnenteen te voorkomen. Hierdoor is de waterkering beter te maaien of te beweiden, zonder dat er schade ontstaat aan de grasmat.
- In situaties waar permanent water tegen het buitentalud staat, zoals in de IJsselmeerpolders is steeds sprake van een continue kwelstroom door de waterkering. Hier is drainage noodzakelijk om wateroverlast aan de binnenzijde te voorkomen.

Bij de toepassing van drainage in waterkeringen moet een aantal kanttekeningen worden geplaatst. In het CUR-handboek wordt opgemerkt dat in het algemeen het effect van teendrainage op de macrostabiliteit beperkt is [CUR/NGO, 1996]. In de Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken [TAW, 1985] wordt geadviseerd niet al te gauw over te gaan op het toepassen van drainageconstructies in plaats van civieltechnische constructies in verband met moeilijke inspectie en het vereiste onderhoud. In de Leidraad voor zee- en meerdijken [TAW, 1997] wordt niet ingegaan op drainage in waterkeringen. Tenslotte

wordt opgemerkt dat aanbrengen van drainage in het zandpakket onder de waterkering om piping te voorkomen zeer incidenteel wordt toegepast [TAW, 1985]. Hier is weinig ervaring mee opgedaan.

Om verzekerd te zijn van het goed functioneren van de drainage moet regelmatig controle en onderhoud worden uitgevoerd. Een probleem hierbij is dat controle dikwijls moeilijk effectief is uit te voeren en samen met het onderhoud een onderbelicht aspect is.



Figuur 2.1 Situering dijksdrainage [TAW, 1994].



## 3 Aspecten bij ontwerp en aanleg

### 3.1 Ontwerp

Er zijn weinig gegevens voorhanden hoe in het verleden is omgegaan met het ontwerp van drainage in waterkeringen. In de geraadpleegde literatuur zijn geen voorschriften voor drainageontwerp in waterkeringen opgenomen. Voor landbouwkundige drainage bestaan wel ontwerprichtlijnen (onder andere afvoerintensiteiten) en berekeningsmethodieken (formules van Ernst en Hooghoudt). Mede op basis van de interviews bestaat de indruk dat het ontwerp gebaseerd is op een inschatting van de hoeveelheid dijkskwel, de aanwezige grondsoort, enkele praktische randvoorwaarden en de expertise, ervaring en opvattingen van de betreffende ontwerper belast met het dijkontwerp. Algemene normen zijn hiervoor niet te geven.

De inschatting van de dijkskwel werd gebaseerd op het te verwachten peilverschil bij maatgevend hoog water (MHW). Door vooronderzoek werd de grondsoort vastgesteld. Onduidelijk is of de doorlatendheid van de grond werd bepaald. Met praktische randvoorwaarden wordt bedoeld de stand der techniek wat betreft aanlegmethoden en de ontwikkelingen in de keuze van het drainage- en filtermateriaal (zie ook § 3.2).

Tegenwoordig worden berekeningen van de waterverhanglijn en de hoeveelheid kwel uitgevoerd met programmatuur als MSEEP, SEEP/W of een grondwaterstromingsmodel.

In het kader van de inpoldering van de Noordoostpolder en vooral de Flevopolders is meer onderzoek naar het drainageontwerp in dijklichamen verricht. Dit heeft ondermeer geresulteerd in drie ontwerpen voor drainage in het binnentalud. Naast het al bestaande systeem van enkelvoudige drainage zijn de volgende ontwerpen opgesteld (zie ook bijlage 1):

- samengestelde drainage;
- enkelvoudige drainage, systeem 'NOP';
- enkelvoudige drainage, systeem 'Abramse'.

Tot begin 80-er jaren werd veelal samengestelde drainage aangelegd. Door het ontbreken van doorspuitputten kon dit stelsel alleen met veel moeite en kosten (opgraven) worden gereinigd. Wat dan ook vaak niet gebeurde [Scholten, 1985]. Sindsdien worden de andere systemen meer toegepast of doorspuitvoorzieningen aangebracht. Uit de enquêteresultaten is gebleken dat in veel waterkeringen een tussenvorm voorkomt, waarbij slechts een enkele drain evenwijdig aan de waterkering wordt gelegd en waarbij beide uiteinden met een flauwe bocht op de kwelsloot afwateren (bijlage 1D).

Er zijn ook gevallen bekend waarin de drainage tijdens de uitvoering onder het dijklichaam is aangebracht. Dit veroorzaakte naderhand bij het onderhoud veel problemen door de vele bochten die ontstaan in de drainage tijdens de zandopspuiting.

Een ontwerpnorm voor de hoogte van de grondwaterstand in het binnenbeloop van de waterkering met het oog op beweiding en onderhoud werd gevonden in Scholten [1985] en bedraagt 0,5 à 0,6 m -mv.

In incidentele gevallen komt het voor dat een te kleine draindiameter wordt gekozen, waardoor de afvoercapaciteit te klein is. Echter meestal wordt de diameter veiligheidshalve voldoende groot aangehouden.

### 3.2 Aanleg

Een ander belangrijk aspect dat bepalend is voor het functioneren en de levensduur van de drainage is de zorgvuldige aanleg ervan.

Bij de aanleg van drainage in de waterkeringen van de IJsselmeerpolders ging men als volgt te werk. Na de aanleg van de waterkering en het droogvallen van de polder werd de stortsteen en verdere bekleding van het binnenbeloop verwijderd en een kleilaag van 0,15 à 0,3 m dikte aangebracht. Daarna werden eerst greppels in de binnenteen getrokken evenwijdig aan de waterkering. Deze greppels voeren per 50 of 100 m af op de kwelsloot. Na verloop van tijd werden de greppels vervangen door drains. Vermoedelijk is deze aanlegmethode meer algemeen toegepast bij de aanleg van (meer en zee)dijken in Nederland. Vanaf de 80-er jaren worden de drains in de IJsselmeerpolders ook wel rechtstreeks aangesloten op de kwelsloot hetgeen het onderhoud vergemakkelijkt [Scholten, 1985].

#### 3.2.1 Aanlegmethoden

De huidige gangbare aanlegmethoden voor drainage zijn:

- in een sleuf met hydraulische graafmachine of handkracht;
- via sleufloze techniek met een V-vormig mes;
- in een sleuf met een kettinggraver;
- sleufloos middels gestuurde boortechniek.

In het verleden werd (landbouw)drainage ook wel gelegd met een machine met een verticaal woellichaam. Deze methode wordt nauwelijks meer toegepast en wordt hier niet behandeld.

#### In gegraven sleuf

De aanleg van de eerste drainages dateert van midden 19<sup>e</sup> eeuw. Tot de jaren '60 werd drainage (als gebakken buizen) volledig onder handkracht aangelegd. Daarna is de aanleg geleidelijk gemechaniseerd. Tegenwoordig wordt het aanbrengen met een hydraulische graafmachine en eventueel handkracht met name in specifieke situaties toegepast, bijvoorbeeld bij kleinschalige aanleg, in situaties met een beperkte werkruimte of bij het herstel van drainage. Eventueel vindt de aanleg plaats in combinatie met een open bemaling of filterbemaling. Bij de aanleg kan indien gewenst een omstorting (bijvoorbeeld drainagezand of grind) worden aangebracht.

Het voordeel van deze methode is dat door de zichtbaarheid van het te maken werk tijdens de aanleg een goede kwaliteitscontrole mogelijk is. Bij de dijkverbeteringen in het rivierengebied wordt deze methode nog veel toegepast.



### Sleufloze techniek

De sleufloze techniek wordt sinds de jaren tachtig toegepast. Bij de sleufloze techniek wordt de drain via een V-vormig mes in de grond aangebracht. De grond binnen de V-vorm wordt  $\pm 20$  cm opgetild en na het inbrengen van de drain zakt de grond weer terug. Het V-vormig mes is hol en via deze holle ruimte wordt de drain aangevoerd tot onder in de grond. In figuur 3.1 is de sleufloze techniek geïllustreerd.

De sleufloze techniek kent enkele beperkingen en nadelen:

- de aanlegdiepte bedraagt maximaal 1,80 m -mv;
- de maximaal toepasbare draindiameter bedraagt  $\varnothing 80$  mm met omhulling;
- het aanbrengen van een omstorting is niet mogelijk;
- de kans op dichtdrukken van de drainbuis door terugvallend grondlichaam;
- in natte en kleiige gronden wordt de sleufwand versmeerd door het V-vormige mes. Dit belemmert de toestroming naar de drain.



Figuur 3.1 Aanleg drainage middels sleufloze techniek.

Een voordeel van de sleufloze techniek is dat de grasmat slechts beperkt wordt beschadigd. Ook is de sleufloze techniek veel minder kwetsbaar voor in de grond voorkomende stenen, die vaak in de binnenteen van de IJsselmeerdijken aanwezig zijn.



Door minder grondverzet bij de sleufloze techniek ontstaat er minder nawerk in de vorm van egaliseren dan bij de kettinggraaftechniek (zie hierna). Op veen- en klei-opveengronden kan bij sleuvendrainage door oxidatie en indroging van het veen een grondtekort optreden. Op deze gronden verdient sleufloze drainage de voorkeur boven de kettinggraaftechniek, althans bij een goed doorlatende ondergrond [Vlugschrift voor de landbouw, 1988].

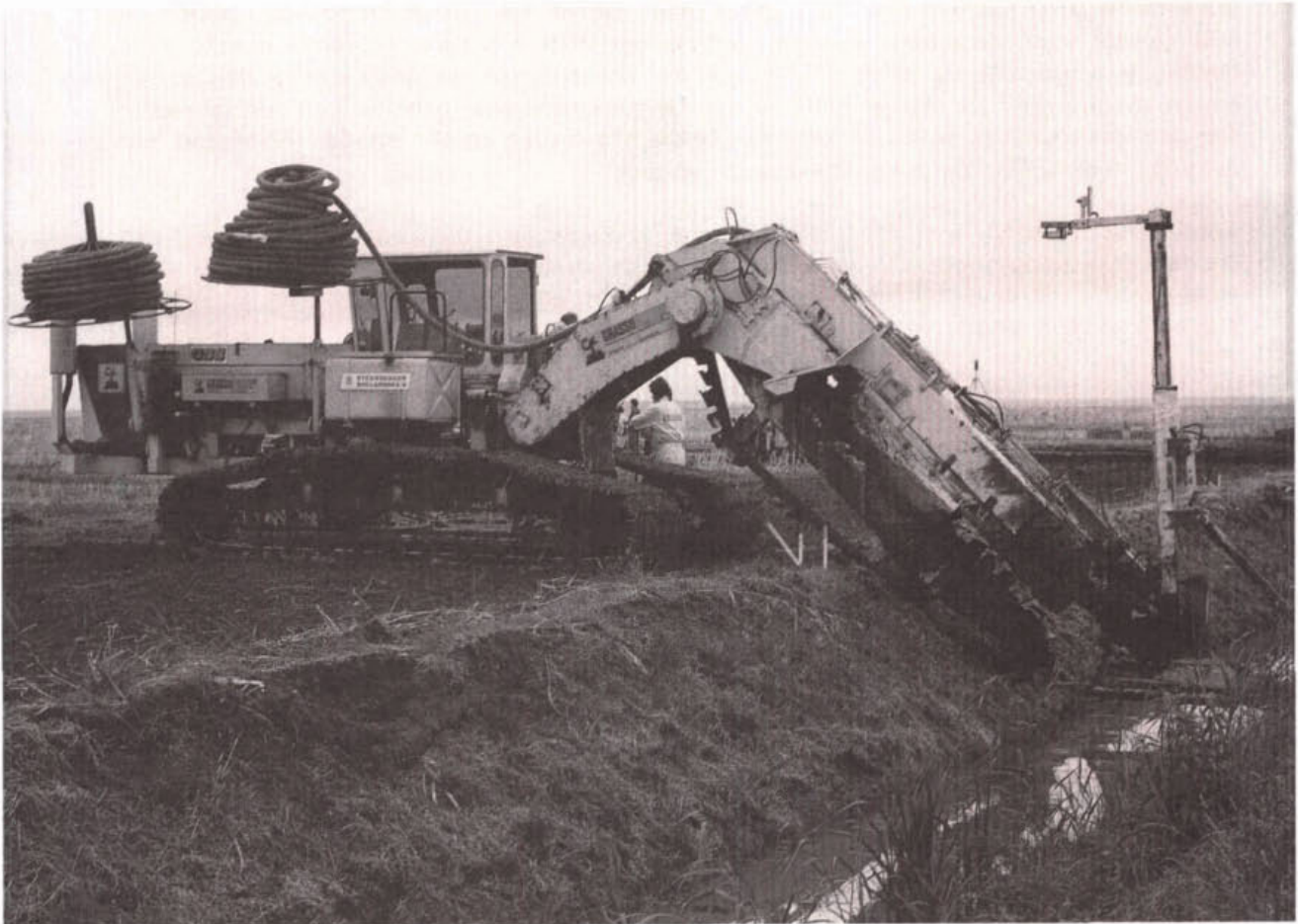
De sleufloze techniek is en wordt veel toegepast bij de aanleg en de vervanging van drainage in de IJsselmeerpolders.

#### **Kettinggraaf techniek**

De eerste kettinggraaf machines dateren uit de begin zestiger jaren. Met de toenemende mechanisatie zijn deze machines in de loop der jaren aanzienlijk gemoderniseerd. Bij deze techniek worden horizontaal drains in de grond aangebracht met behulp van een kettingfreesmachine. Onder in de gegraven sleuf wordt een drain gelegd. Het verschil met de sleufloze techniek is dat er grond wordt ontgraven om een drain in de grond aan te kunnen brengen. Het ontgraven van de sleuf, het aanbrengen van een drain en het enigszins aanvullen van de sleuf (terugvallen van de grond in de sleuf) gebeurt in één werkgang. De gegraven sleuven kunnen indien gewenst worden opgevuld met een grof materiaal zoals drainagezand, grind, glaszand, schelpen of glashars. De kettinggraaf techniek is geïllustreerd in figuur 3.2.

De voordelen van de kettinggraaf techniek op de sleufloze techniek zijn:

- het is technisch mogelijk met deze techniek drainage aan te brengen tot 8 m -mv;
- grotere buisdiameters kunnen eveneens worden gelegd;
- betere controle op de ligging en aansluiting van drains;
- mogelijkheid tot toepassing van omstortingsmateriaal, waardoor een betere toestroming zowel horizontaal als verticaal naar de sleuf plaatsvindt.



Figuur 3.2 Aanleg drainage middels kettinggraaftechniek.

Bij het dichten van drainsleuven blijft meestal grond over. Vooral op zwaardere gronden kan dit uitleveren van grond groot zijn. Het resultaat is een ongelijke maaiveldligging. Wordt de uitgeleverde grond verspreid dan ontstaat door nazakken een laagte boven de drain [Vlugschrift voor de landbouw, 1988].

#### **Gestuurde boortechiek**

Sinds circa vijf jaar wordt drainage ook wel gelegd middels de horizontaal gestuurde boortechiek. Deze methode komt voort uit de techniek voor het leggen van gesloten leidingen onder infrastructuur. De toepassingen zijn te vinden in projecten, waarbij door de aanwezigheid van ondergrondse of bovengrondse infrastructuur het leggen middels een andere techniek niet mogelijk of te duur is.



De ervaringen met deze techniek zijn nog niet goed gedocumenteerd. Door het ontbreken van een omstorting, het gebruik van een steunvloeistof tijdens het boren en een versmering van de boorgatwand bij het boren en trekken van de buizen kan de werking van de drainage negatief beïnvloed worden. Dit is mede afhankelijk van de grondsoort, waarin de buis gelegd wordt. In welke mate deze problemen in de praktijk optreden is onvoldoende gedocumenteerd. Wel zijn er ontwikkelingen in het toepassen van andere steunvloeistoffen en het aanbrengen van vooromhulde buizen. De gestuurde boortechneek stelt speciale eisen aan de samenstelling (HDPE) en dikte van de drainagebuizen en de lasnaden in verband met de grote trekkrachten die erop uitgeoefend worden.

Voor zover bekend wordt deze methode niet of nauwelijks toegepast bij de aanleg van drainage in waterkeringen. Op deze methode wordt dan ook niet verder ingegaan.

### 3.2.2 Vlakke ligging

De vlakke ligging van de drainage is voor het functioneren en het onderhoud belangrijk. Bij afwijkingen in deze ligging kan zich in de hoge delen lucht verzamelen, waardoor een zogenaamd luchtslot ontstaat. In de lage delen vindt extra slibafzetting plaats, waardoor de stromingsweerstand zal toenemen. De landinrichtingsdienst heeft eisen opgesteld voor de ligging van drainage:

- de afwijking van de binnenonderkant van de buis ten opzichte van het voorgeschreven niveau mag niet meer dan de helft van de inwendige diameter van de drain bedragen;
- de hiervoor bedoelde afwijking mag nergens zodanig zijn dat als gevolg van negatief verhang op enige plaats in de buis het water boven de aslijn van de buis kan blijven staan.

[CROW, 1995].

De ligging van de drain in een vlakke lijn en de diepteligging wordt gecontroleerd met lasergestuurde landmeetapparatuur. Het op de juiste hoogte aanbrengen van de drainage vraagt zorgvuldigheid tijdens de uitvoering, zowel van de landmeter als van de machinist van de draineermachine. Tegenwoordig bevindt deze apparatuur zich op de drainagemachine.

Het afschot van drainage wordt veelal gekozen tussen 0,5 à 2%. Het leggen onder afschot is vanuit hydrologisch oogpunt niet strikt noodzakelijk. Het verhang wordt immers door het grondwater zelf ingesteld. Een nadeel van het leggen onder afschot is het hoogteverschil tussen het midden en de eindbuizen bij lange drainlengtes. Dit nadeel wordt wel als groter ervaren dan het voordeel van een iets snellere afvoer bij een drain onder afschot. Daarom wordt ook wel gekozen voor een horizontale ligging of een evenwijdige ligging aan het maaiveld.

Voorkomen dient te worden dat tijdens de aanleg knikken ontstaan door terugvallende (kluiten) grond of dat de drainagebuis breekt. Wanneer gecertificeerde materialen worden gebruikt wordt dit laatste tot een minimum beperkt. Veelal ontstaat een breuk doordat een mofverbinding niet goed is aangebracht en bij de aanleg uit elkaar is gegaan. De vlakke ligging en aansluiting van de drains kan gecontroleerd worden door doorsteken en doorspuiten (zie hoofdstuk 6) direct na aanleg.



### 3.2.3 Overige aandachtspunten

#### **Aanleg onder droge omstandigheden**

De aanleg van drainage dient onder droge omstandigheden te geschieden. Bij de aanleg onder natte omstandigheden in zwavelige gronden kan door de hoge stroomsnelheid die op dat moment in de nog niet gestabiliseerde drainsleuf ontstaat slib ( $< 16 \mu\text{m}$ ) meegevoerd worden naar de drain [Scholten, 1988]. Hierdoor verslechtert de structuur en de doorlatendheid van de grond en ontstaat slibafzetting in de drain, die belemmerend werkt op de drainafvoer. Uit modelproeven [Homma, 1973] is gebleken dat in lichte (zavelige) gronden de doorlatendheid van de drainsleuf met een factor 10 tot 100 kan afnemen bij aanleg onder natte omstandigheden, ten opzichte van drainage onder droge omstandigheden.

De toenemende mechanisatie van de drainageaanleg en de ontwikkelingen op het technische vlak hebben er wel voor gezorgd dat de aanleg onder alle omstandigheden plaats kan vinden. De controle op de kwaliteit van het werk kan hierdoor in het geding raken. Naar de invloed van de machinale aanleg op de kwaliteit van het werk is voor zover bekend geen onderzoek gedaan.

#### **Doorlatendheid drainsleuf**

Door Scholten [1983] is onderzoek gedaan naar de doorlatendheid van de drainagesleuf na aanleg van drainage (zonder toepassing van omstortingsmaterialen). Onder normale omstandigheden is de doorlatendheid van de drainsleuf in de meeste gevallen gelijk of hoger dan van de niet verwerkte grond naast de drain. De doorlatendheid neemt in de loop der jaren meestal af door zetting van de grond. Bij langdurige hoge waterstanden in de sleuf loopt de doorlatendheid sterk terug, in lichte gronden zelfs tot doorlatendheden die ver beneden de doorlatendheid van de ongeroerde grond liggen. Om deze reden heeft de laag vlak boven de drain meestal ook een lagere doorlatendheid dan de hoger gelegen lagen in de sleuf [Scholten, 1983].

In opgespoten terreinen kan door vermenging van de sleufopvulling met klei- en zaveldeeltjes de doorlatendheid sterk afnemen ten opzichte van een opvulling met schoon zand. Intensieve doorworteling van de drainsleuf geeft een stabiele structuur en daarmee een blijvend hoge doorlatendheid [Scholten, 1983].

Aanbevolen wordt dan ook in lichtere gronden bij te verwachten hoge grondwaterstanden een volumineus filtermateriaal toe te passen en hoge grondwaterstanden te vermijden door goed en tijdig onderhoud. Tenslotte dient bij opgespoten terreinen bij de aanleg van drainage zoveel mogelijk bijmenging van zavel of klei in de sleufopvulling te worden voorkomen [Scholten, 1983].

#### **Onzorgvuldige aanleg**

In een onderhoudscontrolerapport uit 1982 [Dijk, 1982] werd geconstateerd dat een aantal drainverstoringen werd veroorzaakt door onzorgvuldigheid bij de aanleg (losse klikmoffen, platliggers, verzakkingen, ontbreken buizen of foutief aangelegd insteekpunt). Naar aanleiding hiervan wordt aangegeven dat bij de aanleg van drainage in het algemeen te weinig vakkundig toezicht is en dat bij de uitvoering van het onderhoudswerk vaak goede drainagetekeningen (revisietekeningen) ontbreken.



Tenslotte is uit onderzoek [Stuyt, 1988] gebleken dat de grond onderin de drainsleuf soms afkomstig is uit de bouwvoor, hetgeen een negatief effect heeft op de doorlatendheid van de sleuf.

### 3.3 Buismaterialen

Voor drainage zijn in het verleden aanvankelijk gebakken aarden buizen gebruikt, die veelal werden afgedekt met turfmoalm. Het water treedt binnen via de verbinding (zogenaamde stootvoeg) tussen de buizen en via de poreuze wand. Sinds de jaren zestig is men geleidelijk overgegaan op het gebruik van kunststof polyvinylchloride (PVC) materialen. Dit was een gevolg van de toenemende drang naar mechanisatie. Aanvankelijk waren dit gladde PVC-buizen met zaagsneden. In de 70-er jaren zijn deze vervangen door geribbelde PVC-buizen met perforaties [Hebbink, 1984]. De geribbelde PVC-buizen zijn minder gevoelig voor verstopping, hebben een lagere intreeweerstand en zijn makkelijker te leggen.

Tegenwoordig worden naast PVC-buizen ook veelvuldig kunststoffen als polyethyleen (PE), polypropyleen (PP) en high density polyethyleen (HDPE) in drainagebuizen toegepast. De materialen verschillen onderling in buigzaamheid, (trek)sterkte en chemische resistentie. Het voordeel van PE en PP is dat deze ook bij lage temperaturen goed gelegd kunnen worden. Beneden de vijf graden Celsius mogen PVC-buizen niet meer verlegd worden. Rekening dient te worden gehouden met het feit dat PE en PP-materialen bij hogere temperaturen een grotere rek hebben. Eindbuizen worden veelal uitgevoerd als harde gladde PVC-buizen zonder perforaties al dan niet voorzien van een taludgoot of taludbeschermer.

Voor de kunststof buizen zijn kwaliteitseisen opgesteld, die zijn vastgelegd in NEN- en ISO-normeringen.

De gangbare diameters voor drainage zijn  $\varnothing$  50, 60, 65, 80, 100, 125 en 160 mm. Het meest wordt de  $\varnothing$  60, 80 en 100 mm toegepast. Bij samengestelde drainage wordt de hoofdbuis veelal groter gekozen en eventueel zonder perforaties.

De keuze van de diameter dient afgestemd te worden op de te verwachten maatgevende afvoer. Er dient niet te snel over te worden gegaan op de keuze van een grotere draindiameter omdat de doorstroming (stroomsnelheid) eveneens afneemt. Hierdoor wordt de kans op verstopping theoretisch groter. Bovendien zijn grotere buisdiameters, dan hierboven genoemd, minder gemakkelijk door te spuiten omdat de grip van de spuitstralen op de buiswand bij het inbrengen van de spuitkop afneemt. De zelfsturing van de spuitkop neemt hierdoor af. Door een grotere spuitkop te monteren kan dit probleem worden ondervangen.

