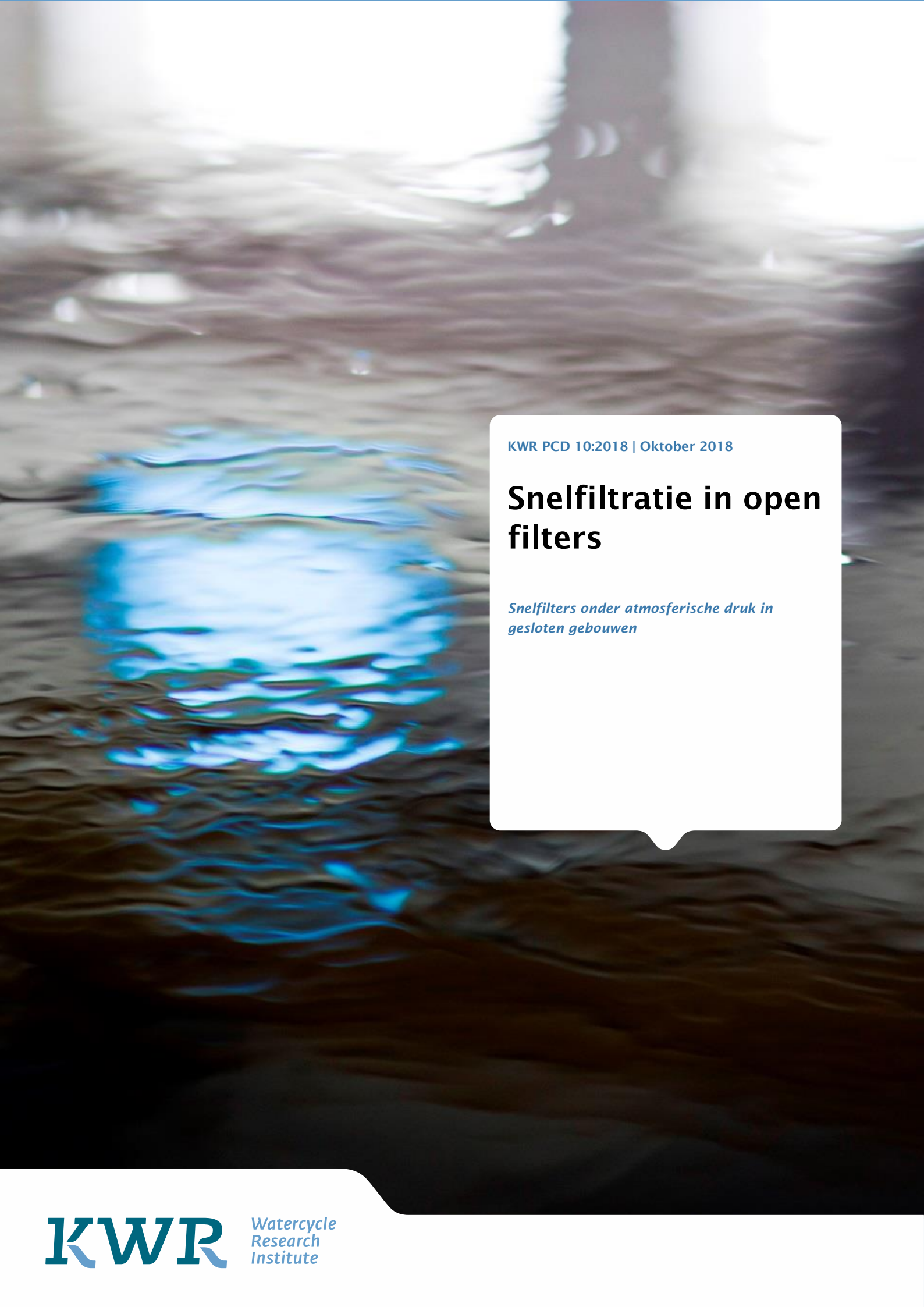




KWR PCD 10:2018 | Oktober 2018

Snelfiltratie in open filters

Snelfilters onder atmosferische druk in gesloten gebouwen

Snelfiltratie in open filters; *Snelfilters onder atmosferische druk in gesloten gebouwen*

KWR | PCD 10:2018 | Oktober 2018

Opdrachtgever

Platform Bedrijfsvoering

Auteurs

M.A. Meerkerk en W.G. Siegers

Jaar van publicatie
2018

Meer informatie

Martin Meerkerk
T (030) 60 69 591
E Martin.Meerkerk@kwrwater.nl

KWR
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein

T 030 60 69 511
F 030 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl



PCD 10:2018 | Oktober 2018 © KWR

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Praktijkcode Drinkwater

Status

De Nederlandse drinkwaterbedrijven maken in de dagelijkse bedrijfsvoering gebruik van richtlijnen met als doel het (hoge) kwaliteitsniveau van de bedrijfsvoering te handhaven en waar mogelijk verder te verbeteren, en/of de efficiëntie van de bedrijfsvoering te verhogen en bij te dragen aan het verder uniformeren van de werkwijzen binnen de drinkwatersector. Deze richtlijnen hebben meestal het karakter van een 'aanbeveling van een te volgen gedrag of handelswijze' en niet van een 'bindend voorschrift'¹. Het gaat om privaatrechtelijke richtlijnen voor de ondersteuning in de dagelijkse praktijk van de bedrijfsvoering ('best practices') in het gehele traject van bron tot tap. De richtlijnen (soms ook aangeduid als 'leidraad') worden sinds 2008 opgesteld en hebben in 2015 de aanduiding 'Praktijkcode Drinkwater' (PCD) gekregen.

Verantwoording

Praktijkcodes worden opgesteld in opdracht van het Platform Bedrijfsvoering, waarin vertegenwoordigers van alle Nederlandse drinkwaterbedrijven en het Vlaamse bedrijf Pidpa participeren. Dit Platform heeft het beheer van praktijkcodes gedelegeerd aan de Begeleidingsgroep Praktijkcodes, die de 'eigenaarsrol' vervult. Ook in die groep participeert in beginsel één vertegenwoordiger per bedrijf. De voorzittersrol wordt vervuld door een van deze vertegenwoordigers, terwijl KWR Watercycle Research Institute dat doet ten aanzien van de rol van secretaris.

Totstandkoming en kwaliteitsborging

Een specifieke praktijkcode of een revisie daarvan (zie onder) komt met inhoudelijke bijdragen van deskundigen van drinkwaterbedrijven en onderzoekers van KWR Watercycle Research Institute interactief tot stand onder begeleiding van een projectgroep bestaande uit deskundigen van de drinkwaterbedrijven en/of -laboratoria. De leden van die projectgroep worden aangezocht vanwege hun specifieke kennis en/of vaardigheden die noodzakelijk is/zijn voor het betreffende onderwerp. Het voorzitterschap wordt in beginsel waargenomen door een vertegenwoordiger van de drinkwaterbedrijven; KWR Watercycle Research Institute vervult het secretariaat en rapporteert de voortgang aan de Begeleidingsgroep Praktijkcodes. Soms maken drinkwaterbedrijven gebruik van de mogelijkheid om zich als agendalid van een projectgroep te laten registreren.

Na vaststelling van een praktijkcode door de begeleidende projectgroep wordt die ter formele vaststelling voorgelegd aan de Begeleidingsgroep Praktijkcodes.

Openbaarheid

Praktijkcodes Drinkwater zijn openbaar. Een actueel overzicht van alle praktijkcodes is te vinden op 'Watnet', het KWR-intranet voor de drinkwaterbedrijven.

Periodieke actualisatie

Bestaande praktijkcodes worden periodiek geëvalueerd. In beginsel is er sprake van een 'vijfjaarsrevisie': primair wordt de vraag gesteld en bediscussieerd of actualisatie gewenst dan wel noodzakelijk is en als dat het geval blijkt te zijn, wordt die volgens een afgesproken procedure projectmatig geactualiseerd. De vorige editie van een

¹ Beide omschrijvingen zijn afkomstig uit 'Van Dale'.

praktijkcode is daarbij uitgangspunt. Als actualisatie niet gewenst of noodzakelijk blijkt te zijn, wordt een praktijkcode in principe opnieuw voor een periode van vijf jaar vastgesteld.

Snelfiltratie in open filters

Snelfilters onder atmosferische druk in gesloten gebouwen

Editie

Dit is de eerste editie van deze praktijkcode. Als uitgangspunt voor de totstandkoming ervan zijn vooral genomen:

- Arbeitsblatt [W 213-3](#) 'Filtrationsverfahren zur Partikelentfernung; Teil 3: Schnellfiltration' [18], het DVGW-werkblad op het gebied van de snelfiltratie
Dit Duitse werkblad geeft een praktische omschrijving van snelfilter installaties en is voorafgaand aan het samenstellen van deze praktijkcode vertaald in het Nederlands. Het werkblad refereert onder meer aan een aantal andere Duitse werkbladen:
 - Arbeitsblatt [W 213-1](#) 'Filtrationsverfahren zur Partikelentfernung; Teil 1: Grundbegriffe und Grundsätze' [19];
 - Arbeitsblatt [W 213-2](#) 'Filtrationsverfahren zur Partikelentfernung; Teil 2: Beurteilung und Anwendung von gekörnten Filtermaterialien' [20];
 - Arbeitsblatt [W 213-6](#) 'Filtrationsverfahren zur Partikelentfernung; Teil 6: Partikelmessung' [21].
- Mededeling nummer 1 'Negatieve drukken in open snelfilters'[10] van de Commissie Filterconstructies van het KIWA
De betreffende commissie heeft in de KIWA-Mededeling uit de vijftiger jaren gedetailleerd de effecten van negatieve drukken in open filters en de afscheiding van gassen uit in het water opgeloste gassen beschreven.
- Mededeling nummer 9 '[Richtlijnen ten dienste van het ontwerpen en de behandeling van snelfilters](#)' [11] van de Commissie Filterconstructies van het KIWA
Dit document refereert onder meer aan de Mededelingen 1 tot en met 8 van deze commissie ([alle Mededelingen van de Commissie Filterconstructies](#)), die dateren uit de periode 1956 tot en met 1963.
In 1965 verscheen deze Mededeling, waarin de praktijk van de zuiveringsstap snelfiltratie van destijds uitvoerig is beschreven, Een update daarvan of een ander vergelijkbaar document is sindsdien niet meer verschenen. Toch bleek ruim 50 jaar na dato de inhoud van deze Mededeling in het algemeen nog redelijk actueel. Een belangrijk deel van de Mededeling kon daarom worden overgenomen in deze praktijkcode, waaronder een deel van het inleidende hoofdstuk.
- Opbrengsten van in het verleden gehouden workshops [34, 35, 36, 37].

Verder is gebruik gemaakt van voor snelfiltratie relevante documenten zoals Kiwa-Mededelingen, onderzoeksrapporten en documenten van in de projectgroep participerende drinkwaterbedrijven (bijvoorbeeld bedrijfsvoorschriften).

Toepassingsgebied

Qua uitvoeringsvorm kunnen filters worden onderscheiden in (i) volledig open systemen (in de buitenlucht), (ii) open systemen binnen een gebouw en (iii) volledig gesloten systemen (voorzien van kijkvenster). In verband met de microbiologische veiligheid moet (afhankelijk van de plaats in de zuivering) een volledig van de omgeving afgesloten systeem het uitgangspunt zijn. Mede daarom gaat het in deze praktijkcode uitsluitend om snelfiltratie via in volledig gesloten gebouwen geplaatste open betonnen filterbakken. Het gaat om gesloten

gebouwen die volledig zijn afgesloten van de atmosfeer en zijn voorzien van gefilterde lucht. Daarnaast worden ook volledig gesloten (stalen) ‘filterketels’ toegepast, waarin overdruk heerst met het doel om een hoge filtratiesnelheid te verkrijgen. Deze gesloten tanks zijn buiten de scope van de onderliggende praktijkcode gelaten, omdat de praktijk van snelfiltratie onder druk in brede zin wezenlijk verschilt van die onder atmosferische druk.

Begrippen

De in deze praktijkcode gehanteerde begrippen met hun bijbehorende omschrijving zijn opgenomen in bijlage I. Daarbij wordt opgemerkt dat voor wat betreft de synonieme begrippen ‘debiet’ en ‘volumestroom’ voor eerstgenoemde is gekozen. Voor de vloeistofstromen naar en vanuit snelfilters worden de begrippen ‘influent’ respectievelijk ‘filtraat’ gehanteerd. Het begrip effluent komt niet voor in deze praktijkcode.

Samenstelling projectgroep

De samenstelling van de projectgroep die de totstandkoming van deze praktijkcode heeft begeleid, is hieronder weergegeven. De deelnemers zijn per bedrijf in alfabetische volgorde vermeld.

Drinkwaterbedrijf of -laboratorium

Brabant Water
Dunea

Evides

KWR Watercycle Research Institute

Oasen

Pidpa

PWN

Vitens

Waterbedrijf Groningen

Waternet

WMD Drinkwater

WML

Vertegenwoordiger(s)

Stephan van de Wetering

Ton Knol

Wim Oorthuizen

Jamal el Majjaoui (agendalid)

Bas Schaaf

Martin Meerkerk (secretaris)

Wolter Siegers

Dirk Vries

Menno van Leenen (agendalid)

Koen Joris

Herman Smit (voorzitter)

Frank Schoonenberg

Jantinus Bruins (WLN, agendalid))

Jos Hoof

zie Waterbedrijf Groningen

Willem van Pol (agendalid)

Vaststelling praktijkcode

Deze praktijkcode is vastgesteld door de Begeleidingsgroep Praktijkcodes in de vergadering van 11 oktober 2018.

Beheer van de praktijkcode

Commentaar of opmerkingen betreffende de opzet en/of de inhoud van deze praktijkcode kunnen per e-mail worden verzonden aan KWR Watercycle Research Institute:

Martin.Meerkerk@kwrwater.nl. Indien van toepassing zal een en ander worden gebruikt als input voor een volgende editie van het document.

Voorwoord van de voorzitter

In de 53 jaren na publicatie van Mededeling 9 van de Commissie Filterconstructies van het KIWA uit 1965 [11] is er in de wereld veel veranderd: er zijn nog maar tien drinkwaterbedrijven in Nederland, de Koude Oorlog is voorbij, processturing en procesbewaking worden volautomatisch gedaan, met het internet is snel en veel informatie met een paar ‘muisklikken’ beschikbaar en het ontwerpen van zuiveringsinstallaties wordt

meestal gedaan door commerciële adviesbureaus. Een aantal zaken is niet veranderd: de kwaliteit van het Nederlandse en Belgische drinkwater is nog steeds van hoogstaand niveau, absolute wereldtop. Desondanks is er behoefte aan een naslagwerk waarin handvatten voor ontwerp en het bedrijven van de zuiveringsprocessen helder en overzichtelijk is beschreven. De hedendaagse kwaliteit wordt nog steeds bereikt mede door het gebruik van snelfilters. De genoemde KIWA-Mededeling 9 [11] staat nog steeds als een huis en is als een van de uitgangspunten gebruikt voor deze praktijkcode 'Snelfiltratie', aangevuld met opbrengsten van ruim vijf decennia onderzoek, het DVGW-Arbeitsblatt W 213-3 en de kennis en ervaring die aanwezig is bij de drinkwaterbedrijven. Een en ander is gebundeld via diverse overleggen van de projectgroep met het doel de voorliggende praktijkcode samen te stellen. Deze praktijkcode op het gebied van snelfiltratie is geen uitputtend document waarin de absolute en complete waarheid van het ontwerpen en bedrijven van snelfilters is beschreven: elk type water en elk snelfilter heeft zijn specifieke kenmerken en eigenschappen. Dit document geeft handvatten, kaders, richtlijnen en ervaringen hoe snelfilters kunnen worden ontworpen en bedreven.

Als projectgroep zijn wij onze voorgangers van de Cofico dankbaar voor het opstellen van de KIWA-Mededeling [11]. Wij hopen dat deze praktijkcode de tand des tijds zal doorstaan, zoals die Mededeling dat heeft gedaan.

Inhoud

1	Inleiding	9
1.1	Achtergronden	9
1.2	Introductie snelfiltratie	10
1.3	Toepassingsgebied en doelgroep	11
1.4	Leeswijzer	11
2	Regelgeving	13
2.1	Inleiding	13
2.2	Publiekrechtelijke regelgeving: gezondheidskundige aspecten	13
2.3	Publiekrechtelijke regelgeving: van toepassing zijnde waterkwaliteitseisen	14
2.4	Privaatrechtelijke regelgeving filtermaterialen	14
3	Ontwerpeisen	16
3.1	Inleiding	16
3.2	Algemeen	17
3.3	Keuze voor op- of neerwaartse filtratie	19
3.4	Ont- en beluchting	20
3.5	Keuze van grootte en aantal filters	21
3.6	Uitvoering(svorm) van de filters	21
3.7	Filtermaterialen en eigenschappen	21
3.8	(Keuze voor een) spoelsysteem	22
3.9	Aan- en afvoer van water	27
3.10	Aan- en afvoer van spoelwater en spoellucht	30
3.11	Leidingwerk met toebehoren	32
3.12	Overige eisen	32
3.13	Procesautomatisering	33
3.14	Veiligheidsvoorzieningen	35
3.15	Uitbreidingsmogelijkheden dan wel capaciteitsverhoging	35
4	Realisatie	36
5	Bedrijfsvoering	37
5.1	Inleiding	37
5.2	Inbedrijfneming van filters	37
5.3	Reguliere productie	38
5.4	Waterkwaliteitsbeoordeling	45
5.5	Filterspoeling	46
5.6	Storingen in het productieproces	52
5.7	Gebruik van modellen	53
6	Onderhoud van filters	55
6.1	Vorbereidende activiteiten	55
6.2	Eigenlijk onderhoud	55

6.3	Ingebruikneming na onderhoud	55
7	Literatuur	56
	Bijlage I Begrippen en definities	59
	Bijlage II Normatieve verwijzingen	64
	Bijlage III Verwijzingen naar Kiwa-beoordelingsrichtlijnen	66
	Bijlage IV Proefinstallatie-onderzoek	67
	Opmerkingen vooraf	67
	Ontwerp en constructie van de proefinstallatie	67
	Uitvoering van het onderzoek	69
	Bijlage V Gebruik van vlok(hulp)middelen voorafgaand aan de filtratie	72
	Bijlage VI Fotomateriaal opslag filtermateriaal	73
	Bijlage VII Overige literatuurreferenties	76
	Bijlage VIII Voorbeeld van een datasheet in verband met expansie	77
	Bijlage IX Voorbeelden van een spoelprogramma	78
	Bijlage X Steunlagen	79

1 Inleiding

1.1 Achtergronden

Voor een algemene beschrijving van de zuiveringsstap snelfiltratie wordt primair verwezen naar het boek 'Drinkwater – principes en praktijk' [13] (editie van 2004) en dan met name het onderdeel 4.6 'Filtratie' van hoofdstuk 4 'Zuivering van grondwater' van 'Technische facetten drinkwater' (pagina 242 – 250) en het onderdeel 4.8 'Snelfiltratie' van hoofdstuk 4 'Rechtstreekse productie uit oppervlaktewater' van 'Oppervlaktewater' van 'Technische facetten drinkwater' (pagina 307 – 310). Daarin wordt eerst ingegaan op de uitvoeringsvormen en daarna op het zuiveringsproces.

Ook het TUD-dictaat '[Granular filtration](#)' [48] wordt aanbevolen als relevant naslagwerk op het gebied van snelfiltratie.

De waterzuivering door snelfiltratie heeft in de achterliggende decennia ontwikkelingen doorgemaakt. Voor de constructie van de snelfilters is echter sprake van betrekkelijk weinig principiële veranderingen. Desondanks kan niet worden gesteld dat de technische ontwikkelingen van de zuiveringsstap hebben stilgestaan of dat de ontwikkeling van snelfiltratie inmiddels is voltooid. In de afgelopen decennia is er veel bereikt, waardoor een goed inzicht is verkregen over bepaalde kenmerkende grootheden van snelfilters, zoals het belang van de korrelgrootte van het filtermateriaal en de dikte van het filterbed, de filtratiesnelheid enzovoorts. Vooral is er veel aandacht besteed aan het spoelen van filters, omdat werd ingezien dat een juiste wijze van spoelen een belangrijke voorwaarde is voor een langdurig goede werking van het filter. Daarnaast is ook meer belangstelling ontstaan voor de filterbodems die de zo belangrijke, gelijkmatige verdeling van het spoelwater en de -lucht moeten bewerkstelligen. Verder hebben technische en digitale ontwikkelingen een verfijning van de constructie en de bedrijfsvoering mogelijk gemaakt.

Dankzij de ontwikkelingen en de opgedane ervaringen (op grond waarvan veel empirische gegevens zijn verzameld) kan worden geconcludeerd dat de fundamentele kennis over het filtratieproces behoorlijk is verbeterd. In verschillende sectoren van het bedrijfsleven is gericht en fundamenteel onderzoek uitgevoerd om het filtratieproces nader te bestuderen. Onderzoek naar een beter begrip en de optimalisatie van de verschillende processen bij snelfiltratie (zie onder) in de afgelopen decennia (bijvoorbeeld [14, 23, 24, 25]) heeft belangrijke resultaten opgeleverd, zoals verbeterde inzichten in de ontijzering, nitrificatie en ontmanganing. Uit dat onderzoek is onder andere gebleken dat het ontijzeren en ontmanganen van water bijzondere voorzorgsmaatregelen vereist en dat er bepaalde voorwaarden moeten worden gesteld zoals ten aanzien van de aard van het filtermateriaal, de korrelgrootte daarvan, de filterbedhoogte, de filtratiesnelheid, de contacttijd en de zuurgraad.

Het aantal factoren waarmee bij het ontwerp van een filterinstallatie rekening moet worden gehouden, is meestal zo groot dat er niet kan worden gegeneraliseerd en dat algemene regels nooit zonder meer mogen worden toegepast. De filterconstructie hangt nauw samen met het type en de samenstelling van het te filtreren water. Naast chemische, microbiologische en fysische problemen met het te behandelen water moeten aspecten van constructieve, bedrijfstechnische, organisatorische en economische aard in het ontwerp worden betrokken. Ook de plaatselijke omstandigheden zoals beschikbare ruimte dienen in aanmerking te worden genomen. Omdat het resultaat van al deze factoren vooraf meestal

niet met voldoende zekerheid kan worden vastgesteld, is het van belang de zuiveringsstap van te voren zo goed mogelijk te onderzoeken met behulp van proefinstallatieonderzoek (zie bijlage IV).

Uit het voorgaande zal duidelijk zijn dat bij het ontwerpen van een filterinstallatie gebruik zal moeten worden gemaakt van ervaringen die in de loop der jaren ten aanzien van de constructie en de bedrijfsvoering van filters zijn opgedaan. Primair is dit de eigen ervaring van het betrokken bedrijf, maar daarnaast ook de kennis die is verkregen door uitwisseling van gegevens, literatuurstudie, enzovoorts. Regelmatig zullen er aspecten zijn waarmee eerder geen rekening was gehouden, omdat die niet bekend waren of waaraan niet was gedacht. De in deze praktijkcode gegeven richtlijnen hebben primair als doel de opgedane ervaringen zo veel mogelijk vast te leggen. De meer algemene gegevens die voor het ontwerpen en de behandeling van snelfilters van belang zijn, zijn in deze praktijkcode systematisch gebundeld tot 'aanwijzingen'. Die aanwijzingen zijn bedoeld om te worden gehanteerd door deskundigen die deze goed kunnen interpreteren en toepassen. Een intensieve samenwerking tussen deskundigen op het gebied van chemische, microbiologische, fysische en bouwtechnische aspecten (zuiverings- of procestechnologen, bedrijfsvoerders en procesautomatiseerders) is noodzakelijk voor het bereiken van een hygiënische en constructieve eenheid in de opzet van een goed werkende installatie.

1.2 Introductie snelfiltratie

Snelfiltratie is een proces dat reeds vele decennia wordt toegepast bij de bereiding van drinkwater [11]. Het bestaat in verschillende uitvoeringsvormen (open – gesloten), de constructie kan worden gemaakt uit verschillende materialen (bijvoorbeeld beton en gecoat staal), een filter kan worden gevuld met verschillende filtermaterialen (bijvoorbeeld zand, antraciet en marmer, en ook nieuwe materialen zoals glasparels) en een filter kan op verschillende manieren worden bedreven (neerwaartse of opwaartse filtratie, nat- of droogfiltratie). De zuivering van het water wordt bereikt door het 'poreuze' karakter van het filter waarmee in water aanwezige deeltjes worden afgevangen (deeltjesverwijdering in het geval van de behandeling van oppervlaktewater). Daarnaast vinden in een snelfilter diverse fysische, chemische en/of biologische processen plaats die het water verder ontdoen van diverse stoffen (verwijderen van ongewenste opgeloste stoffen). Deze praktijkcode is van toepassing voor de volgende processen:

- Deeltjesverwijdering;
- Ontijzering;
- Nitrificatie;
- Ontmanging.

In hoofdstuk 7 is relevante literatuur met betrekking tot het proces snelfiltratie opgenomen, waaronder verslagen van workshops [33, 34, 35, 36, 37]. Omdat het niet mogelijk is de ontwikkelingen van de verschillende aspecten van snelfiltratie uitputtend te beschrijven, is er in de navolgende tekst voor gekozen naar de belangrijkste stukken te verwijzen.

Deeltjesverwijdering

Verwijdering van deeltjes in een snelfilter is een fysisch proces [13]. Aanwezige deeltjes worden verwijderd door middel van adsorptie of fysische inkapseling. Het proces wordt beïnvloed door de eigenschappen van de deeltjes (grootte, dichtheid, lading) en die van het filtermateriaal (aard, fractie, uniformiteit), en de aard van het te behandelen water. Om de eigenschappen van de deeltjes te wijzigen, kan gebruik worden gemaakt van vlok(hulp)middelen (zie bijlage V). Voor literatuur waarbij een verdieping heeft plaatsgevonden met betrekking tot het gebruik van vlok(hulp)middelen wordt verwezen naar [26] en [27].

Ontijzering

De ontijzering in een snelfilter [28] verloopt via de oxidatie van Fe(II) met vorming van zogeheten HFO's (Hydrous Ferric Oxides). De oxidatie van Fe(II) naar HFO's kan worden ingedeeld volgens drie mechanismen namelijk homogene (flocculente), heterogene (adsorptieve) en biologische oxidatie. Het dominante mechanisme is grotendeels te voorspellen/sturen op basis van zuurstofconcentratie, de zuurgraad van het beluchte water en de verblijftijd in het bovenwater. Voor literatuur waarbij een verdieping heeft plaatsgevonden met betrekking tot ontijzering in snelfilters wordt verwezen naar [22, 23, 24, 28, 36].

