

Achtergrondinformatie over voorschriften gebouwriolering

De uitvoeringswijze van toestelleidingen en het afschot van liggende afvoerleidingen spelen vaak een rol bij problemen met de gebouwriolering. Klachten hebben te maken met zelf-sifonage van stankafsluiters en verstoppingen van liggende afvoerleidingen door een te klein afschot. Dit artikel beschrijft de achtergronden van de voorschriften en richtlijnen waaraan toestelleidingen en het afschot van de liggende afvoerleidingen moeten voldoen.

W. (Will) Scheffer, Rehva Fellow, TVVL Expertgroep Sanitaire Technieken

De direct aan de stankafsluiter van een lozings-toestel gekoppelde afvoerleiding noemen we de toestelleiding. Op een toestelleiding zijn geen andere lozings toestellen aangesloten. De toestelleiding sluit benedenstrooms aan op een liggende verzamelleiding of standleiding. In een toestelleiding kunnen liggende en verticale leidingdelen zijn opgenomen. In een niet correct aangelegde toestelleiding kan bij lozing de leiding zodanig met water gevuld raken dat na beëindiging van de lozing het waterslot in de stankafsluiter van het lozings-toestel geheel of gedeeltelijk wordt leeggetrokken. Als dat gebeurt spreken we over zelf-sifonage en dat gaat gepaard met geluidhinder en, bij volledig verlies aan waterslotheogte, ook met stankoverlast. De afvoer karakteristiek van closets wijkt af van lozingen uit wastafels, spoelbakken en baden. De aanlegwijze van closettoestelleidingen zijn in een aparte paragraaf beschreven.

STROMING TOESTELLEIDING

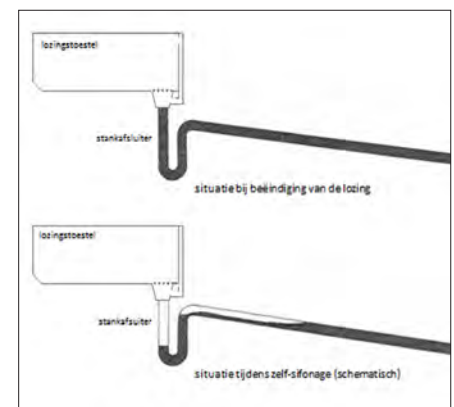
Bij beëindiging van een lozing vanuit een spoelbak in een toestelleidingconfiguratie, waarbij direct aan een gelijkbenige buisstankafsluiter een liggende leiding is gekoppeld met een middellijn gelijk aan die van de stankafsluiter, zijn beide (stankafsluiter en leiding) geheel gevuld met afvalwater (figuur 1).

Even later breekt de waterkolom, juist voorbij de stankafsluiter. Daarbij blijft water in de stankafsluiter achter. Afhankelijk van de lozingsvolumestroom, afschot en leidinglengte blijft verderop in de toestelleiding gedurende korte of lange tijd nog sprake van een gesloten waterkolom (hydraulische afsluiting) die als een zuiger een onderdruk veroorzaakt achter het waterslot van de stankafsluiter. Hierdoor kan het achtergebleven water uit het waterslot worden gezogen. Luchtbellens die ten gevolge van het aanwezige drukverschil door het waterslot in de riolering worden getrokken, versterken dit proces door hun pompwerking. Het eindresultaat is meestal een aanzienlijk waterslotheogteverlies. Aanzuiging van de luchtbellens veroorzaakt bovendien geluidhinder. De navulling van het waterslot door de vertraagde stroom in het lozings-toestel zelf is bij kleine lozings-toestellen, zoals wastafels en gootstenen, geringer dan bij lozings-toestellen met een grote vlakke bodem, zoals baden. Afhankelijk van de lengte van de toestelleiding kan de zuigende werking van de hydraulische afsluiting zo lang aanhouden dat ook het nageleverde water wordt weggezogen. In de praktijk bevat de toestelleiding veelal ook een verticaal leidingdeel. Dat maakt de kans op een hydraulische afsluiting in de toestelleiding nog groter.

