

1996-10_rioolstelsels-oppervlaktewater-eenvoudige-
metingen

stowa

Metingen aan rioolstelsels en oppervlaktewater

Eenvoudige metingen en waarnemingen

96-10

Metingen aan rioolstelsels en oppervlaktewater



Eenvoudige metingen en waarnemingen

96-10

Publikaties en het publikatieoverzicht
van de Stowa kunt u uitsluitend
bestellen bij:
Hageman Verpakkers BV
Postbus 281
2700 AC Zoetermeer
tel. 079-3611188
fax 079-3613927
o.v.v. ISBN- of bestelnummer en
een duidelijk afleveradres.
ISBN 90.74476.49.X

INHOUD**BLAD**

1	SAMENVATTING	1
2	INLEIDING	3
3	ALGEMEEN KADER	5
	3.1 Het watersysteem	5
	3.2 Definitie van eenvoudige metingen en waarnemingen	6
	3.3 Meetdoelstellingen	6
	3.3.1 <i>Aanleiding</i>	6
	3.3.2 <i>Meetdoelstellingen</i>	7
	3.4 Toelichting op, en definities van relevante begrippen	9
	3.5 Betrokken organisaties	11
4	EENVOUDIGE METINGEN AAN RIOOLSTELSLS	13
	4.1 Algemeen	13
	4.2 Blokje op de overstortrand	14
	4.2.1 <i>algemeen</i>	14
	4.2.2 <i>parameters</i>	15
	4.2.3 <i>meetopzet</i>	15
	4.2.4 <i>meetnauwkeurigheden en meetfrequentie</i>	16
	4.2.5 <i>gegevens, opslag en bewerking</i>	17
	4.2.6 <i>meetduur</i>	17
	4.3 Overstortteller	18
	4.3.1 <i>algemeen</i>	18
	4.3.2 <i>parameters</i>	18
	4.3.3 <i>meetopzet</i>	18
	4.3.4 <i>meetnauwkeurigheden en meetfrequentie</i>	19
	4.3.5 <i>gegevens, opslag en bewerking</i>	19
	4.3.6 <i>meetduur</i>	19
	4.4 Waterstanden in de riolering	20
	4.4.1 <i>algemeen</i>	20
	4.4.2 <i>parameters</i>	20
	4.4.3 <i>meetopzet</i>	21
	4.4.4 <i>meetnauwkeurigheden en meetfrequentie</i>	23
	4.4.5 <i>gegevens, opslag en bewerking</i>	24
	4.4.6 <i>meetduur</i>	24
	4.5 Stroming	25
	4.5.1 <i>algemeen</i>	25
	4.5.2 <i>parameters</i>	25
	4.5.3 <i>meetopzet</i>	25
	4.5.4 <i>meetnauwkeurigheden en meetfrequentie</i>	26
	4.5.5 <i>gegevens, opslag en bewerking</i>	27
	4.5.6 <i>meetduur</i>	28
	4.6 Urenteller van het rioolgemaal (met en zonder ijking)	28
	4.6.1 <i>algemeen</i>	28
	4.6.2 <i>parameters</i>	28
	4.6.3 <i>meetopzet</i>	28
	4.6.4 <i>meetnauwkeurigheden en meetfrequentie</i>	29
	4.6.5 <i>gegevens, opslag en bewerking</i>	29
	4.6.6 <i>meetduur</i>	29

4.7	Eenvoudige meting van slib en stoffen	30
4.7.1	<i>algemeen</i>	30
4.7.2	<i>parameters</i>	30
4.7.3	<i>meetopzet</i>	31
4.7.4	<i>meetnauwkeurigheden en meetfrequentie</i>	32
4.7.5	<i>gegevens, opslag en bewerking</i>	33
4.7.6	<i>meetduur</i>	33
5	EENVOUDIGE METINGEN AAN OPPERVLAKTEWATER	35
5.1	Algemeen	35
5.2	Waterstanden	36
5.2.1	<i>algemeen</i>	36
5.2.2	<i>parameters</i>	37
5.2.3	<i>meetopzet</i>	37
5.2.4	<i>meetnauwkeurigheden en meetfrequentie</i>	37
5.2.5	<i>gegevens, opslag en bewerking</i>	38
5.2.6	<i>meetduur</i>	38
5.3	Stroming	38
5.3.1	<i>algemeen</i>	38
5.3.2	<i>parameters</i>	38
5.3.3	<i>meetopzet</i>	38
5.3.4	<i>meetnauwkeurigheden en meetfrequentie</i>	39
5.3.5	<i>gegevens, opslag en bewerking</i>	40
5.3.6	<i>meetduur</i>	40
5.4	Organoleptische waarnemingen	40
5.4.1	<i>algemeen</i>	40
5.4.2	<i>parameters</i>	41
5.4.3	<i>meetopzet</i>	41
5.4.4	<i>meetnauwkeurigheden en meetfrequentie</i>	42
5.4.5	<i>gegevens, opslag en bewerking</i>	42
5.4.6	<i>meetduur</i>	43
5.5	Zuurstof- en temperatuurmeting	43
5.5.1	<i>algemeen</i>	43
5.5.2	<i>parameters</i>	43
5.5.3	<i>meetopzet</i>	43
5.5.4	<i>meetnauwkeurigheden en meetfrequentie</i>	44
5.5.5	<i>gegevens, opslag en bewerking</i>	44
5.5.6	<i>meetduur</i>	45
5.6	Geleidbaarheidsmeting	45
5.6.1	<i>algemeen</i>	45
5.6.2	<i>parameters</i>	45
5.6.3	<i>meetopzet</i>	45
5.6.4	<i>meetnauwkeurigheden en meetfrequentie</i>	46
5.6.5	<i>gegevens, opslag en bewerking</i>	46
5.6.6	<i>meetduur</i>	46
6	NEERSLAG	47
6.1	Algemeen	47
6.2	Typen regenmeters en te meten parameters	47
6.2.1	<i>niet-zelfregistrerende peilmeting</i>	48
6.2.2	<i>wegen</i>	48
6.2.3	<i>vlottertype</i>	48

6.2.4	<i>tipping bucket (kantelbakje)</i>	49
6.2.5	<i>weerradar</i>	49
6.3	Meetnauwkeurigheid en -frequentie	49
6.4	Meetopzet	50
6.5	Gegevens, opslag en bewerken	51
7	ORGANISATIE	53
7.1	Opzet van de eenvoudige metingen	53
7.1.1	<i>voorbereiding</i>	53
7.1.2	<i>uitvoering</i>	53
7.1.3	<i>gegevens, opslag en bewerking</i>	54
7.2	Structurele waarnemingen	54
7.3	Waarnemingen door derden	55
8	KOSTEN	57
8.1	Algemeen	57
8.2	Opzet van het meetprogramma	57
8.3	Veldwerk	57
8.4	Meetinstallatie en inrichting meetlocatie	57
8.5	Data-analyse	58
9	REFERENTIES	59

Bijlage I: Gebruikte afkortingen

Ten geleide

Riolerings- en oppervlaktewaterbeheer hebben over het algemeen een redelijk inzicht in het hydraulisch functioneren van rioolstelsels en het ontvangend oppervlaktewater. Voor de relatie tussen waterkwaliteit en riolering bestaat behoefte aan een voortschrijdende beleidstoetsing, die inzicht in het werkelijke systeemgedrag onontbeerlijk maakt.

Door gemeenten en waterkwaliteitsbeheerders worden incidenteel aan riolering en ontvangend oppervlaktewater metingen of waarnemingen verricht die om verschillende redenen - gebrek aan eenduidigheid en aan systematiek in de procedures - slecht overdraagbaar zijn naar andere situaties.

De thans voorliggende handleiding gaat in op de opzet van eenvoudige metingen en waarnemingen aan rioolstelsels en het oppervlaktewater, waarop die stelsels lozen, en op de verwerking en het gebruik van de resultaten, die bij deze min of meer incidentele en eenvoudige waarnemingen worden verkregen.

In bepaalde gevallen kan het noodzakelijk zijn meer gestructureerd meetgegevens of meetreeksen te verkrijgen van het praktisch functioneren van rioolstelsels en de processen die zich daarin afspelen. Het STOWA-rapport 96-09 "Metingen aan rioolstelsels en oppervlaktewater. Leidraad voor metingen en meetprogramma's" verstrekt daarvoor de aanwijzingen.

De werkzaamheden werden door het bestuur van de STOWA opgedragen aan DHV Milieu en Infrastructuur te Amersfoort (projectteam bestaande uit ir. J.G. Voorhoeve, ir. F.H.L.R. Clemens, ir. H.J. van Mameren en ir. D. de Smit). Het project werd namens de STOWA begeleid door een commissie bestaande uit ing. J.J. Kwakkel (voorzitter), ir. A.S. Beenen, ir. A. Brouwer, ing. G. de Laat en ir. P.C. Stamperius.

Utrecht, april 1996

De directeur van de STOWA

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff

1 SAMENVATTING

Om riolering en oppervlaktewater adequaat te beheren is het noodzakelijk te beschikken over inzicht in het functioneren van deze systemen.

Het vergaren van informatie om dit inzicht te verkrijgen, kan op verschillende manieren geschieden, variërend van het verzamelen van incidentele waarnemingen tot het planmatig opzetten en uitvoeren van gedetailleerde meetprogramma's.

Dit laatste komt aan de orde in het STOWA rapport "Metingen aan rioolstelsel en oppervlaktewater. Leidraad voor metingen en meetprogramma's" [25].

Onderhavige handleiding richt zich voornamelijk op min of meer incidentele en eenvoudige methoden om informatie over het functioneren van riolering en oppervlaktewater te verkrijgen.

In het operationeel beheer moet worden geanticipeerd op direct merkbare praktische problemen. Dit geschiedt vaak aan de hand van klachten van burgers. Het gestructureerd omgaan met klachten en de analyse van dergelijke informatie kunnen aanleiding zijn om meer gericht waarnemingen te doen.

Omdat het in de dagelijkse praktijk niet altijd haalbaar en wenselijk is om grootscheepse meetprojecten op te zetten, wordt hiervoor gebruik gemaakt van eenvoudige methoden die binnen het bereik van de technische dienst van vrijwel elke gemeente of waterbeheerder liggen.

Deze handleiding geeft, gebaseerd op beschikbare literatuur, ervaring en inbreng van deskundigen, een overzicht van de mogelijke methoden en aandachtspunten daarbij. Hiertoe wordt steeds geredeneerd vanuit de aanleiding, de vraagstelling, voor het doen van waarnemingen of metingen, echter met de restrictie dat waarnemingen of metingen op eenvoudige wijze kunnen worden verricht.

Inzameling en transport van afvalwater geschiedt meestal door middel van een rioolstelsel. Gedurende perioden zonder neerslag wordt het ingezamelde huishoudelijk en industrieel afvalwater naar rioolwaterzuiveringsinrichtingen (rwzi) gevoerd. Hier wordt het afvalwater gezuiverd waarna lozing op het oppervlaktewater plaatsvindt.

Om neerslag te kunnen verwerken heeft het rioolstelsel een zekere bergende inhoud en een bepaalde hydraulische afvoercapaciteit naar de rwzi. Het kan echter voorkomen dat bij aanbod van grote hoeveelheden neerslag deze inhoud gevuld raakt en de hydraulische capaciteit van de rwzi te kort schiet om het in werking treden van riooloverstorten te voorkomen. In de meest extreme gevallen kan 'water op straat' optreden.

In gevallen waar sprake is van gemengde rioolstelsels, waar inzameling en transport van neerslag en huishoudelijk en industrieel afvalwater in één leidingenstelsel plaatsvindt, wordt via de overstorten een mengsel van afvalwater en neerslag geloosd. Bij gescheiden systemen, waar de inzameling en transport van neerslag en afvalwater in twee gescheiden leidingsystemen plaatsvindt, wordt via de regenwateruitlaten neerslag geloosd.

- Alle genoemde lozingen vinden plaats op het oppervlaktewater. Rioolstelsel en rwzi hebben derhalve invloed op zowel kwantitatieve als kwalitatieve aspecten van het oppervlaktewater. Om de effecten van maatregelen binnen deze samenhangende delen van het watersysteem te kwantificeren is inzicht in het werkelijk functioneren van de systemen van belang. Om een dergelijk inzicht te verkrijgen is het noodzakelijk om zowel systematisch doelgerichte waarnemingen te doen aan deze systemen als om de gedane min of meer incidentele waarnemingen systematisch te verwerken.

Deze handleiding beoogt een leidraad te zijn bij het opzetten van eenvoudige metingen aan rioolstelsels en aan oppervlaktewater waarop riooloverstorten lozen én bij het structureren van het doen van waarnemingen en het gebruik daarvan.

De hoofdlijn van de handleiding is het redeneren vanuit een aanleiding naar een meetopzet. In dit kader wordt het opzetten van een structuur voor het doen van waarnemingen zonder instrumenten ook gezien als een meetopzet. Het verwerken van (incidentele) waarnemingen van derden vraagt een andere opzet, waarop ook zal worden ingegaan.

Er wordt niet ingegaan op instrumentatie in de zin van beschrijving van leveringsprogramma's van diverse fabrikanten. Wel worden de verschillende werkingsprincipes beschreven. In [20] en [21] is meer detailinformatie opgenomen.

In hoofdstuk 3 wordt, mede door middel van definities, de reikwijdte van dit rapport aangegeven, zowel naar locaties van meten en waarnemen als naar de gewenste eenvoud van de opzet. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de metingen aan rioolstelsels. Hetzelfde wordt gedaan voor oppervlaktewater in hoofdstuk 5. Neerslagmeting wordt behandeld in hoofdstuk 6. Gezien het belang van een goede organisatie bij het opzetten en uitvoeren van metingen is hieraan in hoofdstuk 7 aandacht besteed. In ditzelfde hoofdstuk wordt ingegaan op het structureren van waarnemingen. In hoofdstuk 8, tenslotte, wordt ingegaan op de kosten en inzet van personeel bij het verrichten van eenvoudige metingen.

3 ALGEMEEN KADER

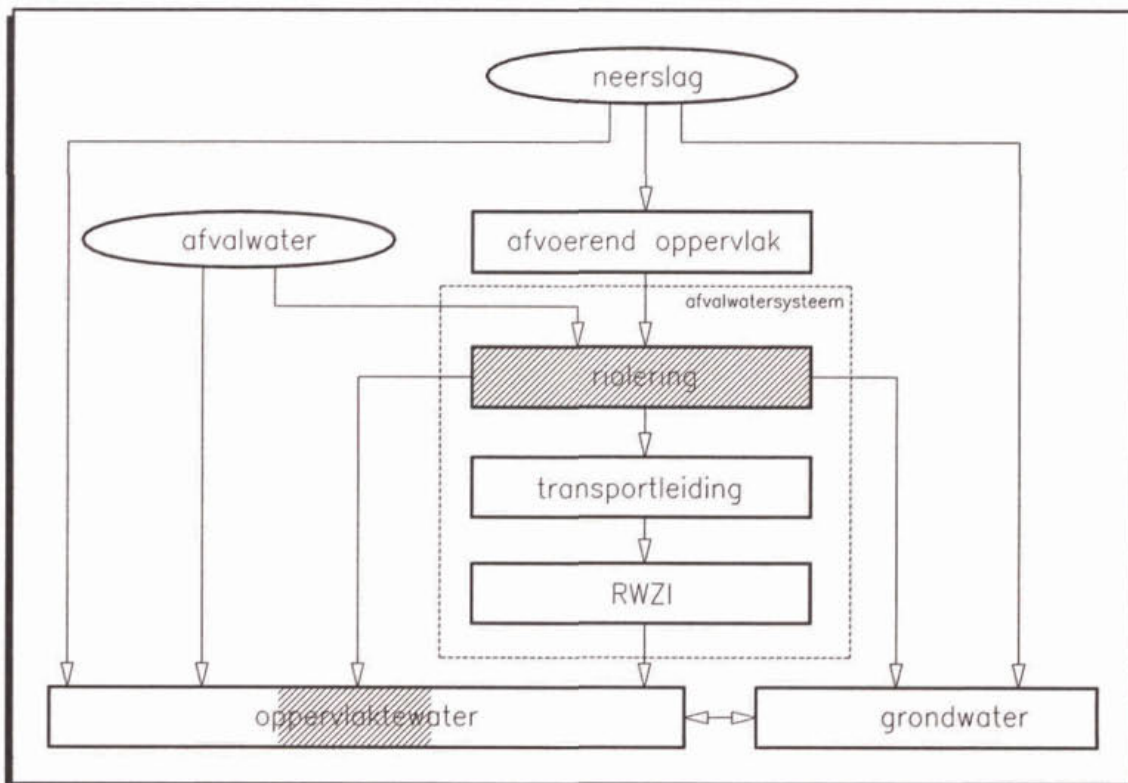
3.1 Het watersysteem

Het beheer van het watersysteem richt zich op beheersing van de waterkwantiteit en op de instandhouding of verbetering van de waterkwaliteit en wil randvoorwaarden scheppen voor een gezond ecosysteem. Inzicht in de processen binnen het systeem en de daarmee samenhangende grootte van de water- en stofstromen is daarbij van belang.

Het watersysteem is schematisch weergegeven in figuur 1. Daarin zijn verschillende (sub)systeemen te herkennen. In de Nederlandse situatie worden (clusters van) deze systemen door verschillende overheden beheerd:

- gemeenten : verhard en onverhard afvoerend oppervlak, riolering (inzameling en transport) en (deels) het stedelijk oppervlaktewater;
- waterbeheerders : transportleiding (transport), rwzi en oppervlaktewater;
- provincies : diep grondwater.

Figuur 1: Schematische weergave van het watersysteem met aanduiding van de (sub)systeemen waarop dit rapport zich richt.



Wetgeving en beleidsvorming zijn gericht op integraal waterbeheer [14]. Daarmee wordt onder andere afstemming tussen beheerders en verschillende beleidsterreinen en eenduidige uitvoering van dat beleid beoogd.

Deze handleiding richt zich op de riolering (**het rioleringsstelsel**) én het door de riolering beïnvloed deel van het oppervlaktewater (**het oppervlaktewatersysteem**), maar houdt rekening met bredere verbanden. Er worden handreikingen gedaan voor het uitvoeren van eenvoudige metingen en waarnemingen aan deze systemen.

3.2 Definitie van eenvoudige metingen en waarnemingen

Bepalend voor de mogelijkheden van eenvoudige metingen en waarnemingen en de keuze van beheerders zich hiertoe te beperken, is de definitie van 'eenvoudig'.

Onder eenvoudige metingen en waarnemingen aan riolering en oppervlaktewater worden in dit kader waarnemings- of meettechnieken verstaan, die zijn uit te voeren zonder inzet van zware of kostbare middelen. Deze technieken kunnen makkelijk verplaatsbare, automatische opstellingen bevatten of kunnen snel worden verricht door een team van één of twee personen. Min of meer incidentele waarnemingen gedaan door derden worden ook hiertoe gerekend.

Meetopstellingen die de aanleg van netspanning of aanvullende telemetrie vereisen, vallen buiten de eenvoudige metingen, behalve als netspanning of telemetrie op locatie al aanwezig is.

In principe worden metingen of monsternames, die vervolgens laboratoriumonderzoek vereisen derhalve niet als eenvoudig bestempeld.

3.3 Meetdoelstellingen

De behoefte aan meten komt altijd voort uit een bepaalde vraagstelling of aanleiding. Deze aanleiding dient helder te zijn, voordat de meetdoelstellingen kunnen worden geformuleerd. Het opzetten van een efficiënt en effectief meetprogramma begint bij het formuleren van de meetdoelstellingen. Daarmee wordt voorkomen dat te veel of te weinig wordt gemeten.

Geformuleerde meetdoelstellingen die verder gaan dan de definitie van eenvoudige metingen en waarnemingen, worden uitgebreid behandeld in het STOWA rapport "Metingen aan rioolstelsels en oppervlaktewater. Leidraad voor metingen en meetprogramma's." [25].

3.3.1 Aanleiding

De aanleiding tot meten of het doen van gerichte waarnemingen aan de riolering of het oppervlaktewater is niet altijd dezelfde. Vaak blijkt uit eigen waarneming of uit waarnemingen van derden dat (delen van) het rioleringsysteem en het oppervlaktewatersysteem niet naar wens functioneren. Er treedt bijvoorbeeld wateroverlast op of er wordt vissterfte geconstateerd. Andere aanleidingen zijn bijvoorbeeld een meetverplichting opgelegd door een Wvo-vergunning (Wet verontreiniging oppervlaktewateren) of de wens de terugkoppeling van de rekenresultaten van hydraulische modellen met de werkelijkheid beter gefundeerd te kunnen uitvoeren [12].

De aanleiding tot het meten leidt tot de volgende vragen:

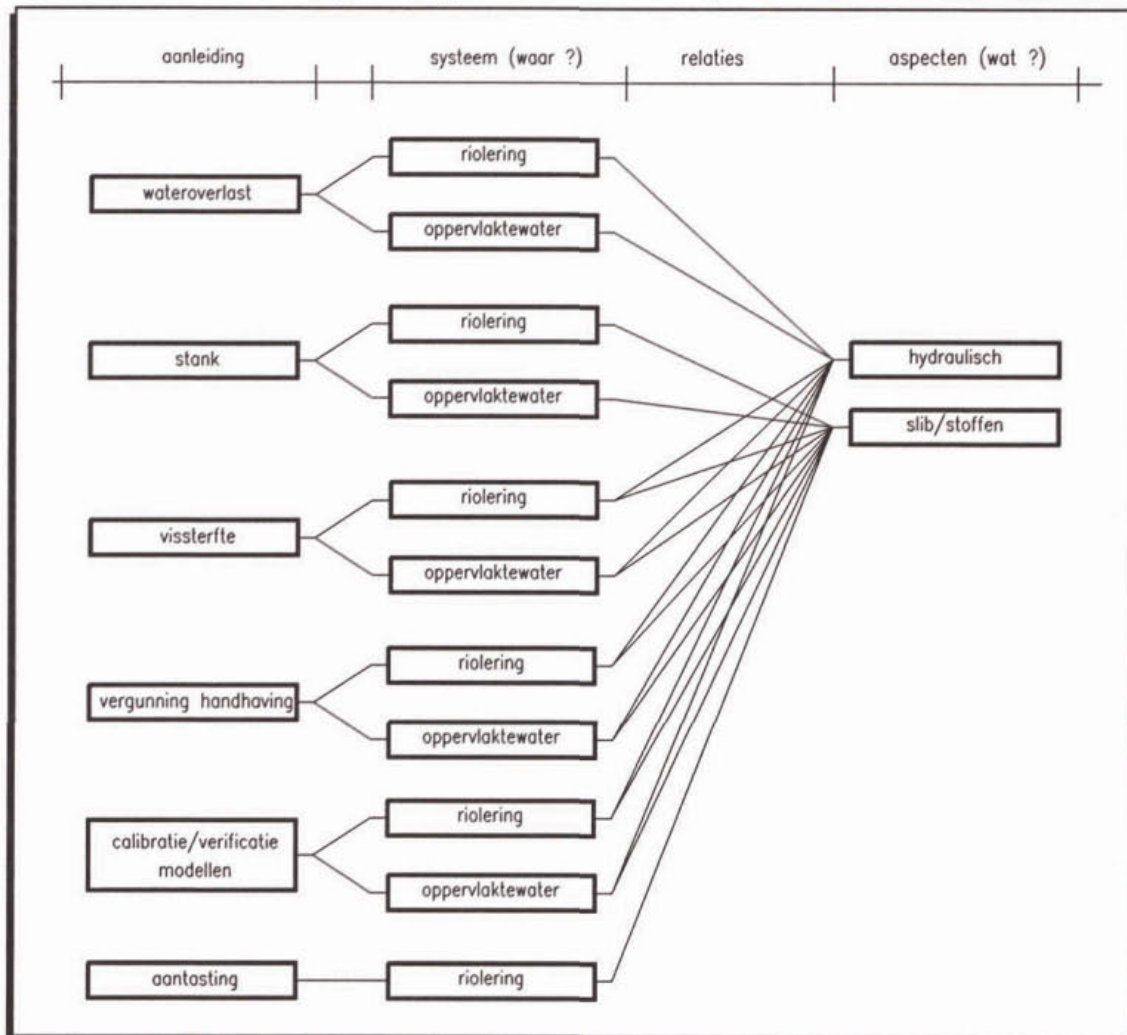
- waar meten ?
- wat meten ?
- hoe meten ?

Op de vraag **waar** gemeten moet worden, is het antwoord: aan het rioleringsysteem, aan het oppervlaktewatersysteem of aan beide. Daarnaast moet per geval worden aangegeven op welke specifieke locatie gemeten zal worden.

Bij de vraag **wat** er gemeten moet worden, moet een uitsplitsing volgen op aspecten zoals waterstanden en debieten (kwantiteit), slib en andere stoffen (kwaliteit), of de constructieve toestand van onderdelen van het rioolstelsel in verband met bijvoorbeeld aantasting. Het optreden van aantasting is een aanleiding om metingen te verrichten aan slib en stoffen in de riolering. Voor het vaststellen van de constructieve toestand van de riolering wordt verwezen naar [6] en [7].