Nitrificatie

Nitrificatie is een aeroob biologisch proces waarbij ammonium wordt geoxideerd tot nitraat. In een eerste stap wordt ammonium omgezet tot nitriet door 'AOB' (ammonia-oxidizing bacteria) en 'AOA' (ammonia-oxidizing archaea). Enkele voorbeelden van het geslacht AOB zijn *Nitrosomonas*, *Nitrospira* en *Nitrococcus*. In een tweede stap wordt nitriet omgezet naar nitraat door 'NOB' (nitrite-oxidizing bacteria). Voorbeelden van enkele genera van NOB zijn: *Nitrobacter*, *Nitrospira* en *Nitrococcus*. Voor literatuur waarbij een verdieping heeft plaatsgevonden met betrekking tot nitrificatie in snelfilters wordt verwezen naar [25], [28] en [33].

Ontmanging

Verwijdering van mangaan in een snelfilter is een combinatie van een biologisch en een auto-katalytisch fysisch-chemisch proces. Voor literatuur waarbij een verdieping heeft plaatsgevonden met betrekking tot ontmanging in snelfilters wordt verwezen naar [14].

Afhankelijk van de grondstof (oppervlakte- of (oever)grondwater), de plaats in het zuiveringstraject en de bedrijfsvoering zullen in een snelfilter bepaalde processen de overhand hebben.

1.3 Toepassingsgebied en doelgroep

Deze praktijkcode heeft uitsluitend betrekking op snelfiltratie. Dat wil zeggen dat andere vormen van filtratie (microzeven, langzame-zandfiltratie, membraanfiltratie) bij de totstandkoming van het document buiten beschouwing zijn gelaten, omdat het mechanisme van snelfiltratie principieel anders is dan van de andere filtratieprocessen.

Installaties voor snelfiltratie bij de drinkwaterbereiding die volgens deze praktijkcode worden ontworpen, gebouwd, gebruikt en onderhouden, moeten water leveren dat met betrekking tot de via snelfiltratie beïnvloedbare parameters voldoet aan de eisen volgens het [Drinkwaterbesluit](#) [1] (zie hoofdstuk 2) als het om de laatste zuiveringsstap gaat. In het geval er sprake is van een of meer volgende zuiveringsstappen, gelden er bedrijfsspecifieke eisen. Doorgaans zijn eventuele volgende zuiveringsstappen afhankelijk van de aard van de grondstof (grondwater of oevergrondwater).

Installatietechnische details die geen of slechts een indirecte invloed hebben op de zuiveringsstap snelfiltratie worden niet beschreven in deze praktijkcode.

Deze praktijkcode is bedoeld als naslagwerk ten behoeve van het ontwerp, de realisatie, de bedrijfsvoering en het onderhoud van snelfilters onder atmosferische druk.

1.4 Leeswijzer

Na dit inleidende hoofdstuk komt eerst een kort hoofdstuk over de bij snelfiltratie van toepassing zijnde regelgeving aan de orde (hoofdstuk 2). In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op

het ontwerpen van snelfilters. Hoofdstuk 4 gaat in op de realisatie daarvan met inbegrip van de inbedrijfneming. De bedrijfsvoering is het onderwerp van hoofdstuk 5. Ten slotte komt in hoofdstuk 6 het onderhoud van snelfilters aan de orde. Hoofdstuk 7 bevat een overzicht met literatuurbronnen waaraan in deze praktijkcode wordt gerefereerd.

Productafhankelijke functionele aspecten van producten in contact met drinkwater worden vastgelegd in beoordelingsrichtlijnen van certificatie-instelling Kiwa Nederland, op basis waarvan wordt gecertificeerd. § 3.4 'Privaatrechtelijke regelgeving' van de 'Hygiëncode Drinkwater; *Algemeen*' [3] gaat hierop in. In § 3.3.2 van die praktijkcode gebeurt dat voor 'Chemicaliën' inclusief filterzand en -grind, en de omgang met waterbehandelingschemicaliën. Kwaliteitsaspecten van filterzand en -grind komen expliciet aan de orde in deze praktijkcode. In het kader van voor snelfiltratie relevante beoordelingsrichtlijnen en ook relevante (inter)nationale normen van het normalisatie-instituut NEN zijn niet in hoofdstuk 7 opgenomen. Bijlage II bevat een overzicht van bij snelfiltratie van toepassing zijnde (inter)nationale normen. Een overzicht van relevante beoordelingsrichtlijnen van certificatie-instelling Kiwa Nederland is opgenomen in bijlage III. Bijlage IV is een beschrijving van eventueel uit te voeren onderzoek met behulp van een proefinstallatie. In het geval coagulatie (en flocculatie) noodzakelijk zijn voorafgaand aan de snelfiltratie dan wordt daarop ingegaan in bijlage V.

Een tweetal figuren in deze praktijkcode is met schriftelijke toestemming van de uitgever overgenomen uit [13].

2 Regelgeving

2.1 Inleiding

De in dit hoofdstuk beschreven, voor snelfiltratie in Nederland van toepassing zijnde regelgeving wordt onderscheiden in publiekrechtelijke en privaatrechtelijke regelgeving. In de eerste twee paragrafen komt de publiekrechtelijke regelgeving voor producten in contact met (drink)water respectievelijk relevante waterkwaliteitsparameters aan de orde. In de laatste paragraaf van dit hoofdstuk gaat het over de privaatrechtelijke regelgeving voor filtermaterialen.

2.2 Publiekrechtelijke regelgeving: gezondheidkundige aspecten

Producten (algemeen: materialen, chemicaliën en middelen) die in contact (kunnen) komen met drinkwater of het daarvoor bestemde water mogen geen stoffen afgeven in hoeveelheden die schadelijk kunnen zijn voor de gezondheid van de consument of anderszins de drinkwaterkwaliteit aantasten. Daartoe dienen die producten te voldoen aan de voorwaarden voor toxicologische, microbiologische en organoleptische aspecten, die zijn vastgelegd in de van kracht zijnde ministeriële '[Regeling materialen en chemicaliën drink- en warm tapwatervoorziening](#)'² [2]. Dit betekent dat de procedure voor het verkrijgen van een erkende kwaliteitsverklaring volgens die Regeling met positief resultaat dient te zijn afgerond. Een en ander wordt in de twee navolgende paragrafen uitgewerkt voor onderdelen van de eigenlijke filters (behuizing met filterbodem) en voor de filtermaterialen.

2.2.1 Eigenlijke filters

Voor de publiekrechtelijke regelgeving voor onderdelen van de eigenlijke filters wordt verwezen naar:

- § 5.2 'Publiekrechtelijke regelgeving: gezondheidkundige aspecten' van PCD 4-1 'Reservoirs en andere constructies voor drinkwater(bereiding); *Deel 1: Algemeen*' [7];
- § 3.1 'Publiekrechtelijke regelgeving ten behoeve van constructies uit in situ beton' van PCD 4-2: 'Reservoirs en andere constructies voor drinkwater(bereiding); *Deel 2: Beton*' [8];
- § 3.1 'Publiekrechtelijke regelgeving' van PCD 4-3: 'Reservoirs en andere constructies voor drinkwater(bereiding); *Deel 3: Metalen en kunststoffen*' [9].

In deze paragrafen wordt de wet- en regelgeving beschreven voor de gezondheidkundige aspecten van onderdelen van reservoirs en andere constructies, die in contact (kunnen) komen met drinkwater of het daarvoor bestemde water. In de paragraaf onder eerste bullet gebeurt dat in algemene zin, de beide paragrafen onder de twee laatste bullets gebeurt dat materiaal specifiek.

2.2.2 Filtermaterialen

In § 3.3 'Publiekrechtelijke regelgeving' van de PCD 1-1 'Hygiëncode Drinkwater; *Algemeen*' [3] wordt nader ingegaan op de van toepassing zijnde publiekrechtelijke regelgeving voor producten in contact met drinkwater en in § 3.3.2 gebeurt dat voor 'Chemicaliën', waaronder filtermaterialen en waterbehandelingschemicaliën. Filtermaterialen worden volgens de begripsomschrijving in artikel 1 van het [Drinkwaterbesluit](#) [1] als 'chemicaliën' beschouwd,

² Verder aan te duiden als 'de [Regeling](#)'.

omdat die met het water in contact worden gebracht met het doel een kwaliteitsverandering te bewerkstelligen.

Europese normen voor chemicaliën vormen de grondslag voor de beoordeling van hygiënische aspecten volgens de [Regeling](#) [2]. De [Regeling](#) noemt enkele (normen van) filtermaterialen expliciet. Relevante (normen van) filtermaterialen zijn opgenomen in bijlage II. Per filtermateriaal en norm is daarbij tevens een hyperlink opgenomen naar bedrijven en producten met een erkende kwaliteitsverklaring volgens de [Regeling](#), zoals die op dit moment zijn en worden uitgegeven door de ‘erkende certificatie-instelling’ Kiwa Nederland.

2.3 Publiekrechtelijke regelgeving: van toepassing zijnde waterkwaliteitseisen

In het geval van de zuivering van grondwater kan snelfiltratie de laatste zuiveringsstap zijn. Het filtraat dient dan te voldoen aan de waterkwaliteitseisen volgens bijlage A van het [Drinkwaterbesluit](#) [1]. Dat impliceert voor elk van de in § 1.2 beschreven processen het volgende:

Proces	Parameter(s)	Tabel volgens bijlage A Drinkwaterbesluit	Maximum waarde
Deeltjesverwijdering ^{*)}	Zwevende stof of troebelingsgraad	Bijlage 1 of tabel IIIb	0,5 mg/l of 1 FTE
Ontijzering	ijzer	tabel IIIb	200 µg/l
Nitrificatie	nitriet	tabel II	0,1 mg/l
	nitraat	tabel II	50 mg/l
	ammonium	tabel IIIa	0,20 mg/l
Ontmanganing	mangaan	tabel IIIb	50 µg/l

^{*)} Deeltjes komen als parameter niet voor in het [Drinkwaterbesluit](#). Bij de infiltratie van (voorgezuiverd) oppervlaktewater moet worden voldaan aan het [Infiltratiebesluit bodembescherming](#) [43] en dat besluit geeft in bijlage 1 voor zwevende stof een ‘toetsingswaarde van 0,5 mg/l met jaarlijks gemaximeerde overschrijdingen daarvan tot 2 mg/l. De parameter ‘troebelingsgraad’ wordt wel vermeld in het [Drinkwaterbesluit](#): in tabel IIIb ‘Indicatoren – Organoleptische/esthetische parameters’ met een maximum waarde van ‘1 FTE (af pompstation)’ en de noot ‘In aanvulling op de kwantitatieve eis geldt dat de troebelingsgraad aanvaardbaar voor de gebruikers dient te zijn en geen abnormale veranderingen mag vertonen.’.

De in de bovenstaande tabel genoemde parameters en bijbehorende maximum waarden zijn eveneens van toepassing in het geval snelfiltratie niet de laatste zuiveringsstap is en de genoemde parameters niet worden beïnvloed door navolgende zuiveringsstappen. In beide gevallen dienen deze waterkwaliteitseisen als uitgangspunt voor het ontwerp van een snelfilter (zie volgende hoofdstuk).

2.4 Privaatrechtelijke regelgeving filtermaterialen

Een erkende kwaliteitsverklaring op producten in contact met (drink)water volgens de [Regeling](#) [2] (gezondheidskundige aspecten, zie § 2.2) is uitsluitend van toepassing voor de productielocatie van een ‘certificaathouder’ (letterlijk: tot aan de poort). Verdere kwaliteitsborging (het traject van die productielocatie tot het drinkwaterproductiebedrijf) van de toe te passen filtermaterialen op basis van vrijwilligheid is mogelijk door middel van certificatie op basis van relevante ‘beoordelingsrichtlijnen’ (BRL’s) van certificatie-instelling Kiwa Nederland (zie bijlage III).

Voor de kwaliteitsborging van filtermaterialen tijdens onder meer het transport naar en het lossen op een drinkwaterproductielocatie wordt primair verwezen naar het rapport

[‘Kwaliteitsrichtlijn voor chemicaliën ten behoeve van de bereiding van drinkwater; Voor het volledige traject van productielocatie tot en met zuiveringstation’](#) [12]. Certificatie van het transport van filtermaterialen is mogelijk op basis van [BRL-K15001](#).

Het gebruik van zand en grind met een kwaliteitsverklaring op basis van de Kiwa-beoordelingsrichtlijn [BRL-K240](#) (functionele aspecten) wordt door de Nederlandse drinkwaterbedrijven aanbevolen. Het toepassingsgebied is in die BRL als volgt omschreven (integraal): *‘De producten zijn bestemd om te worden toegepast als filter- en entzand voor de bereiding van drinkwater, als steunlaag in filters en als filteromstortingsmateriaal voor pompputten en peilbuizen.’*

De BRL omvat tevens (kwaliteits)criteria (parameters) met bijbehorende –eisen (grenswaarden) voor microbiologische aspecten (die maken voor filtermaterialen vooralsnog geen deel uit van de [Regeling](#) [2]).

3 Ontwerpeisen

3.1 Inleiding

3.1.1 Hygiënisch ontwerpen

Het ontwerp van iedere zuiveringsstap dient ‘hygiënisch ontwerpen’ als uitgangspunt te hebben. Voor die manier van ontwerpen is eerder de praktijkcode ‘Hygiënerichtlijnen ontwerp, bouw en renovatie van installaties voor de drinkwaterbereiding’ [6] opgesteld. Die praktijkcode is nauw verwant aan de ‘Hygiëncode Drinkwater; *Drinkwaterbereiding*’ [4], die (i) zich richt op de hygiënische aspecten in het traject van het ontwerp, de bouw en de ingebruikneming van nieuwe en gerenoveerde (onderdelen van) zuiveringen en (ii) tot stand is gekomen door input van (werktuig)bouwkundigen, beheerders van productiebedrijven en procestechnologen van alle drinkwaterbedrijven. Hygiënisch ontwerpen en bouwen betaalt zich terug bij de ingebruikneming en de bedrijfsvoering van een zuivering. Om die reden wordt voor de ontwerpeisen van de zuiveringsstap snelfiltratie (algemeen) primair naar de PCD 1-8 [6] verwezen. Hoofdstuk 2 van die praktijkcode heeft als titel ‘Algemene richtlijnen en functionele aspecten bij het ontwerp’ en hoofdstuk 3 ‘Richtlijnen specifiek voor zuiveringsonderdelen’. § 3.3 gaat over ‘Zand- en marmerfilters’ en in het bijzonder wordt daarom gewezen op de voor snelfiltratie relevante eisen in die paragraaf.

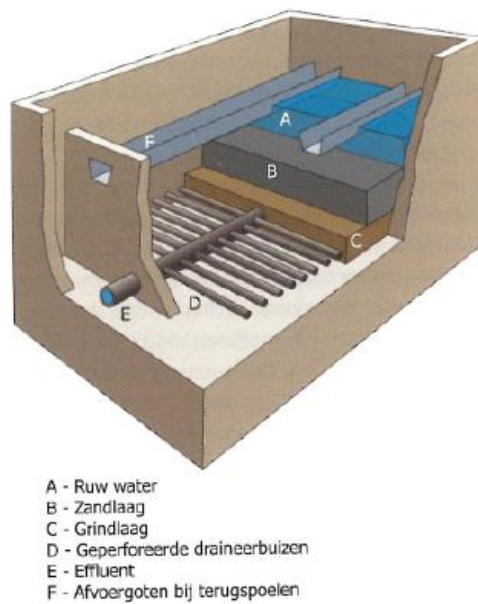
3.1.2 Filters, ontwerp en realisatie

Filters (de behuizing van snelfiltratie, de ‘bak’ of ‘filterbak’) worden meestal ontworpen en uitgevoerd in beton of staal (al dan niet gecoat). Ook op dat gebied is er door de drinkwatersector regelgeving ontwikkeld (privaatrechtelijk dus). Er wordt in dat verband verwezen naar de drie praktijkcodes van de PCD 4-serie:

- PCD 4-1: ‘Reservoirs en andere constructies voor drinkwater(bereiding); *Deel 1: Algemeen*’ [7];
- PCD 4-2: ‘Reservoirs en andere constructies voor drinkwater(bereiding); *Deel 2: Beton*’ [8];
- PCD 4-3: ‘Reservoirs en andere constructies voor drinkwater(bereiding); *Deel 3: Metalen en kunststoffen*’ [9].

Alle drie de delen van deze serie praktijkcodes bevatten een hoofdstuk met het programma van eisen voor het hygiënisch ontwerpen van reservoirs en andere constructies voor drinkwater. In de PCD 4-1 gaat het om algemeen van toepassing zijnde eisen, in de twee andere delen gaat het om aanvullende materiaal-specifieke eisen.

In figuur 1 is de opbouw van een snelfilter opgenomen.



FIGUUR 1 OPBOUW VAN EEN SNELFILTER (BRON: [13]).

3.2 Algemeen

3.2.1 Plaats in de zuivering

Als er sprake is van een of meer zuiveringsstappen gaat het om de belasting van de nageschakelde zuiveringsstap(pen). Bij het verwijderen van deeltjes voor de zuivering van oppervlaktewater tot (half)fabrikaat drinkwater is vanwege de microbiologische veiligheid de verwijdering van het eerste filtraat van belang in het geval het om de laatste zuiveringsstap gaat.

Afhankelijk van het soort en de concentratie van colloïdale en gesuspendeerde vaste stoffen in het ongezuiverde water respectievelijk van de hoeveelheid neerslagproducten die ontstaan, kan een processtap of -combinatie (bijvoorbeeld zeven, sedimentatie, coagulatie) noodzakelijk zijn om de filterstap te ontlasten. Bij grondwater kunnen gassen (kooldioxide, methaan en waterstofsulfide) in het (anaerobe) water zitten. Voorafgaand aan filtratie wordt in dat geval ontgassing en beluchting (inbreng van zuurstof) toegepast.

3.2.2 Proefinstallatieonderzoek

Voor het ontwerp van filterinstallaties ten behoeve van het verwijderen van deeltjes en andere toepassingen van snelfiltratie wordt proefinstallatieonderzoek aanbevolen voor het vaststellen van (locatie-specifieke) relevante parameters om daarmee te voorkomen dat een full scale installatie wordt ontwikkeld, die niet voldoet (zie bijlage IV). In het geval van grondwater wordt niet altijd proefinstallatieonderzoek uitgevoerd, voor oppervlaktewater is dat wel het geval. Dat is met name belangrijk vanwege de sterk wisselende watermatrix gedurende het jaar. Om die reden duurt proefinstallatieonderzoek met oppervlaktewater minimaal één jaar. Ook kan in de ontwerpfase gebruik worden gemaakt van een model, waarvoor wordt verwezen naar § 5.7.

De opbrengsten van proefinstallatieonderzoek dat op locatie moet worden uitgevoerd, zijn belangrijk voor het ontwerp van de full scale installatie met als doel een gewenste productie van een bepaalde kwaliteit van het effluent, met name ten aanzien van de volgende aspecten:

- Keuze voor open of drukfiltratie:
 - Wat wordt de ontwerpsnelheid?
Snelfilters worden overeenkomstig hun proces-technische voorwaarden gebruikt met filtersnelheden tussen de 3 en 20 m/h, afhankelijk van de ruwwaterkwaliteit. Een filter wordt ontworpen op de maximale filtratiesnelheid, die meestal een piekfactor 1,5 – 1,7 boven de nominale snelheid ligt.
 - Bij relatief hoge snelheden (> 15 m/h) is drukfiltratie de betere optie;
- Keuze voor de filtermaterialen, waarbij dient te worden gekeken naar:
 - Materiaal en korrelfractie;
 - Enkellaagse of meerlaagse toepassing
Een filterbed van uniform materiaal geeft de mogelijkheid hogere lucht- en watersnelheden bij de reiniging van het filter toe te passen. Daarnaast heeft afwijking van het voorgeschreven spoelprogramma meestal minder ernstige gevolgen als er geen steunlagen aanwezig zijn (steunlagen worden in Nederland bij nieuwe snelfilters bijna niet meer toegepast, zie ook bijlage X);
 - Toepassing van voorafgaande zuiveringsprocessen (bijvoorbeeld coagulatie, beluchting, dosering chemicaliën);
- De verhouding tussen meerdere filtermaterialen:
 - De bedhoogte van elk materiaal met betrekking tot het bergend vermogen in relatie tot type filtermateriaal;
 - De hoogtes van de verschillende filterlagen zijn bepalend voor de hoogte van het uiteindelijke filter;
 - De korrelfracties van meerdere materialen in verband met vorming menglaag op het scheidingsvlak;
- Het spoelprogramma waarmee het filter wordt schoongespoeld:
 - De duur van de spoeling, de frequentie en het programma, waarbij ook bedrijfswensen een rol kunnen spelen;
- Minimale snelheden en debieten voor water en lucht tijdens het spoelen:
 - Gewenste expansie van het bed. Welke minimale hoogte is nodig?
Een en ander is filtermateriaalafhankelijk. Het filtermateriaal bepaalt de expansie. Het gaat om maatwerk, waarbij ook ervaringen en datasheets (voor een voorbeeld, zie bijlage VIII) van leveranciers worden meegenomen en randvoorwaarden ten aanzien van waterverbruik, energieverbruik en verlies van filtermateriaal worden gesteld;
- Kostenschatting van toepassing van praktijkfilters op basis van dit proefinstallatieonderzoek.

Daarnaast zijn de volgende praktische aspecten van belang bij het proefinstallatieonderzoek om de ‘vertaling’ van de onderzoeksresultaten mogelijk te maken:

- Filter uitvoering:
 - De diameter van het filter is voldoende groot om resultaten te vertalen naar de full scale installatie;
 - Over de hoogte van het filter zijn monsterpunten aangebracht in het filterbed;
- Filterbodems:
 - Het type bodem moet overeenkomen met de uiteindelijke installatie;
 - Bij het gebruik van spoeldoppen dient het aantal per vierkante meter overeen te komen met de full scale installatie;
- Filterlaag:
 - De hoogte van de filterlaag in het filter van het proefinstallatieonderzoek moet overeenkomen met de hoogte in het full scale filter;

- De filterlaag heeft 'rijpingstijd' nodig (afhankelijk van filtermateriaal en kwaliteit van het influent) voor onder meer optimale ontmanging en nitrificatie; De rijpingstijd voordat een snelfilter voor de verschillende processen (ontijzering, nitrificatie en ontmanging) volledig op gang is, kan enkele weken tot verschillende maanden duren. Voornamelijk de ontmanging is de tijdsbepalende factor en die begint pas als de nitrificatie (gedeeltelijk) op gang is gekomen. De tijdsduur van de totstandkoming van de ontmanging is afhankelijk van de waterkwaliteit (concentratie aan mangaan, pH) en de bedrijfsvoering van de filters (filtratiesnelheid, backwash). Om het proces van de ontmanging te versnellen, kan 'ingewerkt' filtermateriaal van een andere snelfilter worden ingezet, waardoor de rijpingstijd nog maar een tot enkele dagen bedraagt (als de nitrificatie reeds op gang is).
- Bovenwaterstand:
 - De bovenwaterstand en de verblijftijd in proefinstallaties moet overeenstemmen met het full scale filter;
- Filtertoebehoren:
 - Bij de toevoer van het influent moet rekening worden gehouden met het type en de samenstelling van het te filtreren water. Vlokken mogen bijvoorbeeld niet onherstelbaar worden beschadigd;
 - Overlaatsdrempels en bochtstukken die wervelingen veroorzaken, beïnvloeden de energie-input en de hoeveelheden vrijkomende gassen;
 - De in de proefinstallaties toegepaste buisleidingen en slangen beïnvloeden de reactietijden en -omstandigheden;
 - Spoelwater- en spoelluchtleidingen alsmede de bijbehorende voorzieningen zijn zodanig gedimensioneerd dat de spoelsnelheden voor lucht en water voor verschillende filtermaterialen en korrelgrootteverdelingen kunnen worden aangepast;
 - Het gebruik van een recirculatiepomp kan het inwerken van het filterbed versnellen, zodat het aanbrengen van voorzieningen daarvoor wordt aanbevolen.
- Spoelen van het filter:
 - Er moet worden gezorgd voor een drukloze afvoer van het ontstane slibhoudende water;
 - Voor de filterspoeling moet filtraat worden gebruikt.

3.3 Keuze voor op- of neerwaartse filtratie

Er moet een keuze worden gemaakt voor opwaartse of neerwaartse filtratie. In deze paragraaf passeert een aantal voor- en nadelen van beide technieken de revue.

Bij de conventionele methode van neerwaartse snelfiltratie door een filterbed van zand stroomt het water over het algemeen langs korrels waarvan de afmetingen met toenemende diepte groter worden. Veelal slibt de uit fijn materiaal bestaande bovenlaag van het bed snel dicht, wat de aanleiding kan zijn tot hoge weerstanden en korte looptijden. Dit in tegenstelling tot de onderste lagen van het filterbed, die soms niet of nauwelijks bijdragen aan het filtratieproces. Door de toepassing van een bovenlaag van een grover materiaal met een lagere dichtheid (bijvoorbeeld antraciet) kunnen deze bezwaren deels worden ondervangen.

In het geval een filterbed is opgebouwd uit één medium, kan een doorstroming in de richting van grof naar fijn materiaal worden verwezenlijkt door opwaartse filtratie toe te passen. Opwaartse filtratie door een filterbed met naar boven afnemende korrelgrootte heeft de volgende voordelen (verhoging van het rendement):

- De beschikbare diepte van het filterbed kan beter worden benut, waardoor een grotere capaciteit voor de berging van het slib wordt verkregen;
- Als gevolg van het vorige punt kan veelal een langere looptijd met een lagere eindweerstand worden verkregen, zonder vermindering van de kwaliteit van het filtraat;
- Soms kan een hogere filtratiesnelheid worden toegepast met behoud van de gewenste kwaliteit van het filtraat.

De volgende nadelen van opwaartse filtratie kunnen worden genoemd:

- Door de opwaarts gerichte krachten bestaat de kans dat het filterbed bij het bereiken van een zekere weerstand in beweging komt, met kans op doorbraak als gevolg. Door een speciale uitvoering van het filter (zie volgende alinea) kan dit worden ondervangen.
- Bij opwaartse filtratie gevolgd door opwaarts spoelen komt er vuil spoelwater aan de zijde van het filter, waar het filtraat wordt afgevoerd. Dit kan worden ondervangen door het resterende spoelwater boven het bed in ieder geval af te voeren en het eerste filtraat niet te gebruiken.
- Onderdelen van de toevoer onder het filterbed (spoeldoppen, drains) kunnen als gevolg van het voortdurend passerende ruwe water verstopt raken. Dit kan worden ondervangen door de toepassing van elementen die zijn voorzien van grote openingen (in combinatie met een passende steunlaag).

