

Riolering



CT3011 - Inleidende watermanagement

VOORWOORD

Afbakening

Deze module geeft een beknopt overzicht van de belangrijkste onderwerpen die bij het afvoeren en transporteren van afvalwater een rol spelen.

Indeling

De module Riolering kent de volgende indeling:

1. Inleiding
2. Aanbod afvalwater en neerslag
 - 2.1 *De droogweerafvoer (DWA)*
 - 2.2 *De regenwaterafvoer (RWA)*
3. Gemengde en gescheiden rioolstelsels
4. Aanleg, organisatie en kosten van rioolinfrastructuur
 - 4.1 *Aanleg*
 - 4.2 *Organisatie en kosten*

Literatuur en websites

Vragen en opgaven

Antwoorden

Leerdoelen

Na het bestuderen van dit hoofdstuk kun je:

- onderscheid maken tussen de droogweerafvoer en regenwaterafvoer.
- eenvoudige berekeningen uitvoeren m.b.t. piekdebieten in speciale gebouwen.
- verschillen aangeven tussen bestaande typen rioolstelsels.
- criteria noemen die een rol spelen bij de keuze van het rioolstelsel.
- aangeven wat er komt kijken bij de aanleg en het beheren van rioolstelsels.
- aangeven hoe de riolering bekostigd wordt.

1. Inleiding

De riolering maakt deel uit van het zogeheten afvalwatersysteem. De functie van het afvalwatersysteem is het inzamelen en behandelen van afvalwater tegen de laagste kosten en de geringste nadelige effecten voor het milieu. Dit systeem bestaat uit de volgende onderdelen:

- binnenriolering
- buitenriolering
- transportleidingen en gemalen
- afvalwaterzuiveringsinrichting

De binnenriolering bestaat uit sanitaire toestellen en overige toestellen die water gebruiken, zoals vaatwasmachines en wasmachines, en uit standleidingen, liggende leidingen, grondleidingen en in- en uitpannige regenwaterafvoerleidingen. De buitenriolering omvat het eigenlijke stelsel waarmee het afvalwater wordt afgevoerd. Dit stelsel omvat ondergrondse leidingen, putten en huisaanluitingen waarmee het afvalwater en het regenwater naar de riolering wordt geleid, straatkolken, aansluitleidingen op de riolering, overstorten, stuwputten, gemalen, bergbassins en bergbezinkbassins.



Figuur 1 - Schematische weergave van binnen- en buitenriolering

De huidige functie van de riolering is een afgeleide van de functie van het afvalwatersysteem en behelst het inzamelen en afvoeren van het afvalwater naar een afvalwaterzuiveringsinrichting. Daarnaast speelt de riolering een belangrijke rol bij de afvoer van neerslag uit de bebouwde kom. Zowel de afvoer van afvalwater als van neerslag uit de bebouwde omgeving is van vitaal belang voor het bevorderen van de volksgezondheid en het handhaven van een goed woon- en werkklimaat.

2. Aanbod afvalwater en neerslag

Water dat via de riolering wordt afgevoerd bestaat uit afvalwater, regenwater of een mengsel van beide. Het afvalwater is een redelijk continue stroom en wordt ook wel de droogweerafvoer (DWA) genoemd. De regenwaterafvoer (RWA) kan een veelvoud van de droogweerafvoer bedragen. De af te voeren hoeveelheden rioolwater gelden bij het ontwerp van rioolstelsels als ontwerpgrondslagen. De verschillende afvalwaterstromen die van belang zijn bij het ontwerp zullen in deze paragraaf behandeld worden.

2.1 De droogweerafvoer (DWA)

De droogweerafvoer wordt onderverdeeld in huishoudelijk afvalwater, industrieel afvalwater en "vreemd" water. Onder de laatste term wordt ondermeer infiltrerend grondwater verstaan.

Huishoudelijk afvalwater

De dagelijks geproduceerde hoeveelheid huishoudelijk afvalwater wordt bepaald door gewoontes rondom het watergebruik van de bevolking en is afhankelijk van het drinkwaterverbruik per persoon, de optredende verliezen en het aantal personen.

De geproduceerde hoeveelheid afvalwater op huishoudelijk niveau vertoont een ochtend- en avondpiek en is zeer gering gedurende de nacht. Bij het ontwerp van rioolstelsels moet rekening worden gehouden met deze schommelingen, maar ook met toekomstige ontwikkelingen, zoals een verwachte bevolkingsgroei of veranderingen in het drinkwaterverbruik per persoon. Een deel van het aangevoerde drinkwater gaat verloren en komt niet tot afvoer naar de riolering. Dit betreft voornamelijk water gebruikt voor het besproeien van de tuin of water dat verdampt, bijvoorbeeld uit wasgoed. In Nederland bedragen de verliezen ongeveer 10% van het drinkwaterverbruik, zodat de hoeveelheid afvalwater ongeveer 120 liter per persoon bedraagt.