### 3.4 Filtermaterialen

#### 3.4.1 Algemeen

Onder filtermaterialen wordt verstaan alle omhullings- en omstorting/afdekkingsmaterialen, die respectievelijk om of rondom de buis worden aangebracht. Het omhullingsmateriaal wordt reeds fabrieksmatig om de eigenlijke drainbuis aangebracht. Er is dan sprake van een zogenaamde vooromhulde buis. Het omstorting/afdekkingsmateriaal wordt tijdens de aanleg rondom de (vooromhulde) drain aangebracht.

Filtermaterialen worden om drie redenen toegepast:

- als filter om de inspoeling van gronddeeltjes tegen te gaan;
- als vergroting van de buitendiameter, waardoor de toestroming naar de drain verbetert;
- als bescherming tegen het stukgaan van de buizen bij de aanleg.

Een geleidelijke overgang heeft plaatsgevonden van los gestorte turfmolm via allerlei soorten afdekmaterialen in bandvorm naar (volumineuze) omhullingsmaterialen. Dit neemt niet weg dat omstortings/afdekkingsmaterialen nog steeds worden toegepast (zie § 3.4.3), met name in gevallen waarin hoge eisen worden gesteld aan het functioneren van de drainage.

Voor de meeste grondsoorten is de toepassing van filtermateriaal vereist. Bij geringe kans op verstopping in bijvoorbeeld gerijpte kleigronden of zware zavel wordt ook wel zonder filtermateriaal gewerkt of slechts een dun filterdoek aangebracht.

### 3.4.2 Omhullingsmaterialen

In het verleden zijn veel omhullingsmaterialen op laboratoriumschaal en in de praktijk getest. Slechts een beperkt aantal materialen heeft deze testen doorstaan en is grootschalig toegepast bij de aanleg van drainage. Korte tijd zijn turfmolm met turf/cocosvezel-omhulling, glasvlies, polystyreenkorrels en typaromhulling gebruikt, maar de toepassing van deze materialen is nooit tot standaard verheven. Deze materialen worden vanwege de diverse nadelen tegenwoordig nauwelijks meer toegepast.

Onderscheid wordt gemaakt in volumineus (5 à 10 mm dikte) en niet-volumineus of dun (< 5 mm) omhullingsmateriaal. In de praktijk zijn dunne filtermaterialen niet dikker dan 1 mm. Voorbeelden van volumineuze omhullingsmaterialen zijn kokosvezels, turfkosvezels, turfvezels, polypropyleenvezels, polystyreenvezels in folie of net e.d. Als (volumineus) omhullingsmateriaal wordt tegenwoordig eigenlijk alleen nog kokosvezel en polypropyleenvezel toegepast. Voorbeelden van dunne omhullingsmaterialen zijn glasvlies, Cerex en Typar dan wel gebreide of geweven materialen. Als dun omhullingsmateriaal wordt tegenwoordig nog filterdoek, nylonkous en in mindere mate glasvlies toegepast.

De werking van kokosvezel en polypropyleenvezel is vergelijkbaar. Beide hebben een lage intree weerstand en een goede filterfunctie in een zandige bodem (bij voldoende omhulling). Polypropyleen is daarnaast weinig gevoelig voor verstopping door ijzerverbindingen. Van kokos is bekend dat het verteert na verloop van tijd. Zure venige bodems en wisselende grondwaterstanden rondom drainniveau (oxidatie) bevorderen dit proces. Een ervaringsfeit is dat kokosomhullingen in dergelijke agressieve milieus na 1 jaar al volledig verteerd kunnen zijn. De polypropyleenvezel verteert niet en heeft een (zeer) lange levensduur. Daarentegen is polypropyleen circa 30 tot 40% duurder dan kokosomhulling.

Evenals voor de buismaterialen zijn bij de omhullingsmaterialen de kwaliteitseisen vastgelegd in NEN- en ISO-normeringen.



### Keuze omhullingsmateriaal

Het dilemma bij de keuze van het omhullingsmateriaal is veelal dat vanuit het oogpunt van zandinspoeling een zo dicht mogelijke structuur van het omhullingsmateriaal gewenst is, terwijl vanuit het oogpunt van ijzerverstopping de voorkeur wordt gegeven aan een meer open structuur van het omhullingsmateriaal.

De keuze van het omhullingsmateriaal wordt mede bepaald door de eigenschappen van de grond, waaronder [Van Zeijts, 1988]:

- de stabiliteit van de grond;
- het leemgehalte bij zand- en leemgronden;
- het voorkomen van ijzerrijke verbindingen;
- de rijping;
- het organisch stofgehalte;
- de kalktoestand en zuurgraad.

Het valt buiten de scope van dit onderzoek om hierop verder in detail op in te gaan.

In veel gevallen is omhullingsmateriaal gewenst. In het algemeen wordt de voorkeur gegeven aan volumineuze omhullingsmaterialen, omdat deze materialen minder verstopten en een gunstige invloed hebben op de buiten omtrek van de buis. Omhullingsmaterialen zijn niet nodig in gronden met een goede stabiliteit en doorlatendheid. Dit is het geval wanneer op draindiepte gerijpte klei voorkomt of zware zavel (meer dan 25% afslibbare delen). In niet of weinig verweerd veen met een min of meer grove structuur kan omhullingsmateriaal ook achterwege gelaten worden [MLV, 1988].

In het licht van de keuze van het omhullingsmateriaal dienen de volgende onderzoeksresultaten van Stuyt [1992] te worden vermeld:

- in cohesieloze en zwak-cohesieve gronden zijn dunne omhullingsmaterialen beter in staat om gronddeeltjes tegen te houden dan volumineuze omhullingsmaterialen;
- het gebruik van dunne omhullingsmaterialen wordt bij bodemprofielen of grondwatertypen met kans op ijzer- en/of microbiologische verstopping afgeraden;
- de intree weerstanden voor waterstroming zijn over het algemeen zo laag dat het ontwerp van drainagesystemen (omhullingsmaterialen) hierdoor niet beïnvloed wordt;
- in het algemeen ontwikkeld zich in voornoemde gronden rond de drains een zone met verhoogde doorlatendheid, in het bijzonder wanneer volumineuze materialen worden toegepast;
- de grond en niet het omhullingsmateriaal is de beslissende factor in de wisselwerking tussen beide media;
- de patronen van het vlakbij drains stromende water en de patronen van verstopping van omhullingsmaterialen zijn in hoge mate heterogeen: de voornaamste watergeleidende structuren zijn de open ruimtes tussen bodemaggregaten, macroporiën, veroorzaakt door wormen en wortels, en dunne relatief goed-doorlatende bodemlaagjes;
- de enige parameter van het omhullingsmateriaal die van belang is, is de karakteristieke poriegrootte (O90-getal). Voor het overige hebben de omhullingsmaterialen weinig invloed op de ontwikkeling van stromingspatronen van het grondwater rond drainbuizen;
- belangrijker dan de keuze van het omhullingsmateriaal zijn de omstandigheden waaronder de drainage gelegd wordt. Immers deze bepalen de fysische eigenschappen van de zone rondom de drain.

De zwaarte van de omhulling wordt ingedeeld in klassen. De klasse wordt uitgedrukt in een waarde voor het O90 getal, dat de zanddichtheid weergeeft van het omhullingsmateriaal. Dit getal wil zeggen dat 90% van de korreldiameter van de (aangebrachte) zandfractie niet door het omhullingsmateriaal heendringt. Omhullingsmateriaal met een lager O90 getal zal beter in staat zijn om het bodemmateriaal tegen te houden. Kokosomhullingen zijn te verkrijgen in klassen 1.000  $\mu\text{m}$  (voorheen 750  $\text{gr}/\text{m}^2$ ) en 700  $\mu\text{m}$  (voorheen 1.000  $\text{gr}/\text{m}^2$ ). De polypropyleenvezelomhulling is te verkrijgen in de klasse 450 en 700  $\mu\text{m}$ .

Stuyt [1992] geeft aan dat indien het O90-getal van een omhullingsmateriaal binnen passende waarden ligt (bij benadering 300 - 1.000  $\mu\text{m}$ ) dit in de meeste gevallen gebruikt kan worden. Deze richtlijn wordt ingegeven door het feit dat de grootte van de openingen in het omhullingsmateriaal slechts in een aantal gevallen van invloed is op de beweging van gronddeeltjes. Het omhullingsmateriaal fungeert veel meer als ondersteunende laag dan als filter. De grond rondom de drain is een veel belangrijker filter.

Daarnaast worden twee typen perforatie toegepast namelijk type A en B. Type A heeft een sleufbreedte van 0,9 tot 1,4 mm, waarbij de lengte van de sleuf (in totaal cirkelvormig gezien) groter is dan de breedte. Bij type B is de sleufbreedte 1,4 tot 2,0 mm. Type A wordt algemeen toegepast. Type B is alleen verkrijgbaar op verzoek en dan alleen in grote hoeveelheden.

### 3.4.3 Omstortingen/afdekkingsmaterialen

Tot de jaren zestig was los gestorte turfmolm het belangrijkste afdek materiaal. De turf molm werd aangebracht boven de gebakken drainagebuis. Bij de opkomst van de gemechaniseerde aanleg heeft de vooromhulde kunststofbuis het gebruik van omstortings-/afdekkingsmateriaal verdrongen. In specifieke situaties, wanneer hoge eisen worden gesteld aan de drainage wordt nog omstortings-/afdekkingsmateriaal toegepast.

Ook hier zijn in het verleden veel materialen getest, zoals heide, graanstro, lavaliet, glassintels en mijnsteen. Slechts enkele materialen hebben de (praktijk)testen doorstaan en worden hieronder genoemd:

- drainagezand of grof zand;
- grind (bijvoorbeeld fractie 2 - 6 mm);
- glaszand;
- schelpen;
- glashars.

Het belang van het aanbrengen van een omstorting voor het functioneren van de drainage kan indirect afgeleid worden uit bevindingen van Stuyt [1992]. Hierin wordt gesteld dat de zone rondom de drains van beslissende betekenis is voor de werking van de drainage. Tevens wordt door toepassing van een omstorting het effectieve filteroppervlak aanzienlijk vergroot.

Bij de kettinggraaftechniek en gegraven of handmatige aanleg bestaat de mogelijkheid een omstorting toe te voegen tijdens de aanleg. Bij de laatste methode kan een filterdoek worden toegepast, waardoor er een scheiding kan worden aangebracht tussen de omstorting en de omringende grond.



Grind is door de zeer lage intreeweerstand en geringe kans op verstopping een zeer goed omstortingsmateriaal. Een grindomstorting kan namelijk veel vuil opvangen zonder dat de toestroming daarbij belangrijk ongunstiger wordt [Brinkhorst et al, 1983]. Door de beperkte beschikbaarheid heeft grind hoge materiaal- en verwerkingskosten. Op de totale kosten van dijkverbetering of -aanleg zijn deze meerkosten van beperkte betekenis. De overige materialen (behalve schelpen) zijn beter beschikbaar en daardoor goedkoper.

De samenstelling van het grindfilter en het type perforaties dient afgestemd te worden op de grondsoort. Hiervoor kan de toetsing van de U.S. Soil Conservation Service worden gebruikt. In bijlage 5 is een voorbeeld van een dergelijke toetsing toegevoegd. Ook kan filterdoek als scheiding worden toegepast tussen het oorspronkelijke bodemmateriaal en de omstorting.

## 4 Verstoppingsproblemen

### 4.1 Algemeen

Na de aanleg van de drainage kan de hydraulische werking na verloop van tijd teruglopen door verstopping van de drainagebuis en het filtermateriaal. De radiale weerstand, de intree weerstand naar de drain en de stromingsweerstand in de drain nemen hierdoor toe. Dit belemmert de ontwateringsfunctie en afvoer van de drain. Het materiaal dat de drain verstopt bestaat uit chemische neerslagen, biomassa, minerale deeltjes en plantenwortels. Daarnaast komt verstopping van de eindbuizen voor. In veel gevallen wordt een drainverstopping veroorzaakt door een combinatie van twee of meer processen of elementen. Hardnekkige verstopping kan de levensduur van de drainage ernstig bekorten. In een aantal gevallen is herdrainage dan de enige oplossing om de ontwateringsfunctie te herstellen.

In dit hoofdstuk worden de meest voorkomende oorzaken en processen beschreven, die aan de verstopping ten grondslag liggen. Voor zover bekend worden oplossingen aangegeven om de verstopping tegen te gaan.

### 4.2 Verstopping eindbuizen

Een algemeen probleem is de verstopping van eindbuizen. Gedurende het groeiseizoen raken de eindbuizen overgroeid, waardoor de afvoer vermindert. Bij het ontbreken van een goede markering van de eindbuis is de kans op beschadiging door maaien en slootonderhoud groot. Daarnaast kan door taludinkalving de eindbuis helemaal bedekt worden.

De eindbuis is door de directe aanraking met zuurstof uit de lucht het meest gevoelig voor neerslag van ijzer- en zwavelverbindingen (zie ook § 4.6). Ook bij langdurige peilstijgingen tot boven de eindbuis neemt de kans op verstopping door slootvuil toe.

De volgende aandachtspunten zijn van belang om bovenstaande problemen zoveel mogelijk te voorkomen:

- de eindbuis moet bestaan uit een stevige gladde buis zonder perforaties, eventueel voorzien van een taludbeschermer;
- het ontwerp voor zover mogelijk afstemmen op peilbeheer;
- goede markering eindbuizen;
- zorgvuldig maaibeheer;
- jaarlijkse inspectie en onderhoud van de eindbuis.

### 4.3 Slibafzetting

Slib is de fractie bodemdeeltjes met een diameter kleiner dan 16  $\mu\text{m}$ . Slibafzetting in drains komt weinig voor, tenminste niet in hoeveelheden die belemmerend werken op de drainafvoer. In de volgende gevallen kan slibafzettingen van enige betekenis voorkomen:

- bij een hoog grondwaterpeil tijdens de aanleg van drainage;
- bij drainage in ontziltende grond.



Door de hoge stroomsnelheid in de drainsleuf kan tijdens de aanleg slib meegevoerd worden naar de drain. Gedurende het ontziltingsproces is de grond zeer instabiel [Scholten, 1988]. Beide gevallen zijn aanleiding tot een verslechtering van structuur en doorlatendheid van respectievelijk de drainsleuf en de grond.

#### 4.4 Zandafzetting

Zandinspoeling in drains komt meer voor dan slibafzetting. Zandinspoeling kan ontstaan door:

- dunne plekken in het filtermateriaal;
  - vertering van het filtermateriaal;
  - toepassing van een filtermateriaal met te grove poriën in verhouding tot de fijnheid van het zand waarin het gelegd is;
  - onderbroken aansluitingen van de drainagebuis.
- [Scholten, 1988].

De kans op zandinspoeling is het grootst bij of kort na de aanleg van de drainage. De drains liggen dan nog in losse verwerkte grond. Vooral bij fijnzandige weinig kleihoudende grond kunnen gemakkelijk gronddeeltjes met het water in de buizen terechtkomen [MLV, 1979]. Evenals bij slibafzetting treedt dit met name op wanneer bij een hoge grondwaterstand wordt gedraineerd. Een tot twee jaar na de aanleg neemt de zandinspoeling in de meeste grondsoorten af. Voor omhullingsmaterialen bestaat een criterium voor zandinspoeling van ten hoogste 15 mm sediment in een 60 mm drain [Stuyt, 1992].

Dat niet alle zandinspoeling een nadelig effect heeft op de werking van de drainage in z'n geheel wordt verondersteld in onderzoek door Stuyt [1988]. Een zekere mate van gecontroleerde zandinspoeling bevordert namelijk de ontwikkeling van gunstige hydraulische randvoorwaarden voor de waterstroming in de onmiddellijke omgeving van de drainbuizen.

Ook bij het doorspuiten van de drains treedt een verhoogd risico voor zandinspoeling op. Dit speelt vooral wanneer bij te hoge druk (> 40 bar aan de pomp) wordt doorgespoten (zie ook § 6.2).

Zandinspoeling kan worden beperkt door de keuze van het juiste en kwalitatief goed filtermateriaal (gecertificeerd). Daarnaast dient het draineren plaats te vinden onder droge omstandigheden en het onderhoud door middel van doorspuiten met lage of middeldruk. Na de aanleg dient in de eerste twee jaar extra aandacht te worden besteed aan inspectie en onderhoud in verband met het verhoogd risico op inspoeling.

#### 4.5 Ondoorlatende bovengrond

De drainage kan aan alle eisen voldoen, maar als de structuur van de bovengrond niet in orde is, zullen bij neerslag van betekenis toch natte plekken optreden. Het regenwater moet gemakkelijk naar de ondergrond kunnen wegzakken en niet gehinderd worden door een verslechte bovengrond of een verdichte (ondergrondse) laag.

Een ondoorlatende bovenlaag kan ontstaan bij de machinale bewerking van het terrein onder natte omstandigheden. Hierdoor wordt de structuur vernield. Tevens kan een sterk humeuze bovenlaag bij terreinophoging begraven worden en als ondoorlatende laag fungeren [Heidemij, 1967].

In dit kader dient het volgende specifieke probleem voor waterkeringen genoemd te worden. In verband met de kans op erosie door golfoverslag en in bepaalde gevallen ter vergroting van de kwelengte wordt in het binnenbeloop soms een erosiebestendige en sterk ondoorlatende kleilaag aangebracht. De neerslag die valt op het binnentalud kan hierdoor niet of nauwelijks de ondergrond indringen en stroomt af naar de lager gelegen vlakkere delen en vormt daar natte plekken.

Aangezien een dergelijk probleem niet veroorzaakt wordt door het falen van de drainage wordt hierop niet verder ingegaan. Wel wordt opgemerkt dat herdrainage bij ondoorlatende bovengrond waarschijnlijk geen verbetering geeft.

## 4.6 Chemische verbindingen

Chemische verbindingen en met name ijzerverbindingen vormen de meest verbreide bron van drainverstoppingen. De chemische verbindingen verstopten de drains, de perforaties van de drains, het filtermateriaal en de grond rondom. Vaak zijn deze vormen van verstopping naast elkaar aanwezig. Op deze wijze wordt de waterstroming naar (radiale en intreeweerstand) en in de drains (stromingsweerstand) belemmerd. De meest gevoelige plaats voor afzettingen is de laatste 10 meter voor de uitmonding van de drain.

De belangrijkste verstoppers zijn ijzer- en zwavelverbindingen en worden hierna beschreven. Verder worden mangaan- en aluminiumverbindingen in drains aangetroffen. Vanwege de geringere betekenis en vergelijkbare processen als bij de ijzerverbindingen worden deze processen voor zover van toepassing gezamenlijk met de ijzerverbindingen behandeld.

In de literatuur wordt geen melding gemaakt van kalkneerslag in drains.

### 4.6.1 IJzerverbindingen

De ijzerverbindingen die in en rondom de drains worden afgezet hebben een geelbruine tot roodbruine kleur. In drains die vol water staan komt de ijzerafzetting voor als colloïdale, vaak bloemkoolvormige vlokken, en als draden van enkele centimeters lengte, die aan een eind vastgehecht zijn aan de drainwand. In gedeeltelijk met water gevulde drains komt de ijzerafzetting in het water het meest in vlokvorm voor. In het droge gedeelte van de buis is in dat geval vaak een ijzerfilm op de buiswand afgezet. Wanneer een ijzerhoudende drain enige tijd geen water bevat, droogt de ijzerafzetting zeer sterk in en kan dan geleidelijk een min of meer harde korst gaan vormen. In ernstige gevallen en bij gebrek aan onderhoud kan een drainagestelsel binnen enkele jaren geheel verstopt raken, zodat herdrainage de enige oplossing is [Scholten, 1988].

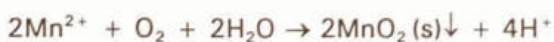
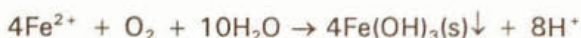
Indien de vorming van ijzerverbindingen voorkomt in combinatie met inspoeling van bodemdeeltjes kan door de cementerende werking van het ijzer een harde korst gevormd worden [Kuntze, 1982].



### Procesbeschrijving

Uit analyses van bodemonsters blijkt dat in alle grondsoorten ijzerverbindingen voorkomen, Belangrijk hierbij is de hoeveelheid ijzer die in het grondwater oplosbaar is of door bodemorganismen oplosbaar kan worden gemaakt.

De oorzaken van de ijzerafzettingen zijn complex en verschillend van aard. In het algemeen kan worden gesteld dat de verbindingen in een oplosbare veelal gereduceerde vorm ( $\text{Fe}^{2+}$ ) door het anaërobe grondwater naar de drains worden getransporteerd. Deze verbindingen kunnen uit het bodemprofiel afkomstig zijn (uitspoeling) of van elders door kwelwater worden aangevoerd. In en rondom de drains waar aërobe toestanden heersen kunnen door chemische en bacteriologische processen slijmachtige of onoplosbare verbindingen ontstaan [Scholten, 1987]. De primaire reacties, waarbij de ijzer- en mangaanneerslagen gevormd worden zijn:



Beide processen worden gewoonlijk microbiologisch versneld. In dat geval wordt ook slijm gevormd, die in korte tijd tot grote hoeveelheden biomassa kan leiden. In het veld is dit proces waarneembaar: sloten zijn bruin gekleurd door ijzerhydroxiden, waarbij uit de drainbuizen grote slijmdraden tevoorschijn komen [Bakker, 1998].

Voor het optreden van deze processen is het afwisselend voorkomen van aërobe (droge) en anaërobe (natte) omstandigheden in de grond rondom de drainbuis waarschijnlijk van groot belang. Ook andere fysische en chemische eigenschappen van de bodem (organisch stofgehalte en zuurgraad), de buizen en het omhullingsmateriaal zijn van invloed. Belangrijk is verder de hoeveelheid ijzer die beschikbaar is of door de bodemorganismen oplosbaar kan worden gemaakt.

Indien het ondiepe grondwater een lage pH heeft en een hoge concentratie aluminium en het kwelwater heeft een hoge pH zal bij menging een neerslag van aluminiumhydroxide ontstaan:



De vorming van aluminiumhydroxide wordt niet biologisch bevorderd. Er ontstaat dus geen biomassa (slijm) [Bakker, 1998].

### Optreden ijzerafzettingen

Onderscheidt moet worden gemaakt in autochtone ijzerafzettingen door bodemvorming of veranderende hydrologische omstandigheden en allochtone ijzerafzettingen door aanvoer (kwel) van ijzerrijk water van elders. Het eerste proces is veelal tijdelijk van aard, de tweede heeft een meer permanent karakter.

Ijzerafzettingen komen met name voor:

- op percelen waar kwel voorkomt;
- met zand opgespoten (bouw)terreinen;
- op percelen met fijnzandige grond op draandiepte.

Naar verwachting is bij dijksekwal sprake van relatief aëroob kwelwater, gezien de herkomst van het water en de relatief korte afgelegde afstand door de ondergrond. Hierdoor zijn de problemen door ijzerverstopping minder hardnekkig dan in andere kwelsituaties. In literatuur kon geen bevestiging gevonden worden voor deze hypothese.

Op percelen met een zandige ondergrond in combinatie met kwel uit het diepe grondwater is ijzerafzetting een permanent probleem. Bij afwezigheid van kwel is het probleem van tijdelijke aard, maar kan in sommige gevallen wel zeer langdurig zijn.

Hardnekkige ijzerafzettingen komen voor in met zand opgespoten (bouw)terreinen. Dit is geconstateerd in de IJsselmeerpolders. Op hoofdlijnen verloopt het proces als volgt. Door de ophoging wordt de organisch rijke en goed beluchte toplaag afgesloten van de buitenlucht. Er ontstaan reducerend omstandigheden. Dit is een ideale voedingsbodem voor ijzerreducerende omstandigheden. De rijke voorraad ijzer wordt geleidelijk omgezet in een in water oplosbare vorm. Bij drainage van deze terreinen slaat het opgeloste ijzer wederom neer in en rondom de drains. Dit proces gaat jarenlang onverminderd door.