Om een bepaalde neerwaartse druk op het filterbed te handhaven, kan de opwaartse filtratie worden gecombineerd met een neerwaartse filtratie door het bovenste deel van het filterbed. Op het scheidingsvlak van de op- en neerwaartse stroming zijn dan in het bed geperforeerde afvoerhulzen of drains aangebracht om het filtraat af te voeren. Voor zover bekend, wordt deze methode in Nederland niet toegepast.

Er zijn met volledig opwaartse filtratie werkende filters in gebruik, waarbij het vlokmiddel onmiddellijk voor de invoer van het ruwe water onder het filterbed wordt gedoseerd. De uitvloeking vindt in het filter plaats. Speciale voorzieningen tegen vroegtijdige expansie van het filterbed zijn niet aanwezig, zodat geen hoge filtratiesnelheden kunnen worden toegepast. De looptijd is iets langer, maar het spoelwaterverbruik ligt hoger dan bij de gebruikelijke filtratiemethoden. De besparingen die een dergelijke methode oplevert, zijn vooral lagere kosten van de installaties voor voorbehandeling en besparing op chemicaliën.

3.4 Ont- en beluchting

Er mag geen directe verbinding zijn tussen het gesloten gebouw waarin snelfilters worden geplaatst en de omgeving, de inkomende lucht moet worden gefilterd. Overeenkomstig § 2.3.3 'Maatregelen bij ont- en beluchting' van PCD 1-8 [6] worden bij gesloten systemen filters F7 (fijnstoffilters) toegepast met de mogelijkheid deze te vervangen door filters met filterklasse H13 (absoluutfilters) of een mogelijkheid om deze absoluutfilters extra bij te plaatsen.

De aanduidingen F7 en H13 zijn gebaseerd op de Europese norm [NEN-EN 779:2012](#), die is ingetrokken sinds 10 januari 2017. Sinds 1 december 2016 is de mondiale normenserie NEN-EN-ISO 16890 (vier delen) van toepassing (zie bijlage II). Een 'één-op-één-vergelijking' tussen beide normen blijkt niet mogelijk, omdat op basis van andere criteria wordt beoordeeld en geclassificeerd. Voor fijnstoffilters op basis van de norm [NEN-EN 779:2012](#) worden ten minste filters volgens de klasse ePM_{10} op basis van de normenserie NEN-EN-ISO 16890 met > 85% stofverwijdering aanbevolen.

3.5 Keuze van grootte en aantal filters

Gegeven een bepaalde productie (capaciteit) is er variatie mogelijk ten aanzien van aantal en grootte van de filters. Het volgende kan daarbij worden aangetekend:

- Over het algemeen vertonen de investerings- en exploitatiekosten (bijvoorbeeld gerekend per m² filteroppervlak) voor veel filterafmetingen relatief kleine verschillen. Voor een goede filtratie hoeft geen voorkeur te worden gegeven aan een bepaalde filtergrootte. In de praktijk komt een vrij grote variatie in het oppervlak per filtereenheid (circa 5 – 100 m²) voor.
- Een extreme verhouding tussen aantal en grootte dient te worden vermeden, omdat zowel een klein aantal grote filters als een groot aantal kleine filters niet is gewenst. Er bestaat voor elke situatie een bepaald verband tussen de grootte en het aantal van de filters. Als een opbrengstverlies respectievelijk snelheidsverhoging van bijvoorbeeld maximaal 10% (vanwege spoelen) toelaatbaar wordt geacht, moet het aantal filters ten minste 10 respectievelijk 11 zijn. Bij relatief kleine pompstations zal genoeg moeten worden genomen met een kleiner aantal grotere filters, omdat een vanuit ontwerp gewenst aantal filters leidt tot een onaantrekkelijk aantal kleine eenheden.

3.6 Uitvoering(svorm) van de filters

Over het algemeen wordt voor betonnen filters de voorkeur gegeven aan een rechthoekige vorm boven een ronde. Voor een rechthoekige vorm is de betonconstructie eenvoudiger, terwijl de filters in dat geval met minder oppervlakteverlies op elkaar kunnen aansluiten dan bij toepassing van andere grondvormen. Lange smalle filters met de toevoer van ruwwater aan een korte zijde zijn met het oog op het verkrijgen van een gelijkmatige verdeling van het slib over het filteroppervlak ongunstig. Getalsmatige optimale verhoudingen tussen lengte en breedte zijn niet bekend.

Voor filters met ronddraaiende sproeiers verdient een cirkelvormig filter uit het oogpunt van een goede filtratie de voorkeur. Bij uitvoering van een filterbak in beton kan het op grond van overwegingen van constructieve aard aanbeveling verdienen in een dergelijk geval een 'benaderde cirkel' (bijvoorbeeld een 'zeshoek of 'achthoek') toe te passen.

Om aantasting van beton te voorkomen worden filterbakken soms uitgevoerd met een gladde coating. Dan hebben onderhoudskosten de voorkeur boven een iets slechtere filtraatkwaliteit.

3.7 Filtermaterialen en eigenschappen

Zand en grind

Voor oppervlaktewater dat afhankelijk van het jaargetijde een sterk wisselende samenstelling kan hebben, spelen bij de keuze van een filterbed van zand verschillende aspecten een rol, bijvoorbeeld korrelgrootteverdeling en bedhoogte. Deze aspecten komen bij het proefinstallatieonderzoek aan de orde.

Bij filtratie van oppervlaktewater dat wordt voorafgegaan door een goede vlokvorming en bezinking, kunnen over het algemeen filterbedden van beperkte dikte worden toegepast, bijvoorbeeld van 0,60 – 0,80 m. De hoogte van het filterbed van zand moet echter steeds zodanig zijn, dat er geen vervuiling van het bed in de omgeving van de spoeldoppen plaatsvindt.

Antraciet

Vaak wordt samen met zand antraciet als filtermateriaal toegepast. Antraciet is hoekiger dan zand, waardoor het porievolume iets groter is dan van zand met dezelfde afmetingen. Door de relatief lage dichtheid wordt antraciet bij een bepaalde spoelsnelheid tot grotere expansie

gebracht dan zand van gelijke afmetingen. Een nadeel van antraciet is dat het minder slijtvast is dan zand en in de tijd vergruist. Bovendien is het duurder dan zand. Het voordeel van de lage dichtheid kan worden verkleind door aangroeiingen van hogere dichtheid. Gezien de eigenschappen kan het gebruik van antraciet voordeel bieden als de spoelsnelheid beperkt is en toepassing van grof materiaal en/of een grote expansie gewenst is. Door de gemakkelijke expansie is het meestal goed schoon te spoelen, wat vooral bij sterke vervuiling onder in het bed een voordeel is. Vaak wordt antraciet als bovenlaag op een filterbed van fijner materiaal aangebracht. Door deze bovenlaag van antraciet kan het slib dieper in het bed doordringen, waardoor de vorming van een fijne sliblaag met hoge weerstand op het filterbed wordt tegengegaan. Bij een juiste combinatie van de korrelafmetingen en van de hoogte van de lagen antraciet en zand kan een langere looptijd en een betere filtraatkwaliteit worden verkregen. Vooral bij filtratie van water dat de fijnere bovenlaag van een filter snel doet dichtslibben (bijvoorbeeld bij algen of uitgevlokt ijzer), kan deze combinatie voordelen bieden. Bij toepassing van een gecombineerd filterbed van zand en antraciet wordt aanbevolen de korrelverhouding van antraciet tot zand niet groter dan 2 – 3 te kiezen, zodat vermenging van de materialen bij expansie tijdens het spoelen wordt vermeden.

Andere materialen

In principe kunnen allerlei filtermaterialen worden ingezet (bijvoorbeeld glasparels, magnetiet, leisteel, kunststof of RVS Pall ringen, of korund [46, 47]), maar de effectiviteit van die materialen moet vooraf in een proefinstallatie worden onderzocht. Dergelijke alternatieve materialen zijn duurder dan zand.

Korrelgrootteverdeling

Over het algemeen zal de spoelcapaciteit groter moeten zijn naarmate de vervuiling intensiever is en dieper in het filterbed is doorgedrongen, en naarmate de kleefkracht van de slibdeeltjes onderling en aan het filtermateriaal groter is. Zo is bijvoorbeeld colloïdale klei moeilijk te verwijderen. Niet alleen een intensievere spoeling maar ook een verlenging van de spoeltijd heeft een gunstige invloed op de verwijdering van diep in het filterbed doorgedrongen slib. In het geval steunlagen worden toegepast, zijn de mogelijkheden voor het beperken van de intensiteit van de spoeling beperkt, om verstoring van die lagen te voorkomen. Dat kan leiden tot een beperkte verwijdering van de vervuiling en een beperking van de filtratiesnelheid en/of de looptijd betekenen. Bij een filterbed van zand zonder steunlagen kunnen hoge water- en luchtsnelheden worden toegepast. De snelheden zijn bij de aanvang van de spoeling beperkt in verband met het gevaar dat het filterbed door een plotselinge hoge druk volledig wordt opgelicht of dat er doorbraak optreedt en het filtermateriaal over de rand van de spoelwatergoot wordt weggespoeld. Als het filterbed van zand uit materiaal van sterk uiteenlopende korrelgrootte is opgebouwd, moet er rekening worden gehouden met het feit dat het grovere materiaal zich als regel in de onderste lagen bevindt en dat dit pas in expansie komt bij een watersnelheid die hoger is dan de snelheid die nodig is om de bovenlaag tot expansie te brengen. Het is daarom gewenst filtermateriaal van zo gelijkmatig mogelijke korrelgrootte toe te passen en dus gezeefd materiaal te gebruiken.

Voor de korrelgrootteverdeling van filtermaterialen wordt verwezen naar de leverancier.

3.8 (Keuze voor een) spoelsysteem

Voor een duurzame zuivering is een effectieve filterspoeling essentieel. De eisen aan de spoeling worden bepaald door de aard en de korrelverdeling van het filtermateriaal. De installatie-onderdelen voor de filterspoeling en de filterconstructie moeten hierop worden afgestemd. De volgende spoelsystemen kunnen worden toegepast:

- Systemen met spoeldoppen;
Bij systemen met spoeldoppen (doorgaans toegepast bij nieuwbouw) wordt een extra bodem toegepast, waaronder zich een ruimte bevindt voor de afvoer van het filtraat en de toevoer van spoelwater en -lucht. Steunlagen zijn hierbij in het algemeen overbodig.
- Systemen met geperforeerde buizen (drains);
Deze in het verleden vaak toegepaste systemen bestaat uit evenwijdig aan elkaar liggende buizen die zijn voorzien van gaatjes. Deze buizen worden toegepast in combinatie met uit grind van verschillende korrelgroottes opgebouwde steunlagen. Bij toepassing van een spoeling met water en lucht zijn gescheiden lucht- en waternetten noodzakelijk.
- Systemen met spleet- of cirkelvormige openingen in de bodem (die in de huidige situatie in Nederland niet worden toegepast en daarmee dus geen ervaring is):
 - Spleetbodems zijn opgebouwd uit balken met er tussen gelegen doorgaande spleten van bijvoorbeeld 5 – 10 mm breedte. Op dergelijke bodems worden steunlagen aangebracht.
 - Bodems met op kleine onderlinge afstand aangebrachte gaatjes van 5 – 10 mm diameter en een of meer steunlagen (geperforeerde bodems). De grote kans op verzanding met als gevolg verstopping en de kans op corrosie bij toepassing van metalen onderdelen hebben tot gevolg gehad dat dit type niet tot uitgebreide toepassing is gekomen.
 - Holle blokken voorzien van spleten of gaten met een breedte van ongeveer 5 mm worden toegepast in de systemen van 'Wagner' respectievelijk 'Leopold'. In de USA wordt dit bodemtype veel gebruikt.

Bij het ontwerpen van de waterspoeling is het gewenst op reservecapaciteit te rekenen voor zover het delen van de installatie betreft die later moeilijk kunnen worden gewijzigd. Zo kan voor korrelgroottes van 1 mm bijvoorbeeld met een minimum reserve tot 40 m/h worden gerekend.

3.8.1 Algemeen

Eisen aan de kwaliteit van het spoelwater

Het water waarmee een filter wordt gespoeld, dient ten minste de kwaliteit van het filtraat van dat filter te hebben en kan dus ook reinwater zijn. Dit uitgangspunt impliceert bij meertraps-filterinstallaties dat de filters van één filtertrap met het filtraat van dezelfde filtertrap worden gespoeld. Hierdoor wordt voorkomen dat er tijdens de filterspoeling en aan het begin van de filterloop sprake is van andere reactie-omstandigheden (bijvoorbeeld verschillende pH-waarden en redoxspanningen) dan in het verdere traject van de filtratie.

Spoelwater (en spoellucht)

Het spoelsysteem moet de mogelijkheid bieden voor zowel gecombineerde als afzonderlijke spoeling met water en lucht.

Spoelsystemen worden vervaardigd van PE of gecoat staal.

Om bij het spoelen een rustig waterniveau onder de bodem te waarborgen, moet de toevoer van de spoellucht boven dit waterniveau plaatsvinden. Aan een plaatselijke invoer van grote hoeveelheden spoellucht onder de filterbodem zijn bepaalde nadelen verbonden. Om die te vermijden, wordt vaak een verdeelpijp en soms ook wel een verdeelnet voor de spoellucht onder deze bodem gemonteerd. In het geval de filterbodem goed horizontaal is afgesteld³, kunnen de spoeldoppen zonder verdere voorzorgen in de bodem worden geschroefd. De

³ Als dat niet het geval is, liggen ook de gaatjes niet horizontaal. Als de gaatjes goed zijn gedimensioneerd, is dat bij kleine afwijkingen geen probleem.

spoelluchtgaatjes dienen uiteraard zo goed mogelijk in een horizontaal vlak te liggen (bij twee of meer onder elkaar gelegen gaatjes in twee of meer horizontale vlakken). Met het oog hierop dient doorbuigen van de spoeldoppenbodem door directe belasting of verschillen in waterdruk te worden vermeden.

Het spoelluchtnet wordt als regel op zo kort mogelijke afstand boven het spoelwaternet geplaatst, om de hoogte van het spoelsysteem zoveel mogelijk te beperken. Met het oog op de zogenaamde schaduwwerking mag de buisdiameter niet te groot worden gekozen. Voor een goede verdeling van de lucht mag de diameter van de luchtleidingen daarentegen ook weer niet te klein zijn.

Aspecten in verband met verstopping

Bij de toepassing van spoелеlementen zoals drains en spoeldoppen (die zijn voorzien van nauwe openingen in de vorm van spleten of ronde gaten) is er kans op verstopping door dichtslibben of aankoeien van afzettingen uit het water zoals algen, ijzer- en mangaanverbindingen. Dit is vooral van belang voor voorfilters waarvan het filtraat nog verontreinigingen bevat, bijvoorbeeld door onvolledige ontmangling. De spoelopeningen dienen dan ook zo groot te worden gekozen dat het gevaar voor verstopping zo klein mogelijk is. In het geval de primaire weerstanden (toevoerweerstand) niet voor alle plaatsen gelijk zijn, mag anderzijds de weerstand van de uitstroomopeningen voor lucht en water niet te klein zijn (dat wil zeggen de openingen niet te groot). Daarmee wordt een gelijkmatige verdeling van het spoelwater en vooral van de spoellucht gerealiseerd. In het geval de openingen wegens de gewenste weerstand te klein uitvallen, kan de spoelsnelheid groter worden gekozen dan strikt noodzakelijk is als dat op grond van andere overwegingen geen bezwaar oplevert. Op deze wijze kunnen de openingen iets worden vergroot, met behoud van een redelijke weerstand.

Voor een regelmatige reiniging en controle van de spoелеlementen (in het bijzonder met het oog op verstoppingen) is het gewenst dat deze van buitenaf bereikbaar zijn. Hiertoe zouden bij een drainstelsel de buizen door de filterwand moeten worden gevoerd, zodat die kunnen worden doorgezaagd en doorgespoten. Bij toepassing van spoeldoppen wordt aanbevolen onder de bodem een kruipruimte van 0,80 – 0,90 m hoogte (voldoen aan de Arbeidsomstandighedenwet) te maken, zodat de spoeldoppen vanaf de onderkant bereikbaar zijn. Door de vereiste stahoogte in de buizenkelder is de realisatie van deze extra filterhoogte meestal zonder noemenswaardige kostenverhoging mogelijk.

Voor moeilijk te behandelen water en voor onbehandeld oppervlaktewater kan de toepassing van geperforeerde buizen (gescheiden water- en luchtnet) de voorkeur verdienen boven spoeldoppen. Het is dan mogelijk het luchtnet tijdens de filtratieperiode met natriumhypochloriet bevattend water gevuld te houden om verstopping door de groei van plankton, bryozoën en andere organismen tegen te gaan. Voor grondwater en zodanig voorbehandeld oppervlaktewater dat geen nagroei meer kan optreden, kan vrijwel altijd gebruik worden gemaakt van een spoeldoppen- of een spleetbodem.

Overige aspecten [11]

Om aan de voorwaarde voor een gelijkmatige verdeelde uitstroming van het spoelwater te voldoen, zijn er voor het ontwerpen van de leidingen van het spoelsysteem aanwijzingen die erop neerkomen dat het oppervlak van de dwarsdoorsnede van de waterdrains 2 – 4 maal zo groot moet zijn als het totale oppervlak van de erin aangebrachte gaatjes (vuistregel), terwijl het oppervlak van de gaatjes circa 1% van het filteroppervlak moet zijn. In ieder geval geeft een groot aantal kleine gaatjes een betere verdeling dan een klein aantal grotere gaten.

Om te voorkomen dat tijdens de bedrijfsvoering luchtbellen in het filterbed komen, is het gewenst het spoelluchtnet aan de bovenzijde te voorzien van enkele kleine gaten, waarmee na het spoelen automatisch wordt ontlucht.

3.8.2 Uitvoering filterbodems

In de PCD 4-2 'Reservoirs en andere constructies voor drinkwater(bereiding); *Deel 2: Beton*' [8] wordt expliciet ingegaan op filterbodemplaten, waarin de spoeldoppen (zie § 3.7.3) worden gemonteerd. Die doppen dienen voor het afvoeren van het filtraat uit het filterbed en voor de toevoer en gelijkmatige verdeling van de spoelmedia.

De filterbodem zonder spoeldoppen bestaat uit naast elkaar liggende verdeelelementen (bijvoorbeeld stalen T-profielen, betonnen profielstenen of kunststof buisprofielen) zonder onderlinge afdichting of van gesleufde platen. Het gaat hierbij om buizen die van gaatjes zijn voorzien, met name bij betonnen drukfilters. Deze worden vooral toegepast bij renovatie van bestaande filters.

Een praktische oplossing voor de constructie van de filterbodem wordt verkregen door deze op te bouwen uit vierkante of rechthoekige platen die in de hoekpunten worden ondersteund en bevestigd of op geprofileerde steunbalken worden gelegd en vastgezet. Met het oog op een mogelijke grote opwaartse druk op de filterbodem als gevolg van verstoppingen of spoelwater- of spoelluchstoten, is het nodig de filterbodemplaten stevig te verankeren. Theoretisch is de maximale druk onder de bodem gelijk aan de persdruk van de spoelpomp, ervan uitgaande dat die pomp op dezelfde hoogte is geplaatst.

3.8.3 Spoeldoppen

Aantal

Voor de spoeldoppen worden verschillende soorten kunststof toegepast die goed bestand zijn tegen erosie en corrosie, en geen of een minimale hoeveelheid water opnemen waardoor de vormvastheid is gewaarborgd. Bij regelmatig gebruik van natriumhypochloriet is de chemische bestendigheid van het materiaal van de spoeldoppen een punt van aandacht. Kunststoffen met een zekere mate van elastische vervormbaarheid hebben het voordeel dat ze (bij 'normaal' gebruik) vrijwel onbreekbaar zijn. Spoeldoppen worden daarom bij voorkeur vervaardigd uit kunststof.

Meestal worden tot maximaal 50 spoeldoppen per m² toegepast; soms zijn dat er nog meer (oplopend tot 65). Het aantal spoeldoppen bepaalt de verdeling van het water en van de spoellucht. Spoeldoppen zijn voorzien van sleufvormige openingen, waarvan de breedte moet zijn afgestemd op het filtermateriaal. Het monteren van de spoeldoppen moet zorgvuldig en volgens de voorschriften van de fabrikant worden uitgevoerd (bijvoorbeeld juist aandraai moment).

Bij de toepassing van een relatief klein aantal spoeldoppen per m² dient er op te worden gelet dat de verdeling van het spoelmedium over de doorsnede van het filter voldoende regelmatig is.

De ervaring heeft geleerd dat zowel het aanbrengen van een steunlaag als een vergroting van het aantal spoeldoppen per m² de kans op verstopping soms kan verminderen. In dit opzicht is de toepassing van wijde spoeldopspleten uiteraard ook gunstig. Ook de grootte van het filtermateriaal is hierbij van belang. Als een steunlaag moet worden toegepast, gaat het voordeel van het gebruik van spoeldoppen verloren.

Spleten

Voor de luchtspoeling zijn de spoeldoppen voorzien van zogenaamde dompelpijpjes die een inwendige diameter hebben van 15 – 20 mm. In deze pijpjes is een luchtspleet of zijn een of meer luchtgaatjes aangebracht. De luchtspleten hebben een lengte van 40 – 60 mm en een breedte van circa 1 mm. Doorgaans wordt aan gaatjes de voorkeur gegeven, omdat (i) de luchtverdeling dan minder gevoelig is voor onnauwkeurigheden in de afstelling, (ii) de kans op verstopping kleiner is en (iii) de fabricage iets eenvoudiger is. De gaatjes hebben een diameter van 2 – 5 mm. Bij een gegeven diameter van de gaatjes wordt de maximaal toelaatbare luchtspoelsnelheid bepaald door de lengte van de dompelpijpjes onder de spoelluchtgaatjes. Om een goede gecombineerde spoeling door spoeldoppen te waarborgen, is een berekening van de gaatjes (hoogte en diameter) in de dompelpijpjes gewenst.

De wijdtte van de spleten in de spoeldoppen is afhankelijk van het filtermateriaal. De maximale spleetwijdte wordt bepaald door de korrelgrootte van de fijnste fracties van het filtermateriaal waarin een spoeldop zich bevindt.

Het totale spleetoppervlak (doortocht) is niet voor alle typen spoeldoppen gelijk, maar beweegt zich tussen wijde grenzen (100 – 350 mm²). Als vuistregel geldt een totaal spleetoppervlak van de spoeldoppen van ongeveer 1% van het filteroppervlak (met een gegeven aantal spoeldoppen en een gekozen spleetbreedte ligt het totale spleetoppervlak vast).

Er worden spoeldoppen met zowel verticale als horizontale spleten toegepast.

Spoeldoppen en filterbodem

De spoeldoppen moeten zodanig zijn gevormd en opgesteld dat een regelmatige verdeling van het spoelmedium over het filter wordt gewaarborgd. Het door de spoeling veroorzaakte op- en neerwaartse transport van het filtermateriaal kan de reiniging ten goede komen. Hierbij mogen geen onbereikbare gebieden voorkomen: niet direct boven de spoeldop (schaduwwerking) en ook niet direct boven de bodem (dode hoeken bij te grote spoeldopafstand).

Het kan raadzaam zijn om spoeldoppen verzonken in de filterbodem aan te brengen. Bij verdiepte opstelling in kegelvormige sparingen wordt de kans op 'dode gebieden' op of nabij de bodem verkleind, terwijl de betere geleiding van de stroming tot beperking van het aantal spoeldoppen leidt. Ten slotte wordt bij verdiepte opstelling de kans op beschadiging verminderd. Er moet wel rekening worden gehouden met het feit dat een vermindering van het aantal spoeldoppen aanleiding geeft tot een grotere weerstand van de filterbodem.

Met name in het geval van een relatief groot aantal spoeldoppen per oppervlakte-eenheid is een doordachte verdeling en goede montage van belang.

Overige

Er moeten spoeldoppen met ontluchting worden toegepast.

3.8.4 Steunlaag

De steunlaag is een laag grof materiaal, die tussen de filterbodem en de actieve filterlaag wordt aangebracht. De laag is bedoeld voor een betere verdeling van de spoelmedia en voorkomt doorlating van filtermateriaal door de filterbodem. De steunlaag kan worden toegepast, maar is afhankelijk van de constructie van de spoeldoppen in de filterbodem niet altijd noodzakelijk. De dichtheid en korrelgrootteverdeling van het materiaal moeten zodanig worden gekozen, dat de positie van de steunlaag tijdens de spoeling niet verandert.

In bepaalde gevallen kan een steunlaag nuttig zijn om verstopping te voorkomen. Steunlagen worden gebruikt bij filters met drains en bij spleetbodems om te voorkomen dat het filtermateriaal de spoeldoppen tijdens de filtratie passeert of verstopt. Bij gebruik van betrekkelijk fijn filtermateriaal kan het echter ook bij toepassing van andere bodemtypen nodig zijn een steunlaag aan te brengen.

Bij de toepassing van drains (zie figuur 1) is het wegens de grootte van de daarin aangebrachte gaten nodig tussen het filterbed en de drains een of meer steunlagen van grind aan te brengen.

3.9 Aan- en afvoer van water

Om een passende methode en uitvoering voor de regeling van een filter te kunnen vaststellen, is het nodig de eisen (of wensen) vast te stellen die van belang kunnen zijn voor de aan- en afvoer van water. Deze eisen hoeven niet alleen op de filtratie betrekking te hebben, maar kunnen ook van bedrijfs- of bouwtechnische aard zijn, zoals hydraulische lijn van de zuivering en beschikbare bouwruimte. In het geval de eisen vastliggen, dan moet worden nagegaan welke van de mogelijkheden voor het realiseren van de gestelde eisen in aanmerking komen. Om een overzichtelijk beeld te krijgen, is het van belang de belangrijkste mogelijkheden en eisen afzonderlijk te formuleren. Het zijn doorgaans de drie volgende kenmerkende filtergrootheden die de filterregeling bepalen en mogelijkheden bieden om bepaalde voorwaarden te realiseren:

- Het filterdebiet dat aan de aan- of afvoerszijde van het filter kan worden geregeld;
- De bovenwaterstand, waarvan het peil aan de aan- of afvoerszijde van het filter kan worden geregeld;
- De weerstand van het filterbed, waarvan de toename tijdens de filtratieperiode op verschillende wijzen kan worden gecompenseerd.

De pompinstallaties voor de aanvoer van het ruwe water en eventueel die voor het transport van het filtraat moeten zijn berekend (i) op een vergroting van de capaciteit met het oog op toekomstige uitbreiding van het aantal filters of een grotere filtratiesnelheid en (ii) op enige reserve aan opvoerhoogte om de bij hogere snelheden optredende grotere leidingweerstand te kunnen overwinnen.

De pompen dienen zodanig te worden toegerust of opgesteld dat zij bij het inschakelen met water zijn gevuld.