Het is in Nederland gebruikelijk bij het ontwerpen van rioolstelsels rekening te houden met een afvoer van huishoudelijk afvalwater gelijk aan 12 l/(inw.h). Hierbij wordt aangenomen dat de totale hoeveelheid huishoudelijk afvalwater van 120 l/(inw.dag) in 10 h wordt afgevoerd. De in Nederland gehanteerde zogeheten piekfactor wordt daarmee:

- piekafvoer is: $120/10 = 12 \text{ l/(inw.h)}$
- gemiddelde afvoer is: $120/24 = 5 \text{ l/(inw.h)}$
- piekfactor is: $12/5 = 2,4$.

Voor speciale gebouwen als kazernes, scholen, ziekenhuizen, sportcomplexen en dergelijke is het nodig het piekdebiet van het in het gebouw geloosde afvalwater te kennen. Gemeenschappelijke douches in scholen of sportinstellingen en klimaatregelingsinstallaties lozen permanent gedurende een vrij lange tijd. Bij het berekenen van de afvoerleidingen wordt dan uitgegaan van een debiet gelijk aan de som van de lozingsdebieten van alle aangesloten toestellen. De meeste sanitaire toestellen werken echter intermitterend, wat wil zeggen dat de lozing gedurende een vrij korte tijd plaatsvindt met vrij lange tussenpozen. Het is niet waarschijnlijk dat verschillende toestellen gelijktijdig met hun maximum debiet lozen en daarom niet nodig de afvoerleidingen daarop te berekenen.

De waarschijnlijkheid dat een bepaald toestel op een bepaald willekeurig gekozen ogenblik in werking is wordt gegeven door:

$$P = \frac{T}{\Delta t}$$

Waarin:

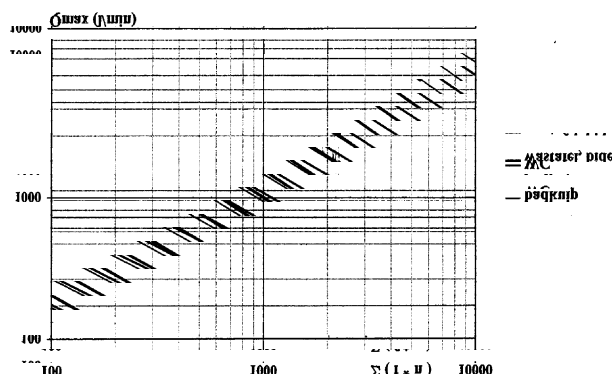
T = de gemiddelde duur van ingebruikstelling van het toestel

Δt = tijdsinterval tussen twee opeenvolgende ingebruikstellingen van het toestel

Wanneer een systeem nu is opgebouwd uit toestellen van een verschillend type kan men aan elk toestel een belastingsfactor f toekennen, die aangeeft in hoeverre dit toestel het systeem belast, wanneer het bij zijn maximale frequentie gebruikt wordt. In tabel 1 worden de belastingsfactoren aangegeven.

Tabel 1 - Gemiddelde debieten en belastingsfactoren voor verschillende sanitaire toestellen.

toestel	inhoud	Q _{gemiddeld}		T	Δt	p = T/ Δt	f
	l	l/s	l/min	s	min		
badkuip	120	1	60	120	20	0,100	10
gootsteen	30	0,5	30	60	10	0,100	4
WC	9	1,5	90	6	10	0,010	2
wastafel	10	0,5	30	20	15	0,022	1
bidet	10	0,5	30	20	15	0,022	1



Figuur 2 - Waarschijnlijk maximum debiet in functie van het aantal belastingseenheden

Door één bepaald toestel als referentie te kiezen kan men:

- Voor dat toestel Q_{max} uitzetten als functie van het aantal toestellen n;
- ieder ander toestel, met een ander debiet, frequentie van werking en gemiddelde duur van in werkingstelling gelijkstellen aan f referentie-toestellen, zodat dezelfde relatie tussen Q_{max} en $f \cdot n$ wordt verkregen.

Om het waarschijnlijk maximum debiet in een afvoerleiding te berekenen, moet het aantal belastingseenheden ($\Sigma f \cdot n$) voor alle toestellen aangesloten op de leiding worden berekend en in een diagram ($Q_{max}, \Sigma f \cdot n$) het maximum debiet worden afgelezen. Daarbij moeten bovendien de continue afvoerdebieten van toestellen of installaties worden opgeteld en de debieten van toestellen waarvan men weet dat ze allemaal samen in werking zijn.

Industrieel water

In de industrie wordt op veel verschillende manieren gebruik gemaakt van water. De door de industrie afgenomen hoeveelheid drinkwater verschilt dan ook aanzienlijk per type bedrijf en de samenstelling van het afvalwater is vaak zeer specifiek. Meestal mogen industrieën hun afvalwater pas lozen wanneer het voldoet aan bepaalde voorwaarden.

Voorbeelden:

* 100 baden

$$\Sigma f \cdot n = 100 \cdot 10$$

$$Q_{\max} = 1100 \text{ l/min} = 18 \text{ l/s}$$

Dit betekent dat men veronderstelt dat nooit meer dan 18 baden tegelijkertijd lozen.