In kleigronden en zware zavelgronden wordt praktisch geen ijzer afgezet in de drains. In fijnzandige, lutumhoudende en lutumarme gronden wordt de eerste jaren na aanleg veel ijzerverbindingen afgezet. De verstopping neemt met de jaren af. In drains in Pleistoceen dekzand komt bij afwezigheid van kwel een geringe ijzerafzetting voor [Scholten, 1988]. Deze bevindingen en voor andere grondsoorten zijn weergegeven in een tabel in bijlage 2.

Een inschatting van het ijzerprobleem kan worden verkregen door het bepalen van het ijzergehalte in het bodemprofiel door middel van de methode van Ford of op een globale wijze middels indicatorstrookjes [Scholten, 1987]. Als indicatie voor de kans op ijzerafzettingen op basis van het  $Fe^{2+}$ -gehalte kan de volgende tabel worden gebruikt. Tevens kan op basis van uiterlijke kenmerken van het slootwater, slootbodem en het bodemprofiel een indicatie verkregen worden voor de kans op ijzerverstopping (zie tabel 5.1).

Tabel 4.1 Het risico van ijzerverstopping van drains in afhankelijkheid van het  $Fe^{2+}$ -gehalte en de zuurgraad van het grondwater (Kuntze en Eggelsman, 1974).

$Fe^{2+}$ in mg/l		Risico voor ijzerverstopping
pH < 7	pH > 7	
0,5	1,0	geen
0,5 - 1,0	1,0 - 3,0	gering
1,0 - 3,0	3,0 - 6,0	matig
3,0 - 6,0	6,0 - 9,0	groot
6,0	9,0	zeer groot

[Scholten, 1987].



Aangemerkt dient te worden dat bij veengronden soms hoge ijzergehalten gemeten worden zonder dat er noemenswaardige problemen met ijzerafzetting zijn.

Met het optreden van neerslag van aluminiumhydroxide moet rekening worden gehouden indien de concentratie groter is dan 0,3 mg/l en de pH groter dan 6,5 [Baudisch, 1989].

#### Tegengaan ijzerafzettingen

IJzerproblemen kunnen worden beperkt door de keuze voor een grof en volumineus filtermateriaal (bijvoorbeeld grind of kokos) in plaats van dunne filtermaterialen. Door de betere beluchting en grotere poriën zal het ijzer in de omstorting neerslaan zonder dat deze verstopping aanleiding is voor een verminderde drainwerking. Daarnaast is frequent en preventief onderhoud een goede methode om de verstopping zo beperkt mogelijk te houden. Het spreekt voor zich dat de frequentie moet worden afgestemd op de ernst van het (ijzer)verstopping.

Een afschot van de drain van 0,5% zou het zelfreinigende werking van de drains kunnen bevorderen [Kuntze, 1978], Voor Nederlandse omstandigheden is een dergelijke helling niet haalbaar.

In het verleden zijn nog andere methoden beproefd om de ijzerafzettingen te verhinderen. Genoemd kunnen worden beluchting van de bodem, aanbrengen van koperhoudende materialen, toevoegen van looizuur en het dieper aanbrengen van de drainage. Deze methoden hadden slechts een kortstondige verbetering tot gevolg of hadden andere nadelen, zodat ze niet verder zijn toegepast [Scholten, 1988]. Volgens Dasselaar [1999] hebben drains die permanent onder water worden gehouden een langere levensduur.

Uit de resultaten van de methoden kan geconcludeerd worden dat bij het ontwerp slechts beperkt rekening kan worden gehouden met het voorkomen van ijzerproblemen.

#### 4.6.2 Zwavelverbindingen

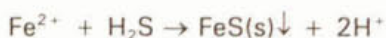
Zwavelverbindingen komen voor als slijmerige vellen van 1 tot 5 mm dikte. De vellen zijn grauwwit tot zwart van kleur. Ze vallen bij aanraken uiteen. Verder komen zwavelverbindingen voor als zeer dunne vliesjes die de perforaties in de drainbuis afstoppen. In het omhullingsmateriaal komen zwavelverbindingen voor als slijmerige zwarte massa. In de drainsleuf rondom de drain geven zwavelverbindingen (FeS en FeS<sub>2</sub>) een blauwzwarte verkleuring, waarbij de grond iets vettig aanvoelt [Scholten, 1988].

#### Procesbeschrijving

Een groot voedselaanbod in de bodem kan aanleiding geven tot een grotere bacteriegroei. Dit proces treedt met name op bij sulfaatreductie. Bij dit proces zetten onder aanwezigheid van organisch materiaal (CH<sub>2</sub>O, koolwaterstof) sulfaatreducerende bacteriën sulfaat om in sulfide:



Indien het grondwater tevens ijzer bevat, zal met het gevormde H<sub>2</sub>S een neerslag van ijzersulfide worden gevormd:



De combinatie van de gevormde biomassa van sulfaatreducerende bacteriën en ijzersulfiden vormt een zeer effectief verstoppingsmiddel [Bakker, 1998].

#### Tegengaan zwavelverbindingen

Zwavelverbindingen zijn met doorspuiten goed te verwijderen. In tegenstelling tot ijzer is naar het tegengaan van zwavelverbindingen nauwelijks onderzoek gedaan.

### 4.7 Wortelingroei

Het binnentalud en de -berm van waterkeringen bestaat naast eventuele verhardingen veelal uit een grasmat. Omdat gras vrij oppervlakkig wortelt, komt wortelingroei op grasland praktisch niet voor. Uitzonderingen vormen rietgras en duinriet. De vrij taaie wortels van deze gewassen dringen gemakkelijk tot in de drains door en kunnen ernstige verstoppingen veroorzaken, zoals onder andere in zuidelijk Flevoland is geconstateerd.

Wortelingroei in drains en omhullingsmaterialen komt vooral voor op met bomen en struiken beplante terreinen. Deze beplanting staat doorgaans jarenlang op eenzelfde plek, zodat de wortels volop gelegenheid hebben naar en in de drains te groeien. Met name in lichtere, gelaagde bodemprofielen waar de drainsleuven een betere structuur en beluchting hebben dan de omringende ongeroerde grond, kunnen boomwortels snel en massaal tot in de drains doordringen en in korte tijd de drainbuis geheel verstoppen. De drainsleuf is gemakkelijker doorwortelbaar en voedselrijker (bijvoorbeeld aan mineralen) dan het normale profiel [Slager, 1981].

Wortelingroei wordt bevorderd, wanneer de drains in de groeiperiode van de beplanting een laagje vochtig slib bevatten. Op griendkavels in oostelijk Flevoland, die alle in een gebied met kwel liggen, is geconstateerd, dat de grootste problemen met wortelingroei optreden op kavelgedeelten waar zwakke kwel voorkomt. Op de gedeelten met sterke kwel waar de drains het gehele jaar door vol water staan, komt weinig wortelingroei voor door tekort aan zuurstof [Scholten, 1988].

Van landbouwgewassen kunnen de wortels ook tot in de drains doordringen, maar dit komt nooit in ernstige mate voor. Deze wortels die weinig taai zijn en na de oogst afsterven, zijn met doorspuiten gemakkelijk te verwijderen.

In kleigronden en zware zavel speelt het probleem van wortelingroei minder. De omstandigheden voor wortelingroei zijn niet gunstig omdat de drain maar kort waterhoudend zijn. Vanzelfsprekend komt in drains die permanent onder water liggen geen wortelingroei voor.

Plantenwortels zijn een goede aanhechtingsplaats voor ijzerverbindingen, waardoor de verstopping van drains nog sneller verloopt.

Het reinigen van drains met permanente wortelingroei is erg moeilijk. Ook middels doorspuiten is het praktisch onmogelijk de wortels goed te verwijderen [Slager, 1981]. Bij hardnekkige wortelingroei is herdrainage het enige alternatief.



#### 4.8 Graafwerkzaamheden

Graafwerkzaamheden ten behoeve van bijvoorbeeld het leggen van kabels en leidingen kunnen indirect tot verstoppingsproblemen leiden. Uit een onderhoudsinspectierapport uit 1982 [Dijk, 1982] bleek dat 20% van de drainverstoringen veroorzaakt werd door graafwerkzaamheden. Door vernieling van de drainage wordt de afvoer van de drainage belemmerd en verliest de drain gedeeltelijk of geheel zijn functie.

Door beschikbaarheid van revisietekeningen tijdens de uitvoering en een goede afstemming van de werkzaamheden kan voorkomen worden dat de drainage worden geraakt. Vindt toch beschadiging plaats, dan dient de drainage meteen te worden hersteld.

#### 4.9 Zettingen

Een in de literatuur onderbelicht aspect is het optreden van onregelmatigheden in hoogteligging van de drainage door het (na)zetten van de waterkering in de gebruiksfase. Bij sterke ongelijkmatige zetting wordt dit probleem nog versterkt. Door zettingsverschillen ontstaan knikken, katteruggen en verzakkingen in de drainage, hetgeen het functioneren verslechterd en het onderhoud belemmert.

Met het oog hierop kan overwogen worden in eerste instantie geen drainage of tijdelijke drainage toe te passen. Een tussenvorm kan bestaan uit ontwatering door middel van greppels. Nadat de eindzetting grotendeels gerealiseerd is, kan de definitieve drainage worden aangebracht.

## 5 Inspectie

### 5.1 Algemeen

De toestand en het functioneren van de drains kan door middel van een inspectie in het veld worden onderzocht. De volgende inspectiemethoden kunnen worden genoemd:

- controle van de eindbuizen en afvoer;
- controle van de ontwateringstoestand;
- doorsteken;
- camera-inspectie;
- stijghoogtewaarnemingen;
- controle gevoeligheid voor ijzerafzettingen;
- opgraven van drains;
- inspectie na aanleg;
- grondradar.

In dit hoofdstuk worden de bovenstaande inspectiemethoden beschreven.

Inspectie en onderhoud worden ook vaak gelijktijdig uitgevoerd. Met het doorsteken of doorspuiten van drainage kan namelijk ook verstopping worden vastgesteld. Doorsteken wordt veelal niet meer als onderhoudsmethode toegepast en wordt derhalve tot de inspectiemethoden gerekend. Het doorspuiten van drainage wordt gerekend tot de onderhoudsmethoden en behandeld in hoofdstuk 6.

### 5.2 Controle eindbuizen

Een eenvoudige inspectie bestaat uit het (visueel) controleren van de drainafvoer na een neerslagrijke periode of tijdens hoog water. De drain moet dan voldoende water afvoeren. Voor landbouwkundige drainage bestaan richtlijnen voor de afvoer. Bij dijksdrainage dient de afvoer overeen te komen met de hoeveelheid dijkskwel. Een goed beeld kan verkregen worden door bij verschillende afvoerintensiteiten en gelijke buitenwaterstand tevens de grondwaterstand te meten. Door de gegevens in een grafiek te zetten en te vergelijken met op gelijke wijze verkregen grafieken op andere tijdstippen kan de werking van de drainage beoordeeld worden.

Een andere methode is het meten van de afvoer van de kwelsloot (eventueel in combinatie met afdammen) in relatie tot de buitenwaterstand. Door de gegevens te vergelijken met op gelijke wijze verkregen gegevens op andere tijdstippen kan de werking van de drainage beoordeeld worden.

Tijdens de controle van de afvoer kan gelijktijdig geïnspecteerd worden of de eindbuis nog in goede staat verkeerd en niet overgroeid is of bedekt met grond. Tevens kan gecontroleerd worden of het slootpeil lager ligt dan de eindbuis.

De eindbuis is de plaats waar het drainwater in direct contact staat met de zuurstof uit de lucht. Hierdoor is bij de eindbuizen de kans op ijzerafzettingen het grootst. Waarnemingen aan de eindbuis geven daardoor een goede indicatie of problemen met ijzerafzetting te verwachten zijn.



De controle van de eindbuizen is een weinig arbeidsintensieve methode en kan eventueel gecombineerd worden met andere werkzaamheden. De methode geeft echter geen inzicht over de toestand van de drain(sleuf) of inzicht in de verstopping in de drains. Slechts een indicatie van het ijzerprobleem kan worden verkregen.

### 5.3 Controle ontwateringstoestand

Bij veldbezoek kan door het lokaliseren van natte plekken aan het maaiveld vastgesteld worden waar de werking van de drainage onvoldoende is. Het heemraadschap Fleverwaard voert de veldinspectie tijdens een vorstperiode. Ijslenzen aan het maaiveld duiden dan op natte plekken met een verminderde drainwerking (figuur 5.1).

Door controle van de ontwateringstoestand kan niet de oorzaak van een verminderde drainwerking worden vastgesteld. Wel kunnen de problemen worden gelokaliseerd en kan door inspectie van de eindbuis of andere inspectiemethoden de oorzaak worden vastgesteld.

De controle van de ontwateringstoestand kan gecombineerd worden met de controle van de eindbuizen en eventueel de controle op het voorkomen van diep wortelende gewassen of bomen.



Figuur 5.1 Ijslenzen als indicator voor slecht functioneren van drainage.

## 5.4 Doorsteken

Bij het doorsteken wordt een ellipsvormige kop aan een lange kunststof streng in de drain geschoven. De diameter van de kop is dusdanig dat deze maar net in de drain past. Er worden verschillende typen doorsteekkoppen gebruikt. Wanneer verstoppingen, platliggers of niet aangesloten mofverbindingen voorkomen kan op deze wijze het probleem worden gelokaliseerd. Met een zender kan de ligging en richting van de drainage worden vastgesteld. De zender kan aan maaiveld worden gevolgd. Het doorsteken heeft een (beperkte) additionele reinigende werking en heeft het beste resultaat als de drainage gevuld is met water.

In het verleden werd doorsteken ten behoeve van het onderhoud van drainage veel toegepast. In sommige bedrijven worden doorsteken ook nu nog als onderhoudsmethode toegepast [Jonkheer, 1999]. De indruk bestaat dat met de ontwikkeling van de doorspuitapparatuur het doorsteken als onderhoudsmethode door het doorspuiten is verdrongen. In 1982 werd reeds door Dijk geconstateerd dat doorsteekapparatuur in verhouding tot doorspuitapparatuur nog maar weinig wordt gebruikt voor het onderhoud.

## 5.5 Camera-inspectie

Camera-inspectie (ook wel drainoscopie) gebeurt met een camera aan een kabel. De kabel wordt via de eindbuis of een vooraf gemaakt boorgat vanaf het maaiveld in de drainbuis gestoken. Afhankelijk van de mate van vervuiling, kan de drain naar weerszijden van het boorgat over een lengte van enkele decimeters tot enkele meters geïnspecteerd worden. Het onderzoek kan via een monitor aan maaiveld gevolgd worden.

Het voordeel van de camera-inspectie is dat de drain niet hoeft te worden opgegraven en de drain eventueel onder water in situ bekeken kan worden. Tevens kunnen bij voldoende licht foto's of een video-opname worden gemaakt. De waarnemingen leveren echter geen informatie over de toestand van het filtermateriaal. Bovendien kan bij ligging onder de grondwaterspiegel door de verstopping (zwartkleuring), troebel water of vervuilde camera het zicht belemmerd worden door de adsorptie van het licht.

## 5.6 Stijghoogtemetingen

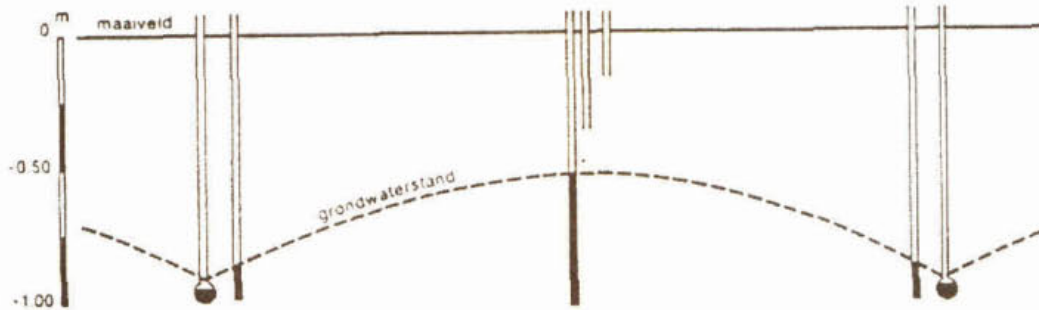
Stijghoogtemetingen geven op indirecte wijze een beeld van de locatie en mate van verstopping. Bij regelmatige metingen kan bovendien een indruk worden verkregen van de snelheid waarmee de verstopping optreedt.

Voor de probleemidentificatie dienen meerdere peilbuizen te worden geplaatst. De metingen geven het beste inzicht indien meerdere parallelle drains aanwezig zijn. Maar ook in het geval van enkelvoudige drains of bij dijksdrainage kan deze methode een beeld van de verstoppingshaard opleveren.

De peilbuizen worden geplaatst vlak boven of in de drain, in de drainsleuf en midden tussen de parallelle drains (zie figuur 5.1). Midden tussen de drains worden peilbuizen met verschillende filterdiepten geplaatst. Het plaatsen van een peilbuis juist boven of in de drain



is precisie werk. Wanneer de drain volgens verwachting werkt dan is de stijghoogteverdeling (grondwaterstand) zoals weergegeven in figuur 5.1.

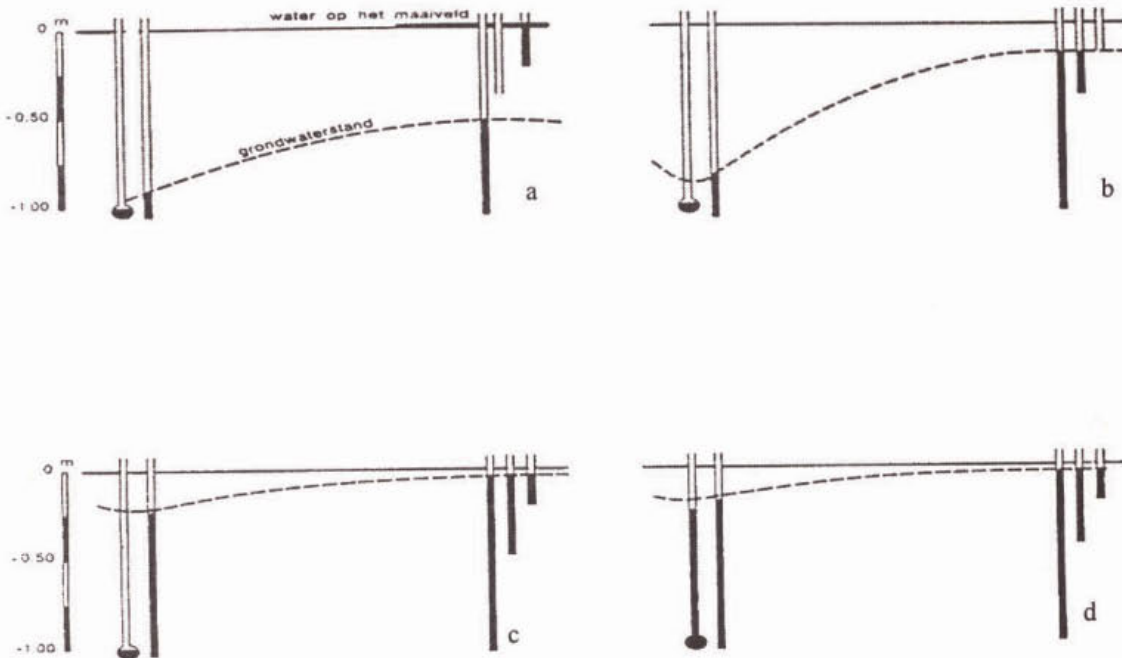


Figuur 5.1 Referentiesituatie goed functionerende drainage [Scholten, 1987].

De gegevens die uit de stijghoogtemetingen kunnen worden verkregen zijn de volgende:

- bevindt zich water op maaiveld en wordt in het diepe filter midden tussen de drains een lage grondwaterstand gemeten (figuur 5.2a) dan wijst dit op een verslachte bovengrond of bevindt zich een verdichte of slecht doorlatende laag in het profiel. Een goede grondbewerking of structuurverbetering kan de situatie verbeteren;
- de grondwaterstand tussen de drains is hoog, terwijl de stijghoogte in de drainsleuf normaal is (figuur 5.2b). Dit wijst op een te grote drainafstand waardoor de opbolling te groot is. Een tussendrainage is hier de oplossing;
- neemt het verschil in de stijghoogte tussen het waterpeil in de drain en dat in de drainagesleuf toe, dan is de intreeweestand vergroot door afzetting van materiaal in het filtermateriaal (figuur 5.2c). Getracht kan worden dit te verhelpen door doorspuiten van de drainage. Heeft deze maatregel geen succes dan zal tot herdrenage moeten worden overgegaan;
- neemt de verstopping in de drain toe, dan heeft dit tot gevolg dat de stijghoogte in de drain toeneemt bij een gelijkblijvende of afnemende drainafvoer (figuur 5.2d). Dit kan ook duiden op een kapotte buis of een te klein buisdiameter. De verstopping kan met vaak doorspuiten worden verminderd. Bij een kapotte buis zal deze moeten worden gelokaliseerd en hersteld worden. Een te klein buisdiameter kan verholpen worden met tussendrainage.

[Scholten, 1987]



Figuur 5.2 Probleemidentificatie door stijghoogtewaarnemingen [Scholten, 1987].

De situatie in figuur 5.2a is voor dijkskwel minder van betekenis, hoewel het probleem van een slechte doorlatendheid van de bovengrond niet uitgesloten is.

Als voorbeeld van identificatie van verstoppingsproblemen is de figuur in bijlage 3 opgenomen. De waarnemingen zijn afkomstig van een object van vier drains, gelegen in een gebied met sterke kwel. De eerste jaren na aanleg van de drainage is de drainafvoer permanent zeer hoog ( $> 20$  mm/dag). Na enkele jaren raken de drains verstopt door ijzerverbindingen. De drainafvoer zakt snel tot zeer lage waarden terug en de stijghoogte loopt op tot ongeveer 0,5 m boven de onderkant van de drain. Na reiniging treedt een tijdelijk herstel op. Het proces herhaalt zich daarna in meer of mindere mate [Scholten, 1988].

De stijghoogtemetingen geven indien goed opgezet en uitgevoerd veel inzicht in de problematiek. Het is echter wel een arbeidsintensieve methode.

## 5.7 Controle gevoeligheid voor ijzerafzettingen

Indien het vermoeden bestaat dat ijzerafzettingen de werking van de drainage belemmeren kan door onderzoek van het slootwater, de slootbodem en het bodemprofiel een eerste indicatie voor de gevoeligheid voor ijzerafzettingen verkregen worden. De beoordeling vindt plaats aan de hand van de onderstaande tabel 5.1 en tabel 4.1.



Tabel 5.1 Identificatie van het gevaar voor ijzerafzetting.

IJzergehalte van het grondwater	Visuele kenmerken		
	Slootwater	Slootbodem	Bodemprofiel
Laag	Helder	Donkergrijs/zwart	Homogeen gekleurd, geen roestverschijnselen
Matig	Duidelijk rode vlokjes; olieachtige vlekken op het oppervlak	Roodbruin	Klei: gleyverschijnselen zand: podzolen + gooreerden
Hoog	Troebel: bruin gekleurd; olieachtige vlekken op het oppervlak	Duidelijke rode, slijmerige afzettingen	Behalve gleyverschijnselen, ook ijzerconcentraties

(Naar Kuntze en Eggelsman, 1972).

## 5.8 Opgraven drains

Het opgraven van drains wordt toegepast bij hardnekkige problemen met de ontwateringstoestand en na (herhaald) onderhoud van de drainage. Meerdere opgravingen zijn vaak noodzakelijk om een goed oordeel te kunnen geven.

Bij het opgraven van drainage wordt de drain over een korte afstand blootgelegd. Er wordt dan gekeken naar de toestand van de drainbuis en het omhullingsmateriaal en naar de structuur van de grond in en naast de drainsleuf.

Met deze methode is een goede beoordeling van de drain, de omhulling en het bodemprofiel mogelijk. Tevens is monsternamen voor verder onderzoek mogelijk van het drainagemateriaal en het verstoppingsmateriaal in de drain of de grond. Het nadeel van deze methode is dat het erg arbeidsintensief is. Bovendien is het moeilijk een beeld van de verstopping te krijgen als er water in de drain staat, omdat bij het openzagen van de drain veel van de vervuiling wegspoelt uit de drain [Scholten, 1988].