3.9.1 Aanvoer van ruwwater

Bij de regeling van het debiet is de wijze waarop het ruwe water wordt aangevoerd van belang. Als er geen natuurlijk verval is, kan dat op de volgende manieren worden geregeld:

- Centrale aanvoer op een gemeenschappelijke toevoerleiding
Het toegevoerde water kan door middel van overstorten gelijkmatig over alle filters worden verdeeld. Het debiet wordt dan voor alle filters in dezelfde mate gewijzigd door bij- of afschakeling van een of meer pompen. De voordelen daarvan zijn dat (i) een soepele bedrijfsvoering met een minimum aantal pompen wordt verkregen, (ii) het debiet kan worden verlaagd door de filtratiesnelheid te verkleinen, dat wil zeggen zonder een filter buiten bedrijf te stellen en (iii) de filters niet van een afzonderlijke aanvoer behoeven te worden voorzien.
- Afzonderlijke aanvoer naar elk filter door middel van een eigen aanvoerpomp of regelklep. De voordelen daarvan zijn dat de (niet regelbare) pomp een constant debiet geeft, zodat een dergelijke opstelling geschikt is voor gevallen waarin de

filtratiesnelheid niet mag veranderen (droogfiltratie, ontzuring) en dat geen voorzieningen nodig zijn om het water gelijk over de filters te verdelen.

Een gelijke verdeling van het influent over een filter is belangrijk. De filtertoevoer omvat het complete leiding- of gootsysteem, waarmee het te filtreren water over de afzonderlijke filters wordt verdeeld en naar het filterbed wordt getransporteerd. Dit systeem moet door constructieve maatregelen zodanig worden vormgegeven, dat de stromingskrachten in de filtertoevoer het filterbed niet op enige wijze verschuiven dat wil zeggen dat er geen uitschuring optreedt en er geen kraters ontstaan.

Drukval over het filter

De weerstand van de filterbodem wordt in belangrijke mate beïnvloed door de filtratie- en de spoelsnelheid, het type spoeldop en het aantal doppen per m². Verder zijn de korrelgrootte, de dikte van het filterbed en de samendrukking (inklinking) daarvan van invloed op de drukval over een filter. Als gevolg van deze factoren in combinatie met het watertype en de hoeveelheid zwevende stof in het te behandelen water, lopen de weerstanden van snelfilters vrij ver uiteen. Tijdens het filtreren ligt de weerstand meestal tussen 200 en 1.500 Pa. Tijdens het spoelen (waarbij hogere snelheden worden toegepast) bedraagt de weerstand veelal 500 tot 3.000 Pa.

Het is gebruikelijk het ruwe water via een gemeenschappelijk(e) toevoerkanaal of toevoerleiding naar de filters te leiden. De wijze waarop het water op de filters wordt gebracht, hangt onder andere af van de filterregeling (bijvoorbeeld met constante of wisselende bovenwaterstand) en de wijze van beluchting (sproeien, overstort in de vorm van cascades).

Bij aanvoer van het ruwe water via een gemeenschappelijk toevoerkanaal moeten de afmetingen van dit kanaal zodanig worden gekozen dat de weerstand over het deel waaruit de filters worden gevoed, verwaarloosbaar klein is. In het geval het water niet boven de filters wordt gespreeid, kan de toevoer plaatsvinden door:

- een of meer aan elkaar gelijke, 'volkomen overstorten' (voor begripsomschrijving, zie bijlage I) boven de filters;
- een of meer aan elkaar gelijke openingen van beperkte doorlaat in de kanaalwand, gelegen boven het hoogste waterniveau van de filters;
- een of meer aan elkaar gelijke openingen van beperkte doorlaat, gelegen onder de laagste bovenwaterstand van de filters (niveauverschil tussen kanaal en filters);
- open verbinding tussen kanaal en filters (nagenoeg geen niveauverschil tussen kanaal en filters).

Bij toepassing van een toevoer als genoemd onder de twee eerste bullets kan de bovenwaterstand binnen ruime grenzen variëren. In deze gevallen is dus een regeling van het debiet met stijgende bovenwaterstand bij vergroting van de filterweerstand mogelijk. De andere genoemde gevallen (twee laatste bullets) bieden deze mogelijkheid niet, omdat de bovenwaterstanden daar bij gelijkblijvende kanaalwaterstand nagenoeg gelijk zullen zijn om een constante toevoer te handhaven.

Een zo goed mogelijke primaire verdeling van het toegevoerde water over het filter is gewenst. Bij een niet-gelijkmatig over het filter verdeelde aanvoer van het ruwe water en in het bijzonder bij toevoer aan een korte zijde of op een punt boven het filterbed, dient er rekening mee te worden gehouden dat er in principe een onregelmatige verdeling van de met het ruwe water aangevoerde verontreinigingen over het oppervlak van het filterbed zal

ontstaan, omdat de ruimte boven het bed in feite een bezinkbassin vormt. Naarmate de deeltjes groter en zwaarder zijn (grotere bezinksnelheid) en het ruwe water met kleinere horizontale en/of grotere verticale snelheid wordt toegevoerd, is de kans op extra bezinking (vervuiling) in de omgeving van de toevoer groter. In principe zullen steeds onregelmatigheden in de verdeling van het slib optreden als het ruwe water deeltjes met een dichtheid groter dan die van water bevat. In het algemeen zal een nivellerende werking optreden, omdat het water de weg van de minste weerstand volgt. Daardoor zal op plaatsen van kleinere weerstand (dus daar waar zich weinig slib heeft afgezet) meer slib worden aangevoerd.

Een regelmatige verdeling van het slib over de horizontale filterdoorsnede wordt beter gewaarborgd naarmate het toegevoerde ruwe water gelijkmatiger over het filteroppervlak wordt verdeeld. Tweezijdige toevoer langs de lange filterzijden is daarom gunstiger dan eenzijdige toevoer aan een korte zijde. Het gunstigste resultaat wordt in dit opzicht verkregen door een gelijkmatig verdeeld versproeien van het water boven het filter.

Bij plaatselijke toevoer van het ruwe water is het nodig een hiervoor voldoende bovenwaterstand te handhaven, de toevoer over een zo breed mogelijk vlak te doen plaatsvinden en het water zo mogelijk in horizontale zin te geleiden om de uitholling van het oppervlak van het filterbed te vermijden. Te grote verticale snelheden die bijvoorbeeld bij het overstorten van vrij grote hoogte (beluchting) zouden kunnen optreden, moeten worden vermeden.

3.9.2 Afvoer van filtraat

Een gelijkmatig over de horizontale filterdoorsnede verdeelde afvoer van het filtraat uit het filterbed moet zijn gewaarborgd. Omdat de spoeldoppen voor toevoer van het spoelmedium in het algemeen dezelfde zijn als die voor afvoer van het filtraat uit het filterbed, gaat deze eis als regel samen met die voor de spoeldoppen.

Plaatselijke sterke vervuilingen of verstoppingen in het filterbed enerzijds en in de spoeldoppen of -openingen anderzijds kunnen aanleiding geven tot een wisselwerking, waardoor het probleem nog toeneemt. Een slibbank zal in de eronder gelegen spoeldoppen extra vervuiling kunnen veroorzaken als bij de voorafgegane spoeling losgelaten en niet afgevoerd slib tijdens de filtratie doordringt tot de spoeldoppen. Als gevolg van de aanwezigheid van slibbanken kunnen bij een ongelijkmatige spoelwerking bovendien slibconcentraties in het filterbed wegzakken tot de spoeldoppen. Een min of meer vervuilde spoeldop veroorzaakt op zijn beurt weer onvolledige reiniging van het erboven gelegen gebied, hetgeen aanleiding kan geven tot de ophoping van slib ('mudball') boven die spoeldop. Voor een blijvend gelijkmatige afvoer van het filtraat is daarom een goede spoelwerking (gelijkmatig gereinigd filterbed) een eerste vereiste.

De wijze waarop het filtraat aan de uitlaatzijde van het filter wordt afgevoerd (bijvoorbeeld naar de filtraat- of reinwaterkelder), hangt nauw samen met de regeling van het filter. Mogelijk is een afvoer via een iets boven het filterbed gelegen afvoerniveau (= niveau aan de afvoerzijde van het filter, met bijvoorbeeld een overstortrand of -pijp). Daarmee wordt voorkomen dat het filterbed droogvalt. Ook kan de uitlaat door een directe verbinding onder het afvoerniveau (reinwaterkelder) worden aangesloten. Ten slotte zijn er uitvoeringen met een op het filter aansluitend tussenniveau ten behoeve van de filterregeling, dat door middel van een regelklep in verbinding staat met een punt onder het afvoerniveau.

3.10 Aan- en afvoer van spoelwater en spoellucht

Als spoelmedia worden lucht en water gebruikt. De inrichtingen voor de toevoer hiervan moeten een zodanige constructie bezitten, dat een gelijkmatige verdeling van de spoelmedia over het volledige filteroppervlak wordt verkregen. Hiertoe is het eventueel noodzakelijk om de stromingsimpuls van het spoelwater dat onder de filterbodem binnenstroomt (bijvoorbeeld door middel van een keerschot) tegen te houden.

Voor het spoelen met water en lucht gelden de volgende uitgangspunten:

- Spoeling van het filter moet mogelijk zijn met water, met lucht en met water/lucht-mengsel;
- De spoeling kan handmatig en/of automatisch worden aangestuurd;
- De spoelsnelheden behoren regelbaar te zijn;
- Het verloop van de spoeling moet kunnen worden gewijzigd.

De expansie van een filterbed is afhankelijk van de spoelsnelheid en keuze van het filtermateriaal (zie verder).

De lucht die wordt gebruikt voor het spoelen mag het water niet verontreinigen:

- Er mogen uitsluitend olievrije blowers worden ingezet;
- Er moeten luchtfilters worden geplaatst, zodat er geen pollen, insecten, stofdeeltjes, uitlaatgassen enzovoorts in de filters kunnen terechtkomen.

Om ervoor te zorgen dat er ook in het geval van een storing geen water in de blowers kan terechtkomen, moeten de luchttoevoerbuizen in een lus boven het maximale waterniveau in het filter worden aangebracht of moet een voorziening worden opgenomen waarmee terugslag van water wordt voorkomen.

Bij meerlaagsfilters moeten de spoelmedia normaliter gescheiden worden gebruikt, omdat anders materiaal kan wegspoelen. Uitsluitend bij een geschikte filterconstructie kan de spoeling ook bij meerlaagsfilters gecombineerd plaatsvinden.

Ook de toepassing van een 'waterbezem' geeft gunstige resultaten. Hierbij wordt water aan de ene zijde op geringe hoogte boven het bed over de volle breedte van het filter toegevoerd en aan de andere zijde afgevoerd, waarbij het naar boven gespoelde slib wordt meegenomen.

3.10.1 Aanvoer

Het vermogen van de spoelwaterpomp(en) is mede afhankelijk van de gewenste spoelwatersnelheid en de doorsnede van een filterbed. Hierbij moet desgewenst rekening worden gehouden met een reserve (redundantie).

De filtraatkelder moet hydraulisch zijn losgekoppeld van het effluent van de snelfilters.

Door het spoelwater uit een hooggelegen reservoir aan te voeren, kan de capaciteit van de spoelwaterpomp (in dit geval dus de vulpomp van het reservoir) worden beperkt. Het reservoir dient op een zodanige locatie boven het filter te worden geplaatst, dat de toevoer uit dit reservoir naar het filter zonder pomp kan plaatsvinden. Een bijkomend voordeel van deze aanpak is dat er plotseling geen grote hoeveelheden spoelwater aan de filtraatkelder hoeven te worden onttrokken. Bij spoelwateraanvoer uit een hogedrukleiding of onder groot verval uit een reservoir is het noodzakelijk dit via een reduceertoestel te doen.

De keuze tussen directe onttrekking van het spoelwater aan de filtraatkelder en de aanvoer uit een hooggelegen reservoir wordt veelal bepaald door de plaatselijke omstandigheden, investering en exploitatiekosten.

De spoelwater- en de spoelluchtsnelheid dienen goed controleerbaar en traploos regelbaar te zijn, zodat het gewenste spoelprogramma gemakkelijk uitvoerbaar is. Bovendien wordt daarmee de spoelweerstand in de hand gehouden. Het is gewenst dat de spoelsnelheden of -hoeveelheden kunnen worden geregeld en gemonitord.

3.10.2 Afvoer

Bij open filters met afvoer van het slibhoudende water van de filterspoeling via goten speelt de horizontale stromingsweg tot de overstortrand geen rol [45]. Voor de hoogte ten opzichte van het fluïde filterbed is dat wel het geval. Proefondervindelijk is vastgesteld dat de hoogte niet te hoog mag zijn, omdat bij een te hoge overstortrand en te lage stroomsnelheid het slib al weer kan bezinken op het zandfilter.

Om stroming technische redenen is het een voordeel wanneer de goten zich niet in het filter bevinden. Het slibhoudende water moet drukloos via de goten worden afgevoerd.

Behalve de frequent toegepaste spoelwaterafvoer aan een of twee lange zijden van het filter wordt ook wel gespoeld met waterafvoer over een van de korte zijden van het filter. In dat geval wordt een combinatie met de waterbezem (zie § 3.9) aanbevolen.

Voor het afvoeren van het spoelwater dat aan het einde van de spoelperiode boven het filterbed achterblijft, kan in bepaalde gevallen met succes een klepconstructie worden toegepast. De overstort wordt gevormd door een verticale, in de wand aangebrachte klep. Door aan het einde van de spoelperiode de juist boven het filterbed gelegen klep neer te laten, wordt de overstort voor de afvoer van het spoelwater verlaagd. Het restant spoelwater dat zich dan nog boven het bed bevindt, kan hierdoor voor een belangrijk deel met vrij grote snelheid wegstromen onder het meevoeren van vrijwel al het slib dat nog boven het filterbed was achtergebleven. In principe kan ook een hevel worden toegepast, die tegen het einde van de spoelperiode in werking wordt gesteld en het water boven het bed afvoert. Deze opzet heeft als bijkomend voordeel dat het filterbed na de spoeling vrijwel droogvalt. Dat maakt een betere inspectie van de oppervlakte van het filterbed mogelijk.

In geval van eenzijdige spoelwaterafvoer, kan een goede afvoer van het slib worden verkregen door combinatie van de direct hierboven genoemde opzet (met klep of hevel) en de eerder al genoemde opzet met de waterbezem. Dit geldt in het bijzonder bij spoeling over een korte zijde van het filter.

De vorm en de plaats van de afvoergoten boven het bed moeten zodanig zijn dat de waterverdeling tijdens het filtreren niet op ongunstige wijze wordt beïnvloed en het ruwe water dus gelijkmatig verdeeld boven het bed kan worden toegevoerd.

De goten moeten op een zodanige hoogte boven het bed worden aangebracht dat een ongestoorde spoelwaterafvoer is gewaarborgd. Dat geldt ook voor de afvoer van spoelwater dat afkomstig is uit de eventueel onder de goten gelegen delen van het geëxpandeerde filterbed. Bovendien mag bij de te verwachten maximale expansie en eventuele beroering door luchtspoeling geen filtermateriaal wegspoelen.

Met inachtneming van de twee vorige onderdelen dient te worden gestreefd naar een beperkte hoogte van de spoelgoten boven het filterbed. Dit is gewenst om (i) de slibafvoer te

bevorderen, (ii) de bouwhoogte te beperken, (iii) de opvoerhoogte van het spoelwater niet groter te maken dan strikt noodzakelijk is en (iv) de hoeveelheid spoelwater te beperken.

De overstortranden van de afvoergoten dienen zuiver in een horizontaal vlak te liggen, zodat het water gelijkmatig wordt afgevoerd.

De afvoergoten moeten zodanig zijn gedimensioneerd dat de overstortranden bij de te verwachten maximale spoelcapaciteit als volkomen overstort werken.

Bodemloze zwevende spoelgoten in de vorm van boven het filterbed gesitueerde geleideschotten die het spoelwater naar het punt van afvoer leiden, kunnen in bepaalde gevallen een verbetering van de slibafvoer bewerkstelligen.

3.11 Leidingwerk met toebehoren

Behalve de voor de normale bedrijfsvoering noodzakelijke toe- en afvoeren, moeten bij de behuizing de volgende openingen worden voorzien:

- voor de ruimte onder de filterbodem voor onderhoud (zie ook paragraaf 3.12);
- eventueel voor de ontluchting van de filterbodem;
- voor het verwijderen van de laatste restanten uit een filter (drain-aansluiting);

De keuze van de afmetingen van leidingen en kanalen in verband met de daarin optredende snelheden en drukverliezen, hangt nauw samen met de inzichten met betrekking tot de gewenste reserve en de economie van het bedrijf. Daardoor kunnen hiervoor geen algemene regels worden gegeven, dat is bedrijfsspecifiek. Hieruit volgt dat een bepaling van de gunstigste leidingdoorsnede uitsluitend volgens de hydraulische stromingsformules niet altijd juist is.

Bij de bepaling van de gewenste leidingdiameter kunnen bijkomstige factoren van belang zijn. Het gaat dan bijvoorbeeld om de vereiste inwendige toegankelijkheid, afmetingen van aansluitflenzen van pompen en de beschikbare ruimte.

Om een indruk te krijgen van de in de praktijk voorkomende snelheden in het leidingsysteem van filters kan worden opgemerkt dat in leidingen met grote diameters (250 mm en groter) snelheden van ongeveer 1 tot maximaal 2 m/s gebruikelijk zijn. Bij kleine diameters worden in verband met het vrij grote drukverlies bij voorkeur snelheden lager dan 1 m/s toegepast.

3.12 Overige eisen

Toegankelijkheid

Alle onderdelen van de filterinstallatie (het filter met toe- en afvoerleidingen, pompen, afsluiters en meet- en regelapparatuur) met inbegrip van de filterbodem en de ruimte daaronder moeten goed toegankelijk zijn met het oog op inspectie, onderhoud en reparatie. Voor het verplaatsen van zware stukken is het gewenst de daarvoor in aanmerking komende ruimten te voorzien van hijsmogelijkheden. Extra afsluiters dienen te worden aangebracht op plaatsen waar dit voor eventuele demontage van bepaalde onderdelen (bijvoorbeeld pompen, keerkleppen en dergelijke) nodig kan zijn. Het is meestal niet gewenst in afvoerleidingen voor spoelwater liggende afsluiters aan te brengen, omdat zich daarin afgevoerd filtermateriaal kan verzamelen.

Monsternemingspunten

Ter bewaking van de uitvoerings- en bedrijfsgegevens moeten monsternemingspunten voor influent en filtraat op het filter worden voorzien. Er wordt geadviseerd om ten minste één

filter te voorzien van een serie monsternemingspunten op diverse hoogtes, bijvoorbeeld om de 15 – 20 cm (met inbegrip van drukmetingen ten behoeve van het ‘Lindquist-diagram’). De gaatjes of spleetjes in de in het filterbed gestoken buisjes worden eventueel afgeschermd met RVS gaas tegen het binnendringen van filtermateriaal. Genoemde buisjes mogen zowel de stroming als elkaars werking zo min mogelijk verstoren. Ze dienen daarom versprongen ten opzichte van een verticale lijn te zijn aangebracht.

Logistieke randvoorwaarden

Het filtergebouw moet zo zijn ingericht dat het filtermateriaal gemakkelijk kan worden aangevoerd, in de filters kan worden gebracht, uit de filters kan worden verwijderd en kan worden afgevoerd. Dit is in het bijzonder van belang voor de verwijdering van filterzand met het doel dit buiten het filter te reinigen of om de spoeldoppen schoon te maken of te controleren.

Extra opslagcapaciteit

De reiniging of vervanging van spoeldoppen in geval van verstopping of breuk kan met gewenst resultaat plaatsvinden door het filterzand over te pompen naar een daarvoor bedoelde ‘reservebak’ of naar een naastgelegen filter, zodat de filterbodem vrijkomt. Deze methode komt tegemoet aan het bezwaar dat de werkzaamheden die zijn verbonden aan het leegschepen van het filter arbeidsintensief zijn.

3.13 Procesautomatisering

Bij het ontwerp van het aantal filters en de regeling van het filtratieproces, de regelkleppen als voorziening voor het smoren en de voedingspomp moeten een stabiele bedrijfsvoering en continuïteit in de kwaliteit van het filtraat als uitgangspunt worden genomen.

Bij de selectie en opstelling van de meetapparatuur voor het debiet (magnetisch-inductieve debietmeter, ultrasone meetapparaten enzovoorts) moet erop worden gelet dat deze eenvoudig zijn te onderhouden, ontluchten en kalibreren. Er moet rekening worden gehouden met vereiste voor- en naloopgedeelten.

Ter bewaking van de filtratie zijn de in de navolgende subparagrafen beschreven controles en metingen vereist.

Statusweergave en documentatie

De status van het proces dient in het procesbesturingssysteem te worden vastgelegd. Hiertoe worden normaal gesproken de volgende statussen gevisualiseerd:

- filtratie;
- spoeling;
- storing;
- stilstand/buitenbedrijfstelling.

Hiertoe kunnen de volgende parameters online worden geregistreerd:

- een of meer relevante parameters in het influent en in het filtraat (individueel en/of gemengd filtraat): troebelheid, ammonium, nitraat, mangaan en/of ijzer;
- filterlooptijd;
- drukverschil;
- debiet;
- filtraatvolume;
- bovenwaterstand;

- positie van appendages en regelapparatuur (het belangrijkste hierbij is de uitklep bij de bovenwaterstand);
- automatische bediening/handbediening;
- spoelwatervolume;
- spoelwatersnelheid;
- luchtdebiet.

De registratie-intervallen moeten zodanig worden gekozen dat ook veranderingen in de relevante proceswaarden op korte termijn (bijvoorbeeld tijdens de spoelprocedure) kunnen worden geregistreerd.

De gegevens worden doorgaans (bedrijfsafhankelijk) ten minste één jaar bewaard. Wanneer op basis van de opgeslagen gegevens gemiddelde uur- of dagwaarden worden berekend, dan dienen uitsluitend die gegevens te worden samengevat die tijdens dezelfde processtappen (filtratie, spoeling) van toepassing zijn.

Drukmeting

De druk moet op de volgende punten worden gemeten:

- filterafvoer (vóór de regelklep, ter bepaling van de filterweerstand);
- spoelwaterleiding (optioneel, vindt meestal plaats bij de pomp);
- spoelluchtleiding (optioneel, vindt meestal plaats bij de blower).

Volumestromen

De volgende volumestromen kunnen worden gemeten:

- ongezuiverd water of filtraat;
- spoelwater;
- (eerste) filtraat (eventueel in de filtraatleiding of centraal in een verzamelleiding);
- spoellucht.

Regeling filterdebiet

De filterdebietsregeling dient voor de controle van de filtraathoeveelheid en de filtersnelheid, en voor de gelijkmatige verdeling van het debiet over alle filters van een zuiveringsfase door middel van meting en regeling van het debiet van het filtraat van de afzonderlijke filters.

Bij aanwezigheid van meerdere filters wordt in de procesregeling onderscheid gemaakt of het filters betreft die via de toevoer van influent met elkaar zijn verbonden (hydraulisch gekoppeld) of niet (hydraulisch ontkoppeld).

Bij hydraulisch gekoppelde filters is de meting van het debiet van het influent of het filtraat van de afzonderlijke filters vereist om het debiet van het filtraat te regelen. De regeling vindt plaats in de afvoer. Verder moet ook het waterniveau worden gemeten om droogvallen of overlopen van alle filters uit te sluiten.

Een ontkoppeling van de filters van een zuiveringsfase wordt bereikt door middel van overstortdrempels. Door de exacte uitlijning ervan moet worden gegarandeerd dat alle filters met hetzelfde debiet worden gevoed. Een meting van het debiet in een afzonderlijk filter kan praktisch zijn, maar is niet meer noodzakelijk. De regeling vindt plaats in de afvoer van de afzonderlijke filters, afhankelijk van de desbetreffende gemeten waterstand. De ontkoppeling van de filters stelt weinig eisen aan de besturing, omdat een onderlinge beïnvloeding van de filters is uitgesloten.

3.14 Veiligheidsvoorzieningen

Drukmeters zorgen voor een geforceerde uitschakeling van de pompen of een afsluiting van de watertoevoer voorafgaand aan de activering van de hydromechanische beveiliging. Bij opwaartse filters is een drukmeting en -beveiliging noodzakelijk om te voorkomen dat de filterbodem wordt opgeblazen.

Er moet voor worden gezorgd dat de filters niet leeglopen. Dit is mogelijk door gebruik van automatisch bediende kleppen.

3.15 Uitbreidingsmogelijkheden dan wel capaciteitsverhoging

Desgewenst moet rekening worden gehouden met uitbreidingsmogelijkheden en/of capaciteitsverhoging, maar dat is bedrijfsafhankelijk. Hierbij wordt op het volgende gewezen. Het besparen op betonwerk en leidingen tijdens de bouw van een filter kan op termijn risico's met zich meebrengen ten aanzien van uitbreidingen. Zo is bijvoorbeeld een reserve in de hoogte van de expansieruimte boven het filterbed, in de breedte en diepte van de spoelgoten en in de leidingdiameters gewenst.

Als de opzet van de installatie zich daartoe leent, is het gewenst er op te rekenen dat een groep aan filters later eenvoudig met een aantal eenheden kan worden uitgebreid.

Als er onzekerheid bestaat over de vraag of mogelijk in de toekomst dubbele filtratie moet worden toegepast of dat met enkele filtratie blijvend kan worden volstaan, kan het zinvol zijn het leidingwerk en de filters zodanig te ontwerpen, dat de installatie zowel voor enkele als dubbele filtratie kan worden gebruikt.

4 Realisatie

Het behoeft geen betoog dat snelfilters moeten worden gerealiseerd volgens de ontwerpeisen zoals die in het vorige hoofdstuk zijn beschreven. Bij de realisatie dient verder rekening te worden gehouden met het volgende:

- Hoofdstuk 4 'Richtlijnen bij bouw en renovatie' van de PCD 1-8 'Hygiënerichtlijnen ontwerp, bouw en renovatie van installaties voor de drinkwaterbereiding' [6];
- Hoofdstuk 5 'Realisatie van reservoirs' van de PCD 4-1 'Reservoirs en andere constructies voor drinkwater(bereiding); *Deel 1: Algemeen*' [7]
- Hoofdstuk 3 'Realisatie van constructies' van de PCD 4-2 'Reservoirs en andere constructies voor drinkwater(bereiding); *Deel 2: Beton*' [8] en/of hoofdstuk 3 'Realisatie van constructies' van de PCD 4-3 'Reservoirs en andere constructies voor drinkwater(bereiding); *Deel 3: Metalen en kunststoffen*' [9]; dit is afhankelijk van het materiaal of de materialen waarmee het te behandelen water in contact komt;
- Checklist 2 'Opslag en vervoer van leidingmaterialen en zuiveringsonderdelen' van de PCD 1-6 'Hygiëne bij werkzaamheden in de zuivering; *Werkboekje bij de 'Hygiëncode Drinkwater; Drinkwaterbereiding'*' [5].

