

Handboek

Straatriolering

ontwerp en aanleg
van vrij verval
kunststof rioolsystemen



Inhoudsopgave

	Inleiding	pag 4
1	Eisen en materiaalkeuze	pag 5
	1.1 Materiaalinformatie	pag 7
2	Dimensionering	pag 9
	2.1 Sleepspannigen en slijmhuid	pag 14
	2.2 Het gescheiden rioelstelsel	pag 14
	2.3 Het gemengde rioelstelsel	pag 18
	2.4 Verbeterd rioelstelsel	pag 19
3	Ondergronds gedrag en buisklasse keuze	pag 21
	3.1 Flexibiliteit van buis en grond	pag 21
	3.2 Aanvulgroepen	pag 22
	3.3 Vervorming in de praktijk	pag 23
	3.4 Keuze buisklasse en benaming	pag 25
4	Kunststof inspectieputten	pag 28
	4.1 Functies en eisen inspectie, controle en reiniging	pag 28
	4.2 Puttenstaat	pag 30
	4.3 Bijzondere kunststof putten	pag 30

5	Praktische ontwerpaspecten en aanlegadviezen	pag 31
5.1	Beluchting en ontluchting van rioelstelsels	pag 31
5.2	Parallelriolen	pag 31
5.3	Fundering van kunststof riolen	pag 31
5.4	Aansluiting van op staal gefundeerde riolen op onderheide constructies	pag 31
5.5	Lozing van media met hoge temperaturen	pag 32
5.6	Aanlegadviezen inclusief putten	pag 33
5.7	Aansluitingen	pag 34
5.8	Standpijpconstructies en richtlijnen voor de toepassing van zettingshulpstukken	pag 35
6	Renovatie en relining	pag 37
7	Algemene informatie	pag 38
7.1	Hydraulische basis	pag 38
7.2	Opslag en transport	pag 38
7.3	Normen en richtlijnen	pag 40

Dit Technisch Handboek heeft tot doel iedereen die betrokken is bij vrij-verval straatrioleringen te informeren over de mogelijkheden van kunststof riool-systemen en een antwoord te geven op veel voorkomende vragen met betrekking tot ontwerp en constructies. Kunststoffen worden toegepast vanaf het lozingsstapel tot aan de riool-waterzuiveringsinstallatie. Voor kunststof straatriool wordt bijna uitsluitend PVC gebruikt.

Hebt u vragen, wensen of praktijkproblemen, waarop dit handboek geen antwoord verschaft, dan verzoeken wij u deze aan ons voor te leggen, evenals uw suggesties voor aanpassingen en aanvullingen.

Aangezien onze leidingsystemen in de praktijk worden verwerkt onder omstandigheden die buiten onze waarneming vallen, kan voor de in dit handboek verstrekte gegevens geen aansprakelijkheid worden aanvaard. Met de uitgave van dit hand boek vervallen alle eerder gepubliceerde technische gegevens.

Het kunststof straatriool

In het begin van de jaren zestig werden in Nederland de eerste PVC straatriolen in gebruik genomen. Vanwege problemen met andere buismaterialen werden de PVC riolen in eerste instantie gelegd in gebieden met een slechte grondslag. De veronderstelling dat de flexibele PVC buis zich in deze slappe grond als een 'vis in het water' zou voelen bleek juist: veel van de problemen werden overwonnen.

Het gebruik van PVC als rioolbuis heeft zich sinds die eerste toepassingen stormachtig ontwikkeld. Dat komt onder andere door het ondergronds gedrag (het flexibele gedrag) van de PVC rioolbuizen. Door ontwikkelingen als die van de gestructureerde wand (3 lagen buis) voor afvoer doeleinden, zal het gebruik nog verder toenemen.

Reeds eerder verschenen technische handboeken

- ⦿ **Huis- en Kolkaansluitingen**
- ⦿ **Riool- waterpersleidingen**
- ⦿ **Binnenriolering**
- ⦿ **Lijnafwatering**
- ⦿ **Montage Richtlijnen R.M.P.**
- ⦿ **Tegra putten**

1. Eisen en materiaalkeuze

Vrij-verval riolering moet aan een aantal criteria voldoen. De eisen zijn:

- ⦿ Goede hydraulische eigenschappen en handhaving daarvan.
- ⦿ Lange technische levensduur.
- ⦿ Een blijvend waterdicht systeem.

Vrij-verval riolering van PVC heeft de volgende kenmerken:

Goede hydraulische eigenschappen en handhaving daarvan

In verband met de dimensionering zijn van belang de diameter, het verhang en de wandruwheid (die bij kunststoffen blijvend laag is). Hierdoor zijn ook de sleepspanningen laag. Indien af te voeren materiaal bezonken is, komt dit bij relatief lage stroomsnelheden weer in beweging. Dit wordt mede veroorzaakt door de gesloten gladde wand van kunststoffen waardoor geen aanhechting plaatsvindt. De invloed van een eventueel ontstane slijm laag in de buis is bij kunststoffen dan ook beduidend lager dan bij andere materialen. Hierdoor heeft het kunststof riool het voordeel dat er minder vaak gereinigd hoeft te worden en relatief met minder druk gereinigd kan worden of dat er met minder verhang kan worden ontworpen. Hulpstukken en inspectieputten zijn zodanig ontworpen dat hydraulisch zo weinig mogelijk storingen zullen optreden.

Lange technische levensduur

De toepassing van PVC is nu ca. 45 jaar oud. In Nederland werd het op het eind van de vijftiger jaren voor het eerst als straatriool toegepast. Onderzoek aan opgegraven buizen heeft aangetoond dat deze buizen veelal nog voldoen aan de tegenwoordig te stellen eisen en dat

er geen enkele aanleiding is om een beperkte levensduur te veronderstellen. In Nederland mag dan ook veilig worden aangenomen dat de levensduur van PVC riolen 100 jaar is. Dit geldt ook bij toepassing als vuilwaterriool (dwa) in een gescheiden rioolstelsel.

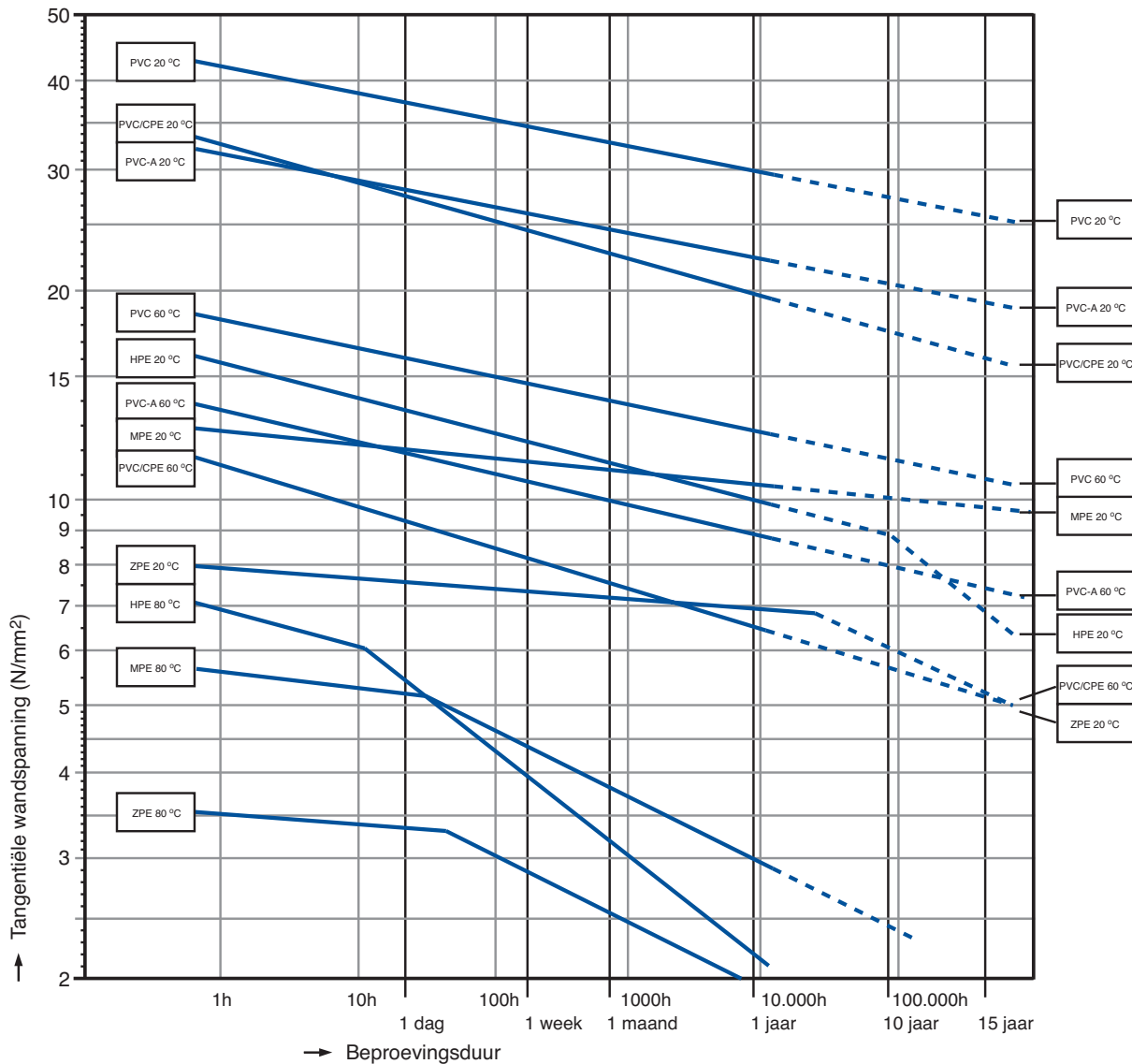
Voor een lange technische levensduur is het volgende van belang:

- ⦿ Grond- en verkeerslasten worden door de flexibele PVC buis elastisch opgevangen. In de bodem vormt iedere buis een storend element. Hoe dichter het gedrag en de flexibiliteit van de buis bij die van de grond komen, des te minder storend is dat buiselement. In het hoofdstuk 'ondergronds gedrag' wordt hier nader op ingegaan.
- ⦿ Ook axiale flexibiliteit is een groot voordeel. Ongelijkmatige zetting van de grond is niet altijd te voorkomen. Flexibele buizen volgen deze ongelijkmatige grondzettingen gelijkmatig zonder grote knikken of belastingen van de verbindingen en zonder dat lekkage in de verbindingen ontstaat.

- ⦿ Thermische belasting mag geen invloed op het materiaal en op het gedrag van de buis hebben. In huis-aansluitingen zijn temperaturen gemeten tot ca. 70° C, PVC rioolleidingen zijn hiertegen bestand. In het straatriool zullen de temperaturen veelal niet hoger zijn dan incidenteel 40 á 50° C. Dit is dus geen enkel probleem.
- ⦿ Het leidingsysteem moet chemisch bestendig zijn. Tegen de normaal in huishoudelijk- en bedrijfsafvalwater voorkomende chemicaliën is PVC in hoge mate bestand. Mede daarom wordt ook voor binnenriolering, waar de verdunning van de geloosde stoffen nog minimaal is, bijna uitsluitend PVC toegepast. PVC is ook bestand tegen het soms in hoge concentraties in riolen voorkomende zwavelwaterstof en zwavelzuur. PVC is bestand tegen de in de bodem natuurlijk voorkomende agressieve stoffen, zoals in potkleigronden, bruinkoolgronden enz. Aanvullende beschermingsmaatregelen zijn voor PVC dan ook niet nodig. PVC is ongevoelig voor de pH-waarde van de omgevende grond en van het af te voeren medium.

		PVC	PE 80	PE 100
Dichtheid	g/cm ³	1,40	0,945	0,955
Vloeisterkte	N/mm ²	50-55	(<20) 22	(<20) 23
Rek bij breuk	%	50-150	> 600	> 600
E-modulus	N/mm ²	3000	250-1750	250-1750
Smeltpunt	°C	ca. 90	119-131	120-135
Vicat verwerkingspunt	°C	80	125	127
Soortelijke wamte	kJ/kg.K	1,00	2,30	2,30
Warmtegeleidingscoëff.	W/k.m.	0,16	0,43	0,43
Lineaire uitzettingscoëff.	m/m °C	0,8.10 ⁻⁴	1,6-2,2.10 ⁻⁴	1,6-2,2.10 ⁻⁴

Afb. 1. Fysische eigenschappen van PVC, PE 80 en PE 100.



Afb. 2. De relatie tussen tijd, temperatuur en breukspanning in PVC en PE.

Uiteraard kunnen er stoffen in chemisch verontreinigde grond aanwezig zijn die buismaterialen kunnen aantasten. Dit geldt ook voor PVC. Omtrent de toe te passen kunststof leidingen in chemisch verontreinigde grond kan het beste contact worden opgenomen met Wavin.

Een blijvend waterdicht systeem

PVC riolen zijn waterdicht. Dit wordt o.a. bereikt door het gebruik van gefixeerde manchetten in de verbindingen. Ook bij waterdruk van buitenaf, door grondwater, blijven de verbindingen waterdicht, zelfs bij een grote mate van vervorming van de PVC buizen en bij hoekverdraaiingen in de verbindingen.

De waterdichtheid wordt mede bereikt door de eenvoud van de verbindingen, waardoor foutieve montage nagenoeg uitgesloten is.

Voor normen voor vloeistofdichte rioleling verwijzen wij u door naar de CUR/PBV aanbeveling 51 (Milieutechnische ontwerp criteria voor bedrijfsrioleringen).

1.1 Materiaalinformatie

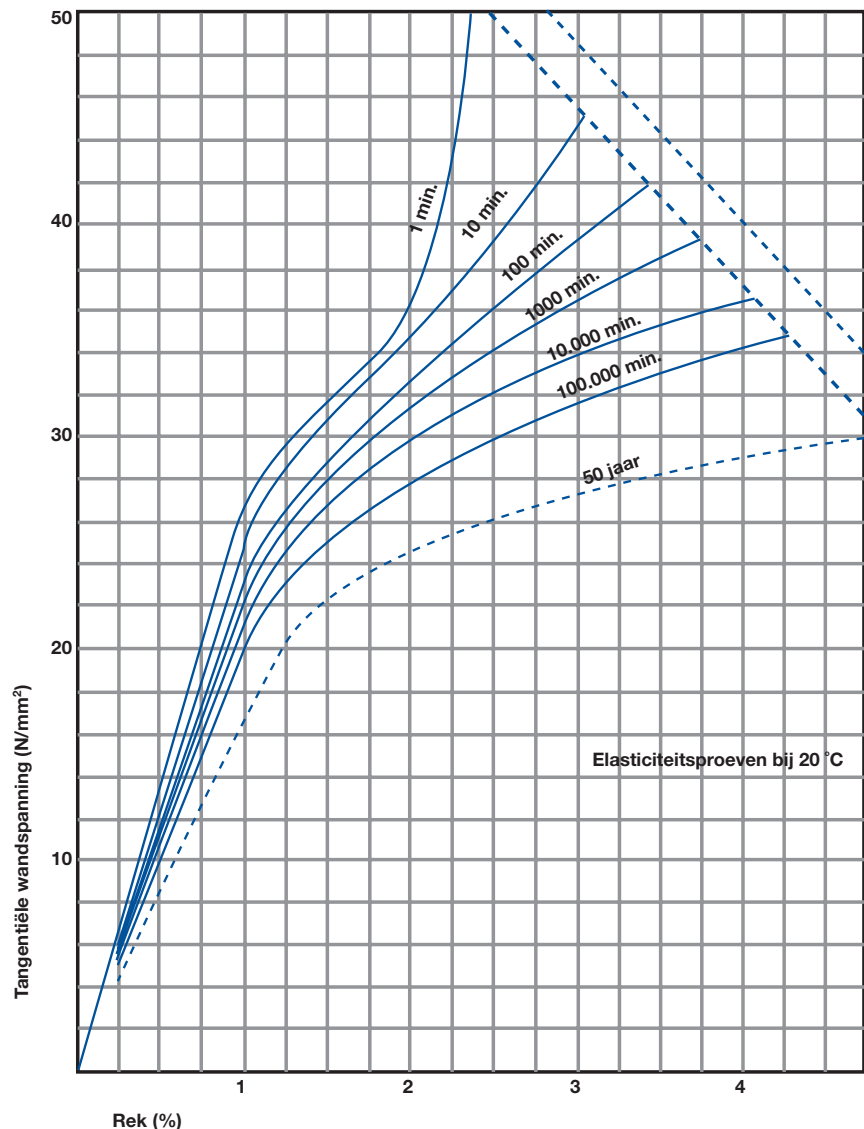
PVC en PE algemeen

PVC

Het polyvinylchloride is eind 19e eeuw ontdekt toen geleerden observeerden dat het pas samengestelde chemisch-organische gas vinylchloride onder invloed van zonlicht een vreemde reactie vertoonde. Onder in de reactievaten vond men een witte neerslag van vast materiaal. Aansluitend onderzoek aan het nieuwe polymeer veroorzaakte grote opwinding en iets later eveneens grote teleurstelling. De geleerden waren verbaasd over de goede chemische eigenschappen. Al gauw kwam men ook tot de conclusie dat dit materiaal niet eenvoudig kan worden verwerkt in bruikbare toepassingen. Dus PVC was wederom een grote wetenschappelijke ontdekking zonder ogenschijnlijke toepassingsmogelijkheden. De wereld vergat deze unieke kunststof. Pas na 1920 werd verder onderzoek ter hand genomen, hetgeen eind dertiger jaren resulteerde in op ontwikkelingsschaal geproduceerde PVC buizen. De gigantische behoefte aan goede en vooral goedkope leidingssystemen na WO II versnelde de ontwikkeling van de PVC buisindustrie.

Polyetheen (PE)

Ook deze kunststof is bij toeval ontdekt in 1933. De eerste productie startte vlak voor het begin van WO II en was volledig bestemd voor de oorlogsindustrie. Pas na de oorlog is dit zgn. lage dichtheid polyetheen commercieel in steeds grotere hoeveelheden in een grote verscheidenheid van gebruiksartikelen ingezet. De ontdekking van nieuwe polymerisatietechnieken leverde het hoge dichtheid polyetheen op. Latere verbeteringen in het proces maakten het mogelijk om PE-typen volgens nauwere



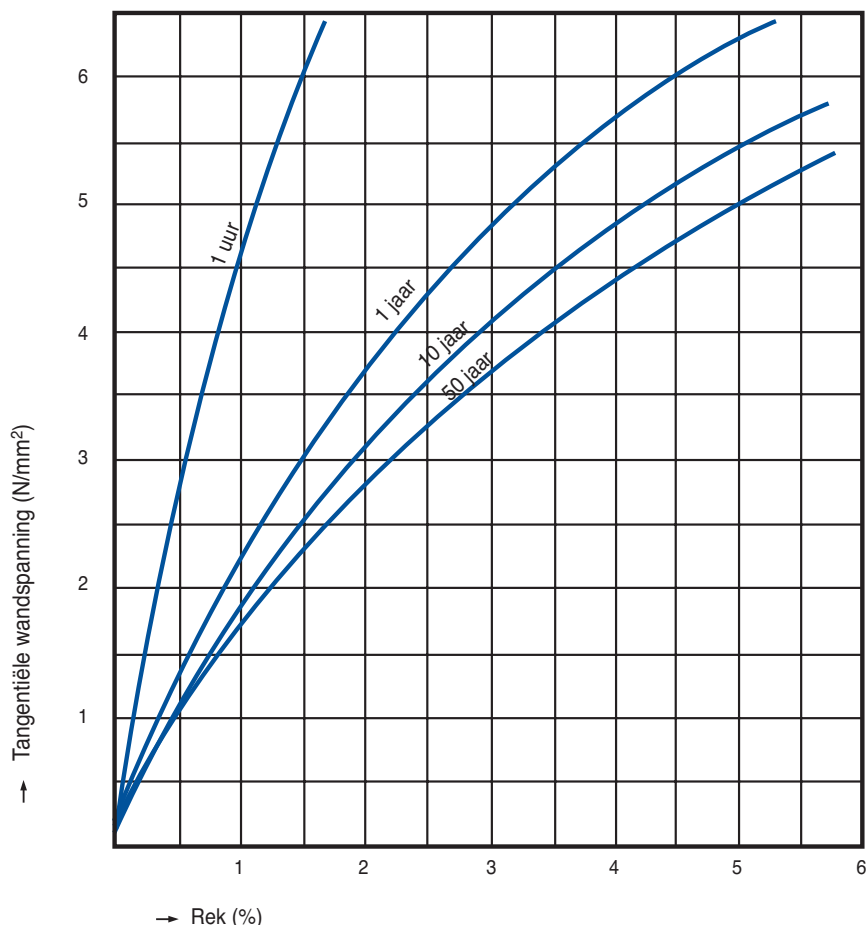
Afb. 3. Spannings-rekdiagram PVC.