INVLOEDFACTOREN ZELF-SIFONAGE

De mate van zelf-sifonage wordt, uitgaande van een bepaalde lozingsvolumestroom, vooral bepaald door de volgende factoren:

- de totale lengte van de toestelleiding. Naarmate de leiding langer is neemt het zuigeffect toe met als gevolg meer waterslotheogte verlies;
- het hoogteverschil tussen de uitgang van de stankafsluiter en het einde van de toestelleiding. Hoe groter het hoogteverschil hoe groter het gevaar wordt voor ontoelaatbare sifonage-effecten;



-Figuur 1- Beëindiging lozing en ontstaan van zelf-sifonage

- de middellijn van de toestelleiding. Bij toenemende middellijn treedt na afloop van de lozing sneller een overgang op van geheel gevulde leiding naar gedeeltelijk gevulde leiding. Als de middellijn zo groot wordt dat ook bij maximale afvoer slechts een gedeeltelijke vulling van de leiding optreedt, ontstaat er in het geheel geen zelf-sifonage.

Verder zijn van belang:

- plaats en uitvoering van bochten;
- afschot van het liggende leidingdeel benedenstrooms het verticale leidingdeel.

EISEN VOOR TOESTELLEIDING

Teneinde effecten van zelf-sifonage te vermijden, zijn in NEN 3215 grenzen gesteld aan de configuratie van de toestelleiding: minimale middellijnen en maximale lengten van de verschillende leidingdelen. In NEN 3215 is de toestelleiding verdeeld in drie leidingdelen, zie figuur 2 (opmerking: in NTR 3216 is leidingdeel II aangeduid als III en omgekeerd):

- I. de stankafsluiter;
- II. de liggende leiding direct benedenstrooms de stankafsluiter (muurbuis) en de daarop volgende verticale leiding (vloerbuis) tot aan de bocht van de daaropvolgende liggende leiding;
- III. de liggende leiding, inclusief de bocht, benedenstrooms de verticale leiding.

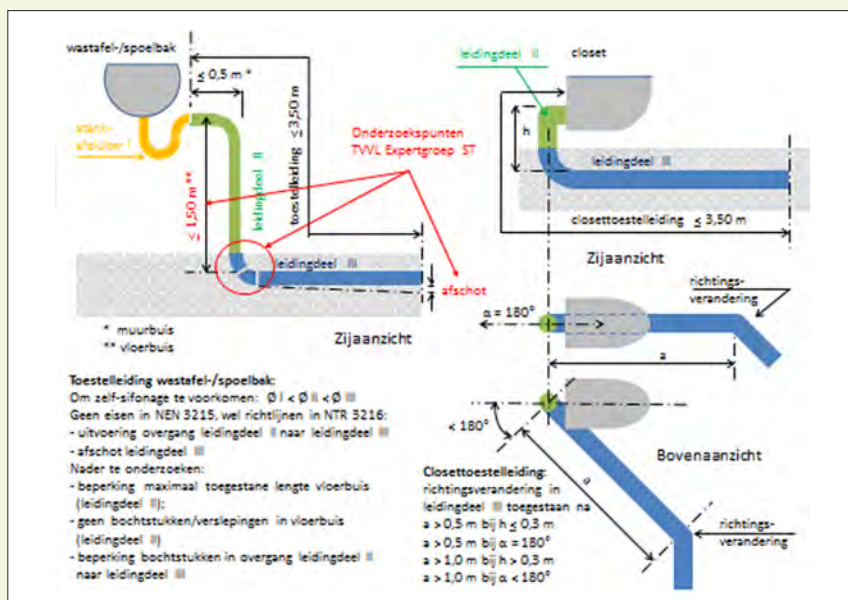
De middellijn van leidingdeel I dient in overeenstemming te zijn met de vereiste afvoercapaciteit van het betreffende lozingstoestel. De middellijn van leidingdeel III dient zodanig te zijn dat deze geen ontoelaatbare zelf-sifonage-effecten introduceert en dat de maximale lozingsvolumestroom vanuit het aangesloten lozingstoestel afgevoerd kan worden zonder dat bovenstrooms een terugstuwing optreedt. De kans dat terugstuwing ontstaat is vooral aanwezig als de toestelleiding uitsluitend bestaat uit een liggend deel. De totale lengte van de toestelleiding (leidingdeel II + leidingdeel III) mag volgens NEN 3215 niet groter zijn dan 3,5 m. De lengte van de muurbuis van leidingdeel II mag niet meer bedragen dan 0,5 m en de lengte van de vloerbuis van leidingdeel II moet beperkt blijven tot 1,5 m.