* Studentenflat op de E. du Perronlaan.
Per etage: 3 studentenappartementen met elk 2 douches, 2 wastafels, 2 toiletten en een gootsteen en 2 gezinsappartementen met één toilet, douche, wastafel en gootsteen. Het complex heeft in totaal 18 etages. Voor het gemak wordt de belastingsfactor van een douche gelijk gesteld aan die van een bad.

$$\Sigma f \cdot n = 144 \cdot 10 + 144 \cdot 2 + 90 \cdot 4 + 144 \cdot 1 = 2232$$

$$Q_{\max} = 2000 \text{ l/min} = 33.3 \text{ l/s}$$



Figuur 3 - Studentenflat E. du Peronlaan

Bij het ontwerpen van een rioolstelsel voor een nieuwe wijk is het niet altijd bekend welke industrie zich daar zal vestigen. In die gevallen wordt uitgegaan van een belasting met 2 l/(s.ha). Als het gaat om een bestaande wijk dan kan de hoeveelheid afvalwater worden berekend aan de hand van de gegevens van het drinkwaterbedrijf dat het water levert. Sommige industrieën voorzien echter in de eigen waterbehoefte door de onttrekking van grondwater. In dat geval moet door het bevoegde gezag (de provincie) een onttrekkingsvergunning worden afgegeven. Het waterverbruik van de betreffende industrie kan aan de tekst van de vergunning worden ontleend. Ook komt het voor dat bepaalde industrieën (frisdranken industrie, brouwerijen) het gebruikte water niet via de riolering lozen. Met beide

gevallen moet bij het vaststellen van de ontwerpgrondslagen voor het rioolstelsel rekening worden gehouden.

Lekwater

Oudere rioolstelsels zijn in veel gevallen niet zo waterdicht als ze wel behoren te zijn, wat kan leiden tot de in- of exfiltratie van water. Ook kunnen op sommige plaatsen overkluisde watergangen en drainage of bronnering deel uitmaken van de riolering, waardoor een extra debiet wordt aangevoerd. Bij het dimensioneren van een rioolstelsel of het uitvoeren van een controleberekening moet hier in voorkomende gevallen terdege rekening mee worden gehouden.

In Nederland blijkt de hoeveelheid afvalwater die aankomt bij de zuivering meestal aanzienlijk groter te zijn dan de hoeveelheid afval die het rioolstelsel ingaat. Dit kan worden toegeschreven aan de infiltratie van grondwater in de onder de grondwaterstand liggende riolen. Het gevolg is dat op jaarbasis vaak ongeveer 30% van het ingezamelde rioolwater afkomstig is van infiltrerend grondwater. Bij het ontwerpen van rioolstelsels onder de grondwaterspiegel wordt daarom rekening gehouden met een infiltratie van 0,2 m³/(km.h) riool per uur.

Hierbij moet het volgende worden aangetekend: Het onverharde oppervlak van een gerioleerd gebied draagt gemiddeld 140 m² per woning. Daarbij hoort een lengte van het riool van ca. 7 m¹ per woning. Hiermee rekening houdende betekent een lekdebiet van 0,2 m³/(km.h) dat ca 87,6 mm van de jaarlijkse neerslag vallende op het onverharde oppervlak via lekkende riolen wordt afgevoerd. Uit onderzoek is gebleken dat bij riolering gelegen in grond met geringe draagkracht lekdebieten in de orde van grootte van 1 m³/(km.h) kunnen voorkomen. Dit betekent dat ca. 440 mm van de neerslag vallende op het onverharde oppervlak via de riolering wordt afgevoerd. Dit komt ongeveer overeen met de effectieve neerslag, dat wil zeggen de neerslag (vallend op het onverharde oppervlak) die aan het grondwater wordt toegevoegd. Het dichten van lekkende riolen dient met omzichtigheid te geschieden omdat uit het voorgaande volgt dat grondwaterstanden daarmee zullen stijgen. Daardoor kunnen kelders van woningen onderlopen en woningen ontoelaatbaar vochtig worden.



Figuur 4 - Lekkende leiding

2.2 De regenwaterafvoer (RWA)

Hoewel het in Nederland slechts 7% van de tijd regent wordt de afvoer van afvalwater in 25% van de gevallen beïnvloed door neerslag. In Nederland valt gemiddeld 775 mm neerslag per jaar, waarvan de verdeling over het jaar gemiddeld vrij gelijkmatig is. Per dag kan de hoeveelheid neerslag sterk variëren en ook de neerslagintensiteit loopt behoorlijk uiteen.