## 5.9 Inspectie tijdens aanleg

Het is vanzelfsprekend dat tijdens de aanleg van drainage voldoende toezicht moet zijn op een zorgvuldige aanleg ervan. De vlakke ligging, het voorkomen van knikken en bochten en niet gemaakte aansluitingen kan worden gecontroleerd door het doorsteken of doorspuiten van de drainage direct na de aanleg.

Van de uiteindelijke ligging dient een revisietekening te worden gemaakt. Bij het leggen van ondergrondse leidingen kan met revisietekeningen worden voorkomen dat de drainage wordt beschadigd.

De eindbuizen en eventuele doorspuitputten dienen in het veld duidelijk gemarkeerd te worden. Met behulp van GPS kunnen inspectie-, doorspuitpunten en eindkappen ingemeten en teruggevonden worden. Door voornoemde voorzieningen af te werken met een gietijzeren deksel kunnen deze punten eveneens teruggevonden worden met een metaaldetector.

## 5.10 Grondradar

Een relatief onbekende inspectietechniek is grondradar. Het is geen uitontwikkelde inspectiemethode. In hoeverre deze geschikt is voor inspectie van buisdrainage is niet bekend. Het voordeel van grondradar is dat de inspectie volledig vanaf maaiveld plaats kan vinden.

Grondradar is al eens toegepast bij de inspectie van een slecht functionerend taludfilter in een dijk langs de Rijn [de Feijter, 1988]. De freatische grondwaterspiegel, storende kleilaagjes en het scheidingsvak tussen het taludfilter en het oorspronkelijke dijklichaam konden worden getraceerd. Geconcludeerd werd dat deze techniek een zinvolle toepassing is bij het vaststellen en het monitoren van veranderingen in de structuur van het filter.

## 5.11 Conclusie

Uit de enquêteresultaten en de interviews is gebleken dat alleen veldinspectie van eindbuizen en natte plekken (als indicator van slecht functionerende drainage) met enige regelmaat wordt uitgevoerd. In sommige gevallen wordt de drainage bij hardnekkige problemen ook wel opgegraven. De andere onderzoeksmethoden worden voorzover bekend weinig toegepast. Dit heeft er mogelijk mee te maken dat deze methoden duur of bewerkelijk zijn en het goedkoper is te kiezen voor herdrainage.

In speciale gevallen is het te overwegen ook andere inspectiemethoden toe te passen, omdat na herdrainage zonder de oorzaak na te gaan de kans op het optreden van vergelijkbare problemen zeker aanwezig is. Bovendien is herdrainage niet altijd wenselijk in verband met het achterblijven van de oude drainage, waardoor bij een beperkte revisie het uiteindelijk onduidelijk is welke drainage nog functioneert en welke niet.





## 6 Onderhoud

### 6.1 Algemeen

Het onderhoud van drainage gebeurt in de regel in de wintermaanden, wanneer de drains water afvoeren. Het effect van de reiniging is dan beter door naspoeling en bovendien is het onderhoud gemakkelijker door geringere wrijving van de onderhoudsapparatuur met de drain [Scholten, 1988]. Voor dijksdrainage betekent dit dat het onderhoud het best kan plaatsvinden tijdens hoog water (perioden).

Voor het onderhoud van drainage bestaan eigenlijk twee methoden:

- doorspuiten;
- onderbemalen.

In de literatuur wordt doorspoelen ook wel als onderhoudsmethode genoemd. Het principe van deze methode is echter vergelijkbaar met doorspuiten, waarbij de spuitdruk en toegevoerde hoeveelheid water verschillen. Derhalve wordt doorspoelen gerekend tot de doorspuitmethoden.

Andere onderhoudsmethoden, zoals reiniging met  $\text{SO}_2$ -gas en perslucht, zijn in praktijkproeven getest [Scholten, 1987]. Vanwege de geringe verbetering van het functioneren van de drainage en de schadelijke effecten van  $\text{SO}_2$ -gas voor het milieu zijn deze methoden niet verder toegepast.

In het verleden werd doorsteken ook als onderhoudsmethode toegepast. Tegenwoordig wordt doorsteken vrijwel alleen nog als inspectiemethode gebruikt (hoofdstuk 5).

In dit hoofdstuk worden de bovenstaande twee methoden behandeld en wordt ingegaan op de onderhoudsfrequentie.

### 6.2 Doorspuiten

#### Methode

Bij het doorspuiten van drainage wordt een slang met daaraan gekoppeld een spuitkop vanaf maaiveld of het sloottalud in de drain gebracht. De slang is verbonden met een hoge drukspuit. De spuitkop is dusdanig geconstrueerd dat één straal voorwaarts en drie of meer stralen achterwaarts gericht zijn. De punt van de spuitkop is er in een stompe en scherpe uitvoering. Door de waterdruk trekt de spuitkop zichzelf door de drainbuis. Op het einde van de drain wordt de spuitkop teruggetrokken. Het water en het verstoppingsmateriaal wordt nu naar de uitmonding van de drain gestuwd. Tijdens de heen- en teruggang worden de perforaties gereinigd. Indien de spuitkop vastloopt kan de plaats van de verstopping worden gelokaliseerd. In figuur 6.1 is het doorspuitopstelling in de praktijk geïllustreerd.

Het doorspuiten kan plaatsvinden vanaf de eindbuis of via een controleput met doorspuitpunt. Het doorspuitpunt bestaat uit een schuin weglopende buis waarin de spuitkop een bocht kan maken om vanuit het verticale vlak in de horizontale drain te komen (bijlage 4). Het vuil uit de drain wordt bij een doorspuitpunt opgevangen in de controleput of doorspuitput. Met een kolkenzuiger kunnen de putten worden schoongezogen.



Vanuit een eindbuis kan de drain over een lengte van 200 à 300 m worden gereinigd. Vanuit een doorspuitpunt kunnen de drains over een afstand van 100 à 150 m worden gereinigd [Hebbink, 1984].



Figuur 6.1 Doorspuiten in de praktijk.

#### **Pompdruk**

Bij het doorspuiten kan gekozen worden uit verschillende pompdrukken. Door Brinkhorst et al. [1983] wordt onderscheidt gemaakt in drie verschillende drukklassen:

- lage druk: 10 tot 20 bar;
- middelbare druk: 20 tot 40 bar;
- hoge druk: meer dan 60 bar.

Het betreft hier de druk aan de pomp. De uiteindelijke druk bij de spuitkop is lager en afhankelijk van de lengte en diameter van de slang en de hydraulische weerstand in het systeem. De benodigde pompdruk kan worden bepaald volgens de werkwijze in bijlage 6. Bij regelmatig onderhoud is een druk aan de spuitkop van 10 - 15 bar voldoende [MLV, 1988].

Nagenoeg analoog aan de indeling in drukklassen kunnen doorspuitmachines onderverdeeld worden in lage, middel en hoge drukmachines. Lage druk machines worden weinig meer toegepast, omdat bij drains langer dan 150 m weinig druk aan de spuitkop overblijft. Middeldruk machines met hydraulische of mechanische invoer eventueel met slanggeleider worden het meest toegepast. Hoge druk dient alleen toegepast te worden als noodmaatregel bij sterk vervuilde drains. Zorgvuldigheid bij het doorspuiten is vereist. Wanneer de spuitkop stagneert moet direct gestopt worden om breuk van de drain of grondinspoeling te voorkomen [MLV, 1988].

#### Geschiktheid

Met doorspuiten kunnen de volgende verstoppingen goed worden verwijderd:

- niet al te grote hoeveelheden vers slib;
  - jonge en niet taaie afgestorven plantenwortels;
  - chemische verbindingen mits niet te oud en verkorst;
- [Scholten, 1988]

Zand kan met doorspuiten slechts gedeeltelijk worden verwijderd. De meeste perforaties kunnen worden gereinigd, echter het omhullingsmateriaal niet of nauwelijks. Ook Stuyt [1992] concludeert dat bij risico op ijzer- en/of microbiologische verstopping regelmatig doorspuiten (met middelbare druk) een gunstige invloed heeft op de levensduur van het drainagesysteem.

Door Scholten [1980] en Brinkhorst et al. [1983] is onderzoek gedaan in een overwegend zandige bodem naar het reinigingseffect en de kans op inspoeling in relatie tot de pompdruk en de keuze van het filtermateriaal. De conclusies van hun onderzoek kunnen als volgt worden samengevat:

- bij reiniging met hoge druk ontstond bij drains met kokosomhulling en drains met grindafdekking ernstige zandinspoeling. Bij afdekking met turfmoelm was de zandinspoeling minder. Echter turfmoelm heeft andere nadelen;
- bij een volledige grindomhulling of een grindafdekking in combinatie met een acrylvlies op de bodem van de sleuf geeft reinigen met hoge druk vrijwel geen zandinspoeling. De kosten voor een volledige grindomhulling en reinigen met hoge druk liggen hoger;
- reinigen met lage en middelbare druk geeft bij met kokosomhulde drains en met grind afgedekt drains geringe zandinspoeling. De mate van reiniging bleek bij middelbare druk groter dan bij lage druk.

Mede op basis van kostenoverwegingen werd geadviseerd bij kans op ernstige verstoppingen een volledige grindomhulling toe te passen en onderhoud te plegen met hoge druk. In de overige gevallen kan een andere volumineuze omhulling worden toegepast en regelmatig gereinigd worden met middelbare druk. Bij hardnekkige verstopping waar reiniging met middelbare druk geen verbetering meer oplevert van de afvoer kan hoge druk worden toegepast als laatste middel alvorens over te gaan op herdrainage.



#### **Ontwerp spuitkop**

Brinkhorst et al. [1983] heeft in zijn onderzoek aandacht besteed aan de stand van de stralen in de spuitkop. Normaliter staan de stralen zijwaarts gericht in een hoek van  $40^\circ$  ten opzichte van de slang. Deze standaard spuitkop heeft 12 stralen achterwaarts gericht en 1 voorwaarts. Het aantal stralen en de hoek van de stralen is gevarieerd. Voor de voortstuwing en vuilafvoer werden bij het onderzoek zes achterwaartse stralen onder een hoek van  $40^\circ$  gehandhaafd. Geconcludeerd werd dat de zandinspoeling bij de verschillende spuitkoppen weinig verschilt. De hoeveelheid vuil die in de drain achterblijft is wel groter naarmate de hoek van de stralen groter wordt gekozen. Aan de hand van de resultaten werd gepleit voor een spuitkop waarvan de helft van de stralen onder  $35^\circ$  en de andere helft onder  $45^\circ$  naar achteren spuiten. Aangegeven wordt dat de onderzoeksresultaten niet meer dan een eerste indruk geven.

#### **Invoersnelheid spuitkop**

Brinkhorst et al. [1983] constateerde aan de hand van proeven dat er weinig verschil is in de hoeveelheid ingespoeld zand bij verschillende invoersnelheden. De snelheden werden gevarieerd van 10, 20 en 30 m per minuut. De hoeveelheid inspoeling in het omhullingsmateriaal is iets groter bij lagere snelheden. Het ligt voor de hand de invoersnelheid wat hoger aan te houden mede met het oog op een mogelijk wat grotere zandinspoeling bij lage invoersnelheden en lagere kosten. Aangegeven wordt dat de onderzoeksresultaten niet meer dan een eerste indruk geven.

#### **Negatieve effecten doorspuiten**

Zoals reeds beschreven heeft de methode van doorspuiten met name onder hoge druk negatieve effecten op het functioneren van de drainage. Deze negatieve effecten worden hieronder toegelicht en hebben voornamelijk betrekking op drainages zonder omstorting.

Volgens Stuyt [Jonkheer,1999] wordt bij doorspuiten de omringende grond 'in beroering' gebracht, hetgeen afbreuk doet aan de structuur van de grond. Deze structuur is in de loop der jaren zorgvuldig opgebouwd door bodemorganismen en plantenwortels en is bepalend voor de werking van de drain. De hoeveelheid water, de druk en de snelheid waarmee de spuitkop voortbeweegt bepalen de mate waarin de grond structuurloos wordt en inspoeling van gronddeeltjes plaatsvindt. Ook bij de aanleg wordt de structuur verstoord. De structuur herstelt zich pas na verloop van tijd. Dit verklaart waarom bij doorspuiten kort na de aanleg van drainage nog veel zandinspoeling kan plaatsvinden.

Gezien de methode van doorspuiten mag verwacht worden dat een deel van het verstoppingsmateriaal wordt teruggespoten in het omhullingsmateriaal. Naar dit aspect is in de geraadpleegde literatuur geen onderzoek gedaan.

### **6.3 Onderbemalen**

Reiniging van drains door onderbemalen kan alleen plaatsvinden indien deze (permanent) onder water liggen. Door de hogere stroomsnelheid in de drainbuis wordt het aanwezig materiaal in de drain in beweging gebracht en meegezogen. In welke mate ook grovere deeltjes worden meegezogen en perforaties worden gereinigd is niet bekend. Dasselaar [1999] geeft aan goede ervaringen te hebben met onderbemalen en geeft aan onderbemalen de voorkeur boven doorspuiten als onderhoudsmethode.

In de andere literatuur wordt de methode voor onderbemalen niet genoemd. Dit heeft waarschijnlijk te maken met het feit dat drainage voor ontwatering van landbouwpercelen, stedelijke gebieden en waterkeringen ondiep liggen en zich periodiek boven de grondwaterspiegel bevinden. Bij onderbemaling met een geringe waterhoogte boven de drain zal al gauw lucht aangezogen worden. Voor diepdrainage kan onderbemalen wel een goede methode zijn.

## 6.4 Onderhoudsfrequentie

De bepaling van de juiste onderhoudsfrequentie is belangrijk. Immers een te lage onderhoudsfrequentie leidt tot verstopping van de drains. Bovendien zal bij uitgesteld onderhoud het resultaat van de reiniging afnemen, waardoor eerder moet worden overgegaan op noodmaatregelen als reiniging met hoge druk. Daarentegen is een te hoge onderhoudsfrequentie niet wenselijk vanuit kosten oogpunt en de kans op beschadiging van de drains en bodemstructuur door het onderhoud zelf.

Door Scholten [1985] wordt gesteld dat de frequentie van onderhoud van dijksdrainage in de IJsselmeerpolders drie tot vijf jaar bedraagt afhankelijk van de hoeveelheid water die wordt afgevoerd en de ijzerhoudendheid van dit water.

De RIJP hanteerde de volgende onderhoudsrichtlijnen voor de drainagesystemen bij landbouwpercelen, die onder hun beheer vallen. De onderhoudsfrequenties zijn gebaseerd op ervaringscijfers:

- lichte zavel- en zandgronden zonder kwel: de eerste 10 jaar na drainage eenmaal per 2 à 3 jaar, daarna eenmaal per 5 à 6 jaar;
  - lichte zavel- en zandgronden met kwel: eenmaal per 2 à 3 jaar afhankelijk van de ijzerhoudendheid van het kwelwater;
  - zware zavel- en kleigrond zonder kwel: geen onderhoud;
  - zware zavel- en kleigrond met kwel: als de drains in de zware grond liggen: eenmaal per 5 jaar; als de drains in de zandondergrond liggen: eenmaal per 2 à 3 jaar, afhankelijk van de ijzerhoudendheid van het kwelwater;
  - rijpende oude zeeklei: eenmaal per 1 à 2 jaar; langdurig, afhankelijk van de vordering van de rijping;
  - met zand opgehoogde terreinen: onbebouwd: eenmaal per 1 à 2 jaar; bebouwd: eenmaal per 1 à 3 jaar;
  - cunetdrainage langs wegen: een jaar na aanleg, daarna eenmaal per 4 à 6 jaar.
- [Scholten, 1988]

Door Stuyt wordt aangegeven dat zolang de drainage goed functioneert er beter geen onderhoud gepleegd kan worden [Jonkheer, 1999]. Hierbij is een verandering van denken waarneembaar, omdat voorheen de voorkeur werd gegeven aan preventief onderhoud boven uitgesteld onderhoud. In hetzelfde artikel wordt geadviseerd binnen twee jaar na aanleg éénmaal door te sproeien in verband met de verhoogde kans op zandinspoeling tijdens of direct na de aanleg en het constateren van eventuele gebreken. Het doorsproeien dient te worden uitgevoerd met lage druk en veel water. Op zware gronden is onderhoud vrijwel niet noodzakelijk.



Concluderend kan gesteld worden dat de onderhoudsfrequentie bepaald wordt door het bodemtype en hydrologische (kwel)situatie. Behalve op zware gronden is het aan te bevelen de drainage na aanleg binnen twee jaar door te spuiten. De onderhoudsfrequentie dient verder in de praktijk bepaald worden door het meten en registreren van de werking van de drainage en de hoeveelheid uitgespoeld materiaal dat bij reiniging vrijkomt.

## 7 Interviews

### 7.1 Algemeen

In het kader van dit onderzoek hebben drie interviews plaatsgevonden met beheerders van drainageconstructies in waterkeringen. De volgende beheerders zijn geïnterviewd:

- heemraadschap Fleverwaard - beheerder van (IJssel)meerdijken;
- waterschap Friesland - voornamelijk beheerder van zeedijken;
- waterschap Groot Salland - voornamelijk beheerder van rivierdijken.

Daarnaast is de Groep Midden Betuwe benaderd, omdat deze aannemerscombinatie gespecialiseerd is in de verbetering en aanleg van (rivier)dijken.

De resultaten van de interviews zijn in dit hoofdstuk weergegeven.

### 7.2 Heemraadschap Fleverwaard

Het Heemraadschap Fleverwaard (HFW) heeft 141 km primaire waterkeringen en 18 km secundaire waterkeringen in hun beheer. Alle primaire waterkeringen zijn voorzien van drainage. De waterkeringen zijn in het verleden aangelegd door Rijkswaterstaat. Het beheer is 12 jaar geleden overgedragen aan HFW. Landbouwkundig beheer (beweiding en maaien) van het binnenbeloop is de voornaamste reden waarom drainage wordt toegepast.

Voorheen bestond de dijksdrainage uit samengestelde drainage (bijlage 1). Sinds de 80-er jaren is deze drainage geleidelijk vervangen door drainage aangelegd volgens de methode "NOP" (bijlage 1). Dit type is gemakkelijker te onderhouden vanuit het sloottalud. De drainage bestaat uit geribbelde PVC-buizen met een PP-omhulling. Alle in het verleden aangelegde gebakken buizen en kokosomhulde PVC-buizen zijn inmiddels vervangen. Bij de aanleg wordt geen omstorting toegepast. De IJmeerdijk heeft een drainagescherm.

Door de geringe peilfluctuaties in het buitenwater bestaat er het gehele jaar een min of meer constante kwelstroom, die door de drainage wordt afgevoerd. De drainage ligt hierdoor gedurende het grootste deel van het jaar onder de grondwaterspiegel.

Na elke maaibeurt vindt inspectie plaats (afvoer en toestand eindbuizen). Eventuele beschadigingen worden direct hersteld. Een relatief onbekende inspectiemethode vindt plaats tijdens een vorstperiode. IJslenzen op het maaiveld duiden op natte plekken en kunnen een indicatie zijn voor het slecht functioneren van drainage.

Bij herdrainage wordt de nieuw gelegde drainage direct doorgespoten, zodat eventuele gebreken of constructiefouten meteen worden geconstateerd. De ervaring van HFW is dat platliggers niet ontstaan met de aanleg maar in de gebruiksfase.

Verstopping van drainage door ijzerneerslag komt slechts in beperkte mate voor. Een belangrijke ervaring is wel dat bij de eerste maal doorspuiten geen materiaal (zand en slib) wordt aangetroffen terwijl bij de tweede maal doorspuiten meer materiaal wordt uitgespoten. Een belangrijke vraag is dan ook: moet drainage sowieso wel onderhouden worden? Verder komt relatief veel verstoring van de drainage voor door graafwerkzaamheden.



Een relatief moeilijk probleem wordt gevormd door het voorkomen van relatief ondoorlatende klei aan maaiveld. Hier manifesteren zich natte plekken die ook na herdrainage niet verdwijnen. Het vermoeden bestaat dat de (on)doorlatendheid van de grond hier de oorzaak van is, waardoor de oplossing meer gericht zou moeten zijn op grondverbetering dan op herdrainage. Een aangepast ontwerp biedt hier mogelijk uitkomst.

De onderhoudsfrequentie bedraagt éénmaal per vier jaar. Het onderhoud vindt plaats in voorjaar of zomer. De onderhoudsmethode bestaat uit doorspuiten. Blokkades (vaak een knik in de drain) worden ingemeten, opgegraven en hersteld.

De kosten van het onderhoud van drainages in waterkeringen in Oostelijk Flevoland bedraagt circa NLG 20.000,00 per jaar (prijspeil 1996 en exclusief BTW). Hierbij is uitgegaan van een onderhoudsfrequentie van éénmaal per vier jaar en een gemiddelde prijs per meter van NLG 0,44 (inclusief AKW&R en exclusief BTW).

HFW vraagt zich af hoe om te gaan met het onderhoud. Is het wel noodzakelijk onderhoud te plegen? Zo ja met welke frequentie? Zo nee, kan onderhoud niet vervangen worden door afvoermetingen. Dit alles gezien in het licht van de kosten voor het drainageonderhoud. Nader onderzoek naar het effect van kwel op het drainage ontwerp en het kostenaspect van drainage is gewenst.

### 7.3 Waterschap Friesland

Het Waterschap Friesland (WF) heeft 197 km primaire waterkeringen in hun beheer. Naar schatting ligt in 80 - 100 km van de waterkeringen drainage. De reden voor de aanleg van de drainage is extra veiligheid in verband met de stabiliteit van de waterkering. Aan het ontwerp van de drainage lagen in het verleden geen berekeningen ten grondslag. De drainage werd ingericht op basis van de destijds geldende inzichten en de ervaring van de betreffende ontwerper.

De drainage bestaat uit enkelvoudige drainage midden onder het dijklichaam (bijlage 1). Historisch gezien ging men bij de aanleg van drainage als volgt te werk. In het toekomstige dijktracé werden vóór de opspuiting van het dijklichaam palen aangebracht. De drainage werd opgehangen aan deze palen op een hoogte van 0,75 m boven de kleiafsluiting aan de onderzijde van het dijklichaam. De uiteinden van de drainage werden naar de toekomstige kwelsloot afgeleid. Vervolgens werd het dijklichaam opgespoten. De drainage was niet bedoeld als uitvoeringsdrainage. Hiervoor werd een ander systeem gebruikt. Bij de aanleg van de weg is (tijdelijk) cunetdrainage aangelegd.

De drainage onder de waterkering bestaat uit een PVC ribbelbuis (ø 80 mm) met kokosomhulling. Na 1985 is PP-omhulling toegepast. Plaatselijk zijn in het drainagesysteem putten opgenomen of de eindkappen van drains afgewerkt met een tegel aan maaiveld.

Door consolidatie en zetting van de waterkering ontstaan onregelmatigheden in de hoogteligging van de drainage. Dit is ook gebleken uit proeven van WF met het onderhoud van deze drainage. Bij het doorspuiten kwam het regelmatig voor dat de spuitkop vastliep of niet verder kon worden ingebracht.



Behoudens de normale inspectie- en onderhoudswerkzaamheden en de doorspuitproeven bij een aantal dijktracé's wordt geen inspectie en onderhoud van de drainage uitgevoerd. Bij problemen die wijzen op het slecht functioneren van de drainage (bijvoorbeeld natte plekken aan maaiveld) worden maatregelen genomen om het probleem te verhelpen. Voor de noodzaak van drainage en onderhoud wordt de resultaten van de nieuwe toetsing op veiligheid afgewacht.

Op dit moment is WF bezig met een dijkverbetering op Terschelling. Hier wordt een drainagesysteem aangebracht om piping tegen te gaan. Aan dit ontwerp liggen wel uitvoerige (stabielheids)berekeningen ten grondslag. Er wordt een  $\varnothing$  125 mm drain met PP700 omhulling aangelegd in een sleuf met omstorting. In de nabije toekomst zal voor dit dijkvak een onderhoudsprogramma worden opgesteld.

#### 7.4 Waterschap Groot Salland

Het waterschap Groot Salland (WGS) heeft 275 km primaire waterkeringen in hun beheer. In 25 km van deze waterkeringen is drainage aanwezig. De reden voor de aanleg van de drainage is het verhogen van de micro- en macrostabiliteit van de waterkering en in individuele gevallen het voorkomen van wateroverlast. Het ontwerp van drainage wordt uitbesteed aan ingenieurbureaus. Veelal wordt gekozen voor een pragmatische oplossing. Hetgeen onder meer blijkt uit de hierna beschreven drainageconstructies. Als filtermateriaal wordt veelal een kokosomhulling toegepast in een grindomstorting.