Uit deze grafiek zijn de minimale spanningen af te lezen waaraan het materiaal continu gedurende een bepaalde tijd en bij een vastgestelde temperatuur kan worden blootgesteld. Bij een minimale breukspanning van 25 N/mm² gedurende vijftig jaar en een veiligheidscoëfficiënt van 2 bedraagt volgens KIWA de toelaatbare langeduurspanning 12,5 N/mm². Uit de grafiek is ook af te lezen dat bij kortstondige belasting de breukspanningen en de elasticiteitsmoduli hoger zijn. Deze 'extra stijfheid' is van belang bij legoperaties.

en specifiek op toepassing en verwerking gerichte specificaties te fabriceren.

Materiaaleigenschappen

De fysische eigenschappen zijn weergegeven in afbeelding 1. De eisen die gesteld worden aan de minimale permanente spanning, waarbij na een bepaalde tijd breuk optreedt bij bepaalde temperaturen, zijn weergegeven in afbeelding 2. De toelaatbare spanningen zijn voor PVC 12,5 N/mm² en voor HPE 5 N/mm². De relatie tussen spanning en rek van PVC en HPE is weergegeven in afbeeldingen 3 en 4. Met behulp van deze afbeeldingen kan een indruk worden verkregen van de spanningsrelaxatie bij toepassing van PVC als straatriool.



Afb. 4. Spannings-rekdiagram voor staven van HPE bij 23 °C.

Volgens KIWA bedraagt de toelaatbare langeduurspanning 5 N/mm².

In nog sterkere mate dan bij PVC geldt, dat de kortstondige belasting van HPE vele malen groter is dan de langdurige belasting. Vooral bij ingewikkelde legoperaties is dit een groot voordeel. Net als bij PVC bestaat bij HPE een verband tussen het gedrag bij kortstondige en langdurige belasting bij verschillende temperaturen.

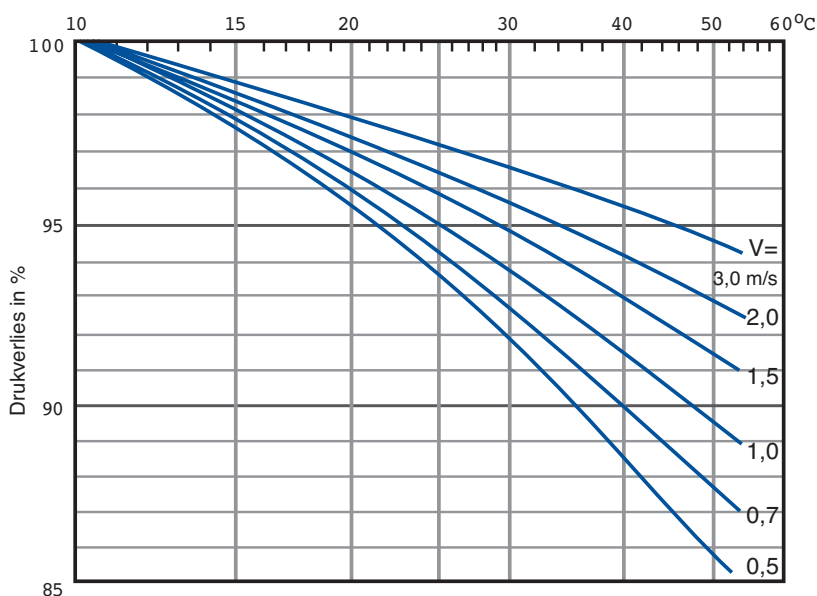
2. Dimensionering

De basisgegevens voor de dimensionering zijn de af te voeren hoeveelheden afvalwater en regenwater die op de gebruikelijke wijze zijn bepaald. De ontwerpgrondslagen worden als bekend verondersteld. Er zal hier dus maar summier op worden ingegaan. Speciale aandacht wordt besteed aan de relatie tussen de benodigde sleepspanningen en de bepaling van diameter en verhang.

De relatie tussen verhang, diameter, stroomsnelheid en capaciteit wordt weergegeven in afbeelding 5. In deze afvoergrafiek wordt als wandruwheid voor kunststoffen 0,05 mm aangehouden en wordt uitgegaan van schoon water van 10 °C wat ongeveer overeenkomt met vuil water van ca. 16 °C.

Voor hogere temperaturen kan een correctie worden aangebracht met behulp van afbeelding 6. Voor een afwijkende wandruwheid kan afbeelding 7 worden gehanteerd. In een rioelstelsel treden ook hydraulische verliezen op ten gevolge van inlaten, verbindingen en inspectieputten. In plaats van al deze waarden apart te wegen, wordt bij een rioelontwerp gerekend met een bedrijfswandruwheid k_b . Voor niet-kunststof buizen van korte lengte wordt gerekend met een k_b van 1,5 mm.

Uit metingen is gebleken dat voor vuilwaterriolen van kunststof een k_b van 0,4 mm verantwoord is (zie afbeelding 8). Voor hemelwaterriolen van een gescheiden stelsel kan een k_b -waarde van 0,25 mm worden gehanteerd (zie afbeelding 9).

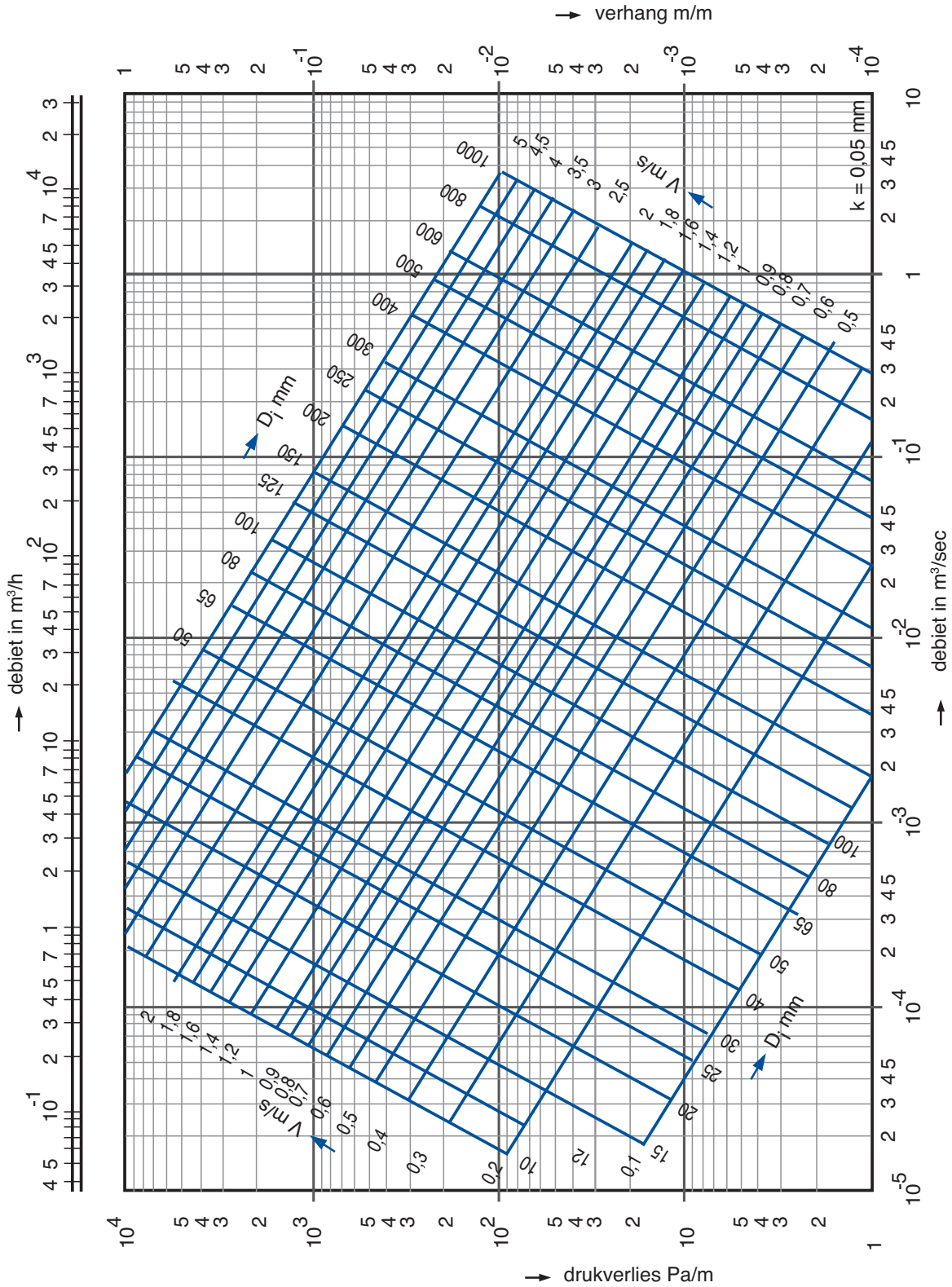


100 % is schoon water van 10 °C
100 % is afvalwater van 16 °C

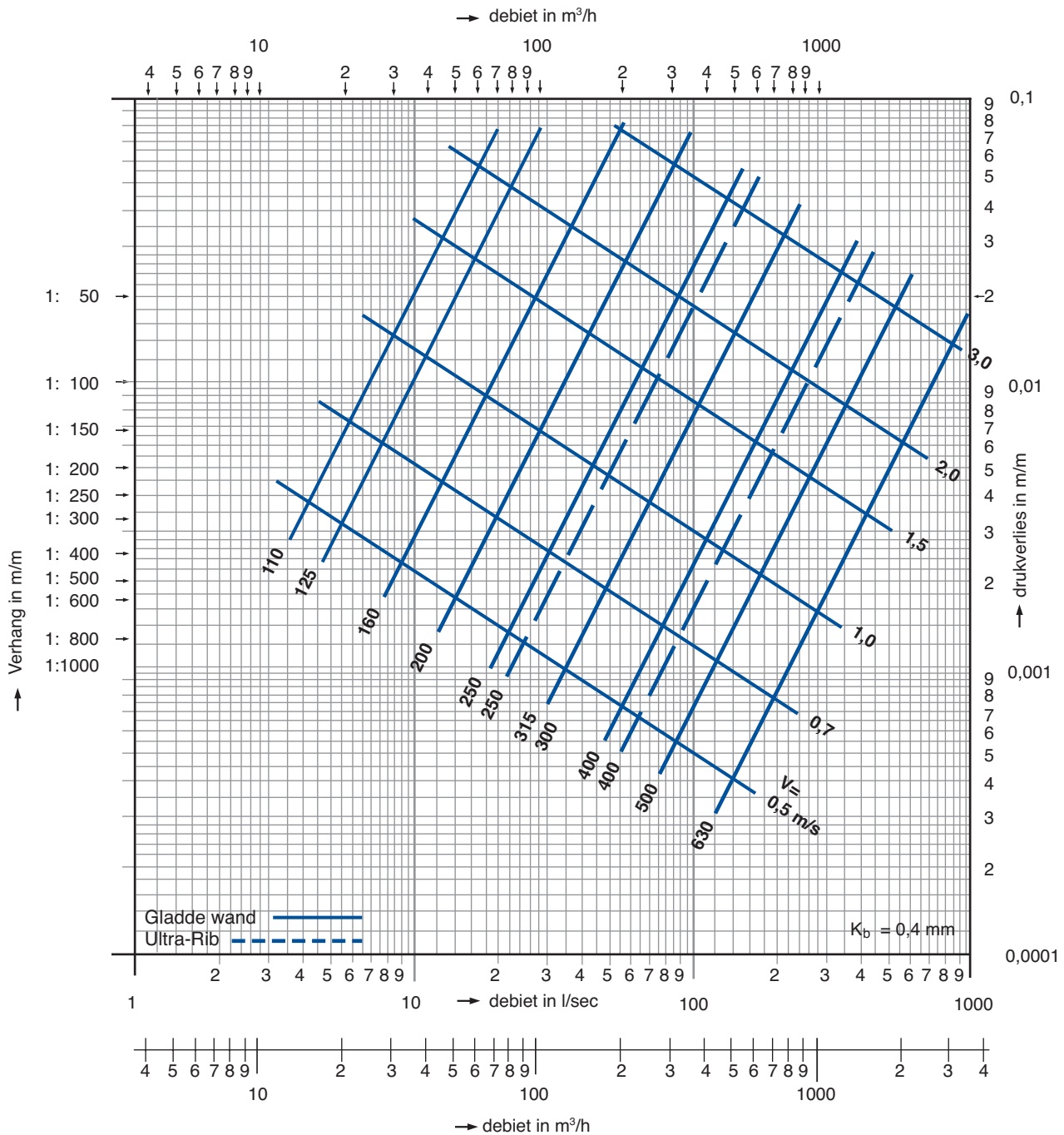
Afb. 6. Drukverliesafname als functie van de watertemperatuur en de stroomsnelheid.

wandruwheid k	debiet Q
mm	%
0,05	100
.....
0,02	104
0,25	89
0,40	86

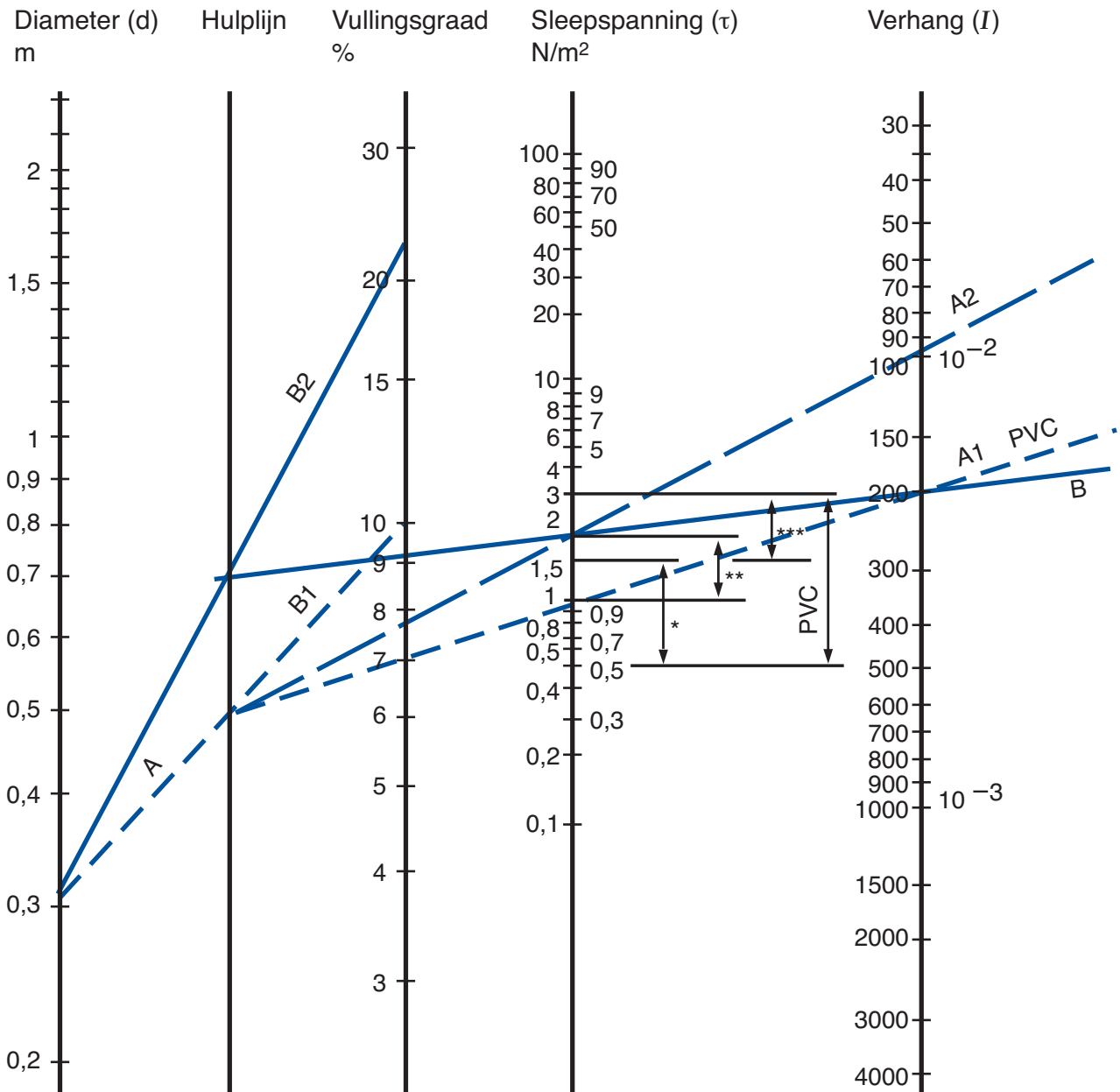
Afb. 7. Invloed van de wandruwheid op het debiet.



Afb. 5. Afvoergrafiek voor schoon water van 10 °C, overeenkomend met vuil water van 16 °C ($k=0,05$, D_j =werkelijke binnendiameter).



Afb. 8. Afvoercapaciteit van een PVC vuilwaterriool en gemengd riool met $k_b = 0,40$ mm.



Afb. 10. Benodigde verhang in Relatie tot de diameter en de vullingsgraad om de benodigde sleepspanning te bereiken.

2.1 Sleepspanningen en slijmhuud

Om alle vuil af te voeren is een minimale sleepspanning nodig. Speciaal bij minimale afvoeren is deze sleepspanning van belang. De benodigde sleepspanningen in vuilwaterriolen van kunststof van het gescheiden stelsel varieren tussen 0,5 en 1,5 N/m². Voor andere materialen dan kunststoffen is dat 1 tot 3 N/m². De relatie tussen benodigde sleepspanning en verhang bij een bepaalde vullingsgraad en diameter is weergegeven in afbeelding 10.

Indien ook bij kleine afvoeren geen bezinking optreedt, kan gesproken worden van zelfreinigende riolen. Voor zelfreinigende riolen is bij een minimale afvoer meer verhang nodig dan over het algemeen in de vlakke gebieden van Nederland wordt toegepast, veelal om economische redenen, (zie afbeelding 11). Daarom zal in veel Nederlandse rioolstelsels bezinking optreden. Om dit bezonken materiaal weer in beweging te krijgen is meer energie nodig dan voor de benodigde sleepspanning. Doordat in kunststof riolen geen hechting aan de wand optreedt komt het bezonken

materiaal weer sneller in beweging dan bij riolen met een min of meer poreuze materiaalstructuur. Hierdoor zullen kunststof riolen over het algemeen minder slijb bevatten waardoor reinigen minder frequent hoeft plaats te vinden of sneller verloopt. Indien gewenst kan ook met minder verhang ontworpen worden (zie voorbeelden bij afbeelding 10).

Ondanks de goede eigenschappen van kunststof zal ook daar een slijmhuud op de buiswand kunnen ontstaan. Onderzoek door het British Hydraulic Research Station (BHRS) heeft uitgewezen dat de gemeten kb-waarde ten gevolge van het ontstaan van een volledige slijmhuud bij PVC de helft is van die bij grés; een derde ten opzichte van asbest cement en een kwart van de kb-waarde van beton, gemeten onder dezelfde condities. Met deze gegevens is in afbeelding 12 de relatie weergegeven tussen de capaciteit en het verhang voor een buis van \varnothing 200 mm. Dit gegeven onderstreept de conclusies die kunnen worden getrokken naar aanleiding van afbeelding 10.