DIMENSIONERING TOESTELLEIDING

De dimensionering van de toestelleiding begint met het bepalen van de basismiddellijn voor leidingdeel III. In tabel 2 van NEN 3215 staat voor elk type lozingstoestel de basismiddellijn van de toestelleiding. Voor leidingdeel II wordt een reductie van de basismiddellijn met één maatsprong toegestaan, onder voorwaarde dat de toestelleiding slechts één verticaal leidingdeel bevat. In tabel 2 van NEN 3215 staan ook de gereduceerde middellijnen voor leidingdeel

Lozingstoestel	minimale (handels)middellijn stankafsluiter / leidingdeel I [mm]	minimale (handels) middellijn leidingdeel II [mm]	minimale (handels) middellijn leidingdeel III [mm]
lekwater-/condenswaterafvoer	32	32	40
handenwasbak / wastafel	32	40	50
douchevloer (standaarddouche)	-	40	50
(vaat)wasmachine	40	50	63 of 75
keukengootsteen	40	50	63 of 75
douchebak / badkuip	40	50	63 of 75
closet, spoelvolumen > 6 en < 7 l	-	90	90
closet, spoelvolumen > 6 en < 7 l, met knie 110 mm II/III	-	90	110

-Tabel 1- Minimale (handels)middellijn van toestelleidingen voor de meest voorkomende lozingstoestellen in woningen (gedeelte van tabel 2 uit NEN 3215)



-Figuur 2 Schematische weergave van voorschriften toestelleidingen

II en de minimale middellijnen voor de stankafsluiter. Om zelf-sifonage te vermijden is het aan te bevelen de minimale middellijn van de stankafsluiter toe te passen. In het geval de maximum ontwikkelde lengte van de toestelleiding wordt overschreden (3,5 m), geldt voor de meerdere lengte de dimensioneringsregels voor een verzamelleiding.

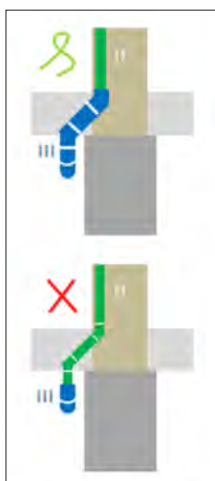
RICHTLIJNEN IN NTR 3216

Op hydraulische gronden zijn in NEN 3215 geen speciale eisen gesteld aan het afschot van leidingdeel III. Dat neemt niet weg dat afschot nodig is om vervuiling tegen te gaan.

Een vervuilde leiding kan ook bijdragen aan sifonage-effecten. In NTR 3216 staat dat het aantal bochten in leidingdeel III zoveel mogelijk beperkt moet worden en dat een minimaal afschot van 5 mm/m moet worden aangehouden. Voor de uitvoering en het aantal bochten in de overgang van leidingdeel II naar leidingdeel III zijn in NEN 3215, met uitzondering voor closets, geen specifieke eisen opgenomen. NTR 3216 geeft daarvoor wel richtlijnen. In de praktijk blijkt dat verstoppingen in de gebouwriolering veelal optreden in toestelleidingen. Voor de toegankelijkheid bij ontstoppen moet bij een (handels)

Ontwerpmiddellijn (handelsmiddellijn kunststof) [mm]	Vullingshoogte	Schuifspanning τ [N/m ²]			
		afschot 1:50 (20 mm/m)	afschot 1:100 (10 mm/m)	afschot 1:200 (5 mm/m)	afschot 1:500 (2 mm/m)
44 (50)	30% 50% 70%	1,47 2,16 2,55	0,73 1,08 1,28	0,37 0,54 0,64	0,15 0,22 0,25
57 (63)	30% 50% 70%	1,90 2,80 3,31	0,95 1,40 1,65	0,48 0,70 0,83	0,19 0,28 0,33
69 (75)	30% 50% 70%	2,30 3,38 4,01	1,15 1,69 2,00	0,58 0,85 1,00	0,23 0,34 0,40
84 (90)	30% 50% 70%	2,80 4,12 4,88	1,40 2,06 2,44	0,70 1,03 1,22	0,28 0,41 0,49
100 (110)	30% 50% 70%	3,34 4,91 5,81	1,67 2,45 2,90	0,84 1,23 1,43	0,33 0,49 0,58
117 (125)	30% 50% 70%	3,90 5,74 6,79	1,95 2,87 3,40	0,99 1,45 1,70	0,39 0,57 0,68
150 (160)	30% 50% 70%	5,92 8,71 9,32	2,50 3,68 4,36	1,25 1,84 2,18	0,50 0,74 0,87

-Tabel 2- Optredende schuifspanningen in liggende afvoerleidingen bij verschillend afschot.