De onder de drie eerste bullets genoemde hoofdstukken gaan in op de realisatie van reservoirs en andere constructies voor (drink)water overeenkomstig de in eerdere hoofdstukken omschreven programma's van eisen voor hygiënisch ontwerpen. De onder de laatste bullet genoemde checklist uit het werkboekje is bedoeld voor operators en monteurs van aannemers, en is ook voor de realisatie relevant.

Bij de toepassing van spleetbodems (onder andere Bamag) en andere bodems waarbij de lucht onder minimale weerstand tot het filterbed toetreedt, moet grote zorg worden besteed aan een horizontale afstelling van die delen van de bodem-constructie waardoor de lucht in het water onder de filterbodem uittreedt.

5 Bedrijfsvoering

5.1 Inleiding

Na deze paragraaf volgen in dit hoofdstuk zes andere paragrafen, die in een logische volgorde van de bedrijfsvoering zijn geplaatst. Eerst komt de ingebruikneming van snelfilters aan de orde (§ 5.2). Vervolgens worden de reguliere productie (§ 5.3) en de bijbehorende waterkwaliteitsbeoordeling (§ 5.4) beschreven. Daarna gebeurt dat voor filterspoelingen (§ 5.5). In de twee laatste paragrafen wordt ingegaan op storingen in het productieproces (§ 5.6) en de optimalisatie van dat proces via het gebruik van modellen (§ 5.7).

In het kader van de bedrijfsvoering wordt vooraf gewezen op enkele relevante hoofdstukken uit de 'Hygiëncode Drinkwater; *Drinkwaterbereiding*' [4]:

- Hoofdstuk 3 'Waterkwaliteitsbeoordeling';
- hoofdstuk 6 'Correctie na verontreinigingen en acties';
- hoofdstuk 7 'Richtlijnen voor het beperken van verontreinigingsrisico's door externe factoren'.

5.2 Inbedrijfneming van filters

5.2.1 Voorbereidingen

Voor de ingebruikneming van filters wordt verwezen naar hoofdstuk 5 'Richtlijnen bij inbedrijfneming' van de PCD 1-8 'Hygiënerichtlijnen ontwerp, bouw en renovatie van installaties voor de drinkwaterbereiding' [6]. Daarin zijn (i) de technische keuring en controle van geïnstalleerde onderdelen en (ii) het hygiënisch op orde maken daarvan beschreven.

Voorafgaand aan het vullen van een filter met filtermateriaal moet ervoor worden gezorgd dat het filter inclusief alle toevoerleidingen en appendages voldoet aan de hydraulische eisen. In dat verband is het waterpas staan van de filterbodem belangrijk (zie ook hoofdstuk 4). Ook wordt gewezen op het nastellen van kunststof onderdelen als gevolg van de vloeieigenschappen van deze materialen in verband met eventuele lekkages.

Verder wordt aanbevolen het 'spoelbeeld' te controleren. Hiertoe worden de spoeldoppen tot aan de kop onder water gezet, met het doel te beoordelen of de spoeldoppen op hetzelfde niveau zijn ingebouwd. Aansluitend wordt met lucht gespoeld om de homogeniteit van de gevormde luchtbellens te beoordelen. Op die manier kunnen defecten aan filterbodem en spoeldoppen met bijbehorende afdichtingselementen voor de luchtverdeling worden vastgesteld. Zo nodig wordt actie ondernomen.

Ten slotte moet een filter met het bijbehorende leidingwerk worden gereinigd en gedesinfecteerd. Hiervoor wordt verwezen naar de PCD 1-4 'Hygiëncode Drinkwater; *Drinkwaterbereiding*' [4] (met name hoofdstuk 4 'Algemene richtlijnen voor hygiënisch werken') en het bijbehorende werkboekje [5], en dan vooral de eerste checklist 'Algemene basisregels voor hygiëne tijdens het werk' daaruit.

5.2.2 Het vullen van een filter

Een filter kan (per filtermateriaal) eventueel in droge vorm of in suspensie in een keer worden gevuld, waarna de laag (mechanisch en/of door spoeling) wordt afgevlakt. Doorgaans wordt het filtermateriaal als slurry met water in het filter gebracht om stof en slijtage van filtermateriaal te voorkomen.

Afhankelijk van de aard van het filtermateriaal wordt dit materiaal voldoende lang (volgens de specificaties van de leverancier) onder water gezet (dus nog niet gespoeld). Zogenaamde fines worden verwijderd door middel van het afschrappen van de bovenlaag. Hierna wordt het ingebrachte filtermateriaal enkele minuten gespoeld. Materiaal dat niet voldoende is bevochtigd, wordt tijdens dit spoelen verwijderd.

In het geval het om twee of meer lagen gaat, worden aansluitend het tweede en eventueel volgende filtermateriaal ingebracht. Na het aanbrengen van elke laag wordt steeds enkele minuten gespoeld.

Nieuw filtermateriaal behoort vrij te zijn van verontreinigingen. Voor publiek- en privaatrechtelijke regelgeving van filtermaterialen wordt verwezen naar hoofdstuk 2. De daarin genoemde beoordelingsrichtlijn voor filterzand en -grind ([BRL-K240](#)) bevat eisen ten aanzien van korrelgrootteverdeling, stofgehalte, dichtheid, mineralogische samenstelling, gehalte aan in zuur oplosbare bestanddelen, onzuiverheden, microbiologie en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's).

Ten slotte moet het filtermateriaal zo nodig worden gedesinfecteerd.

5.2.3 Eigenlijke inbedrijfneming

Na het vullen van een filter met filtermateriaal, het spoelen en de start van de productie moet het filtraat worden afgevoerd, totdat door middel van waterkwaliteitsbeoordeling een bij een normale productie optredende filtraatkwaliteit wordt aangetoond. Bovendien moet rekening worden gehouden met het feit dat het enige tijd (rijpingstijd, zie § 3.2.2) duurt voordat een filter optimaal werkt. Een en ander is ook van toepassing in het geval filtermateriaal wordt toegevoegd of vervangen, of vanwege onderhoud tijdelijk uit de filters was verwijderd.

De eerste spoelingen moeten plaatsvinden in combinatie met een visuele controle van het filterbed. Wanneer wordt geconstateerd dat filtermateriaal wegspoelt (bijvoorbeeld met behulp van een zeef aan de overstortrand), moet in eerste instantie de spoelwatersnelheid worden gereduceerd. Bij aanhoudend wegspoelen moeten de gekozen vrijboordhoogte (zie bijlage I) en laaghoogte, en de ingestelde spoelsnelheid worden gecontroleerd.

5.3 Reguliere productie

5.3.1 Algemeen

Een optimale werking van het filtratieproces is een continue bedrijfsvoering met tussentijdse regelmatige spoeling van de afzonderlijke filters, maar zonder verdere onderbrekingen en stilstand. Hiertoe behoort ook een zo gelijkmatig mogelijke doorstroming bij een zo constant mogelijke kwaliteit van het influent. Bij grotere schommelingen in de waterbehoefte is een continue, gelijkmatige doorstroming vaak niet realiseerbaar. Een aanpassing aan de schommelingen in de waterbehoefte kan behalve door benutting van opslagcapaciteit ook worden bereikt door een aangepast debiet of stilstand van afzonderlijke filters. Aanpassingen van het debiet moeten langzaam plaatsvinden om de kans op het loslaten van deeltjes zo veel mogelijk te beperken.

5.3.2 Regeling van het debiet

Bij de regeling van het debiet moet er in het algemeen op worden gelet dat:

- De filtratiesnelheid de voor de kwaliteit van het filtraat kritieke waarde niet overschrijdt;
- De bovenwaterstand de toelaatbare grenswaarde niet overschrijdt;

- Het filterbed niet mag droogvallen als het voor een goede filtratie nodig is dat het filterbed steeds onder water staat;
- De waterverdeling over de in bedrijf zijnde filters zo gelijk mogelijk is, in het geval deze een gelijke opbrengst moeten hebben.

Om het toenemen van de weerstand van het filterbed tijdens de productie te compenseren is het volgende mogelijk:

- Bovenwaterstand laten stijgen
In dit geval wordt de voordruk in het filterbed verhoogd door het waterniveau boven het filterbed te laten stijgen en wel zodanig dat de stijging van het niveau gelijk is aan de toename van de weerstand van het bed. Een variant hierop is de verlaging van de overstorthoogte aan de afvoerszijde.
- Kunstmatig de weerstand verkleinen
Volgens deze methode wordt een aan de afvoerszijde van het filter aangebrachte kunstmatige weerstand verkleind (bijvoorbeeld via een afsluiter) en wel zodanig dat de weerstandsvermindering steeds gelijk is aan de toename van de weerstand van het bed.
- Debiet verminderen
Het debiet kan tijdens de filtratieperiode zodanig worden verminderd dat de weerstandsvermindering door het verkleinen van de snelheid gelijk is aan de weerstandsvermeerdering als gevolg van de toenemende vervuiling. Deze methode kan aantrekkelijk zijn als ook een afnemende filtratiesnelheid voor de verbetering van het filtratieproces gewenst is. Deze maatregel leidt echter ook tot een afnemende productie en is daarom meestal minder gewenst vanwege debietsvariaties in zuivering en afname productiecapaciteit.

De volgende eisen of wensen kunnen met betrekking tot de filterregeling van belang zijn:

- Eisen ten aanzien van het debiet:
 - De filtratiesnelheid moet binnen nauwe grenzen worden gehouden en is dus nagenoeg constant
Dit kan nodig zijn in verband met het filtratieproces, bijvoorbeeld bij droogfiltratie. In het geval van droogfiltratie dient tevens zorg te worden gedragen voor een gelijkmatige verdeling van het water boven het filter. In het speciale geval dat de bovenwaterniveaus van een reeks filters met elkaar in rechtstreekse verbinding staan (communicerend), is toepassing van flowregelaars nodig.
 - De filtratiesnelheid mag of moet binnen ruime grenzen variabel zijn
Een variabele snelheid kan gewenst zijn om het debiet aan te passen aan het variabele gebruik. Het kan ook gewenst zijn dat het debiet bij toenemende weerstand wordt verminderd.
- Eisen ten aanzien van de bovenwaterstand:
 - Het peil moet binnen betrekkelijk nauwe grenzen worden gehandhaafd, dat wil zeggen moet nagenoeg constant zijn
Deze eis kan zijn gebaseerd op de noodzaak van hetzij een voldoende lange, hetzij een zo kort mogelijke verblijftijd van het water boven het bed of op noodzakelijke ontzuring. Het kan ook zijn dat een vaste bovenwaterstand gewenst is om (i) de bouwhoogte van het filter te beperken, (ii) afsluiters in de afvoergoot te vermijden, (iii) wegens esthetische eisen of (iv) omdat de toegankelijkheid tot en de controlemogelijkheid van het filter beter is gewaarborgd dan bij stijgende bovenwaterstand.
 - Het peil mag of moet met toenemende filterbedweerstand toenemen
Deze eis kan worden gesteld om het optreden van te grote onderdrukken in het

filterbed te vermijden of om voldoende overdruk tot stand te brengen als deze nodig is om grote weerstanden te overwinnen dan wel om grote snelheden te bereiken. Een bijzonder regelorgaan aan de afvoerszijde is hierbij niet nodig (weerstandscompensatie met oplopende waterstand). Bij toepassing van een veranderlijke bovenwaterstand kan de ruimte boven het filter als buffer dienst doen, wat kan bijdragen aan een stabiel werkende en daardoor zekere bedrijfsvoering.

In het geval het debiet wordt geregeld, kan deze regeling veelal worden gecombineerd met een meting van het debiet per filter. Als het debiet op een constante waarde wordt geregeld, is een debietmeting zelfs noodzakelijk om deze constante waarde te kunnen instellen en controleren.

De verschillende principes van constante of stijgende bovenwaterstand, constant of variabel afvoerniveau en constant of variabel debiet kunnen tot vele uitvoeringsvormen worden gecombineerd.

5.3.3 Filtratiesnelheid en filterweerstand

Het afstemmen van de filtratiesnelheid op de benodigde waterproductie is van groot belang voor het functioneren van filters. De kennis of filters van een productielocatie aan/uit moeten worden geschakeld of met een variërende filtratiesnelheid moeten worden bedreven, kan in belangrijke mate bijdragen aan een goede kwaliteit van het filtraat. Filtratie is en blijft maatwerk.

Enkele hoofdaspecten van de bedrijfsvoering van filters voor de verschillende processen zijn in het vervolg kort samengevat [33, 42]. De filtratiesnelheid bedraagt meestal 4 tot 8 m/h. Regelmatig worden echter grotere snelheden bijvoorbeeld tot 10 – 20 m/h toegepast, vooral bij voorfiltratie en drukfilters.

Verwijdering van ijzer

Een variatie van de filtratiesnelheid kan effect hebben op de concentratie ijzer in het filtraat, vooral als door voor-oxidatie colloïdaal ijzer ontstaat dat slecht filtreerbaar is (bij hogere filtratiesnelheid is de tijd van voor-oxidatie korter) en de ijzerhydroxidevlokken in het filterbed gemakkelijk losspoelen door snelheidsverhoging. Voor de continuïteit van het ontijzeringsproces bij korte of lange(re) stilstand (meer dan een etmaal) hoeft dit geen probleem te vormen. Voor een goede bedrijfsvoering is het noodzakelijk het effect op de ontijzering experimenteel vast te stellen door middel van een continue troebelheidsmeting van het filtraat. Ijzerdoorslag na starten kan optreden wanneer ijzer-vlokken gemakkelijk losspoelen bij korte of langdurige stilstand. Een nadeel is dat de duur van de looptijd tussen filterspoelingen (die het beste kan worden aangepast aan de ijzerbelasting over een looptijd) moeilijker is te regelen. Het effect van starten na stilstand dient experimenteel te worden vastgesteld.

Verwijdering van mangaan

Voor mangaan kan de variatie van de filtratiesnelheid periodiek tot een hogere concentratie in het filtraat leiden als de minimaal benodigde contacttijd niet wordt bereikt. Mogelijk worden te hoge concentraties in het filtraat van filters met veel biologische activiteit en/of een grotere hoeveelheid biomassa in het filterbed teruggevonden. In dat geval moet de stilstandtijd experimenteel worden vastgesteld. Een kortere periode van stilstand is voor het ontmanganingsproces op zich geen probleem. Bij een langere stilstandtijd is inwerken niet nodig, tenzij de stilstand weken heeft geduurd of het filterbed is ingedroogd door leeglopen.

Omzetting van ammonium en biologische aspecten

Voor de omzetting van ammonium kan de variatie van de filtratiesnelheid plaatsvinden zonder dat de nitrificatie onvoldoende wordt, mits de minimaal benodigde contacttijd wordt gehaald en als de hoogste filtratiesnelheid (of eigenlijk de hoogste ammoniumbelasting) kortere tijd van tevoren (grootteorde circa een week) is toegepast met volledige verwijdering (geldt voor grondwater bij constante temperatuur). Bij korte stilstand kan dit tot hogere concentraties nitriet en mangaan in het filtraat leiden bij hogere ammoniumbelasting van het filter en/of veel biomassa in het filterbed. Tevens kan dit inwerktijd vergen om weer volledig te verlopen. Bij langduriger stilstand kan de microbiologische kwaliteit van het eerste filtraat na starten onvoldoende zijn geworden. In extremere gevallen kan het filtraat stinken. De voornoemde effecten zijn te beperken door het filter droog weg te zetten of het filtermateriaal extern te reinigen en daarna langdurig in te laten lopen om processen weer op gang te krijgen. Tevens kan het filtermateriaal goed schoon gespoeld worden voor het wordt stilgezet en hierna, afhankelijk van de temperatuur, het filter regelmatig te spoelen (zie ook subparagraaf 5.5.1).

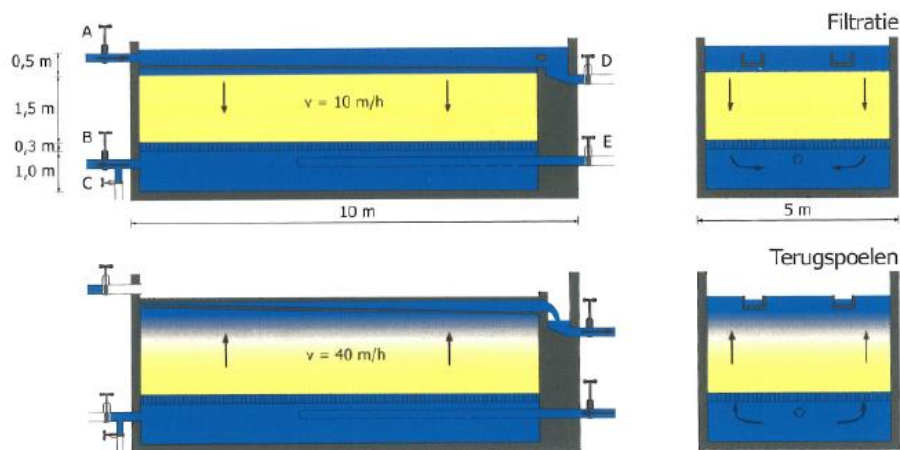
Met betrekking tot de biologische aspecten bij variatie van de filtratiesnelheid kan met regelmaat enige tijd (bijvoorbeeld een etmaal) stilzetten van een filter tot verhoging van de aantallen *Aeromonas* bacteriën in het filtraat leiden. Langdurige stilstand kan leiden tot een te lage microbiologische kwaliteit. Na langduriger stilstand kan het filtraat pas weer worden gebruikt na microbiologische waterkwaliteitsbeoordeling. Uitsluitend in een noodgeval is het filtraat te gebruiken, voordat de microbiologische waterkwaliteitsbeoordeling is uitgevoerd: wanneer de troebelheid niet meer is verhoogd, het water goed is qua geur en smaak, en als er nog een (na)desinfectie plaatsvindt na de snelfiltratie.

Vervuiling en opbouw van weerstand in het bed

Grote variaties in de filtratiesnelheid dienen te worden vermeden (zie hierboven). Door plotselinge snelheidsvergroting kan slib dat zich reeds in het bed had afgezet, dieper in het bed dringen of zelfs door het filtraat worden meegevoerd.

Om een bepaalde filtratiesnelheid te bereiken, moet een zekere weerstand in het filterbed worden overwonnen. Deze weerstand mag niet zo hoog oplopen dat er ontoelaatbare onderdrukken in het filterbed optreden. De toelaatbare filtratiesnelheid en de optredende filterweerstand hangen nauw samen met de hoogte van het filterbed, de korrelgrootte van het filtermateriaal, de mate en aard van de vervuiling (die afhankelijk zijn van het type en de samenstelling van het te behandelen water) en de gewenste kwaliteit van het filtraat. Over het algemeen leidt afzetting van het slib aan het oppervlak van het filter (oppervlaktevervuiling) sneller tot verstopping en hierdoor tot grotere weerstand dan een dieper doordringende vervuiling (dieptevervuiling of volumeberging). Bij afzetting van het slib over grotere diepte is het gevaar voor onderdruk kleiner, terwijl de vuilberging (specifieke sliblast) en de looptijd hierdoor kunnen worden vergroot. Het schoonspoelen vereist echter meer aandacht naarmate het bed dieper is vervuild.

In figuur 2 is een schematische weergave van de uitvoering van snelfiltratie opgenomen.



FIGUUR 2 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE UITVOERING VAN EEN SNELFILTER (BRON: [13]).

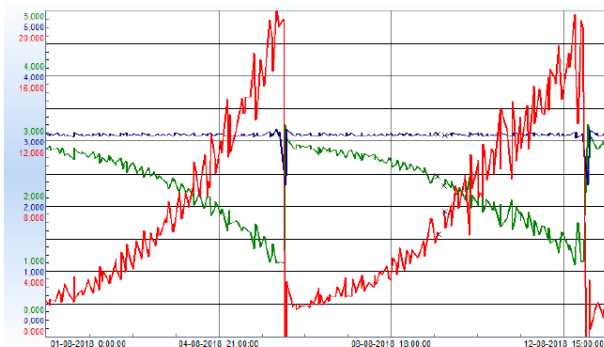
De korrelafmeting heeft een grote invloed op de weerstand, zodat wijziging hiervan een effectief middel is om de weerstand te wijzigen. Dit mag niet ten koste gaan van de kwaliteit van het filtraat en ook niet het effect van het spoelen ongunstig beïnvloeden. De beginweerstand van het gespoelde bed behoort bij de gebruikelijke filtratiesnelheid slechts enkele kPa's te zijn. Vaak is die weerstand in de orde grootte van 6 – 10 kPa. Het quotiënt van de beginweerstand en de bijbehorende filtratiesnelheid vormt een geschikte controlewaarde op de mate van blijvende vervuiling van het filterbed. Een lagere beginweerstand betekent een langere filtratieperiode.

De toelaatbare eindweerstand van het bed (die behalve met de filtratiesnelheid, de dikte en de korrelgrootte van het filterbed nauw samenhangt met de aard, de hoeveelheid en de verdeling van het in het bed verzamelde slib) bedraagt meestal 10 – 15 kPa. Soms wordt gefiltreerd tot eindweerstand van 20 kPa en hoger.

Tegen het einde van een filtratieperiode neemt de weerstand in verhouding tot de opbrengst snel toe. Het is zowel vanwege de bouw- als exploitatiekosten, oneconomisch de filtratie voort te zetten tot in het steile gedeelte van de weerstandskromme. Als de omstandigheden dit toelaten, is het gewenst filtratieperioden van gelijke duur toe te passen. Het blijkt dat de looptijd van een filter meestal wordt bepaald door de maximale weerstand die op grond van economische en technische overwegingen toelaatbaar wordt geacht. De looptijd mag nooit zo lang zijn dat het filter vanwege te grote of te diepe vervuiling niet meer behoorlijk kan worden schoongespoeld.

Figuur 3 geeft een voorbeeld van de drukopbouw in een snelfilter van Waternet (productielocatie Loenderveen). In deze figuur zijn twee cycli weergegeven met het drukverschil, de druk op de bodem en het waterniveau. Het effect van het terugspoelen van het snelfilter is duidelijk te zien.

Drukverschil Niveau Bodemdruk



FIGUUR 3 VOORBEELD VAN EEN METING VAN DE DRUKOPBOUW VAN EEN SNELFILTER (WATERNET).

Meestal wordt er naar gestreefd de filtratiesnelheid gedurende de looptijd van het filter constant te houden. Het kan gewenst zijn hiervan af te wijken ten behoeve van de regeling van het filter of om het debiet aan te passen aan een variabel gebruik. Als gevolg van de toenemende verstopping van de poriën zullen de werkelijk in de poriën optredende snelheden tegen het einde van de filtratieperiode echter groter geworden zijn, waardoor de kans op doorslaan van het filter wordt vergroot.

Het is gebleken dat de kans op doorslaan van het filter kan worden verminderd door de filtratiesnelheid te laten afnemen bij toenemende filterweerstand (ook wel 'declining rate filtration' genoemd; punt 17.2 van [11]). Door de filtratie met constante snelheid te vervangen door filtratie met een hogere beginsnelheid en een lagere eindsnelheid, is het in bepaalde gevallen mogelijk een grotere opbrengst en een betere waterkwaliteit te verkrijgen. Het oppervlak van de snelheidskromme is een maat voor de specifieke opbrengst van het filter. Deze filtratiemethode kan eventueel worden gecombineerd met die waarbij het debiet wordt verminderd ter compensatie van de toenemende weerstand van het filterbed. In het algemeen is het raadzaam de filtratiesnelheid direct na het spoelen gedurende enige tijd niet te verhogen.

Eerste spoeling

In het geval een snelfilter na het spoelen direct op volle snelheid wordt gestart, dan is het eerste filtraat gedurende een bepaalde periode (15 – 30 min, maar soms langer dan een uur) meestal van mindere kwaliteit dan gedurende de rest van de filtratieperiode. Dit kan het gevolg zijn van (i) losgespoelde maar niet verwijderde slibresten die door het eerste filtraat worden meegevoerd, (ii) een tijdelijk verminderde werkzaamheid van het schoongespoelde oppervlak van het filtermateriaal en (iii) de wijdere openingen van de schoongespoelde poriën. Als de kwaliteit van het eerste filtraat niet acceptabel is, kunnen de volgende maatregelen worden getroffen, afgezien van de mogelijkheid tot wijziging van het filterbed en van de spoelmethode:

- Het eerste filtraat afvoeren en niet als reinwater gebruiken
Filter-technisch gezien is deze methode niet aantrekkelijk, omdat de oorzaak (doorslag) niet wordt tegengegaan en het afvoeren van het filtraat niet economisch is.
- De filtratiesnelheid gedurende de aanlooperperiode verminderen
Door de periode van filtratie te beginnen met een lage snelheid en deze gedurende de

aanlooperperiode geleidelijk aan te verhogen, kan het eerste filtraat meestal volledig worden benut.

Regeling filtratiesnelheid

De regeling van de filtratiesnelheid dient zodanig plaats te vinden dat deze vanaf het begin van de periode van filtratie langzaam toeneemt. Ook het voorkomen van waterslag speelt daarbij een rol. Behalve de toepassing van variabele filtratiesnelheden (die behalve een verhoging van het filterrendement ook een verbetering van de kwaliteit van het filtraat nastreven) kan het nodig zijn de filtratiesnelheid te veranderen:

- Als compensatie van de toenemende filterweerstand door middel van vermindering van het debiet plaatsvindt;
- Als de filtratiesnelheid afhankelijk is van de afgevoerde hoeveelheid reinwater of van de toegevoerde hoeveelheid ruwwater;
- Als de gezamenlijke in bedrijf blijvende filters gedurende het spoelen, onderhouds- of reparatiewerk van een van de filters een constant totaaldebiet moeten blijven leveren.

Van de onder de twee laatste bullets genoemde snelheidswijzigingen is gebleken dat die het filtratieproces meestal niet ten goede komen. Plotselinge snelheidsverhogingen dienen te worden vermeden.

Naarmate een filterbed uit zand van meer uiteenlopende afmetingen bestaat, bijvoorbeeld door erosie van het filtermateriaal, zal de weerstand van het filterbed groter zijn, omdat (i) de weerstand kwadratisch met de korrelgrootte verandert en (ii) de kleine korrels de poriën tussen de grotere kunnen opvullen. In het bed zal stratificatie optreden, waardoor de kleinste deeltjes in de bovenste laag van het bed terechtkomen. Hierdoor wordt de kans groter op een meer geconcentreerde vervuiling bovenin met een extra weerstandsverhoging. Zijn de fijne zandfracties eenmaal in de bovenste lagen terechtgekomen, dan kan de weerstand zo nodig worden verlaagd door de fijne deeltjes te verwijderen (scheppen of spoelen).