2.2 Het gescheiden rioelstelsel

Hierbij worden vuilwater en straat- en dakhemelwater compleet gescheiden afgevoerd. Alle vuilwater gaat naar de rwzi (rioolwaterzuiveringsinrichting of installatie). Alle hemelwater gaat naar het oppervlaktewater en/of wordt geïnfiltreerd in de bodem. Een nadeel is dat er gerekend moet worden op een zeker percentage verkeerde aansluitingen, waardoor het openbaar water wordt belast. Ook afgevoerd straat vuil zal het openbaar water belasten. Voordeel is dat de aanvoer naar de rwzi regelmatig is en dat deze rioleringsbuis kleiner kan worden ontworpen.

Het vuilwaterriool

De globale afvoer van een gebied kan worden vastgesteld als bekend is: het aantal woningen per ha., de gemiddelde woningbezetting, het gemiddeld waterverbruik en een schatting van het percentage van het waterverbruik dat geloosd wordt (veelal 80 of 90%). Voor een nadere dimensionering wordt de gemiddelde vuilwater- afvoer veelal vastgesteld op 10 à 13 l/h. inwoner. Er wordt gerekend met een vullingsgraad van 600%. De relatie tussen geheel en gedeeltelijk gevulde leidingen is weergegeven in afbeelding 13.

Het vuilwaterriool van een gescheiden stelsel wordt dikwijls gedimensioneerd op een afvoer die gelijk is aan 1,5 maal de gemiddelde vuilwaterafvoer. Dit in verband met eventuele foutieve aansluitingen van regenwater, aansluitingen van drainage en het grondwater dat door voegen en andere verbindingen in het riool komt. Bij kunststof riolen hoeft met de laatste factor in geen geval te worden gerekend.

Benodigde sleepspanning (N/m²)

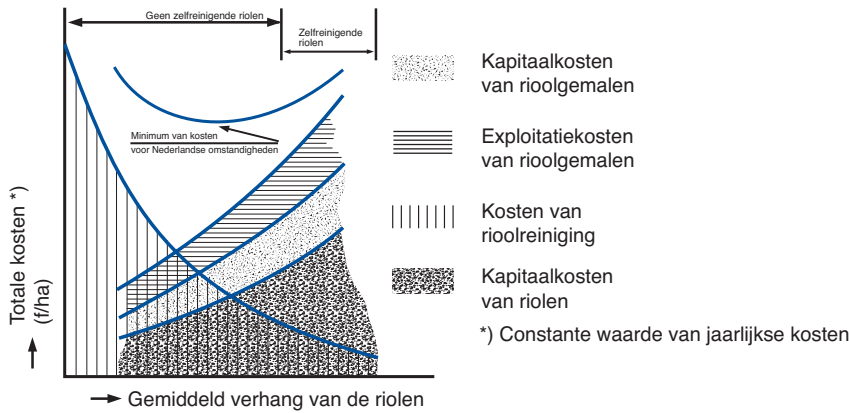
	Kunststof	Beton
* Vuilwaterriool gescheiden stelsel	0,5 tot 1,5	1 tot 3
** Hemelwaterriool gescheiden stelsel	1 tot 2	2 tot 4
*** Gemengde stelsels	1, tot 3	3 tot 6

Voorbeeld A:

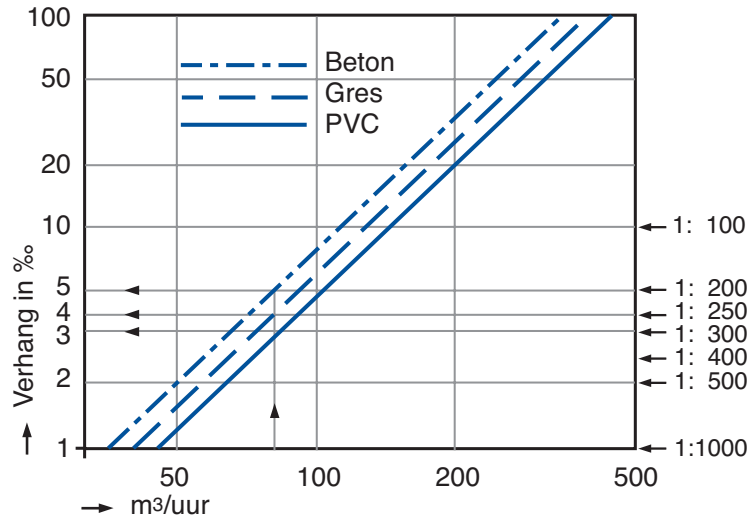
bij \varnothing 300 mm en een vullingsgraad van 10% is voor PVC bij een benodigde sleepspanning van 1 N/m² een verhang van 1:200 nodig (A1). Bij een niet-kunststof materiaal met een benodigde sleepspanning van 2 N/m² is dan een verhang van ca. 1:100 een vereiste (A2).

Voorbeeld B:

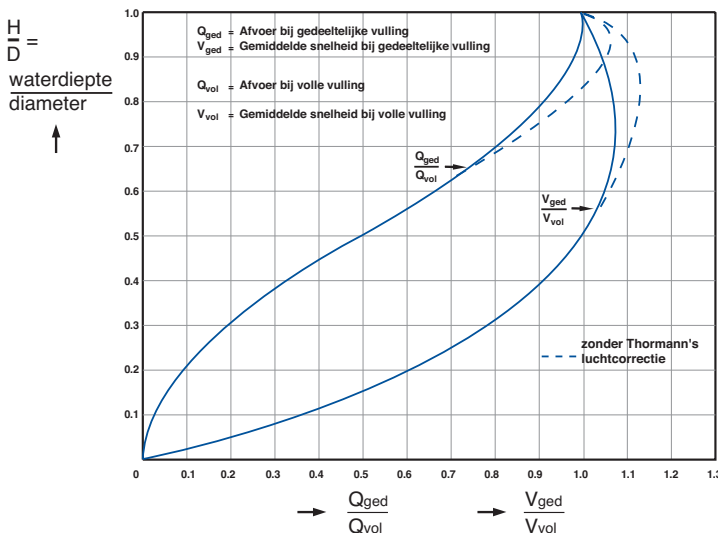
als bij een benodigde sleepspanning van 2 N/m² van een ander materiaal dan kunststof dezelfde \varnothing 300 ook 1:200 gelegd wordt, dan is een vullingsgraad van 23% nodig om die benodigde sleepspanning te verkrijgen (B2). Bij kunststof is de benodigde vullingsgraad dan 10% (B1).



Afl. 11. Kosten van een rioelstelsel in relatie tot het verhang.



Afl. 12. Invloed van de slijmhuid op verhang en capaciteit. Van enkele rioelmaterialen. Bij ø 200 mm.



Afl. 13. Debiet en stroomsnelheid in een gedeeltelijk gevulde buis met en zonder luchtcorrectie.

Na vaststelling van de vereiste capaciteit en het verhang (zie afbeelding 10) kan met behulp van de afbeeldingen 13 en 8 de vereiste diameter definitief worden bepaald.

In verband met mogelijke verstoppingen wordt voor het vuilwater straatriool (hoofdriool) als praktisch kleinst toepasbare diameter ø 160 mm aangehouden, mits de aansluitingen niet groter zijn dan ø 110 mm. Bij aansluitingen ø 125 mm zal voor het straatriool (hoofdriool) minstens ø 200 mm worden gekozen (zie ook 5.8).

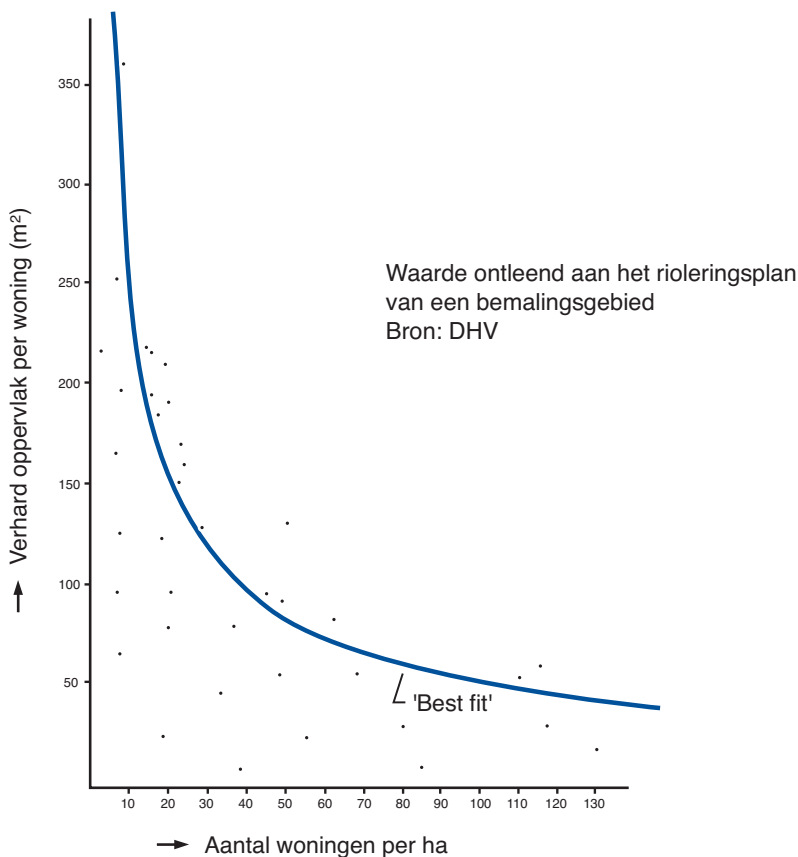
Het hemelwaterriool

De afvoer van hemelwater moet zodanig zijn dat dit zonder onnodige wateroverlast plaatsvindt. De intensiteit van regens verschilt sterk (zie afbeelding 14). Om technische en economische redenen is het niet mogelijk om een hemelwaterriool zodanig te dimensioneren dat alle neerslag altijd onmiddellijk door het hemelwaterriool kan worden afgevoerd.

Ook de totale hoeveelheid neerslag die op een bepaald gebied valt zal niet geheel door het rioelstelsel worden afgevoerd. De hoeveelheid die tot afstroming komt hangt onder andere af van het verharde oppervlak. Het verharde oppervlak kan bepaald worden met behulp van afbeelding 15 of met behulp van de afvloeiingscoëfficiënt van afbeelding 16 waarmee het totale oppervlak vermenigvuldigd moet worden. Door het verharde oppervlak te vermenigvuldigen met de intensiteit van de regenbui kan de af te voeren hoeveelheid hemelwater worden bepaald.

intensiteit	soort regen	mm/h	l/s. ha
	motregen	0,25	0,7
	lichte regen	1 à 5	28 à 14
	zware regen	15 à 20	42 à 56
	stort bui	100	277

Afl. 14 Soort regen en intensiteit.



Afb. 15. Relatie verhard oppervlak. En aantal woningen per hectare.

wijktype	a	-	a
voor oude stadskernen; zeer dichte bebouwing	0,7	-	0,9
voor nieuwere stadsdelen; gesloten bebouwing	0,5	-	0,7
voor nieuwere stadsdelen; open bebouwing	0,3	-	0,5
voor nieuwere wijken met parken en tuinen	0,2	-	0,3
voor onbebouwde en niet verharde terreinen (sport- en rangeerterreinen)	0,1	-	0,2
voor parken	0	-	0,1
aard van oppervlak	a	-	a
daken	0,8	-	0,95
gesloten wegdek (asfalt, beton)	0,8	-	0,95
klinkerbestrating	0,7	-	0,85
steenslagwegen	0,3	-	0,6
grind- en sintelwegen	0,15	-	0,3

Afb. 16. Afvloeiingscoëfficiënt.

Om verschillende redenen wordt in Nederland uitgegaan van een permanente regenintensiteit met oneindige regenduur, afbeelding 17.

Deze waarden zijn verkregen door ervaring en door verwerking van neerslaggegevens, o.a. stippengrafieken. Met behulp van zogenaamde '5 minuten' regengegevens kunnen theoretische regenkurven worden vervaardigd. Enkele te hanteren regenkurven zijn weergegeven in afbeelding 18, met daarin diverse regenintensiteiten.

Bij grote regenbuien zal eerst het hemelwaterriool gevuld worden. Als deze 'berging' gevuld is en de afvoercapaciteit van het riool is bereikt, dan zal het meerdere hemelwater op straat blijven staan. De berging van een rioolstelsel wordt uitgedrukt in mm. nuttige inhoud riool in m³
 mm berging = 1 x verhard oppervlak in ha

Voor de berekening van de berging kan niet altijd zonder meer de inhoud van de buizen worden genomen, maar alleen de beschikbare berging (zie afbeelding 19). De dimensionering van het hemelwaterriool kan op twee manieren tot stand komen:

- ⊕ Na keuze of berekening van het (waterspiegel)verhang en vaststelling van de gewenste capaciteit kan met afbeelding 8 de diameter bepaald worden. Na berekening van de daaruit voortvloeiende berging kan zoals weergegeven in afbeelding 20 de duur en de omvang van water op straat worden bepaald.
- ⊕ Uitgegaan wordt van een gemiddeld toelaatbaar aantal malen dat wateroverlast optreedt (dikwijls wordt 1 x per 5 jaar gekozen).

soort gebied	ontwerp- regen l/s.ha
vlakke gebieden	60
hellende gebieden ¹⁾	90
kwetsbare gebieden ¹⁾ (promenades, vliegveldplatforms, enz.)	90 à 120
niet kwetsbare gebieden (veel open water op korte afstanden)	45

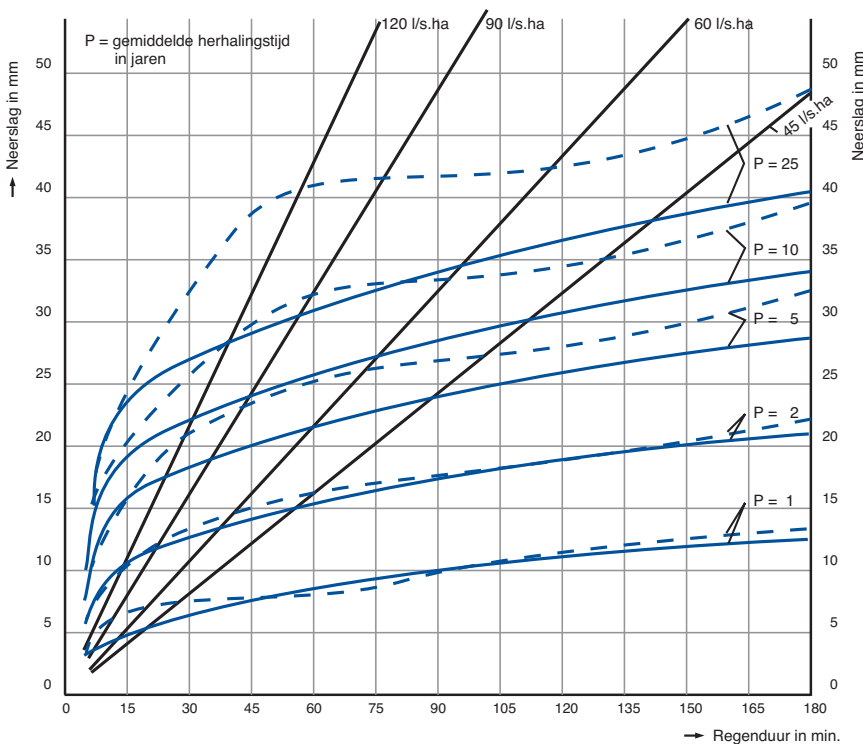
¹⁾ mogelijk ernstiger waterbezwaar bij veelvuldige overschrijding

In verband met de vaststelling van duur en omvang van water op straat moet bedacht worden dat dit indicaties zijn, gebaseerd op theoretische regenkrommen. Bovendien zal afhankelijk van plaats en straatnivo het aantal mm dat tijdelijk op straat staat sterk verschillen.

Ten onrechte wordt er wel eens vanuit gegaan dat de minimum diameter van hemelwaterriolen \varnothing 300 mm moet zijn. Dit is echter een overblijfsel uit het verleden toen de kleinste rioolbuis \varnothing 30 cm was. Een goede vuistregel is dat de minimum diameter bepaald wordt door de huis- en kolkaansluiting. Is deze \varnothing 125 mm dan moet het straatriool minstens \varnothing 200 mm zijn; zijn er veel aansluitingen \varnothing 160 mm dan is de minimale diameter van het straatriool \varnothing 250 mm (zie ook hoofdstuk/paragraaf 5.8). Verder wordt deze bepaald door hydraulische en bergingsoverwegingen als hiervoor omschreven.

Afhankelijk van situatie en opbouw van het rioolstelsel zal door één rioolbuis zelden meer dan het hemelwater van een oppervlak van 4 á 5 ha. naar het oppervlaktewater moeten worden afgevoerd. Dit betekent dat hemelwaterriolen net als vuilwaterriolen uitstekend en zeer economisch in kunststof kunnen worden uitgevoerd. Het gebruik van één materiaalsoort met dezelfde grote lengte heeft bovendien grote voordelen. In één sleuf gelegd, kan zeer snel en economisch gewerkt worden, ook met ongelijke aanlegnivo's.

Afb. 17. Ontwerp regenintensiteit voor verschillende gebieden.



Afb. 18. Twee mogelijke regenkrommen berekend met behulp van 5 minuten regengegevens met diverse ontwerp regeninstanties.

Met behulp van de theoretische regenkrommen wordt de daaruit voortvloeiende benodigde berging en de benodigde afvoercapaciteit bepaald, uitgedrukt in l/s.ha, ook wel ontwerpregenintensiteit

genoemd. De rioldiameter kan worden bepaald door de ontwerpregenintensiteit te vermenigvuldigen met het verharde oppervlak. In de praktijk zal blijken dat de berging dikwijls tussen 3 en 5 mm zal variëren.

2.3 Het gemengde rioolstelsel

Het gemengde rioolstelsel zal in nieuwe rioleringsontwerpen niet meer worden toegepast, tenzij het een ontwerp betreft, dat deel uitmaakt van een reeds gerealiseerd plan. Bij het gemengde rioelstelsel worden vuilwater en hemelwater door hetzelfde buizenstelsel afgevoerd naar de rioolwaterzuiveringsinrichting (rwzi). De afvoercapaciteit wordt veelal beperkt tot 2 á 5 maal de droogweerafvoer (d.w.a.). Het dimensioneren van een gemengd riool kan vrij gecompliceerd zijn.