-Figuur 3-
Uitvoeringsvoorbeelden
van toestelleidingen
ter plaatse van een
funderingsbalk

middellijn van 50 mm en kleiner de overgang van leidingdeel II naar leidingdeel III worden uitgevoerd met twee bochtstukken van 45° of met een stromingsbocht van 90° waarvan de buigstraal vergelijkbaar is met die van twee 45° bochtstukken. In de praktijk wordt ervaren dat verslepingen en bochten in leidingdeel II het effect van zelf-sifonage versterkt. In NEN 3215 zijn ten aanzien van verslepingen en bochten in leidingdeel II en ter plaatse van de overgang van leidingdeel II naar leidingdeel III geen beperkingen opgelegd, zoals dat voor closets na klachten wel is gebeurd. De TVVL Expertgroep Sanitaire Technieken heeft, naar aanleiding van een verzoek vanuit de TVVL Innovatiegroep Sanitaire Technieken, een projectvoorstel opgesteld om een aantal kritische punten nader te onderzoeken.

■ CLOSETS

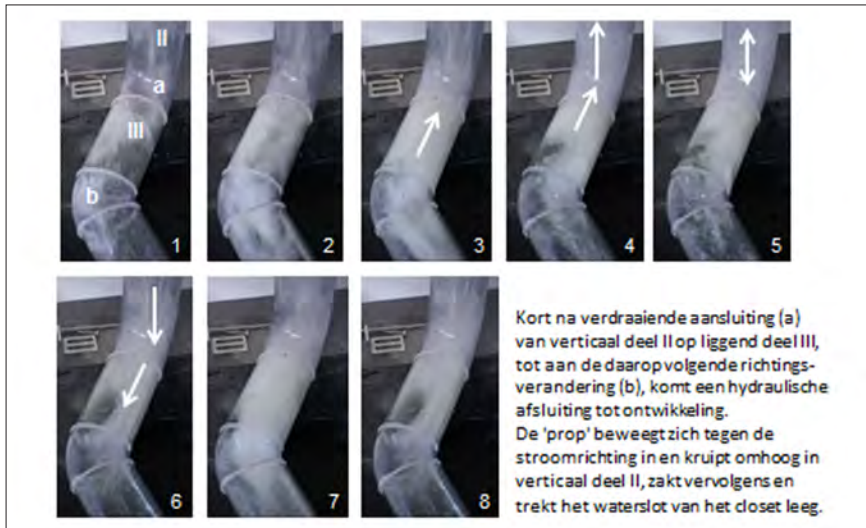
Bij de lozing van een closet is er sprake van een kortstondige hevige lozing waarbij in korte tijd grote fluctuaties optreden in de lozingsvolumestroom en de vullingshoogte in de liggende afvoerleiding. De uitvoering, plaats en stand