Een deel van de neerslag komt niet tot afstroming en draagt daardoor niet bij aan de belasting van de riolering. Het nauwkeurig inschatten van de hoeveelheid neerslag die daadwerkelijk tot afstroming komt is zeer belangrijk, aangezien een foute inschatting zowel een onder- als overdimensionering van het rioolstelsel tot gevolg kan hebben. Het afvloeiingsgedrag is afhankelijk van de omvang van de volgende verschijnselen:

- **Interceptie:** Het gedeelte van de neerslag dat zodanig aan het oppervlak wordt geabsorbeerd dat het niet tot afstroming komt.
- **Evapotranspiratie:** Het regenwater dat direct verdamppt op de grond, op planten en op gebouwen en het water dat indirect via planten verdamppt wordt.
- **Infiltratie:** De hoeveelheid water die door het (on)verharde oppervlak heen de bodem in zakt.
- **Berging door plasvorming.**

Een voorwaarde bij het ontwerpen van rioolstelsels is dat, tijdens neerslag van welke intensiteit en hoogte dan ook, woningen en gebouwen nooit onder water komen te staan. In de praktijk moet altijd aan deze voorwaarde worden voldaan. Toch wordt op gezette



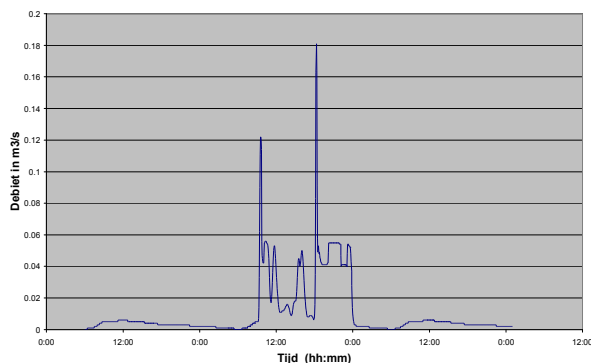
Figuur 5 - Wateroverlast

tijden melding gemaakt van schade als gevolg van overstromingen veroorzaakt door hevige neerslag. Zonder uitzondering is deze schade een gevolg van fouten in het ontwerp, de aanleg van het stelsel en wijzigingen in de afvoersituatie waaraan niet het hoofd is geboden of een combinatie van deze. Het is dan ook van groot belang om goed inzicht te hebben in de mogelijk te verwachten neerslaghoeveelheden en het afvloeiingsgedrag.

Dat de neerslag in Nederland niet gelijkmatig verdeeld valt betekent dat de hoeveelheid af te voeren water na een bui enorm kan oplopen, zoals het volgende rekenvoorbeeld illustreert. Riolen worden gedimensioneerd op een neerslagintensiteit van 60 l/s.ha, hetgeen overeenkomt met 21.6 mm/h. De DWA komt, bij een verhard oppervlak van 40 m² per persoon overeen met 12 l/h/40 m² = 0.3 mm/h, waardoor het verschil tussen DWA en RWA wel een factor 60 of meer kan bedragen. Uiteraard is het niet economisch om alle onderdelen voor het rioolstelsel en de afvalwaterzuivering te dimensioneren op dergelijke piekfactoren.

De gemalen en persleidingen en de afvalwaterzuivering worden over het algemeen gedimensioneerd op een piekfactor van 3-5 : DWA. De aanwezigheid van berging en overstorten in de riolering zorgen er voor dat de riolering toch de grote variatie in belasting kan verwerken. In figuur 6 is het debiet in een eindriool (verzamelriool aan het eind van een stelsel) uitgezet voor achtereenvolgens een droge dag, een dag met verschillende buien en opnieuw een droge dag. Het verschil in orde van grootte tussen DWA en RWA is duidelijk zichtbaar.

Bij het ontwerp van de riolering wordt het afvloeiingsgedrag doorgaans in rekening gebracht met be-



Figuur 6 - Verloop van het debiet in een eindriool in Loenen tijdens DWA en RWA

hulp van een afvloeiingscoëfficiënt. Op grond van jarenlange ervaring worden Nederlandse rioolstelsels ontworpen op het kunnen verwerken van een continue regenintensiteit van 60 l/s/ha. Voor hellende gebieden wordt, ter bevordering van de meerdere veiligheid, soms 90 l/s/ha gekozen. De in rekening te brengen hectares betreffen die van het totale verharde oppervlak.

Voorbeeld

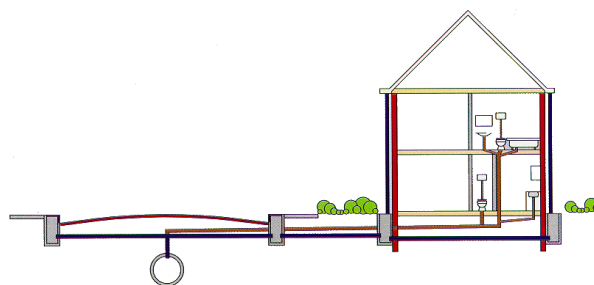
Dagelijks gebruiken wij 135 liter drinkwater per persoon voor verschillende handelingen. Ook de hoeveelheid regen die per jaar in Nederland valt, is om te rekenen naar een hoeveelheid water in liters per persoon per dag. Stel dat wij bijvoorbeeld per persoon gemiddeld 40 m² dakoppervlak 'bezitten'. Jaarlijks valt er in totaal een hoeveelheid van 775 mm neerslag. Per persoon levert dat een hoeveelheid water op van 31.000 liter per jaar. Dat komt overeen met afgerond 85 liter per persoon per dag. Dat is vergelijkbaar met wat wij per persoon per dag aan water gebruiken om het toilet te spoelen, te douchen en in bad te gaan (90,4 lpppd).