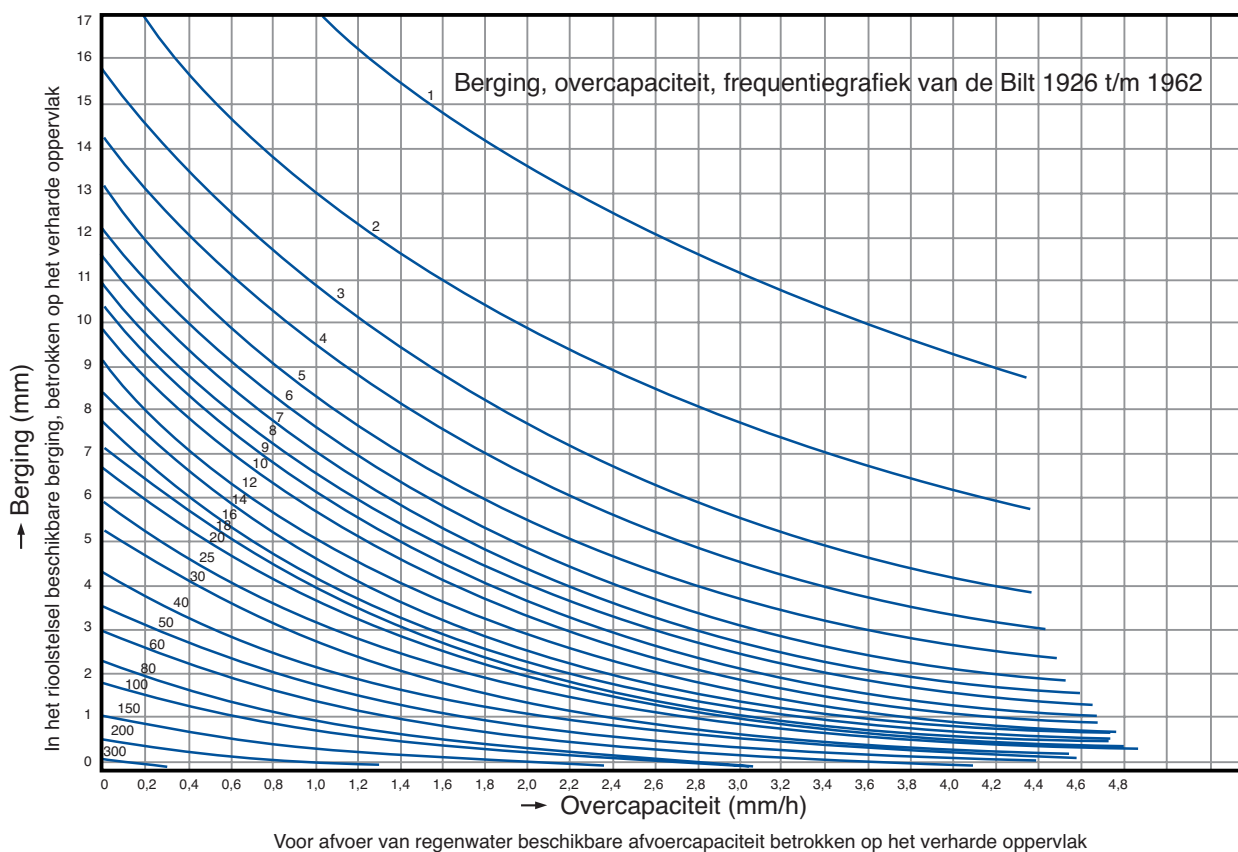
Door de grotere diameter zal bij de d.w.a. de in paragraaf 2.1 behandelde benodigde sleepspanning om het vaste

materiaal in beweging te houden praktisch nooit gehaald worden. Bij neerslag zal van veel buien het meeste water in het riool geborgen moeten/kunnen worden, waarna het via een rioolgemaal richting rwzi wordt gepompt. De ledigingstijd van het stelsel is de tijd die nodig is om de gehele berging leeg te pompen en is afhankelijk van de grootte van de berging en de afvoercapaciteit naar de rwzi. Voor gemengde stelsels werd in het verleden wel een ledigings-tijd van 10 uur toegestaan.

Tegenwoordig wordt 15 á 20 uur toelaatbaar geacht. Het is niet mogelijk het stelsel zodanig te ontwerpen dat al het regenwater kan worden afgevoerd naar de rwzi. Daarom zijn bij het gemengde

rioolstelsel regenoverstorten aanwezig waar een aantal malen per jaar sterk verdund rioolwater wordt geloosd op het oppervlaktewater.

De waterkwaliteitsbeheerders stellen eisen aan de overstortfrequentie. Deze wordt bepaald door de berging van het stelsel en door de pompovercapaciteit (p.o.c.). De p.o.c. is de maximale pomp(gemaal)capaciteit verminderd met de d.w.a. De p.o.c. wordt gerelateerd aan het afvoerend oppervlak en wordt uitgedrukt in mm/h. De berging van gemengde stelsels zal in het algemeen 6 á 10 mm bedragen. De toegestane overstortfrequentie zal door de waterbeheerders onder andere afhankelijk worden gesteld van de opnamecapaciteit van



Afb. 21. Veldkampgrafiek, gemiddelde overstortfrequentie per jaar, als functie van berging en pompovercapaciteit.

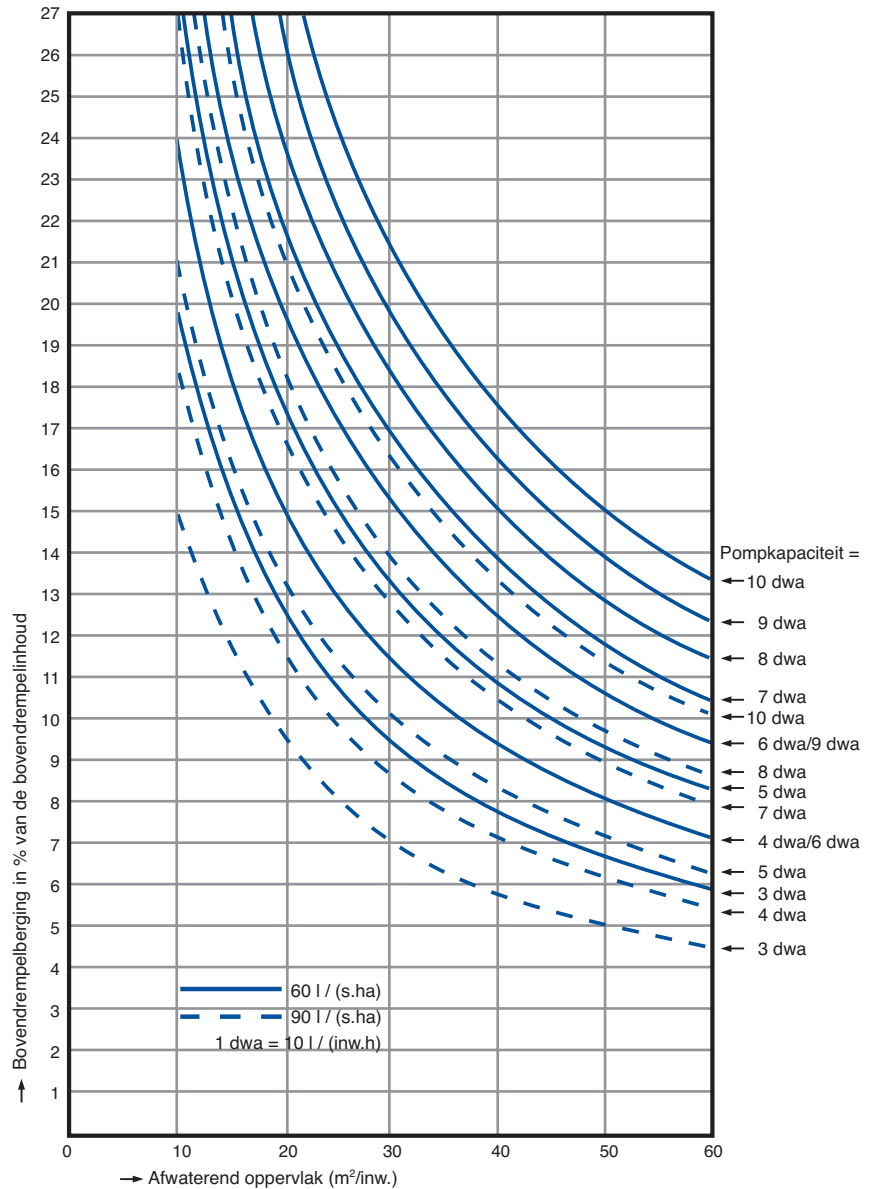
het ontvangende oppervlaktewater en zal tussen 3 en 10 maal per jaar liggen. Voor de theoretische berekening hiervan wordt weer gebruik gemaakt van de geregistreerde regengegevens. Hiervoor kunnen weer de stippengrafieken worden gebruikt. Om het tellen in stippengrafieken te vermijden is de grafiek van Veldkamp opgenomen (afbeelding 21) waarin de gemiddelde overstortfrequentie per jaar kan worden afgelezen.

De berging van het gemengde stelsel is die hoeveelheid water die in het stelsel geborgen kan worden en die niet in het oppervlaktewater zal komen.

Te onderscheiden zijn:

- ⊕ Onderdrempel of statische berging. Dit is de berging onder het nivo van de overstortdrempel. Voor een goede berekening zal het in het riool aanwezige slib en de d.w.a. afgetrokken moeten worden van het berekende rioolvolume. Het volume van de d.w.a. wordt soms verrekend met het volume van o.a. inspectieputten.
- ⊕ Bovendrempel of dynamische berging is de berging beneden de waterspiegelverhanglijn bij maximale p.o.c., verminderd met de statische berging en zonder dat de overstort in werking treedt.

De dynamische berging kan worden bepaald met behulp van de volgende gegevens: ontwerpregenintensiteit, verhouding maximale pompcapaciteit /d.w.a., verhard oppervlak per inwonerequivalent en de bovendrempelinhoud. Met behulp van afbeelding 22 kan dan worden afgelezen welk percentage van de bovendrempelinhoud kan worden



Afb. 22. Dynamische berging.

gerekend tot de dynamische berging. Net als bij de statische berging zal rekening moeten worden gehouden met het aanwezige slib- en d.w.a.- volume. Bij vlakke gebieden is de dynamische berging van beperkte betekenis. Bij hellende gebieden kan de dynamische berging wel van belang zijn. Deze kan worden verkregen door stuwconstructies of knijpriolen.

2.4 Verbeterde rioolstelsels

Zowel het gemengde als het gescheiden stelsel hebben voor- en nadelen die zowel op het milieutechnische als het economische vlak liggen. Dit heeft geleid tot verbeterde versies van deze stelsels. Een korte beschrijving van een enkel model is hier op zijn plaats.

Het verbeterd gemengd stelsel

Een nadeel van een gemengd stelsel is dat de lozingen stootsgewijs plaatsvinden met een hoge vuilbelasting ten gevolge van losgewoeld vuil dat bezonken is in een droge periode. Soms wordt getracht dit te beperken door de overstortfrequentie omlaag te brengen. Dit kan door de berging te vergroten of de p.o.c. te verhogen. Het vergroten van de berging door grotere buisdiameters heeft als nadeel dat bij d.w.a. de vullingshoogte nog minder wordt met als gevolg meer slibafzettingen. Bij het verhogen van de pot, zal de stootsgewijze belasting van de rwzi groter worden.

Een zeer goede methode om de vuilbelasting van het openbaar water bij overstorten te beperken is het creëren van bezinkreservoirs achter de overstortdrempel. Omdat deze reservoirs tevens een bergende functie hebben wordt gesproken van bergingsbezinkreservoir. Het reservoir heeft een overstortdrempel naar het openbaar water. Uitgangspunt is dikwijls dat 800% van het over te storten water ca. 20 minuten in de bezinktank moet zijn geweest om bezinkbare stoffen te laten bezinken. Als vuistregel kan worden gehanteerd dat het volume van bergingsbezinktanks 1,5 á 2 mm van het desbetreffende verhard oppervlak is. Het bezonken vuil wordt na afloop van de regenbui weer teruggevoerd naar het rioolstelsel. Omdat bij bergbezinktanks de vuilbelasting van het openbare water sterk omlaag gebracht kan worden, wordt door de beheerder dikwijls een hogere overstortfrequentie toegestaan. Ook bij het toepassen van werveloverstorten en microzeven wordt de vuillast verminderd.

Het verbeterd gescheiden stelsel

Nadeel van een gescheiden stelsel is dat alle regenwater en daardoor ook alle vuil wat zich op daken en wegen bevindt, alsmede de afvoer van valse aansluitingen, in het oppervlaktewater komt en daar het milieu kan belasten. Vooral het eerste regenwater van een bui kan veel straatvuil bevatten. Bij het verbeterd gescheiden stelsel is het hemelwaterriool voorzien van een overlaat of overstort. Hierdoor wordt het hemelwater van kleine regenbuien en het eerste deel van grotere buien via het vuilwaterriool of via een bemaling naar de rwzi gebracht.

Het gevolg is dat alleen de grotere buien tot overstorten komen. De overstortfrequentie zal 20 tot 50 maal per jaar bedragen en de vuilbelasting zal sterk gereduceerd zijn. Op het ogenblik wordt het verbeterd gescheiden stelsel gezien als de milieutechnisch beste oplossing, hoewel de kosten hoog zijn.

3. Ondergronds gedrag en buisklasse keuze

De eerste toepassingen van PVC als straatriool dateren van het eind van de vijftiger jaren. De toepassing ontstond door problemen met andere materialen in de slappe grondsoorten. Sindsdien is het gebruik van PVC rioolbuizen sterk toegenomen.

In eerste instantie werd een zeer flexibele buis met een diameter-wanddikteverhouding van 65 (buisklasse 65) toegepast met de gedachte dat de PVC buis alleen zou moeten dienen om de gemaakte opening in de grond in stand te houden. De invloed van de sleuf werd daarbij verwaarloosd. In zanderige gronden klopte dit wel enigszins maar in samendrukbare grond bleek de flexibiliteit van klasse 65 wel erg groot en traden grote radiale vervormingen op. Veel van de buizen uit deze beginperiode vervullen hun functie nog steeds met vervormingen tot 30 à 35% (afplatting van de diameter).

Toch was deze vervorming aanleiding om op uitgebreide schaal onderzoek te doen naar het ondergrondse gedrag van flexibele buizen. Tot medio 2000 zijn buisvervormingsmetingen verricht aan vele kilometers operationeel riool, waarvan 10.000 m is gemeten onder auspiciën van KOMO. Daardoor is een zeer gedegen inzicht verkregen in het gedrag van PVC als straatriool. In dit hoofdstuk wordt het principe van het ondergronds gedrag besproken. Wat de gemeten vervormingen betreft worden alleen de gegevens behandeld van de met een verdichtbaar grondmateriaal omhulde buizen.

De resultaten zijn vastgelegd in het eindrapport van de KOMO-werkgroep 'Praktijkervaringen van de Commissie Rioolbuizen van Thermoplastische Kunststof', in Vervormingsmetingen aan operationele PVC straatrioleringen' en in de Wavin-publicatie 'Ontwerpen van kunststof riolen' van 26 oktober

1982. In deze laatste uitgave worden tevens de met klei en veenachtig materiaal omhulde straatrioolbuizen van PVC behandeld. Bovendien wordt dit laatste behandeld in het Technische Handboek 'Waterleidingen en Rioolpersleidingen'. De flexibiliteit van PVC is een nuttige eigenschap met betrekking tot de flexibele grondomgeving, zoals uit het volgende zal blijken.

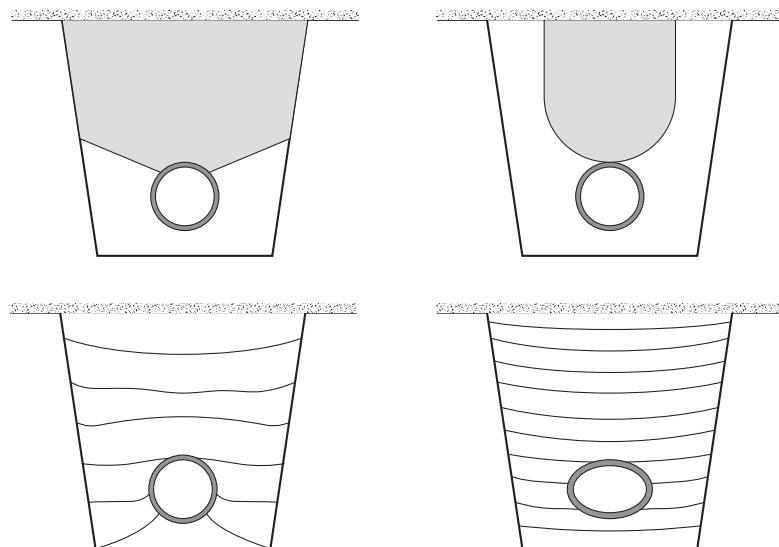
3.1 Flexibiliteit van buis en grond

De buis in de grond

Een kunststof riolsysteem wordt gekenmerkt door een laag gewicht per strek-

kende meter, relatief weinig verbindingen, goede waterdichtheid en een grote mate van flexibiliteit in axiale en in radiale richting.

De axiale flexibiliteit geeft voordelen bij het optreden van (ongelijkmatige) zettingen zonder dat daardoor hydraulische nadelen, zoals openstaande voegen, ontstaan. Door de radiale flexibiliteit zal de buis ook in die richting beïnvloed worden door het gedrag van de grond. Ook dit heeft aanwijsbare voordelen. Als de grond naast de buis inklinkt, zal de buis vervormen. Dit voorkomt dat de belasting op de buis groter wordt, zoals bij starre



Afb. 23. Verschil in belasting en grondgedrag bij starre en flexibele buizen.

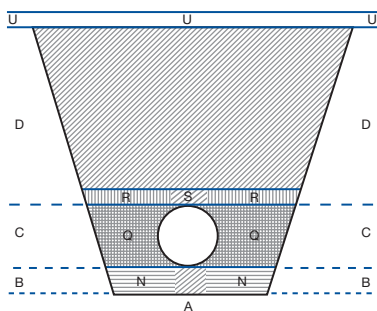
grondsoort	Eg in N/mm ²	n-waarden	
		PVC SN 4 / k141	PVC SN 8 / k134
Veen	0,1 - 0,5	0,4 - 2	0,2 - 1,1
Slappe klei	1,5 - 5,0	6 - 20	3,4 - 11
Klei-achtig zand	3,0 - 10	12 - 40	6,7 - 22
Zavel	10 - 15	40 - 60	22 - 34
Los Zand	10 - 20	40 - 80	22 - 45
Dicht gepakt zand	50 - 80	200 - 320	112 - 180
grind	100 - 200	400 - 800	225 - 450

Afb. 24. Flexibiliteit van PVC buizen ten opzichte van de grond n>1: de buis is flexibeler dan de omringende grond.

$$n = \frac{E_g}{E_b} \times \left(\frac{r_m}{e} \right)^3 = \frac{E_g}{E_b} \left\{ \frac{1}{2} \left(\frac{D_u}{e} - 1 \right) \right\}^3$$

waarin: E_g = elasticiteitsmodulus van de grond
 E_b = elasticiteitsmodulus van het buismateriaal
 r_m = gemiddelde buisstraal
 $\frac{D_u}{e}$ = buisklasse
 D_u = uitwendige buisdiameter
 e = wanddikte

Formule 1 Formule van Voellmij.



Afb. 25. Sleufmodel.

buizen wel het geval zal zijn (afbeelding 23). Als de buis flexibeler is dan de omringende grond, dan neemt de grond bij overbelasting het grootste deel van de belasting op, waardoor geen breuk of scheur in de buis ontstaat.

Daarom is het van het grootste belang te weten of een buis zich flexibel of star zal gedragen t.o.v. de omringende grond. Dit kan bepaald worden met de formule van Voellmij (zie formule 1).

Is n groter dan 1 dan is de buis flexibeler dan de omringende grond. Voor de verschillende grondsoorten zijn in afbeelding 24 de n -waarden vermeld voor de diverse PVC buisklassen. Voor E_b is 2000 N/mm² aangehouden. Hieruit blijkt dat zelfs de met veen om hulde buis niet of nauwelijks stijver is dan de grond en

zich dus flexibel t.o.v. zijn omgeving zal gedragen, met alle voordelen van dien. Door deze flexibiliteit is het vervormen van een flexibele buis altijd een indirect verschijnsel.

De grond rondom de buis

Nu vastgesteld is dat PVC buizen flexibeler zijn dan de omringende grond en flexibel gedrag van de buizen in ieder geval voor een deel veroorzaakt zal worden door het gedrag van die grond, moet de omhullende grond nader worden beschouwd. Dit kan het best gedaan worden aan de hand van een sleufmodel (afbeelding 25). De bovenbelasting en het gewicht van de grond $T+R+S$ moet worden gedragen door de sleufwanden, de buis en de grond Q . Het aandeel van de buis wordt bepaald door de flexibiliteit van de buis ten opzichte van de stijfheid van de grond Q (n -waarde in de formule van Voellmij).