Hoe er gemeten wordt, is afhankelijk van de vraag of er kortstondig of langdurig gemeten moet worden, of er een meetopstelling nodig is, of dat volstaan kan worden met periodieke waarnemingen.

Figuur 2: Van aanleiding tot aspecten (beperkt aantal voorbeelden).



In figuur 2 is voor een willekeurig aantal aanleidingen weergegeven welke aspecten daarbij van belang zijn. De meetdoelstellingen volgen uit de te beantwoorden vragen.

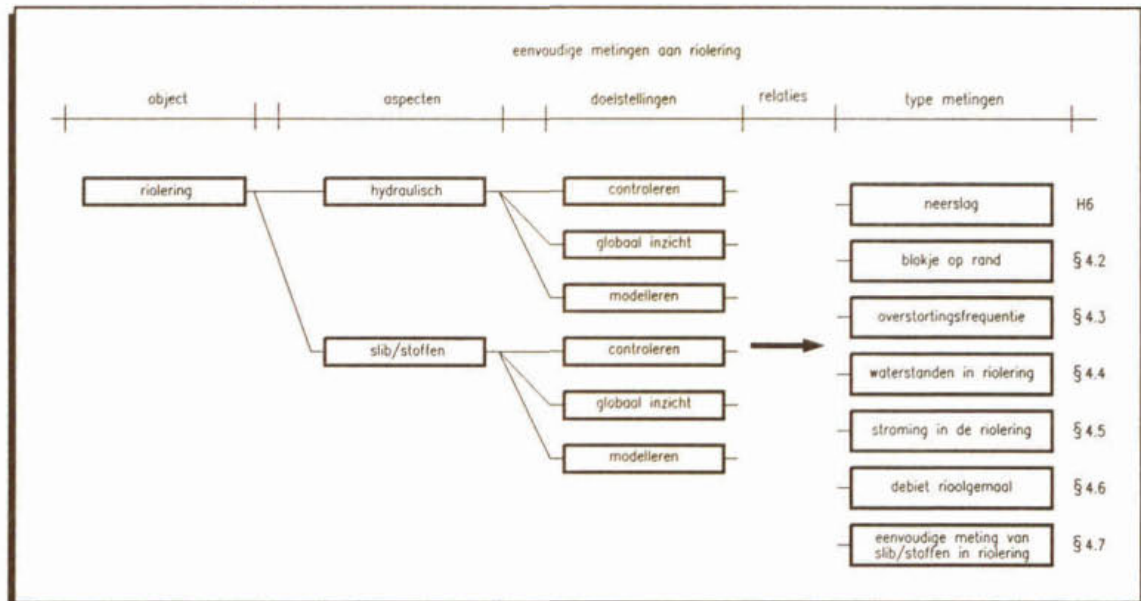
3.3.2 Meetdoelstellingen

Uitgaande van de definitie in § 3.2 hebben eenvoudige metingen en waarnemingen een belangrijke beperking: er kunnen geen fluxen van stoffen (zoals vuilvracht) worden bepaald. De reden hiervoor is dat met eenvoudige middelen debieten moeilijk nauwkeurig kunnen worden bepaald en slechts van enkele toestandsvariabelen concentraties kunnen worden gemeten (voornamelijk metingen met daarvoor geschikte elektroden: temperatuur, zuurstof, zuurgraad, elektrisch geleidbaarheidsvermogen). Juist deze beperking maakt het kwantificeren van de effecten van overstoringen van de riolering op het ontvangende oppervlaktewater met eenvoudige metingen moeilijk.

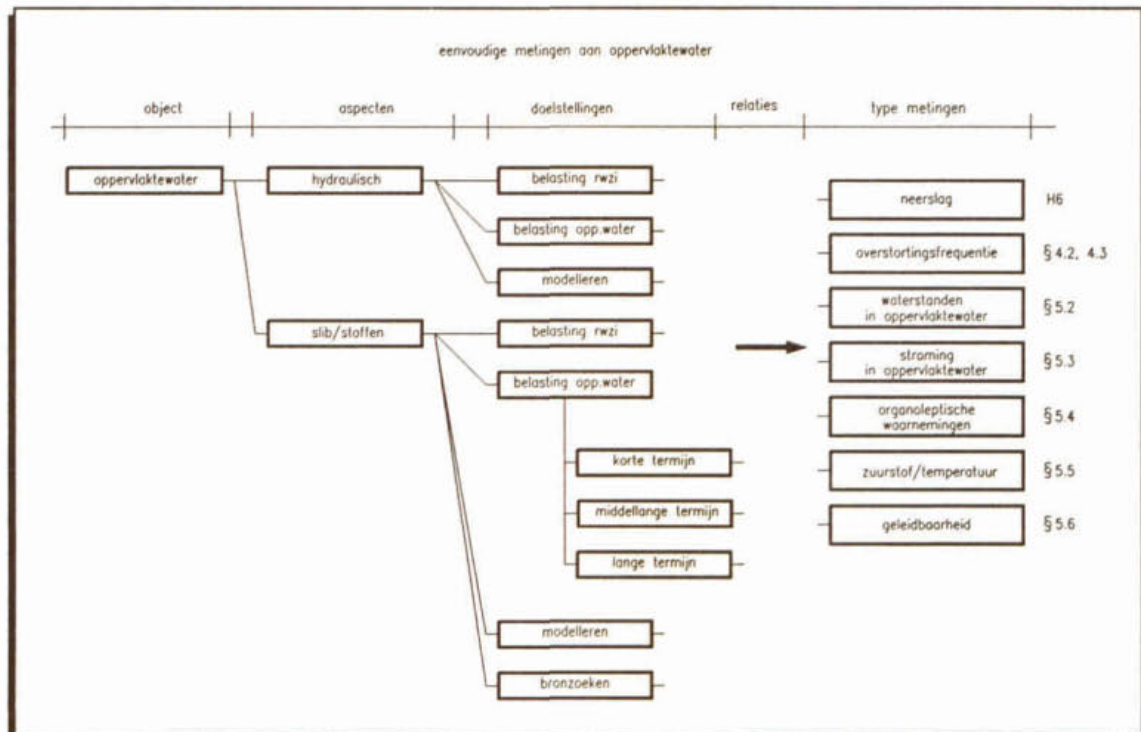
In het schema van de figuren 3 en 4 zijn voor de twee beschouwde systemen van links naar rechts de aspecten met hun doelstellingen aangegeven, om van daaruit verbindingen te leggen

met concrete metingen (rechter kolom). Er is aangegeven in welk hoofdstuk of paragraaf de betreffende meting is uitgewerkt.

**Figuur 3: Van doelstellingen tot metingen (met paragraafaanduiding)
Rioleringsysteem.**



**Figuur 4: Van doelstellingen tot metingen (met paragraafaanduiding)
Oppervlaktewatersysteem.**



Voorbeeld 1:

In het kader van de regelmatige hydraulische herberekening van het rioolstelsel wordt gewerkt volgens de Leidraad Riolerings [12].

Uit de hydraulische berekeningen blijkt dat er op een beperkt aantal locaties, theoretisch, regelmatig water op straat voorkomt. Omdat dit niet overeenkomt met de ervaring die de beheerder heeft, wordt besloten om aan de hand van een aantal eenvoudige metingen globaal de juistheid van het gebruikte rioleringsmodel en het gebruikte rekenmodel na te gaan.

De doelstelling is in dit geval de verificatie van het gebruikte model, volgend uit de aanleiding dat de rekenresultaten van gemaakte berekeningen ongeloofwaardig overkomen. De invoer van dergelijke rekenmodellen omvat:

- *de geometrie en samenhang van het rioolstelsel;*
- *de hydraulische belasting.*

De resultaten zijn:

- *waterstanden als functie van de tijd;*
- *debieten als functie van de tijd.*

Het controleren van de juistheid van de ingevoerde geometrie en samenhang van het rioolstelsel valt buiten het aandachtsgebied van deze handleiding. In het voorbeeld wordt ervan uitgegaan dat deze is gecontroleerd en correct is.

Er zal dus moeten worden gemeten aan de hydraulische belasting als functie van de tijd en aan waterstanden of debieten in het rioolstelsel.

Dit moet verder worden uitgewerkt tot een meetopzet. Voor een aantal afzonderlijke neerslaggebeurtenissen worden gemeten:

- *neerslagverloop in de tijd;*
- *maximaal optredende waterstand op de door het model als kritisch aangegeven punten.*

Dit kan eventueel worden aangevuld met:

- *draaiuren van het gemaal tijdens de buien;*
- *het al dan niet in werking treden van de overstorten, zie § 4.2.*

Voorbeeld 2:

In een open waterloop wordt regelmatig vissterfte geconstateerd. Bovendien wordt in de omgeving incidenteel geklaagd over stank. Het is bekend dat op deze waterloop een riooloverstort loost. Vermoed wordt dat deze lozingen verantwoordelijk zijn voor de genoemde effecten. Om dit vermoeden te staven wordt besloten gerichte, eenvoudige waarnemingen te doen.

De doelstelling is in dit geval het trachten te leggen van een relatie tussen vissterfte en stankklachten en het optreden van een overstorting.

De meetopzet is:

- *het constateren of de overstort heeft gewerkt op enig moment, door bijvoorbeeld gebruikt te maken van een blokje op de overstortrand;*
- *het regelmatig doen van organoleptisch onderzoek, zie § 5.4.*

3.4 Toelichting op, en definities van relevante begrippen

Globaal inzicht

Het globale inzicht is de eenvoudigste vorm van inzicht in het totale functioneren van het systeem en vereist geen diepgaande kennis van de details.

Controleren

Onder controleren wordt verstaan het volgen van het functioneren van (delen van) het systeem gedurende een bepaalde periode.

Modelleren

Modelleren is het beschrijven van het systeem. Meestal wordt een wiskundige beschrijving toegepast. Deze beschrijving eist een grondig inzicht in details en kan niet worden gebaseerd op eenvoudige metingen. Hier worden de resultaten van eenvoudige metingen en waarnemingen gebruikt om bestaande modellen te toetsen [12].

Bronzoeken

Bronzoeken is het zoeken naar de veroorzaker (bron) van een bepaalde vervuiling of van waterhoeveelheden, die buiten de normale belastingen van het systeem vallen.

Belasting op het oppervlaktewater

De belasting op het oppervlaktewater is in dit kader de kwantiteit en kwaliteit van het overstortende water vanuit de riolering op het oppervlaktewater, rekening houdend met de beperking die voortvloeien uit de definitie van eenvoudige metingen en waarnemingen.

Belasting op rwzi

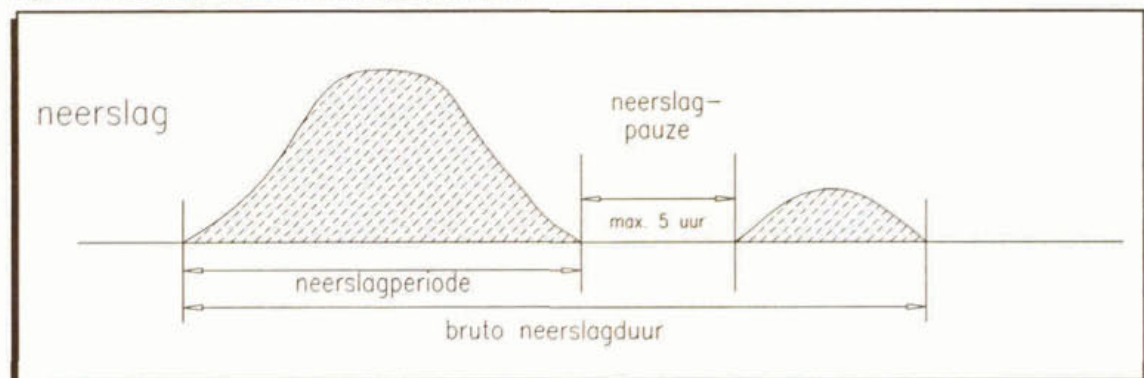
De belasting op de rwzi is in dit kader de kwantiteit en kwaliteit van het afvalwater dat naar de rwzi wordt afgevoerd.

Neerslaggebeurtenis volgens Leidraad Riolering [12].

Een neerslaggebeurtenis omvat de neerslag die gevallen is tijdens de bruto neerslagduur. Deze bruto neerslagduur is de tijdsduur van neerslag inclusief neerslagpauzes, indien deze pauzes korter zijn dan 5 uur. In figuur 5 is grafisch weergegeven wat de termen bruto neerslagduur en neerslagpauze inhouden.

Bij de opslag van gegevens over neerslag voor het gebruik in de rioleringspraktijk is met name het gebruik van de bruto duur van een neerslaggebeurtenis van belang.

Figuur 5: Definitie van een neerslaggebeurtenis.

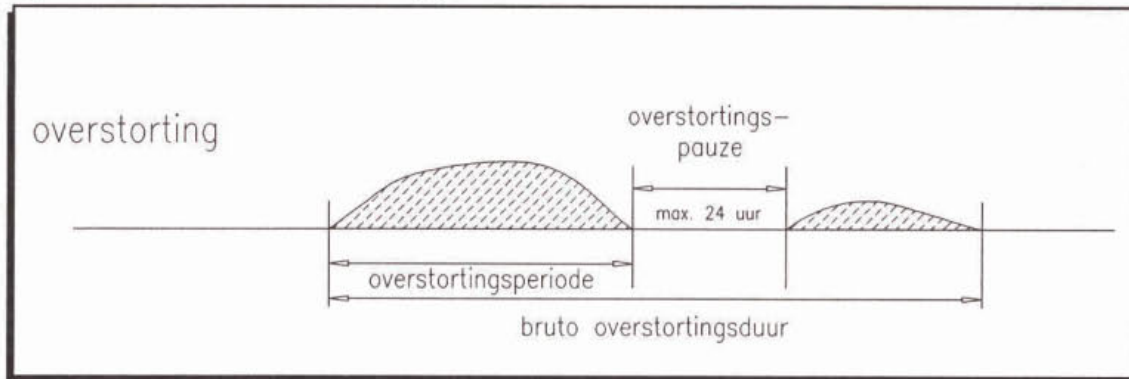


Overstortingsgebeurtenis volgens Leidraad Riolering [12].

Een overstortingsgebeurtenis is een samenstel van overstortingen die plaatsvinden met een kortere overstortingspauze dan 24 uur. In figuur 6 wordt grafisch weergegeven wat de termen overstortingspauze, overstortingsperiode en bruto overstortingsduur inhouden.

Praktisch gezien heeft deze definitie van een overstortingsgebeurtenis als voordeel dat bij een langjarige meetreeks van het verloop van de overstortingsdebieten per locatie op eenduidige wijze onderscheid gemaakt kan worden in overstortingsgebeurtenis zonder het neerslagverloop daarbij in beschouwing te hoeven nemen. Deze langjarige meetreeks kan op eenduidige wijze vergeleken worden met de uitkomsten van reeksberekeningen.

Figuur 6: Definitie van een overstortingsgebeurtenis.



Overstortingsfrequentie

Het aantal overstortingen dat plaatsvindt in een bepaalde periode. De overstortingsfrequentie wordt uitgedrukt in het aantal keren per jaar (jaar^{-1} of a^{-1}).

Bij verwerking van meetresultaten kan het noodzakelijk zijn om andere definities te hanteren dan hiervoor aangegeven. Een voorbeeld van de noodzaak van een ander definitiekader is gegeven in [19]: in dit onderzoek is de relatie tussen neerslag en vuiluitwerp van gemengde rioolstelsels onderzocht. De gehanteerde statistische analyses maakten gebruik van een eigen definitiekader noodzakelijk.

3.5 Betrokken organisaties

Het streven is om de resultaten van eenvoudige metingen en waarnemingen op een zo efficiënt mogelijke wijze te verkrijgen en vervolgens deze in breder verband te gebruiken (overdraagbaarheid). Daarom verdienen enkele organisatorische aspecten de nodige aandacht.

De rioleringsbeheerder is de voornaamste betrokkene bij de opzet van eenvoudige metingen en waarnemingen aan een rioleringsstelsel, de waterkwaliteits- en waterkwantiteitsbeheerder bij metingen en waarnemingen aan oppervlaktewater. Op de grens van oppervlaktewater en rioolstelsel is een samenwerking tussen deze organisaties gewenst voor het structureren van waarnemingen aan beide systemen.

De organisatie van de opzet (en uitvoering) van meetprojecten kent een voorbereidingsfase en een uitvoeringsfase.

Het verwerken van de resultaten tot bruikbare informatie wordt vaak op verschillende plaatsen in een organisatie gedaan of in bepaalde gevallen zelfs binnen verschillende organisaties. Voorbeeld hiervan is het resultaat van meetprogramma's waarbij de overstortingsfrequentie en de toestand van het oppervlaktewater worden gecontroleerd. In dit geval zijn rioleringsbeheerder en waterkwaliteitsbeheerder betrokken bij de verwerking en het gebruik van de resultaten.

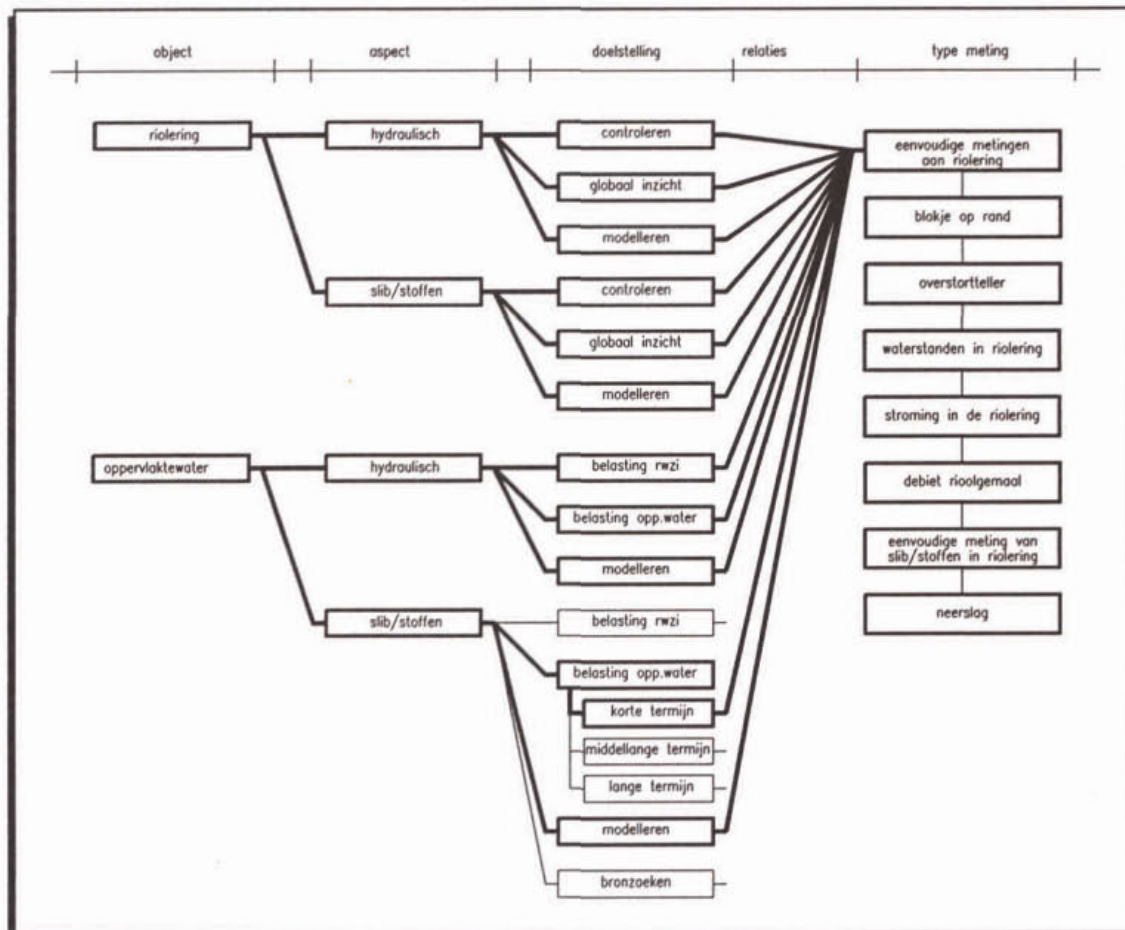
Binnenkomende meldingen van wegverzakkingen vormen een tweede voorbeeld. Deze informatie zal binnen een gemeentelijke dienst bij zowel de wegenafdeling als de rioleringsafdeling moeten worden verwerkt.

De organisatie van de opzet en uitvoering krijgt aandacht in hoofdstuk 7.

4 EENVOUDIGE METINGEN AAN RIOOLSTELSELS

4.1 Algemeen

Figuur 7: Overzicht van eenvoudige metingen aan rioolstelsels.



Eenvoudige metingen aan de riolering kunnen voortkomen uit de volgende meetdoelstellingen (zie ook figuur 7):

Inzicht krijgen in het functioneren van de riolering op zichzelf:

- controleren van het hydraulisch functioneren van de riolering;
- verkrijgen van globaal inzicht in het hydraulisch functioneren van de riolering;
- controleren van het functioneren van de riolering met oog op slib en stoffen;
- verkrijgen van globaal inzicht in het functioneren van de riolering met het oog op slib en stoffen. Hiervoor is het noodzakelijk om tevens over globaal inzicht in het hydraulisch functioneren van de riolering te beschikken;
- zoeken naar bronnen die aantasting van de riolering veroorzaken en eenvoudig meetbaar zijn (bijvoorbeeld via pH);

Inzicht krijgen in het functioneren van de riolering binnen het watersysteem als geheel:

- bepalen van de hydraulische belasting van de zuiveringstechnische werken;
- verkrijgen van globaal inzicht in de hydraulische belasting van het oppervlaktewater (het al dan niet optreden van een overstorting onder een bepaalde neerslagbelasting of de overstortingsfrequentie);
- verkrijgen van globaal inzicht in de belasting van het oppervlaktewater met stoffen via overstorten die korte-termijn effecten veroorzaken.

Daarnaast kunnen eenvoudige metingen en waarnemingen aan de riolering een rol spelen bij de controle van uitkomsten van berekeningen van bestaande modellen. Dit geldt met name voor de hydraulische modellen van de riolering en in mindere mate voor hydraulische modellen van het ontvangende oppervlaktewater.

Bij de interpretatie van gegevens van de riolering zoals die met onderstaande metingen en waarnemingen worden vergaard, zijn gegevens over de weersgesteldheid onmisbaar. Daarbij gaat het met name om de actuele situatie ten tijde van de waarneming. In hoofdstuk 6 wordt hierop uitgebreid ingegaan.

In dit hoofdstuk zullen de volgende eenvoudige metingen en waarnemingen aan de riolering worden besproken:

- blokje op de overstortrand;
- eenvoudige overstortteller;
- waterstanden in de riolering;
- stroming (richting en schatting van de snelheid);
- draaiurenteller van het rioolgemaal (met en zonder ijking);
- eenvoudige meting van slib/stoffen;
- doorzicht/troebelheidsmeting;
- geleidbaarheidsmeting.

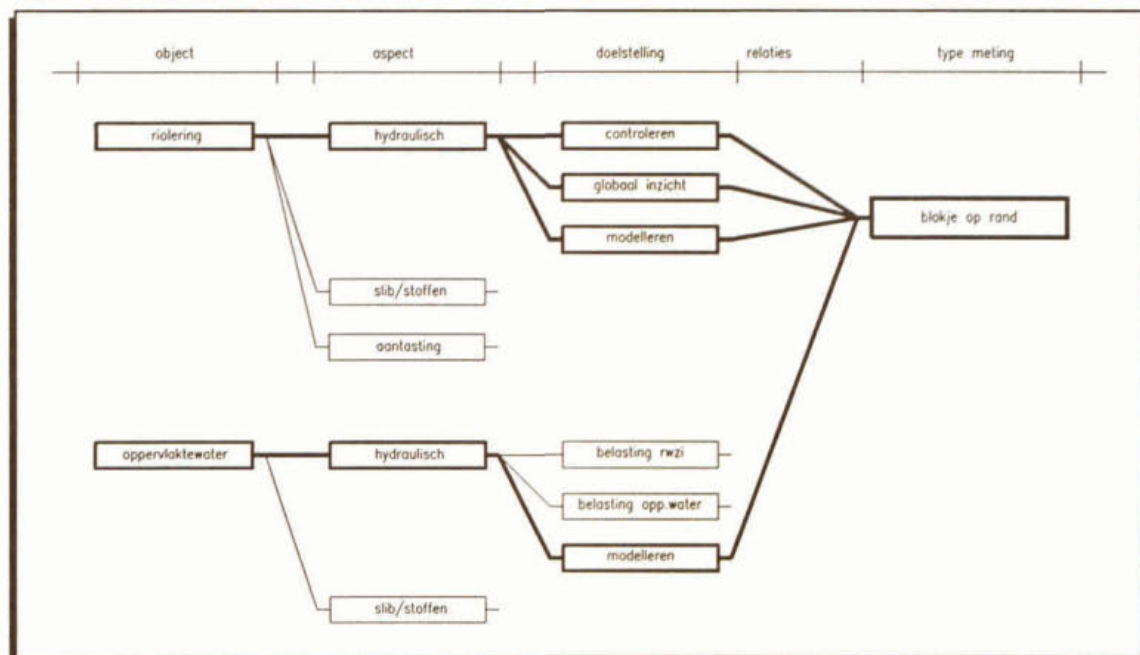
4.2 Blokje op de overstortrand

4.2.1 algemeen

Het plaatsen van een blokje op de overstortrand en regelmatige controle op aanwezigheid van dit blokje verschaft inzicht in het hydraulisch functioneren van de riolering.