In een aantal dijkvakken doet zich het probleem voor van waterverzadiging van de zandkern van de waterkering. Doordat het oude maaiveld min of meer ondoorlatend wordt en rondom de waterkering een kleibekleding aanwezig is, accumuleert het water zich in de waterkering. Door uitdroging in de zomermaanden treedt scheurvorming op in de kleibekleding en kan het water via deze scheur uittreden, hetgeen aanleiding is tot erosie van de dijkbekleding. Om dit te voorkomen wordt tijdens de aanleg om de 100 m een drainagestreng in de zandkern aangebracht en aangesloten op een verzameldrain langs het dijktracé. De verzameldrain loost op gelijkmatige afstanden op de kwelsloot. De verzameldrain ligt in een grindkoffer en is ter hoogte van de aftakkingen naar de kwelsloot voorzien van (doorspuit)putten.

In een dijkvak langs de IJssel treden problemen op met de afvoer van het neerslagwater dat op het binnenbeloop van de waterkering valt. In verband met het realiseren van de vereiste kwallengte is aan maaiveld een ondoorlatende kleilaag aangebracht. Het neerslagwater stroomt af via het maaiveld en wordt afgevangen door de kwelsloot. Om de kwelstroom bij hoog water op te vangen is drainage langs de kwelsloot aangebracht. In verband met het hoge doorlaatvermogen van de ondergrond is deze drainage uitgevoerd als een dubbele buis met een grote diameter.

Bij een dijkverzwaring waarbij de kwelsloot is verdwenen en het binnenbeloop ondoorlatend is gemaakt in verband met de vergroting van de kwallengte, ontstond wateroverlast bij de bewoners op het aangrenzende perceel. Dit is opgevangen door de aanleg van een drainagekoffer onder aan het binnentalud van de waterkering.



In een dijkvak bij 's Heerenbroek is een asfaltsloot aangelegd, die is opgebouwd uit respectievelijk een laag grof grind, een laag fijn grind en ZOA. Tevens is de uitvoeringsdrainage nog in tact. Tijdens hoog water wordt grote hoeveelheden kwelwater afgevoerd via de drainage en de asfaltsloot.

Behoudens de reguliere inspectie van de dijkvakken wordt de inspectie en het onderhoud van drainage gelijktijdig uitgevoerd. WGS heeft over het algemeen weinig problemen met verstopping van drainages. Uitzondering hierop is echter de eindbuis en de taludgoot, die onderhoudsgevoelig zijn in verband met slootonderhoud en maaien. In individuele gevallen wordt zandinspoeling geconstateerd.

Als onderhoudsmethode wordt doorspuiten toegepast. De onderhoudsfrequentie varieert van éénmaal per 1 à 3 jaar en wordt vastgesteld op basis van ervaring. Gezien de geringe kosten van het onderhoud worden geen risico's genomen door uitgesteld onderhoud. De definitieve onderhoudsschema's moeten nog worden opgesteld.

Problemen bij het onderhoud hebben met name betrekking op de bereikbaarheid van de onderhoudsvoorzieningen. Als voorbeeld is een dijkverbetering genoemd, die grenst aan een industrieterrein. Daarnaast komt het voor dat de ligging van de drainage onbekend is. Met behulp van doorsteekapparatuur en een zender wordt de ligging opnieuw ingemeten. Een goede revisie van het drainagesysteem bij oplevering is dus van belang.

## 7.5 Groep Midden Betuwe

De Groep Midden Betuwe voert circa 25% van alle dijkverbeteringsprojecten uit in het rivierengebied. De keuze voor de aanleg van drainage in een rivierdijk komt veelal voort uit ruimtegebrek bij dijkverbetering door de aanwezigheid van karakteristieke bebouwing of natuurwaarden binnendijks. Een deel van de stabiliteit van de waterkering wordt in een dergelijke situatie verkregen door het verlagen van de waterverhanglijn ter plaatse van het binnentalud. Hierdoor kan een steiler binnentalud worden toegepast (bijvoorbeeld 1:2 in plaats van 1:3).

Bij een dijkverbetering is de aanleg van drainage van ondergeschikt belang. Dit wordt veroorzaakt door de geringe kosten voor het leggen van drainage in vergelijking met de kosten voor het grondverzet bij de realisatie van de totale dijkverbetering. Daarnaast is de aanleg en het beheer en onderhoud van waterkeringen bij de waterschappen veelal niet in één hand. Dit heeft tot gevolg dat de aanleg niet wordt afgestemd op het onderhoud in de gebruiksfase. Dit werkt de toepassing van ingewikkelde systemen of een gebrek aan onderhoudsvoorzieningen of slecht bereikbare voorzieningen in de hand.

Veel toegepaste ontwerpen zijn drainage(buizen) in een zandkoffer in de binnenteen van de waterkering afgedekt met een kleibekleding. Dergelijke koffers zijn onder andere gemaakt in waterkeringen van de IJssel en Nederrijn. Tevens worden veel sleufdrainages (circa 0,5 m breed) toegepast onderaan de binnenteen van de waterkering. Dergelijke systemen komen onder andere voor op plaatsen met ruimtegebrek door de aanwezigheid van binnendijkse kolken. Veelal worden in waterkeringen relatief korte stukken van 30 à 40 m drainage aangelegd.

De drainage in waterkeringen wordt vrijwel uitsluitend aangelegd in een (machinaal) gegraven en met drainagezand gevulde sleuf. Een groot voordeel is de zichtbaarheid en kwaliteitscontrole tijdens de aanleg. Aandachtpunten bij het bestek zijn:

- geen ingewikkelde systemen;
- voldoende doorspuitpunten opnemen in het ontwerp;
- standaardontwerp eindkap aan maaiveld (zie bijlage 4);
- op ontwerptekeningen de volledige buis omgeven door drainagezand, zonodig in bestek voorschrijven;
- afmetingen sleuf ruim aanhouden in verband met zandverlies bij aanleg.

Aandachtpunten bij de aanleg zijn:

- werken onder droge omstandigheden;
- drainage niet direct op sleufbodem aanbrengen maar eerst met 1 of 2 decimeter drainagezand opvullen en vervolgens drain plaatsen en verder aanvullen;
- opstellen van (goede) revisietekeningen.

Het werken onder droge omstandigheden kan eenvoudig plaatsvinden door de sleuf iets dieper uit te graven, met een klokpomp de sleuf zonodig droogmaken en vervolgens het drainagezand, de drainagebuis en wederom het drainagezand aan te brengen. Een dergelijke werkwijze kan in het bestek voorgeschreven worden.

Ondanks een zorgvuldige aanleg kan het voorkomen dat de drainage door (na)zetting van de waterkering in de jaren na de realisatie verstoord wordt. Dit wordt extra in de hand gewerkt door toepassing van een groter aantal klikmoffen bij gegraven drainage. Bij machinaal gelegde drain met een kettinggraver of sleufloze machine is dit risico kleiner in verband met de aanleg van grotere lengten en dientengevolge grotere rek op de buis. Met het oog hierop is het te overwegen in bepaalde gevallen na enkele jaren herdrainage uit te voeren onder verantwoordelijkheid van de afdeling die belast is met het beheer en onderhoud van de waterkering.

Een alternatief voor de aanleg van drainage in een dijklichaam is de toepassing van damwanden. De keuze voor de aanleg van drainage is een compromis tussen het verkrijgen van voldoende stabiliteit en de ermee gemoeide kosten.

Aan het effect van doorspuiten als onderhoudsmethode wordt gezien de toegepaste hoge drukken getwijfeld. Het verstoppingsmateriaal wordt waarschijnlijk niet verwijderd maar teruggespoten in het omhullingsmateriaal. Een verbeterde spuitkop in de vorm van een nevelkop of douchekop kan een alternatief zijn.





## 8 Resultaten workshop

### 8.1 Doel

Het doel van de workshop is:

- informatie complementeren omtrent de oorzaken van het niet functioneren van drainage en de toegepaste methoden van onderhoud;
- suggesties verzamelen voor verbeterde methoden van het onderhoud en aandachtspunten bij ontwerp en aanleg.

Het programma van de workshop en de deelnemerslijst zijn opgenomen in bijlage 7.

Uit de reacties kon worden opgemaakt dat de rapportage en de presentaties een redelijk compleet beeld geven van de stand van zaken en de dagelijkse praktijk op het gebied het onderhoud van drainages. Aanvullend wordt nog gemeld dat bij de inspectie van drainage ook wel gewerkt wordt met een tellersysteem, zodat de locatie van de verstopping kan worden gelokaliseerd.

### 8.2 Resultaten

De resultaten van de discussie/brainstormsessie zijn hierna vermeld.

#### Verbeterde onderhoudsmethode

In de presentaties wordt er nogmaals op gewezen dat bij doorspuiten een deel van het verstoppingsmateriaal door de hoge druk in het omhullingsmateriaal gespoten wordt. Hier is het aanleiding tot nieuwe verstopping dan wel wederom versnelde verstopping van de perforaties van de drainbuis. Bovendien kunnen de zorgvuldig opgebouwde heterogene afvoerkanaltjes naar de drains door de hoge druk worden vernield, waardoor de werking van de drainage terugloopt.

De mogelijkheden voor de toepassing van onderbemaling bij dijksdrainage worden besproken. Onderbemaling is mogelijk door:

- bij het onderhoud op een of andere manier water aan te voeren, zodat een soort spoeffect ontstaat. De wateraanvoer kan geschieden door een bovenliggende infiltratiedrain of via het andere uiteinde van de drainage;
- de drainage dieper aan te leggen, zodat de drain ook bij onderbemalen permanent water voert.

Als beperkingen en nadelen van deze methoden worden genoemd:

- bij spoelen wordt gebruik gemaakt van niet geheel schoon oppervlaktewater;
- in hoeverre een stroomsnelheid gecreëerd kan worden die een voldoende reinigend effect heeft is onduidelijk;
- diepdrainage zonder extra voorzieningen (putten) is gevoelig voor verstopping door de diepere ligging van het midden van de drainagestreng. Bovendien moeten de uiteinden rond de grondwaterspiegel blind uitgevoerd worden om geen lucht aan te zuigen bij het onderbemalen;
- *bovenstaand probleem kan worden ondervangen door een horizontale aanleg op diepte. Hierdoor is een extra put noodzakelijk bij elke drain uitmonding;*



- ook bij diep drainage kunnen problemen met ijzerverstopping optreden. Dit is afhankelijk van de diepte van de overgang van aëroob naar anaëroob grondwater;
- diep drainage ligt permanent onder de grondwaterspiegel. Door de periodieke ligging van drainage boven grondwaterspiegel wordt de doorlatendheid rondom de drain verbeterd, hetgeen de werking ten goede komt;
- voor onderbemaling is wellicht een vergunning in het kader van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren noodzakelijk.

Geconcludeerd wordt dat praktijkproeven noodzakelijk zijn om bovenstaande punten te kunnen onderzoeken.

Vervolgens is een verbeterde methode voor het doorspuiten bediscussieerd. Voorgesteld is een andere spuitkop te ontwikkelen gebaseerd op een roterend of pulserend borstelsysteem al dan niet met vacuüm afzuiging. De slang zal uit een star materiaal moeten bestaan en eventueel uit een dubbele leiding. Een voorbeeld voor de uitwerking van een andere spuitkop is schetsmatig uitgewerkt door de heer Selles van waterschap Groot Salland en opgenomen in bijlage 9. Nadelen van een dergelijk systeem zijn de grotere wrijving met de drainwand en daardoor hogere eisen die worden gesteld aan de mechanische of hydraulische inbreng van de spuitkop en slang. Bovendien zullen drainverstoringen eerder aanleiding zijn tot het vastlopen van de spuitkop. Bovenstaande nadelen maken wellicht de werk lengte van een dergelijk systeem beperkt. De ontwikkeling en het functioneren zal in praktijkproeven moeten worden getest.

Een ander idee dat naar voren wordt gebracht is het sectiegewijs schoonpompen van drainage vergelijkbaar met de methodiek voor verticale onttrekkingsputten.

#### **Alternatief ontwerp drainage**

- Wellicht zijn verstoppingsproblemen te voorkomen door de toepassing van materialen die minder gevoelig zijn voor verstopping dan wel eenvoudiger te reinigen zijn of te vervangen.

Een methode analoog aan toepassingen in de waterleidingwereld, waarbij de drain wordt vervangen door er een andere drain achteraan te trekken wordt besproken. Het probleem van het achterblijven van oude drainage bij herdrainage wordt hierdoor eveneens ondervangen. Problemen zijn de versmering van de ondergrond, treksterkte van de drain en hoge kosten.

De toepassing van een dubbele drainbuis van HDPE (POLVER), waarbij de binnenste buis vervangen kan worden, wordt besproken. Nadeel is wellicht dat het verstoppingsprobleem verplaatst wordt van de binnenste naar de buitenste buis.

Bij afkoppeling van verhard oppervlak in stedelijke gebieden worden voor ondergrondse infiltratie ook wel permeabele betonbuizen (de Hamer, Nijmegen) toegepast. Wellicht is deze buis geschikt voor toepassing als drainage, waarbij er voordelen zijn ten aanzien van verstoppingsrisico en reiniging.

Bij waterschap Groot Maas en Waal te Zaltbommel is in een dijkvak een filterconstructie toegepast waarbij een grofzandige sleuf onderin de teen van de waterkering is aangesloten op een ondergrondse betonnen bak/goot. De sleuf staat in verbinding met de bak/goot door een geperforeerd deksel met filterdoek. Tevens is de constructie voorzien van langsdrainage.

Eveneens bij waterschap Groot Maas en Waal worden taludfilters toegepast. Een taludfilter bestaat uit een grof zandlichaam in de binnenteen van de waterkering met een open bekleding waarop een stevige grasmat is aangebracht. Het overtollig water treedt uit het talud aan de onderzijde van het zandlichaam en wordt afgevoerd via een oppervlakkig goot naar een nabij gelegen sloot. Door deze constructie was het mogelijk een steiler binnentalud te hanteren, waardoor een binnendijkse woning kon worden gespaard bij de dijkverbetering.

Het probleem van de kwetsbaarheid van de eindbuizen wordt besproken. De volgende suggesties worden gedaan of zijn uit de praktijk bekend:

- het verzonken aanbrengen van eindbuis en taludgoot in het talud;
- in plaats van geconcentreerde uitstroom uit één punt (erosie sloottalud) de drainafvoer verspreid laten uitstromen;
- geperforeerde stalen eindbuis met talud mee omlaag leggen. Onderhoud van de drainbuis wordt hierdoor lastig.

Het meteen herstellen van vernielde eindbuizen na maaien of slootonderhoud lijkt de beste methode te zijn.

#### **Noodzaak drainage in waterkeringen**

Op de vraag of het wel wenselijk is een drainagesysteem in een waterkering aan te leggen geven een aantal aanwezigen aan dat in veel gevallen hier niet aan te ontkomen is. Het plaatsen van een damwand of het op een andere manier vergroten van de kwallengte is niet in alle gevallen een oplossing. Daarnaast spelen de hoge kosten van alternatieven voor drainage een rol.

Wellicht valt er op het terrein van het niet-stationair berekenen van waterverhanglijnen nog winst te behalen. Binnen de TAW bestaat een werkgroep die onder meer dit aspect wil gaan onderzoeken.

#### **Vervolgonderzoek**

Er blijkt behoefte te zijn aan onderbouwing van de informatie dat het doorspuiten van drainage ook nadelen heeft, zoals een versterkte inzanding en het terugspuiten van het verstoppingsmateriaal in de omhulling. Dit wordt ingegeven door het feit dat veel beheerders relatief weinig problemen ervaren met de doorspuitmethode. Indien dit aangetoond is, kan onderzoek naar een verbeterde spuitkop plaatsvinden.

Het meten en registreren van de resultaten van het onderhoud en het opzetten van een methodiek hiervoor wordt door velen onderschreven.





## 9 Conclusies en aanbevelingen

### 9.1 Enquête

Om het onderzoek goed bij de praktijk te laten aansluiten is een enquête uitgevoerd onder de in totaal 32 waterkeringbeheerders. Door 27 beheerders is gereageerd, waarmee in de enquête in totaal circa 2.800 km primaire keringen en circa 2.700 km boezemkaden zijn betrokken.

Uit de enquête kunnen de volgende belangrijke conclusies getrokken worden:

- Langs circa 20% van de lengte van de primaire waterkeringen ligt drainage.
- Langs 4% van de lengte van de boezemkaden ligt drainage.
- Een kwart van de geënquêteerde beheerders wil geen drainage, omdat zij daarvoor geen noodzaak zien, de voorkeur geven aan een andere oplossing of het functioneren op lange termijn betwijfelen.
- Enkelvoudige drainage in de binnenteen is het meest toegepast.
- Sleufdrainage met een buis is het meest voorkomende type drainage.
- Bij aanleg van drainage is door de meeste beheerders rekening gehouden met het onderhoud door het aanleggen van inspectieputten, doorspuitpunten. Eén beheerder heeft zelfs de eindbuizen gemarkeerd en de drainage ingemeten.
- Driekwart van de beheerders met drainage inspecteert op verstoppingsproblemen.
- Voor deze controle wordt veelal de eindbuis bekeken of de waterstand in inspectieputten gecontroleerd.
- Het aantal keren dat wordt gecontroleerd loopt erg uiteen.
- De meest geconstateerde problemen zijn: beschadigde eindbuizen en chemische neerslag. Natte plekken aan het maaiveld zijn meestal een indicatie dat de drainage niet goed werkt.
- De helft van de beheerders doet meer of minder regelmatig onderhoud: doorspuiten onder hoge of lage druk is de meest toegepaste methode. De frequentie loopt nogal uiteen.
- De meest voorkomende problemen met het onderhoud zijn: de moeilijke bereikbaarheid van de drainage en het vastlopen van de spuitkop.

In bijlage 8 zijn de enquête alsmede de resultaten in hun geheel opgenomen.

### 9.2 Literatuuronderzoek en interviews

#### Ontwerp

Uit het literatuuronderzoek blijkt dat er weinig gegevens voorhanden zijn hoe in het verleden is omgegaan met het ontwerp van drainage in dijklichamen. In de geraadpleegde literatuur zijn geen voorschriften voor drainageontwerp in waterkeringen opgenomen. Mede op basis van de interviews bestaat de indruk dat het ontwerp gebaseerd is op een inschatting van de hoeveelheid dijkskwel, de aanwezige grondsoort, enkele praktische randvoorwaarden en de expertise, ervaring en opvattingen van de betreffende ontwerper belast met het dijkontwerp. Het is mogelijk dat het onderhoudsaspect van drainage bij het ontwerp hierdoor is onderbelicht. De indruk bestaat dat bij het huidige dijkontwerp hier meer aandacht aan wordt besteed.



Bij het ontwerp is de keuze van het filtermateriaal (omhulling en omstorting) belangrijk. De keuze moet worden afgestemd op de aanwezige grondsoort en ernst van de ijzerproblematiek. Daarnaast speelt het kostenaspect een rol bij het al dan niet toepassen van een omstorting. Een volledige grindomstorting geeft minder problemen bij het onderhoud.

Ingewikkelde systemen, de bereikbaarheid en traceerbaarheid van onderhoudsvoorzieningen alsmede het beperkte aantal onderhoudsvoorzieningen worden door beheerders als probleem ervaren bij het onderhoud.

### **Aanleg**

De aanleg vindt met verschillende technieken plaats. Gesteld kan worden dat over het algemeen bij in rivierdijken de drainage wordt aangelegd in een gegraven sleuf met omstorting. In de overige waterkeringen en op plaatsen waar meer (werk)ruimte is voor de aanleg worden ook de kettinggraaftechniek en de sleufloze techniek toegepast. De zichtbaarheid van het te maken werk is een voordeel van de in een sleuf met omstorting gegraven drainage.

Zorgvuldigheid bij de aanleg kan in een later stadium verstoppingsproblemen voorkomen. Nog belangrijker dan de keuze van het omhullingsmateriaal is de aanleg onder droge omstandigheden. Het inmeten (bijvoorbeeld met GPS) en het maken van revisietekeningen in verband met eventuele later graafwerkzaamheden of onderhoud is eveneens van belang. Bij inspectie (doorsteken of doorspuiten) direct na de aanleg komen eventuele problemen meteen aan het licht.

Een geïnterviewde constateert dat door de relatief geringe kosten de aanleg van drainage van ondergeschikt belang is bij de totale dijk aanleg. Dit wordt in de hand gewerkt doordat de aanleg en het beheer van de waterkering veelal niet in een hand is bij de waterkeringbeheerder.

### **Verstoppingsproblemen**

Verstoppingen door ijzer- en zwavelverbindingen samen met de verstoring en verstopping van de eindbuizen worden als belangrijkste problemen aangegeven voor een verminderde werking van de drainage. Door een geïnterviewde en in de literatuur wordt ook zandinspoeling als een belangrijk verstoppingsprobleem aangemerkt. In de eerste jaren na aanleg is de kans op inzanding het grootst.

Graafwerkzaamheden en zetting van dijklichamen kunnen leiden tot drainverstoringen en belemmeren het onderhoud.

### **Inspectie**

De gangbare inspectiemethoden zijn:

- controle toestand eindbuizen en afvoer;
- controle ontwateringstoestand (natte plekken);
- doorsteken (met een zender);
- opgraven drains.

In bijzondere gevallen kan ook een camera-inspectie worden toegepast. Middels de genoemde methoden kunnen de meeste problemen worden geïdentificeerd. In sommige gevallen is het raadzaam een onderzoek naar de stijghoogteverdeling uit te voeren. Een

beperking van deze geavanceerde inspectiemethoden is de relatief hoge kosten in vergelijking met de kosten voor herdrainage. Hierdoor is de toepassing beperkt tot speciale situaties, waarin ook na herdrainage de problemen zich blijven voordoen.

#### Onderhoud

Voor het onderhoud bestaan twee methoden; doorspuiten en onderbemalen. Doorsteken wordt vrijwel alleen nog als inspectiemethode toegepast.

Onderbemalen kan alleen worden toegepast bij diepdrainage. Hierdoor is doorspuiten bij dijksdrainage vrijwel de enige toegepaste onderhoudsmethode. De spuitdruk is belangrijk. Hoge druk (> 60 bar) bij drainage zonder omstorting veroorzaakt zandinspoeling en kan de bodemstructuur rondom de drain en de drain zelf beschadigen. Daarom wordt de voorkeur gegeven aan middelbare druk (20 - 40 bar) of lage druk (<20 bar) met veel water (doorspoelen). Experimenten met verschillende invoersnelheden van de spuitkop en verschillende hoeken van de stralen bleken van weinig effect op de mate van zandinspoeling.

Ondanks de verrichtte onderzoeken blijft de schadelijkheid van doorspuiten (onder hoge druk) onduidelijk. Temeer omdat uit de enquête en workshop blijkt dat beheerders relatief weinig problemen met doorspuiten ervaren. Wellicht hangt dit deels samen met het al dan niet toepassen van een omstorting.

Een volledige grindomstorting en de toepassing van filterdoek kan de zandinspoeling bij het onderhoud beperken. De materiaal- en aanlegkosten van een grindomstorting liggen echter aanzienlijk hoger, maar zijn beperkt als ze worden afgezet tegen de kosten voor de totale dijk aanleg. Om op materiaalkosten te besparen kan wellicht drainagezand als omstorting worden toegepast. Zandinspoeling in relatie tot onderhoud bij een omstorting met drainagezand is voor zover bekend niet onderzocht.

Er is een omslag in denken waarneembaar van preventief onderhoud naar onderhoud alleen als het nodig is. Hiermee komt extra nadruk te liggen bij een goede inspectie van het functioneren van de drainage.

### 9.3 Workshop

Tijdens de workshop is naar voren gekomen dat er behoefte is aan onderbouwing van de schadelijkheid van het doorspuiten van drainage, zoals een versterkte inzanding en het terugspuiten van het verstoppingsmateriaal in de omhulling. Dit wordt ingegeven door het feit dat veel beheerders relatief weinig problemen ervaren met de doorspuitmethode. Indien dit aangetoond is kan onderzoek naar een verbeterde spuitkop plaatsvinden of naar een aangepaste methode van onderhoud, door het nemen van praktijkproeven met het borstelen van drainage.