Een starre buis, die nagenoeg onvervormbaar is ten opzichte van grondmassa Q , zal een groot deel van de last dragen (afbeelding 23). Een flexibele buis, die elastischer is dan grondmassa Q , zal iets vervormen en daardoor zal de last op de buis kleiner worden en op Q groter. Door deze grotere belasting op Q zal deze verder verdichten en wel afhan-

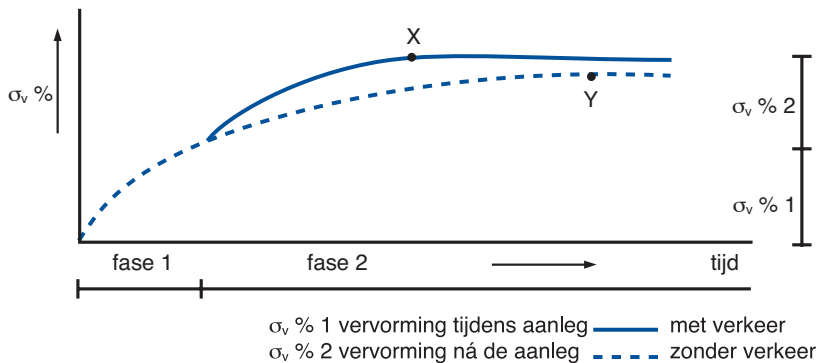
kelijk van de initiële verdichtingsgraad, die was bereikt bij het verdichten van Q . Door deze grotere verdichting en stijfheid van Q wordt de potentiële horizontale tegendruk, die grondmassa Q kan leveren, ook groter. De grootte van de vervorming wordt dus in eerste instantie tijdens de aanvulling bepaald door de stijfheid van de buis en enigszins door die van de grond en na de aanvulling mede door de inklinking van de grond Q naast de buis.

Vervormingsfasen

Door de inwendige diameter te meten tijdens de aanleg en deze meting te herhalen tot de vervorming niet meer toeneemt, ontstaat een goed beeld van het vervormingsgedrag in de tijd. Uit deze metingen kan een tijd/vervormingskurve verkregen worden. Uit afbeelding 26 die gebaseerd is op meetresultaten, kan ook gelezen worden dat de vervorming optreedt in twee fasen:

- ⦿ Fase 1: de beginvervorming treedt op tijdens en direct na de aanleg.
- ⦿ Fase 2: de vervorming neemt na de aanleg gedurende enkele maanden tot enkele jaren nog toe tot een definitieve eindvervorming is bereikt.

Uit de metingen is ook gebleken dat deze definitieve eindvervorming bij zwaar en intensief verkeer, bij buisomhullingen met verdichtbaar grondmateriaal als zand en zavel, al na enkele maanden bereikt is. Bij buisomhullingen met slappere grondsoorten nam na enkele jaren de vervorming niet meer toe (punt x in afbeelding 26). Als geen verkeersinvloed aanwezig is zal de eindvervorming pas in een later stadium bereikt worden (punt y in afbeelding 26).



Afb. 26. Tijd/vervormingscurve.

3.2 Aanvulgroepen

De beginvervorming en de toename direct daarna worden bepaald door de grondsoort waarmee de buis wordt omhuld maar vooral door de wijze waarop deze grond in de sleuf wordt gebracht. De toename van de vervorming na de aanleg tot de uiteindelijke vervorming is bereikt, wordt voornamelijk bepaald door de optredende inklinking van de grond in de sleufaanvulling ter hoogte van de buis. De mate van deze inklinking wordt bepaald door het verschil tussen de dichtheid die de grond heeft gekregen tijdens het aanvullen en die bereikt wordt als er een nieuw evenwicht is ontstaan (de grond kan dan niet verder worden verdicht of wordt niet zwaarder belast). Beide factoren worden dus bepaald door de grondsoort en hoe hier mee gehandeld wordt. Daarom wordt er een onderverdeling gemaakt in aanvulgroepen, waarin de grondsoort wordt vermeld en de zorg die aan het installeren van de buis wordt gegeven. De onderverdeling is ook van toepassing op de mate waarin de grond rondom de buis na de aanleg nog inklinkt ten opzichte van de definitieve situatie. Ter illustratie zullen hier alleen de aanvulgroepen 'zand en kleiig zand A, B en C' behandeld worden. Voor de overige werkwijzen wordt verwezen naar de

Wavin-uitgave 'Ontwerpen van kunststof riolen' en de genoemde Eindnota van KOMO, waarin dezelfde classificatie wordt aangehouden. Bij de omschrijving hierna wordt meteen de praktische uitvoering betrokken.

- ⦿ Aanvulgroep zand en kleiig zand A
De sleufbodem is vlak en ter plaatse van de buis over geringe diepte losgemaakt. De buisoplegging is regelmatig en lijn- en puntbelastingen worden vermeden. De onderzijkant van de buis wordt goed aangevuld. Afhankelijk van de buisdiameter wordt de aanvulling naast de buis in één of twee lagen aangebracht en goed verdicht. Dit gebeurt meestal mechanisch. Mede door de grondeigenschappen zal over de hoogte van de buis slechts een beperkte verdere inklinking van de grond optreden. De verdere sleufaanvulling is niet van belang voor de verdere vervorming, maar wordt wel zorgvuldig uitgevoerd.
- ⦿ Aanvulgroep zand en kleiig zand B
De sleufbodem is redelijk vlak en niet doelbewust losgemaakt. De ondersteuning van de buis is onregelmatig en er zijn plaatselijk lijn- en puntbelastingen. De onderzijkant van de buis wordt niet zorgvuldig aangevuld.

De sleufaanvulling naast de buis wordt veelal niet gericht verdicht, maar krijgt door aantrappen enige onregelmatige verdichting. Daardoor kan onregelmatige inklinking optreden. De rest van de sleufaanvulling wordt soms met enige zorg aangebracht,

- ⦿ Aanvulgroep zand en kleiig zand C
De sleufbodem is niet vlak en niet losgemaakt. De buisoplegging is zeer onregelmatig en er treden veelvuldig lijn- en puntbelastingen op. De buis wordt plaatselijk met grond vastgelegd. De aanvulling naast de buis wordt ruw uitgevoerd waarbij deze niet of praktisch niet wordt verdicht. De dichtheid van deze grond is matig tot slecht waardoor aanzienlijke inklinking kan optreden. De rest van de sleufaanvulling wordt in één keer onzorgvuldig aangebracht.

3.3 Vervormingen in de praktijk

Door Wavin zijn in vele landen van Europa, maar voor het merendeel in Nederland, bijna 1.000 metingen uitgevoerd aan meer dan 30.000 m operationeel riool. Veel buisstrengen zijn meerdere malen gemeten, soms gedurende 20 jaar. Daarnaast is in een uitgebreid onderzoek in speciaal aangelegde proefvelden het gedrag van vele buissoorten en buismaterialen zorgvuldig vergeleken onder geconditioneerde omstandigheden.

De metingen werden uitgevoerd met specifieke meetapparatuur. De gemeten vervorming over de lengte van de streng wordt in procenten van de nominale buitendiameter geregistreerd op een papierstrook.

Bij groepering van de meetresultaten bleek dat de aanvulgroep en de buisklasse de bepalende factoren zijn voor

de gemeten vervorming. Na statistische bewerking konden curves berekend worden waarbij de gemiddelde vervorming uitgezet werd tegen de tijd na aanleg. Hierna zijn de resultaten weergegeven van de gemeten operationele rollen die met zand, kleilig zand of gemengde grond zijn omhuld.

Hoewel de buisklassen 65 (SN 2) en 51 (SN 1) bijna niet meer worden toegepast zijn ze toch opgenomen in de overzichten om een beter inzicht te verschaffen.

Invloed van aanvulgroep, buisklasse en tijdperiode

Aangezien de buisklasse en de aanvulgroep de meest invloedhebbende factoren zijn, zijn deze in afbeelding 27 uitgebreid weergegeven. Buizen omhuld met zand, kleilig zand en gemengde grond geven dezelfde vervorming. De oorspronkelijke grondsoort waarin de buizen zijn gelegd is zand, kleilig zand, klei of veen. In het vervormingsresultaat geeft dit geen verschil te zien.

Invloed van buisdiameter, oorspronkelijke grondsoort, gronddekking en verkeer

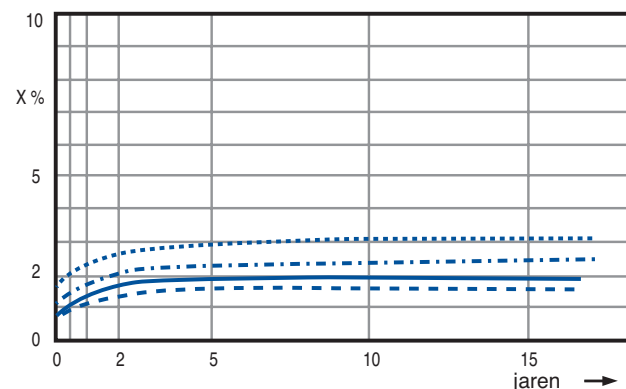
Na rangschikking van de meetgegevens is geconstateerd dat de buisdiameter en de oorspronkelijke grondsoort geen invloed hebben op de grootte van de vervorming. Uit de metingen is niets gebleken van een invloed van de gronddekking op de grootte van de vervorming.

Bij dieper gelegen buizen (tot 6,5m) is wel gebleken dat de eindvervorming eerder bereikt wordt. De invloed van het verkeer is goed merkbaar tot 1 m dekking (zie afbeelding 28). Hierbij moet opgemerkt worden dat dekkingen minder dan ca. 0,7 m nagenoeg niet voorkomen. Bij de meer voorkomende situatie, waarbij de dekking 1 à 1,5 m is, is de directe invloed van het verkeer op de vervorming nagenoeg te verwaarlozen. Bij PVC buizen met een grotere dekking dan 1,5 m is de invloed van het verkeer niet aan te tonen.

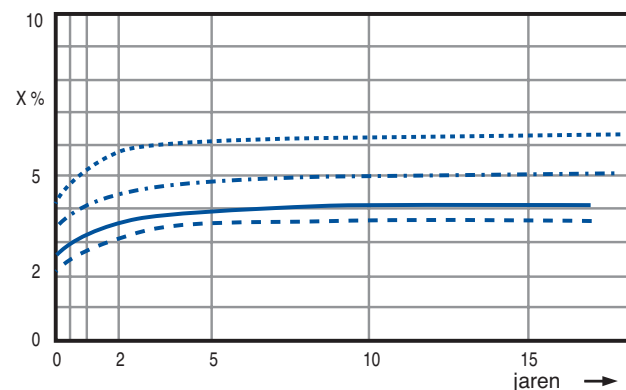
Spreiding in de gemeten vervormingen

De gemiddelde vervorming is het meest bruikbare kenmerk van de metingen voor onderlinge vergelijking. Uiteraard is de maximale vervorming wel een zeer belangrijk gegeven. Het verschil tussen maximum en gemiddelde vervormingswaarde is een goede karakteristiek om de spreiding te beoordelen. Dit wordt geïllustreerd in afbeelding 29.

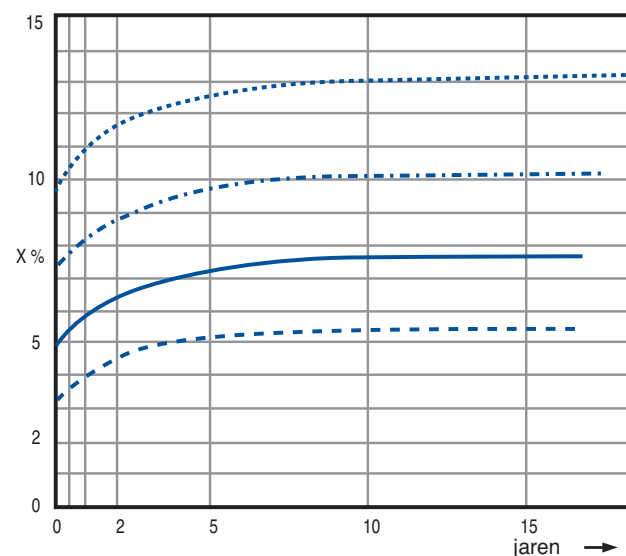
Aanvulgroep zand A en kleilig zand A en gemengde grond A



Aanvulgroep zand B en kleilig zand B en gemengde grond B

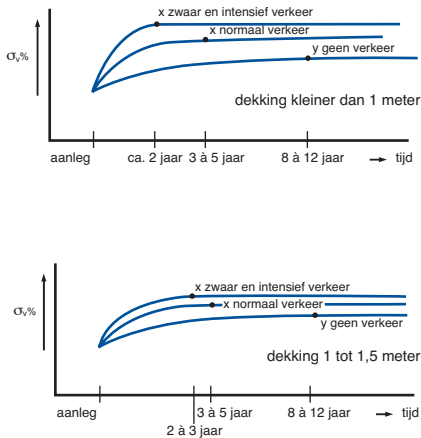


Aanvulgroep zand C en kleilig zand C en gemengde grond C

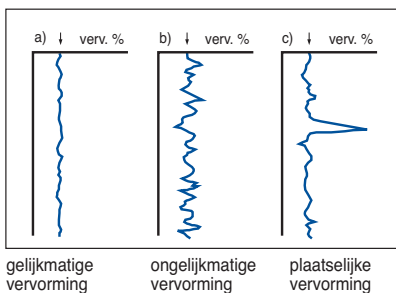


Afb. 27. Gemeten vervorming en de invloed daarop van de aanvulgroep en de buisklasse in de tijd.

- PVC SN 1
- PVC SN 2
- PVC SN 4
- PVC SN 8



Afb. 28 Verkeersinvloeden.



Afb. 29. Verschillend vervormingspatroon bij een gelijke gemiddelde vervorming.

Bij een verschillend vervormingspatroon kan een gelijke gemiddelde vervorming horen. Gelijkmatische vervorming duidt op een gelijkmatige uitvoering. Ongelijkmatische vervorming ontstaat door een variatie in grond en uitvoering, lokale inhomogeniteit of door axiale buiging. Het verschil tussen maximum en gemiddelde vervorming is een belangrijk gegeven. Daarom zijn in afbeelding 30 indicatieve waarden voor het verschil tussen maximale en gemiddelde vervormingen gegeven bij met zand, zanderige klei en licht gemengde grond omhulde buizen. De toont dat bij een minder flexibele buis het verschil kleiner is en dat gaande van zand A naar zand 0 het verschil toeneemt.

Samenvatting en conclusies

Hoewel niet alle aspecten hier behandeld zijn, volgen hieronder toch de volledige conclusies uit het gehele onderzoek om een zo compleet mogelijk beeld te geven.

Uit de grote aantallen vervormingsmetingen aan operationele PVC riolen is gebleken dat, ondanks de grote variatie in omstandigheden, de gemiddelde vervorming van buizen klasse 41 (SN 4) en 34 (SN 8) minder dan 8% en de maximale vervorming minder dan 12% is. (Kans op functieverlies ontstaat bij een vervorming van 30 à 35%). De resultaten, verkregen uit de onderzoeksprojecten, bevestigen de conclusies die getrokken kunnen worden uit het onderzoek aan operationele PVC riolen.

- ⦿ De invloed van de aanvulgroep op de optredende vervorming is groter dan de andere invloedhebbende factoren.
- ⦿ De invloed van de buisklasse is alleen duidelijk tijdens het aanvullen van de sleuf.
- ⦿ De toename van de vervorming na de aanleg is nauwelijks afhankelijk van de gebruikte buisklasse en sterk afhankelijk van de aanvulgroep.
- ⦿ De uiteindelijke vervorming zal bij een betere aanvulgroep en bij een minder flexibele buis in een kortere tijd bereikt zijn.
- ⦿ De invloed van de buisdiameter, de oorspronkelijke grondsoort en de gronddekking op de optredende vervorming is niet aan te tonen.
- ⦿ De uiteindelijke vervorming is beperkt afhankelijk van het feit of er wel of niet sprake is van verkeersinvloed.
- ⦿ Bij verkeersinvloed zal de uiteindelijke vervorming eerder bereikt worden.
- ⦿ De invloed van het verkeer is alleen duidelijk bij een gronddekking kleiner dan 1m.
- ⦿ De uiteindelijke vervorming van met (slappe) klei om hulde buizen is, afhankelijk van aanvulgroep en buisklasse, 1,2 tot 1,5 maal groter dan die van met zand om hulde buizen.
- ⦿ De vervorming van buizen die met veen zijn omhuld is minder dan die van de met (slappe) klei om hulde buizen.
- ⦿ Buisklasse 41 (SN 4) is in bijna alle omstandigheden toepasbaar, ook wanneer er sprake is van aanvulgroep 0.

Aanvulgroep Buisklasse	Zand, zanderige klei en gemengde grond		
	A	B	C
SN 8	1	1,5	2,5
SN 4	1,5	2,5	4,5
SN 2	2,5	4	6,5

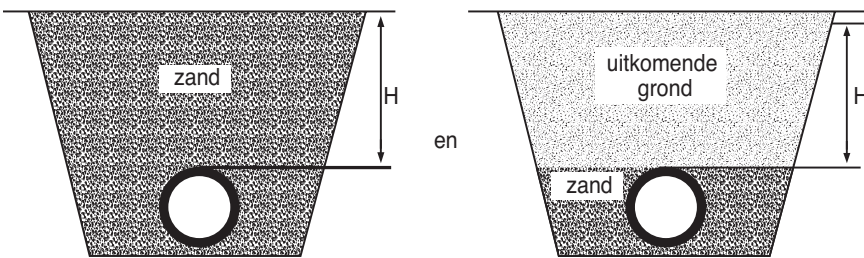
Afb. 30.

Tabelaanduiding NEN en EN

	Aanduiding volgens huidige NEN normen	Aanduiding volgens CEN normen
PVC buizen en hulpstukken buitenriolering vrij verval	Klasse 34 Klasse 41 Klasse 51* Klasse 65*	SN 8 SN 4 SN 2 SN 1
PVC buizen en hulpstukken persriolering	Klasse 34 Klasse 41	PN 7,5 PN 6,3

* Zonder KOMO-keurmerk. Niet geschikt voor rioleringstoepassing

Tabel NEN en EN.



Aanvulgroep Hoogte	Zand, zanderige klei en gemengde grond		
	A	B	C
0,6-1 m	SN 2	SN 4	SN8 IT Ultra-Rib SN8
1-4m	SN 2	SN 2 SN 4	SN 4
>4 m	SN 4 SN 8	SN 4	IT Ultra-Rib SN8

Afb. 31. Aanbeveling voor de minimaal te gebruiken PVC buisklasse bij de aanvulgroepen zand A, B en C, kleiige zand A, B en C en licht gemengde grond A, B en C.

3.4 Buisklassekeuze en benaming. (oude en nieuwe stijfheidsaanduiding)

Voor buitenriolering en voor drukbuizen (vanaf 110 mm) zijn kunststof producten op de markt met verschillende stijfheidsklassen, namelijk klassen 34, 41, 51 en 65. Deze stijfheidsklasse duidt op de verhouding tussen de diameter en de wanddikte van een volle wand kunststof buis. Met de introductie van de Europese normen voor PVC-, PP- en PE- leidingsystemen wordt een nieuwe, uniforme stijfheidsaanduiding ingevoerd: De SN aanduiding (Nominale Stijfheidsklasse).

Belangrijkste reden is hiervoor de introductie van buizen met een zogenaamde gestructureerde wand (3-lagen buis). Het klassegetal kan bij deze buizen niet meer op grond van de verhouding van diameter en wanddikte worden vastgesteld. De SN aanduiding staat voor de vereiste ringstijfheid van de buis. De kracht die nodig is om de buis met een bepaalde snelheid tot 3% van de binnendiameter samen te drukken, wordt omgerekend tot de ringstijfheid.

Bijvoorbeeld: De huidige klasse 34-buizen voldoen aan een ringstijfheid van 8 kN/m². In de nieuwe aanduiding krijgen deze buizen stijfheidsklasse "SN 8". In tabel NEN en EN staat een overzicht van oude en nieuwe benamingen.