Deze eenvoudig uit te voeren meetmethode kan (enig) houvast bieden bij het controleren van hydraulische modellen van de riolering en het ontvangende oppervlaktewater.

Figuur 8: Blokje op de overstortrand.



Er kan op deze wijze geconstateerd worden of de overstort gewerkt heeft of niet. De ernst van de overstorting, de begin- en eindtijd of de overstortingsduur kunnen er niet uit afgeleid worden. De voordelen van deze waarneming zijn de eenvoud en de lage investeringskosten.

4.2.2 parameters

De parameter die gemeten wordt is het al dan niet aanwezig zijn van het geplaatste blokje op een bepaald moment in relatie tot opgetreden neerslag. Het moment van waarnemen is hierbij van belang. Zo zal na elke neerslaggebeurtenis van betekenis moeten worden nagegaan of het blokje nog aanwezig is.

De parameters zijn :

- tijdstip, blokje aanwezig/niet aanwezig;
- neerslagwaarneming.

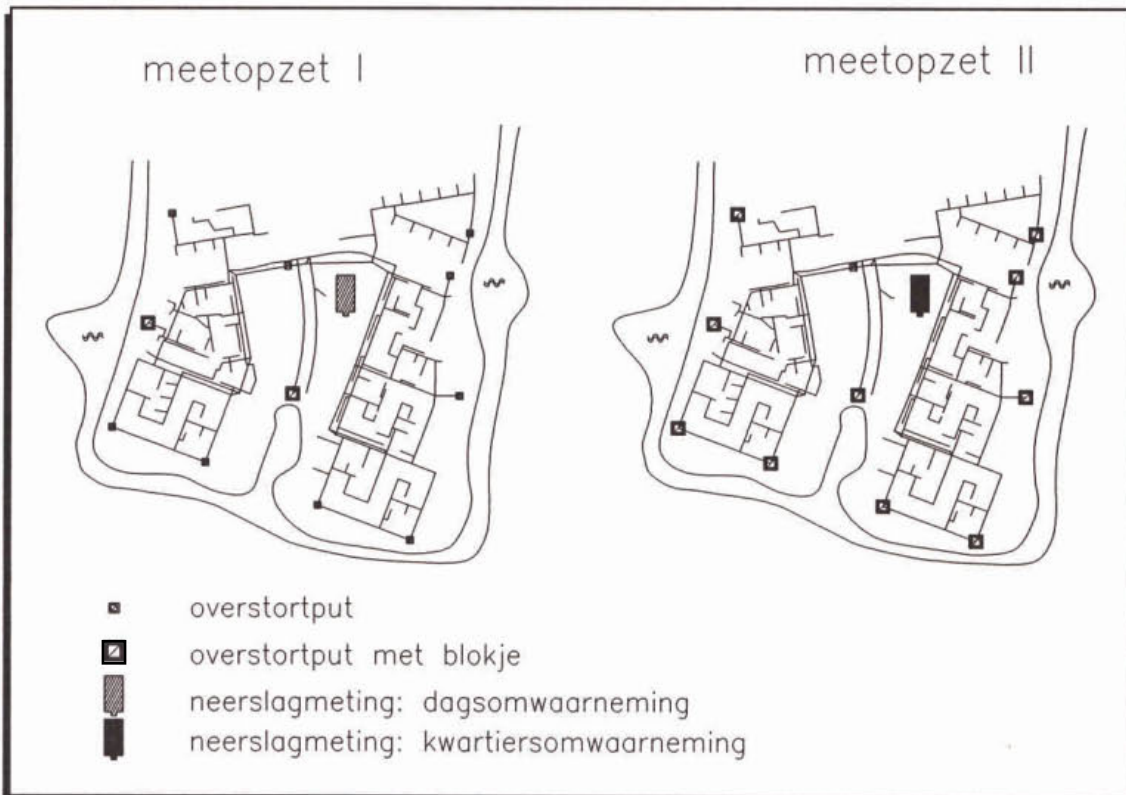
De neerslagwaarneming kan zeer eenvoudig zijn, bijvoorbeeld alleen dagsomwaarneming.

4.2.3 meetopzet

In figuur 9 zijn twee mogelijke meetopzetten weergegeven:

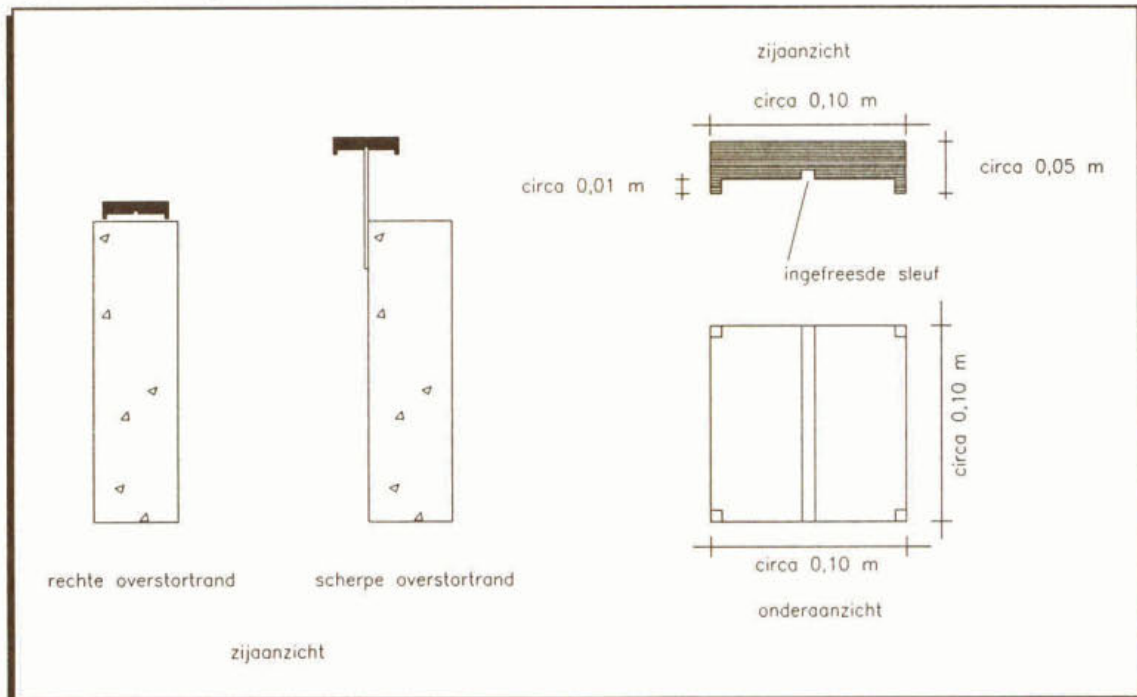
- langdurig: bij één of enkele belangrijk geachte overstortlocaties. Deze meetopzet wordt gebruikt om een globaal beeld te krijgen van de overstortingsfrequentie van een bepaalde overstort. In figuur 9 is deze meetopzet I weergegeven;
- incidenteel: in combinatie met een neerslagmeting worden op alle overstortranden in één rioleringsgebied blokjes gelegd. Na de eerstvolgende neerslaggebeurtenis wordt gecontroleerd via de blokjes welke overstorten gewerkt hebben. In figuur 9 is deze meetopzet II weergegeven. Deze meetopzet kan worden gebruikt om de resultaten van hydraulische rekenmodellen op een eenvoudige wijze enigszins te toetsen.

Figuur 9 : Meetopzet blokje op de overstortrand.



In figuur 10 is de detailopstelling van het blokje op de overstort weergegeven. Het blokje moet niet per ongeluk verwijderd kunnen worden door derden (bijvoorbeeld spelende kinderen) of van de rand af kunnen vallen. Een touw aan het blokje voorkomt dat het blokje helemaal wegspoelt. Om de herkenbaarheid te vergroten moet het een opvallende kleur hebben, bijvoorbeeld een fluorescerende kleur.

Figuur 10: Opstelling van een blokje op wwn overstortrand.



Het verdient aanbeveling om, ongeacht het feit of er sprake is van een directe aanleiding in de zin van neerslaggebeurtenissen, regelmatig (ongeveer één per maand) de overstortlocatie te inspecteren op de aanwezigheid van het blokje en om na te gaan of het niet aan de overstortrand zit 'vastgeplakt'.

Bij de keuze voor de overstortlocaties waar men wil gaan waarnemen, moeten de volgende criteria worden gehanteerd:

- is de locatie gemakkelijk bereikbaar;
- is de overstortrand zichtbaar en bereikbaar vanaf maaiveld zonder de overstortput te hoeven betreden;
- is de overstortrand niet te eenvoudig bereikbaar voor derden.

4.2.4 meetnauwkeurigheden en meetfrequentie

De meetnauwkeurigheid van de neerslagmeting is direct gekoppeld aan het meetdoel. Bij de meetopzet zoals geschetst in figuur 9 I, is het registreren van een dagsom voldoende.

Gedurende een opstartfase zal de waarnemingsfrequentie voor de blokjes hoog zijn: na elke natte dag (bijvoorbeeld meer dan 2 mm neerslag). Daarna kan een globale relatie worden afgeleid tussen dagsom en het al dan niet werken van een bepaalde overstort. Aan de hand van de dagsomwaarneming kan worden besloten tot een bezoek aan de overstortlocaties.

Als men echter de meetmethode gebruikt voor het toetsen van hydraulische berekeningen moet de meetfrequentie aanzienlijk hoger liggen. De neerslag moet met minimaal een resolutie van

15 minuten worden gemeten. Na elke regenbui moeten alle overstortlocaties worden bezocht en moet worden nagegaan of de blokjes nog op de overstortrand liggen of niet.

Protocol is dat er voor wordt gezorgd dat na elk bezoek aan een overstortlocatie het blokje weer op de overstortrand ligt.

4.2.5 *gegevens, opslag en bewerking*

Behalve het registreren van de parameters neerslag, tijdstip en aan- of afwezigheid van het blokje, is het van belang om tijdens elk bezoek van een overstortlocatie ook visueel waar te nemen bijzonderheden te noteren. In § 5.4 wordt hierop nader ingegaan .

De gegevens die moeten worden geregistreerd zijn:

Meetopzet I:

- per dag: neerslagsom (zie hoofdstuk 6);
- per natte dag met meer dan 2 mm neerslag : neerslagsom en per overstortlocatie:
identificatie van de overstort, datum, tijdstip, blokje aan- of afwezig

Meetopzet II:

- neerslag: kwartiersonnen (zie hoofdstuk 6);
- per overstortlocatie:
identificatie van de overstort, datum, tijdstip, blokje aan- of afwezig.

4.2.6 *meetduur*

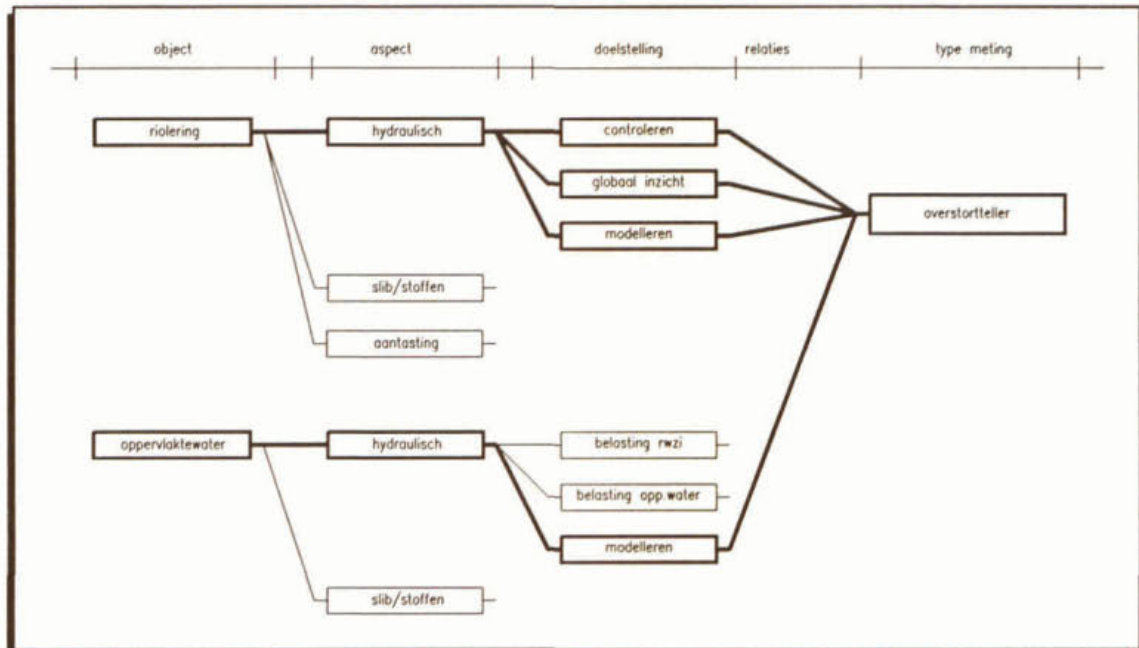
De meetduur voor meetopzet I is enkele jaren, de interesse gaat namelijk uit naar het functioneren van een overstort over een langere periode. In het geval van meetopzet II is de meetduur afhankelijk van de hoeveelheid informatie die men nastreeft. Zo kunnen bijvoorbeeld zoveel neerslagebeurtenissen worden waargenomen dat elke overstort minimaal éénmaal heeft gewerkt. In het algemeen zal de meetduur variëren van enkele weken tot enkele maanden.

4.3 Overstortteller

4.3.1 algemeen

Het gebruik van overstorttellers verschaft inzicht in het hydraulisch functioneren van de riolering en de hydraulische belasting van het oppervlaktewater en kan houvast bieden bij het controleren van hydraulische modellen van de riolering of van het ontvangende oppervlaktewater.

Figuur 11: Overstortteller.



Wanneer naast het tellen van de overstortingen tevens neerslagmeting wordt verricht, neemt de waarde van de metingen toe; in dat geval kan men immers trachten relaties te leggen tussen de waargenomen neerslag en de gemeten overstortingsgegevens. Overstorttellers worden gewoonlijk gebruikt als controle op verleende Wvo-vergunningen.

4.3.2 parameters

Als men inzicht wil verkrijgen in de overstortingsfrequentie van een overstort zijn slechts twee parameters relevant, namelijk de tijd en het aantal malen dat de waterstand in het riool het drempelpeil passeert in de tijd. In combinatie met de definitie van een overstortingsgebeurtenis kan uit deze metingen de overstortingsfrequentie worden bepaald.

Overstorttellers die uitsluitend het aantal passages van een bepaald waterpeil registreren geven dus niet de overstortingsfrequentie aan.

Dit probleem wordt opgelost door de resultaten van overstortingen met een overstortingspauze korter dan 24 uur, samen te nemen, zie ook de definitie in § 3.4. Hierdoor wordt een betere overeenkomst gevonden met theoretisch bepaalde overstortingsfrequenties.

4.3.3 meetopzet

De overstortteller dient zodanig geplaatst te worden dat geregistreerd kan worden of een bepaald peil in de overstortput overschreden wordt. De apparatuur dient beschermd te zijn tegen invloeden van mechanische en chemische aard uit de riolering.

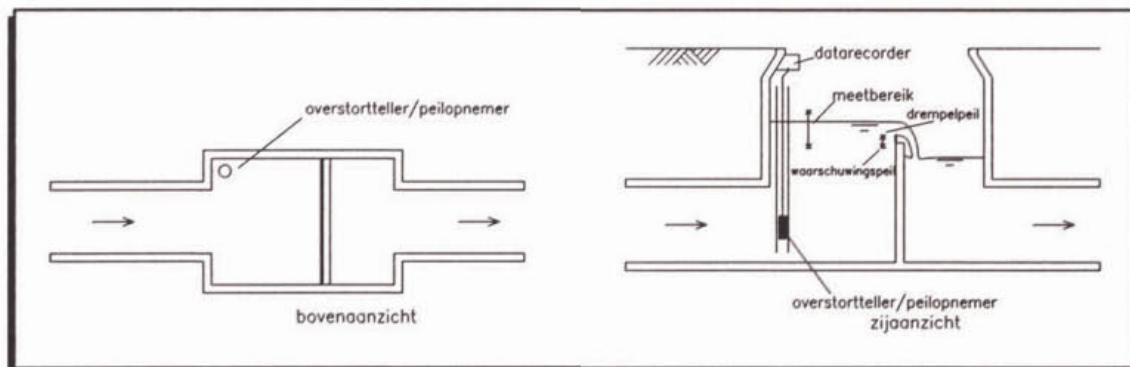
Als regel zijn overstortellers drukopnemers waarbij de registratie wordt geactiveerd wanneer de waterspiegel een bepaald peil passeert. De opstelling van deze sensoren is in principe gelijk aan de waterstandsmeting in de riolering, zie ook § 4.4.

De locatie van de sensor in de overstortput moet zodanig zijn dat:

- de overstortteller vanaf maaiveld kan worden in- en uitgebouwd;
- zonder de put te betreden onderhoud kan worden gepleegd;
- zonder de put te betreden de gegevens kunnen worden uitgelezen;
- de overstortteller niet direct in de hoofdstroom hangt.

In figuur 12 is een voorbeeld van een meetopstelling gegeven.

Figuur 12: Voorbeeld van een opstelling van een overstortteller.



Protocol is dat bij elk bezoek aan de overstortput de afgelezen tellerstanden en datum en tijdstip van registratie worden genoteerd.

4.3.4 meetnauwkeurigheden en meetfrequentie

De gewenste meetnauwkeurigheid van het optredende overstortpeil is circa 0,01 m.

4.3.5 gegevens, opslag en bewerking

Afhankelijk van het type overstortteller worden verschillende waarden opgeslagen:

type 1 (zonder datum- en tijdaanduiding):

overstortidentificatie, datum, tijdstip, tijdsduur, tellerstand.

type 2 (met datum en tijdregistratie):

overstortidentificatie, overstortingsidentificatie, startdatum, begintijdstip, einddatum, eindtijdstip.

In de meeste in de handel zijnde apparaten worden deze gegevens digitaal ter plekke opgeslagen. De gegevens zijn eenvoudig uitleesbaar, op een computer via een kabelaansluiting, of via een infrarood uitleessysteem [27].

Wanneer met type 2 metingen wordt verricht (dus met datum en tijd aanduiding), wordt aanbevolen om tevens neerslagwaarneming te verrichten.

4.3.6 meetduur

De meetduur voor overstorttellers is afhankelijk van de doelstelling. De meetduur kan in principe onbeperkt lang zijn.

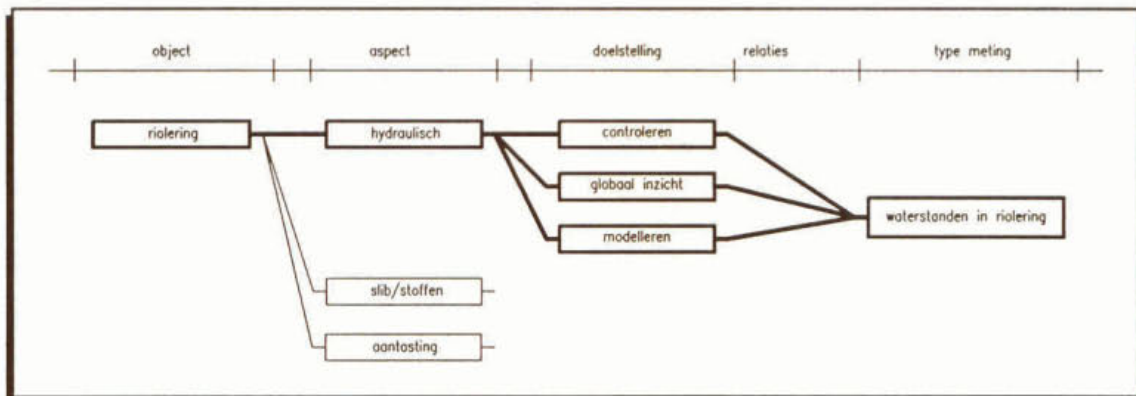
4.4 Waterstanden in de riolering

4.4.1 algemeen

Het meten van waterstanden in de riolering verschaft inzicht in het hydraulisch functioneren van de riolering en kan (enig) houvast bieden bij het controleren van hydraulische modellen van de riolering. Waterstanden zijn in een rioolstelsel op diverse plaatsen te meten, zoals in het stelsel zelf, in een overstort of in een gemaal. Vaak vinden bij gemalen waterstandsmetingen plaats in verband met de regeling van het gemaal.

Waterstandsmeting in het rioolstelsel zelf ondersteunt het zoeken naar de oorzaak van wateroverlast.

Figuur 13: Meten van waterstanden in de riolering.



Het meten van waterstanden in een overstortput met als doel het hieruit het afleiden van het overstortingsdebiet of -volume kan alleen worden gedaan na ijking van de overstortdrempel. Over het algemeen wordt deze meting niet als 'eenvoudig' aangemerkt, hiervoor wordt verwezen naar [23] en [25].

4.4.2 parameters

De te meten parameters zijn afhankelijk van de exacte doelstelling van de meting. Voor het vaststellen of er op bepaalde plaatsen regelmatig wateroverlast optreedt, kan het voldoende zijn om te constateren hoe vaak per periode van bijvoorbeeld een jaar het waterpeil boven maaiveld uitkomt. Een dergelijke meting heeft veel weg van het meten van de overstortingsfrequentie met behulp van overstorttellers.

Voor het controleren van de resultaten van hydraulische rekenmodellen moet naast de waterstandsmeting ook het neerslagverloop in de tijd worden gemeten.

Er kan ook worden gekozen voor een beperkte waterstandswaarneming. Hierbij wordt alleen het tijdens een bui opgetreden maximum peil geregistreerd.

Als er een schatting van het DWA debiet noodzakelijk is, kan daarvoor in bepaalde gevallen de gemaalkelder worden gebruikt. In dat geval moet worden gemeten in hoeveel tijd een bepaalde waterpeilstijging optreedt met het gemaal buiten werking.

Samenvattend:

frequentie van water op straat:

- aantal malen dat het waterpeil in de riolering op een bepaalde locatie boven maaiveld uitkomt in een zekere periode

eenvoudige controle op de juistheid van rekenmodellen:

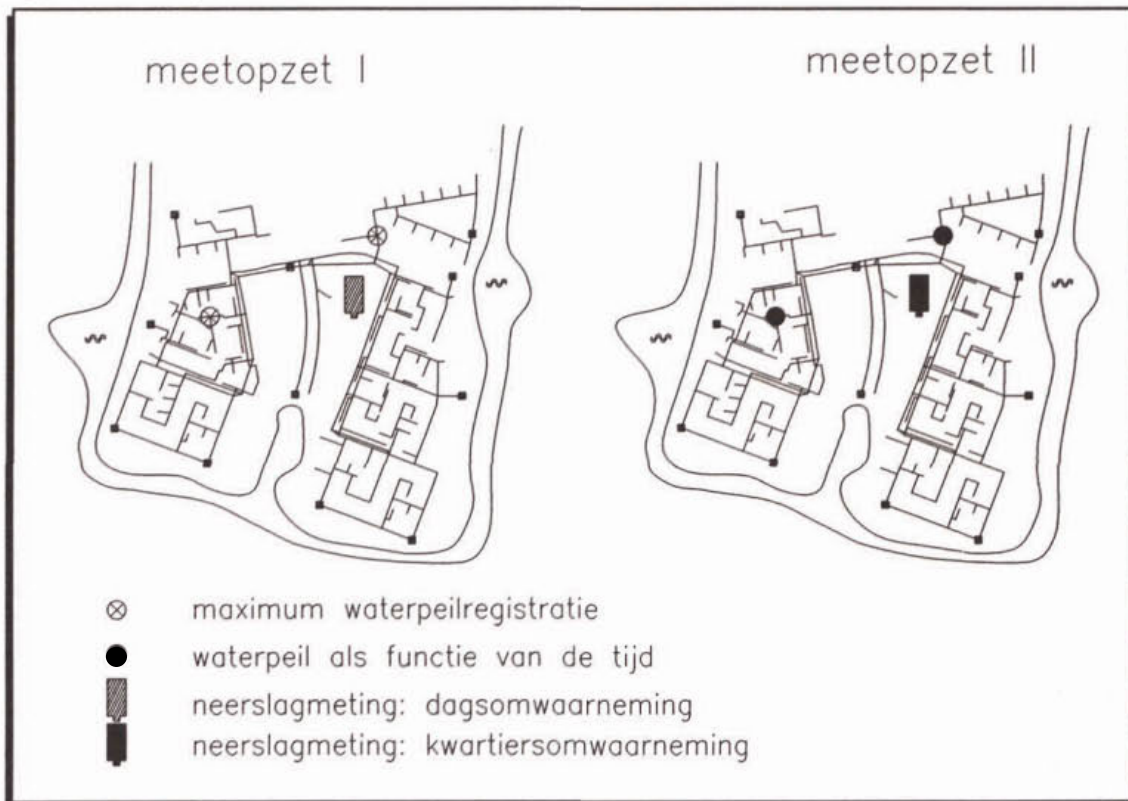
- neerslag als functie van de tijd (zie ook hoofdstuk 6)

- maximaal optredende waterstanden op een aantal locaties in het rioolstelsel gedurende één bui of een bepaalde periode (bijvoorbeeld gedurende een etmaal om de maximale waterstand tijdens dwa vast te stellen).
of
- waterstanden op een aantal locaties in het rioolstelsel als functie van de tijd
- schatting van het DWA-debiet in de gemaalkelder
- peilverandering als functie van de tijd in de gemaalkelder.