van bochtstukken in closettoestelleidingen maken deze leidingen extra gevoelig voor een hydraulische afsluiting, heeft onderzoek naar aanleiding van problemen in de praktijk aangetoond (zie figuur 4). Bovenstrooms een closetaansluiting op een verzamelleiding mogen géén andere lozingstoestellen dan een closet zijn aangesloten, tenzij bovenstrooms een ontspanningsleiding aanwezig is. Benedenstrooms een closetaansluiting op een verzamelleiding zijn op een afstand tot 1 m géén andere aansluitingen van lozingstoestellen toegestaan tenzij bovenstrooms die aansluiting de verzamelleiding in verbinding staat met een ontspanningsleiding. In de eerste meter van het liggende leidingdeel III van een closettoestelleiding is géén richtingsverandering toegestaan. Die afstand moet ten minste 0,5 m zijn als de lengte van het verticale leidingdeel II niet meer is dan 0,30 m of als de bocht van de overgang van leidingdeel II naar III in een rechte lijn ligt (180° bovenaanzicht) met de uitlaat van de closetpot, zie figuur 5. Naar aanleiding van recente praktijkproblemen met het leegtrekken van het waterslot in wandclosets zijn aan het bochtstuk in de overgang van leidingdeel II naar III specifiekere eisen gesteld, zie figuur 6. In de praktijk werden vaak kniestukken gebruikt vanwege een geringe inbouwhoogte. Het bochtstuk moet nu stromend worden uitgevoerd. Dit kan met een bochtstuk van 87°30' tot 90° met een straal r van ten minste 0,5 d van de binnenkant bocht, of met twee bochtstukken van 45°. Een kniestuk van 87°30' tot 90° met een ontwerpmiddellijn van 100 mm (kunststof handelsmaat 110 mm) is toegestaan, indien de ontwerpmiddellijn van het staande leidingdeel (II) tot aan het bochtstuk 84 mm (90 mm) is. De ontwerpmiddellijn van het liggende deel (III) is dan 100 mm (110 mm).

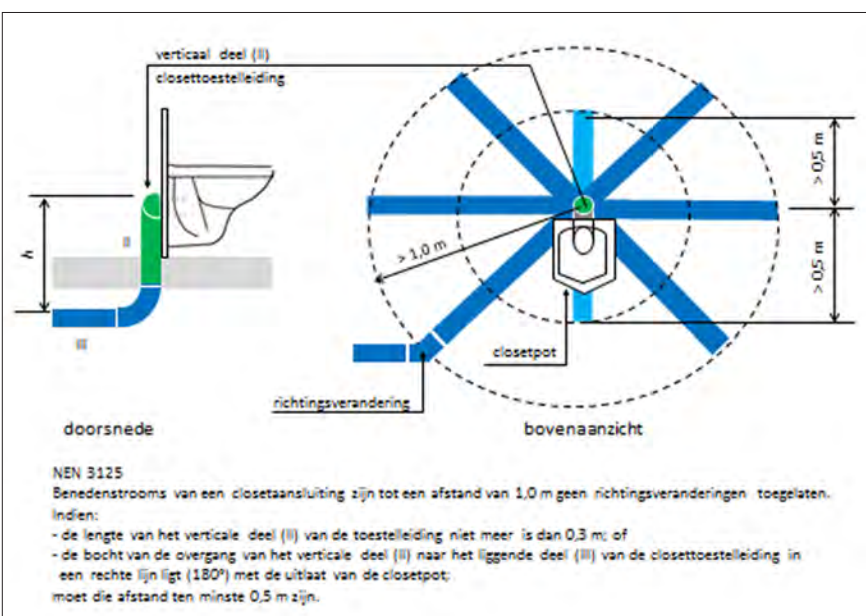
■ STROMING IN LIGGENDE AFVOERLEIDING

Zoals hiervoor aangegeven, wordt, in het geval de maximum ontwikkelde lengte van de toestelleiding groter is dan 3,5 m, de meerdere lengte van de liggende leiding gedimensioneerd als zijnde een verzamelleiding. Een verzamelleiding is een liggende afvoerleiding die toestelleidingen verbindt met de standleiding, en/of waarop toestelleidingen, andere verzamelleidingen en standleidingen zijn aangesloten, en/of die onder de begane grondvloer het huishoudelijk afvalwater ontvangt en op de buitenriolering loost.