PE buizen worden per toepassing, water of gas, aangeduid met een PE soort, een SDR getal in combinatie met een drukklasse. Deze buizen worden minder vaak voor vrij-verval riolen gebruikt. PE buizen worden veelvuldig toegepast met kleine diameters in rioolpersleidingen.

De grondsoort waarmee de buis omhuld zal worden is veelal bekend. De wijze van aanvullen op het uit te voeren werk moet zo goed mogelijk ingeschat worden. Werk uitgevoerd volgens bestek of NPR 3218 kan al snel onder aanvulgroep A gerangschikt worden maar op het werk zal aanvulgroep B meer toegepast worden. Ook kunnen de omstandigheden zodanig zijn of kan zo weinig aandacht aan de uitvoering worden besteed, dat van aanvulgroep 0 kan worden gesproken. Met behulp van de praktijkgegevens van afbeelding 27 en de aanvulgroepen kan een keuze worden gemaakt voor wat betreft de buisklasse en kunnen de te verwachten vervormingen worden bepaald. Internationaal wordt een vervorming van 10 tot 15% toelaatbaar geacht.

Om op eenvoudige wijze een snelle eerste keus te maken is het overzicht in afbeelding 31 opgenomen. Hierin wordt een aanbeveling gedaan welke PVC klasse of SKL (stijfheidsklasse), zowel oude als nieuwe benaming, minimaal toegepast kan worden bij verschillende dekkingen en aanvulgroepen.

De toe te passen aanvulgroep met de daarbij behorende buisklasse is niet altijd een technische, maar ook een economische keuze, waarbij de kosten van de buis met de kosten van het leggen vergeleken worden. Bij met verdichtbare grond (zand, kleiig zand, gemengde grond) omhulde buizen en een aanvulgroep B kan buisklasse SN4 (klasse 41) toegepast worden. Indien gekozen is voor aanvulgroep C en extra zekerheid gewenst is tegen onvoorziene gedragingen van de ondergrond en onverwachte problemen en onnauwkeurigheden bij de aanleg, kan deze worden verkregen door de toepassing van buisklasse SN8 (klasse 34). Ook om alle risico's te mijden bij

aanlegcalamiteiten en vanwege de wens om de veiligheid op te voeren, wordt dikwijls voor buisklasse SN8 (klasse 34) gekozen. Straatrioolbuizen omhuld met kleiachtige en veenachtige materialen zullen niet veel voorkomen, behalve daar waar geen of weinig verkeer verwacht wordt, omdat anders het wegdek te veel zal zakken. Gezien de onzekerheid bij de uitvoering en de grote invloed op de inklinking van eventueel later toch optredende verkeersinvloeden zal onder die omstandigheden de keus van buisklasse SN8 (klasse 34) op zijn plaats zijn. Het toepassen van PVC rioolbuizen die minder flexibel zijn dan klasse SN8 (klasse 34), zal niet resulteren in lagere vervormingen.

4. Kunststof inspectieputten

Inspectieputten zijn een onmisbaar onderdeel van een rioolsysteem. Wavin levert complete kunststof leidingsystemen en dus ook een kunststof inspectieput. Het spreekt vanzelf dat in een kunststof leidingsysteem, om economische en technische redenen, het beste kunststof inspectieputten kunnen worden toegepast. Kunststof putten zijn gemaakt van een gerecycled pvc schacht met een glasvezel versterkt polyester bodem. Ze zijn licht en sterk en er zijn ruime mogelijkheden tot aansluitingen in de bodem, in de schacht en, omdat de put rond is, onder alle hoeken. De chemische bestendigheid is boven iedere twijfel verheven. Door de aanleg constructie wordt bij inklinking of zakking het ontstaan van 'putbulten' voorkomen. Aan de hand van de functie en de te stellen eisen zullen de mogelijkheden van de kunststof inspectieputten punt voor punt behandeld worden.

4.1 Functies en eisen

4.1.1 Inspectie, controle en reiniging

Tijdens de oplevering van een rioleeringswerk zal altijd een inspectie van het aangelegde riool plaatsvinden. Meestal via spiegelen of video/tv inspectie. Het doel daarvan is de hoogte en de richting nogmaals te controleren, verbindingen en inlaten na te gaan op lekkage en te inspecteren of het riool schoon is. In verband met kosten en de beschikbare ondergrondse ruimte zal er naar gestreefd worden de afmetingen van de inspectieput zo klein mogelijk te laten zijn. Andere factoren voor de bepaling van de inspectieput diameter zijn:

- ⦿ Toegang voor reinigungsapparatuur, T.V.-kamera en zuigslang. Afmetingen vanaf \varnothing 200 mm zijn daarvoor vereist.

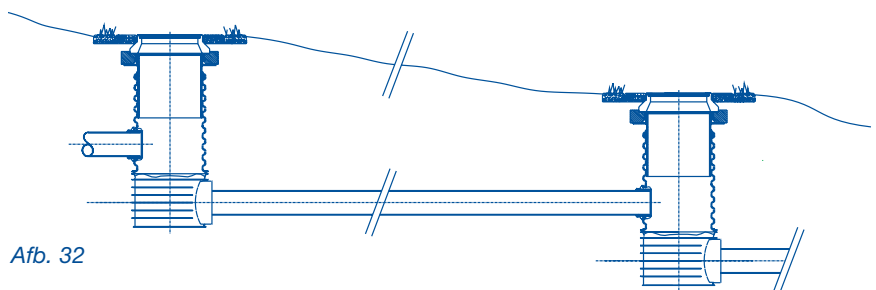
- ⦿ Spiegelen vanaf straatpeil en het op afstand plaatsnemen van een afsluitplaat, -cilinder of -bal. Afmetingen tot ca. 1,5 m diepte: minimaal \varnothing 400; tot 2 à 2,5 m diepte: \varnothing 600.
- ⦿ Mantoegankelijkheid met apparatuur: afmeting minimaal \varnothing 800 tot een diepte van ca. 2 m, bij grotere diepte wint het toepassen van \varnothing 1000 snel terrein i.v.m. de veiligheidsvoorzieningen.

4.1.2 Richtingverandering en samenkomst

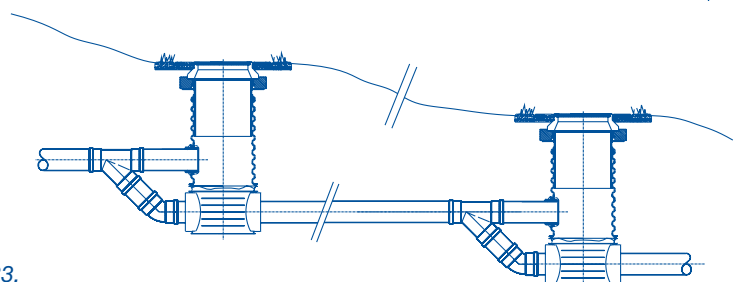
- ⦿ Veelal zal er naar gestreefd worden om richtingveranderingen in de put te laten plaatsvinden, zodat het riool van put tot put in een rechte lijn ligt. Hierdoor zijn snelle, eenvoudige controlemaatregelen mogelijk. Het moet mogelijk zijn door de keuze van de putdiameter dat alle diameters van het straatriool en de hoek waaronder deze bij de put samenkomen in de putwand opgenomen kunnen worden. Putbuizen worden meestal alleen toegepast in de grote diameters riool.

- ⦿ Hoogteverandering, waarbij een streng boven de putbodem in de schacht wordt aangesloten (afbeelding 32). Niet alle riolen worden in de bodem van de put aangesloten. Dit omdat een groot verhang van het maaiveld in verband met het risico van schietend water niet door het riool kan worden gevolgd en omdat kortere aftakkingen van het stelsel dan met minder dekking kunnen worden gelegd. Een nadeel is dat vuil en water naar beneden storten wat wel een hydraulische verstoring betekent. In enkele andere Europese landen wordt dat anders opgelost, afbeelding 33.

- ⦿ De hydraulische storing in een put moet zo klein mogelijk zijn. Dit geldt vooral bij kleine afvoeren. Daartoe is het nodig dat:
 - Al het vuil onderin de put komt. Ook het vuil dat in de put komt via aansluitingen in de schacht moet onderin de put komen en geen kans krijgen uit te drogen. Vuil dat drijft en bij grote afvoeren of bij een beneden-stroomse belemmering soms hoog in de put aanwezig



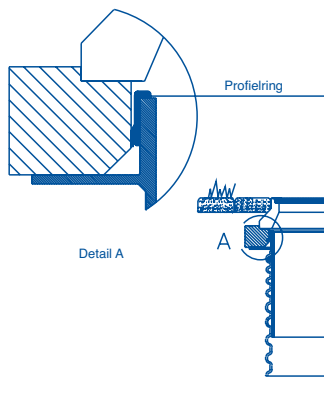
Afb. 32



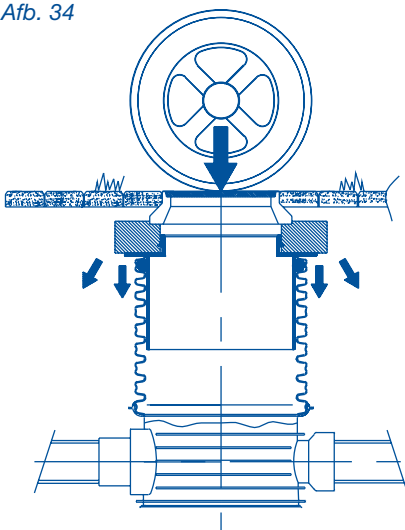
Afb. 33.

is, moet ook weer in het diepste gedeelte terechtkomen om afgevoerd te worden.

- De bodem van de put bij voorkeur zelfs nog gladder is dan die van de aansluitende buizen en een gesloten, niet poreus oppervlak heeft zodat geen hechting van vuil plaatsvindt.
- De overgang van de put op de aansluitende buizen zeer vloeiend verloopt zonder diepe of brede naden.
- De put moet minstens een zo goede chemische bestendigheid hebben als de straatrioolbuis. Tegra-putten voldoen hieraan.



Afb. 34



Afb. 35.

4.1.3 Constructie en belastingen

De belastingen op een put zijn grond- en verkeersbelastingen. Bij gemetselde en betonnen putten moeten de verkeerslasten rechtstreeks door de put gedragen worden, omdat de rand met deksel bovenop de put wordt geplaatst.

Bij kunststof inspectie putten wordt om de bovenrand van de put een vierkante betonnen stelplaat geplaatst met een inwendige diameter van 635 mm, met een overlap van 50 à 70 mm. Tussen stelplaat en op de bovenzijde van de putwand is een rubber afdichting in de vorm van een manchet aangebracht om uit- en inspoelen van grond te verhinderen (zie afbeelding 34). Op de betonnen stelplaat wordt de putrand met deksel gesteld. De betonnen stelplaat rust dus op de grond en de verkeerslasten worden dus via de betonnen plaat op de grond overgebracht en niet rechtstreeks op de put, zie afbeelding 35. Een nevenvoordeel is dat tijdens de aanleg geen stellingen metselwerk behoeven te worden aangebracht (uiteraard is dit wel mogelijk).

De hoogte van de stelplaten die voor kunststof putten worden gemaakt is 15 tot 30 cm; de meest gebruikte hoogte is 25 cm. Het grote voordeel van deze losse betonnen stelplaat die op de grond rust is, dat deze (inclusief de putrand) meezakt als de grond inklinkt. De putrand blijft dus op dezelfde hoogte als het wegdek (of plantsoen). Hierdoor zullen geen bulten op het wegdek ontstaan. Bij de meeste dekselconstructies mag deze inklinking zijn: de hoogte van de betonnen stelplaat vermindert met de overlap die bij de aanleg aanwezig was, maat a in de afbeeldingen 34 en 36. De hoogte die voor de stelplaat gekozen wordt, is afhankelijk van de te verwachten inklinking. De zakking die de putrand

ondergaat is de som van inklinking en zetting (zie afbeelding 36). Zou de inklinking groter worden dan de beschikbare maat a (in afbeelding 36) dan moet de weg herstraat of opgehoogd worden, en vervolgens kan de stelplaat opnieuw op hoogte gebracht worden. Ook kan de gietijzeren of betonnen putrand op hoogte gebracht worden met behulp van stellingen metselwerk.

Afmetingen en mogelijke aansluitingen. Kunststof inspectieputten zijn in vele afmetingen verkrijgbaar, in iedere gewenste hoogte en met nagenoeg onbeperkte aansluitmogelijkheden. De aansluitmogelijkheden bij de diverse putdiameters zijn:

Tegra ø 400 mm

Voor rechtdoorgaande strengen t/m ø 315 mm

Tegra ø 600 mm:

Rechtdoorgaande strengen t/m ø 500 mm. Strengen onder een hoek van 90° en drie samenkomende strengen t/m ø 415 mm.

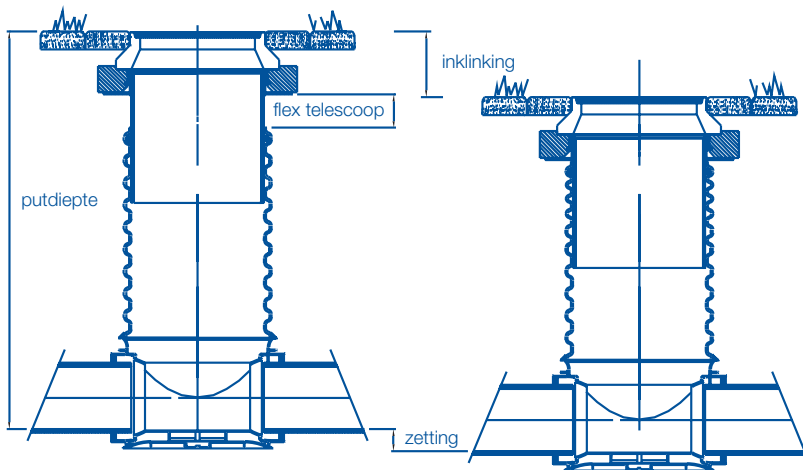
Tegra ø 800 mm:

Voor rechtdoorgaande strengen t/m ø 500 mm. Voor strengen t/m ø 400 mm onder een hoek van 90°

Polyester ø 1000 mm:

Voor rechtdoorgaande strengen t/m ø 630 mm. Voor strengen t/m ø 500 mm onder een hoek van 90°.

De schacht van de putten ø 800 en 1000 mm wordt via een kegelstuk centrisch gereduceerd tot dezelfde maat als de put ø 600 mm.



Afb. 36. Totale zakking van de put en putrand.

z = zetting van de hele put (kan ook 0 zijn)

a = inklinking over hoogte d

$z+a$ = som van zetting en inklinking

Als mogelijke afdaling in de put gewenst is, kan tot 2 m diepte putdiameter \varnothing 800 mm toegepast worden, daarboven is \varnothing 1000 mm aan te bevelen. Ook in verband met mogelijke bedwelmings door rioolgas (persluchtmasker) is het veiliger voor diepere putten een grotere diameter te kiezen.

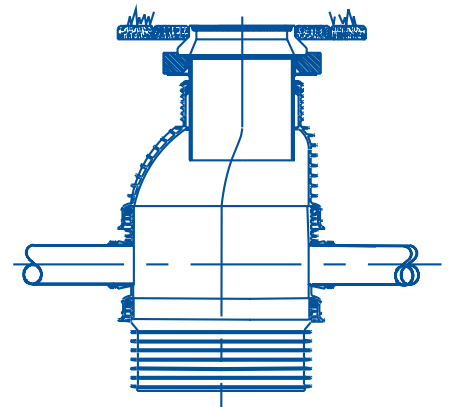
4.2 Puttenstaat

Vele aansluitmogelijkheden, hoeken en aansluithoogten zijn mogelijk. Daarom is het gewenst een puttenstaat in te vullen waar al deze gegevens in verwerkt zijn. Hierbij wordt uitgegaan van de b.o.k. (binnen onderkant) van de op de put aan te sluiten riolen.

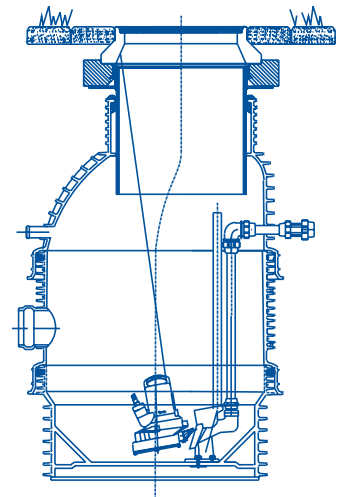
De afstand van de b.o.k. tot de bovenkant van de putschacht, maat H in afbeelding 35 en 36, wordt dan opgegeven net als de horizontale hoek waaronder die aansluiting moet worden aangesloten. Op deze wijze kunnen geen misverstanden ontstaan. De geleverde putten zijn dan maatwerk.

4.3 Bijzondere kunststof putten

- De meest toegepaste bijzondere kunststof put is de overstortput. In het overstortschot kan ook een automatische klep of een handbediende schuif aangebracht worden.
- Een bezinkput, zie afbeelding 37.
- Ook putten in vakuümriolen, die voor buffering dienen en waarin de vakuümklep is gemonteerd, kunnen in kunststof worden uitgevoerd.
- Ditselfde geldt voor de pompputten, met een grote variatie aan pompen te leveren, in een drukrioolstelsel, Zie afbeelding 38. Ook deze putten kunnen uitstekend in kunststof worden uitgevoerd. Het grootste voordeel is daarbij het geringe gewicht, waardoor bij het transport en het plaatsen een grote kostenbesparing ontstaat.



Afb. 37. Bezinkput.



Afb. 38. Pompput.

5. Praktische ontwerp-aspecten en aanlegadviezen

Naast de meer algemeen geldende en meer theoretische ontwerpaspecten zijn er veel praktische onderwerpen die een goed ontwerp en een goed functioneren van een rioelstelsel kunnen beïnvloeden. Een aantal hiervan is in dit hoofdstuk beschreven.

5.1 Beluchting en ontluchting van rioelstelsels

Ten gevolge van de variatie in de af te voeren hoeveelheden afvalwater zal de waterstand in de riolen variëren. Om ten gevolge hiervan te grote onderen overdrukken te voorkomen, dient men het stelsel te kunnen beluchten en ontluchten. Hiertoe moet het in verbinding staan met de buitenlucht. Bij het hemelwaterriool van gescheiden stelsels zal dit geen probleem zijn vanwege de h.w.a.-aansluitingen van de woningen. Bij het vuilwaterriool van het gescheiden stelsel zal de verandering in druk gering zijn en wordt dikwijls ontworpen met een maximum vulling van 60%. Bovendien is er een buitenluchtverbinding via de standpijpen van de binnenriolering, mits deze als zgn. ontspanningsleiding doorgetrokken zijn tot aan het dak. Bij toepassing in de binnenriolering van zgn. automatische beluchters zal via de standpijpen het rioel alleen belucht en niet ontluucht worden.

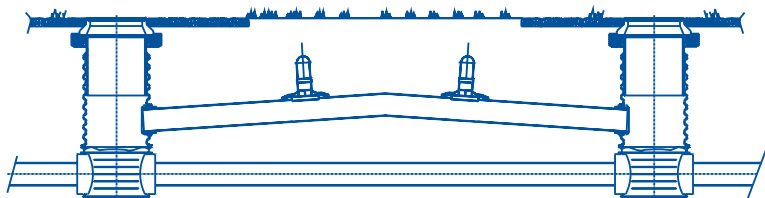
Problemen kunnen ontstaan als de in een rioelstelsel aanwezige lucht opgesloten wordt. Dit kan het geval zijn bij gemengde rioelstelsels, waar in korte tijd grote nivo verschillen kunnen ontstaan en indien de regenwaterafvoeren (h.w.a.) van de woningen voorzien zijn van een

waterslot (sifon). Als dan ook nog de bebouwing gering is, waardoor dus weinig standpijpen als be- of ontluchting fungeren, of bij toepassing van de reeds genoemde automatische beluchters, kunnen er problemen ontstaan. Deze kunnen variëren van stank in de woningen tot het niet door willen lopen van straat- en trottoirkolken. Een praktische oplossing is dan het zo veel mogelijk verwijderen van de sifons uit de regenwaterafvoeren van de woningen. Indien dit niet mogelijk is vanwege stankoverlast kan het rioelstelsel op geselecteerde plaatsen worden voorzien van speciaal aangebrachte ont- en beluchtingsbuizen.