4.4.3 meetopzet

In figuur 14 is een tweetal meetopzetten weergegeven.

Figuur 14 : Meetopzet voor waterstanden in de riolering.



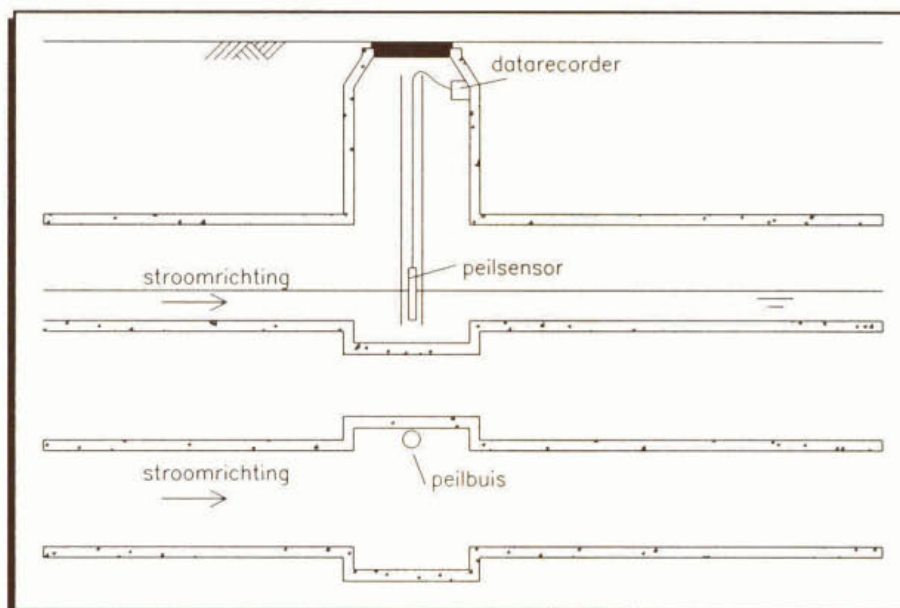
In meetopzet I wordt op een aantal punten alleen de maximaal optredende waterstand in de inspectieputten geregistreerd, eventueel kan hierbij een neerslagwaarneming worden gedaan. Neerslagwaarneming is niet noodzakelijk bij het vaststellen van het aantal malen dat een bepaald peil wordt overschreden. De maximaal optredende waterstand kan worden geregistreerd met behulp van een eenvoudig middel zoals tape dat verkleurt in water. Door deze tape op een staaf aan te brengen en deze in de rioolput op te hangen kan de maximale stijghoogte worden geregistreerd. Deze staaf moet worden beschermd met een mantelbuis om te voorkomen dat de waarneming wordt verstoord door spatwater.

Door regelmatig, bijvoorbeeld eens per week of per maand de putten te bezoeken en de maximale hoogte te noteren, wordt een beeld verkregen van de optredende maximale waterstanden. Deze meetopzet is bedoeld voor een langere meetduur (enkele maanden tot jaren).

Bij deze meetopzet is protocol dat na het noteren van de opgetreden waterstand de peilwaarneming wordt 'gereset'; dus bij gebruik van watergevoelige tape betekent dat, dat bij elk bezoek de tape moet worden vernieuwd na registratie van het waterpeil.

Meetopzet II kan gegevens opleveren die van belang zijn bij het controleren van resultaten van rekenmodellen. Op een aantal plaatsen wordt de waterstand in het riool als functie van de tijd geregistreerd. Voor een dergelijke registratie wordt gebruik gemaakt van hetzij drukopnemers hetzij van akoestische peilopnemers. In figuur 15 is een meetopstelling voor de sensor weergegeven. Het verdient aanbeveling om een drukopnemer in een peilbuis te plaatsen, waardoor wordt voorkomen dat de sensor wordt beschadigd en kleine peilfluctuaties enigszins worden uitgedempt. Wanneer akoestische peilopnemers worden gebruikt moet bij de opstelling rekening worden gehouden met het mogelijk optreden van geluidsreflecties. Een akoestische peilopnemer moet dan ook niet in een peilbuis worden opgesteld. In figuur 16 is een voorbeeld gegeven van een opstelling van een akoestische peilopnemer.

Figuur 15 : Meetopstelling voor waterstandsmeting in een rioolput met een drukopnemer.



Omdat veelal op locaties wordt gemeten waar niet direct voorzieningen als electriciteit en telefoon aanwezig zijn wordt gebruik gemaakt van op accu's functionerende apparatuur met de mogelijkheid van interne gegevensopslag.

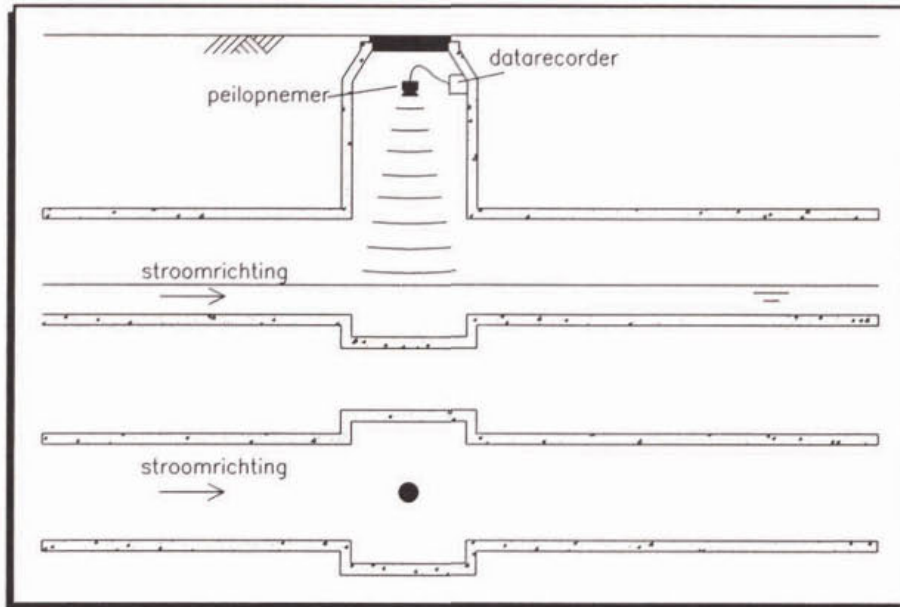
Hierdoor is het noodzakelijk om circa eens per week de meetlocatie te bezoeken voor controle, onderhoud en het ophalen de meetgegevens. Bij de keuze van de meetlocaties moet dus met een zekere toegankelijkheid rekening worden gehouden.

Bij metingen in een inspectieput moet het gedeelte van de apparatuur waarmee registratie plaatsvindt, beschermd worden tegen het agressieve milieu in de riolering en tegen nat worden (door hoge waterstanden).

Bij meting in gemaalkelders of bij overstorten is vaak meer ruimte beschikbaar om een goed toegankelijke meetopstelling te realiseren. Mede om deze reden is dit soort locaties te prefereren boven meetopstellingen in inspectieputten.

Bij het werken met meerdere meetpunten in een rioolstelsel moet de tijdwaarneming op de verschillende meetlocaties synchroon lopen. Als gebruik wordt gemaakt van zelfregistrerende apparatuur moet bij elk bezoek aan de meetopstelling de tijdwaarneming worden gecontroleerd.

Figuur 16: Opstelling van een akoestische peilopnemer.



Onderdeel van het protocol bij deze meetopzet is het overnemen van de geregistreerde waarnemingen en het controleren van de tijdregistratie.

Het gebruik van de gemaalkelder als 'DWA-debietmeters' kan alleen als:

- er voldoende volume in de gemaalkelder aanwezig is beneden de laagste aansluitende binnen-onderkant-buis (BOB);
- de kelder voldoende groot is;
- de kelder toegankelijk is;
- de afmetingen van de kelder exact bekend zijn.

Voor de DWA-debietmeting wordt de gemaalkelder zo ver mogelijk leeggepompt. Op het moment dat de pompen zijn gestopt en er geen sprake meer is van terugloop wordt met intervallen van bijvoorbeeld 5 minuten de waterstand gemeten (aan de hand van een aangebrachte peilschaal of de waterpeilregistratie van het gemaal zelf). Uit de bekende afmetingen van de gemaalkelder kan de DWA worden geschat. De waarneming wordt gestaakt wanneer het waterpeil de laagste aangesloten BOB bereikt.

In ieder geval moet daarbij worden nagegaan of er ten tijde van de metingen geen neerslag is gevallen in het gebied dat op het gemaal afwatert, of dat er tijdelijke lozingen op het rioolstelsel plaatsvinden (bijvoorbeeld de lozing van bronneringswater).

4.4.4 meetnauwkeurigheden en meetfrequentie

De gewenste meetnauwkeurigheden hangen af van de doelstelling. Voor het bepalen van het al dan niet optreden van 'water op straat' is een betrekkelijk lage nauwkeurigheid (ongeveer 0,05 m) voldoende. Voor andere meetdoelen moet een nauwkeurigheid van 0,02 m worden nagestreefd. De gewenste meetfrequentie is afhankelijk van het meetdoel. Voor het vaststellen van het maximale waterpeil gedurende de neerslagafvoer zal na elke bui van enige betekenis (neerslaghoogte groter dan bijvoorbeeld 6 mm) een bezoek aan de meetlocatie moeten worden gebracht om de maximale waterstand te noteren. In gevallen waarin de waterpeilmeting deel uit maakt van bijvoorbeeld het meten van het DWA- verloop over een etmaal zal met een frequentie van ongeveer eens per 30 minuten moeten worden gemeten.

4.4.5 gegevens, opslag en bewerking

Voor de opslag van neerslagwaarnemingen wordt verwezen naar § 6.5.

Bij peilmetingen waarbij alleen per bui of per vast tijdsinterval op locatie een waarde wordt afgelezen, moeten worden opgeslagen:

identificatie van de meetlocatie, datum, tijdstip, afgelezen peil.

Voor de DWA-metingen moet het volgende worden vastgelegd:

identificatie van de meetlocatie, afmetingen van de pompkelder

daarna een serie van

datum, tijdstip, afgelezen peil.

Uit deze gegevens kan zowel het gemiddelde DWA-debiet (formule (1)) als het DWA-debiet tussen twee waarnemingsmomenten worden bepaald (formule (2)).

$$\bar{Q} = \frac{A_{kelder} (h_n - h_1)}{t_n - t_1} \quad (1)$$

$$Q_i = \frac{A_{kelder} (h_{i+1} - h_i)}{t_{i+1} - t_i} \quad (2)$$

Waarin:	A_{kelder}	oppervlak vrije waterspiegel in de gemaalkelder	[m ²]
	\bar{Q}	gemiddeld DWA debiet in de meetperiode	[m ³ /s]
	Q_i	DWA debiet in het traject tussen waarneming i en waarneming i+1	[m ³ /s]
	h_i	waterpeil op tijdstip t_i	[m]
	t_i	tijdwaarneming nummer i	[s]
	i	volgnummer waarneming	[-]
	n	laatste waarneming	[-]

4.4.6 meetduur

De meetduur kan variëren van één dag tot enkele jaren. Voor het verifiëren van een hydraulische berekening kan één dag waarnemen voldoende zijn. Voor het vaststellen van de frequentie waarmee wateroverlast optreedt, is een langere meetperiode noodzakelijk.

Het meten van waterstanden nabij een overstort met het doel het debiet over de overstortrand te berekenen met een standaard afvoerformule, stelt zeer bijzondere eisen aan de vorm van de overstortput, de overstortrand, de plaats van bevestiging van de opnemer én aan de toegepaste apparatuur, in verband met de gewenste nauwkeurigheid van de metingen. In feite moet de put dan gebouwd worden als een genormeerde meetput [3]. Beter is het de plaatsing te combineren met een ijking van waterstanden en debieten, zodat een locale afvoerformule opgesteld kan worden. In een aantal gevallen moet achter de overstortrand ook een niveaumeting plaatsvinden om de waterstand van het oppervlaktewater te kunnen controleren. Opstuwung als gevolg van te hoge buitenwaterstanden is veelal niet verwerkt in de afvoerformules.

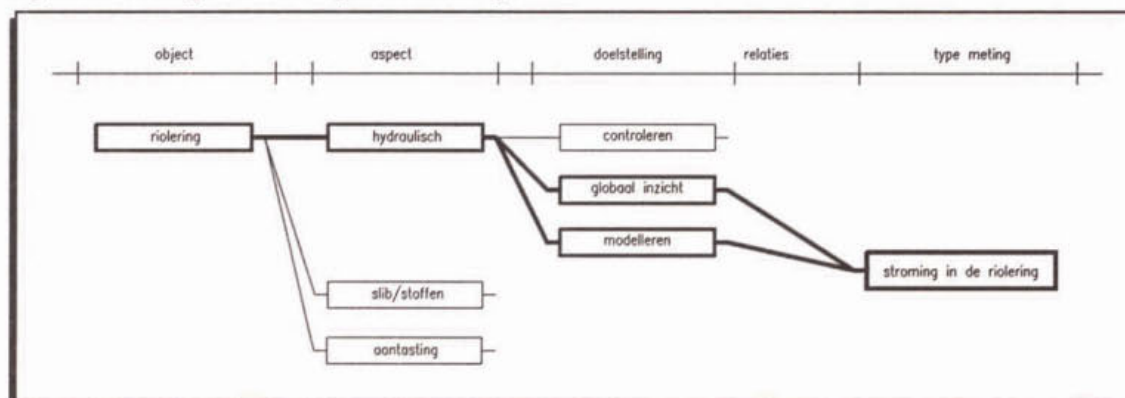
4.5 Stroming

4.5.1 algemeen

Op eenvoudige wijze kunnen metingen en waarnemingen worden verricht om vast te stellen in welke richting en met welke snelheid het water stroomt. De resultaten kunnen worden gebruikt bij het verifiëren van kwantiteitsmodellen van de riolering.

De metingen hebben een incidenteel karakter omdat bij permanente opstellingen niet meer gesproken kan worden van eenvoudige metingen. In de praktijk is met eenvoudige methoden dan ook alleen de DWA te meten.

Figuur 17: Meting van stroming in de riolering.



4.5.2 parameters

De te meten parameters zijn stroomsnelheid en stroomrichting. Hierbij is het van belang een eenduidige afspraak van stroomrichting aan te houden. Deze afspraak moet éénduidig worden vastgelegd bij de geregistreerde meetgegevens. Een voorbeeld van een dergelijke afspraak in de meetopzet volgens figuur 18 is dat de stromingsrichting positief is van put 1 naar put 2.

4.5.3 meetopzet

De meest eenvoudige wijze van metingen aan stroming is door een drijvend voorwerp in het water te volgen, zie ook § 5.3. De stroomsnelheid kan worden geschat door de tijd op te nemen die het voorwerp nodig heeft om de bekende afstand tussen twee rioolputten af te leggen. Deze meting wordt nauwkeuriger als het voorwerp minder door ophopingen van slib in de leidingen wordt gehinderd. Een betrekkelijk kleine drijver met een niet te grote diepgang wordt daarom aanbevolen. Hiervoor kan bijvoorbeeld een tafeltennisballetje met een fluorescerende kleur worden gebruikt; dit balletje moet voor ongeveer de helft met water worden gevuld. In figuur 18 is een meetopzet voor de drijvermetingen gegeven. Voor een goede uitvoering is een drietal personen nodig.

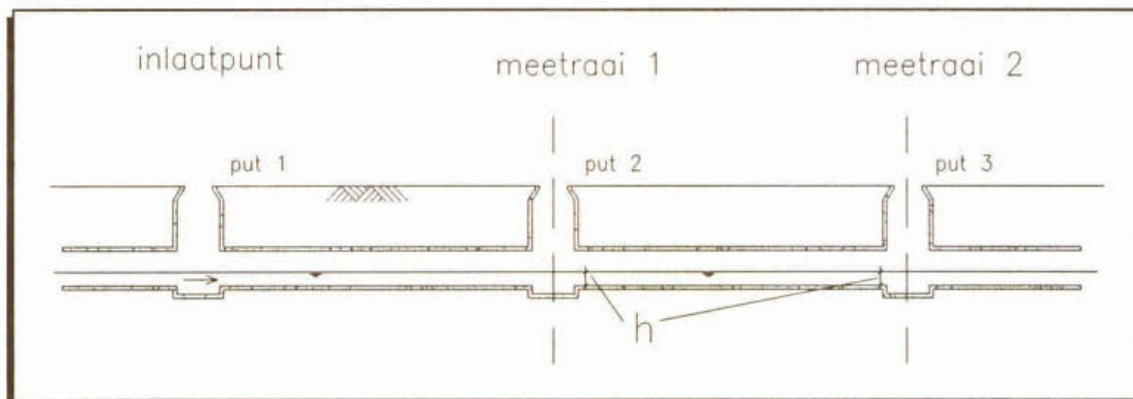
In put 1 wordt de drijver ingelaten, het traject tussen put 1 en 2 wordt gebruikt om de drijver op snelheid te laten komen. De tijd die verstrijkt tussen het passeren van put 2 (meetraai 1) en put 3 (meetraai 2) wordt opgenomen met een stopwatch. De gemiddelde snelheid volgt uit de afstand tussen de putten en de verstreken tijd.

Door tevens de waterstand te meten (met een baak) in zowel put 2 als 3, kan een indicatie voor het debiet worden uitgerekend. De nauwkeurigheid van de meting neemt toe door een aantal waarnemingen achter elkaar te doen en het gemiddelde van de gemeten waarden te gebruiken.

Bij de keuze van het meettraject moet erop worden gelet dat:

- het profiel van de leiding uniform is;
- er in het meettraject tussen put 2 en put 3 geen lozingen op de leiding plaatsvinden;
- de drie putten toegankelijk zijn;
- het riool geen grote obstakels bevat.

Figuur 18 : Meetopzet voor drijvermetingen in de riolering.



De methode met de drijvers is in de riolering uitsluitend toepasbaar zolang er sprake is van een vrije waterspiegel. In de praktijk betekent dat, dat alleen de droogweerafvoer op deze wijze kan worden gemeten.

Een geavanceerder methode van stroomsnelheidsmeting kan plaatsvinden met een sensor die werkt volgens het elektromagnetisch principe, de zogenaamde dompelmeters. Daarbij wordt een stang met aan het uiteinde de sensor gedurende een bepaalde tijd op een representatief punt in de stroming gehouden. Het debiet wordt bepaald uit de stroomsnelheid en het maatgevend dwarsprofiel. Ten behoeve van het dwarsprofiel moet minimaal de waterstand gemeten worden. Dit type meter is kostbaar, maar kan ook voor een bepaalde periode worden gehuurd. Meer geavanceerde stroomsnelheidsmetingen of debietsbepalingen vallen buiten het kader van deze handleiding.

4.5.4 meetnauwkeurigheden en meetfrequentie

Bij de drijvermetingen worden afstand en tijd gemeten. Op zich zelf kunnen beide metingen zeer nauwkeurig worden uitgevoerd, echter de meting kan nogal wat (onbekende) systematische fouten bevatten. Zo kan de drijver gedurende enige tijd stil hebben gelegen door obstakels. Zoiets is niet waar te nemen bij metingen in het rioolstelsel, tenzij er met een videocamera wordt gewerkt of een andere vorm van visuele waarneming in het riool (bijvoorbeeld 'spiegelen'). De betrouwbaarheid van de uit de metingen berekende stroomsnelheid kan worden verhoogd door de metingen een aantal keren kort na elkaar te herhalen en uit te gaan van de gemiddelde berekende stroomsnelheid. Toch kan de op deze wijze bepaalde stroomsnelheid nooit meer dan een indicatie zijn.

Als bijvoorbeeld een etmaalverloop van de DWA moet worden gemeten, moet ten minste om de 30 minuten een waarneming worden gedaan.

Het omrekenen van een waterpeilmeting en een snelheidsmeting naar een debiet leidt tot grote onzekerheden in het resultaat.

Ter illustratie:

In een leiding met een diameter van 800 mm wordt waterpeil van 0,20 m gemeten met een meetfout van 0,01 m (dus een meetfout van 5%), de meetfout in de stroom-

snelheid van 0,25 m/s is 5%. Als wordt aangenomen dat de snelheid uniform is verdeeld over de natte doorsnede (wat zeker niet het geval zal zijn), resulteert dat in een berekend debiet van 24,69 l/s met een meetfout van 12 %. Als in aanmerking wordt genomen dat de genoemde meetnauwkeurigheden onder de condities in de riolering moeilijk haalbaar zijn en in herinnering wordt geroepen dat er nog een aantal systematische fouten in de meetopzet zit, zal duidelijk zijn dat geen hoge nauwkeurigheden mogen worden verwacht bij debietmetingen in gedeeltelijke gevulde leidingen.

4.5.5 gegevens, opslag en bewerking

Voor de drijvermetingen moeten de volgende gegevens worden opgeslagen:

locatie en identificatie van de meetpunten, lengte van het meettraject, leidingprofiel, stroomrichting per meting:

datum, tijdstip, waterstand put 2, waterstand put 3, passage tijd van put 2 naar put 3

De bewerkingen van de drijvermetingen omvatten het omrekenen van de metingen tot stroomsnelheden en debieten.

Het bepalen van het gemiddelde debiet uit een aantal metingen gaat als volgt in zijn werk:

Per meting wordt de snelheid bepaald (formule (3)) en wordt het stroomvoerende oppervlak uitgerekend voor ronde buizen formule (4). Per meting volgt dan het debiet via formule (5).

Het gemiddelde debiet volgt uit het gemiddelde van de berekende debieten.

$$v_i = \frac{L}{\Delta t_i} \quad (3)$$

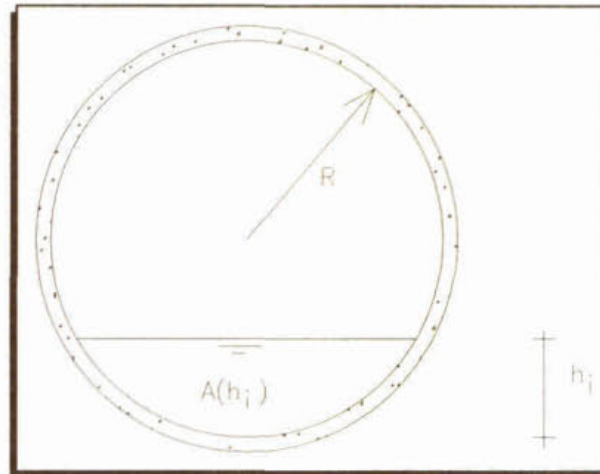
$$A(h_i) = R^2 \arccos\left(1 - \frac{h_i}{R}\right) - (R - h_i) \sqrt{2h_i R - h_i^2} \quad (4)$$

$$Q_i = v_i A(h_i) \quad (5)$$

Waarin:	h_i	waterpeil in meting nummer i	[m]
	R	straal van de leiding	[m]
	v_i	stroomsnelheid in meting i	[m/s]
	Δt_i	waargenomen looptijd van de drijver	[s]
	L	lengte van het meettraject	[m]
	Q_i	debiet in meting i	[m ³ /s]
	$A(h_i)$	oppervlak van het stroomprofiel als functie van het waterpeil	[m ²]
	i	volgnummer van de waarneming	[-]

In figuur 19 is een definitieschets weergegeven voor een ronde leidingdoorsnede. Voor andere profielvormen wordt verwezen naar [2].

Figuur 19 : Definitieschets van de doorsnede van een ronde leiding.



Bij directe snelheidsmeting moeten worden opgeslagen:
locatie en identificatie van de meetput, leidingprofiel, stroomrichting
per meting:
datum, tijdstip, waterstand in de put, snelheid

De omrekening van de waarnemingen naar debiet gaat verder analoog aan de hiervoor beschreven methode.