3. Typen rioolstelsels

De afvoer van afvalwater en hemelwater kan in principe op twee verschillende manieren plaatsvinden:

- gemengd
- gescheiden

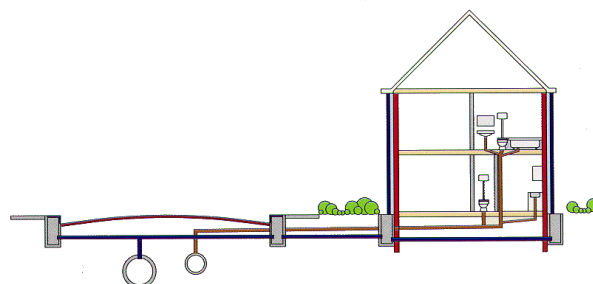
Een gemengd rioolstelsel bestaat uit één leidingstelsel, waardoor zowel het (huishoudelijk en industrieel) afvalwater als een deel van het regenwater naar een afvalwaterzuiveringsinrichting wordt afge-



Figuur 7 - Gemengd stelsel

voerd. (zie figuur 7)

Een gescheiden rioolstelsel bestaat uit een vuilwaterriolering en een regenwaterriolering. (zie figuur 8) De vuilwaterriolering transporteert het afvalwater naar een zuiveringsinrichting, terwijl de regenwaterriolering het ingezamelde regenwater rechtstreeks op het oppervlaktewater loost.



Figuur 8 - Gescheiden stelsel

Doordat bij een gescheiden stelsel een dubbel leidingnet benodigd is, liggen de kosten van een gemengd stelsel vaak lager dan die van een gescheiden stelsel. Een gemengd stelsel heeft echter een aantal nadelen. Het belangrijkste nadeel wordt veroorzaakt door de in een gemengd stelsel aanwezige overstorten. Deze overstorten worden aangebracht omdat de capaciteit van een gemengd rioolstelsel voor de afvoer van regenwater om economische redenen beperkt is. Via deze overstorten wordt bij hevige neerslag een mengsel van afvalwater en hemelwater op het oppervlaktewater geloosd. De kwaliteit van het oppervlaktewater kan hierdoor, veelal tijdelijk, ernstig verminderen. Onder andere vissterfte, stank en visuele verontreiniging kunnen het gevolg zijn.

Een ander nadeel is de zeer onregelmatige afvoer. Tijdens neerslag kan de totale afvoer een veelvoud van de droogweerafvoer (DWA) bedragen. Dit heeft gevolgen voor het ontwerp en de bedrijfsvoering van de in het stelsel aanwezige gemalen en van de

afvalwaterzuiveringsinrichting (AWZI).

Met name om de overlast door overstortingen te beperken zijn in de loop van de vorige eeuw gescheiden rioolstelsels aangelegd. Bij een gescheiden rioolstelsel wordt het hemelwater via uitlaten rechtstreeks geloosd op het oppervlaktewater. Hierbij werd verondersteld dat het hemelwater slechts in geringe mate verontreinigd zou zijn, doordat het immers niet vermengd wordt met huishoudelijk en industrieel afvalwater.

Tijdens de afstroming over het straat- en dakoppervlak raakt het hemelwater echter verontreinigd door allerlei stoffen, zoals dierlijke fecaliën, stof, olie, bandenslijpsel en zink van dakgoten. Daarnaast wordt vanuit een regenwaterstelsel circa 50 keer per jaar geloosd op het oppervlaktewater, terwijl een gemengd stelsel gemiddeld minder dan 5 à 7 keer per jaar overstort. Uit onderzoeken van de Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit (NWRW) is dan ook gebleken dat de jaarlijkse belasting van het oppervlaktewater vanuit gemengde en gescheiden stelsels in dezelfde orde van grootte ligt.

Daarnaast blijkt bij de aanleg van een gescheiden stelsel doorgaans al 2-5 % van de aansluitingen fout of illegaal. Het aansluiten van een huisaansluiting op het regenwaterriool of van een regenwaterafvoerleiding op het vuilwaterriool blijkt regelmatig voor te komen. In het eerste geval wordt het oppervlaktewater continu belast door afvalwater, in het tweede geval kan het vuilwaterriool overbelast raken en kunnen problemen op de AWZI ontstaan.

Om de nadelen die verbonden zijn aan zowel het gemengde als het gescheiden stelsel te ondervangen is men in sommige gevallen overgestapt op de zogenaamde verbeterde gemengde of gescheiden stelsels. Van een verbeterd gemengd stelsel is sprake als er achter de overstorten zogenaamde bergbezinkbassins zijn aangebracht die tijdens hevige neerslag het overstortende water in het bassin bergen. De hoeveelheid overstortend water neemt hierdoor af en daarmee eveneens de vervuiling van het oppervlaktewater. Een verbeterd gescheiden stelsel is een gescheiden stelsel dat op een geschikte plaats verbonden is met het vuilwaterriool. Op die manier worden foute aansluitingen voorkomen en de nadelen van een gescheiden rioolstelsel in belangrijke mate tenietgedaan. In Nederland is 74%



Figuur 9 - Aanleg van buizen en put.

van de rioolstelsels van het gemengde type en 22% van het gescheiden type. De overige 4 % wordt gevormd door verbeterde gemengde of verbeterde gescheiden stelsels.