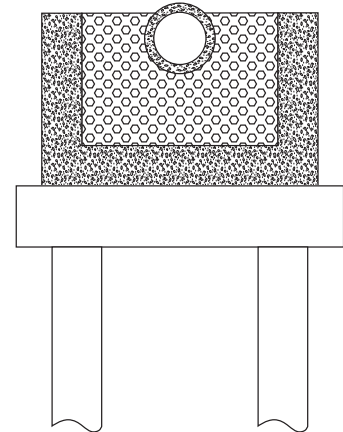
5.2 Parallelriolen

Bij dieper gelegen straatriolen met grotere diameter kan ook gekozen worden voor een parallelriool waarop alle aansluitingen worden aangesloten. Dit parallelriool wordt dan weer aangesloten op de inspectieputten. Een voorbeeld hiervan waarbij het parallelriool recht boven het straatriool ligt is gegeven in afbeelding 39. Uiteraard is ook een parallelriool vlakbij de gevels mogelijk. De voordelen zijn: eenvoudiger onderhoud, eenvoudigere aansluitingen, goedkoper straatriool en geen standpijpcalamiteiten (wat vooral van belang is bij onderheide riolen). Tevens is er een goed verhang in het parallelriool mogelijk, zodat in het parallelriool de benodigde sleepspanning kan worden bereikt.

Dit systeem kan ook worden toegepast als het dieper gelegen straatriool gereviseerd is met behulp van buis-in-buis methode (relining).



Afb. 39.



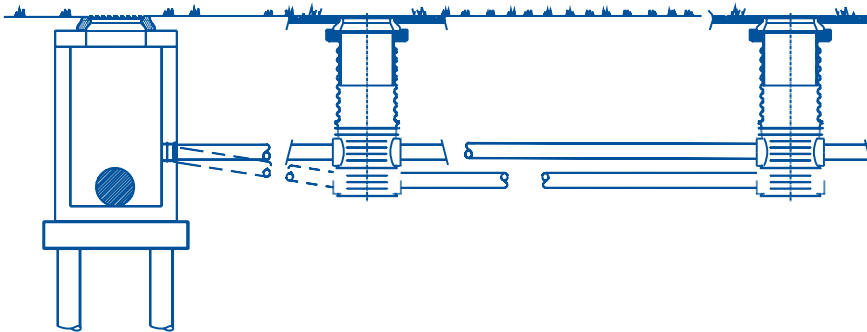
Afb. 40.

5.3 Fundering van kunststof riolen

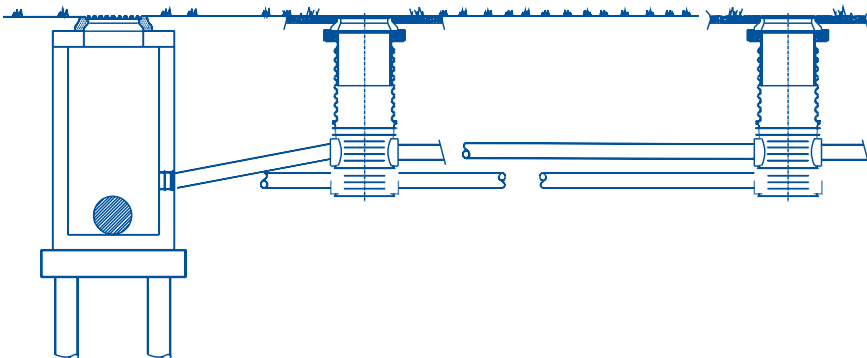
In verband met de flexibiliteit van de buis zelf en in de verbindingen kunnen kunststof buizen ook bij minder goede grondslag op staal gefundeerd worden. Als vanwege de slechte ondergrond en de wens om te allen tijde het ontworpen verhang te handhaven gekozen is voor een fundering op palen dan is dit met kunststof ook mogelijk. Dit kan alleen als er passende maatregelen worden genomen, bijv. het maken van een dragende goot van beton of hout als het rioel onder de g.w.s. ligt, waarin de buis in zand gelegd wordt (afbeelding 40). Opleggen van de buis op kessen is niet toegestaan. Het ophangen aan de gevel van een verzamel- of een parallelriool is ook een vorm van funderen.

5.4 Aansluiting van op staal gefundeerde riolen op onderheide constructies

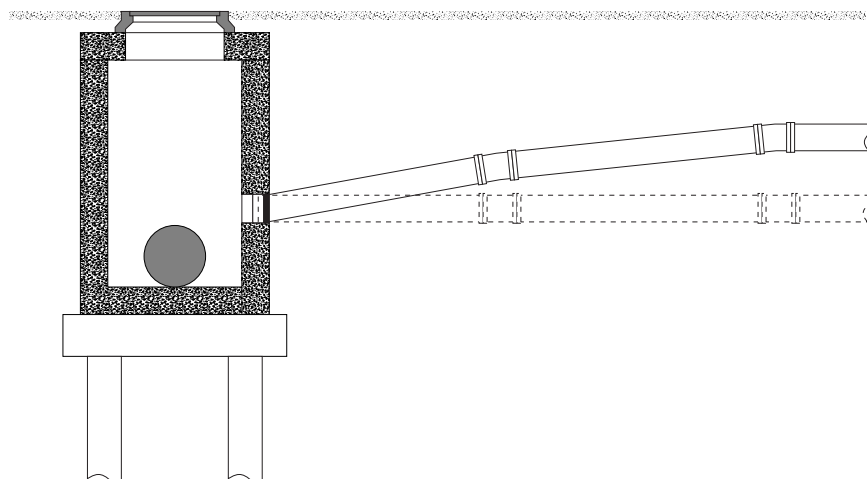
Wanneer een op staal gefundeerd rioel wordt aangesloten op een onderheid rioel of andere onderheide constructies (gemaal, rwzi) dan kunnen verschillen in zetting optreden. Hierdoor kan in de laatste aan te sluiten streng tegenschot ontstaan, waardoor niet alleen verstopping kan optreden, maar ook de berging van een groot deel van het nieuwe



Afb. 41.



Afb. 42.



Afb. 43.

riool verloren kan gaan (zie afbeelding 41). Om dit te elimineren moet de laatste streng dan met een verval worden gelegd dat minstens gelijk is aan de te verwachten zakking, vermeerderd met het normale verval van die streng (zie afbeelding 42).

Indien een grote zakking wordt verwacht kan, om te grote spanningen te vermijden, het nieuwe riool met één of meer 'pendelstukken' worden aangesloten op de onderheide put (zie afbeelding 43). Het gebruik van alleen (flexibele) moffen (met een grote vrije hoekverdraaiing) is dan niet voldoende i.v.m. de grote dwarskrachten die optreden. Als de dwarskrachten erg groot worden kan het effect hiervan verminderd worden door het toepassen van een lankconstructie of door het toepassen van een fundering op leefpalen van aflopende lengte onder het aan te sluiten riool.

5.5 Lozing van media met hoge temperaturen

In de binnenriolering is de cyclustest voor PVC ontwikkeld om dit te testen voor niet-continue lozingen van water van 95° C. Bij continue lozingen wordt voor PVC dan wel een grens aangehouden van 50 á 60° C (waarboven PE wordt gebruikt). Bij ondergrondse leidingen wordt de leiding tangentieel en axiaal door de grond gesteund en is het effect van media met hoge temperaturen anders dan bij binnenriolering. In hoofdstuk 1 is al vermeld dat in huisaansluitingen temperaturen tot 70° C gemeten zijn en dat dit geen problemen oplevert. Ook bij meer continue lozingen van hoge temperaturen zullen er in ondergrondse PVC riolen geen problemen ontstaan. Doordat de warmte wegvloeit in de omringende grond zal de gemiddelde wandtemperatuur 15 á 20° C lager zijn dan die van het medium. Door die hogere temperatuur zal de elasticiteitsmodulus van het buismateriaal lager worden. Hierdoor wordt de buis elastischer. Er kan dan vanuit worden gegaan dat de buis zich zal gedragen als

een buis met een meer flexibel gedrag. Een buis van klasse SN4 (41) krijgt dan bijv. de eigenschappen van klasse SN2 (51) buis en klasse SN8 (34) buis zal zich als een buis van klasse SN4 (41) kunnen gaan gedragen. Voor wat betreft het axiale gedrag zal dit geen probleem zijn. Ook de tangentiële vervorming levert onder die omstandigheden geen problemen op. Toen de buis gelegd werd gedroeg deze zich bij normale temperaturen zoals passend bij buisklasse en aanvulgroep. Bijv. aanvulgroep zand B klasse SN8 (34) volgens afbeelding 28 heeft een beginvervorming van 2,5%. Als de extreme aanname wordt gedaan dat onmiddellijk na aanleg continue heet water wordt geloosd dan zal de buis zich verder gedragen als klasse SN4 (41), dus de toename van de vervorming zal 1,5% zijn. De uiteindelijke gemiddelde vervorming is dan 4%. Hiermee is de geschiktheid en het gedrag van PVC buizen bij lozingen van media met permanent hoge temperatuur aangetoond.

5.6 Aanlegadviezen

De voorschriften in NPR 3218 met betrekking tot de aanleg en de wijze van sleufaanvullen verschillen niet wezenlijk voor rioolbuizen van diverse materialen. Door het vele onderzoek dat naar het ondergronds gedrag van PVC riool is gedaan (zie o.a. hoofdstuk 3) is het mogelijk hiervoor bruikbare praktische informatie te geven. Er is met name veel onderzoek gedaan naar de relatie tussen de dichtheid van de sleufaanvulling en het gedrag van de buis. Deze zullen hier, naast de oplossingen voor enkele praktische problemen, worden besproken.

Buisaanleg

Bij het maken van de verbinding van PVC buizen op een losgemaakte sleufbodem hoeft ter plaatse van de mof geen grond verwijderd te worden. Deze is zo dun dat ze bij iets aanduwen en tijdens het aanvullen voldoende in de losgemaakte sleufbodem gedrukt wordt. Als toch gekozen wordt voor iets uitgra-

ven moet zoals gebruikelijk deze ruimte, na het maken van de verbinding, goed opgevuld worden. Steltegels en stelplankjes mogen niet gebruikt worden.

Als de aanvulling van de sleuf plaatsvindt volgens NPR 3218 kan gesproken worden van een aanvulgroep zand A tot zand B, zie hoofdstuk 3. Vindt er geen verdichting plaats dan is de aanvulgroep zand C.

Als indicatie kunnen de volgende Proctor-waarden worden aangehouden:

- ④ aanvulgroep zand A
Proctor-waarde
tot 95%
- ④ aanvulgroep zand B
Proctor-waarde
79 tot 86%
- ④ aanvulgroep zand C
Proctor-waarde
70 tot 77%

Met behulp van afbeelding 28 kan bij invullen van de gekozen of te verwachten aanvulgroepen en buisklassen de te verwachten vervorming worden afgelezen. De aangegeven Proctor-waarden zijn alleen van belang voor de sleufaanvulling ter hoogte van de buis. De verdere sleufaanvulling is niet van belang voor de buis, maar wordt geëist om verzakking van het toekomstig wegdek te beperken.

Indien tijdens het aanbrengen van de sleufaanvulling reeds (grond)water op de sleufbodem staat is verdichten met trilen stampapparatuur weinig zinvol. De verdichting naast de buis zal dan slechts door aantrappen moeten plaatsvinden en zal dan veelal in aanvulgroep zand B uitmonden.

In verband met het beperken van wegverzakking door sleufinklinking wordt de sleuf nog wel ingewaterd. Indien bronbemaling aanwezig is dient dit te geschie-

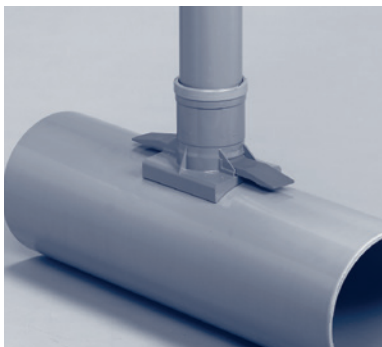
den bij in bedrijf zijnde bronnering. Voor de dichtheid van de aanvulgrond ter hoogte van de buis geldt dat deze ten gevolge van het inwateren nauwelijks meer toeneemt.

Als riool aangelegd wordt tussen damwanden of grondschootten zal de dichtheid van de sleufgrond ter hoogte van de buis afnemen als de damwand getrokken wordt. Hiertegen kunnen de geëigende maatregelen worden genomen. Bij PVC riool is het ook mogelijk om dan de Proctor-waarde te corrigeren. Dit kan door tijdens het ontwerp uit te gaan van de in de praktijk optredende lagere waarde ten gevolge van het trekken van de damwand of tijdens de uitvoering een hogere Proctor-waarde na te streven, dan waarmee ontworpen was. Buisomhullingen met klei moet veiligheids-halve aangenomen worden dat ondanks enige inspanning tot verdichten de aanvulgroep klei C zal zijn.

Bij buisomhullingen met veen zal veelal geen of slechts licht verkeer voorkomen. Afhankelijk van de situatie zal bij het met veen aanvullen in veengrond gerekend moeten worden op een te verwachten inklinking die bij de aanvulgroep veen A of veen B behoort. Over het algemeen zal er naar gestreefd worden om de sleuf zo kort mogelijk open te laten liggen.

Over het algemeen zullen bij vorst geen buizen of wegen aangelegd worden, omdat het aanvullen met bevroren grond niet toelaatbaar is. Totdat deze temperatuurgrens is bereikt kan PVC riool worden aangelegd. Aangezien PVC buis bij lagere temperaturen gevoeliger wordt voor slag of stoot, moet deze dan voorzigtiger gehanteerd worden.

Zelden of nooit vindt opdrijven plaats als de sleuf aangevuld is. Opdrijven is een uitvoeringsprobleem, dat een enkele maal optreedt als met uitgekomen slappe veen wordt aangevuld. Is er enig risico dan is het meestal voldoende om de



afb. 44. Knevelinlaat.

sleuf meteen na het leggen aan te vullen tot een hoogte boven de buis die overeenkomt met de gelegde buisdiameter. Voor nog te maken aansluitingen kan de buis dan lokaal weer blootgegraven worden. In zeer extreme gevallen kan de buis meteen na het leggen met water gevuld worden. Wavin heeft hiervoor enkele methoden ontwikkeld.

Na de aanleg kunnen soms plaatselijke verzakkingen of ongelijkmatige zettingen optreden. PVC buizen kunnen een axiale buiging doorstaan tot een straal van ca. 30 maal de buisdiameter

De inspectieput (SP-put)

Na het stellen moet de kunststof inspectieput, SP-put, rondom gelijkmatig aangevuld worden tot minimaal een buisdiameter boven de buis. Bij putten met vlakke bodem dient dit om de kans op opdrijven te verminderen en bij putten met stroom profiel en bolle bodem putten bovendien om de put stevig te fixeren in een verticale positie. Na aanvullen en verdichten van de grond tot de bovenkant van de put of het kegelstuk wordt de betonnen stelplaat geplaatst.

Om beschadiging en verplaatsing van het gietijzeren bovenstuk tijdens de bouwfase te voorkomen wordt de put wel ondergronds afge-

dekt door op de betonnen stelplaat tijdelijk een (beton) plaat te plaatsen.

Om opdrijven te voorkomen is iedere kunststof inspectieput voorzien van een opdrijfband. Mocht vooraf bekend zijn dat er problemen in verband met opdrijven kunnen optreden, dan kan de opdrijfband aan de inspectieput groter worden gekozen. Andere oplossingen zijn het tijdelijk inwendig verzwaren van de put of het pas gelegde riool enige tijd vol te laten staan met water

5.7 Aansluitingen

Huis- en kolkaansluitleidingen kunnen op twee manieren verbonden worden met het straatriool:

- ⦿ Via de inspectieput.
- ⦿ Op het straatriool zelf.
- ⦿ Aansluiting op de inspectieput. Aansluitingen worden niet veel meer op de inspectieput aangesloten vanwege de sterk verbeterde inlaatconstructies op de straatrioolbuis. Daardoor en door het gebruik van hogedrukreiniging kunnen ook de putafstanden groter worden. Soms worden in het begin van het stelsel enkele aansluitingen ingelaten in de inspectieput, waardoor met minder dekking op het straatriool kan worden aangevangen.
- ⦿ Aansluiting op de rioolbuis. Over het algemeen worden in Nederland de aansluitingen aan de bovenkant van het straatriool onder 90° aangesloten. Bij PVC straatriool gebeurt dit met de boveninlaat, de knevelinlaat (zie afbeelding 44).

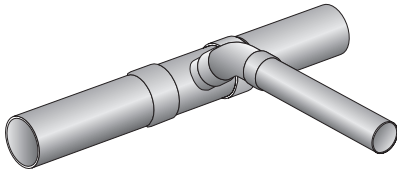
De voordelen van deze inlaat zijn:

- ⦿ Ze kunnen op iedere willekeurige plaats worden aangebracht met een minimale onderlinge afstand van 0,5 m; zogenaamde inlaatbuizen zijn dus niet nodig.
- ⦿ Voor latere montage hoeft alleen de bovenkant van de PVC rioolbuis te worden vrijgemaakt. De inlaten kunnen zonder probleem ook op vervormde buis worden geplaatst. De inlaten zijn zodanig geconstrueerd dat zelfs bij grote scheefstand ten gevolge van uitvoerings- onnauwkeurigheden geen lekkage optreedt.
- ⦿ Een buis met gemonteerde inlaat verzwakt de buis niet. Het geheel is zelfs iets stijver dan de oorspronkelijke buis.

Bij het bouwrijp maken van het terrein zal de gewenste plaats van de aansluitingen op het riool veelal bekend zijn en de inlaten worden meteen bij de aanleg geplaatst. Is de dekking van het riool klein, dan wordt de inlaat gesloten door de combikap in de inlaat te plaatsen. Is de dekking groter, dan wordt ook de juiste lengte standpijp gemonteerd en wordt deze afgesloten door de combikap over de standpijp te plaatsen. In de bouwfase worden kolken en gebouwen met de standpijpen verbonden. Daar waar tijdens het bouwrijp maken (asfalt)wegen boven het riool en de standpijpen worden aangelegd, worden de aansluitleidingen meteen gelegd tot buiten de verharding en daar afgesloten.

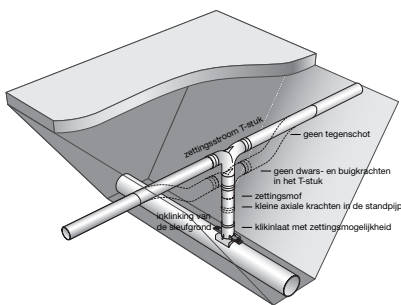
Aansluitingen bij kleine en discontinue afvoeren

Bij kleine vuilwaterstratriolen van 200 of 160 mm, zoals op campings, hofjes enz., is het aan te bevelen een betere



Afb. 45. Aansluiting onder een hoek bij riolen met kleine afvoer, geringe dekking of zeer steil verhang.

instroming na te streven dan met een aansluiting bovenop de straatrioolbuis onder 90° met de buis. Dit kan met behulp van een 450 T-stuk en een bocht. Hierdoor wordt, vooral bij grote discontinuïteit, het vuil beter meegenomen door het water. Om de b.o.k. van de aansluiting niet lager te laten zijn dan de bovenkant van het straatriool wordt het 450 T-stuk onder een hoek ingebouwd en met een bocht verbonden met de aansluitleiding (afbeelding 45).



Afb. 46. Het korter worden van de standpijp door middel van zettingshulpstukken ten gevolge van inklinking van de sleufgrond.