4.5.6 meetduur

Omdat het om incidentele metingen gaat is de meetduur beperkt en kan, afhankelijk van het meetdoel variëren van ongeveer een uur tot maximaal een etmaal.

4.6 Urenteller van het rioolgemaal (met en zonder ijking)

4.6.1 algemeen

Het gebruik van de urentellers van rioolgemalen verschaft inzicht in het hydraulisch functioneren van de riolering en de hydraulische belasting van de rwzi en kan houvast bieden bij het controleren van hydraulische modellen van de riolering, zie figuur 20. De draaiurenregistratie wordt echter in de praktijk voornamelijk gebruikt om het functioneren van een gemaal te controleren.

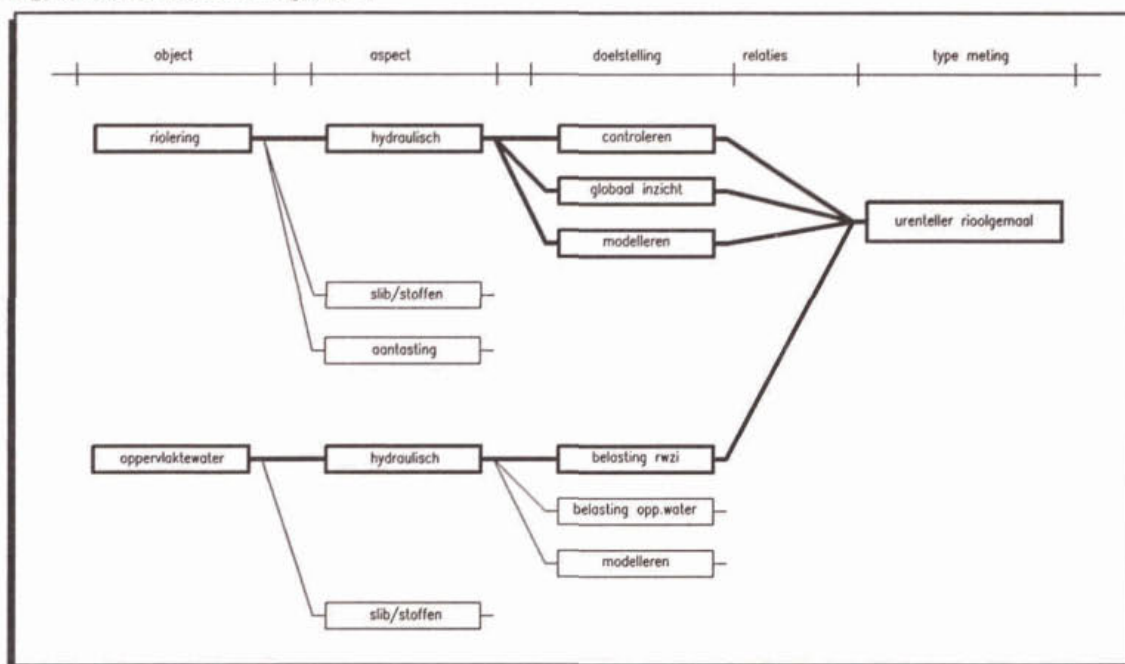
4.6.2 parameters

Het gebruik van de urentelling van een gemaal (zonder ijking) geeft beperkte informatie over de werking van pompen die zijn opgesteld in een gemaal. Door de draaitijden te combineren met de opgestelde theoretische capaciteit van de pompen wordt een indicatie verkregen van de verpompte hoeveelheden water. Indien er grote afwijkingen zijn van de gewenste schakelregimes heeft het gebruik van de waarnemingen een sterke signaalfunctie. Voorbeelden hiervan zijn pendelende pompen, of pompen die in werking treden nadat de nabijgelegen overstort is gaan werken.

4.6.3 meetopzet

In het algemeen is op elke pomp in een gemaal een draaiurenregistratie aanwezig ten behoeve van het onderhoud. In het algemeen is deze registratie vrij grof.

Figuur 20: Urenteller rioolgemaal.



4.6.4 meetnauwkeurigheden en meetfrequentie

De draaiuren worden cumulatief aangegeven op een telwerk, dat onder normale condities regelmatig (eens per week) wordt afgelezen.

De meetnauwkeurigheid hangt voornamelijk af van de afleesfout op het telwerk. Bij het meten over een korte periode (bijvoorbeeld een dag) is een telwerk aan te bevelen dat op een of twee decimalen nauwkeurig is af te lezen.

De meetfrequentie is in dit geval eigenlijk de frequentie waarmee de draaiuren worden opgenomen. Voor naar het verloop van het aantal draaiuren per etmaal moet circa een maal per uur de draaiurenstand worden vastgelegd.

4.6.5 gegevens, opslag en bewerking

Van de draaiuren moeten de volgende gegevens worden vastgelegd

gemaalidentificatie, datum, tijdstip, cumulatief draaiurenaantal

Met deze gegevens kan een verpompt volume worden geschat met een aangenomen (via berekening bepaald) of gemeten werkpunt van het gemaal. Dit werkpunt is bij voorkeur bepaald via ijking (zie [23]) en wordt als een constante waarde gehanteerd. Hierbij worden in- en uitslagverschijnselen van de pomp verwaarloosd. Deze bewerking is alleen mogelijk als er sprake is van een gemaal waarin geen samenloop van pompen optreedt en geen andere gemalen op de betreffende persleiding zijn aangesloten.

4.6.6 meetduur

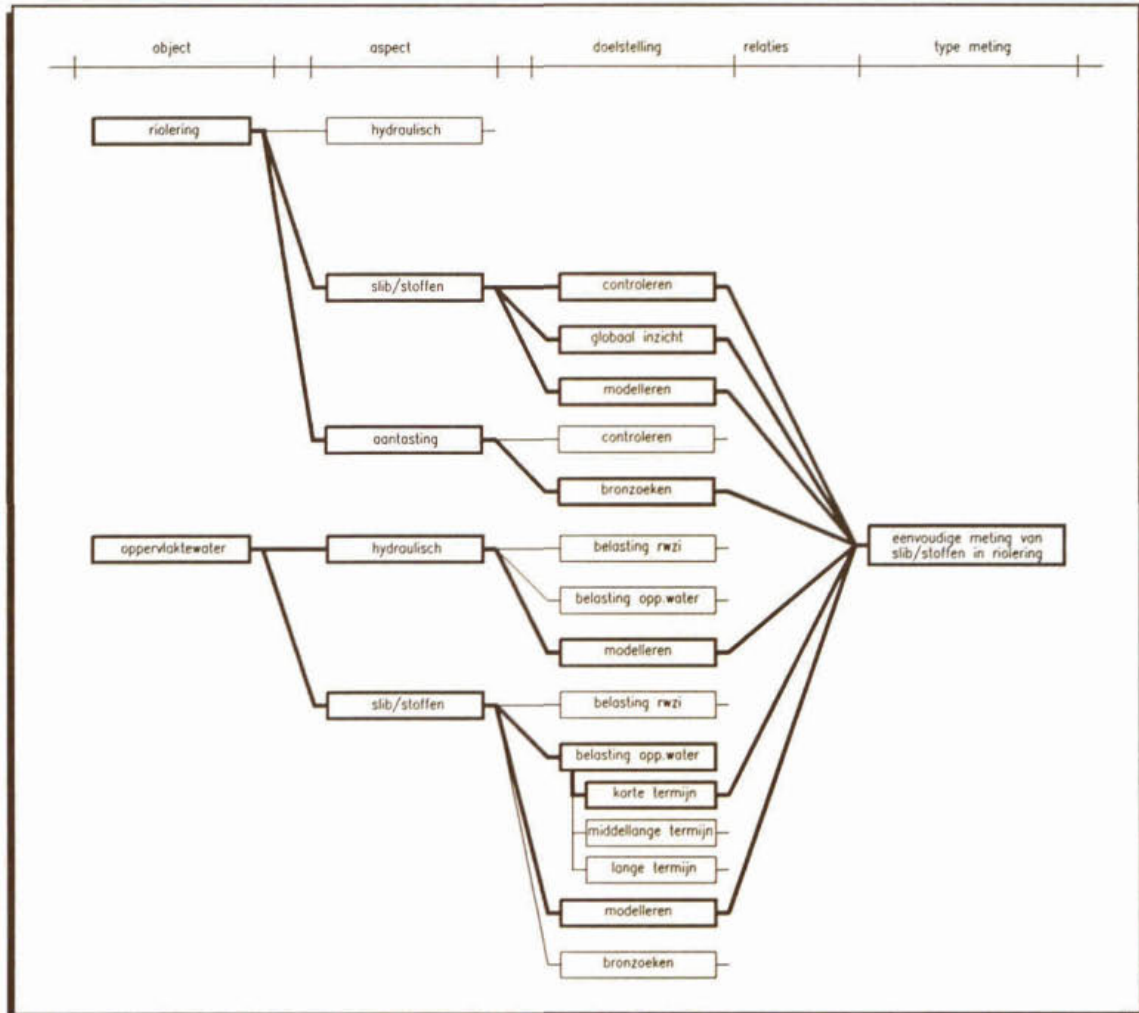
De meetduur kan vrij beperkt zijn als in combinatie met neerslagmeting bijvoorbeeld moet worden nagegaan of op een afvalwatersysteem regenwaterlozingen zijn aangesloten. De routinematige registratie van de draaiuren vindt voortdurend plaats.

4.7 Eenvoudige meting van slib en stoffen

4.7.1 algemeen

Het (eenvoudig) meten van slib en stoffen verschaft globaal inzicht in het functioneren van de riolering ten aanzien van slibtransport en eenvoudig meetbare stoffen. Daarnaast geeft het inzicht in de belasting van het oppervlaktewater. Ook is het zoeken naar bronnen van verontreinigingen die aanleiding zijn tot aantasting van de rioolbuizen mogelijk. Het kan (enig) houvast bieden bij het controleren van vuiluitworpmodellen of kwantiteits- en kwaliteitsmodellen van het ontvangende oppervlaktewater.

Figuur 21: Meting van slib en stoffen in de riolering.



4.7.2 parameters

In de riolering zijn de volgende parameters betrekkelijk eenvoudig te meten

- temperatuur;
De temperatuur wordt met een sensor ter plekke gemeten en kan direct worden uitgelezen.
- zuurstofgehalte;
Het zuurstofgehalte kan met een sensor direct worden gemeten en uitgelezen, zuurstofmeting via een sensor wordt altijd gecombineerd met een temperatuurmeting.

- zuurgraad;

Het meten van de zuurgraad kan met een sensor, maar ook met indicator-papier. De laatste methode is minder nauwkeurig (ongeveer 1 pH-eenheid) maar is zeer goedkoop en snel uit te voeren. pH-meting vindt vaak plaats in onderzoek naar aantasting in de riolering en bij de handhaving van lozingsvergunningen. pH-waarden groter dan 8 en pH-waarden kleiner dan 5 kunnen schadelijk zijn voor leiding- en putmateriaal.

- H₂S-meting;

H₂S-metingen kunnen in de gasfase en in de waterfase worden uitgevoerd. H₂S-meting in de riool atmosfeer is routine bij rioolinspecties of onderhoudswerkzaamheden. De giftigheid van het gas en de kans op vorming van een explosief mengsel maken deze meting noodzakelijk. Er bestaat hiervoor draagbare meetapparatuur. De arbeidsomstandighedenwet (ARBO-wet) stelt eisen aan het werken in de riolering.

Het meten van H₂S in de waterfase vergt laboratorium-onderzoek en is geen eenvoudige meting. Bij de monsternamen moeten in elk geval in-situ de pH, de temperatuur en het zuurstofgehalte worden gemeten. Deze parameters zijn van belang voor het interpreteren van de overige metingen [26].

- elektrisch geleidbaarheidsvermogen (EGV);

Het EGV kan eenvoudig met een sensor worden bepaald. Het EGV is een maat voor de aanwezigheid van electrolyten in het water. Zuiver water is een zwak electrolyt en heeft dus een lage geleidbaarheid, bij toenemende verontreiniging met zouten neemt de geleidbaarheid toe.

- sliblaagdikte;

Het exact vaststellen van de sliblaagdikte is niet eenvoudig omdat deze over de lengte van een leiding sterk kan variëren en in de leiding niet goed meetbaar is met eenvoudige middelen. De parameter sliblaagdikte of de mate van zandophoping vraagt twee waarnemingen: de aard (slib of zand of combinaties) van het materiaal en de dikte van de afzetting. Een globaal beeld van de mate van slibafzetting in een rioolstelsel is een belangrijke indicatie voor het transport van vast materiaal in het stelsel.

- zwevende stof;

Het zwevende-stof gehalte is met eenvoudige middelen slechts zeer indicatief aan te geven. Met behulp van een troebelheidsmeting kunnen variaties in zwevende stof worden aangegeven.

4.7.3 meetopzet

Het langdurig opstellen van elektroden op een min of meer vaste plaats in een rioolstelsel stelt vrij hoge eisen aan de plaats in het rioolstelsel en aan de opstelling. Het onderhoud van de elektroden vraagt veel aandacht. Voor een aantal waarnemingen zal de elektrode een groot meetbereik moeten hebben, vanwege de grote verschillen in voorkomende concentraties. Een sensor met een groot meetbereik heeft over het algemeen een lagere meetnauwkeurigheid.

De opstelling van sensoren in de riolering vraagt speciale aandacht. De sensor moet worden beschermd tegen drijvende delen door middel van opstelling in een beschermingsmantel, die voldoende doorstroomd wordt. Een gedeeltelijk geperforeerde PVC-buis is voor dit doel geschikt.

De plaatsing van de sensor in de stroming is van belang. Opstelling in 'dode hoeken' moet worden vermeden om te voorkomen dat de gemeten waarden niet representatief zijn.

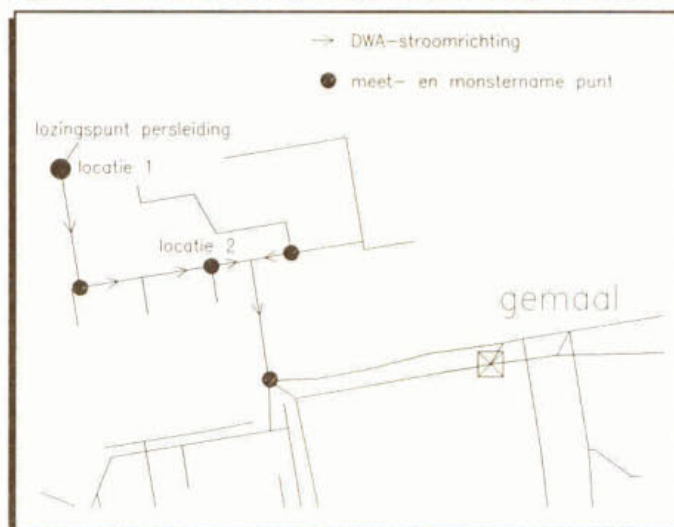
Afhankelijk van de exacte doelstelling van de meting moet een meetopzet worden bepaald.

In het volgende voorbeeld wordt de meetopzet beschreven voor het verzamelen van gegevens voor onderzoek naar aantasting- en stankproblemen bij lozingspunt van een persleiding (zie figuur 22).

De volgende parameters moeten worden gemeten:

- H₂S-concentratie in de riool atmosfeer (op locatie 1 en 2);
- de waterdiepte in het riool (zie ook § 4.4);
- de stroomsnelheid van het water (zie ook § 4.5);
- de O₂-concentratie van het water;
- de pH;
- de temperatuur;
- eventueel wordt een monster genomen voor laboratorium-analyse.

Figuur 22: Voorbeeld meetopzet bij lozing van een persleiding.



Het meten van slibophoping is geen eenvoudige meting, het constateren van ophoping is wel een eenvoudige waarneming waarop in § 7.2 en § 7.3 wordt ingegaan.

4.7.4 meetnauwkeurigheden en meetfrequentie

Als met een bepaald doel wordt gemeten moet de registratienauwkeurigheid van de sensor of de waarneming hiermee in overeenstemming zijn. Per waarneming wordt dat:

- temperatuur;

De temperatuur wordt met een nauwkeurigheid gemeten van 1 à 0,5 °C.

- zuurstofgehalte;

Voor sommige doelen is het voldoende te weten of het water aëroob of anaëroob is (O₂-gehalte > 1 mg/l). Het zuurstofgehalte kan worden uitgelezen op 0,5 mg/l nauwkeurig.

- zuurgraad;

Bij het gebruik van indicatorpapier is een snelle aflezing mogelijk met een nauwkeurigheid van 1 pH-eenheid. Met sensoren is een uitlezing per 0,1 pH-eenheid mogelijk.

- H₂S-meting;

De bepaling van H₂S in afvalwater kan in een laboratorium zeer nauwkeurig geschieden; meting op locatie van de H₂S-concentratie in de riool atmosfeer kan tot op 10 ppm nauwkeurig worden gedaan.

- elektrisch geleidbaarheidsvermogen EGV;

EGV wordt met een sensor bepaald tot op tientallen $\mu\text{S}/\text{cm}$ nauwkeurig. Voor overstortwater (EGV in het bereik van 200 tot 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$) is dat voldoende nauwkeurig. Voor oppervlaktewater (bereik van 500 tot 2000) $\mu\text{S}/\text{cm}$) is afronden op honderdtallen voldoende. Met sensoren is een nauwkeurigheid tot ongeveer 1% van het meetbereik haalbaar.

- slibdikte/zandophoping;

Opslaan in toestandsaspecten volgens [6] en [7]. Meting in centimeters nauwkeurig, opslaan volgens [6] als percentage van de leidingdoorsnede.

- zwevende stof;

Het meten van de troebelheid kan zeer nauwkeurig geschieden (tot 0,5 % van het meetbereik). De vertaling van de gemeten lichtverzwakking of lichtverstrooiing is niet zonder meer vertaalbaar in vaste-stof concentraties.

4.7.5 *gegevens, opslag en bewerking*

De opslag kan min of meer gelijk zijn voor de verschillende waarnemingen: eerst vaste gegevens, daarna de hydraulische gegevens, daarna de kwaliteitsgegevens. Bij incidentele metingen kan alles op één regel, bij een meetserie worden de gegevens over meerdere regels gesplitst.

locatie identificatie, datum, tijdstip, waterstand, stroomsnelheid, concentratie stof x,y,z...

of:

locatie identificatie, datum,

daarna per waarneming:

tijdstip, waterstand, stroomsnelheid, concentratie stof x,y,z...

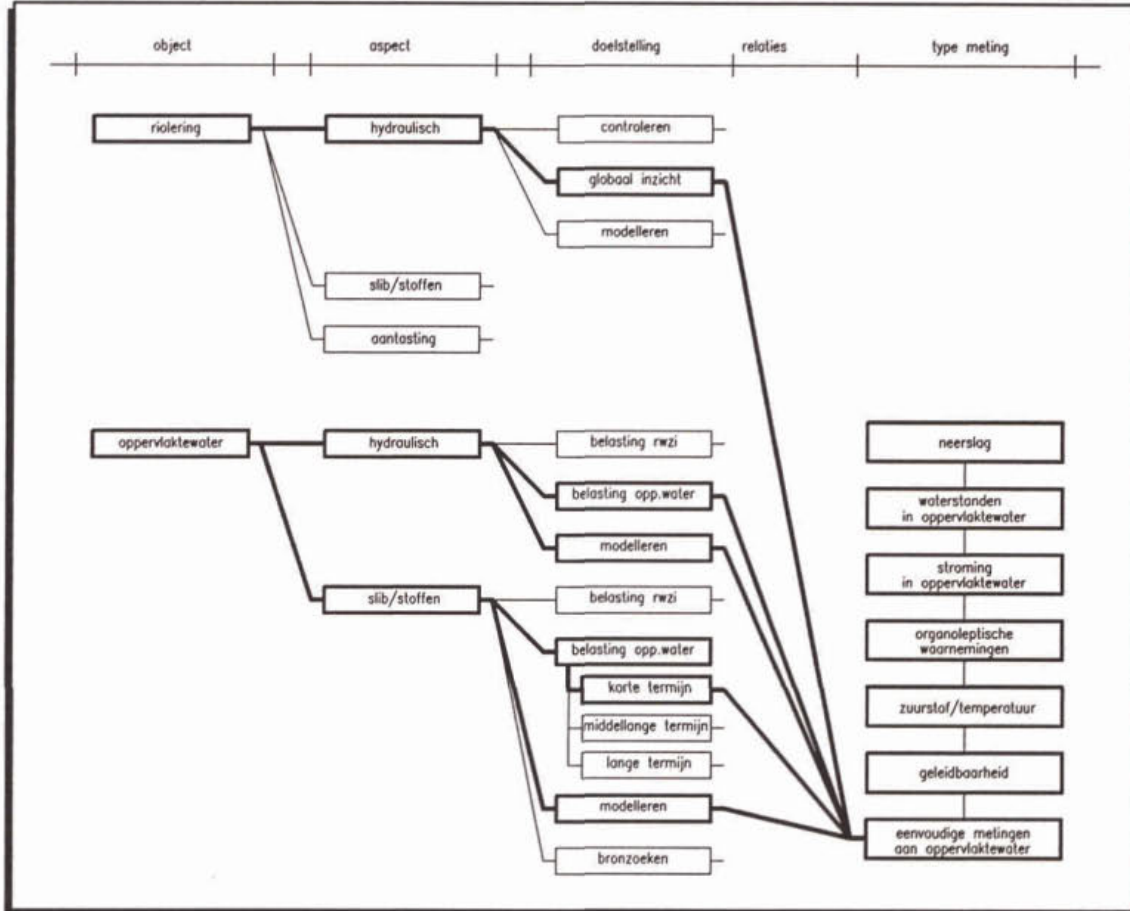
4.7.6 *meetduur*

De meetduur is over het algemeen kort, gezien de problemen met vaste opstelling in de riolering. De meetduur zal lopen van enkele uren tot een etmaal voor metingen waarbij het DWA-verloop van belang is. Dit is bijvoorbeeld van belang bij de lozingen uit een drukrioleringssysteem. De H_2S -concentratie in het geloosde water is afhankelijk van de verblijftijd van het water in het leidingsysteem; daarom zal gedurende een periode van ongeveer een etmaal het verloop van de H_2S -concentratie gevolgd moeten worden.

5 EENVOUDIGE METINGEN AAN OPPERVLAKTEWATER

5.1 Algemeen

Figuur 23: Overzicht eenvoudige metingen aan oppervlaktewater



Eenvoudige metingen en waarnemingen aan het ontvangende oppervlaktewater kunnen voortkomen uit de volgende meetdoelstellingen (figuur 23):

Inzicht in het functioneren van de riolering binnen het watersysteem als geheel:

- in globale termen bepalen van de hydraulische belasting van het oppervlaktewater;
- het verifiëren van hydraulische modellen van het ontvangende oppervlaktewater;
- in globale termen verklaren en vaststellen van korte-termijn effecten van overstromingen op het ontvangende oppervlaktewater;
- het verifiëren van eenvoudig meetbare toestandsvariabelen in kwaliteitsmodellen van het ontvangende oppervlaktewater.

Bij de interpretatie van gegevens van het oppervlaktewater, zoals die met onderstaande metingen en waarnemingen worden vergaard, zijn gegevens over de weersgesteldheid onmisbaar. Hiermee is zowel de actuele situatie ten tijde van de waarneming van belang, als ook de voorgeschiedenis. Bepalend voor de conclusies die uit de waarnemingen kunnen worden getrokken, zijn de neerslagsituatie en de overstromingen in de voorafgaande periode.

In dit hoofdstuk zullen de volgende eenvoudige metingen en waarnemingen aan het ontvangende oppervlaktewater worden besproken:

- waterstanden;

- stroming (richting en schatting van de snelheid);
- organoleptisch waarneembare hoedanigheid van het oppervlaktewater (kleur, geur, drijvend materiaal, afzetting van materiaal op de oevers);
- zuurstof- en temperatuurmeting;
- geleidbaarheidsmeting.