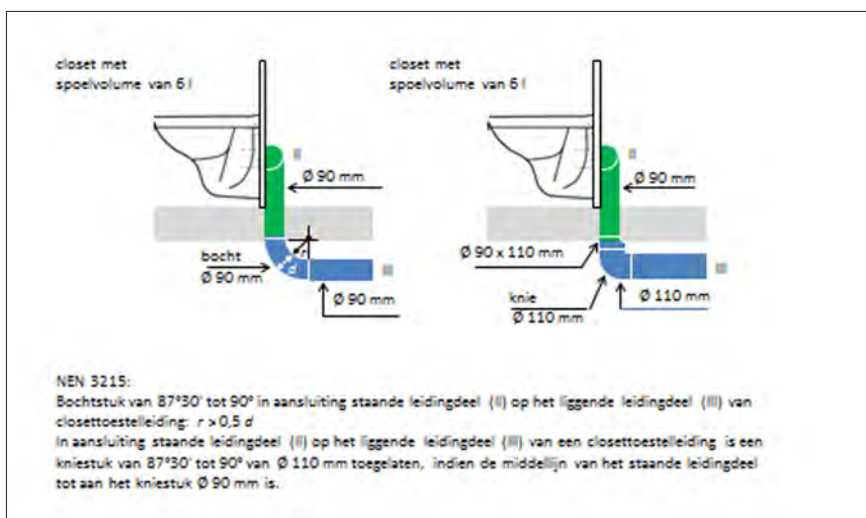
De gebouwriolering functioneert met water als transportmedium. De stromingstoestand in een gebouwriolering is een dynamisch gebeuren. Dat wil zeggen dat er van een gelijk blijvende stromingstoestand in liggende afvoerleidingen geen sprake is, maar dat er zowel van plaats tot plaats als in de loop van de tijd voortdurend veranderingen optreden in waterstanden en stroomsnelheden. De stromingstoestand is zeer gecompliceerd. Voor het opstellen van voorschriften en richtlijnen voor het dimensioneren van liggende afvoerleidingen zijn daarom de volgende vereenvoudigde benaderingen als uitgangspunt genomen: a. permanente en eenparige stroming; b. gerekend wordt met een lozing vanuit lozingstoestellen van een oneindige duur gelijk aan de maximale afvoer (basisafvoer); c. de waterdiepte in de leidingen komt overeen met de evenwichtsdiepte behorende bij het ontwerpdebiet en het leidingafschot. Onder evenwichtsdiepte wordt verstaan de waterdiepte waarbij het energieverlies ten gevolge van de wrijvingsweerstand van de leiding gelijk is aan het verval van de leiding. Deze benadering betekent dat de waterspiegel verondersteld wordt evenwijdige te lopen aan



-Figuur 4- Onderzoek aan closettoestelleiding



-Figuur 5- Voorschrift (1) voor uitvoering closettoestelleiding (NEN 3125)



-Figuur 6- Voorschrift (2) voor uitvoering closettoestelleiding (NEN 3215)

de buishelling (afschot). Als vullingshoogte bij het ontwerpdebiet (samengestelde afvoer) wordt 70% aangehouden.

SCHUIFSPANNINGEN

Als de kracht van het stromende water in een liggende afvoerleiding groot genoeg is worden

de afvaldeeltjes daarin getransporteerd. Er is dan sprake van zelfreiniging van de leiding. Gewoonlijk wordt aangenomen dat deze kracht (N) gelijkmatig verdeeld is langs de natte buisomtrek van de gedeeltelijk gevulde leiding. De kracht per m² is de schuifspanning (N/m²). De schuifspanning (τ) wordt bepaald met formule (1):

$$\tau = \rho_w \cdot g \cdot R \cdot l \quad (1)$$

waarin:

τ = schuifspanning	[N/m ²]
ρ_w = dichtheid van het afvalwater	[kg/m ³]
g = versnelling van de zwaartekracht	[m/s ²]
R = hydraulische straal	[m]
l = afschot van de leiding	[-]

De hydraulische straal is de verhouding tussen het natte oppervlak en de natte omtrek van de gedeeltelijk gevulde leiding. Voor een eenparige stromingssituatie, dus als er geen versnellingskrachten werken, wordt het afschot bepaald met formule (2):

$$l = v^2 / (C^2 \cdot R) \quad (2)$$

waarin:

C = stromingscoëfficiënt	[m ^{1/2} /s]
v = stroomsnelheid	[m/s]