5.3.4 Slib(last)

De specifieke sliblast hangt af van het watertype, de filtratiesnelheid, de korrelgrootte en de looptijd. Deze sliblast kan door die variabelen sterk variëren en bedraagt normaal 0,5 tot 5 kg/m². De specifieke wateropbrengst ligt meestal tussen de 150 en 300 m³/m². Bij toepassing van een filterbed van relatief grof materiaal kunnen deze waarden hoger liggen. Bij filterbedden van betrekkelijk fijn materiaal moet de sliblast gering zijn anders treedt er sneller verstopping op. De specifieke sliblast en opbrengst zijn dan vaak kleiner dan 1 kg/m² respectievelijk 150 m³/m².

De specifieke sliblast zal bij een ingewerkt, goed functionerend filter onder gelijkblijvende condities steeds ongeveer een zelfde waarde hebben, die gelijk is aan de zogenaamde tijdelijke vervuiling (zie bijlage I) per m² filteroppervlak. Dit is de hoeveelheid slib die tijdens het spoelen per m² uit het filter wordt verwijderd.

Als die tijdelijke vervuiling kleiner is dan de specifieke sliblast, neemt de hoeveelheid slib die na het spoelen in de poriën van het filterbed achterblijft (blijvende vervuiling) toe. In dit geval zal de beginweerstand van het filter langzamerhand toenemen en is het belangrijk de spoelmethode te verbeteren. Om een goed inzicht in de blijvende vervuiling van het filter te verkrijgen, is het nodig de weerstand van het schone filter bij ingebruikneming vast te stellen.

Behalve de afzettingen van slib in de poriën (dit zijn de blijvende en tijdelijke vervuiling in het filterbed die de weerstand verhogen) kan zich ook slib hechten aan het oppervlak van het filtermateriaal (ijzer- en mangaanoxiden en calciumcarbonaten), waardoor dit materiaal door een 'huidje' wordt omgeven. Door deze korrelaangroeiing kan in de loop der jaren een belangrijke vergroting van de korreldiameter ontstaan (0,5 – 1 mm). Als gevolg hiervan nemen de afmetingen van de poriën en de dikte van het bed toe, terwijl de weerstand en de expansie bij gelijkblijvende snelheid afnemen. Bovendien veranderen de dichtheid en de samenstelling van de korrel. Genoemde veranderingen zijn van invloed op het filtratieproces en de kwaliteit van het filtraat, hoewel eventuele veranderingen slechts over een langere periode merkbaar zullen zijn.

Meestal wordt aan de korrelaangroeiing weinig aandacht besteed, omdat dit vaak langzaam en daarom onopgemerkt gebeurt. Proefinstallatie onderzoek heeft aangetoond dat er sprake kan zijn van adsorptieve ontijzering [22]. De gevolgen kunnen wel belangrijk zijn, een regelmatige controle van de korrelgrootte is daarom gewenst. Ongewenste gevolgen van aangroeiing kunnen zijn het ontstaan van te grote schilfers (losspringende huidjes) en het te diep doordringen van slib in de vergrote poriën. Het losgemaakte materiaal wordt door de spoeling vaak niet volledig afgevoerd en zet zich dan voor een deel als slib in de poriën af. Het is dan waarschijnlijk dat een eenmalige spoeling met verhoogde capaciteit een (tijdelijke) verhoging van de weerstand te zien geeft. Bij een wijziging van de spoeling vindt er na een aantal spoelingen weer een evenwichtstoestand plaats. Lukt het niet de aangroeiing op deze wijze te verwijderen, dan wordt de aanbeveling gedaan het filtermateriaal te vervangen.

Slibballen ('mudballs') ontstaan door samenklontering van compact slib (soms gemengd met filtermateriaal). De vorming daarvan moet zo veel mogelijk worden voorkomen. Zo nodig moeten slibballen worden verwijderd of fijngewreven en met intensieve spoeling worden tegengegaan.

Slibballen die zich bovenin het filterbed hebben gevormd, hebben soms de neiging in het bed omlaag te zakken, waardoor verstoppingen kunnen ontstaan. Het kan ook gebeuren dat de slibballen zich onder in het bed vormen door samenklontering van slib, dat door neerwaartse secundaire stromingen wordt meegesleept of op andere wijze diep in het filter is doorgedrongen.

Spleten kunnen optreden als het filterbed door de vervuiling samendrukbaar wordt. Als gevolg van de filtratiedruk wordt het bed samengedrukt, waardoor het kan scheuren. Ook hier kan een intensieve spoeling verbetering geven.

Het zuiveringsproces zal in het algemeen beter verlopen naarmate de filtratiesnelheid minder varieert. Relatief grote schommelingen in de filtratiesnelheid als gevolg van verschillen in verbruik kunnen worden opgevangen met een extra berging voor reinwater.

5.4 Waterkwaliteitsbeoordeling

Afhankelijk van de gewenste zuivering moet regelmatig waterkwaliteitsbeoordeling worden uitgevoerd in zowel het influent als in het filtraat, in verband met de werking van een filter. Daarnaast zijn permanente metingen in het filtraat van belang, zodat tijdens het filtratieproces veranderingen in de kwaliteit daarvan snel kunnen worden geconstateerd. De belangrijkste parameter bij de verwijdering van deeltjes door snelfiltratie is de troebelingsgraad. Bij biologische verwijdering zijn dat de parameters ammonium, zuurstof en zuurgraad.

De bewaking van de werking van een afzonderlijk filter of van meerdere filters is noodzakelijk om veranderingen in de filterkwaliteit te kunnen volgen, bijvoorbeeld:

- Troebelingsgraad, eventueel deeltjestelling of zwevende stof;
- Restconcentraties van vlok(hulp)middelen;
- Microbiologische parameters;
- Desgewenst en/of locatie specifiek overige parameters zoals looptijd, drukval, tijdsduur en waterkwaliteit, bijvoorbeeld voor de controle van biologische en chemische processen in de filters (zuurstofopname, veranderingen in de pH-waarde, ijzer, mangaan, ammonium, nitraat en nitriet).

Doorstroom- respectievelijk filtratiesnelheid en schommelingen hierin zijn van invloed op de kwaliteit van het filtraat en moeten daarom eveneens worden gemeten en geregistreerd. Bij parallel gebruikte filters moet worden gelet op een gelijkmatige verdeling van het water over alle filters. Een permanente filterbewaking is noodzakelijk in gevallen waarbij de looptijd van een filter niet uitsluitend wordt begrensd door de weerstand van dat filter, maar door de waterkwaliteit.

5.5 Filterspoeling

5.5.1 Doel, criteria en algemene regels

Het belangrijkste doel van de filterspoeling is het herstel van de volledige werking van een filter tijdens de bedrijfsvoering. Mechanismen voor dit doel kunnen zijn:

- Mobiliseren en verwijderen van opgeslagen en/of geadsorbeerde stoffen;
- Losmaken van filtermateriaal voor het herstel van een toereikend volume tussen de korrels (hierbij gaat het om het herstel van het specifiek oppervlak en het verlagen van de filterweerstand);
- Voorkomen van aancoeken en vastplakken van het filtermateriaal (hierbij gaat het om het herstel van het specifiek oppervlak en het verlagen van de filterweerstand), vorming van slibballen;
- Verwijderen van gassen uit het filterbed;
- Verwijderen van gedeelten met fijne korrels (bijvoorbeeld geërodeerd filtermateriaal).

Criteria voor het uitvoeren van een filterspoeling zijn:

- Het bereiken van een vastgesteld(e) looptijd of gefiltreerd debiet;
 - Een hogere filterweerstand dan gespecificeerd (gemeten als drukverschil of drukopbouw);
 - Gevaar voor (i) aancoeken van het filtermateriaal, (ii) kiemvorming (groei en/of besmetting met pathogenen) in het filtermateriaal en (iii) de vorming van geur- en smaakstoffen;
 - Een lagere filterkwaliteit dan gespecificeerd;
 - Vullen of navullen van filtermateriaal;
 - Vóór en na langere stilstand van het filter
- Bij voorkeur worden filters die langer dan vijf dagen stilstaan droog weggezet. Wanneer filters tijdelijk 'droog' worden weggezet, wordt het filter voor het drooglopen volgens de gangbare procedure gespoeld. Wanneer filters tijdelijk 'nat' worden stopgezet, moeten deze bij een temperatuur > 12 °C elke twee dagen worden gespoeld. Bij een temperatuur ≤ 12 °C is hiervoor een frequentie van vijf dagen van toepassing.

Het spoelcriterium wordt meestal bepaald door een combinatie van factoren: de ingaande waterkwaliteit, de uitgaande waterkwaliteit, karakteristieken van het filtermateriaal en de drukopbouw over het filter. Drukopbouw is vaak (maar niet altijd) een indicator voor een spoeling. Voor zover er geen sprake is van andere specifieke ervaringen moeten filters

periodiek (situationeel) worden gespoeld om kiemvorming en aancoeken te voorkomen. Aancoeken van filtermateriaal leidt tot kanaalvorming en zodoende tot een vermindering van de filtraatkwaliteit. Eenmaal aangekoekte materialen of grotere samenklontering van het filtermateriaal kunnen vaak niet meer worden verwijderd met de beschikbare spoeltechniek.

Met betrekking tot het spoelen van snelfilters worden de volgende algemene regels gesteld:

- Het spoelen behoort zo lang en met zodanige snelheden (zie verder) te worden uitgevoerd dat een effectieve reiniging van het filterbed wordt verkregen;
- Het spoelen gebeurt met water van ten minste dezelfde kwaliteit als het filtraat;
- Het ontstaan van plaatselijke ophopingen van slib of scheuren in het filterbed dient te worden voorkomen.

5.5.2 Spoelmedia en gebruik

Spoelprogramma

Het spoelprogramma beschrijft het verloop van de spoeling met betrekking tot soort en volgorde van de spoelmedia (water en/of lucht), de spoelsnelheid en de duur van de afzonderlijke programmastappen (voor voorbeelden, zie bijlage IX).

Voor een goede werking van het filter is het spoelen volgens een schema uiterst belangrijk. Het spoelprogramma (de looptijd, de snelheid en de verhouding van water en lucht) dient proefondervindelijk in de praktijk te worden bepaald en regelmatig te worden beoordeeld aan de hand van de vervuiling van het filter. Dit kan onder andere gebeuren door controle van de actuele weerstand ten opzichte van de beginweerstand van het filterbed. Deze weerstand moet vrijwel constant blijven. Verder is het voor een goede controle gewenst het bed regelmatig met een speciaal daarvoor ontworpen steekapparaat te bemonsteren en te onderzoeken.

Spoeling uitsluitend met water

De spoeling met uitsluitend water kan in speciale gevallen worden toegepast, bijvoorbeeld als het gaat om het losmaken van het filtermateriaal of gasuitstroming.

Spoeling van enkellaagsfilters

Enkellaagsfilters met kwartszand als filtermateriaal worden doorgaans eerst met lucht (circa 1 – 3 min), vervolgens gecombineerd met lucht en water (circa 5 – 10 min) en ten slotte uitsluitend met water (circa 3 – 10 min) gespoeld. Voor de luchtspoeling worden vaak hoeveelheden van 60 – 80 Nm³/h gekozen. Voor de gecombineerde lucht/waterspoeling wordt een hoeveelheid van 60 Nm³/h aangehouden, terwijl de watersnelheid 10 – 25 m/h bedraagt. Hoe fijner de korrels en hoe kleiner de dichtheid van het filtermateriaal, des te groter is het gevaar dat materiaal wegspoelt bij te hoge spoelwatersnelheden. De afsluitende waterspoeling voor het verwijderen van het slibhoudende water bij de bovenwaterstand (schoonspoelen) wordt uitgevoerd met een spoelwatersnelheid van circa 10 - 25 m/h. Enkellaagsfilters met een filtermateriaal lichter dan kwartszand (bijvoorbeeld antraciet) kunnen meestal niet met lucht/water worden gespoeld, omdat door de spoellucht het filtermateriaal voor een deel los kan raken en kan worden weggespoeld. De snelheid moet worden afgestemd op de dichtheid en de fractie van het filtermateriaal.

Spoeling van meerlaagsfilters

De spoelprogramma's zijn afhankelijk van de constructie van de filters met betrekking tot de afvoer van slibhoudend water. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de afvoer van het slibhoudende water via een overloopgoot of -trechter. Meerlaagsfilters met een overloopgoot of -trechter kunnen meestal uitsluitend gescheiden met lucht worden gespoeld (na verlaging van het waterniveau tot het niveau van het filtermateriaal (circa 1 tot 3 min bij een snelheid

van circa 60 m/h) en na een rusttijd van 1 tot 2 min met water (circa 3 tot 5 min). Bij de waterspoeling is de spoelwatersnelheid afhankelijk van de soort en de korrelgrootteverdeling van het filtermateriaal. Er dient voldoende expansie van het filterbed te worden bereikt. Er moet voor worden gezorgd dat de lucht die tijdens de luchtspoeling is binnengekomen bij de volgende waterspoeling ontsnapt, voordat het waterniveau de overstortrand van de spoelwatergoot bereikt. Zo kunnen eventuele materiaalverliezen worden gereduceerd. Terugspoelsnelheden moeten door de gebruiker worden vastgesteld.

Hoeveelheid spoelwater en -lucht

Het spoelwatervolume dat nodig is voor een spoeling kan worden berekend op basis van het filteroppervlak, de spoelwatersnelheid en de spoelduur. De spoelduur is afhankelijk van de penetratiediepte en van de hoeveelheid en soort vaste stoffen, vrijboordhoogte en laagdikte. Een vuistregel hiervoor bestaat niet, een en ander gebeurt situationeel op basis van ervaringen met afname van drukval na spoelen. Ter indicatie is voor zowel water als voor lucht meestal een hoeveelheid spoelmedium nodig dat ligt tussen 2 en 8 m³ per spoeling per m² filteroppervlak. Het spoelwaterverbruik bedraagt meestal tussen 0,5 en 3% van de totale wateropbrengst van het filter, maar kan bij moeilijk te behandelen watertypes hoger liggen.

Spoelwatersnelheid en -capaciteit

De spoelwatersnelheid moet dusdanig hoog zijn dat de vaste stoffen die in de ruimte tussen de korrels in het filterbed zijn achtergebleven, kunnen worden verwijderd. De specificaties met betrekking tot de spoelsnelheid van water en lucht voor de afzonderlijke filtermaterialen worden vermeld in de technische specificaties van de producent of leverancier. Er moet bij oppervlaktewater rekening worden gehouden met het feit dat de temperatuur van invloed is op de viscositeit van het water. Bij toenemende temperatuur wordt de viscositeitscoëfficiënt kleiner, waardoor de spoelsnelheid van deeltjes in het water (wet van Stokes) groter en de expansie bij een bepaalde spoelsnelheid kleiner wordt. Het kan soms nodig zijn de spoelsnelheid bij een stijging van de temperatuur van het water van 10 °C met 20 - 25% te verhogen om hetzelfde spoeeffect te behouden.

De spoelwatersnelheden liggen doorgaans tussen 10 en 50 m/h. Raadpleeg hiervoor de spoelcurve geleverd door de leverancier (voor een voorbeeld, zie bijlage VIII).

De luchtsnelheden variëren gewoonlijk tussen de 30 en 60 m/h, maar liggen regelmatig in de buurt van 100 m/h en hoger. Evenals bij elke waterspoeling is het gewenst om van extra reservecapaciteit uit te gaan. Ook voor lucht hangt de spoelsnelheid nauw samen met andere factoren en zullen de gekozen waarden in de praktijk moeten worden getoetst, onder andere op het reinigende effect en de gelijkmatigheid van de verdeling.

Hoewel als regel een gecombineerde water-luchtspoeling wordt toegepast, kunnen in bepaalde gevallen gunstige resultaten worden bereikt met uitsluitend waterspoeling, bijvoorbeeld bij oppervlaktevervuiling en bij gebruik van fijn filtermateriaal.

Bij afzonderlijke water- of luchtspoeling gevolgd door een gecombineerde spoeling, varieert de duur van de voorafgaande spoeling in de praktijk meestal tussen de 2 en 8 min. De gecombineerde lucht- en waterspoeling vraagt in de meeste gevallen een spoeltijd die ligt tussen de 5 en 10 min. De afsluitende waterspoeling die het resterende losse slib en de achtergebleven lucht uit het bed verwijdert, duurt meestal 2 tot 6 min. Bij een goed ingericht filter wordt met een totale spoeltijd van ongeveer 20 min een voldoende reiniging verkregen. In ieder geval moet de spoeltijd zo lang zijn dat de blijvende vervuiling in het filter op den duur niet toeneemt, waarbij vooral aandacht moet worden gegeven aan de dieptevervuiling.

In het verleden werd begonnen met een afzonderlijke luchtspoeling, maar er is gebleken dat het weinig efficiënt is om het filterbed over de hoogte in beweging te krijgen. Daarom wordt geadviseerd de lucht met een klein deel water te combineren. Door afzonderlijke luchtspoeling wordt water uit het bed gedreven, waardoor het zand minder gemakkelijk beweegt en de kans op vorming van luchtkanalen groter is. Bovendien is combinatie met water gunstig voor de luchtverdeling en de afvoer van het slib uit het filterbed. Een gelijkmatige toevoer van de spoelmedia in het filterbed is van het grootste belang. Voor een effectieve, regelmatig verdeelde luchtspoeling is een nauwkeurige horizontale afstelling van de luchtopeningen nodig.

Door een filterbed intensiever te spoelen, wordt niet altijd een gunstiger effect bereikt. Bijvoorbeeld de ontmangling en nitrificatie kunnen er door verminderen. Vooral tijdens de inwerkperiode kan het gewenst zijn het filterbed niet volledig schoon te spoelen om de rijping te bevorderen.

Het spoelwater dat zich aan het einde van de spoelperiode in het filterbed bevindt, bevat doorgaans nog resten van het losgemaakte maar niet afgevoerde slib. Als dit slib in het begin van de volgende filtratieperiode niet voldoende wordt tegengehouden dan zou het eerste filtraat een te hoog slibgehalte kunnen hebben. In het geval er geen volgende filtratiestap in de zuivering is, dan is het meestal nodig dit eerste filtraat af te voeren.

Een goede spoeling kan vooral worden bereikt als naast een gelijkmatige toevoer onder het filterbed ook de verdeling van de spoelmedia over de horizontale doorsnede van het bed regelmatig is. Om dit te bereiken kan het in het bijzonder bij toepassing van steunlagen gewenst zijn de spoelsnelheid bij de aanvang van het spoelen langzaam te verhogen, zodat het bed gelijkmatig kan worden losgewerkt, voordat het expandeert. Door een ongelijk doorbreken van het filterbed zou de regelmatige verdeling van het spoelmedium in gevaar worden gebracht met de kans dat plaatselijk het slib niet voldoende wordt weggespoeld. Dit zou aanleiding kunnen geven tot toenemende slibconcentraties die ten slotte ook tot in de steunlagen zouden kunnen doordringen. Uit praktijkervaringen blijkt dat plaatselijke doorbraak van het bed kan worden vermeden door de toevoer van het spoelwater zo te regelen dat de spoelweerstand in het begin van de spoelperiode de eindweerstand van de filtratieperiode niet overtreft en het gewicht van het filterbed onder water niet te boven gaat.

Meestal leidt de inleidende spoelstap tot minder problemen als de daarna volgende maximale spoelsnelheid groter is en het filterbed tot grotere expansie kan worden gebracht. Eventuele onregelmatigheden in het bed kunnen dan door een krachtige spoeling worden opgeheven. In dit opzicht biedt een filterbed zonder steunlagen meer vrijheid dan een bed met steunlagen.

Effecten van luchtspoeling

De luchtspoeling draagt in belangrijke mate bij tot het verder loswerken van slib in het filterbed. Secundaire circulatiestromingen van het filtermateriaal worden erdoor bevorderd. In gelaagde filterbedden moet luchtspoeling voorzichtig worden toegepast om verstoring en vermenging van de verschillende lagen te voorkomen. Vooral in de eerste fase van de luchtspoeling moet voorzichtig te werk worden gegaan, omdat de lucht in eerste instantie een bepaalde hoeveelheid water uit de leidingen voor lucht of uit de ruimte onder de filterbodem met spoeldoppen verdringt, met tijdelijk een verhoogde watersnelheid als gevolg. In het geval een periode met waterspoeling wordt toegepast, moet rekening worden gehouden met het feit dat het vervolgens inschakelen van de spoellucht gedurende de eerste fase kan leiden tot belangrijk hogere watersnelheden dan bedoeld. Juist aan het begin van de

spoelperiode kunnen hoge spoelsnelheden riskant zijn in verband met plaatselijke doorbraak, oplichten van het filterbed, straalwerking en vermenging met de steunlaag.

Gezien de omhooggaande beweging van de uit de spoelopeningen komende luchtbellen dient extra aandacht te worden besteed aan een goede horizontale verspreiding van de lucht. Een vergroting van de spreiding kan worden bevorderd door vergroting van zowel de horizontale uittreesnelheid van de lucht (zie ook volgende alinea) als van het spoelwater. Ook de vergroting of het aanbrengen van een steunlaag kan in dit opzicht gunstige resultaten geven. Bij luchtspoeling vertonen de boven elkaar opstijgende luchtbellen de neiging zich in het filterbed tot grote bellen samen te voegen. Deze grote bellen hebben een krachtige en min of meer stotende werking. Zij veroorzaken grote plaatselijke watersnelheden waardoor het reinigende effect wordt bevorderd. Om het filterbed los te maken, wordt om die reden dan weer wel met een luchtspoeling begonnen. In het bijzonder bij een door de vervuiling sterk samenklappend filterbed kan het vooraf 'los rammelen' met lucht voordelen bieden. Omdat de lucht gemakkelijker door het bed breekt dan water en er eerder scheuren en kanalen ontstaan, is een dergelijke spoeling alleen toelaatbaar als eventuele hierdoor ontstane onregelmatigheden bij de volgende fasen van de spoelperiode weer volledig kunnen worden opgeheven.

Door een luchtspoeling vindt geen vuilafvoer uit het filter naar de afvoergoot plaats. Hoewel de lucht zelf in het filter nagenoeg geen slib transporteert, zullen door de lucht circulatiestromingen van water worden gecreëerd die vuiltransport in het filterbed veroorzaakt. Voor een goed opwaarts transport is het gewenst ook bij luchtspoeling een kleine spoelwatersnelheid te realiseren. Tevens worden dan de luchtbellen door deze spoelwateraanvoer beter in horizontale richting verspreid. Na een gecombineerde spoeling is in ieder geval aan het einde van de spoelperiode uitsluitend waterspoeling nodig om de lucht en de laatste slibresten uit het bed te drijven. Het is bij filterbedden met een steunlaag en hoge spoelsnelheden gewenst de spoelperiode te beëindigen met een langzaam afnemende spoelsnelheid, zodat eventueel omhoog gespoelde grove korrels uit de steunlaag de gelegenheid krijgen door het bed omlaag te zinken. Tevens zal het fijnere materiaal zich dan boven in het filterbed verzamelen, zodat dit niet in de steunlaag kan wegzakken. Als het niet wordt weggespoeld en een ongewenste weerstandsverhoging veroorzaakt, kan het bovenste laagje van fijn materiaal worden afgeschept.

De ervaring heeft geleerd dat verhoging van de luchtsnelheid boven een bepaalde waarde bij gecombineerde spoeling niet altijd de verwachte vergroting van het reinigende effect teweegbrengt. Losmaken van het slib door de luchtspoeling betekent namelijk nog niet dat het ook wordt afgevoerd. Een verdubbeling van de watersnelheid kan daarom soms effectiever zijn dan een verdubbeling van de luchtsnelheid.

Expansie van het filterbed

Het filterbed kan door middel van waterspoeling tot expansie worden gebracht. In het geval gelijktijdig een luchtspoeling wordt toegepast dan veroorzaakt die geen vergroting, maar kan zelfs tot een kleine verlaging van de expansie leiden. De minimale hoogte (expansie) van het filterbed kan worden verkregen door te spoelen met lucht in combinatie met een kleine watersnelheid. Het filtermateriaal krijgt dan de nodige bewegingsvrijheid om tot een dichtere stapeling in te klinken. Als de spoelperiode met een waterspoeling wordt afgesloten, wordt de minimale hoogte van het filterbed niet bereikt.

Om een goede reiniging te verkrijgen, is het gewenst het filterbed tot expansie te brengen, met name bij het ontbreken van luchtspoeling. Door de expansie krijgen de korrels van het bed gelegenheid ten opzichte van elkaar te bewegen, zodat het slib gemakkelijker kan

worden losgewerkt en door de grotere ruimte tussen de korrels beter kan worden afgevoerd. Naarmate het filtermateriaal grover is, moet de spoelsnelheid voor het bereiken van een bepaalde expansie groter zijn. Om grofkorrelig filtermateriaal tot ruime expansie te brengen, zouden hoge spoelsnelheden nodig zijn.

Door de grotere schurende werking die bij het spoelen met lucht optreedt, kan bij toepassing van gecombineerde spoeling over het algemeen met een kleinere expansie en dus een kleinere spoelwatersnelheid worden volstaan dan bij waterspoeling. Een expansie van enkele procenten blijkt in de praktijk soms al voldoende te zijn om met waterspoeling een goede reiniging te bewerkstelligen. Een algemene regel kan hiervoor uiteraard niet worden gegeven, omdat bijvoorbeeld ook de diepte, de kleeftkracht van de vervuiling en de duur van de spoeling van invloed zijn.

Een grotere expansie zal de afvoer van het slib verbeteren, maar daarbij moet worden aangetekend dat door de grotere onderlinge afstand van de korrels de schurende werking vermindert.

Om de kans op verstoring te vermijden, kan het bij toepassing van steunlagen gewenst zijn nagenoeg geen expansie toe te passen. In dat geval kan het effect van de luchtspoeling beslissend zijn voor de reiniging van het filter. De luchtspoeling dient met de nodige voorzichtigheid te worden toegepast om vermenging te voorkomen.

5.5.3 Controle van de filterspoeling

De aanbeveling wordt gedaan de filterspoeling jaarlijks te controleren. Hiertoe wordt het volgende geadviseerd:

- Controle van het oppervlak van het filterbed bij een tot juist boven het bed oppervlak verlaagd waterniveau op een gelijkmatig, egaal oppervlak (verwijzing naar onregelmatigheden: verschuivingen, uitschuringen, trechtervorming, materiaalvermengingen, vreemde materialen);
- Controle van het oppervlak van het filterbed bij beginnende luchtspoeling op gelijkmatige vorming van luchtbellen (verwijzing naar onregelmatigheden: plaatselijk ontsnappen van grote hoeveelheden lucht, ongelijkmatige vorming van luchtbellen);
- Controle van het wateroppervlak tijdens de waterspoeling op een gelijkmatige en vrije afvoer van slibhoudend water (verwijzing naar onregelmatigheden: opstuwning, dode stromingszones, verwijdering van filtermateriaal, blijvende troebelings in de bovenwaterstand na afsluiting van de spoeling);
- Controle van het slibhoudende water op de verwijdering van filtermateriaal;
- Meting van de vrijboordhoogte;
- Controle van de stappenvolgorde van het spoelprogramma bij het filter (klepstanden, tijdsverloop et cetera).