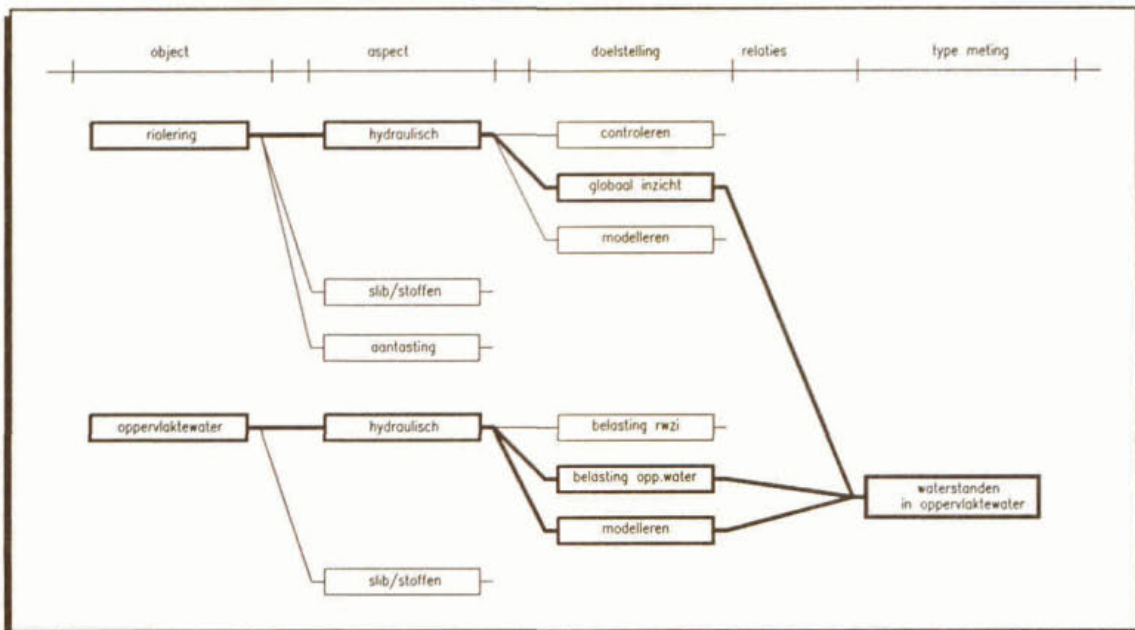
De aandacht zal beperkt blijven tot de korte-termijn effecten (tijdschaal : uren) omdat meten aan processen op grotere tijdschaal (zie [1]) de inzet van middelen vraagt die buiten het kader van deze handleiding vallen. Voor de opzet van meetprogramma's die wel geschikt zijn voor het bestuderen van processen op grotere tijdschaal wordt verwezen naar [25].

5.2 Waterstanden

5.2.1 algemeen

Waterstanden in open waterlopen worden op routinematige basis gemeten in hydrologische meetnetten. Deze meetnetten worden voornamelijk door waterkwantiteitsbeheerders gebruikt voor het peilbeheer. In veel gevallen zullen deze meetstations niet op de locatie liggen waar een onderzoek naar bijvoorbeeld de effecten van een rioloverstort op het oppervlaktewater worden gemeten. Desondanks kan het van belang zijn om voorafgaand aan het zelf verrichten van metingen na te gaan of er geen regulier meetstation in de omgeving van de onderzoeklocatie is en of de meetresultaten hiervan wellicht bruikbaar zijn.

Figuur 24: Meten van waterstanden in het oppervlaktewater.



De gemeten waterstanden in het ontvangende oppervlaktewater kunnen worden gebruikt bij het verifiëren van hydraulische modellen.

Bovendien is het van belang het verloop van de waterstanden te kennen bij het hydraulisch doorrekenen van de riolering. Immers aan de hand van de waargenomen waterstanden kan worden nagegaan of er sprake is geweest van waterstanden boven het peil van de overstortdrempel of dat er tijdens een overstorting sprake is geweest van een onvolkomen overlaatsituatie.

Indien het ontvangende oppervlaktewater alleen wordt gevoed door overstortwater, bijvoorbeeld een overstortvijver, kan het waterstandsverloop ook worden gebruikt om de overgestorte hoeveelheid water te schatten.

5.2.2 parameters

De te meten parameters zijn het waterpeil en het tijdstip.

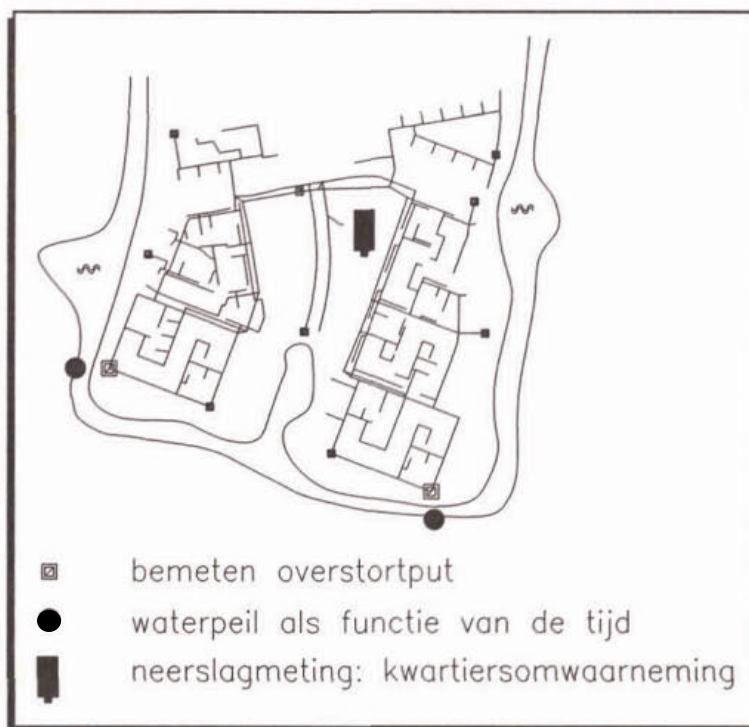
5.2.3 meetopzet

De eenvoudigste manier om waterstanden te registreren is met behulp van bestaande (of eventueel te plaatsen) peilschalen, die regelmatig worden afgelezen.

Meer geavanceerde peilmetingen die continu uitgevoerd worden, bestaan uit een opstelling met een vlotter of drukdoos die is verbonden met een datalogger [23].

Figuur 25 toont een meetopzet waarin waterstandsmetingen worden gedaan in een tweetal overstorten. Om te controleren of er tijdens overstortingen sprake is van overgangen van een volkomen naar een onvolkomen overlaatsituatie (verdrongen raken van een overstort) ten gevolge van hoge waterstanden in het oppervlaktewater moeten deze waterstanden worden gemeten. Hierbij is het noodzakelijk om te meten met een zelfde meetnauwkeurigheid en meetfrequentie als wordt gehanteerd bij de waterstandsmetingen in het riool. Bij voorkeur moeten de registratiemomenten synchroon lopen.

Figuur 25: Voorbeeld van een meetopzet voor waterstanden in oppervlaktewater.



5.2.4 meetnauwkeurigheden en meetfrequentie

De meetnauwkeurigheid voor vaste peilschalen is 0,01 à 0,02 m en is voor de meeste toepassingen voldoende. Met drukopnemers kunnen nauwkeurigheden variërend van 0,002 tot 0,05 m worden gehaald; de nauwkeurigheid is sterk afhankelijk van het type en de uitvoering van de sensor en van de omstandigheden waaronder wordt gemeten (bijvoorbeeld rustig stromend versus golvend wild oppervlak).

De meetfrequentie kan variëren van incidenteel tot zeer regelmatig (eens per 5 minuten bij automatische registratie) en is afhankelijk van het doel van de metingen.

5.2.5 gegevens, opslag en bewerking

De gegevens die moeten worden opgeslagen zijn:

identificatie meetpunt, datum, tijdstip, waterpeil

Voor de vastlegging van neerslaggegevens wordt verwezen naar § 6.5.

5.2.6 meetduur

De meetduur kan variëren van één dag tot enkele jaren. Voor het verifiëren van een hydraulische berekening kan één dag waarnemen voldoende zijn.

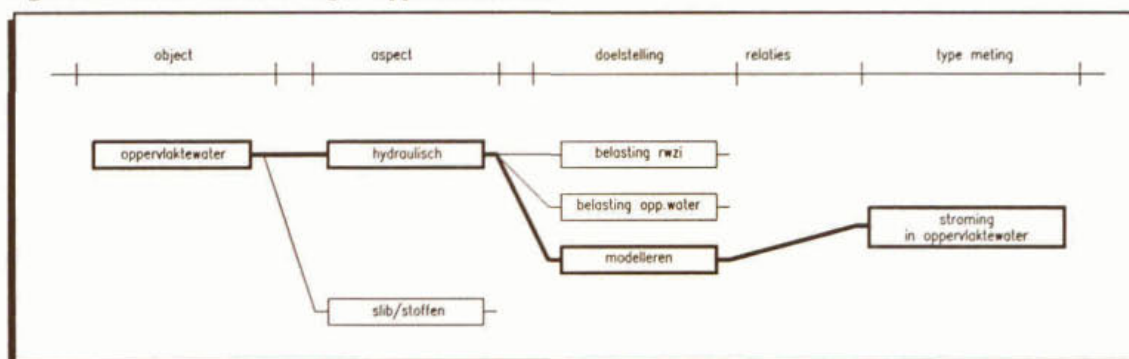
Als er tevens metingen aan het functioneren van riooloverstorten worden verricht, worden meetduur en meetperiode van metingen aan het oppervlaktewater ook bepaald door de meetduur van het meetprogramma aan de riolering.

5.3 Stroming

5.3.1 algemeen

Op eenvoudige wijze kunnen metingen en waarnemingen worden verricht om vast te stellen in welke richting en met welke snelheid het water stroomt. De resultaten kunnen worden gebruikt bij het verifiëren van kwantiteitsmodellen van het oppervlaktewater.

Figuur 26: Meten van stroming in oppervlaktewater.



5.3.2 parameters

De te meten parameters zijn stroomsnelheid en stroomrichting. Hierbij is het van belang een eenduidige definitie van stroomrichting aan te houden.

5.3.3 meetopzet

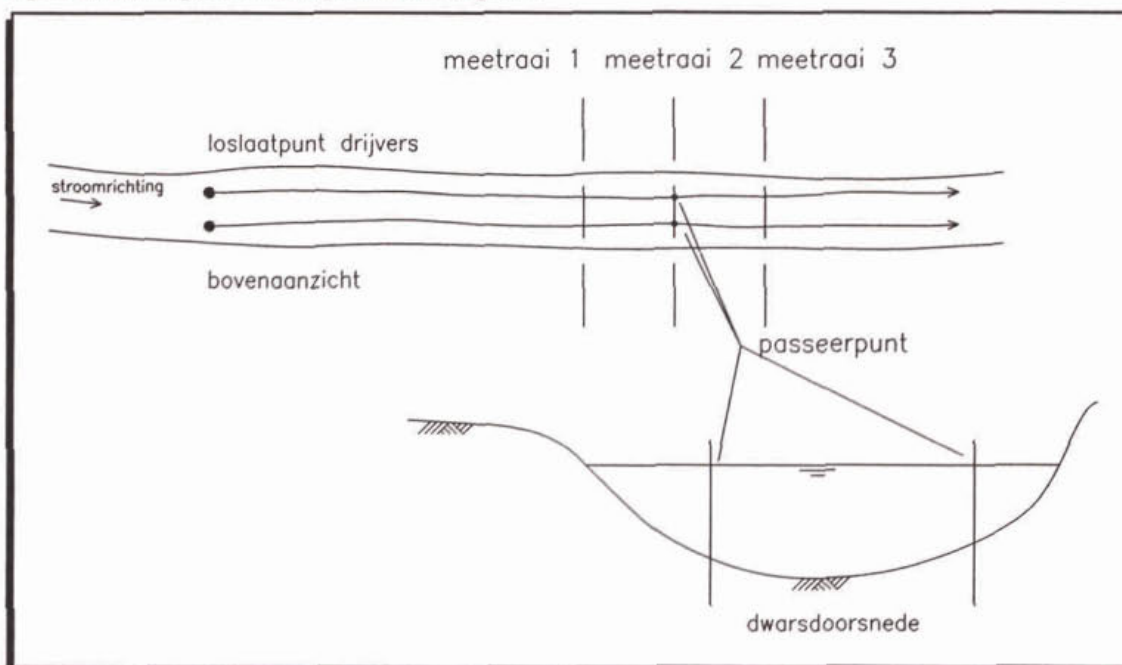
De meest eenvoudige wijze van metingen aan stroming is door een drijvend voorwerp in het water te volgen. De stroomsnelheid kan worden geschat door de tijd op te nemen die het voorwerp nodig heeft om de bekende afstand tussen twee punten af te leggen. Deze meting wordt nauwkeuriger wanneer het voorwerp minder door de wind wordt beïnvloed. Daarom moet een drijvend voorwerp worden gekozen dat niet meer dan 5 à 10 % boven het wateroppervlak uitsteekt. In figuur 27 is de meetopzet voor het gebruik van drijvers weergegeven.

De keuze van de meetlocatie wordt bepaald door de volgende voorwaarden [23]:

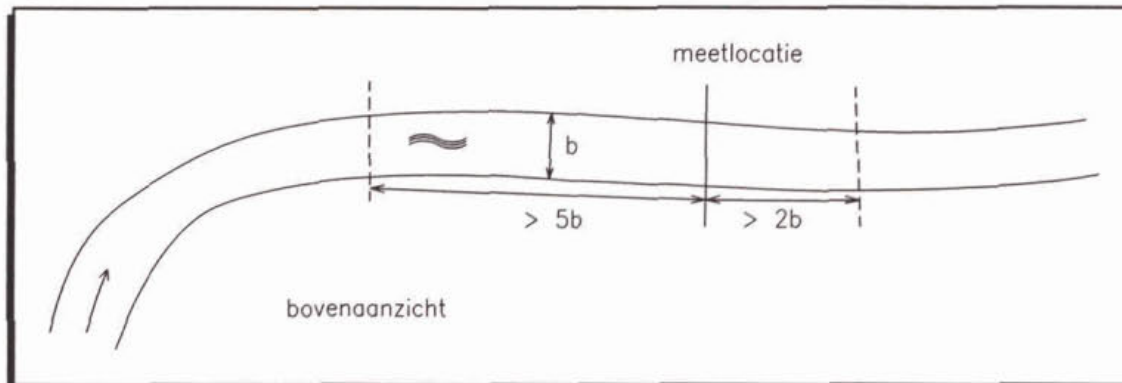
- de stroomrichting op de meetraaien is zo uniform mogelijk. Er mogen geen neren voorkomen;
- het meettraject is zo recht mogelijk over een lengte als aangegeven in figuur 28;
- de waterdiepte is groter dan 0,30 m;

- er bevinden zich geen obstakels in het meettraject;
- de meetlocaties moeten toegankelijk zijn.

Figuur 27: Meetopzet voor het gebruik van drijvers.



Figuur 28: Locatie van de meetraai.



Een meer geavanceerde methode van stroomsnelheidsmeting kan worden uitgevoerd met een schroefpropeller-molen. Daarbij wordt een stang met aan het uiteinde een lichtdraaiend molentje gedurende een bepaalde tijd op een representatief punt in het stromend oppervlaktewater gehouden. Het aantal omwentelingen is een maat voor de stroomsnelheid. Er bestaan ook vergelijkbare stroomsnelheidsmeters die volgens het electromagnetische principe werken.

5.3.4 meetnauwkeurigheden en meetfrequentie

Bij de drijvermetingen worden afgelegde afstand en tijd gemeten. Beide metingen kunnen zeer nauwkeurig worden uitgevoerd, doch kunnen nogal wat (onbekende) systematische fouten bevatten: de drijver kan door de wind gehinderd zijn of uit de hoofdstroom gedreven zijn naar een stroombaan met een lagere stroomsnelheid. De betrouwbaarheid van de uit de metingen berekende stroomsnelheid kan worden verhoogd door de metingen een aantal malen kort na elkaar te herhalen en uit te gaan van de gemiddeld berekende stroomsnelheid. De resultaten

van de metingen worden nauwkeuriger door de meting op een aantal punten in het dwarsprofiel te herhalen en de gevonden waarden met het theoretisch snelheidsprofiel te herleiden tot een gemiddelde stroomsnelheid over het dwarsprofiel. Hieruit wordt het debiet berekend, volgens de "velocity-area method" [3]. Met deze methode zijn bij zorgvuldige uitvoering meetnauwkeurigheden van 5 tot 10 % haalbaar. Meer geavanceerde stroomsnelheidsmetingen of debietmetingen vallen buiten het kader van deze handleiding.

5.3.5 gegevens, opslag en bewerking

De volgende gegevens van de drijfvermetingen moeten worden opgeslagen:
 locatie en identificatie meetpunten, lengte meettraject, stroomrichting
 per meting:
 datum, tijdstip, waterstand raai 2, waterstand raai 3, passage tijd van raai 2 naar raai 3

Bij directe snelheidsmeting worden de volgende gegevens opgeslagen:
 locatie en identificatie van de meetput, profielbeschrijving, stroomrichting
 per meting:
 datum, tijdstip, waterstand, snelheid

Voor bewerkingen van de metingen naar debieten wordt verwezen naar de beschrijvingen van de 'velocity-area'-methoden in [23] en [3].

5.3.6 meetduur

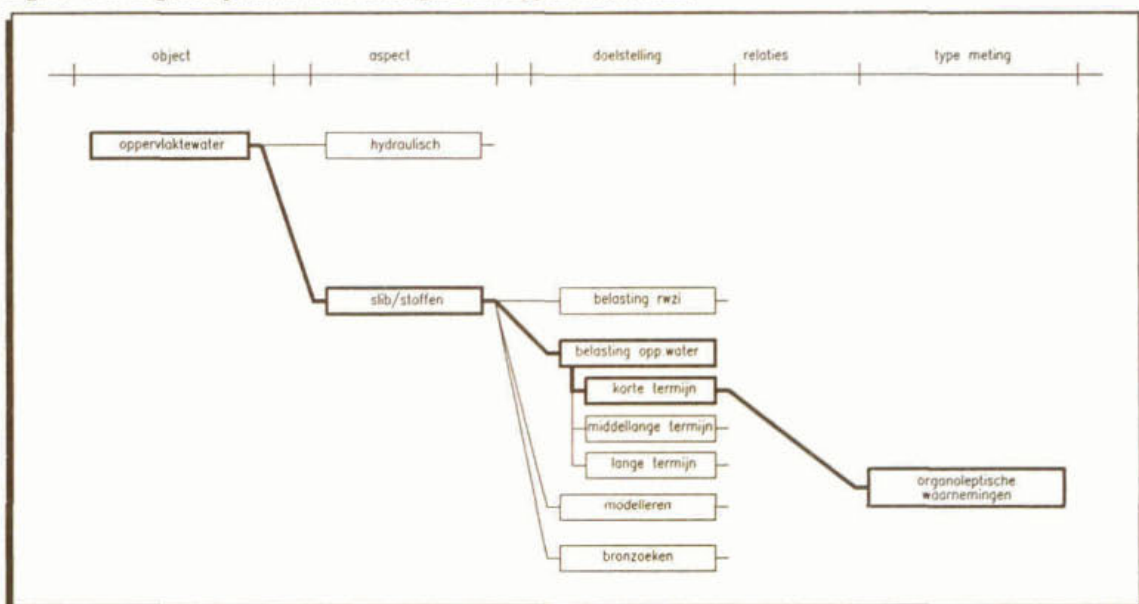
De meetduur kan variëren van enkele uren tot één dag. Voor het verifiëren van hydraulische berekeningen kan, bij voldoende variatie in de stroming, één dag voldoende zijn.

5.4 Organoleptische waarnemingen

5.4.1 algemeen

Onder organoleptische waarnemingen worden waarnemingen verstaan die praktisch zonder hulpmiddelen met de menselijke zintuigen kunnen worden gedaan.

Figuur 29: Organoleptische waarnemingen aan oppervlaktewater.



Voor het oppervlaktewater gaat het om visuele waarnemingen en geur. Geluid en smaak spelen hier geen rol.

Met behulp van deze waarnemingen kan een indruk worden verkregen van het effect van een overstorting op het ontvangende oppervlaktewater. Bij een relatief grote overstorting op een klein oppervlaktewater zal direct waarneembaar bewijs achterblijven. Met name wanneer een overstorting een flinke peilstijging van het ontvangende oppervlaktewater tot gevolg heeft, kunnen vaste, drijvende bestanddelen op de oevers achterblijven.

5.4.2 *parameters*

De parameters die kunnen worden waargenomen zijn:

- geur in de omgeving van de overstort;
- kleur en troebelheid van het water;
- de aanwezigheid van vast overstortmateriaal (bijvoorbeeld papierresten, plastics, fecaliën);
- afkalving van de oever;
- opgetreden peilstijging door afzetting van slib of overstortmateriaal op de oever boven de waterspiegel.

Tijdens en direct na een overstorting uit een gemengd rioolstelsel is vaak een onmiskenbare rioollucht waarneembaar, deze verdwijnt als regel binnen enkele uren. Daarnaast kan ten gevolge van het optreden van rottingsprocessen in het oppervlaktewater een rottingslucht worden waargenomen. Deze is niet direct gekoppeld aan het optreden van overstortingen en is over een langere periode waarneembaar.

Na een overstorting uit een gemengd rioolstelsel is vaak een verkleuring en een troebelheid van het oppervlaktewater waarneembaar. Afhankelijk van de doorstroming van het oppervlaktewater is deze verkleuring en troebelheid tot enkele uren na de overstorting waarneembaar. De verkleuring kan variëren van melkachtig wit via groen/bruin tot zwart. Met behulp van een eenvoudig hulpmiddel als de Secchi-schijf is de troebelheid te kwantificeren door meting van de doorzichtdiepte.

Na overstortingen uit gemengde rioolstelsels zijn vaak de volgende verschijnselen zichtbaar:

- afzetting van slib op de overbegroeiing;
- afkalving van de tegenover een overstort gelegen oever;
- de aanwezigheid van vast overstortmateriaal;
- de aanwezigheid van dode vis.

Het verdient aanbeveling deze waarnemingen vast te leggen op foto.

Door kort na het optreden van een overstorting omwonenden te vragen naar effecten van de overstorting kan waardevolle extra informatie worden verkregen. Voor een meer structureel onderzoek moet de omwonenden op voorhand om hun medewerking worden gevraagd. Zij dienen dan te letten op:

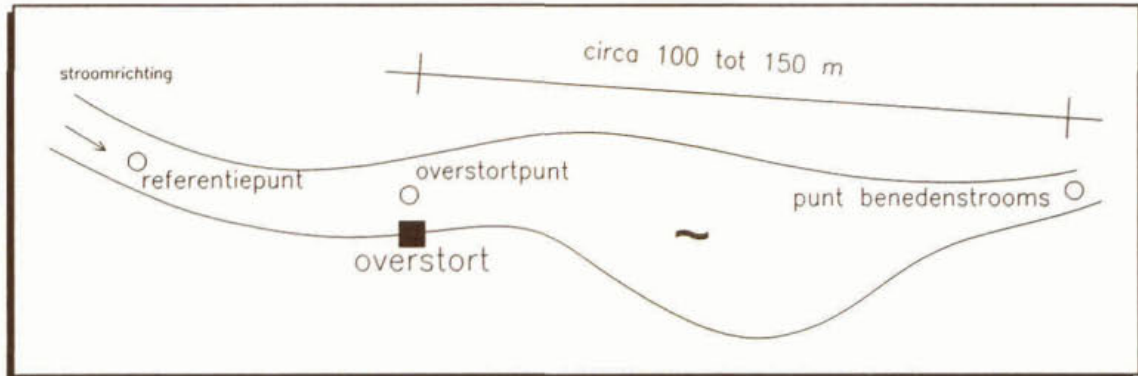
- duur van de overstorting;
- begin tijdstip;
- intensiteit (schatting);
- stank (intensiteit en duur);
- peilstijgingen.

5.4.3 *meetopzet*

In figuur 30 is een voorbeeld van een meetopzet weergegeven. In het voorbeeld worden op de aangegeven locatie na een overstorting waarnemingen gedaan aan geur, kleur en troebelheid, de aanwezigheid van vast overstortmateriaal en andere visuele tekenen van het optreden van

een overstorting. In het voorbeeld is sprake van een drietal waarnemingspunten: een referentiepunt, een overstortpunt en een benedenstrooms gelegen punt. Op het referentiepunt wordt aangenomen dat de condities hier niet zijn of worden beïnvloed door riooloverstortingen of andere lozingen (dit moet wel worden geverifieerd), en dient als vergelijkingsbasis voor de andere twee waarnemingspunten. Het benedenstrooms gelegen waarnemingspunt kan worden gebruikt om een indicatie te krijgen hoe ver de invloed van een overstorting zich uitstrekt.

Figuur 30: Meetopzet voor organoleptische waarnemingen.



Zo mogelijk moet op alle drie de referentiepunten omwonenden worden gevraagd naar bijzonderheden ten tijde van of direct na de overstorting.

5.4.4 meetnauwkeurigheden en meetfrequentie

De meetnauwkeurigheden zijn niet of moeilijk te kwantificeren waar het gaat om organoleptische waarnemingen. Het verdient dan ook aanbeveling om daar waar mogelijk de visuele waarnemingen op foto vast te leggen zodat onderlinge vergelijkingen mogelijk blijven.

De waargenomen peilstijgingen hebben een nauwkeurigheid van ongeveer 10 cm, de nauwkeurigheid van de doorzichtdiepte, gemeten met een secchi-schijf is 1 tot 3 cm afhankelijk van de waarnemer en de doorzichtdiepte.

Afhankelijk van het doel van de waarnemingen wordt de meetfrequentie bepaald. Om de invloed van riooloverstortingen op het oppervlaktewater na te gaan, moet na elke overstorting worden waargenomen. In deze opzet moet in elk geval worden vastgesteld of een bepaalde overstort heeft gewerkt, zie onder meer § 4.2.