Als formule 2 in de formule 1 wordt ingevuld ontstaat de volgende betrekking (formule 3):

$$\tau = \rho_w \cdot g \cdot (v^2 / C^2) \quad (3)$$

Uit formule 3 blijkt dat de schuifspanning recht evenredig is met de stroomsnelheid in het kwadraat. Ofwel, als de snelheid twee keer zo groot wordt, wordt de schuifspanning vier keer zo groot. De stromingscoëfficiënt (C) is afhankelijk van de hydraulische straal en de wandruwheid. NEN 3215 gaat uit van een systeemwandruwheid $k' = 1$ mm en een C-waarde onder ontwerpcondities in de orde van 40 m^{1/2}/s. Met behulp van de formule 1 resulteert dit, in liggende afvoerleidingen met verschillende vullingshoogten en afschotten, in het optreden van schuifspanningen zoals vermeld in tabel 2. Voor de gebouwriolering geldt, met uitzondering van leidingen waarop closets zijn aangesloten, dat slechts relatief kleine niet-samenhangende deeltjes getransporteerd behoeven te worden. Deeltjes met een diameter van 2 tot 3 mm worden getransporteerd bij stroomsnelheden van 0,2 tot 0,3 m/s. Uit formule 3 volgt dat dit overeenkomt met schuifspanningen van ca. 0,25 tot 0,5 N/m².

■ PRAKTIJK

Een vullingshoogte van 70% is bij een theoretische eenparige stroming de maximaal optredende hoogte in een rechte liggende afvoerleiding die is gedimensioneerd op basis van de samengestelde afvoer (= theoretische maximale belasting). In de praktijk komt die situatie in de tijd gezien dus niet

vaak voor. Dat geldt zelfs voor een vullingshoogte van 50%. Bovendien zal afhankelijk van het soort en de concentratie van vuildeeltjes in het afvalwater de werkelijk benodigde minimale schuifspanning van plaats tot plaats en in de tijd variëren. Met behulp van figuur 8 en tabel 2 kunnen de benodigde minimale schuifspanningen bij kleinere vullingshoogten bepaald worden. In de theoretische benadering van de benodigde schuifspanning is geen rekening gehouden met bezinking en afzetting, wat niet realistisch is gezien de variatie van het lozingspatroon in de tijd. Anderzijds moet worden opgemerkt dat als gevolg van versnellingskrachten bij niet-eenparige stroming reeds eerder transport van deeltjes kan optreden dan hiervoor aangegeven.

MINIMUM AFSCHOT

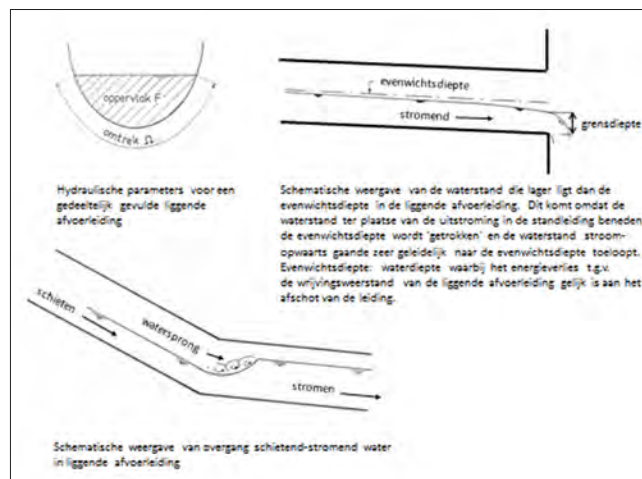
NEN 3215 schrijft een afschot voor van ten minste 1:200 (5 mm/m). Een minimum afschot is nodig om afzettingen (verstoppingen) door te lage stroomsnelheden en dus te lage schuifspanningen tegen te gaan. Daarbij moet worden aangetekend dat het minimale afschot voor elke meter leiding geldt. Er mag dus niet van een gemiddelde afschot worden uitgegaan waarbij over een bepaalde lengte aan de minimum eis wordt voldaan, dus met variaties van bijvoorbeeld 2 mm/m, 5 mm/m en 10 mm/m. Voor leidingen waarop closets staan aangesloten gaat het om transport van relatief grote vaste afvalstoffen die al of niet samenhangend zijn. Het transport van die stoffen vindt plaats door kortdurende, stoetsgewijs optredende spoelingen waarbij van een permanente eenparige stroming zelden of nooit sprake zal zijn. Versnellingskrachten en krachten door opstuwing spelen daardoor een belangrijke rol. Als criterium voor de afvoer van fecale stoffen geldt de transportafstand die met één spoeling kan worden bereikt groter is dan de lengte van de betreffende leiding tot aan de standleiding of verzamelleiding. In NEN 3215 is een tabel opgenomen met maximaal toegestane leidinglengten bij één closet en afhankelijk van de leidingmiddellijn, het afschot en een maximaal gesommeerde richtingsverandering in die liggende leiding.