Een regelmatige controle van de spoeldoppen op defecten is van belang. Beschadigingen van spoeldoppen worden bij water-luchtspoeling herkend aan 'fontein'. Defecten kunnen ook worden vastgesteld via een controle op filtermateriaalafzettingen van de ruimte onder de filterbodem.

In verband met de filterspoeling is het belangrijk om de daadwerkelijke volumestromen van de spoelmedia te kennen. Daarom moet alle betrokken meetapparatuur onderdeel uitmaken van het kwaliteitsmanagementsysteem. Voor de controle van die apparatuur zijn vooral onafhankelijke meetprocedures geschikt, zoals de meting van de niveauverschillen in het

spoelwaterreservoir of in de spoelwaterkelder vóór en na een filterspoeling of stijging van het waterniveau tot de bovenwaterstand.

In de praktijk is het aan te bevelen om de gekozen spoelsnelheid van tijd tot tijd te controleren op effectiviteit, omdat de ervaring leert dat tijdens jarenlang gebruik van filters de korrelgrootte en de dichtheid van het filtermateriaal als gevolg van erosie kunnen veranderen.

5.5.4 Afvoeren van de spoelmedia

Het filtraat dat onmiddellijk na een filterspoeling ontstaat (eerste filtraat) moet worden afgevoerd als de kwaliteit ervan niet voldoet aan de eisen die aan het filtraat worden gesteld. Hierbij moet ervoor worden gezorgd dat de tijd voor de afvoer van het eerste filtraat zodanig wordt gespecificeerd, dat aansluitend de gewenste filtraatkwaliteit wordt verkregen. Vaak wordt de eerste filtraat kwaliteit en tijd bepaald via troebelheidsmetingen. Waternet heeft een spoelregime waarbij er na het spoelen geen afvoer van het eerste filtraat nodig is.

Het eerste filtraat kan in het voorgeschakelde zuiveringsproces worden teruggevoerd, mits hierdoor de kwaliteit van het influent niet significant vermindert. Als dat wel het geval is, wordt het afgevoerd naar de spoelwaterkelder. Het spoelwater in die kelder wordt verwerkt.

5.6 Storingen in het productieproces

5.6.1 Algemeen

Storingen in het filtratieproces leiden tot een verkorting van de filterlooptijd en/of verslechtering van de filtraatkwaliteit. Hieronder worden als voorbeeld oorzaken en mogelijke oplossingen vermeld.

5.6.2 Aankoeken en vastplakken van het filtermateriaal of de steunlaag

Het aankoeken en vastplakken van filtermateriaal leidt tot kanaalvorming in het filterbed. Dergelijke storingen zijn uitsluitend tijdig te traceren door controle van het filterbed over de volledige hoogte (bijvoorbeeld via monsternemingen). Over het algemeen is het aan te raden om het spoelbeeld visueel te controleren. Bij aankoeken of vastplakken moet de intensiteit en frequentie van de filterspoeling worden verhoogd. Als dit het probleem van kanaalvorming niet oplost, moet het filtermateriaal inclusief ondersteuningslagen worden vervangen. In plaats van het filtermateriaal te vervangen, kan ook worden gekozen voor een hoger filterbed indien hier plaats voor is. Uiteindelijk dient het probleem van kanaalvorming wel te worden opgelost.

5.6.3 Verstopte of defecte spoeldoppen

De spoeldoppen kunnen verstopt raken, bijvoorbeeld door binnendringen van zeer fijne korrels in de sleuven of door ongewenste mangaanafzetting. Wanneer afzonderlijke spoeldoppen verstopt raken, leidt dit tot een ongelijkmatig spoelbeeld. Verstopte spoeldoppen zijn het beste te herkennen aan een verhoging van de filterweerstand na een spoeling ten opzichte van die in de 'nul situatie' en aan een hogere druk bij de filterspoeling. Defecte spoeldoppen leiden bij de filtratie tot verwijdering van filtermateriaal aan de filtraatzijde en bij de spoeling tot een ongelijkmatig spoelbeeld. Ook is er dan sprake van puntsgewijze verschuivingen van het filtermateriaal. Bij meerdere defecte of verstopte spoeldoppen moeten deze worden vervangen.

5.6.4 Verandering van de effectieve korreldiameter

De korreldiameter kan als gevolg van korrelgroei groter worden of als gevolg van mechanische belasting van het filtermateriaal kleiner worden. Verkleiningen van de

korreldiameter (erosie) leiden tot een verhoogde filterweerstand en zodoende tot kortere filterlooptijden. Grotere korrels leiden tot slechter vasthouden van deeltjes. Veranderingen in de korreldiameter kunnen worden vastgesteld door middel van zeefanalyses. Effecten van de veranderde korreldiameter kunnen eventueel worden gecompenseerd door aanpassing van de spoeling. Als dit niet mogelijk is, moet het materiaal worden vervangen.

Minimale en maximale grenswaarden voor korreldiameters van deeltjes in snelfilters blijken niet te bestaan. Een en ander houdt verband met de gewenste filtraatkwaliteit (filtermateriaal), de gewenste vuilberging en de verhouding tussen de korrelgrootte van de twee materialen in een dubbellaagsfilter.

5.6.5 Verschuiving, herschikking en vermenging van filtermaterialen

Verschuiving, herschikking en vermenging⁴ van filtermaterialen kunnen bijvoorbeeld worden veroorzaakt door (i) een niet correct uitgevoerd spoelproces, (ii) een ongelijkmatige verdeling van de spoelmedia of van het influent, (iii) aangroei van filtermateriaal bij dubbellaagsfiltratie en (iv) ongeschikte combinatie van filtermaterialen. Afhankelijk van de oorzaak moet het spoelproces worden aangepast, het filtermateriaal worden vervangen of de constructie worden veranderd.

5.6.6 Gasuitstroming

Gasuitstroming ontstaat door voorafgaande verzadiging van het water of door vermindering van de druk in het filterbed. Oorzaken voor een drukval in het filterbed zijn bijvoorbeeld schommelingen in de filtratiesnelheid, schommelingen in de bedrijfsdruk of toenemend drukverlies in het filterbed door vervuiling⁵. De gassen die uit het filterbed wegstromen, vormen een extra belading. Ze verminderen de bergingscapaciteit van het filterbed. De gevolgen van de gasuitstroming kunnen onder andere worden gereduceerd door regelmatig spoelen of een korte onderbreking van de filtratie, eventueel met aansluitende waterspoeling. Verder moet worden gezorgd voor een volledige ontluchting van de filterbodem. Zo nodig moet de filterbedconstructie worden gecontroleerd op veranderingen.

5.6.7 Het ontstaan van negatieve druk

Het ontstaan van gasbellen in het filterbed verstoort de gelijkmatigheid van het bed, zodat dit moet worden voorkomen. In een filterbed waarin negatieve druk optreedt, zal afscheiding van gas eerst mogelijk zijn als de som van de partiële drukken van de in het water opgeloste gassen de minimale absolute druk in het bed overschrijdt. Daarbij treedt bovendien een vertraging op, een negatieve druk van 5 kPa wordt toelaatbaar geacht. Hoe lager het zuurstofgehalte op de diepte waarop de minimale druk heerst, een des te grotere negatieve druk kan worden toegelaten.

Als de minimale absolute druk in een filterbed p bedraagt ($p < 1$), zal zich geen gas afscheiden zolang de som van de partiële drukken van de opgeloste gassen niet groter is dan p . Zie [10] voor de berekening(swijze) en een verdere uitleg.

Bij gebruik van antraciet als filtermateriaal scheidt het gas zich in het algemeen bij kleinere negatieve drukken af dan bij zand. De reden is dat antraciet meer waterafstotend is dan zand en hoe meer waterafstotend een stof is, hoe gemakkelijker kiemvorming plaatsheeft.

5.7 Gebruik van modellen

Ten behoeve van de evaluatie of optimalisatie van het ontwerp van een nieuw en van de bedrijfsvoering van een bestaand filter verdient het aanbeveling proefinstallatie-onderzoek uit te voeren (zie bijlage IV). Daarnaast kan kennis over de bedrijfsvoering van een te

⁴ Vermenging treedt op als gevolg van adsorptie en het afnemen van verschillen in dichtheid.

⁵ Dit wordt aangeduid als 'koekfiltratie'.

analyseren filter met modelstudies worden getoetst en geëvalueerd. Als het model voldoende is getest, gevalideerd en geborgd met praktijkdata kan het model ontwerp en optimalisatie van het proces ondersteunen. Een eerste model voor de verwijdering van ijzer en mangaan is ontwikkeld en getoetst voor een aantal praktijkfilters, zie [16, 17]. Het model biedt de mogelijkheid om de verwijdering van opgelost ijzer en mangaan op basis van door de gebruiker ingevoerde filter- en waterkwaliteitsgegevens door te rekenen. Het model is voorzien van een gebruikersinterface en is voor de Nederlandse drinkwaterbedrijven en het Vlaamse bedrijf De Watergroep vanaf eind 2017 beschikbaar. Dit model is (nog) niet ingericht om snelfiltratie in combinatie met coagulatie/flocculatie te beschrijven. Het beschrijft niet de effecten van terugspoelen of de mogelijke interactie met nitrificatie en andere biologische processen, en heeft vooralsnog⁶ kalibratie met praktijkgegevens nodig. Daarnaast zijn modellen beschikbaar om de filterbedweerstand en drukopbouw te berekenen, zoals bijvoorbeeld Stimela [15]. De verwachting is dat steeds meer zuiveringsprocessen, waaronder snelfiltratie, met een modelgebaseerde regeling worden uitgerust ten behoeve van een constante en optimale waterkwaliteit. Deze trend kan worden ondersteund door verdere ontwikkeling, gebruik en validatie van het bestaande, hierboven beschreven model.

⁶ Verbetering en uitbreiding van het model is voorzien in BTO-programma voor 2018 – 2019.

6 Onderhoud van filters

6.1 Voorbereidende activiteiten

In het geval een filter voor langere tijd (dagen) uit bedrijf wordt genomen, wordt het filter eerst gespoeld. Daarna wordt het gedraind (droog) weggezet. Op die manier wordt het aankoeken van filtermateriaal, microbiologische nagroei in het filterbed en de vorming van ongewenste geur- en smaakstoffen voorkomen.

Bij werkzaamheden aan een filter kan het nodig zijn om het filtermateriaal tijdelijk te verwijderen (bijvoorbeeld voor de inspectie van de spoeldoppen in de filterbodem vanwege weglekken van zand) en (buiten) op te slaan. Dit filtermateriaal dient op een hygiënische wijze uit het filter te worden gehaald met behulp van drinkwater en gedesinfecteerde slangen, en te worden opgeslagen in vooraf gedesinfecteerde afgesloten bakken (voor fotomateriaal, zie bijlage VI).

6.2 Eigenlijk onderhoud

Voor het onderhoud van (behuizingen van) snelfilters wordt primair verwezen naar onderdelen van de drie praktijkcodes van de PCD 4-serie, die ook eerder al zijn genoemd:

- Hoofdstuk 6 'Operationele aspecten' en § 6.4 'Inspectie, eventueel onderhoud en reiniging/desinfectie' van de PCD 4-1 'Reservoirs en andere constructies voor drinkwater(bereiding); *Deel 1: Algemeen*' [7];
- Hoofdstuk 5 'Technisch beheer' van de PCD 4-2 'Reservoirs en andere constructies voor drinkwater(bereiding); *Deel 2: Beton*' [8];
- Hoofdstuk 4 'Operationele aspecten' en § 4.3 'Onderhoud' van de PCD 4-3 'Reservoirs en andere constructies voor drinkwater(bereiding); *Deel 3: Metalen en kunststoffen*' [9].

De drie delen van de serie PCD 4 zijn in het voorgaande al genoemd. In de drie onder de bullets genoemde hoofdstukken gaan in op algemeen en materiaal-specifieke aspecten van het onderhoud van reservoirs en andere constructies voor (drink)water.

Voor onderhoud van snelfilters wordt daarnaast verwezen naar de 'Hygiënecode Drinkwater; *Drinkwaterbereiding*' [4], hoofdstuk 5 'Richtlijnen voor het uitvoeren van werkzaamheden in de zuivering'. Op basis van het type activiteit en de positie van een zuiveringsonderdeel worden werkzaamheden ingedeeld in een risicoklasse met bijbehorende algemeen geformuleerde maatregelen, bijvoorbeeld wijze van reiniging en desinfectie en de waterkwaliteitsbeoordeling na de werkzaamheden, en de oplevering van een zuiveringsonderdeel. Op die wijze wordt de kans op verontreiniging van het drinkwater tijdens werkzaamheden beperkt.

Pogingen om verstopte spoeldoppen met speciale vloeistoffen van onderen af te reinigen en door te spoelen, hebben tot dusverre geen bevredigend resultaat opgeleverd.

6.3 Ingebruikneming na onderhoud

Als een snelfilter na onderhoud weer in gebruik wordt genomen, wordt het eerst weer gevuld (indien van toepassing) en daarna gespoeld met 'vers' water om het filtermateriaal los te maken en weer zuurstof in het filter te brengen. Daardoor kunnen microbiologische processen weer op gang komen.

7 Literatuur

1. Staatsblad 2011: '[Drinkwaterbesluit](#)' van 23 mei 2011, nummer 293, 21 juni 2011
vigerende versie: [Drinkwaterbesluit](#)
2. Staatscourant van 29 juni 2011: '[Regeling materialen en chemicaliën drink- en warm tapwatervoorziening](#)', nr. 11911, 18 juli 2011
Staatscourant van 21 april 2017: '[technische aanpassingen 2017](#)', 1 juli 2017
vigerende versie: [Regeling materialen en chemicaliën drink- en warm tapwatervoorziening](#)
3. Meerkerk, M.A. (2015): 'Hygiëncode Drinkwater; *Algemeen*', praktijkcode PCD 1-1:2015, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein
4. Oosterholt, F.I.M.H., en Meerkerk, M.A. (2013): 'Hygiëncode Drinkwaterbereiding', rapport KWR 2012.083, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein
5. Oosterholt, F.I.M.H., en Meerkerk, M.A. (2013): 'Hygiëne tijdens het werk; Hoofdpunten uit de Hygiëncode Drinkwaterbereiding', rapport KWR 2013.060, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein
Opmerking: het rapport wordt aan het einde van 2018 'opgevolgd' door de praktijkcode, PCD 1-6 'Hygiëne bij werkzaamheden in de zuivering; *Werkboekje bij de 'Hygiëncode Drinkwater; Drinkwaterbereiding'*
6. Oosterholt, F.I.M.H., en Meerkerk, M.A. (2013): 'Hygiënerichtlijnen ontwerp, bouw en renovatie van installaties voor de drinkwaterbereiding', praktijkcode PCD 1-8, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein
7. Meerkerk, M.A. (2017): 'Reservoirs en andere constructies voor drinkwater(bereiding); *Deel 1: Algemeen*', praktijkcode PCD 4-1, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein
8. Meerkerk, M.A. (2017): 'Reservoirs en andere constructies voor drinkwater(bereiding); *Deel 2: Beton*', praktijkcode PCD 4-2, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein
9. Meerkerk, M.A. (2017): 'Reservoirs en andere constructies voor drinkwater(bereiding); *Deel 3: Metalen en kunststoffen*', praktijkcode PCD 4-3, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein
10. Leeftang, K.W.H. (1956) '[Negatieve drukken in open snelfilters](#)', Mededeling nummer 1 van de Commissie Filterconstructies van het KIWA, 's-Gravenhage
11. Lathouder, A. de, en Sollman, M. (1965): '[Richtlijnen ten dienste van het ontwerpen en de behandeling van snelfilters](#)', Mededeling nummer 9 van de Commissie Filterconstructies van het KIWA, Rijswijk
12. Meerkerk, M.A. (2008): '[Kwaliteitsrichtlijn voor chemicaliën ten behoeve van de bereiding van drinkwater; Voor het volledige traject van productielocatie tot en met zuiveringstation](#)', rapport zonder nummer, Kiwa Certificatie en Keuringen, Rijswijk
13. Moel, P.J., Verberk, J.Q.J.C., en Dijk, J.C. van (2004): 'Drinkwater – principes en praktijk', Sdu Uitgevers bv, Den Haag
14. Bruins, J.H. (2016): '[Manganese Removal from Groundwater; Role of Biological and Physico-Chemical Autocatalytic Processes](#)', PhD thesis, IHE, Delft
15. Rietveld, L.C. (2005): '[Improving operation of drinking water treatment through modelling](#)', PhD thesis, TU Delft, Delft
16. Vries, D., Bertelkamp, C., Schoonenberg Kegel, F., Hofs, B., Dusseldorp, J., Bruins, J., Vet, W. de, en Akker, B. van den (2016): 'Iron and manganese removal: Recent advances in modelling treatment efficiency by rapid sand filtration', Water Research, Elsevier, 2016, 35 – 45

17. Vries, D., en Bertelkamp, C. (2016): 'Iron and manganese removal: recent advances in modelling treatment efficiency by rapid sand filtration', rapport BTO 2016.015, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein
18. Arbeidsblatt [W 213-3](#) (2017): 'Filtrationsverfahren zur Partikelentfernung; Teil 3: Snelfiltration', DVGW, Bonn
19. Arbeidsblatt [W 213-1](#) (2005): 'Filtrationsverfahren zur Partikelentfernung; Teil 1: Grundbegriffe und Grundsätze', DVGW, Bonn
20. Arbeidsblatt [W 213-2](#) (2015): 'Filtrationsverfahren zur Partikelentfernung; Teil 2: Beurteilung und Anwendung von gekörnten Filtermaterialien', DVGW, Bonn
21. Arbeidsblatt [W 213-6](#) (2005): 'Filtrationsverfahren zur Partikelentfernung; Teil 6: Partikelmessung', DVGW, Bonn
22. Beek, C.G.E.M. van, Dusseldorp, J., Joris, K., Huysman, K., Leijssen, H., Schoonenberg Kegel, F., Vet, W.W.J.M. de, Wetering, S. van de, en Hofs, B. (2015): 'Contributions of homogeneous, heterogeneous and biological iron (II) oxidation in aeration and rapid sand filtration (RSF) in field sites', Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua, jws2015059
23. Schoonenberg Kegel, F. (2015): 'Removing iron under anoxic conditions', MSc thesis, TU Delft, Delft
24. Sharma, S.K.J. (2001): 'Adsorptive Iron Removal From Groundwater', PhD thesis, Wageningen University, IHE, Delft
25. Vet, W.W.J.M. de (2011): 'Biological drinking water treatment of anaerobic groundwater in trickling filters', PhD thesis, TU Delft, Delft
26. Meijers, A.P. (1974): 'De theorie van de vlok Vorming', Mededeling nr. 33, KIWA, Rijswijk
27. Melick, M.J. van (1975): 'De praktijk van de menging en de vlok Vorming', Mededeling nr. 39, KIWA, Rijswijk
28. Hofs, B. (2011): 'Kennisinventarisatie ontijzering', rapport BTO 2011.018, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein
29. Ahmad, A. (2015): 'Arsenic removal to < 1 ug/L at drinking water treatment plant of Prinsenbosch by AOCF', rapport BTO 2015.072, KWR Water Cycle Research Institute, Nieuwegein
30. Ahmad, A. (2017): 'Towards achieving < 1 ug/L arsenic at Katwijk, Ouddorp and Leiduin; Baseline study and batch experiments with KMnO_4 and FeCl_3 to remove arsenic', rapport KWR 2017.009, KWR Water Cycle Research Institute, Nieuwegein
31. Ahmad, A., Richards, L.A. and Bhattacharya, P. (2017): 'Best Practice Guide on the Control of Arsenic in Drinking Water', ISBN13 9781843393856, Bhattacharya, P., Polya, D.A. and Jovanovic, D. (eds.), pp. 79-98, IWA Publishing, UK
32. Ahmad, A., Dijk, T.G.J. van, Wetering, S. van de, Groenendijk, M. and Bhattacharya, P. (2017): 'Best Practice Guide on the Control of Arsenic in Drinking Water', ISBN13 9781843393856, Bhattacharya, P., Polya, D.A. and Jovanovic, D. (eds), pp. 219-225, IWA Publishing, UK
33. Reijnen, G.K. (1998): 'Filtratietechniek grondwater; *Technische aspecten*', rapport SWE 98.004, Kiwa Onderzoek en Advies, Nieuwegein
34. Reijnen, G.K. (1993): 'Workshop spoelen van grondwaterfilters; samenvattingen en sheets workshop 13 oktober 1993, rapport SWI 93.155, KIWA Onderzoek en Advies, Nieuwegein
35. Reijnen, G.K. (1998): 'Workshop Optimalisatie Klassieke Grondwaterzuivering; Bundeling van presentaties', rapport SWI 98.136, Kiwa Onderzoek en Advies, Nieuwegein
36. Reijnen, G.K., Kappelhof, J., en Bennekom, C. van (1998): 'Optimalisatie ontijzering levert aanzienlijke kostenbesparing', verslag workshop, vakblad 'H₂O', nummer 9
37. Presentaties en opbrengsten van de workshop over snelfiltratie d.d. 3 april 2014 (niet in de vorm van een rapport en/of publicatie verschenen)

38. Huysman, K., Joris, K., en Bruins, J.H. (2011): 'Verkorting opstartperiode van nieuwe snelfilters door versnelde nitrificatie', *H₂O*, nummer 5, pagina 55 – 57
39. Blois, M.R. de, Dotremont, C., Moel, P.J. de, en Wilms, D. (1991): 'Troebeling en scaling van drinkwater na ontharden met korrelreactoren', *H₂O*, nummer 3, pagina 72 – 78
40. Wilkinson, K.J. and Lead, J.R. (2007): 'Environmental Colloids and Particles; Behaviour, Separation and Characterisation; IUPAC series on analytical and physical chemistry of environmental systems', Volume 10, John Wiley & Sons, Ltd.
41. Siegers W.G. en M. Raffin (2007): 'Karakterisering van deeltjes in drinkwater; Evaluatie van de mogelijkheden', rapport BTO 2007.046, Kiwa Water Research, Nieuwegein
42. Reijnen, G.K., Reilman, J., en Kappelhof, J.W.N.M. (1997): 'Effecten bedrijfsvoering filtratie van grondwater op de filtraatkwaliteit', rapport SWI 97.147, Kiwa Onderzoek en Advies, Nieuwegein
43. Staatsblad 1993: '[Infiltratiebesluit bodembescherming](#)' van 20 april 1993, nummer 233, 29 april 1993
vigerende versie: [Infiltratiebesluit bodembescherming](#)
44. Handboek Rioleringsstechniek, onderdeel:
<http://www.verenigingvpb.nl/projecten/handboek-rioleringsstechniek/deel-6--hydraulische-berekeningen/>
45. Houwelingen, G. van (2018): 'Advisering snelfilters Katwijk; *Terugspoelproblematiek*', presentatie d.d. 4 januari 2018, Royal Haskoning DHV
46. Dryden Aqua Ltd.: 'Treatment of clean water and drinking water by AFM', Edinburgh
47. Dryden Aqua Ltd. (2007): 'Active Sand Filtration with AFM; 30% - 80% improvement in sand filter performance', Edinburgh
48. Technische Universiteit Delft: 'Granular filtration', dictaat, <https://ocw.tudelft.nl/wp-content/uploads/Granular-filtration-1.pdf>
49. Carpenter, C.M.G. and Helbling, D.E. (2017): 'Removal of micropollutants in biofilters: Hydrodynamic effects on biofilm assembly and functioning', *Water Research* 120, 211 - 221

Bijlage I Begrippen en definities

Letterlijk overgenomen omschrijvingen van begrippen zijn in het onderstaande *gecursiveerd weergegeven*. Ook de bron wordt steeds vermeld.

Aangroeiing: *de uit het ruwe water afkomstige aangegroeide vaste afzetting op het filtermateriaal, dat het poriënvolume vrijwel niet aantast* [11]

Blijvende vervuiling (van een filterbed): *de hoeveelheid slib (een gedeelte van de totale vervuiling) die niet door de gebruikelijke spoeling wordt verwijderd* [11]

Carry-over: zwevende stof (CaCO_3 -microkristallen) dat kan ontstaan bij het onthardingsproces van drinkwater met korrelreactoren; het materiaal kan de reactor verlaten en de filters belasten [39]

Coagulatie, adsorptieve: *de adsorptieve coagulatie is een vorm van destabilisatie veroorzaakt door toevoeging van specifieke stoffen, die adsorberen op de deeltjes en zo de oppervlaktelading veranderen* [26]

Coagulatie, elektrostatistische: *de elektrostatistische of niet specifieke coagulatie is een vorm van destabilisatie van colloïden veroorzaakt door vermindering van de elektrostatistische afstotingskrachten tussen de deeltjes door toevoeging van elektrolyten (zouten in het algemeen)* [26]

Coagulatieproces: *onder het coagulatieproces wordt het gehele gebeuren van het doseren van een vlokmiddel, de vlokvorming en de vlokverwijdering verstaan. Hoewel dit begrip volgens de definitie van coagulatie niet juist is, wordt het gebruik toch gehandhaafd omdat het is ingeburgerd.* [26]

Debiet: *Doorgestroomde of afgeleverde hoeveelheid water of lucht in m^3/h* [11]

Deeltje: een deeltje in water wordt verondersteld niet oplosbaar te zijn in water en heeft een grootte van $1\ \mu\text{m}$ of groter. Deeltjes $< 1\ \mu\text{m}$ worden colloïden genoemd. Deze klasse indeling heeft vooral met de beschikbare meettechnieken te maken, waarbij gemeten kan worden $>$ of $< 1\ \mu\text{m}$, afhankelijk van de techniek. [40, 41]

Destabilisatie: *het proces, waarbij door toevoeging van vlokmiddelen de stabiliteit van colloïden verloren gaat* [26]

Dieptevervuiling: *vervuiling van een filter waarbij het slib over grote diepte van het filterbed is verdeeld (vergelijk oppervlaktevervuiling)* [11]

Droogfiltratie: droogfiltratie wordt toegepast in het geval het te behandelen water een hoge concentratie ammonium bevat en dat geldt voor (oever)grondwater [48]

Effectieve of werkzame korreldiameter: *die korreldiameter van een bepaalde hoeveelheid filtermateriaal, waarvoor geldt dat 10% (gewichtsprocenten) van het beschouwde filtermateriaal een kleinere diameter heeft (10%-grenswaarde)* [11]

Enkellaagsfilter: *Filter met één laag van homogeen filtermateriaal* [18]

Filterbed:

- *Filtrerende laag of lagen van een filter* [18]
- *De in het filter boven de filterbodem of steunlaag aangebrachte hoeveelheid zand, bestemd voor de filtratie van het erdoor gevoerde water* [11]

Filterbodem: *Drager van het filterbed, die dient voor een gelijkmatige filtraatafvoer alsmede voor een gelijkmatige verdeling van de spoelmedia* [18]

Filterdebiet: *de hoeveelheid water die het filter per tijdseenheid passeert (uitgedrukt in m^3/h)* [11].