De keuze voor een (verbeterd) gemengd of gescheiden stelsel is afhankelijk van:

- **terreingesteldheid**

In Nederland gelden als belangrijkste aspecten van de terreingesteldheid de aanwezigheid van open water en de helling van het terrein. De kosten van een gescheiden stelsel worden in belangrijke mate bepaald door de aanwezigheid van open water waarop het regenwaterstelsel kan lozen. Wanneer voldoende open water aanwezig is kunnen regenwaterriolen met een beperkte afmeting en lengte worden aangelegd, waardoor de kosten beperkt kunnen blijven.

- **reeds aanwezige (ondergrondse) infrastructuur**

Met name bij stadsuitbreidingen kan de bestaande infrastructuur van invloed zijn op de stelselkeuze. Wanneer een stadsuitbreiding afwatert op een bestaand gemengd stelsel kan het noodzakelijk zijn om een gescheiden stelsel aan te leggen en slechts de DWA naar het bestaande gemengde stelsel af te voeren om overbelasting van het bestaande gemengde stelsel te voorkomen.

- **milieu aspecten**

Elk type rioolstelsel kent een kenmerkende milieubelasting. Afhankelijk van de functie en de aard van het ontvangende oppervlaktewater stelt de waterkwaliteitsbeheerder bepaalde eisen aan de vuiluit-

worp vanuit het riool-stelsel. Op basis van deze eisen kan gekozen worden voor een bepaald stelseltype. Op dit moment geldt als richtlijn dat nieuwe stelsels in principe worden aangelegd als verbeterd gescheiden stelsel.

4. Aanleg, organisatie en kosten van rioolinfrastructuur

In Nederland zijn gemeenten verantwoordelijk voor het doelmatig inzamelen en transporteren van afvalwater dat binnen hun grondgebied vrijkomt. Hieronder valt dus zowel de aanleg als het beheer en onderhoud van rioolinfrastructuur. De verantwoording voor de afvalwaterzuivering ligt bij de zuiveringschappen. Daarnaast treden de zuiveringsschappen op als vergunningverlenende instantie in het kader van de Wet Oppervlaktewater Verontreiniging (WVO). Vanuit deze positie stellen zij eisen aan het functioneren van de gemeentelijke riolering.

In de Wet Milieubeheer is de zorgplicht van gemeenten opgenomen voor de aanleg en het beheer van de riolering. Gemeenten zijn sinds 1993 verplicht een Gemeentelijk Rioleringsplan te hebben vastgesteld om de zorgplicht waar te kunnen maken. De planperiode is zo'n 4 à 5 jaar en inmiddels zijn gemeenten dus al bijna toe aan de derde generatie GRP's. Het GRP heeft een strategisch en beleidsmatig karakter en vormt de basis voor het gemeentebestuur bij besluiten over de doelen en middelen voor aanleg en beheer van de riolering op langere termijn. Ook worden (twee)jaarlijks operationele programma's opgesteld waarbinnen de aanleg van de riolering, het uitvoeren van maatregelen en het uitvoeren van onderzoek worden vastgelegd. Deze operationele programma's geven een nadere uitwerking van de in het GRP beschreven strategie.

Voor het ontwerp van nieuwe en te vervangen rioolstelsels beschikken grote gemeenten over ontwerpafdelingen. Bij gemeentelijke samenwerkingsverbanden van veelal kleine gemeenten en zelfstandig werkende middelgrote gemeenten is dat dikwijls niet het geval. Door die gemeenten wordt daarom vaak een beroep gedaan op externe ontwerpers van ingenieursbureaus. Ook bij het oplossen van problemen met stelsels of het bepalen van uitgangspunten voor de toekomst wordt vaak samengewerkt met ingenieursbureaus en universiteiten.

4.1 Aanleg

Gespecialiseerde aannemers nemen de aanleg en vernieuwing van rioolstelsels voor hun rekening. Het is precisiewerk waarbij bijvoorbeeld laserapparatuur wordt gebruikt. De stelsels moeten namelijk jarenlang veilig en storingsvrij kunnen functioneren. De buizen en putten dienen daarom ook aan de zware normen te voldoen.

In Nederland worden we natuurlijk geconfronteerd met een sterk wisselende 'grondslag': Aannemers krijgen te maken met zandbodems, slappe veenbodems, weerbarstige klei, löss, leem en allerhande mengvormen. Als de bodem uit zand bestaat is de aanleg tot op zekere hoogte betrekkelijk eenvoudig. Maar zelfs als de bodem het stelsel kan dragen, moeten toch vaak voorzieningen worden getroffen. Het gaat daarbij om grondverbeteringen als een bedding van zand onder in de sleuf of zand voor de aanvulling van de sleuf.