5.4.5 gegevens, opslag en bewerking

Per waarnemingspunt moet worden vast gelegd:

overstortidentificatie, type meetpunt (referentie, overstort, of benedenstrooms), datum en tijdstip van de waarneming, (vermoedelijke) datum en tijdstip van de laatste overstorting,

En voor de waarnemingen:

- kleur van het water, troebelheid (doorzichtdiepte)
- geur
- aanwezigheid van vast overstortmateriaal
- bijzonderheden
- resultaten van een eventuele enquête onder de omwonenden van het waarnemingspunt.
- foto's met nummer en tijd.

Het vastleggen op foto kan waardevol zijn. Bij het verwerken en interpreteren van de gegevens wordt hierdoor de overdraagbaarheid groter. Het verdient aanbeveling voor fotomateriaal een éénduidig coderingsysteem op te zetten [15], [16].

5.4.6 meetduur

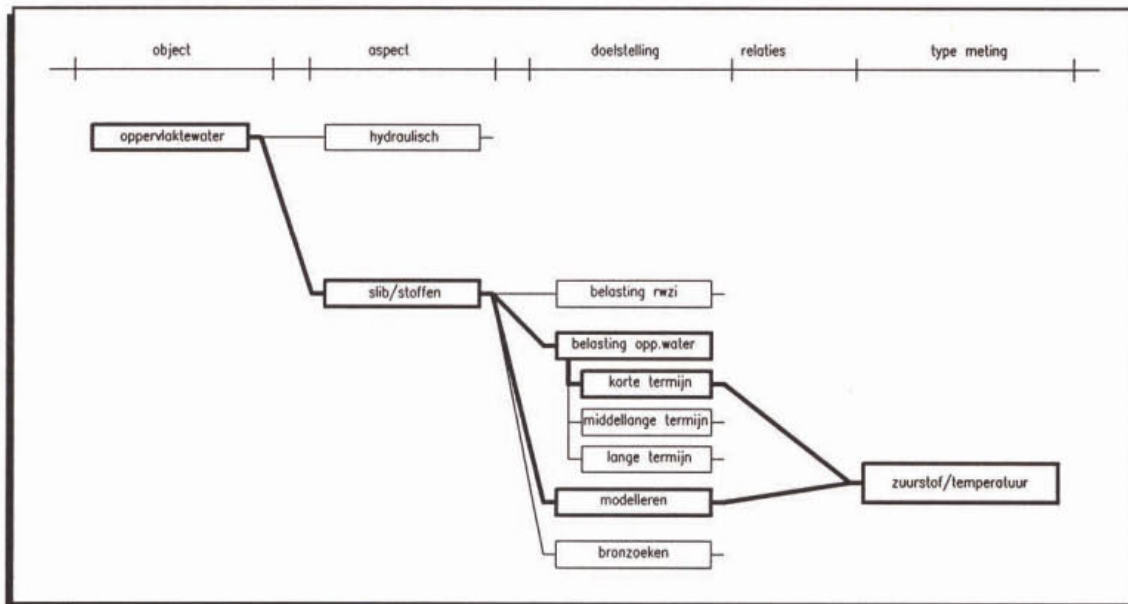
De meetduur kan zich beperken tot één overstorting, waarmee een eerste indruk wordt verkregen, of tot een periode van één jaar, waarin alle seizoenen passeren.

5.5 Zuurstof- en temperatuurmeting

5.5.1 algemeen

Temperatuur- en zuurstofgehalte worden gecombineerd gemeten. Met behulp van de resultaten van zuurstof- (en temperatuur-)meting kan een indruk worden verkregen van het effect van een overstorting op de zuurstofhuishouding van het ontvangende oppervlaktewater. Ook kunnen modellen waarmee de zuurstofhuishouding van een oppervlaktewater wordt beschreven worden geverifieerd, dit op voorwaarde dat de overige voor verificatie noodzakelijke gegevens beschikbaar zijn, zoals hydraulische gegevens van het oppervlaktewater en de omvang van de overstorting. Deze hydraulische gegevens kunnen veelal niet met eenvoudige metingen verzameld worden.

Figuur 31: Meten van temperatuur en zuurstofgehalte van oppervlaktewater.



5.5.2 parameters

De te meten parameters zijn de temperatuur, de zuurstofconcentratie in het water (absoluut of als percentage van de verzadigingswaarde) en de tijd.

5.5.3 meetopzet

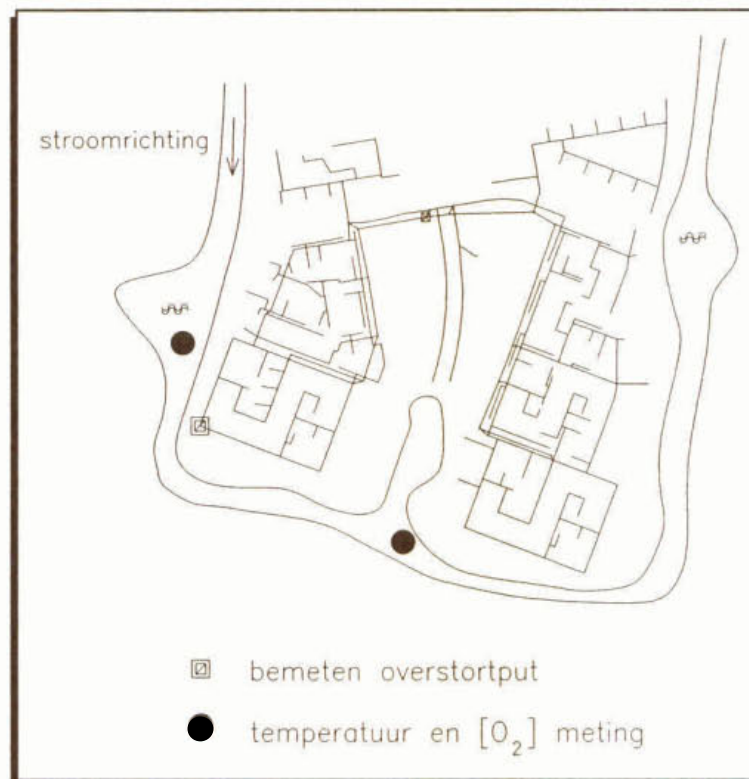
Bij het meten van het zuurstofgehalte moet minimaal op twee lokaties worden gemeten: op een punt stroomafwaarts en op een punt stroomopwaarts van de overstort. Dit om effecten anders dan van de overstorting te kunnen onderscheiden. Met één meetpunt is niet te onderscheiden of zuurstofloosheid ontstaat door de bemeten overstorting of door een benedenstrooms gelegen overstort die niet bemeten was. Voor model-ijking en -verificatie zijn minimaal twee meetpunten stroomafwaarts gewenst. Dit om de afbraaksnelheid van organisch materiaal en daarmee de opnamesnelheid van zuurstof te kunnen vaststellen. Deze procesparameter is namelijk afhankelijk van het type organisch materiaal in het oppervlaktewater dat voor een belangrijk deel door de overstorting zal worden bepaald. De locatiekeuze van het tweede meetpunt is afhankelijk

van stroomsnelheid, type oppervlaktewater, omvang en belasting tijdens de overstorting en van de belasting bovenstrooms van de overstort.

De metingen kunnen worden verricht tijdens regelmatig bezoek van een waarnemer met meetapparatuur. Daarmee is de kans echter klein dat metingen worden verricht juist tijdens of kort na een overstorting. Beter is het om naast de regelmatige metingen, metingen te koppelen aan overstortingen.

Dit kan worden gedaan door direct na neerslag van betekenis (een neerslaghoogte groter dan de onderdrempelberging van het rioelstelsel) te gaan meten.

Figuur 32: Meetopzet voor zuurstof- en temperatuurmeting.



De meeste zekerheid wordt echter verkregen met continumeting door de zuurstofmeter te koppelen aan een datalogger. De continumeting levert een tijdreeks met kleine tijdstap op (bijvoorbeeld een kwartier of onder speciale condities een kleinere tijdstap), waardoor de resultaten meerwaarde krijgen.

5.5.4 meetnauwkeurigheden en meetfrequentie

De gewenste meetnauwkeurigheid is voor de meeste doeleinden 0,2 mg/l en 0,2 °C. De meetfrequentie is afhankelijk van de meetopstelling en -doelstelling. De meetfrequentie van bepaalde sensoren is veelal meerdere keren per minuut, de opslag van de metingen is voor de meeste doeleinden met één keer per 15 minuten voldoende. In sommige gevallen kan (bijvoorbeeld bij een O₂-gehalte lager dan 2 mg/l) de opslag worden opgevoerd tot één keer per 5 minuten.

5.5.5 gegevens, opslag en bewerking

Bij een incidentele waarneming kan de informatie op één regel worden opgenomen, bij meetreeksen wordt per waarneming één regel gebruikt:

locatie-identificatie, datum, tijdstip, zuurstofgehalte, temperatuur
of:

locatie-identificatie, datum,
en daarna per tijdstip:
tijdstip, zuurstofgehalte, temperatuur

5.5.6 meetduur

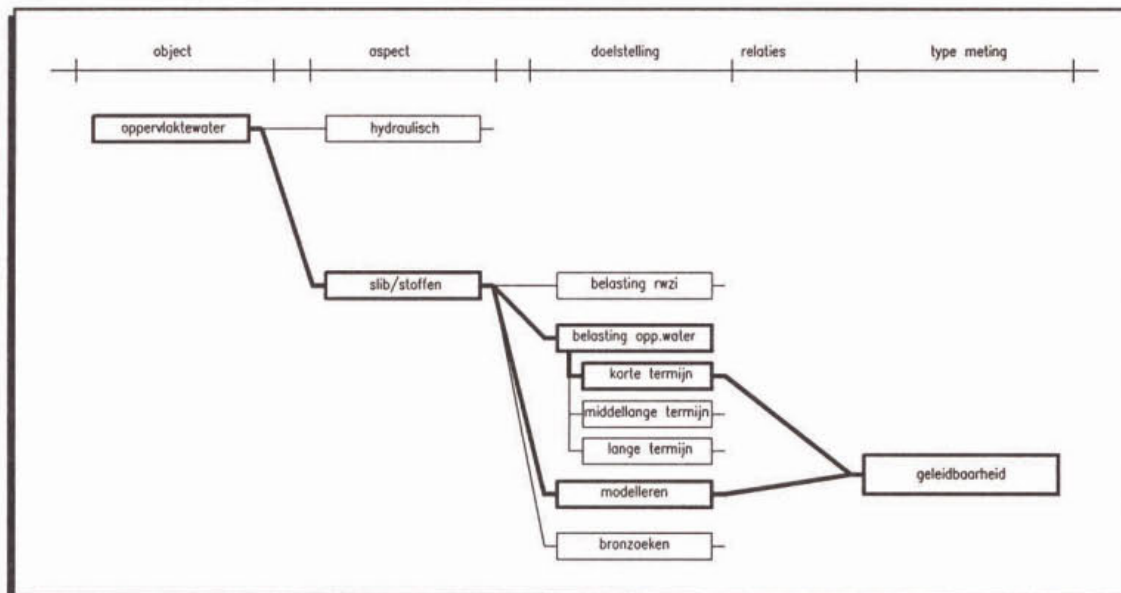
De meetduur kan variëren van een enkele waarneming tot meerdere jaren.

5.6 Geleidbaarheidsmeting

5.6.1 algemeen

Met een geleidbaarheidsmeting wordt inzicht verkregen in het geleidbaarheidsvermogen van water voor elektrische stroom (Elektrisch GeleidingbaarheidsVermogen, EGV). Het geleidbaarheidsvermogen wordt groter naarmate er meer elektrisch geladen deeltjes (ionen) in het water zitten. Uit het NWRW-onderzoek [9, 10 en 11] is gebleken dat overstortwater over het algemeen een duidelijk lager geleidbaarheidsvermogen heeft dan oppervlaktewater. Het EGV kan daarmee in de meeste situaties, niet te lang (orde 1 dag) na een overstorting als tracer voor het overstortwater worden gebruikt.

Figuur 33: Meting van geleidbaarheid in oppervlaktewater.



Voor meting van het EGV is eenvoudige apparatuur te koop. Deze bestaat uit een elektrode en een meetversterker met uitleesvenster.

5.6.2 parameters

De te meten parameters zijn de tijd en het elektrisch geleidbaarheidsvermogen (EGV).

5.6.3 meetopzet

De metingen kunnen worden verricht bij het regelmatig bezoek van een waarnemer, gewapend met deze meetapparatuur. Daarmee is de kans echter klein dat metingen worden verricht tijdens of kort na overstortingen. Beter is het om naast de regelmatige metingen, metingen te koppelen aan overstortingen. Het gebruik van neerslaggegevens geeft hierbij ook enig houvast. De meeste zekerheid wordt echter verkregen met continumeting door de EGV-meter te koppelen aan een datalogger. De continumeting levert een tijdreeks met kleine tijdstap (bijvoorbeeld een kwartier), waardoor de resultaten meerwaarde krijgen.

5.6.4 *meetnauwkeurigheden en meetfrequentie*

EGV wordt met een sensor bepaald tot op tientallen $\mu\text{S/cm}$ nauwkeurig. Voor meten aan overstortwater (bereik 200-600 $\mu\text{S/cm}$) is dat voldoende nauwkeurig, voor oppervlaktewater (bereik 500-2000) $\mu\text{S/cm}$) is afronden op honderdtallen voldoende. De meetfrequentie van een permanente opstelling zal ongeveer één keer per 15 minuten moeten zijn. Zonodig kan de gekoppelde datalogger worden ingesteld op een kleiner tijdsinterval als een bepaalde waarde onderschreden wordt.

5.6.5 *gegevens, opslag en bewerking*

Voor incidentele metingen kan alles op één regel, bij een meetserie worden de gegevens over meerdere regels gesplitst:

locatie-identificatie, datum, tijdstip, EGV

of:

locatie-identificatie, datum

daarna per waarneming:

tijdstip, EGV

5.6.6 *meetduur*

De meetduur kan variëren van één incidentele meting tot meetreeksen van meerdere jaren.

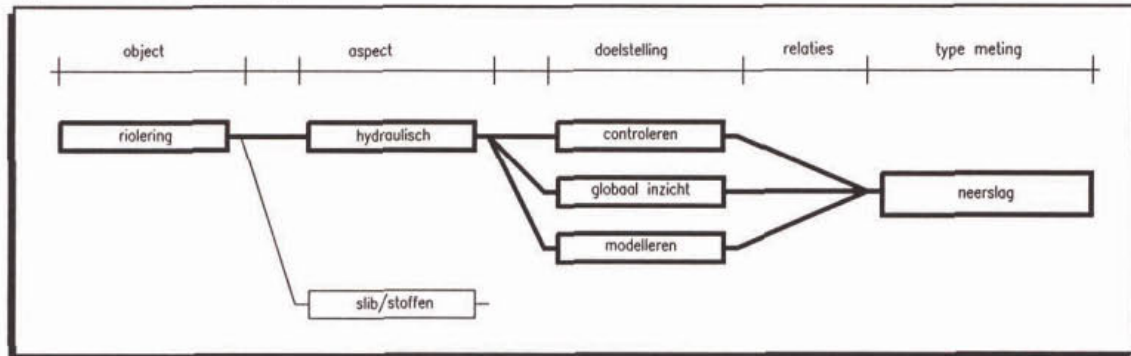
6 NEERSLAG

6.1 Algemeen

Het meten aan de neerslag is van belang voor een aantal meetdoelstellingen (figuur 34):

- controleren van het hydraulisch functioneren van de riolering;
- globaal inzicht in het hydraulisch functioneren van de riolering;
- kalibreren en/of verifiëren van hydraulische modellen.

Figuur 34: Neerslagmeting.



Voor het opstellen en toepassen van neerslagmeters heeft de World Meteorological Organization (WMO), richtlijnen opgesteld, zie [13].

Volgens de WMO zijn er twee hoofdgroepen neerslagmeters te onderscheiden met de volgende wijzen van aflezen:

- niet-zelfregistrerende neerslagmeters
 - aflezen via peilschalen
 - aflezen via een meetstok
 - wegen
- zelfregistrerende neerslagmeters
 - wegen
 - vlottertype
 - tipping bucket (kantelbakje)

Voor Nederlandse omstandigheden en voor rioleringsdoeleinden zijn waarnemingen aan sneeuw en hagel minder belangrijk vanwege de relatieve geringe omvang ervan als belasting op het systeem. Er wordt in het vervolg alleen ingegaan op regenmeters.

6.2 Typen regenmeters en te meten parameters

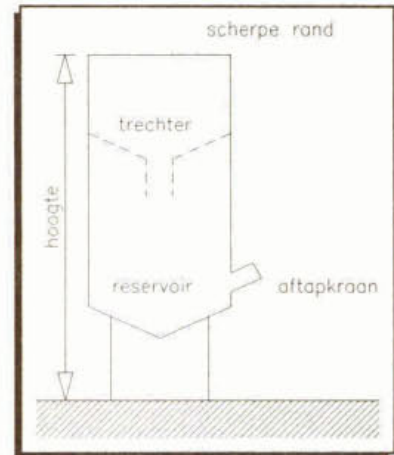
De parameters die gemeten worden zijn afhankelijk van de werkingsprincipes van de verschillende type regenmeters.

6.2.1 niet-zelfregistrerende peilmeting

De neerslaghoogtemeting wordt uitgevoerd door op vaste tijden de neerslaghoogte af te lezen via een meetstok of via een peilschaal. De peilschaal is aangebracht op het reservoir van de regenmeter. Bij gebruik van een meetstok is, bij gestandaardiseerde regenmeters, de aflezing gecorrigeerd voor de inhoud die de meetstok inneemt tijdens aflezen.

De aflezing gebeurt op vaste tijden, waarna het meetvat wordt leeg gemaakt, zodat de neerslagsom over de afgelopen periode bepaald wordt. Meestal is dit 24 uur.

Figuur 35: Standaard regenmeter.



6.2.2 wegen

Bij dit type neerslagmeter wordt het totale gewicht van neerslag en opvangbak gemeten en vervolgens gecorrigeerd voor het gewicht van de opvangbak. Dit type meter is goed te gebruiken voor sneeuw, hagel en combinaties daarvan met regen.

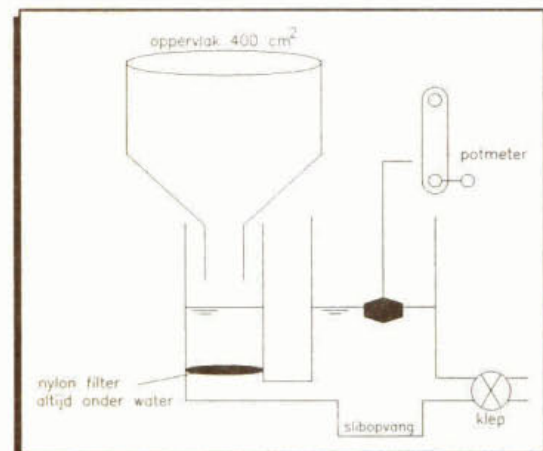
In sommige gevallen wordt bij de uitvoering gekozen voor een opvangbak met een relatief groot volume en een grote opening. Het volume is dermate groot dat de bak niet geleegd hoeft te worden, verdamping doet de inhoud verminderen. De afname in het gewicht tijdens perioden zonder neerslag is dan een maat voor verdamping.

6.2.3 vlottertype

Bij regenmeters van het vlottertype wordt de stand van de vlotter in een vlotterkamer geregistreerd. Deze vlotterkamer wordt gevuld met neerslag die in een trechter valt met een bekende doorsnede. Als de vlotterkamer vol is, wordt deze automatisch geleegd. Dit legen is een bron van afwijkingen: de registratie moet hiervoor gecorrigeerd worden. In moderne regenmeters van dit type wordt dat afgehandeld door de electronica in de regenmeter.

De standaard elektrische regenmeter van het KNMI is van dit type.

Figuur 36: Schematische weergave KNMI regenmeter

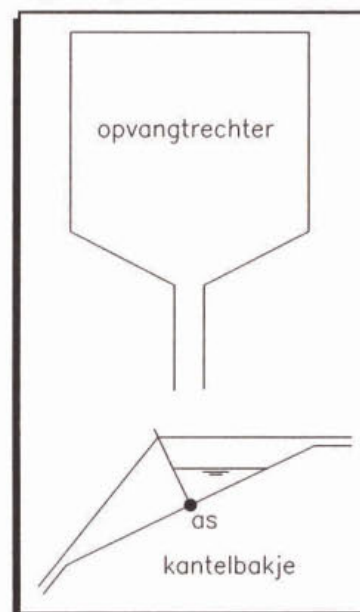


6.2.4 tipping bucket (kantelbakje)

Het kantelbakje bestaat uit twee helften die een gelijk volume aan neerslag kunnen bevatten. Op het moment dat een van beide helften gevuld is, kantelt het bakje waardoor de gevulde helft leegloopt en het lege deel gevuld wordt. De neerslag wordt gemeten door het aantal kantelingen van het bakje te tellen.

Soms wordt een regenmeter van dit type ook voorzien van een druppelteller. In dat geval wordt in de meter de mogelijkheid ingebouwd om voordat de neerslag in het kantelbakje valt er druppels van te maken met een vaste grootte. Deze uitbreiding is met name zinvol bij lage intensiteiten, omdat het kantelbakje in dat traject relatief de grootste afwijkingen geeft.

Figuur 37: Tipping bucket neerslagmeting.



6.2.5 weerradar

Het KNMI maakt met een frequentie van eenmaal per 15 minuten een radaropname van de bewolking boven geheel Nederland. Uit deze beelden wordt een indicatie voor de momentane neerslagintensiteit afgeleid. Deze radarbeelden kunnen worden gebruikt om vast te stellen of een bepaalde neerslaggebeurtenis lokaal van aard was of dat er sprake was een vrij gelijkmatig verdeelde neerslag. Met deze kennis kan op een eenvoudige wijze de representativiteit van de aflezingen van een enkele neerslagmeter op de grond worden vastgesteld.

De weerradarbeelden op zich zelf geven een vrij grove indicatie van de intensiteit:

wit	0.1-0.3	mm/h
lichtgrijs	0.3-1.0	mm/h
donkergrijs	1.0-3.0	mm/h
lichtrood	3.0- 10	mm/h
donkerrood	10- 30	mm/h
zwart	> 30	mm/h

Er zijn inmiddels ontwikkelingen gaande bij het KNMI waarbij de waarnemingsfrequentie wordt opgevoerd naar eens per 5 minuten en waarbij uit de radarbeelden neerslagsommen worden afgeleid. Het onderscheidend vermogen naar plaats blijft beperkt tot gebieden van 2 x 2 km. Verwacht wordt dat de geschetste ontwikkeling medio 1998 is voltooid.

6.3 Meetnauwkeurigheid en -frequentie

De meetnauwkeurigheid is afhankelijk van:

- het apparaat (type en uitvoering)
- de plaatsing (op of in de grond of op een paal)
- de locatie (ligging ten opzichte van bebouwing en meetobject)

- de dichtheid van meetnet.

De meetnauwkeurigheid van het apparaat wordt in principe opgegeven door de fabrikant, zonodig worden correctieformules meegeleverd.

In het kader van de NWRW-metingen is uit praktische overwegingen gekozen voor plaatsing op een 3 m hoge paal. In NWRW thema 4.4 [8] is ingegaan op de nauwkeurigheid van deze opstelling ten opzichte van een gedeeltelijk in de grond geplaatste regenmeter te Lelystad. De afwijkingen voor de plaatsing liggen voor verschillende bui-definities tussen 5 en 9 %.

Neerslag komt op diverse manieren tot stand. In zijn extreme vormen kan er gesteld worden dat er depressies zijn die heel Nederland bedekken en zorgen voor een min of meer gelijkelijk verdeelde neerslag. Daarnaast zijn er de onweersbuien die, vooral in de zomer, voor grote lokale verschillen kunnen zorgen. In het eerste geval zou één regenmeter in heel Nederland voldoende zijn, in het andere geval kan de bui naast de regenmeter vallen. De meetnauwkeurigheid varieert in deze gevallen tussen 0 en 100%. Over het algemeen zal deze fout sterk beïnvloed worden door de afstand van de regenmeter tot de meetopstelling.

De nauwkeurigheid neemt bij het opstellen van een tweede regenmeter enorm toe, dit is onafhankelijk van de gebiedsgrootte, zie ook [5].

De meetfrequentie is gedeeltelijk afhankelijk van de gebruikte apparatuur en gedeeltelijk afhankelijk van de doelstelling. De meetfrequentie ligt voor een aantal instrumenten op enkele malen per seconde. Een dergelijke nauwkeurigheid is interessant voor het waarnemen van intensiteiten, maar over het algemeen kan men volstaan met het bepalen van de neerslagsom over een bepaalde periode: 1- à 5-minutensommen, of bij een lagere nauwkeurigheid uur- of zelfs dagsommen.