MAXIMUM AFSCHOT

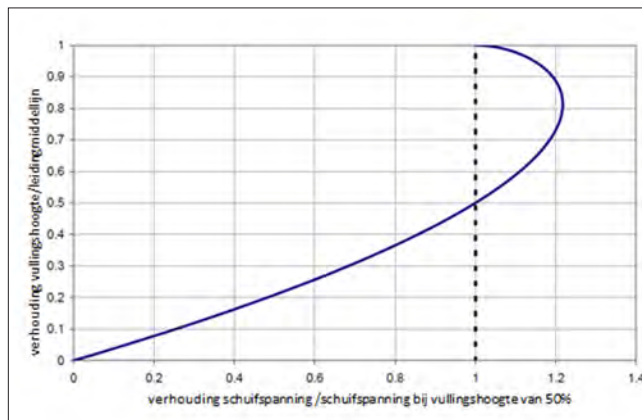
NEN 3215 schrijft ook een maximum afschot voor van 1:50 (20 mm/m). In een liggende afvoerleiding kan de turbulente stromingstoeestand stromend of schietend zijn. Bij een bepaalde lozingsvolumestroom is er één afschot waarbij de grens tussen stromen en schieten bereikt wordt. Men noemt dit het kritische afschot. Bij een afschot kleiner dan het kritische afschot zal stromend water optreden en bij een afschot dat groter is zal schietend

water optreden. Schietend water kenmerkt zich door het feit dat hierin aangebrachte verstoringen zich niet in bovenstroomse richting voortplanten. Schietend water hoeft op zich geen probleem te geven in een gebouwriolering. Maar er kunnen wel problemen ontstaan als de schietende toestand overgaat in een stromende toestand, bijvoorbeeld doordat een liggende leiding met een steil afschot overgaat in een minder steil afschot. Er ontstaat dan een zogenaamde watersprong waarbij de waterdiepte in de sprong abrupt toeneemt van de evenwichtsdiepte (= waterspiegel evenwijdig aan helling van leiding) die hoort bij het steile afschot naar de evenwichtsdiepte behorend bij het flauwere afschot, zie figuur 7. Een en ander gaat gepaard met turbulenties

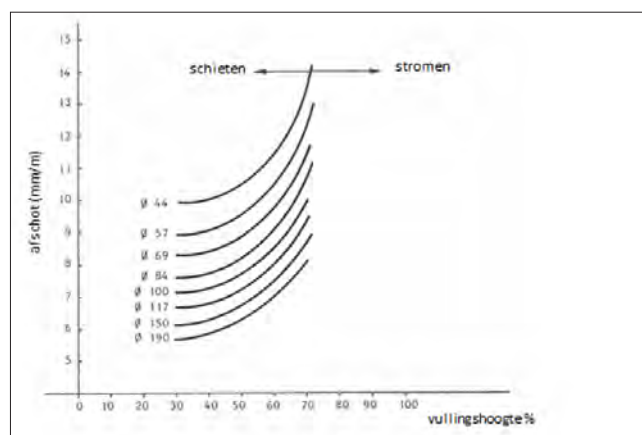
en wervels en is minder gewenst vanwege mogelijk gevaar van volledige vulling van de leiding en dus van een hydraulische afsluiting. In figuur 9 is aangegeven wat het berekende kritische afschot is, afhankelijk van de vullingshoogte en de ontwerpiddellijn. De ernst van de watersprong die ontstaat bij de overgang van schietend water naar stromend water ligt bij een veel hoger afschot dan het kritische afschot, waarbij echter hoge stroomsnelheden optreden (0,9 m/s bij \varnothing 44 mm en 1,9 m/s bij \varnothing 150 mm). Omdat hydraulische verliezen als gevolg van bochten, verbindingen etc. recht-evenredig zijn met de stroomsnelheid in het kwadraat, is in NEN 3215 gekozen het afschot te beperken tot 1:50 (20 mm/m).



-Figuur 7- Stromingstoestanden in liggende afvoerleiding



-Figuur 8- Relatief verloop van de schuifspanning met de vullingsgraad in een liggende afvoerleiding



-Figuur 9- Kritisch afschot als functie van vullingshoogte en ontwerpiddellijn