In principe wordt begonnen met de ontgraving. De wijze van ontgraven wordt bepaald door de aard van de grondslag, de benodigde diepte en breedte van de sleuf, de taludhelling, de beschikbare werkruimte en de kans op beschadiging van nabij gelegen boven- en ondergrondse constructies. Als er genoeg ruimte is wordt een sleuf gemaakt die onderin breed genoeg is om naast de buizenstreng en putten te kunnen werken. Wanneer dit niet gaat, op een smalle gracht of in een steeg, kunnen bijvoorbeeld hulpwanden worden aangebracht die voorkomen dat loodrechte sleufwanden instorten. Het ontgraven dient nauwkeurig met de vereiste bodemhelling en diepte te worden uitgevoerd. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van zichtplanken of laserstralen.

Bij een onvoldoende draagkrachtige bodem is een fundering noodzakelijk. Die kan bestaan uit een oplegging op staal, oplegging op sloven of roosters of een fundering op palen. Vaak moet er ook worden geheid. Zo kunnen onder elke buis bijvoorbeeld tweemaal twee palen geheid worden met daarop betonnen bruggetjes ("kespen"), die de buizen dragen en vanzelfsprekend de nodige palen onder de putten.

Vervolgens kan met het leggen van de buizen worden begonnen. Daarbij wordt bij voorkeur tegen de stroomrichting in gewerkt, om wateroverlast tijdens de werkzaamheden te voorkomen. Telkens nadat een gedeelte van de rioolleiding tussen twee of meer putten is gereedgekomen dient geïnspecteerd te



Figuur 10 - Aanleggen van riolering

worden of de gelegde rioolleiding waterdicht en vrij van gebreken is.

Soms moet de riolering in een gracht of op de rivierbodem worden gelegd. Dan moeten stalen damwanden worden geheid, zodat het water kan worden weggepompt. En ook bij de veel voorkomende situatie dat het onderste deel van de sleuf zich onder het niveau van het grondwater bevindt zal er gepompt of gedraineerd moeten worden. Als een rioolleiding moet worden aangelegd onder bijvoorbeeld (spoor-)wegen of watergangen is de open sleuf methode niet mogelijk. In deze gevallen worden technieken als doorpersen of boren toegepast. Een nadere beschrijving van deze technieken is te vinden in het vak 'Transport en inzameling van afvalwater II'.

Tenslotte vereist ook het aanvullen van de sleuf na



Figuur 11 - Riolering in een gracht.

het leggen van de buizen grote zorgvuldigheid. De aarde moet laag voor laag worden aangebracht, en telkens worden verdicht, aan beide zijden steeds evenveel omdat de aarde de leiding anders verdraait of wegdrukt. Het materiaal voor de sleufaanvulling dient daarbij in alle gevallen vrij te zijn van harde voorwerpen, zoals stenen, puin, stukken hout of bevroren grond.

4.2 Organisatie en kosten

In Nederland lag in 2000 de rioleringsgraad op ongeveer 97%. Dit percentage zal nog toenemen door het aansluiten van nog niet aangesloten percelen. De totale geschatte lengte van de riolering bedraagt 82.400 km, wat gelijk is aan iets meer dan 5 m riolering per persoon. De vervangingswaarde van de riolering bedraagt ongeveer 70 miljard gulden. Bij een gelijkmatige vervanging in 60 jaar bedragen de exploitatiekosten per jaar 1,3 miljard gulden.

Voor de dekking van de kosten van de aanleg en het beheer van de riolering bestaat een groot aantal mogelijkheden. Het rioolrecht is de belangrijkste inkomstenbron. Het rioolrecht kan voor de dekking van vrijwel alle kosten worden ingezet, het is echter niet toegestaan om het rioolrecht aan te wenden voor het opstellen van rioleringsplannen voor uitbreidingsplannen. Over het algemeen wordt bij het vaststellen van de hoogte van de heffing van het rioolrecht een onderscheid gemaakt tussen woningen, die per aansluiting betalen, en grootverbruikers, die per m³ betalen. De totale opbrengst van het rioolrecht mag de totale kosten van de aanleg en het beheer van de riolering niet overstijgen

Voor een goed beheer van de riolering is inzicht in de huidige staat van de riolering noodzakelijk. Informatie over de staat en het functioneren van het rioelstelsel kan worden verkregen door inspecties. Om op basis van deze informatie conclusies omtrent de toestand van de riolering te kunnen trekken is het noodzakelijk om het resultaat van de inspecties op een eenduidige manier vast te leggen en te beschrijven. NEN 3399 [NNI, 1992] bevat een classificatiesysteem waarmee op basis van een 18-tal toestandsaspecten de toestand van de riolering systematisch kan worden beschreven. Deze toestandsaspecten zijn ingedeeld in de groepen waterdichtheid, stabiliteit en afstroming.