Het meten en registreren van de resultaten van het onderhoud en het opzetten van een methodiek hiervoor wordt door velen onderschreven.



## 9.4 Aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden suggesties gedaan om het onderhoud van drainages in waterkeringen te optimaliseren in de vier stadia van ontwerp, aanleg, inspectie en onderhoud. Gezien de relatief lage kosten voor de aanleg van drainage of herdrainage zijn de mogelijkheden voor geavanceerde inspectie- of onderhoudsmethoden beperkt.

### Ontwerp

Bij het dijkontwerp dient reeds geanticipeerd te worden op de mogelijkheden voor inspectie en onderhoud van de drainage in de gebruiksfase. Als concrete aandachtspunten en voorzieningen kunnen genoemd worden:

- geen ingewikkelde systemen;
- aanbrengen voldoende inspectieputten en doorspuitpunten;
- achterwege laten van haakse bochten in drainage en verzamelleidingen;
- goede bereikbaarheid onderhouds- en inspectievoorzieningen;
- drainage met omstorting ruim aanhouden in verband met zandverlies;
- rekening houden met de ligging van kabels en leidingen;
- aandacht voor constructie eindbuis in sloottalud.

De technische uitvoering van de drainage (keuze filtermateriaal) dient afgestemd te worden op het type ondergrond, de ernst van het gevaar voor verstopping en het belang van de constructie. Veiligheidshalve kan gekozen worden voor een met polypropyleen vooromhulde drainbuis in een sleuf met grindomstorting of eventueel grof zand (*drainagezand*). De meerkosten van een dergelijk systeem moeten worden afgezet tegen de extra onderhoudskosten, kosten voor herdrainage en het belang van het goed functioneren van de drainage.

Aanbevolen wordt standaardrichtlijnen voor het ontwerp van drainage in waterkeringen op te stellen.

### Aanleg

Het spreekt voor zich dat bij de aanleg van drainage zorgvuldig te werk moet worden gegaan. Gewezen wordt op de volgende omstandigheden of gebreken:

- de aanleg dient plaats te vinden onder droge omstandigheden;
- voorkomen van katteruggen of verzakkingen door vlakke aanleg;
- voorkomen van het terugvallen van grond uit de bouwvoor in de drainagesleuf;
- mofverbindingen dienen goed aangesloten te worden;
- bij het aanbrengen van de omstorting dienen platliggers te worden voorkomen;
- vakkundig toezicht tijdens de aanleg.

Met het oog op het voorgaande is het van belang de aanleg te laten uitvoeren door een gekwalificeerde aannemer of een gespecialiseerd drainagebedrijf. Een lichte voorkeur bestaat voor een in sleuf gegraven drainage met het oog op de zichtbaarheid en kwaliteitscontrole van het te maken werk tijdens de aanleg. Het werk dient bij oplevering (steekproefsgewijs) te worden gecontroleerd op eventuele gebreken.

Het aangelegde drainagesysteem en de inspectie- en onderhoudsvoorzieningen dienen te worden ingemeten (met bijvoorbeeld GPS) en vastgelegd op een revisietekening. Tevens is het van belang dat de voorzieningen in het veld worden gemarkeerd.

### Inspectie

De gangbare inspectiemethoden (afvoer, eindbuis, doorsteken) kunnen een goed beeld geven van het optreden van eventuele verstoppingsproblemen. Soms is het mogelijk ook de aard van het probleem vast te stellen. Voor gecompliceerde (verstoppings)gevallen zijn meer geavanceerde inspectiemethoden (peilbuiswaarnemingen, opgraven, camera-inspectie e.d.) aan te bevelen. Echter in bepaalde gevallen wegen de kosten van geavanceerde en dure inspectiemethoden niet op tegen de kosten van herdrainage.

Voorgesteld wordt een inspectiefrequentie aan te houden van éénmaal per jaar bij voorkeur bij hoge buitenwaterstanden en na elke maaibeurt of slootonderhoud. De resultaten van de inspectie dienen te worden geregistreerd, zodat een eventuele ontwikkeling in de verstoppingsproblemen geconstateerd kan worden.

Overwogen kan worden voor de inspectie en registratie van de verstoppingsproblemen een methode op te zetten aan de hand van beoordelingscriteria.

### Onderhoud

Doorspuiten is de geëigende onderhoudsmethode. De uitvoering (met name spuitdruk en onderhoudsfrequentie) is belangrijk. Het effect van onderhoud op drainage met omstorting is in vergelijking met drainage zonder omstorting onvoldoende onderzocht.

Het doorspuiten dient plaats te vinden met lage of middelbare druk om inzanding en beschadiging van de bodemstructuur rondom de drain of de drain zelf te voorkomen. Bij voorkeur het onderhoud starten met lage druk en veel water. Bij het risico op ijzerverstopping wordt door regelmatig onderhoud de levensduur verlengd. Bij andere verstoppingsgevallen is onderhoud niet noodzakelijk zolang de indruk bestaat dat de drainage goed functioneert.

In tabel 9.1 is een overzicht opgenomen van de verstoppingsproblemen en de te nemen maatregelen.

Tabel 9.1 Verstoppingsprobleem en maatregelen.

Probleem	Maatregel
eindbuis kapot of verstopt	herstel of vervanging eindbuis, doorsteken
zandinspoeling (< 2 jaar na aanleg)	doorspuiten met lage druk en veel water
zandinspoeling (> 2 jaar na aanleg)	controle ontwerp en eventueel inspectie door opgraven, doorspuiten of herdrainage
slibafzetting (fractie < 16 µm)	doorspuiten met lage druk en veel water
ondoorlatende bovengrond	structuurverbetering bovengrond (grondverbetering, doorworteling)
ijzerverstopping	doorspuiten met lage of middelbare druk
hardnekkige ijzerverstopping (korstvorming)	herhaald doorspuiten met middelbare en eventueel hoge druk, herdrainage
zwavelverstopping	doorspuiten met lage druk
wortelingroei (jonge wortels)	doorspuiten
wortelingroei (oude wortels)	opgraven en herstellen of herdrainage



Probleem	Maatregel
katteruggen en verzakkingen	opgraven en herstellen of herdrainage
sputkop loopt vast	nogmaals doorspuiten, lokaliseren (doorsteekapparaat met zender), opgraven en herstellen
sputkop loopt herhaaldelijk vast	herdrainage

De onderhoudsfrequentie dient in eerste instantie afgestemd te worden op het bodemtype en de ernst van de ijzerproblematiek. Vervolgens dient op basis van de ervaringen met het onderhoud de uiteindelijke frequentie te worden bepaald. Een geringe inzanding in de eerste twee jaar na aanleg is normaal. Derhalve en ter controle op eventuele gebreken dient de drainage binnen twee jaar na aanleg éénmaal te worden doorgespoten. Op zware gronden is dit niet noodzakelijk en kan de controle worden uitgevoerd middels doorsteken.

Met het oog op de negatieve effecten van het onderhoud is optimalisering van de onderhoudsfrequentie van belang. Voor het optimaliseren van de onderhoudsfrequentie is monitoring en registratie van de resultaten van het onderhoud (hoeveelheid uitgespoeld materiaal) noodzakelijk. Door toetsing aan een bepaald (uitspoel) criterium kan de onderhoudsfrequentie geoptimaliseerd worden. Aanbevolen wordt hiervoor een methodiek op te zetten. Bij het bepalen van de onderhoudsfrequentie moet ook het belang van de constructie meegewogen worden. Indien de drainage van wezenlijk belang is voor de stabiliteit van de waterkering zal eerder overgegaan worden tot (preventief) onderhoud.

In de onderstaande tabel 9.2 is op basis van de literatuurgegevens voor een aantal grondsoorten met en zonder kwel de onderhoudsfrequentie weergegeven. De frequentie is gebaseerd op de gevoeligheid voor ijzerverstopping. De overige verstoppingsproblemen hangen veelal samen met de specifieke situatie, waardoor voor de frequentie geen algemene richtlijnen te geven zijn. De tabel dient als eerste ingang voor het bepalen van de frequentie. Een gedetailleerde invulling dient plaats te vinden door een (te ontwikkelen) methode voor het meten en registreren van de hoeveelheid uitgespoeld materiaal.

Tabel 9.2 Onderhoudsfrequentie.

Grondsoort <sup>1)</sup>	met/zonder kwel	onderhoudsfrequentie
zware zavel (gerijpt) en kleigronden	geen ijzerrijke kwel	geen onderhoud
	ijzerrijke kwel	drains in zware grond: eenmaal per 5 jaar drains in zandondergrond: eenmaal per 2 à 3 jaar
lichte zavel (gerijpt) en zandgronden	geen ijzerrijke kwel	eerste 10 jaar: eenmaal per 2 à 3 jaar daarna: eenmaal per 5 à 6 jaar
	ijzerrijke kwel	eenmaal per 2 à 3 jaar
rijpende oude zeeklei	-	eenmaal per 1 à 2 jaar gedurende rijpingsproces
opgehoogd terrein	-	eenmaal per 1 à 2 jaar

1) Voor lutumgehalte, u-cijfer en M50-getal wordt verwezen naar bijlage 2.

Geadviseerd wordt het onderhoud vast te leggen in beheerplannen.

## 9.5 Vervolgonderzoek

In een aantal onderzoeken komt naar voren dat doorspuiten (onder hoge druk) schadelijke effecten kan hebben. Hierdoor wordt het functioneren van de drainage negatief beïnvloed. De geëncquêteerden en de deelnemers aan de workshop ervaren dit probleem veel minder of hebben hier onvoldoende aandacht voor. Deels kan dit samenhangen met het feit dat het uitgevoerde onderzoek naar doorspuiten met name gericht is op drainage zonder omstorting, terwijl een deel van de beheerders ook drainage met omstorting toepast waar dit probleem minder kan spelen. Een andere interpretatie kan voortkomen uit het achterwege laten van de registratie van de resultaten van het onderhoud. Een sluitende verklaring hiervoor is echter niet te geven.

De deelnemers van de workshop geven dan ook de voorkeur aan een onderzoek waarin de negatieve effecten van het doorspuiten verder worden onderzocht. In een dergelijk onderzoek kunnen eventueel ook de verschillen tussen drainage met en zonder omstorting worden betrokken. Als in bovenstaand onderzoek de schadelijke effecten van doorspuiten voldoende zijn aangetoond kan een onderzoek plaatsvinden naar de ontwikkeling van een alternatieve spuitkop in de vorm van een (roterende) borstelsysteem of nevelkopsysteem.

Mede naar aanleiding van de reeds uitgevoerde onderzoeken kan gesteld worden dat een onderzoek naar de schadelijke effecten van doorspuiten grootschalig van opzet moet zijn in de vorm van praktijkproeven onder verschillende omstandigheden gedurende langere tijd. Dit is een duur en tijdrovend onderzoek, hetgeen ook wordt geconstateerd door Stuyt [1992]. Een eventueel onderzoek naar een alternatieve spuitkop dient plaats te vinden bij een (landbouw)mechanisatie instituut. Gelet op het bredere belang van het onderzoek naar de effecten van het doorspuiten op het functioneren van drainage wordt ten aanzien van deze aspecten geen vervolgonderzoek voorgesteld in het kader van het programma Waterkeren.

Het opzetten van een methodiek voor het bepalen van de onderhoudsfrequentie door het meten en registreren van de resultaten van het onderhoud wordt zinvol geacht. Gedacht kan worden aan een onderzoek in de vorm van het meten van de hoeveelheid uitgespoeld materiaal of aan afvoercapaciteitsmetingen van drainage. De karakteristieken per onderzoekslocatie (bodemtype, hydrologische situatie, ontwerp en materiaalkeuze drainage) moeten in het onderzoek worden betrokken. Een dergelijk onderzoek kan meelopen met het reguliere onderhoud van drainage waardoor op kosten kan worden bespaard. Hoewel ook dit onderzoek een breder belang dient dan alleen het programma Waterkeren, is het beperkter van opzet en kan specifiek voor dijksdrainage plaatsvinden. Als secundaire uitkomst kan het onderzoek wellicht meer licht werpen op de schadelijkheid van doorspuiten op het functioneren van drainage.





## Begrippenlijst

- (Binnen)berm : extra verbreding aan de landzijde van de waterkering om het dijklichaam extra steun te bieden en/of om zandmeevoerende wellen te voorkomen.
- Binnenbeloop : horizontaal vlak dat onderdeel uitmaakt van de waterkering vanaf de binnenteen van de waterkering tot aan de kwelsloot (indien aanwezig)
- Binnentalud : hellend vlak van het dijklichaam aan de landzijde van de waterkering.
- Binnenteen : de onderrand van het dijklichaam aan de landzijde van de waterkering (de overgang van waterkering en naar maaiveld of binnenbeloop).
- Buitentalud : hellend vlak van het dijklichaam aan de waterzijde.
- Buitenwater : het oppervlaktewater waarvan de waterstand direct invloed ondergaat bij hoge stormvloed, bij hoog oppervlakte water van een van de grote rivieren, bij hoog water van het IJsselmeer of bij een combinatie daarvan.
- Kwel : water dat onder de waterkering door in het achterland weer boven de grond komt. In tegenstelling tot wellen treedt dit water niet geconcentreerd uit en wordt evenmin zand meegevoerd [TAW, 1993]. Het uittreden van grondwater onder invloed van grotere stijghoogte buiten het beschouwde gebied [TAW, 1999].
- Kwelkade : een achter de bandijk gelegen hoge kade die het kwelwater opvangt.
- Maatgevende hoogwaterstand (MHW) : bij rivieren en meren de waterstand met een overschrijdingskans gelijk aan de ontwerp-frequentie.
- Macrostabieliteit : weerstand van het dijklichaam tegen afschuiven, zowel buitenwaarts als binnenwaarts.
- Microstabieliteit : weerstand van het dijklichaam tegen uitspoelen van grond of afdrucken van de toplaag van het



- binnentalud ten gevolge van kwel uit het binnentalud
- Piping : het ontstaan van een doorgaande ondergrondse verbinding (pipe of pijp) als gevolg van een zandmeevoerende wel of kwelstroom onder de waterkering door. Dit leidt onherroepelijk tot ondermijning van de waterkering.
- Primaire waterkering : een waterkering die beveiliging biedt tegen overstroming, doordat deze ofwel behoort tot het stelsel dat een dijkring, al dan niet met hoge gronden, omsluit, ofwel voor een dijkring is gelegen.
- Waterkeringen : kunstmatige hoogten en die (gedeelten van) natuurlijke hoogten of hooggelegen gronden, met inbegrip van daarin of daaraan aangebrachte werken, die een waterkerende of mede een waterkerende functie hebben, en die als zodanig in de legger zijn opgenomen.
- Wel : geconcentreerde uitstroming van kwelwater door een gat of langs een paal in de afdekkende kleilaag.
- Zandmeevoerende wel : wel die zand meevoert uit de ondergrond en die zo onbeheersbaar kan worden dat dit leidt tot piping.

De begripsomschrijvingen zijn ontleend aan de Water tegen de dijk [TAW, 1993] en de Leidraad toetsen op veiligheid [TAW, 1999]. Enkele begripsomschrijvingen zijn veralgemeniseerd van rivierdijken naar waterkeringen in het algemeen.

## Literatuurlijst

Bakker et al, 1998.

Ontwerp en onderhoud van infiltratie- en onttrekkingsmiddelen, CUR/NOBIS, Gouda.

Boer, A. de en Huinink, J.T.M., 1986.

Aanleg en onderhoud van drainage. Landbouwmechanisatie jaargang 37, nr. 9.

Brinkhorst, W., v.d. Linde K. en Scholten, J., 1983.

Ervaringen met het doorspuiten van drains in het Lauwerszeegebied. RIJP, werkdocument 6 Abw, Lelystad.

Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving (CUR), 1996.

Geokunststoffen en rivierdijkverbetering (rapport 186), Gouda.

Dasselaar, H. van, 1999.

Aanleg en onderhoud van drainagesystemen. Lareco Nederland BV, Arnhem.

Dijk, J. 1982.

Draincontrole-onderhoudsrapport 1981/1982, RIJP, werkdocument 271 Abc, Lelystad.

Feijter, de J.W., Weijers, J.B.A., 1988

Groundradar survey of a drain structure in dikes along the river Rhine. DWW-RWS, Delft.

Hebbink, A.J., Roo, H. de, 1984.

Drainage van stedelijke en recreatieve gebieden in de Flevopolders, RIJP, werkdocument 34 abw, Lelystad.

Heidemij, 1967

Onderzoek naar ontwateringsmogelijkheden op gedraineerde percelen, rapportnr. 1205.

Homma, F. 1973.

Invloed van de doorlatendheid van de drainsleuf op de werking van een drainagesysteem. Cultuurtechnisch Tijdschrift Jrg. 12 nr, 4.

ILRI, 1972.

Veldboek voor land- en waterdeskundigen. ILRI, Wageningen.

Jonkheer, E. 1999

Doorspoelen is beter dan spuiten, onderhoud aan drainagebuizen werkt vaak averechts, OOGST Landbouw, LTO.

Kooistra, K., 1990.

Onderhoud van drainage en sloten. Praktijkreeks Veehouderij.

Kuntze, H., 1982.

Iron clogging in soils and Pipes. Analysis and Treatment. DVWK, Bulletin 10, Bonn.



- Leehuis, H., Roo, H. de en Schultz, E., 1980.  
Grondwaterbeheersing-2; drainagesystemen. Voordracht voor de Leergang Bouwrijp maken van terreinen, RIJP, werkdocument 161 Abw, Lelystad.
- Louw, C. van der, 1986.  
Drainoscopie een optische inspectiemethode voor drainagesystemen Cultuur Technisch Tijdschrift jrg. 25 nr. 5.
- Ministerie van Landbouw en Visserij, 1978.  
Aanleg en onderhoud van drainage Vlugschrift voor de Landbouw nr. 279, maart 1978.
- Ministerie van Landbouw en Visserij, 1988.  
Aanleg en onderhoud van drainage. Vlugschrift voor de Landbouw nr. 361, mei 1988.
- Muth, W., 1997.  
Schäden an Dränanlagen, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart.
- Noordman, E. en Strijker J., 1989.  
Drainage maintenance in Egypt, afstudeerverslag IAHL.
- Ritzema, H.P., 1994.  
Drainage Principles and Applications, ILCRI Publication 16, Second Edition (Completely Revised), Wageningen.
- Roo, H. de, 1978.  
Drainage van stedelijke en recreatieve gebieden in de IJsselmeerpolders. RIJP, werkdocument 7 Abw, Lelystad.
- Scholten, J., 1967.  
Resultaten van proeven ten behoeve van het opheffen van stootvoegverstopping in drainreeksen. Interne nota RIJP nr. 42, Zwolle.
- Scholten, J., 1980.  
Ervaringen met doorspuiten van drains in de proefpolder Zuidwal. RIJP, werkdocument 272 Abw, Lelystad.
- Scholten, J., 1983.  
Doorlatendheidsmetingen in drainsleuven in Flevoland en de Lauwerszee. Cultuurtechnisch Tijdschrift Jrg. 23 nr. 2.
- Scholten, J., 1985.  
Onderhoud en beheer van dijktafsluitingen, RIJP, werkdocument 78 abw, Lelystad.
- Scholten, J., 1986.  
Onderzoek aan drainage-omhullings- en afdekkingsmaterialen over de jaren 1978 en 1984. RIJP, werkdocument 29 Abw, Lelystad.

Scholten, J. en Ven, G.A., 1987.

Het schatten van het risico van ijzerafzetting in drains volgens methode Ford. RIJP, werkdocument 15 cbw, Lelystad.

Scholten, J., 1988.

Drainageonderhoud in de IJsselmeerpolders, Landinrichting 1989/29 2.

Scholten, J., 1988.

Verstopping van drainagestelsels door ijzerverbindingen. Situatie in de IJsselmeerpolders. Landinrichting, 1989/29 1.

Scholten, J. 1988.

Vijfentwintig jaar drainagematerialenonderzoek bij de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders. RIJP, Flevobericht nr. 291, Lelystad.

Singh, O.P. en Pandey, R.S., 1991.

Installation and maintenance of subsurface drainage system. ICAR, New Delhi.

Slager, H., 1981.

Functioneren en onderhoud van ontwateringsstelsel in bossen in Flevoland. Rijp, Flevobericht nr. 180, Lelystad.

Stichting Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond-, Water- en Wegenbouw en de Verkeerstechniek (C.R.O.W), 1995. Standaard RAW Bepalingen 1995, Ede.

Stuyt, L.C.P.M., 1992.

The wateracceptance of wrapped subsurface drains. Doctoral thesis. LU, Wageningen.

Stuyt, L.C.P.M., Bakker, D.M., Oosten A.J., 1988.

Het onderzoek aan drainageomhullingsmaterialen, Eindrapport 1985-1988. ICW, Wageningen.

Technische adviescommissie voor de Waterkeringen, 1994.

Handreiking constructief ontwerpen. Onderzoek en berekeningen naar het constructief ontwerp van de dijkversterking, Staatsuitgeverij, Den Haag.

Technische adviescommissie voor de waterkeringen, 1985.

Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken. Deel I - Bovenriviereengebied, Staatsuitgeverij, Den Haag.

Technische adviescommissie voor de Waterkeringen, 1999.

Leidraad toetsen op veiligheid, Delft.

Technische adviescommissie voor de Waterkeringen, 1997.

Leidraad zee- en meerdijken (concept), Delft.

Technische adviescommissie voor de Waterkeringen, 1994.

Water tegen de dijk 1993, Delft.



Ven, G.A., 1986.

The effect of maintenance on the performance of tubedrains. RIJP, Overdruk nr. 365.

Zeijts, T.E.J. van, 1986.

Voorlopige aanbevelingen voor de keuze van drainage-omhullingsmaterialen, Cultuurtechnisch tijdschrift, Jrg. 25, nr. 5.

Zeijts, T.E.J. van, 1986.

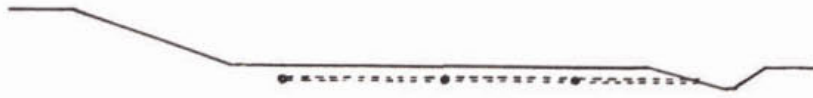
Kwaliteitsbewaking drainagewerk, Cultuurtechnisch tijdschrift, Jrg. 26, nr. 3.

## **Bijlage 1**

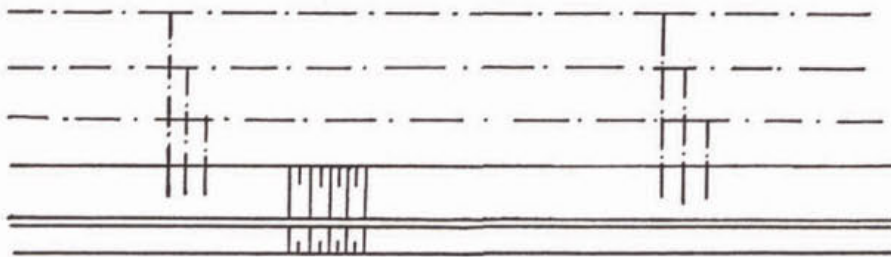
### **Systemen dijksdrainage**



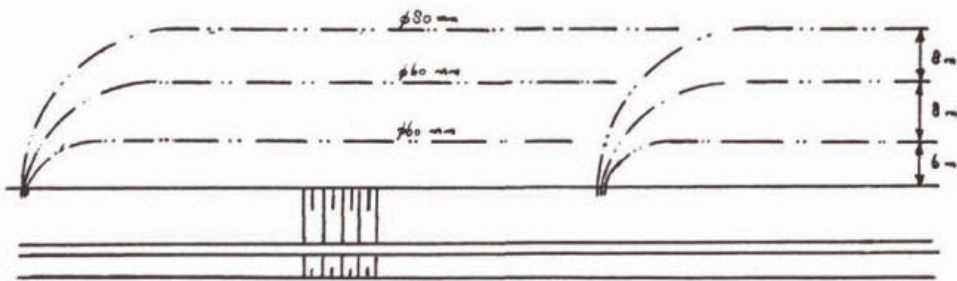




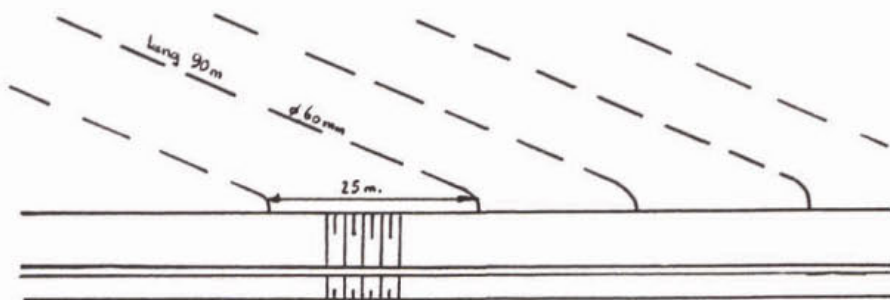
situering drains in dwarsprofiel



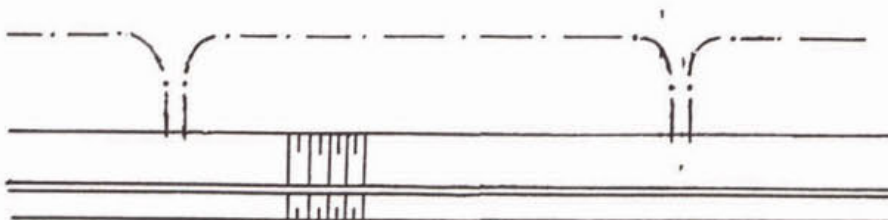
oud systeem



systeem N.O.P.



systeem "Abramse"



enkelvoudige drainage





## **Bijlage 2**

### **Kans op ijzerafzettingen bij verschillende grondsoorten**





Tabel Het totale ijzergehalte en het ijzer dat onder natuurlijke omstandigheden tot oplossing kan komen, bepaald in grondmonsters afkomstig uit Flevoland.