Nevenvoordeel van deze wijze van aansluiten is dat kan worden begonnen met minder dekking op het straatriool wat aanlegbesparing oplevert voor het gehele stelsel. Bij deze zeer kleine en discontinue afvoeren is het aan te bevelen van aansluitleiding naar straatriool een diameter over te slaan, dus van $\varnothing 110$ naar straatriool 160 mm, en bij een aansluitleiding $\varnothing 125$ mm een straatriool van tenminste 200 mm.

5.8 Standpijpconstructies en richtlijnen voor de toepassing van zettingshulpstukken

Door de inklinking van de grond over de hoogte van de standpijp kunnen er, speciaal in de bouwfase van een project, zeer grote krachten in de standpijp ontstaan. Ook kan door de inklinking van de sleufaanvulling tegenschot ontstaan in de aansluitleidingen. Bij onderheide riolen is dit probleem nog veel groter, omdat niet alleen de inklinking over de hoogte van rioolbuis en standpijp optreedt, maar ook de zetting tot aan de draagkrachtige laag. Hierdoor ontstaan krachten in de standpijp met als gevolg: doordrukken van de standpijp in het hoofdriool, breuk van T- stuk of bocht op de standpijp en tegenschot in de aansluitingen met als gevolg veel verstoppingen en onderhoud.

Als de standpijp zodanig ontworpen wordt dat deze korter kan worden, zullen de krachten beperkt blijven en tegenschot worden voorkomen. Voor de standpijp is een hulpstuk ontwikkeld, de zettingmof, met een zettingskorf van de kunststof polypropyleen waarin de standpijp wordt geplaatst. Bij een bepaalde belasting zal de korf rekken en kan de standpijp verder in het hulpstuk schuiven waardoor het geheel dus korter kan worden in overeenstemming met de zetting.

Door de speciale vormgeving en het gebruik van polypropyleen voor de zettingskorf wordt bereikt dat bij een kortstondige belasting, zoals kan optreden tijdens het aanvullen of bij belasting door verkeer bij een kleine dekking, rek pas optreedt bij een belasting van 4 à 5 kN (400 à 500 kg). Hierdoor blijft de volledige zettingsmogelijkheid beschikbaar om de inklinking of zetting van de grond te volgen.

Ten gevolge van sleufinklinking (een langdurend proces) zal de zettingskorf gaan rekken bij een belasting van ca. 0,5 à 1 kN (50 à 100 kg), zie afbeelding 46.

Zettingskorven zijn ingebouwd in meerdere hulpstukken en met verschillende zettingsmogelijkheden:

- ⊕ Flexibel zettingsstroom T-stuk 45 mm
- ⊕ Separate zettingmof 80 mm
- ⊕ Knevelinlaat 35 mm

De zettingskorf zal ook onder de meest uitzonderlijke belastingen niet afbreken en dus ook niet in het riool terechtkomen of in de standpijp verstopping kunnen veroorzaken. De werking van de zettingskorf is dermate betrouwbaar dat door onnauwkeurigheden bij de uitvoering, de werking op geen enkele wijze wordt belemmerd.

Het zal duidelijk zijn dat de in de standpijp in te bouwen zettingsmogelijkheid overeen moet komen met de zetting die nog op kan treden na het verbinden van de aansluitleidingen met de standpijp. Van groot belang is of de aansluitleidingen meteen bij de aanleg van het straatriool op de standpijp worden aangesloten of pas later, bijvoorbeeld na de bouwphase.

De volgende richtlijnen kunnen worden gegeven:

Aansluiting meteen bij aanleg van het straatriool:

- ⦿ bij betonriolen: inklinking 1/10 á 1/20 van buisdiameter + standpijplengte.
- ⦿ bij kunststof riolen: inklinking 1/10 á 1/20 van de standpijplengte.

Aansluiting in een latere fase:

- ⦿ betonriolen: zettingsmogelijkheid (zettingsstroom T-stuk of zettingsmof) inbouwen indien buisdiameter + standpijplengte meer dan 1m is.
- ⦿ kunststof riolen: bij een standpijplengte tot 1,5 m is de zettingsmogelijkheid van de knevelinlaat veelal voldoende
- ⦿ Bij een standpijplengte van meer dan 1,5 m moet extra zettingsmogelijkheid worden ingebouwd. Indien het zettingsstroom T-stuk wordt toegepast kan deze zettingsmogelijkheid worden meegeteld.
- ⦿ Bij onderheide riolen moet altijd zettingsmogelijkheid worden ingebouwd. De grootte hiervan is afhankelijk van de nog te verwachten zetting van bovenkant standpijp tot de dragende laag. Is dit niet mogelijk vanwege te korte standpijplengte dan kan, al of niet met een parallelriool, aangesloten worden op de inspectieputten.

Bovenstaande zijn richtlijnen. Mochten de uitvoering of de omstandigheden zodanig zijn dat afwijkende inklinkingspercentages zijn te verwachten dan moeten de zettingsmogelijkheden worden aangepast.

6. Renovatie en relining

Zoals bekend zijn vele riolen in Nederland aan verbetering of vervanging toe. Gezien de te verwachten levensduur, de bestendigheid tegen zwavelzuur en zwavelwaterstof, het flexibele gedrag en de goede hydraulische eigenschappen zal veel riool vervangen worden door kunststof, afbeelding 47.

Relining

Zoals in Wavin's renovatiebrochure beschreven, is het ook mogelijk bestaande riolen met gebreken te vernieuwen door de buis-in-buis methode (relining). Bij deze snelle methode, waarbij de overlast tot een absoluut minimum wordt beperkt, wordt een kunststof buis van PE, PVC of GVK (Glasvezel Versterkte Kunststoffen) in de bestaande buis gebracht.

De keuzemogelijkheden, de methoden en de speciaal daarvoor ontwikkelde producten worden in genoemde brochure uitgebreid besproken.



Afb. 47. Aanleg Ultra-3.

7. Algemene informatie

7.1 Hydraulische basis

Wavin adviseert gebruik te maken van de formules van Darcy-Weisbach en Colebrook. De basisformule met de relatie, debiet, afvoersnelheid, wrijvingsverlies en inwendige buisdiameter volgens de formule van Darcy-Weisbach is:

$$Z = \lambda \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

en

$$Q = F \cdot v$$

waarin: Q = debiet (m³/s)
F = inwendige doorsnede van de buis (m²)
v = afvoersnelheid (m/s)
Z = wrijvingsverlies, drukhoogteverlies of verval (m)
L = lengte van de leiding (m)
D = inwendige buisdiameter (m)
g = versnelling van de zwaartekracht (9,81 m²/s)
 λ = wrijvingscoëfficiënt, te berekenen met de formule van Colebrook

$$\lambda = 0,25 \left\{ \log \left(\frac{1}{0,4 \text{Re} \lambda} + \frac{k}{3,71 D} \right) \right\}^{-2}$$

waarin: k = wandruwheid (m)

en het getal van Reynolds

$$\text{Re} = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

waarin: ν = kinematische viscositeit (m²/s)

In afbeelding 49 is het verband tussen l, Re en D/k weergegeven om itererend rekenen te voorkomen. Voor wat betreft de k-waarde en de uitwerking in grafieken wordt verwezen naar hoofdstuk 2.

7.2 Opslag en transport

Opslag

Wavin buizen worden in pakketten geleverd. Bij stapeling op het werk wordt geadviseerd om praktische redenen niet hoger dan 2 m te stapelen, waarbij het pakhout op elkaar geplaatst wordt. Bij opslag van losse buizen dient de stapelhoogte ook de 2 meter niet te overschrijden ter voorkoming van overmatige belasting op de onderste laag. Een vlakke ondergrond verhoogt de stabiliteit van de opslag en voorkomt tevens beschadiging aan de onderste laag buizen.

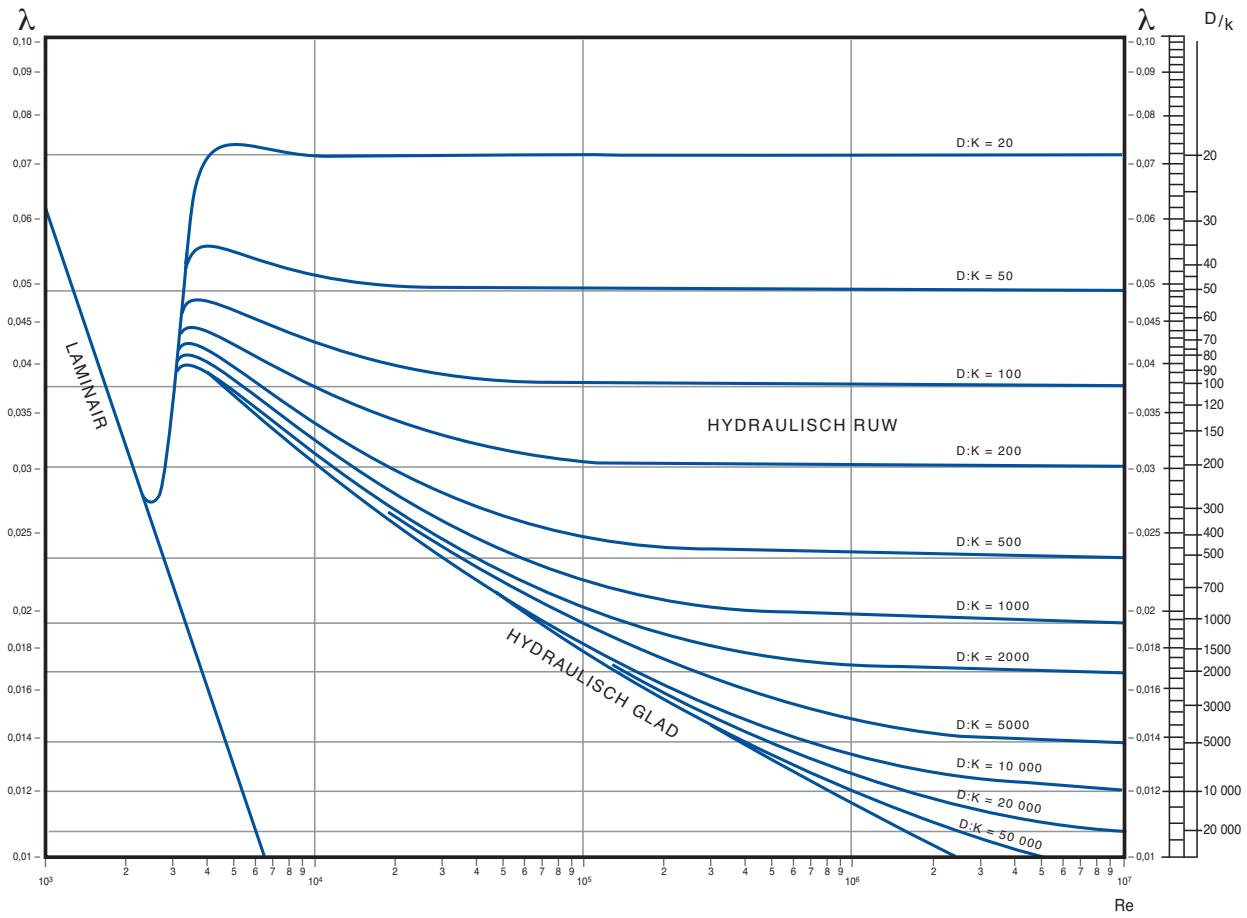
Het gebruik van gecreosote of gebitu-mineerde balkjes voor stapeling en/of zijdelingse ondersteuning in de opslag moet vanwege chemische aantasting worden vermeden.

Hulpstukken zijn grotendeels verpakt in kartonnen dozen en worden daarom bij voorkeur binnen opgeslagen. Het opslaan van hulpstukken in een afgesloten plastic zak moet worden vermeden; zeker bij directe zonnewarmte.

Transport

Het relatief lage gewicht en de pakkettering van kunststof buizen maakt het vervoer en het lossen zeer eenvoudig. Bij temperaturen beneden het vriespunt is voor PVC buizen extra zorgvuldigheid bij het lossen geboden. Gebruik geen hijs-gereedschap dat de buis kan beschadigen. Hijsbanden van textiel geven de beste zekerheid. Op verzoek kunnen de kunststof buizen worden afgeleverd met een wagen die voorzien is van een laaden losinstallatie. PE buizen kunnen tot lengten van ca. 300 meter over het water of per spoor worden getransporteerd.

Afb. 48.



Afb. 49.

7.3 Normen en richtlijnen

Een overzicht van de betrokken normen, beoordelingsrichtlijnen en keuringseisen die zijn uitgegeven door respectievelijk NEN, KIWA en Gastec.

Riolering

NEN-EN 1329

Buizen en hulpstukken van ongeplastificeerd PVC voor binnenrioleringen.

BRL 52100

Buizen en hulpstukken van ongeplastificeerd PVC voor binnenrioleringen.

NEN-EN 1401

Buizen en hulpstukken van ongeplastificeerd PVC voor buitenrioleringen.

BRL 52200

Buizen en hulpstukken van ongeplastificeerd PVC voor buitenrioleringen.

NEN 7013 (BRL2007)

Expansiestukken voor buizen van ongeplastificeerd PVC voor binnehuisriolering.

NEN-EN 12001-1

Buizen en hulpstukken van ongeplastificeerd PVC voor afvoer van hemelwater.

NEN-EN 1456-1

Buizen en hulpstukken van ongeplastificeerd PVC voor rioolpersleidingen.

NEN-EN 1519-1

Buizen en hulpstukken PE voor binnenhuisriolering.

NEN 7060

Instortmoffen van ongeplastificeerd PVC.

NEN 7033

Lijmen voor verbindingen in rioolleidingen van ongeplastificeerd PVC.

NEN 7032

Stankafsluiters van thermoplastische kunststof

NEN 7036 (BRL 1401/2)

Geribbelde draineerbuizen van ongeplastificeerd PVC.

NEN7080 (BRL 1404)

Cilindrische moffen van thermoplastische kunststof met klikverbinding voor geribbelde draineerbuizen.

BRL 2023

Lichtgewicht buizen en hulpstukken van PVC-U voor buitenriolering onder vrij verval.

NEN 7057 (BRL 2021)

Kolken, samengesteld uit onderdelen van kunststof en andere materialen

NEN 7067 (BRL 2021/02)

Kolken, definities, nominale afmetingen en functionele eisen.

NEN 7088

Aansluitstukken van PVC-U voor buitenrioleringen (knevelinlaat)

BRL-K-443/01

Hulpstukken van PVC met zettingscapaciteit voor buitenriolering.

NEN-EN 124

Roosters en deksels voor putten en kolken.

ISSO 70.1

“Hemelwater binnen de perceelgrens”

NPR 3218

Nederlandse praktijk Richtlijn 3218. Buitenriolering onder vrij-verval aanleg en onderhoud.

NTR 3216

Binnenriolering-richtlijnen voor ontwerp en uitvoering.

Cur aanbeveling 51

Milieutechnische ontwerpcriteria voor bedrijfsrioleringen.

Algemene normen voor kunstofleidingen**NEN 2672**

Richtlijnen voor de aanleg van leidingen van ongeplastificeerd PVC voor binnenhuisriolering.

NEN 3213

Binnenriolering in woningen en woon-gebouwen. Ontwerp en aanlegseisen.

NEN 3215

Binnenriolering in woningen. Eisen en bepalingsmethoden.

NEN 3216

Binnenriolering in woningen en woongebouwen. Eisen en bepalingsmethoden.

NEN 7100

Richtlijnen voor de aanleg van drukwaterinstallaties met buizen van PVC

NPR 3218

Buitenriolering, aanleg en onderhoud.

NPR 3221

Buitenriolering, onder over- en onderduk. Ontwerpcriteria, aanleg en onderhoud.

ISO 3606

UPVC. Tolernaces on outside diameters and wallthicknesses.

NEN-ISO 900

Kwaliteitsborging

BRL-K-555/01

BEschermbuizen van PE bestemd voor kabels t.b.v. Telecommunicatie.

De normen NEN en EN zijn verkrijgbaar bij het NEN

Postbus 5059, 2600 GB DELFT

Telefoon (015) 2 690 390.

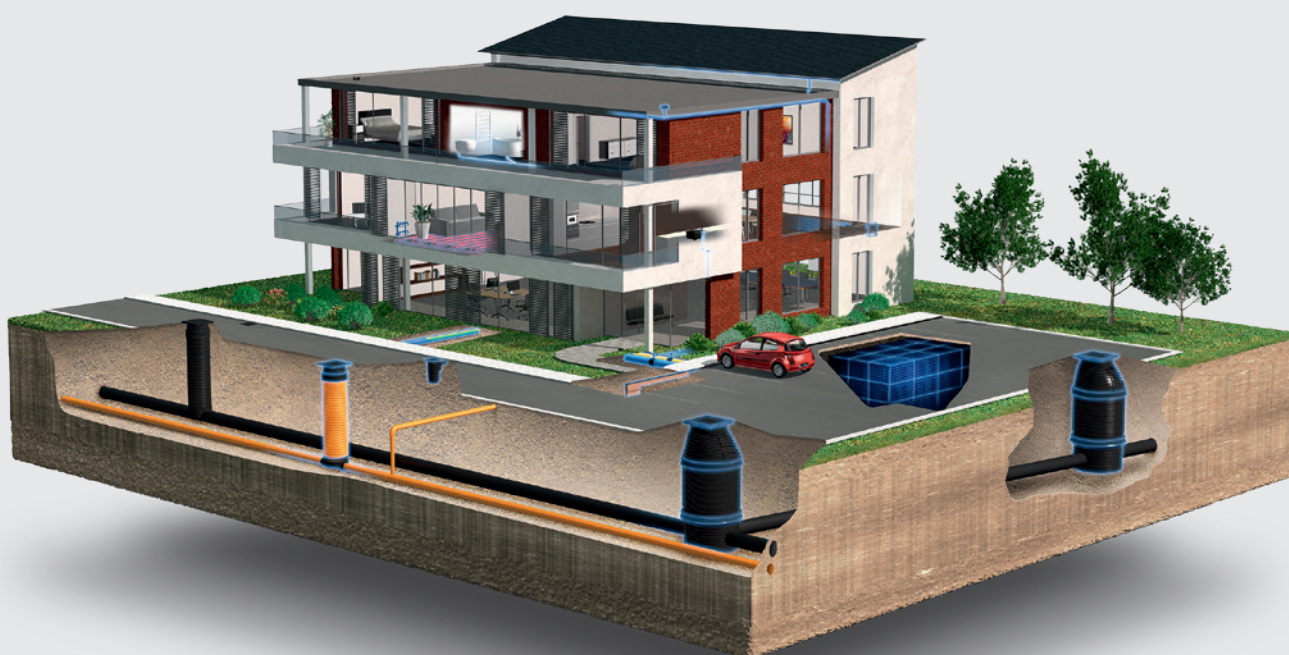
Telefax (015) 2 690 190

De normen BRL zijn verkrijgbaar bij KIWA, postbus 70, 2280 AB RIJSWIJK,

Telefoon (070) 4 144 400

Notities

Bekijk ons uitgebreide assortiment op
www.wavin.nl



**Duurzaam waterbeheer | Verwarmen en koelen | Water- en gasdistributie
Riolering | Datacom**

Mexichem.
Building & Infrastructure

wavin

CONNECT TO BETTER

© 2017 Wavin Nederland B.V.

De in deze brochure opgenomen informatie is gebaseerd op onze huidige kennis en ervaring. Wij aanvaarden evenwel geen aansprakelijkheid voor de gevolgen van eventuele tekortkomingen hierin. Overname van delen van de inhoud is uitsluitend toegestaan met bronvermelding.

Voor de meest actuele productinformatie, kijk op wavin.nl.



Wavin Nederland B.V.

J.C. Kellerlaan 8, 7772 SG Hardenberg | Postbus 5, 7770 AA Hardenberg | Tel. 0523-28 81 65 | Fax 0523-28 85 87 | www.wavin.nl | info@wavin.nl