Literatuur en websites

- Vereniging van Producenten van Betonleiding-systemen VPB, Inzameling en transport van af-valwater, deel 4, 1993, Woerden.
- Prof. Ir. Jean Berlamont, Rioleringen, 1997, Leuven (België).
- Leidraad Riolering
- www.riool.net
- www.rioleringstechniek.nl/
- www.rioned.nl
- www.vng.nl

Vragen en opgaven

Tentamen

- In het stadshart van een gemeente ligt een oud gemengd stelsel dat via de overstort te veel overlast geeft voor het ontvangende oppervlaktewater. Een ambtenaar van de gemeente heeft in het dictaat ct 3011 gelezen dat een verbeterd gescheiden rioolstelsel een veel kleinere belasting van het oppervlaktewater oplevert en stelt voor om het bestaande gemengde stelsel om te bouwen naar een verbeterd gescheiden stelsel. U wordt als deskundige gevraagd om aan te geven wat hiervan de gevolgen (in termen van aanpassingen aan infrastructuur, kosten en eventuele risico's) zijn voor:
 - binnenriolering
 - buitenriolering

- Een poldertje dat van oudsher voor landbouw werd gebruikt is volgebouwd met kassen voor de glastuinbouw. Het afwateringssysteem is daar nog niet op aangepast.

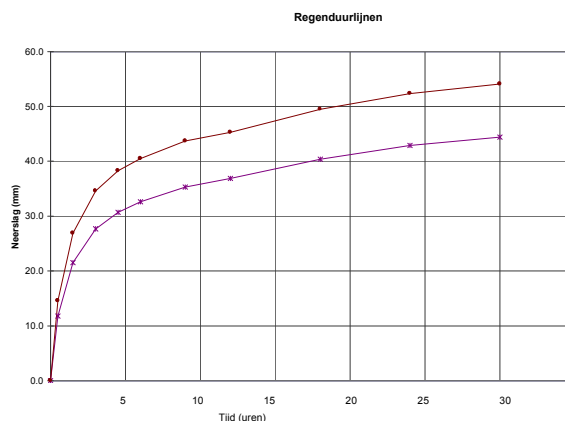
- Zullen de waterstanden van het oppervlaktewater in de polder bij hevige neerslag hoger of lager worden dan voordat er kassen waren gebouwd? Waarom?

Om de bij a) genoemde problemen te voorkomen worden twee oplossingen voorgesteld: vergroten van het oppervlak open water in de polder of vergroten van de afvoercapaciteit van het afvoergemaal van de polder. Aan u wordt gevraagd beide oplossingen te kwantificeren. Afgesproken wordt dat u gebruik maakt van de 'regen-duurlijnmethode'

- In de onderstaande figuur zijn twee regenduurlijnen gegeven. Een van de twee heeft een herhalingsstijd van 5 jaar, de ander een herhalingsstijd van 10 jaar. Welke herhalingsstijd heeft de bovenste regenduurlijn?

De gegevens voor de berekeningen zijn:

- totale oppervlakte van de polder is 1000 ha.
 - oppervlakte open water is 5% van het totale oppervlak
 - de toegestane peilstijging van het open water is 40 cm met een herhalingsstijd van $T=10$ jaar.
 - bij het ontwerpen van het afwateringssysteem mag er vanuit worden gegaan dat in de polder (verhard en onverhard gebied samen) 10 mm neerslag wordt geborgen.
 - de afvoercapaciteit van het afvoergemaal van de polder is 15 mm/etm (betrokken op de hele polder).
- Met hoeveel m^2 moet het oppervlak open water worden uitgebreid bij gelijkblijvende gemaalcapaciteit? Lever de figuur met de regenduurlijnen in bij uw werk.
 - Welke gemaalcapaciteit is nodig bij gelijkblijvend oppervlak open water? Lever de figuur met de regenduurlijnen in bij uw werk.



- Aan het gebruik van de regenduurlijn methode kleven enkele bezwaren, noem er twee met uitleg.
- Adviseert u uitbreiding van het oppervlak open water of uitbreiding van de gemaal capaciteit? Geef de argumenten.

Opgave 5, Afwatering

In deze opgave werkt u met de in de onderstaande tabel gegeven neerslaggegevens. De tabel bevat de cumulatieve dagsommen in mm voor twee ontwerpbuizen, met herhalingsstijden T_1 en T_2 .

- Construeer de regenduurlijnen voor de herhalingsstijden T_1 en T_2 in één figuur.
- Geldt $T_1 > T_2$ of geldt $T_2 > T_1$? Geef uitleg.
- Bereken met behulp van de geconstrueerde regenduurlijnen het benodigde percentage open water in een polder als gegeven is:
 - de toegestane peilstijging van het open water is 0,10 m
 - de berging op het verharde en onverharde gebied is 21 mm
 - de polder wordt bemalen met een gemaalcapaciteit van 18 m³/s.
 - het oppervlak van de polder is 10000 hectare.
- Aan het gebruik van de regenduurlijn methode kleven enkele bezwaren, noem er twee met uitleg.

	dag 1	dag 2	dag 3	dag 4	dag 5
herhalingsstijd T_1	40	54	62	68	71
herhalingsstijd T_2	28	40	47	52	54