Grondsoort	Lutumgehalte %	U-cijfer	M 50 cijfer	mg Fe/100 g stoofdroge grond		Gevaar voor ijzerafzetting in drains (ervaringen RIJP)
				Totaal Fe	Fe oplosbaar in buffer pH 3,3	
1. Klei en zware zwavel (gerijpt)	> 17			2.150 - 3.500	0,2 - 1,0	Praktisch geen
2. Lichte zavel (gerijpt)	8 - 12			1.470 - 2.180	1,0 - 3,0	Eerste 5 tot 7 jaar na drainage vrij groot, daarna geleidelijk afnemend
3. Lutumhoudend fijn zand	3 - 5	170	75	900 - 1.150	2,0 - 5,0	Eerste 8 tot 10 jaar na drainage vrij groot, daarna geleidelijk afnemend
4. Grof zand (opgespoten)	0,5	45	250	140 - 400	1,2 - 8,5	Eerste 2 tot 3 jaar na drainage matig, daarna snel afnemend
5. Klei onder zand opspuiting (gereduceerd)	< 25			2.700 - 3.150	2,7 - 9,0	Zeer groot, gedurende vele jaren
6. Pleistoceen dekzand (c-laag)	0,5	90	125	140 - 160	1,2 - 1,9	Eerste 3 tot 4 jaar na drainage matig, daarna snel afnemend
7. Zeggeveen				1.200 - 2.300	3,2 - 14,2	Eerste 5 tot 10 jaar vrij groot, daarna geleidelijk afnemend
8. Oude zeeklei (gedeeltelijk gerijpt)	30			2.730	2,9	Bij rijping van de grond zeer groot, gedurende vele jaren

[Scholten, 1988].



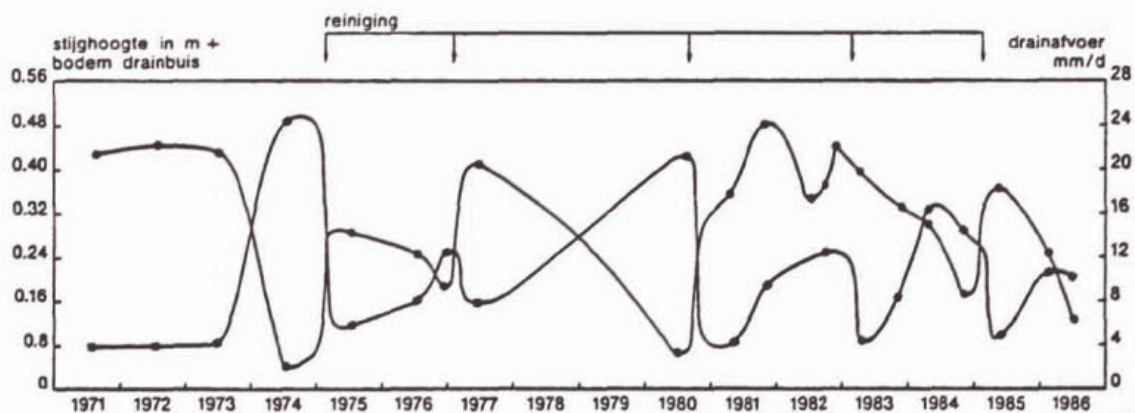


### **Bijlage 3**

**Effect van ijzerafzetting en periodiek reiniging op stijghoogte**







Het effect van ijzerafzetting in drains en van periodieke reiniging, op de stijghoogte in de drains en de drainafvoer, op een kavel met ijzerhoudend kwelwater in oostelijk Flevoland [Scholten, 1988].





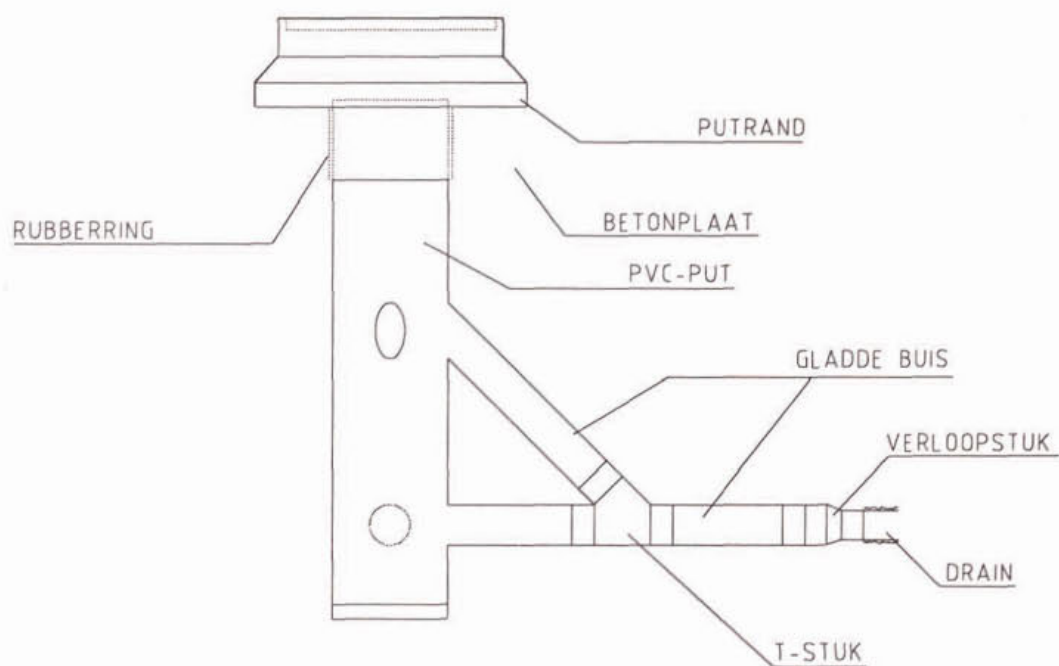
## **Bijlage 4**

### **Voorbeeld doorspuitput en eindkap**

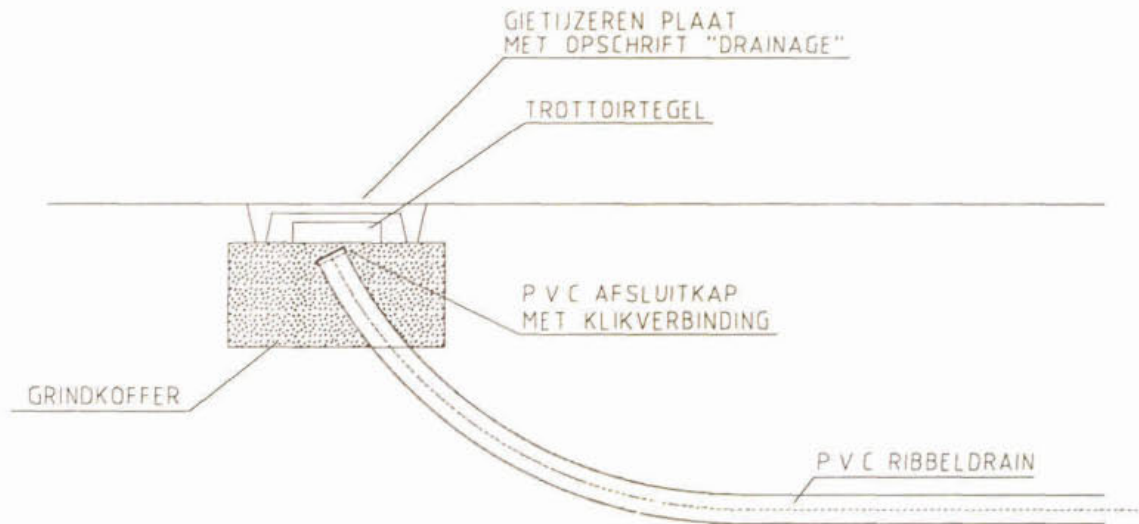




## DETAIL DRAINAGE DOORSPUITPUT



## DETAIL EINDKAP DRAINAGE

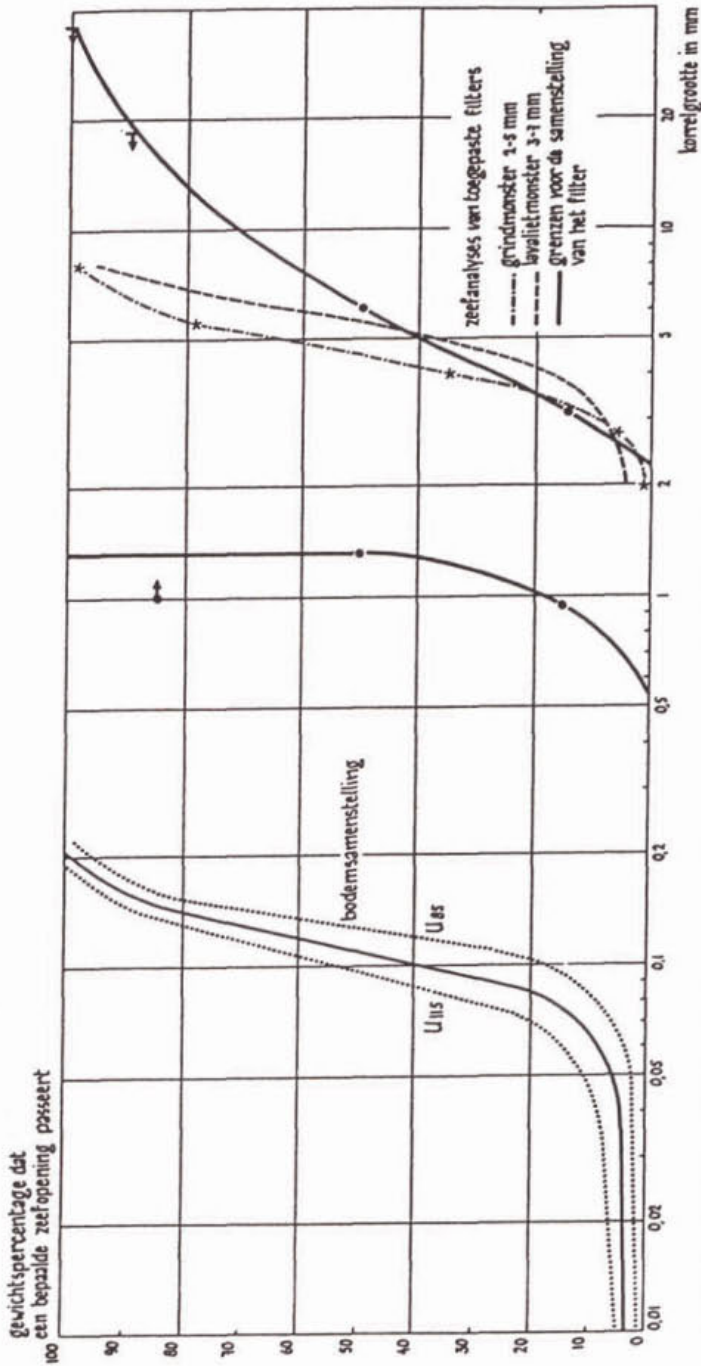




## **Bijlage 5**

### **Voorbeeld filtersamenstelling in relatie tot bodemsamenstelling**





FIGUUR 2: KORRELGROOTTE VAN EEN GRANULAIR FILTER VOOR DE GRONDEN IN DE MARNENWAARD

bodemsamenstelling		gewichtspercentages								
		< 0,002	< 0,016	< 0,05	< 0,075	< 0,105	< 0,150	< 0,210	< 0,300	> 0,300
U <sub>85</sub>	1,1	1,5	2,2	5,1	20,6	80,1	99,7	99,9	100	0
U <sub>15</sub>	3,5	5,1	9,2	20,3	56,0	95,1	99,9	100	100	0

kriteria u.s. soil cons. service  
(F-filter, S-bodem, D<sub>50</sub>-zeefdiameter waarbij 50% van de grond passeert)

- D<sub>50</sub> < 0,50 F < 50 D 98 S
- D<sub>10</sub> < 0,15 F < 40 D 15 S
- D<sub>85</sub> > 0,5 x diam. perforaties
- D<sub>100</sub> F < 37,5 mm
- D<sub>90</sub> F < 19 mm
- D<sub>10</sub> F > 0,15 mm



## Gradation of Filter Material

The term "filter material" applies to the granular material which is used as backfill in the trenches where subdrains are placed. To permit free water to reach the drain, the filter material must be many times more pervious than the protected soil. Yet if it is too pervious the particles of soil to be drained will move into the filter material and clog it.

On the basis of some general studies conducted by K. Terzaghi, the Corps of Engineers has developed an empirical design for filter material which has been substantiated by tests. The criteria for selecting the gradation of the filter material are as follows:

1. To prevent clogging of a perforated pipe with filter material, the following requirement must be satisfied:

$$\frac{\text{85 per cent size of filter material } \dagger}{\text{diameter of perforation}} > 1$$

† This means that 85 per cent (by weight) is finer than the specified size.

2. To prevent the movement of particles from the protected soil into the filter material, the following conditions must be satisfied:

$$\frac{\text{15 per cent size of filter material}}{\text{85 per cent size of protected soil}} \leq 5$$

and

$$\frac{\text{50 per cent size of filter material}}{\text{50 per cent size of protected soil}} \leq 25$$

3. To permit free water to reach the pipe, the following condition must be fulfilled:

$$\frac{\text{15 per cent size of filter material}}{\text{15 per cent size of protected soil}} \geq 5$$

---

A typical example of design is shown in Fig. 13-16. A concrete sand has proved to be a satisfactory filter material for the majority of fine soils which are drainable. A single gradation of filter material is preferred for simplicity of construction.

Filter materials tend to segregate as they are placed in trenches. In order to minimize this tendency, the material should not have a coefficient of uniformity greater than 20. For the same reason, filter materials should not be skip-graded. Filter material should always be placed in a moist state. The presence of moisture tends to reduce segregation [ILRI, 1972].

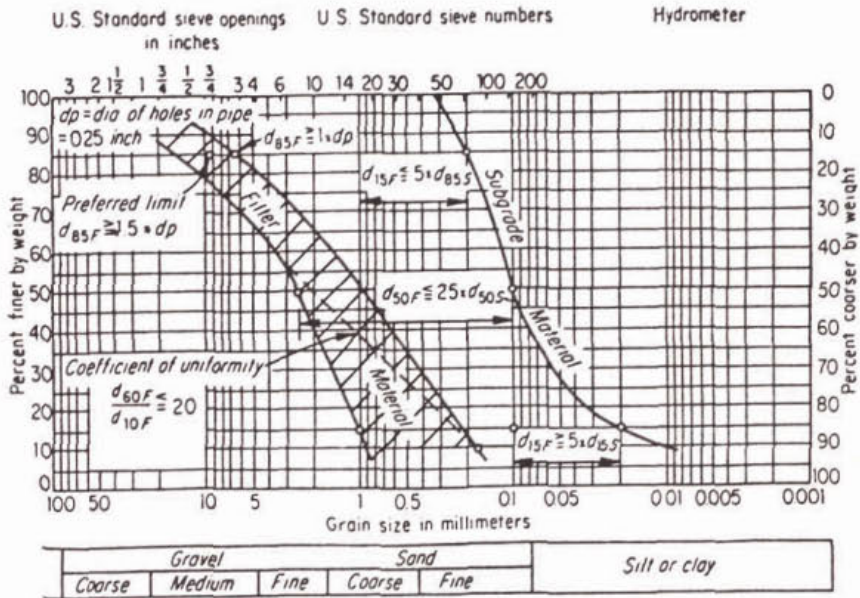


FIG. Design Example for Filter Materials (COURTESY: Corps of Engineers.)





## **Bijlage 6**

### **Berekening pompdruk**



## Berekening pompdruk

### Hoeveelheid water

De spuitkop moet 40 tot 70 liter water per minuut kunnen leveren, afhankelijk van de mate van vervuiling en de hoeveelheid water die de drain afvoert.

Meer dan 70 liter water per minuut is in een 6,0 cm drainbuis niet gewenst; de doorstroom opening van de drainbuis is namelijk sterk verkleind door de reinigings slang in de buis.

### Pompdruk

Bij regelmatig onderhoud is een druk aan de spuitkop van 10-15 bar voldoende om de drain goed te reinigen. Hogere drukken kunnen schade veroorzaken. Door het drukverlies dat optreedt in de slang moet de druk aan de pomp veel hoger zijn. Het drukverlies is afhankelijk van de lengte van de slang, de inwendige slangdiameter en de hoeveelheid water die per minuut door de slang wordt gepompt. De tabel geeft het drukverlies per 100 meter slanglengte.

Tabel Drukverlies in bar (atm.) per 100 m slanglengte.

Hoeveelheid water (l/min)	Inwendige slangdiameter		
	15 mm	19 mm	20,4 mm
40	10,5	3,4	2,5
50	15,6	5	3,6
60	21,5	7	5
70	28	9,1	6,5

Een voorbeeld van een berekening van de pompdruk.

### Gegevens

- slanglengte 300 m
- inwendige diameter van de slang 19 mm
- hoeveelheid water 70 mm
- gewenste druk aan de spuitkop 12 bar

### Berekening

Volgens tabel 5 is het drukverlies in de slang  $3 \times 9,1 \text{ bar} = 27,3 \text{ bar}$ .

Bij een druk aan de spuitkop van 12 bar moet de druk aan de pomp dus  $12 + 27,3 = 39,3 \text{ bar}$  (afgerond 40 bar) zijn [MLV, 1988].





## **Bijlage 7**

### **Programma workshop en deelnemerslijst**





## Workshop Onderhoud drainage in waterkeringen

### Programma

Tauw voert in opdracht van Stowa een onderzoek uit naar het onderhoud van drainages in waterkeringen. Het onderzoek is erop gericht de kennis en ervaring met het problematische onderhoud van drainages in de binnentoeën van waterkeringen te bundelen. Deze informatie wordt, eventueel met aanbevelingen, in een kennisdocument verwerkt.

Inmiddels is het literatuuronderzoek afgerond, zijn er een aantal interviews afgenomen van dijkbeheerders, is er een enquête gehouden en is er een concept rapport geschreven over het onderhoud van drainages. Dit alles zouden wij graag aan u presenteren tijdens een workshop. Tevens willen wij met u brainstormen over mogelijke verbeteringen aan het onderhoud van drainages en aandachtspunten voor het ontwerp en de aanleg.

De inbreng van uw kennis en ervaring is hierbij onontbeerlijk. Daarom nodigen wij u uit voor deze workshop, die wordt gehouden op **woensdag 10 november** op het kantoor van Tauw te Deventer.

### Het doel van de workshop

Doel: verzamelen (completeren) van informatie over de oorzaken van het niet-functioneren van drainage in dijken en van toegepaste methoden van onderhoud. Tevens het verzamelen van suggesties voor verbeterde methoden van onderhoud of aandachtspunten bij aanleg.

#### Het programma:

13.00 - 13.30	Ontvangst met koffie
13.30 - 13.35	Opening door de voorzitter
13.35 - 14.05	Aanpak van het onderzoek, presentatie enquêteresultaten en doel workshop (ir. J.K. Muntinga, senior projectleider waterbouw)
14.05 - 14.30	Oorzaken van het niet functioneren van drainages en gehanteerde onderhoudsmethoden (ir. F.D. Anema, adviseur hydrologie)
14.30 - 14.45	Aanleg en onderhoud van drainage in de praktijk (ing. H. van Dasselaar, bedrijfsleider Lareco)
14.45 - 15.00	Reacties
15.00 - 15.15	Pauze
15.15 - 15.45	Brainstormsessie over nieuwe onderhoudsmethoden en aandachtspunten bij aanleg (ir. J.K. Muntinga)
15.45 - 16.00	Taludfilters: ervaringen van Groot Maas en Waal (ing. M.L.M. Rademaker, senior projectleider dijkverbetering Groot Maas en Waal)
16.00 - 16.15	Reacties
16.15 - 16.30	Conclusies en suggesties voor eventueel vervolgonderzoek
16.30 - 17.00	Afsluiting met een drankje

---



de heer ing. B. Cornelissen	Hoogheemraadschap Alm en Biesbosch
de heer P. Kik	Waterschap De Brielse Dijkkring
de heer ing. W. van Dijk	Heemraadschap Fleverwaard
de heer J. Boezeman	Heemraadschap Fleverwaard
de heer J. Kaihatu	Heemraadschap Fleverwaard
de heer ing. M.L.M. Rademaker	Polderdistrict Groot Maas en Waal
de heer ing. L. Vos	Waterschap Groot Salland
de heer M. Selles	Waterschap Groot Salland
de heer J.K. Schoonen	Waterschap IJsselmonde
de heer J.W. van Kerkfort	Waterschap IJsselmonde
de heer J.W. Hoekstra	Waterschap Rijn en IJssel afdeling Zuid
de heer J.C.A. van der Meulen	Polderdistrict Tieler- en Culemborgerwaarden
de heer J.J. van de Boomgaard	Waterschap Veluwe
de heer A.P. Beaufort	Waterschap Zeeuwse Eilanden
de heer J. van de Vegte	Aannemingsbedrijf Doornwaard
de heer J. Doornwaard	Aannemingsbedrijf Doornwaard
de heer P. van Dijk	H. van Tongeren bronbemaling BV
de heer ir. H. van Hemert	DHV Milieu en Infrastructuur
de heer ing. H. van Dasselaar	Lareco Nederland bv
de heer M. Smid	Lareco Nederland bv
de heer ir. L.M.M. Bakker	Tauw bv
de heer ir. F.D. Anema	Tauw bv
de heer ir. J.K. Muntinga	Tauw bv

---





## **Bijlage 8**

**Enquête onderhoud drainageconstructies met uitwerking**





## Enquête onderhoud drainageconstructies in waterkeringen

Bij het beantwoorden van de vragen dient u met het volgende rekening te houden:

- bij drainage wordt bedoeld de teen- of bermdrainage in het binnentalud van waterkeringen. Drainage aangelegd met het oog op de ontwatering van wegen (cunetdrainage) en uitvoeringsdrainage voor de aanleg van de dijk worden niet bedoeld;
- indien meerdere situaties of keuzemogelijkheden van toepassing zijn wordt u verzocht alle situaties of mogelijkheden aan te geven voor zover van toepassing, tenzij dit een ondergeschikt onderdeel betreft;
- indien gevraagd wordt een frequentie op te geven (vraag 4c en 5c) wordt u verzocht dit te doen voor het onderdeel dat het meest wordt toegepast.

### 1. Algemeen

- a. Naam waterkeringsbeheerder:.....
- b. Naam geënquêteerde:.....
- c. Functie geënquêteerde:.....