Voor de doelstelling 'bepaling van de overstortingsfrequentie' kan volstaan worden met uur- of zelfs met dagsommen: het heeft geregend of niet.

Bij de wens 'ijking en verificatie van hydraulische modellen' is het gebruik van 5-minutensommen voldoende. Het gebruik van kortere tijdsduur heeft weinig zin omdat de beschouwde systemen (zoals de riolering) niet zo snel kunnen reageren op instroming.

6.4 Meetopzet

De eenvoudigste meetopzet is het opvragen van neerslaggegevens bij anderen. Afhankelijk van de afstand tot het meetobject kunnen gegevens van het KNMI gebruikt worden. Diverse instanties en personen beschikken over neerslagmeters zoals weeramateurs, gemeenten en zuiveringsschappen.

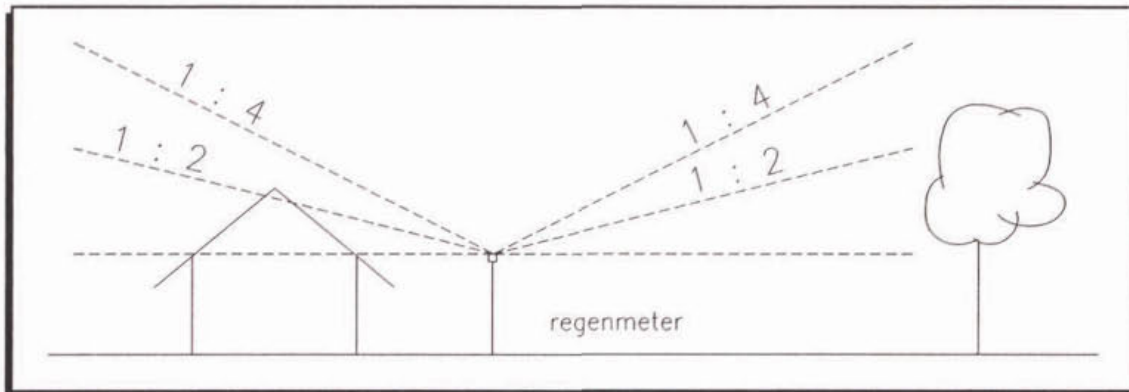
Een nieuwe meetopzet wordt in hoge mate bepaald door de gewenste nauwkeurigheid. Uitgaande van de doelstelling 'ijken en verificatie van modellen' is het raadzaam de neerslagmeting dubbel uit te voeren, zodat bij uitval van één van beide opstellingen er voldoende meetresultaten zijn. Valt de neerslagmeting geheel uit dan zijn immers alle andere metingen waardeloos.

Ook vanwege locale of regionale spreiding van neerslag is het zinvol de meting minimaal dubbel uit te voeren, bijvoorbeeld aan de uiteinden van het meetgebied. Bij een beschouwd gebied van meer dan 2x2 km kunnen de verschillen duidelijk waarneembaar zijn, zoals overtrekkende buien of zeer locale onweersbuien.

De plaatsing van de regenmeter heeft grote invloed op de resultaten. In [13] worden ook richtlijnen gegeven voor de opstelling van regenmeters, waarbij rekening gehouden moet worden met omliggende bebouwing, windinvloeden en dergelijke. Om diverse praktische redenen zal in Nederland hieraan niet voldaan kunnen worden. Met name de eisen vanwege de

windinvloeden worden door het KNMI als niet haalbaar gezien [4]. Voor objecten geldt dat er geen bomen, huizen en dergelijke uit mogen komen boven een helling van 1:2 à 1:4. In figuur 38 is dit nader aangegeven.

Figuur 38: Opstelling van de regenmeter.



6.5 Gegevens, opslag en bewerken

Over het algemeen zullen de regenmeters op een of andere manier het totale volume meten. Verschillen in volumes worden als intensiteiten gepresenteerd.

Voor het gebruik binnen dit kader kan volstaan worden met het gebruik van neerslagsommen over een bepaalde periode. Afhankelijk van de meetdoelstelling zal een lengte van de som gekozen worden. Voor de opslag van deze gegevens voor gebruik later is het wenselijk de gegevens zo spoedig mogelijk te bewerken door ijkingsformules (specifiek bij het gebruikte meetinstrument behorend) te gebruiken. Indien neerslagintensiteiten als meetresultaten worden aangeleverd, zullen deze omgerekend moeten worden naar neerslagsommen. Hiertoe zal een geschikt aantal decimalen gekozen moeten worden om te voorkomen dat afrondingen per tijdstap (bijvoorbeeld 5-minuten) de totale dagsom kunnen beïnvloeden.

Minimaal dienen de volgende gegevens opgeslagen te worden:

regenmeteridentificatie, datum, dagsom

Bij het opbouwen van een neerslagreeks is het verstandig een vorm te kiezen die min of meer aansluit bij het formaat van het KNMI waar per station een afzonderlijke reeks wordt opgeslagen, bijvoorbeeld:

datum, 288 keer 5-minutensommen op één regel

Afhankelijk van de gebruikte instrumenten en opstelling in het veld kan bij deze opslag gekozen worden voor 0,1 mm of zelfs 0,01 mm nauwkeurigheid.

7 ORGANISATIE

7.1 Opzet van de eenvoudige metingen

7.1.1 *voorbereiding*

Na het vaststellen van de meetdoelstelling wordt de gewenste nauwkeurigheid van de metingen vastgesteld. Daarna kunnen locatie, apparatuur en opzet worden bepaald.

De totale nauwkeurigheid is opgebouwd uit de nauwkeurigheid van het gebruikte instrument, van de opstelling en van de dichtheid of frequentie van opslag van gegevens. Daarnaast heeft de gewenste nauwkeurigheid grote invloed op de organisatie van de opzet.

Over het algemeen zal de gewenste nauwkeurigheid voor eenvoudige metingen niet zodanig groot zijn dat tijdens de voorbereiding uitgebreide simulaties met computermodellen noodzakelijk zijn, maar sluit deze ook niet uit.

Afhankelijk van waar men gaat meten is het wenselijk de beheerders van andere systemen (rioleringsbeheerder, zuiveringsbeheerder, waterkwaliteitsbeheerder en waterkwantiteitsbeheerder) in een vroeg stadium te betrekken bij het onderzoek. Van belang hierbij is dat op bestuurlijk niveau de noodzaak en wenselijkheid van de metingen duidelijk is, zeker wanneer gekozen wordt voor metingen of waarnemingen die voor langere tijd gaan lopen. Na deze afstemming kunnen de praktische kanten van de organisatie (de uitvoering) opgezet worden.

Het kan wenselijk zijn de uitvoerders van de metingen te betrekken bij het ontwerp van de installatie, om acceptatie te bereiken en de uitvoering in later stadium te vereenvoudigen.

Vooraf dient eenduidig vastgelegd te worden wie welke verantwoordelijkheid heeft.

7.1.2 *uitvoering*

Bij de uitvoering van metingen waarbij een meetopstelling voor langere tijd gaat functioneren is het van belang:

- regelmatig onderhoud uit te besteden (buiten de organisatie) of zodanig te plannen dat het werk opgenomen wordt binnen de organisatie;
- regelmatig (tussentijdse) analyses van de resultaten uit te voeren, zeker in de opstartperiode;
- tussentijdse wijzigingen van meetopzet, wijze van data-opslag en dergelijke, na (tussen)analyses, vast te stellen en door te voeren, vervolgens goed te documenteren, zodat dit ook in de rapportage terug te vinden is;
- zo mogelijk één logboek voor het noteren van bijzonderheden per meetopstelling aan te houden;
- tussentijdse ijking van de apparatuur goed vast te leggen; mogelijk moeten waarnemingen voor de geconstateerde afwijking worden gecorrigeerd;
- rekening te houden met uitgaven voor data-analyses en eventuele wijzigingen van de opstelling.

Voor éénmalige metingen, meestal waarnemingen zonder (vaste) meetopstelling, gelden de meeste van bovenstaande punten niet. Van belang hierbij is dat de waarnemingen in het veld goed zijn voorbereid. Deze voorbereiding behelst niet alleen over **wat** er moet gebeuren, maar ook over **hoe** het moet gebeuren, waarbij veiligheid van werken volgens de ARBO-wet aandacht vraagt.

De medewerkers moeten voldoende geïnstrueerd zijn om zelfstandig beslissingen te kunnen nemen over de te volgen procedure, afhankelijk van de uitkomsten van de waarneming.

De uitwerking en rapportage van dit soort waarnemingen dient zo snel mogelijk afgerond te worden, om relevante details niet verloren te laten gaan.

Voorbeelden

- *Bij het rondfietsen door de gemeente tijdens een hevige regenbui op zoek naar locaties met 'water op straat' is het nuttig op voorhand te weten waar 'water op straat' te verwachten is. Mocht de bui te kort duren om alle locaties te onderzoeken, kan een buurtonderzoek ter plaatse weleens uitkomst bieden.*
- *Incidenteel kan worden nagegaan of alle overstorten van een rioleringsstelsel hebben gewerkt door een blokje op de overstortrand te leggen. Na afloop van de neerslaggebeurtenis kunnen alle overstorten bezocht worden om te controleren of de overstorten gewerkt hebben. Het aantal bezoeken aan de overstortputten kan beperkt worden door neerslaggegevens te gebruiken. Een bezoek is pas noodzakelijk als bijvoorbeeld een bepaalde neerslagsom de onderdrempelinhoud van het stelsel overschrijdt.*

Voor beide voorbeelden geldt dat snel na de constateringen een aantal relevante gegevens bijeen gezocht moet worden om een min of meer afgerond onderzoek te krijgen, waarbij ook vooral aan neerslaggegevens gedacht moet worden.

7.1.3 gegevens, opslag en bewerking

Bij eenvoudige metingen is meestal sprake van "stand-alone" opstellingen. In die gevallen waarbij meerdere sensoren zijn opgesteld die onafhankelijk van elkaar werken, gelden de volgende aandachtspunten.

- Let op datum- en tijdaanduiding, deze ontspoort bijvoorbeeld door:
 - tijdelijke stroomuitval of verwisselen van batterijen;
 - schrikkeljaren;
 - wisselingen van zomer- en wintertijd.
- Verwerk de veranderingen in de gegevens over tijd en datum zo spoedig mogelijk. Leg duidelijk vast wanneer een wijziging is doorgevoerd. De correcties voor zomer- en wintertijd moeten niet op het officiële tijdstip staan, maar op het tijdstip waarop de wijziging is doorgevoerd. Een andere mogelijkheid is een correctie door te voeren op de meetdata vanaf het werkelijke tijdstip (terug) tot aan het officiële tijdstip. De achtergrond hiervan is dat meetdata naderhand veelal los gebruikt worden van de beschrijvingen.
- De stand-alone opstellingen kennen veelal niet de mogelijkheid om een logboek te bewaren in de directe nabijheid van de opstelling. Het gebruik van een logboek is aan te raden voor vastleggen van bijzondere waarnemingen en wijzigingen van datum, tijd, herijkingen en dergelijke
- De meetdata dienen bij voorkeur in ASCII-codes opgeslagen te worden voor latere bewerking of uitwisseling. Zeker bij het gebruik van apparatuur van verschillende leveranciers is in elk geval interne standaardisatie van belang.
- Belangrijke meetdata dient men in onbewerkte vorm en in gecorrigeerde vorm in ASCII op twee plaatsen op te slaan. Eén plaats moet bij voorkeur brandvrije opslag waarborgen. Eventueel kan opslag op papier overwogen worden.
- Bij het vastleggen van gegevens in geautomatiseerde bestanden wordt het gebruik van bestaande standaardformaten aanbevolen. Door de Unie van Waterschappen en de STOWA [24] en door de Stichting RIONED [15], [16], [17] en [18] is een aantal van dit soort formaten vastgelegd.

7.2 Structurele waarnemingen

Structurele waarnemingen worden uitgevoerd tijdens werkzaamheden die routinematig verricht worden in onmiddellijke nabijheid van het beschouwde systeem. Een combinatie van waarnemingen aan de riolering en het ontvangende oppervlaktewater, zoals beschreven in de § 4.3, § 4.4 en § 4.7 voor de riolering en in de § 5.2 en § 5.4 voor het oppervlaktewater, kan uitge-

voerd worden door medewerkers van de rioleringsbeheerder en oppervlaktewaterbeheerder. Ook kan van ingeschakelde aannemers, die onderhoudswerk doen, gevraagd worden hieraan mee te werken. Een checklist voor de waarnemingen kan daarbij goede diensten doen. Mogelijke structurele waarnemingen zijn:

- geometrie;
- ophoping van zand of andere obstakels;
- foutieve aansluitingen;
- verzakking van het wegdek;
- stank;

en tijdens of direct na een regenbui met hoge intensiteit:

- overstort in werking (voor zover niet op een andere wijze geregistreerd);
- organoleptische beoordeling van het overstortwater (kleur, vast materiaal, drijvend materiaal, olie);
- water op straat;
- stank.

Voorbeelden

- *Een inspectiebedrijf dat video-inspectie of foto-inspectie doet, wordt gevraagd om op tekeningen van het leidingnet aan te geven of de leidingen die aangetroffen worden goed op tekening staan. Als informatie kan dat het volgende opleveren: het aantal leidingen op een inspectieput, de afmetingen van het dwarsprofiel en mogelijk een schatting van de binnenonderkant buis ten opzichte van putbodem, of zelfs inmeten ten opzichte van maaiveld.*
- *Medewerkers van waterbeheerders die routinematig watergangen controleren, kunnen aangeven of er recent een overstorting heeft plaatsgevonden.*

In beide voorbeelden komt naar voren dat communicatie tussen de verschillende betrokken bedrijven of instanties een belangrijke rol speelt.

Het vastleggen van de waarnemingen is noodzakelijk, bijvoorbeeld gekoppeld aan rioleringsbeheerprogrammatuur.

7.3 Waarnemingen door derden

Onderstaande waarnemingen die gerelateerd zijn aan het functioneren van de riolering kunnen door derden worden verricht:

- water op straat;
- wateroverlast;
- verzakking van het wegdek;
- stank;
- plotseling vrijkomen van luchtinsluitingen uit de riolering als gevolg van gebrekkig werkende ontluchting;
- verstoppingen;
- werking van de overstort;
- werking van het gemaal (rode lamp).

Deze constatering zijn het gevolg van gerichte klachten en meldingen van burgers en "incidentele waarnemingen" van overheidsmedewerkers. Er is sprake van incidentele waarnemingen als het niet past binnen de genoemde structurele waarnemingen.

Meldingen van dit type komen op diverse plaatsen binnen in de organisatie van rioleringsbeheerder of de waterbeheerder. De afhandeling ervan is afhankelijk van:

- de ernst van de klacht;
- de omvang, maar ook de structuur van de organisatie(s).

Het aantal mogelijkheden waarop deze afhandeling kan plaatsvinden is groot. In het kader van deze handleiding worden deze niet uitgewerkt.

Klachten en waarnemingen aan de riolering kunnen geregistreerd worden in een geautomatiseerd beheerssysteem. Klachten komen op verschillende plaatsen binnen in een gemeentelijke organisatie. Veelal komen klachten over verzakkingen in het wegdek binnen bij de afdeling die de wegen beheert. In een aantal gevallen betreft het de wegfundering, in andere gevallen zal de riolering de oorzaak van de klacht zijn [22].

Van een klacht of een melding moet tenminste de volgende informatie worden genoteerd:

- datum en tijd van binnenkomst klacht;
- naam;
- adres en telefoonnummer;
- aard van de klacht of melding;
- locatie;
- ernst van de klacht;
- eenmalig/ chronisch;
- is een relatie met eerdere melding van de zelfde klager of met andere klachten aanwezig;
- gemaakt afspraken (bijvoorbeeld terugbellen, te ondernemen acties, termijnen die in acht worden genomen).

Voorbeeld

Een melding van verstopping komt binnen bij de telefooncentrale van het gemeentehuis, dit moet leiden tot twee meldingen binnen de organisatie:

(1) het oproepen van de storingsdienst voor ontstoppen en

(2) melden bij beheerder van de rioleringsbeheerssoftware voor opslag in de databases en eventueel het uitzoeken van de achterliggende oorzaak.

8 KOSTEN

8.1 Algemeen

Eenvoudige metingen kenmerken zich in het algemeen door het feit dat ze incidenteel worden verricht en voor apparatuur geen grote investeringen met zich meebrengen.

De kosten en de inspanning voor de uitvoering van eenvoudige metingen betreffen dan ook voornamelijk arbeidskosten, de organisatie van de projecten en de afstemming tussen verschillende partijen.

Hierna wordt indicatief aangegeven welke inspanningen en kosten verschillende metingen met zich meebrengen op basis van de volgende kostenonderdelen:

- opzet van het meetprogramma ('denkwerk' voorafgaand aan het meten);
- de meetinstallatie en de inrichting van de meetlocatie;
- de uitvoering van het veldwerk;
- het verrichten van de data-analyse.

8.2 Opzet van het meetprogramma

Het opzetten van een eenvoudig meetprogramma kost afhankelijk van de omvang en aard 1 tot 5 mensdagen inspanning.

Dit geschiedt bij voorkeur door een klein projectteam wordt samengesteld waarin in elk geval één persoon zit die goed bekend is met de locale situatie. De overige deskundigheid in het team betreft:

- projectmanagement
- riolering en oppervlaktewater
- weg- en waterbouwkundige aspecten
- electro-mechanische installaties.

8.3 Veldwerk

Veldwerk vraagt voornamelijk menskracht. Bij blokjes op de overstortrand horen regelmatige rondes langs de overstorten. Met het bezoeken van een 60-tal verspreid gelegen overstortlocaties is een team van twee mensen twee dagen bezig. Hierbij worden dan tevens ter plekke organoleptische waarnemingen gedaan aan het oppervlaktewater.

8.4 Meetinstallatie en inrichting meetlocatie

In het algemeen zijn de kosten verbonden aan de meetinstallatie voor eenvoudige metingen betrekkelijk laag in vergelijking tot de overige kosten. In tabel 1 is voor een aantal meetinstrumenten een prijsindicatie weergegeven (prijspeil 1995). In het algemeen zijn nog extra kosten nodig voor bouwkundige maatregelen.

Tabel 1: Kostenindicatie voor meetapparatuur.

product	prijsindicatie
waterniveau(druk)meting	
drukopnemer, inclusief datalogger	fl 4000,-
ultrasoon	fl 6000,-
peilstok	fl 100,-
overstorteller	fl 1500,- à fl 6500,-
neerslagmeting	
professioneel	fl 1500-fl 8000
amateur	fl 500-fl1500
zeer eenvoudige meter	fl 25,-
sensoren voor stoffen	
zuurstof	fl 2000,-
pH	fl 150,- - fl 400,-
troebelheid	fl 2000,- - fl 4000,-
H ₂ S (gasfase)	fl 500,- - fl 2000,-
temperatuur	fl 200,- - fl 400,-
EGV	fl 300,- - fl 1500,-
overige	
stopwatch	fl 100,-
overstorteller	fl 1600 a fl 6500
drijvers	fl 1,- tot fl 200,-

8.5 Data-analyse

Na elke meting of waarneming moet direct een eerste globale data-analyse plaatsvinden om na te gaan of de gegevens compleet en consistent zijn. In het geval van meetprojecten met een langere duur moeten tussentijdse analyses en rapportages worden opgesteld, om de resultaten ook tussentijds te kunnen gebruiken en om na te gaan of de meetopstelling correct functioneert en of de meetopzet nog voldoet aan de doelstellingen van het meetproject.

In algemene termen is het niet goed mogelijk aan te geven hoeveel tijd met deze activiteiten gemoeid is. Zonder data-analyse en rapportage kunnen de metingen hun waarde grotendeels verliezen.

9 REFERENTIES

- [1] Aalderink, R.H. en L. Lijklema, 1985.
Water quality effects in surface waters receiving storm water discharges.
Verschenen in "Water in urban areas", CHO/TNO, Verslagen en mededelingen No. 33.
- [2] Huisman, L. 1969.
Stromingsweerstand in leidingen.
Mededeling nr. 14 van het Keuringsinstituut voor waterleidingartikelen N.V.
- [3] ISO standards handbook 16, 1983
Measurement of liquid flow in open channels.
ISBN-90.67.10077.7
- [4] KNMI, 1983
Het beoordelen van regenmeters, met als voorbeelden de Thies-regenmeter en de elektrische KNMI-regenmeter, KNMI W.R. 83-16, De Bilt.
- [5] Lei, J. and Schilling, W., 1993
Requirements for spatial raindata resolution in urban rainfall runoff simulation.
In: Proceedings of the sixth Intern. Conf. on Urban Storm Drainage, p.p. 447-452, Niagara Falls, 1993
ISBN-1.55056.253.3
- [6] Nederlands Normalisatie Instituut, 1992
Buitenriolering, inspectie en toestandsbeoordeling van riolen, NPR 3398, 1992
- [7] Nederlands Normalisatie Instituut, 1992
Buitenriolering, classificatiesysteem bij visuele inspectie van riolen, NEN 3399, 1992
- [8] Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit, 1989.
Regenmeters, NWRW 4.4.
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
ISBN-90.346.1297.X
- [9] Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit, 1990.
Onderzoek naar de gevolgen van de vuiluitworp van rioolstelsels voor de kwaliteit van het ontvangende water, Hoofdrapport, NWRW 9.1.
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
ISBN-90.346.2247.9
- [10] Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit, 1987.
Effecten van directe vuilemissies uit het gemengde rioolstelsel van Loenen op de waterkwaliteit van de ontvangende bergingsvijver, Eindrapport, NWRW 10.1.
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
ISBN-90.346.1353.4
- [11] Stichting RIONED, 1995.
SEWER OVERFLOW POLLUTION, Standardized research data of the NWRW project 1982-1989. Project nr. 89-01 "Standardisation of Sewer Network Calculations", subproject SR-1.
ISBN-90.73645.06.9

- [12] Stichting RIONED, 1995.
Leidraad Riolerings, C2100 Rioleringsberekeningen Hydraulisch Functioneren.
- [13] World Meteorological Organization
Guide tot Meteorological Instruments and Methods of Observation,
WMO No 8, fifth edition Geneva.
- [14] Ministerie van verkeer en waterstaat, 1989.
Derde Nota Waterhuishouding, Tweede kamer 1988-1989, 21259 nrs 1-2.
- [15] Stichting RIONED, 1991.
StandaardUitwisselingsFormaat RioolInspectieBestanden versie 1.00
Verkrijgbaar via de Stichting RIONED te Ede
- [16] Stichting RIONED, 1996.
Leidraad digitaal beeldmateriaal ten behoeve van de rioolinspectie.
Verkrijgbaar via de Stichting RIONED te Ede
- [17] Stichting RIONED, 1996.
SUF-HYD gegevens rioolstelsel, versie 1.10.
(Verkrijgbaar via de Stichting RIONED te Ede)
- [18] Stichting RIONED, 1996.
SUF-HYD resultaten berekeningen, versie 1.10.
(Verkrijgbaar via de Stichting RIONED te Ede)
- [19] Stichting RIONED, 1996.
Een statistisch model van de vuiluitworp voor gemengde rioolstelsels.
RIONED project 89-01, standaardberekeningen deelproject 3.
ISBN-90.736.4540.9
- [20] Bureau SAMWAT, 1987.
Meet-, signalerings- en regelsystemen voor het waterbeheer, SAMWAT rapporten nummer 1,
Den Haag.
- [21] Bureau SAMWAT, 1989.
Specificaties voor meetssystemen in het waterbeheer, SAMWAT rapporten nummer 5, Den
Haag.
- [22] C. Snaterse, 1988.
Klachtenanalyse, uit Riolering en Waterkwaliteit, AQUATECH 1988, Rijswijk. Apeldoorn.
- [23] STOWA, 1994.
Handboek debietmeten in open waterlopen. 94-13,
ISBN-90.74476.13.9
- [24] STOWA, 1995.
STOWA/Unie Stekkerdoos water. 95-04
ISBN-90.74476.25.2
- [25] STOWA, 1996.
"Metingen aan rioolstelsels en oppervlaktewater.
Leidraad voor metingen en meetprogramma's.", 96-09

ISBN-90.74476.4.81

- [26] Thistlethwayte, D.K.B., 1972.
The control of sulphides in sewerage systems, Butterworths, Sydney, 1972
- [27] Zuiveringsschap Veluwe, 1995.
Monitoring van overstortingen, stand van zaken bij Nederlandse waterkwaliteitsbeheerders,
Apeldoorn.

Bijlage I : Gebruikte afkortingen

ARBO	ARBeids Omstandigheden (wet)
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
BOB	BinnenOnderkantBuis
DWA	DroogWeerAfvoer
EGV	Electrisch Geleidings Vermogen
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
NEN	NEderlandse Norm
NWRW	Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit
PVC	PolyVinylChloride
RIONED	Stichting platform buitenriolering Nederland
RWZI	RioolWaterZuiveringsInrichting
STOWA	Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
WMO	World Meteorological Organisation
Wvo	Wet verontreining oppervlaktewateren