### 2. Lengte waterkeringen

- a. Hoeveel kilometer hoofdwaterkeringen beheert uw organisatie?
  - vul in:.....km primaire waterkeringen categorie 1
  - vul in:.....km primaire waterkeringen categorie 2
  - vul in:.....km boezemkaden
- b. Ligt er drainage in of langs de waterkering?
  - nee *vervolg met vraag 2d*
  - onbekend *einde enquête*
  - ja
- c. Langs hoeveel kilometer is drainage aanwezig (evt. schatting)?
  - vul in:.....km primaire waterkeringen categorie 1
  - vul in:.....km primaire waterkeringen categorie 2
  - vul in:.....km boezemkaden *vervolg met vraag 3*
- d. Wat is de reden dat uw organisatie geen drainage toepast?
  - geen aanleiding of noodzaak
  - voorkeur voor andere constructie/oplossing
  - onbetrouwbaarheid in verband met kans op verstoppingen
  - anders, namelijk:.....
  - ..... *einde enquête*

### 3. Constructie drainage

- a. Wat is de reden dat de drainage in het binnentalud wordt toegepast?
  - verhogen microstabiliteit teen van de dijk
  - verhogen macrostabiliteit dijklichaam
  - voorkomen van piping
  - droog binnentalud in verband met beweiding en/of maaien
  - anders, namelijk:.....
  - .....
- b. Kunt u aangeven op welke wijze de drainage is aangelegd? (*zie toelichting in bijlage*)
  - samengestelde drainage
  - enkelvoudige drainage, type "N.O.P"
  - enkelvoudige drainage, type "Abrahamse"

- enkelvoudige drainage in de binnenteen of -talud
- onbekend
- anders, namelijk:.....  
.....
- c. Welke type drainage is toegepast?
  - sleufloze drainage
  - sleufdrainage met buis
  - sleufdrainage zonder buis
  - onbekend
  - anders, namelijk.....
- d. Wat is de ligging van de drainage ten opzichte van de grondwaterstand?
  - alleen bij MHW onder grondwaterstand
  - vrijwel permanent onder grondwaterstand
  - onbekend
- e. Wordt bij de aanleg rekening gehouden met inspectie- en onderhoudsvoorzieningen?
  - nee
  - onbekend
  - ja, namelijk.....  
..... (voorzieningen noemen)
- f. Wordt de drainage bij oplevering op constructiefouten gecontroleerd?
  - nee
  - onbekend
  - ja, namelijk door.....  
..... (methode noemen)

#### 4. Inspectie drainage

- a. Wordt de drainage onderzocht op functioneren of verstoppingsproblemen?
    - nee *vervolg met vraag 5*
    - onbekend *vervolg met vraag 5*
    - ja
  - b. Op welke wijze wordt dit gecontroleerd?
    - visuele controle eindbuis op verstoppingen (zand, wortels, ijzer-, kalkneerslag) of beschadiging door maaien of inkalving talud
    - visuele controle (bij hoog water) van afvoer drainagebuis of waterstand in eventuele putten
    - grondwaterstandsmetingen
    - drainoscoopwaarnemingen
    - opgraven drainage
    - anders, namelijk.....  
.....
  - c. Hoe vaak wordt dit gecontroleerd?
    - vul in: .....per jaar of
    - vul in: éénmaal per .....jaar
  - d. Welke (verstoppings)problemen worden zoal geconstateerd?
    - verminderde of onvoldoende afvoer
    - natte plekken aan maaiveld
    - eindbuizen beschadigd
    - chemische neerslag van ijzer, zwavel of kalk
    - wortelingroei
-

- vertering filtermateriaal (omhulling)
- geen problemen
- anders, namelijk.....
- .....

**5. Onderhoud drainage**

a. Wordt de drainage periodiek onderhouden?

- nee
- onbekend
- ja

*vervolg met vraag 6*

*vervolg met vraag 6*

b. Welke onderhoudsmethode wordt toegepast?

- doorsteken
- doorspuiten met lage druk
- doorspuiten met hoge druk
- onderbemalen
- herdrainage
- anders, namelijk.....
- .....

c. Met welke frequentie vindt dit onderhoud plaats?

- vul in: .....per jaar of
- vul in: éénmaal per .....jaar

d. Welke ervaring heeft uw organisatie met de uitvoerbaarheid van het onderhoud?

- drainage niet of moeilijk bereikbaar/toegankelijk
- spuitkop of doorsteekkop loopt vast
- geen problemen
- onbekend
- anders, namelijk.....
- .....

e. Welke ervaring heeft uw organisatie met de resultaten van het onderhoud?

- duidelijk verbeterde afvoer en functioneren drainage
- beperkt verbeterde afvoer en functioneren drainage
- geen verbetering
- onbekend

6. Heeft u suggesties voor punten die aandacht vragen bij het ontwerp van drainage met het oog op het uitvoeren van het onderhoud?

- nee
- ja, namelijk.....
- .....

7. Heeft u suggesties voor punten die aandacht vragen bij het aanleggen van drainage met het oog op het uitvoeren van het onderhoud?

- nee
  - ja, namelijk.....
  - .....
-



8. Heeft u suggesties voor verbeterde methode voor het onderhouden van drainage?

nee

ja, namelijk.....

.....

9. Heeft u andere suggesties die in het belang kunnen zijn van dit onderzoek?

nee

ja, namelijk.....

.....

---

## Onderhoud drainageconstructies in waterkeringen

### Resultaten van de enquête

#### Vraag 1 en 2 (zie bijgevoegd enquêteformulier)

De enquête over het onderhoud van drainageconstructies in dijken is verzonden aan 32 dijkbeheerders, die lid zijn van Stowa. Uiteindelijk hebben 27 beheerders gereageerd die de volgende lengten waterkering beheren (2a):

- primaire kering categorie 1      2.215 km
- primaire kering categorie 2      568 km
- boezemkaden:                      2.671 km

Drainage is aanwezig over de volgende lengte (2c):

- primaire kering categorie 1      490 km      (22%)
- primaire kering categorie 2      90 km      (16%)
- boezemkaden:                      104 km      (4%)

7 beheerders geven aan, dat er geen drainage ligt in of langs de waterkering (2b en 2d):

- volgens 4 beheerders is hiervoor geen noodzaak (de waterschappen Eemszijvest, De Maaskant, Roer en Overmaas en Veluwe);
- 2 beheerders geven de voorkeur aan een andere oplossing (de waterschappen De Maaskant en Noorderzijvest);
- 1 beheerder twijfelt aan het functioneren op lange termijn (Hoogheemraadschap van West-Brabant);
- 1 beheerder heeft geen reden opgegeven (waterschap Hollands Kroon).

#### Vraag 3: Constructie drainage

Door de 20 beheerders met drainage in het binnentalud zijn de volgende redenen genoemd voor de drainage (meestal meer redenen):

- verhogen microstabiliteit teen                                      7 (35%)
- verhogen macrostabiliteit    9 (45%)
- voorkomen piping    2 (10%)
- droog binnentalud in verband met beweiding en/of maaien      9 (45%)
- anders    8 (40%)

De genoemde percentages zijn steeds berekend ten opzichte van de 20 beheerders met drainage.

De andere redenen die worden genoemd, hebben te maken met het beheersen van de afvoer van het uittredende water: het voorkomen dat dit water over de binnendijks gelegen weg stroomt of het voorkomen van wateroverlast op aangrenzende dijkpercelen.

---

De wijze waarop de drainage is aangelegd, is als volgt verdeeld (3b):

- samengestelde drainage	2 (10%)
- enkelvoudige drainage type N.O.P.	1 (5%)
- enkelvoudige drainage "Abrahamse"	3 (15%)
- enkelvoudige drainage in de binnenteen of -talud	15 (75%)
- onbekend	0 (0%)
- anders	4 (20%)

De overige 4 beheerders geven aan dat zij een andere drainage hebben aangelegd:

- Polderdistrict Betuwe: een sleuf gevuld met zand in de berm, 1 m uit de overgang;
- waterschap De Brielse Dijkkring: diepdrainage onder het binnentalud van de dijk;
- waterschap Groot Salland: diverse alternatieven;
- hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen: 1 streng direct naast de werkweg.

Welk type drainage (3c):

- sleufloze drainage:	3 (15%)
- sleufdrainage met buis	16 (80%)
- sleufdrainage zonder buis	2 (10%)
- onbekend	2 (10%)
- anders	3 (15%)

Het heemraadschap Fleverwaard heeft drainschermen aangelegd, het waterschap IJsselmonde een grindkoffer met om de 50 m een afvoer. Waterschap De Groote Waard heeft sleufdrainage met een buis in een grindkoffer toegepast.

Over de ligging van de drainage blijkt het volgende uit de enquête (3d):

- alleen bij MHW onder de grondwaterstand	12 (60%)
- permanent onder grondwatervniveau	3 (15%)
- onbekend	5 (25%)

Zoals te verwachten, blijkt bij de meeste beheerders de drainage alleen bij MHW onder de grondwaterstand te liggen.

Is er rekening gehouden bij de aanleg met inspectie- en onderhoudsvoorzieningen (3e):

- nee	2 (10%)
- onbekend	4 (20%)
- ja, namelijk (diverse reacties, zie hieronder)	14 (70%)

5 beheerders geven aan dat er doorspuitpunten zijn aangelegd.

3 beheerders hebben inspectieputten geplaatst en doorspuitpunten aangelegd.

5 beheerders hebben alleen inspectieputten geplaatst

1 beheerder heeft de eindbuizen gemarkeerd en de drainage ingemeten (De Brielse Dijkkring)

De drainage wordt bij oplevering op constructiefouten gecontroleerd (3f):

- nee	7 (35%)
- onbekend	5 (25%)
- ja	8 (40%)

De controle bestaat uit: het direct doorspuiten of doorsteken van drainage (eventueel steekproefsgewijs), het aanbrengen van inspectieputten of een inspectie.

---



#### Vraag 4: Inspectie drainage

Wordt de drainage onderzocht op functioneren of verstoppingsproblemen (4a):

- nee	4 (20%)
- onbekend	0 (0%)
- ja	15 (75%)

Op welke wijze wordt verstopping gecontroleerd (aangegeven percentages voor de resterende onderdelen van vraag 4 van de 15 beheerders die daadwerkelijk controleren) (4b):

- visuele controle eindbuis op verstoppingen	7 (47 %)
- visuele controle (bij hoog water) van afvoer drainagebuis of waterstand in eventuele putten	8 (53%)
- grondwaterstandsmetingen	0 (0%)
- drainoscoopwaarnemingen	0 (0%)
- opgraven drainage	1 (7%)
- anders	2 (13%)

Controle vindt door één beheerder plaats door het doorspuiten om de paar jaar.

Het aantal keren inspectie is (4c):

- 1 keer per jaar:	5
- 2 keer per jaar	3
- 1 keer per 2 - 3 jaar	8

Waterschap Fryslân en Groote Waard doen inspectie tijdens gewoon onderhoud.

Welke verstoppingsproblemen worden geconstateerd (4d):

- verminderde of onvoldoende afvoer:	4 (27%)
- natte plekken aan maaiveld	10 (67%)
- eindbuizen beschadigd	6 (40%)
- chemische neerslag (bijv. ijzer)	5 (33%)
- wortelingroei	2 (13%)
- vertering filtermateriaal	2 (13%)
- geen problemen	2 (13%)
- anders (zie hieronder)	3 (20%)

Bij 1 beheerder 'ontstaat verstopping', doordat drains worden doorsneden bij kabelaanleg.

Bij 1 beheerder ontstaat verstopping door verzanding van de drainbuizen.

Bij 1 beheerder is nog geen ervaring omdat de kaden pas in 1995/1996 zijn aangelegd.

#### Vraag 5: Onderhoud drainage

Periodiek onderhoud van de drainage (percentage van de 20 beheerders met drainage):

- nee	6 (30%)
- onbekend	3 (15%)
- ja	11 (55%)

---

De gehanteerde onderhoudsmethode (aangegeven percentage voor de resterende onderdelen van vraag 5 van de 11 beheerders die onderhoud plegen (5b):

- |                             |         |
|-----------------------------|---------|
| - doorsteken                | 0 (0%)  |
| - doorspuiten met lage druk | 7 (64%) |
| - doorspuiten met hoge druk | 6 (55%) |
| - onderbemalen              | 0 (0%)  |
| - herdrainage               | 2 (18%) |
| - anders                    | 0 (0%)  |

Opvallend is, dat doorsteken en onderbemalen als onderhoudsmethode niet wordt gebruikt.

De frequentie van het onderhoud (5c):

- |                          |         |
|--------------------------|---------|
| - 1 keer per jaar:       | 2 (18%) |
| - 1 keer per 2 - 5 jaar: | 9 (82%) |

Ervaring met de uitvoerbaarheid van het onderhoud (5d):

- |  |         |
|--|---------|
| - drainage niet of moeilijk bereikbaar/toegankelijk: | 5 (45%) |
| - spuitkop loopt vast:                               | 4 (36%) |
| - geen problemen                                     | 2 (18%) |
| - onbekend   | 2 (18%) |
| - anders (zie hieronder)                             | 2 (18%) |

Bij 1 beheerder wordt de drainage vernield bij het slootonderhoud.

Bij 1 beheerder bemoeilijken de T-stukken op de kruisingen het onderhoud.

Resultaten van het onderhoud (5e):

- |                               |         |
|-------------------------------|---------|
| - duidelijk verbeterde afvoer | 6 (55%) |
| - beperkt verbeterde afvoer   | 2 (18%) |
| - geen verbetering            | 0 (0%)  |
| - onbekend                    | 3 (27%) |

#### Vraag 6: Suggesties aandachtspunten bij ontwerp

De volgende suggesties zijn gedaan voor verbetering van het ontwerp van drainage met het oog op het uitvoeren van het onderhoud:

- korte strengen leggen, geen scherpe bochten, goede markering;
  - kiezen voor enkelvoudige drainage (zo eenvoudig mogelijk);
  - letten op goede bereikbaarheid, aanleggen inspectie- en onderhoudsputten;
  - opstellen beheerplan;
  - aandacht schenken aan ligging kabels en nutsleidingen;
  - systeem aanpassen aan toekomstig onderhoud.
-

**Vraag 7: Suggesties aandachtspunten bij aanleg van drainage**

De volgende suggesties zijn gedaan voor verbetering bij het aanleggen van drainage:

- merkpunten aangeven, die de ligging van doorspuitplaatsen aangeven;
- voldoende doorspuitpunten aanbrengen, eindbuizen markeren of met een speciale constructie binnen het talud houden om beschadiging bij slootonderhoud te voorkomen;
- uitvoeren van een goede revisie en eindcontrole;
- inspectieputten aanleggen;
- aandacht voor bereikbaarheid en inspectie;
- meer inspectieputten, geen T-stukken gebruiken, verbeteren van eindbuizen.

**Vraag 8: Suggesties voor verbetering van onderhoudsmethoden**

De enige suggestie is: het doorspuiten zo eenvoudig mogelijk maken, en zorgen voor een goede zichtbaarheid van de eindbuizen.

**Vraag 9: Suggesties in het belang van het onderzoek**

Hiervoor zijn geen suggesties gedaan.

---





## **Bijlage 9**

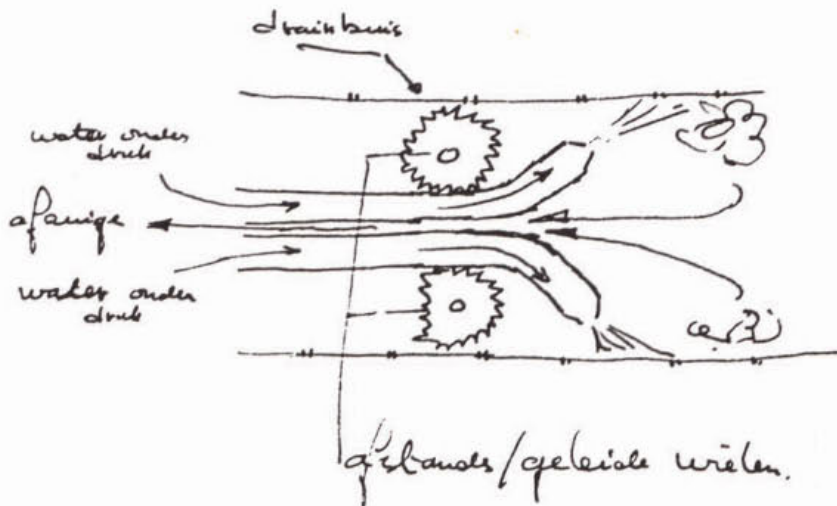
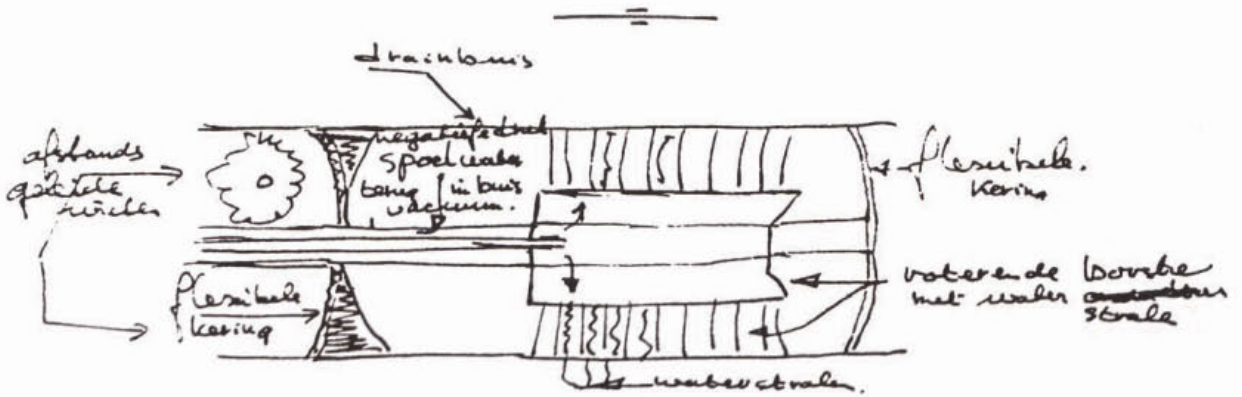
### **Schets borstelkop**



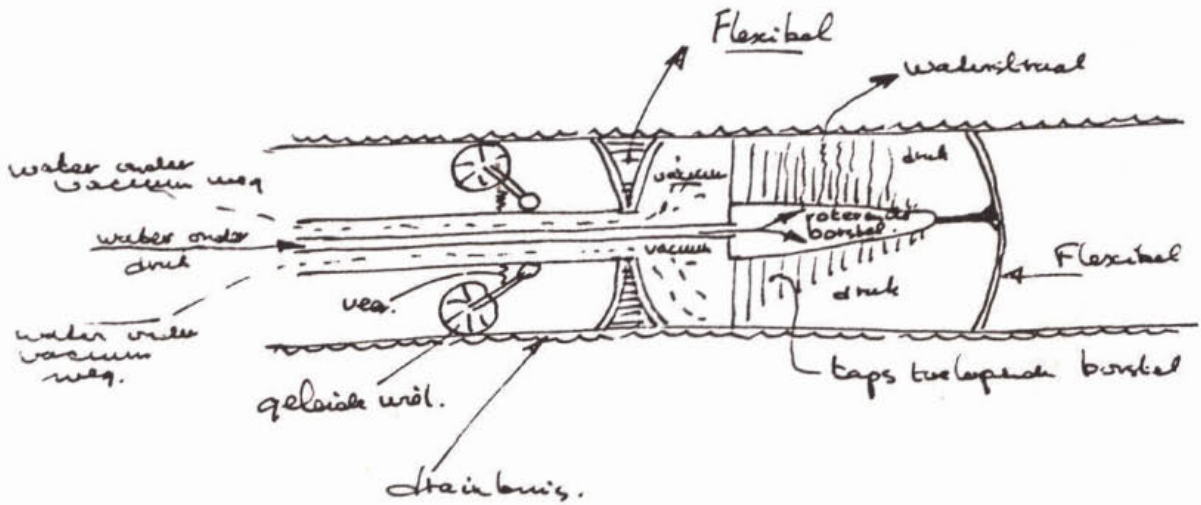
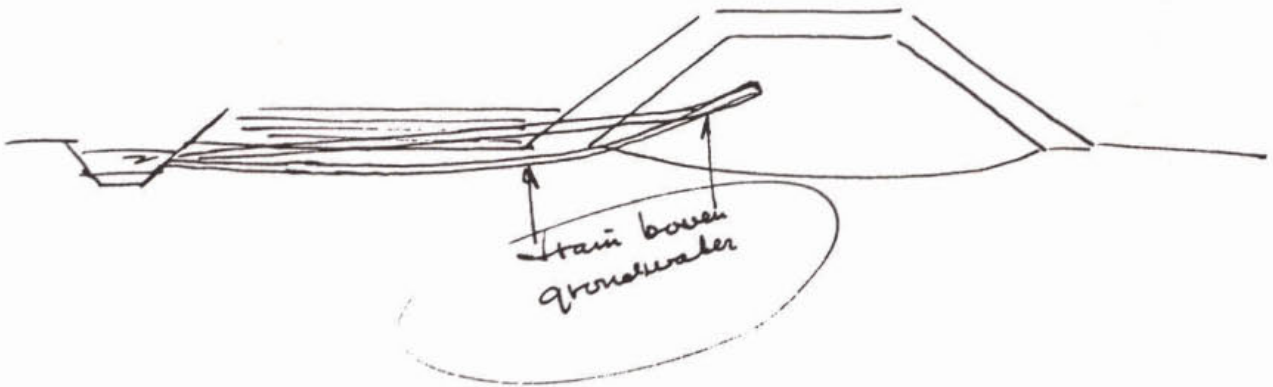


\* Onderhoud

- ontwikkel nieuwe materialen -
- ↳ kunststof.
  - ↳ gebouwd bouw.
  - ↳ ??
- |  |  |  |
|--|--|--|
| ↓  | ↓  | ↓  |
| tegenaan<br>oxidatie ijzer<br>in grondwater. | omhullend<br>geen slijtage<br>in de tijd | doornpunten<br>geen<br>instromen van<br>zand (nadel) |







Clean-unit



Eveneens bij waterschap Groot Maas en Waal worden taludfilters toegepast. Een taludfilter bestaat uit een grof zandlichaam in de binnenteen van de waterkering met een open bekleding waarop een stevige grasmat is aangebracht. Het overtollig water treedt uit het talud aan de onderzijde van het zandlichaam en wordt afgevoerd via een oppervlakkig goot naar een nabij gelegen sloot. Door deze constructie was het mogelijk een steiler binnentalud te hanteren, waardoor een binnendijkse woning kon worden gespaard bij de dijkverbetering.

Het probleem van de kwetsbaarheid van de eindbuizen wordt besproken. De volgende suggesties worden gedaan of zijn uit de praktijk bekend:

- het verzonken aanbrengen van eindbuis en taludgoot in het talud;
- in plaats van geconcentreerde uitstroom uit één punt (erosie sloottalud) de drainafvoer verspreid laten uitstromen;
- geperforeerde stalen eindbuis met talud mee omlaag leggen. Onderhoud van de drainbuis wordt hierdoor lastig.

Het meteen herstellen van vernielde eindbuizen na maaien of slootonderhoud lijkt de beste methode te zijn.

#### **Noodzaak drainage in waterkeringen**

Op de vraag of het wel wenselijk is een drainagesysteem in een waterkering aan te leggen geven een aantal aanwezigen aan dat in veel gevallen hier niet aan te ontkomen is. Het plaatsen van een damwand of het op een andere manier vergroten van de kwallengte is niet in alle gevallen een oplossing. Daarnaast spelen de hoge kosten van alternatieven voor drainage een rol.

Wellicht valt er op het terrein van het niet-stationair berekenen van waterverhanglijnen nog winst te behalen. Binnen de TAW bestaat een werkgroep die onder meer dit aspect wil gaan onderzoeken.

#### **Vervolgonderzoek**

Er blijkt behoefte te zijn aan onderbouwing van de informatie dat het doorspuiten van drainage ook nadelen heeft, zoals een versterkte inzanding en het terugspuiten van het verstoppingsmateriaal in de omhulling. Dit wordt ingegeven door het feit dat veel beheerders relatief weinig problemen ervaren met de doorspuitmethode. Indien dit aangetoond is, kan onderzoek naar een verbeterde spuitkop plaatsvinden.

Het meten en registreren van de resultaten van het onderhoud en het opzetten van een methodiek hiervoor wordt door velen onderschreven.