Bovenwaterstand: *Hoogteverschil tussen bovenste begrenzingsvlak van het filterbed en de waterspiegel tijdens de filtratie* [18]

Filterlaag: *Laag van een filtermateriaal via welke laag de deeltjes door middel van filtratie worden verwijderd* [18]

Filtermateriaal: *Gekorrelt materiaal waaruit de filterlaag bestaat (zie DVGW-werkblad W 213-2)* [18]

Filtratieperiode: zie Looptijd

Filtratiesnelheid: *De boven het filterbed in de filtratierichting gemeten snelheid van het te filtreren water, zijnde het quotiënt van het debiet en de oppervlakte van het zandbed (uitgedrukt in $m^3/m^2 \cdot h$ of m/h)* [11]

Filtratieweerstand: *het drukverlies in het filterbed (in kPa), ten gevolge van de vloeistofstroming door het bed tijdens de filtratie. Meestal wordt de weerstand van bodem, drains of spoeldoppen in dit drukverlies begrepen* [11]

Flocculatie: *een vorm van destabilisatie, veroorzaakt door toevoeging van macromoleculen of polyelectrolyeten, die adsorberen en bruggen vormen tussen de deeltjes* [26]

Fluidisatie: *Overgang van het filterbed bij de filterspoeling van een vast bed naar een zwevend bed* [18]

Gecombineerde spoeling: *gelijktijdige spoeling met water en lucht* [11]

Gelijkvormigheid coëfficiënt : *quotiënt van de gemiddelde en de werkzame (effectieve) korreldiameter* [11]

Gemiddelde korreldiameter: *die korreldiameter van een bepaalde hoeveelheid filtermateriaal, waarvoor geldt dat 60% (gewichtsprocenten) van het beschouwde filtermateriaal een kleinere diameter heeft (60%-grenswaarde)* [11]

Granulometrie: zie korrelgrootteverdeling

Korrelgrootteverdeling van een filtermateriaal: *frequentieverdeling van de verschillende diameters van de korrels van een filtermateriaal. Deze wordt verkregen uit een zeefanalyse, waarbij een hoeveelheid zand in een aantal fracties van verschillende korreldiameter wordt verdeeld* [11]

Lindquist-diagram: zie [48]

Looptijd: *Periode tussen twee opeenvolgende filterspoelingen* [11]

Luchtdrains: zie spoelluchtnet

Meerlaagsfilter: *Filter met een filterbed van twee of meer filterlagen van filtermaterialen, waarbij iedere laag wordt gekarakteriseerd door een bepaalde korrelgrootteverdeling, dichtheid en samenstelling* [18]

Natfiltratie: alle filtratie met uitzondering van droogfiltratie

Opbrengst: zie specifieke wateropbrengst

Oppervlaktevervuiling: *vervuiling van een filter waarbij het slib in hoofdzaak in de bovenste laag van het filter voorkomt (vergelijk dieptevervuiling)* [11]

Porievolume (van het filtermateriaal): *de ruimte tussen de korrels van een hoeveelheid filtermateriaal, uitgedrukt in % van het totale volume (materiaal en poriën)* [11]

Snelfilter, open: *Snelfilter met open waterspiegel, waarin het te filteren water in vrije val door het filterbed stroomt* [18]

Snelfilter, gesloten: *Snelfilter zonder open waterspiegel (drukfilter)* [18]

Snelfiltratie: *Proces in de drinkwaterbereiding waarbij het water door een filterbed van korrelmateriaal stroomt met filtersnelheden van meerdere meters per uur ten behoeve van (a) het verwijderen van deeltjes en/of carry-over en/of (b) het verwijderen van ijzer, mangaan en/of ammonium* [18]

Dichtheid van het filtermateriaal: *het gewicht van het volle materiaal, dus gerekend zonder poriën, per eenheid van volume (in kg/dm³)*
Opmerking: het gestorte gewicht is belangrijk⁷ lager en bedraagt bijvoorbeeld bij een porievolume van 40%, 60% van de dichtheid [11]

Specificatie van een filtermateriaal: *aanduiding van een filtermateriaal met twee korreldiameters die de bovenste en onderste grenswaarde vormen waarboven respectievelijk waaronder 5% (gewichtsprocenten) van het filtermateriaal is gelegen (5% - 95% grenswaarde)* [11]

Specifieke sliblast: *de gedurende een filtratieperiode per eenheid van filteroppervlak tegengehouden hoeveelheid slib (vuil) (uitgedrukt in kg droge stof per m²)* [11]

⁷ In plaats van 'belangrijker' kan beter 'significant' worden gehanteerd.

Specifieke wateropbrengst: *hoeveelheid gedurende een filtratieperiode (looptijd) gefiltreerd water in m³ per m² filteroppervlak (= product van looptijd en filtratiesnelheid) [11]*

Spoelkoppen: *van spleten voorziene elementen, die op regelmatige afstanden in de filterbodem zijn aangebracht, bestemd voor de afvoer van het filtraat en de verdeling van de onder het filterbed toegevoerde hoeveelheden spoelwater en -lucht [11]*

Spoelluchtnet: *onder in het filter aangebrachte geperforeerde buizen voor de verdeling van spoellucht onder het filterbed [11]*

Spoelluchtverbruik: zie verbruik spoellucht

Spoelsnelheid: *de boven het zandbed in de spoelrichting gemeten snelheid van het spoelmedium (uitgedrukt in m³/m².h of m/h en voor zover het lucht betreft, gerekend bij atmosferische druk) [11]*

Spoelwaternet: *onder in het filter aangebrachte geperforeerde buizen voor de afvoer van het filtraat en de verdeling van het spoelwater onder het filterbed [11]*

Spoelwaterverbruik: zie verbruik spoelwater

Spoelweerstand: *het drukverlies in het filterbed, uitgedrukt in mb (1 mb = 1,02 cm wk)⁸, ten gevolge van de stroming van het spoelmedium door het bed. Veelal wordt de weerstand van de spoелеlementen in dit drukverlies begrepen [11]*

Steunlagen: *de op de filterbodem aangebrachte overgangslagen van grof materiaal, waarop het eigenlijke filterbed steunt [11]*

Tijdelijke vervuiling (van een filterbed): *de hoeveelheid slib (een gedeelte van de totale vervuiling) die door de gebruikelijke spoeling wordt verwijderd [11]*

Totale vervuiling (van een filterbed): *de hoeveelheid slib (vuil) op en in een filterbed, eventueel uit te drukken in kg gedroogd slib per m³ filtermateriaal. Het slib tussen de korrels van het filtermateriaal alleen mee te rekenen voor zover dit het porievolume beïnvloedt (dus geen korrelaangroeiing) [11]*

Uniformiteitscoëfficiënt: zie gelijkvormigheidscoëfficiënt

Verbruik spoellucht: *de voor een filterspoeling nodige hoeveelheid spoellucht, uitgedrukt in m³ [11]*

Verbruik spoelwater: *de voor een filterspoeling nodige hoeveelheid spoelwater, uitgedrukt in m³ of in % van de opbrengst gedurende de filtratieperiode [11]*

Vervuiling (van een filterbed): zie totale, blijvende, tijdelijke, oppervlakte- en diepte-vervuiling [11]

Vlokkingsfiltratie: *een uitvoeringsvorm van het coagulatieproces, waarbij het vlokmiddel en/of vlokhulpmiddel kort voor een filterbed in het water worden gedoseerd. Het kenmerkende is, dat geheel of gedeeltelijk de vlokvorming en vlokverwijdering in een filterbed plaatsvinden, in tegenstelling met de vlokfiltratie, waarbij het filterbed slechts de*

⁸ 'mb' betekent 'mbar' en 'wk' betekent 'waterkolom'.

reeds gevormde vlokken verwijdt. Omdat de vlokingsfiltratie een groot bergend vermogen vraagt, vindt de uitvoering vaak plaats in een van beneden naar boven doorstroomd filter van grove naar fijnere filterlagen: een opwaarts vlokingsfilter. Ook een neerwaartse doorstroming is mogelijk, waarbij dan meerlagenfiltratie wenselijk wordt om het vlokkenbergend volume te vergroten. [27]

Vlokhulpmiddel: een vlokhulpmiddel dient ervoor de reeds aanwezige vlokken beter verwijderbaar te maken, bijvoorbeeld zetmeelderivaten [26]

Vlokmiddel: de verzamelnaam van de stoffen die de vlokvorming teweeg brengen, zowel via coagulatie, flocculatie als precipitatie. In de waterzuivering worden onder vlokmiddelen vooral ijzer- en aluminiumzouten bedoeld. [26]

Vlokvorming: het proces dat optreedt na de destabilisatie. Dit is een algemeen begrip voor alle processen van microvlokvorming en vlogroei. [26]

Volkomen overstort: bij een volkomen overstort heeft de benedenstrooms weerstand geen invloed op de stroming over de overlaat [44]

Volumeberging: zie dieptevervuiling

Vrijboordhoogte: Niveauverschil van het bovenste begrenzingsvlak van het filterbed tot de overstortrand voor het slibhoudende water [18]

Waterdrains: zie spoelwaternet

Weerstand (in kPa [11])

Effectieve korreldiameter: die korreldiameter van een bepaalde hoeveelheid filtermateriaal, waarvoor geldt dat 10% (gewichtsprocenten) van het beschouwde filtermateriaal een kleinere diameter heeft (10 %-grenswaarde) [11]

Bijlage II Normatieve verwijzingen

Het eigenlijke filter (behuizing)

Voor de realisatie van betonnen constructies wordt in deze praktijkcode verwezen naar de praktijkcodes PCD 4-1 [7] en PCD 4-2 [8]. In die documenten wordt weer verwezen naar normen voor de realisatie daarvan.

In Duitsland is de norm [DIN 19605](#) 'Festbettfilter zur Wasseraufbereitung – Aufbau und Bestandteile' (Nederlands: 'Vastbedfilters voor de waterzuivering – constructie en onderdelen') van toepassing.

Filtermaterialen

In hoofdstuk 3 'Chemicaliën' van bijlage A 'Productomschrijving en beoordeling' van de vigerende [Regeling materialen en chemicaliën drink- en warm tapwatervoorziening](#) [2] (het gaat om een herziene versie van de [Regeling materialen en chemicaliën drink- en warm tapwatervoorziening](#), die tot 1 juli 2017 van kracht was) wordt voor enkele chemicaliën aangegeven dat de relevante Europese norm geldt als grondslag voor de beoordeling (zie bijvoorbeeld § 3.4.1 'Kooldioxide'). Voor de meeste andere chemicaliën wordt de relevante Europese norm expliciet genoemd met de opmerking dat in die norm het bewuste product 'wordt omschreven' of 'wordt beschreven'.

Filtermaterialen zijn opgenomen in § 3.2.3 van § 3.2 'Chemicaliën die in vaste vorm worden gebruikt' van het genoemde hoofdstuk 3 van bijlage A. Voor in Nederland toegepaste materialen gaat het (in alfabetische volgorde en met inbegrip van een hyperlink naar een overzicht van gecertificeerde bedrijven en producten op de website van certificatie-instelling Kiwa Nederland) om:

- Antraciet (§ 3.2.3.1 van de [herziene Regeling](#)): [NEN-EN 12909:2012](#) 'Materialen voor de behandeling van water bestemd voor menselijke consumptie – Antraciet' d.d. 1 november 2012 ([preview NEN-EN 12909](#))
- Calciumcarbonaat (§ 3.2.3.5 van de [herziene Regeling](#)): [NEN-EN 1018:2013+A1:2015](#) 'Chemicaliën voor de behandeling van water bestemd voor menselijke consumptie – Calciumcarbonaat' d.d. 1 maart 2015 ([preview NEN-EN 1018](#))
[gecertificeerde bedrijven en producten](#)
- Dolomiet : [NEN-EN 1017:2014](#) 'Chemicaliën voor de behandeling van water bestemd voor menselijke consumptie – Dolomiet (half gebrand)' d.d. 1 augustus 2014 ([preview NEN-EN 1017](#))
[gecertificeerde bedrijven en producten](#)
- Granaatzand: [NEN-EN 12910:2012](#) 'Materialen voor de behandeling van water bestemd voor menselijke consumptie – Granaat9' d.d. 1 november 2012 ([preview NEN-EN 12910](#))
[gecertificeerde-bedrijven en producten](#)
- Puimsteen (wordt niet expliciet genoemd in de Regeling): [NEN-EN 12906](#) 'Materialen voor de behandeling van water bestemd voor menselijke consumptie – Puimsteen' d.d. 1 november 2012 ([preview NEN-EN 12906](#))
- Zand en grind (§ 3.2.3.1 van de [herziene Regeling](#)): [NEN-EN 12904:2005](#) 'Materialen voor de behandeling van water bestemd voor menselijke consumptie – Silicazand en silicagrind' d.d. 1 april 2005 ([preview NEN-EN 12904](#))
[gecertificeerde bedrijven en producten](#)

⁹ Er wordt bedoeld 'granaatzand'.

Silicazand, silicagrind en antraciet dienen volgens de herziene Regeling te worden getest met de uitloogtest voor granulaten volgens [NEN-EN 12902:2004](#) 'Materialen voor de behandeling van water bestemd voor menselijke consumptie – Anorganische filterhulp- en filtermaterialen – Beproevingsmethoden' d.d. 1 december 2004 ([preview NEN-EN 12902](#)).

Luchtfilters

Europese norm [NEN-EN 779](#) (ingetrokken sinds 10 januari 2017) 'Stoffilters voor ventilatiedoeleinden – Bepaling van de filterprestatie' d.d. 1 april 2012

Mondiale normenserie NEN-EN-ISO 16890:

- [NEN-EN-ISO 16890-1](#) 'Luchtfilters voor algemene ventilatie – Deel 1: Technische specificaties, eisen en classificatiesysteem gebaseerd op vaste deeltjes rendement (ePM)' d.d. 1 december 2016;
- [NEN-EN-ISO 16890-2](#) 'Luchtfilters voor algemene ventilatie – Deel 2: Meting van fractioneel rendement en doorstromingsweerstand' d.d. 1 december 2016;
- [NEN-EN-ISO 16890-3](#) 'Luchtfilters voor algemene ventilatie – Deel 3: Bepaling van de gravimetrische efficiëntie en van de luchtstroomweerstand versus de hoeveelheid gevangen stof' d.d. 1 december 2016;
- [NEN-EN-ISO 16890-4](#) 'Luchtfilters voor algemene ventilatie – Deel 4: Preparatiemethode voor de bepaling van het minimum fractioneel rendement' d.d. 1 december 2016.

Bijlage III Verwijzingen naar Kiwa-beoordelingsrichtlijnen

In verband met filtermaterialen kunnen de volgende beoordelingsrichtlijnen van certificatie-instelling Kiwa Nederland worden genoemd:

- [BRL-K240](#), versie 5 'Zand en grind voor de drinkwaterproductie' van 8 september 2017: [gecertificeerde bedrijven en producten 240](#) (NB Verdere selectie noodzakelijk!)
- [BRL-K15003](#), versie 1 'Products used for treatment and/or production of drinking water' van 9 januari 2017
- [BRL-K15001](#), versie 1 'Beoordelingsrichtlijn kwaliteit leveringsketen chemicaliën drinkwatervoorziening voor het Kiwa procescertificaat voor het transport van drinkwaterchemicaliën, aan te duiden als het Kiwa ATD' van 9 november 2009: [gecertificeerde vervoerders](#)

Laatstgenoemde beoordelingsrichtlijn is bedoeld voor de kwaliteitsborging van het transport van de productielocatie (producent) naar een zuiveringslocatie (drinkwaterbedrijf). Een tweede versie is in voorbereiding.

Bijlage IV Proefinstallatie-onderzoek

Opmerkingen vooraf

Door middel van proefinstallatie-onderzoek moeten de procestechnische dimensioneringsgrondslagen voor een krachtige, betrouwbare en rendabele filterinstallatie worden vastgesteld. Deze grondslagen kunnen echter ook dienen voor de optimalisatie van bestaande installaties. Behalve de verwijdering van deeltjes, kunnen hierbij bijvoorbeeld de minimalisering van de toegepaste vlokmiddelen en de desbetreffende restconcentratie via het proefinstallatie-onderzoek worden beoordeeld.

De constructie en het gebruik van de proefinstallaties moeten aan de desbetreffende taak worden aangepast. Hierbij dient in het bijzonder rekening te worden gehouden met de filterspoeling.

Om de invloed van de tijdelijke verandering van de eigenschappen van het te onderzoeken influent te kunnen beoordelen, moet het onderzoek zo lang worden voortgezet, totdat de belangrijkste eigenschapsveranderingen zijn geregistreerd.

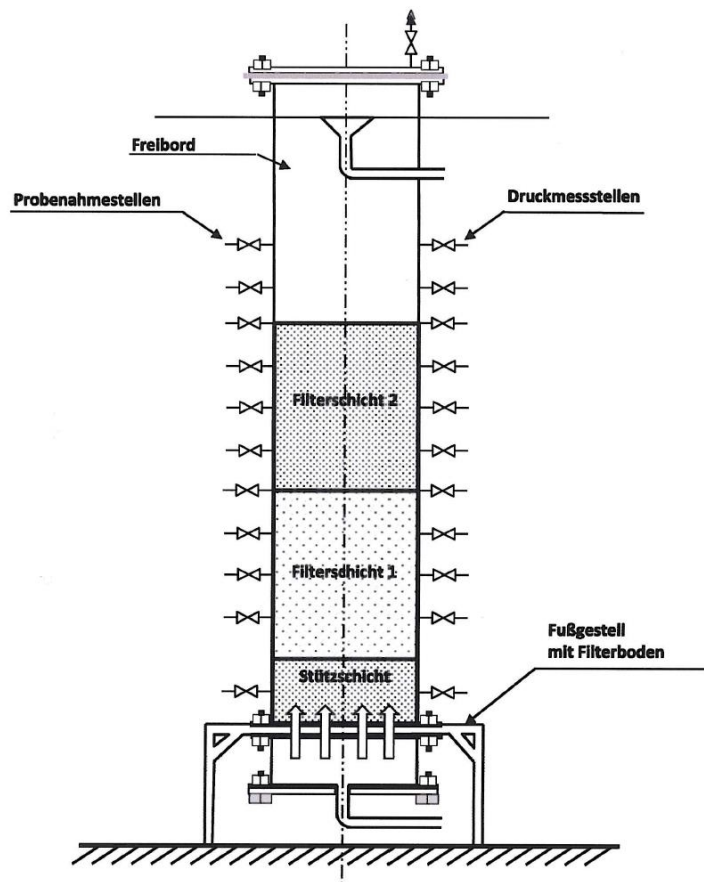
In het geval de proefinstallatie uit meerdere zuiveringsstappen bestaat, moet het onderzoek telkens in combinatie met de andere zuiveringsstappen worden uitgevoerd. Als dit niet gebeurt, kunnen afzonderlijke resultaten tot onjuiste interpretaties leiden.

Ontwerp en constructie van de proefinstallatie

Algemeen

De volumestromen van de proefinstallatie kunnen worden berekend op basis van het ontwerptechnische filteroppervlak en de gespecificeerde filtersnelheid. De noodzakelijke spoelsnelheid bepaalt het debiet bij de spoeling. De filterdiameter moet zodanig worden gekozen, dat representatieve en betrouwbare resultaten worden verkregen. Volgens het DVGW Arbeitsblatt [18] mag de diameter niet kleiner zijn dan 500 mm. Voor de verhouding tussen diameter van de kolom en van de deeltjes wordt een factor > 25 gehanteerd [49] in verband met kanaalvorming, randeffecten en propvorming.

Figuur 4 toont een ontwerpvoorbeeld voor proefinstallaties.



FIGUUR 4 VOORBEELD VAN EEN PROEFINSTALLATIE (BRON: [18]) MET DE VOLGENDE BETEKENISSEN:

FREIBORD = VRIJBOORD

PROBENAHEMESTELLEN = MONSTERNEMINGSPUNTEN

DRUCKMESSSTELLEN = DRUKMEETPUNTEN

FILTERSCHICHT = FILTERLAAG

STÜTZSCHICHT = STEUNLAAG

FUSSGESTELL MIT FILTERBODEN = ONDERSTEL MET FILTERBODEM

De materialen voor de proefinstallatie moeten worden afgestemd op de chemische en fysische omstandigheden van de filtratie. Als materiaal voor filters is plexiglas (PMMA) of doorzichtig PVC geschikt gebleken, omdat hiermee de processen bij filtratie en spoeling ook direct visueel kunnen worden geobserveerd.

Filterbodems

Bij het gebruik van een filterbodemplaat moet het aantal spoeldoppen per vierkante meter in de proefinstallatie gelijk zijn aan het aantal in het grootschalige technische filter, in het bijzonder wanneer het filter moet worden gebruikt voor spoeltests. Filterbodems zonder spoeldoppen moeten eveneens overeenkomen met de verhoudingen in het grote filter.

Filtermateriaal

Een van de doelen van de test is de selectie van het meest geschikte filtermateriaal respectievelijk bij meerlaagsfilters de meest gunstige combinatie van verschillende filtermaterialen. Filtermateriaal en korrelfractie moeten worden afgestemd op de voorgaande behandeling van het water; bij de vlokkenfiltratie moet bijvoorbeeld worden gelet op de eigenschappen van de vlokken. De bij het proefinstallatie-onderzoek gebruikte

filtermaterialen moeten tegen gunstige kosten voor de grootschalige technische toepassing beschikbaar zijn.

Hoogte van de filterlaag

De hoogte van de filterlaag vormt een belangrijke parameter bij de beoordeling van de zuiveringsprestaties en moet kunnen worden aangepast om de beoogde zuivering te bereiken. Hiermee dient vooraf rekening te worden gehouden bij de constructie van de proefinstallatie. De hoogte van de filterlaag in het testfilter moet overeenkomen met de hoogte in het grote filter om de 'vertaling' van de onderzoeksresultaten mogelijk te maken.

Bovenwaterstand

De bovenwaterstand bepaalt de verblijfstijd van het water voorafgaand aan de filtratie en zodoende de reactie-omstandigheden voor coagulatie- of oxidatieprocessen. Daarom moeten de bovenwaterstand en de verblijfstijd in proefinstallaties overeenstemmen met die in grote filters om de 'vertaling' van de onderzoeksresultaten mogelijk te maken.

Filtertoebehoren

Bij de toevoer van het influent moet rekening worden gehouden met het soort voorbehandeling van het te filtreren water. Vlokken mogen bijvoorbeeld niet onherstelbaar worden beschadigd.

Overlaatsdrempels en bochtstukken die wervelingen veroorzaken, beïnvloeden de energie-input en de hoeveelheden vrijkomende gassen. De in de proefinstallaties toegepaste buisleidingen en slangen beïnvloeden de reactietijden en -omstandigheden, waarmee rekenkundig rekening moet worden gehouden bij de opschaling naar een praktijkinstallatie.

Spoelwater- en spoelluchtleidingen alsmede de bijbehorende transportinrichtingen zijn zodanig gedimensioneerd, dat de spoelsnelheden voor lucht en water voor verschillende filtermaterialen en korrelgrootteverdelingen kunnen worden aangepast. Er moet worden gezorgd voor een drukloze afvoer van het ontstane slibhoudende water. Voor de filterspoeling moet filtraat worden gebruikt.

Uitvoering van het onderzoek

Debietmeting

De debieten van ongezuiverd water, filtraat, spoelwater en spoellucht moeten worden gemeten. Bij de balans van de debieten moet rekening worden gehouden met genomen monsters en verliezen. Bij de relatief kleine debieten verdient de selectie van de juiste meetbereiken en de controle van hun nauwkeurigheid door ondubbelzinnige metingen (bijvoorbeeld door middel van volumetrische meting) extra aandacht.

Filterdebietregeling

Om betrouwbare onderzoeksresultaten te verkrijgen, moet het debiet tijdens het gebruik van het filter eventueel met een automatische regeling constant worden gehouden. De debietregeling moet bovendien praktisch relevante wijzigingen (lastwisseling) mogelijk maken. Normaliter worden voor de debietregeling frequentiegeregelde pompen, geregelde armaturen, vlotterkasten met zelfregelende ventielen of drukverschil-debietregelaars toegepast.

Drukmeting

Voor het meten van de drukverhoudingen in het filter moeten aansluitingen met afsluitinrichtingen van zeven worden voorzien, voor het tegenhouden van filtermateriaal. Voor eenvoudige drukmetingen is een U-buis prima geschikt.

Meting van kwaliteitsparameters (deeltjesverwijdering)

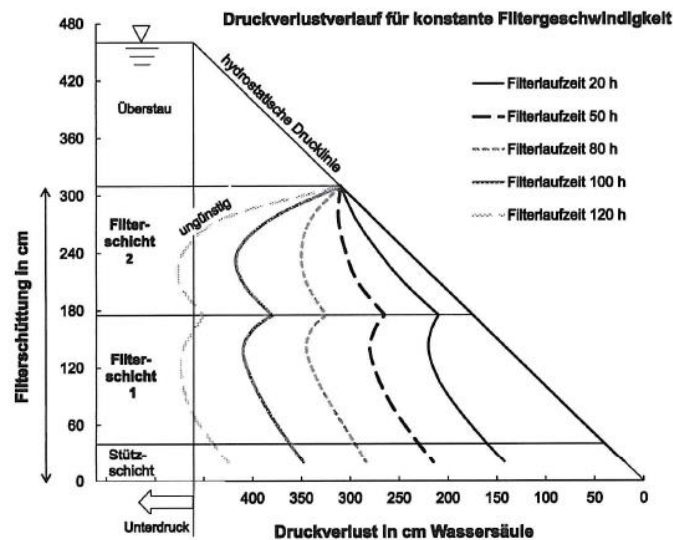
Voor het registreren van de filterwerking moeten kwaliteitsparameters voor het water (de te onderzoeken parameter(s) bijvoorbeeld troebelheid, ijzer, mangaan, ammonium en/of nitraat, en deeltjesconcentratie, spectrale absorptiecoëfficiënt (eventueel spectrale verzwakkingscoëfficiënt), restconcentratie van vlokmiddelen) worden vastgesteld. Hiertoe moeten zich voldoende monsternemingspunten op de proefinstallatie alsmede op de toevoer en afvoer bevinden. De watermonsters kunnen periodiek of continu worden genomen en aansluitend geanalyseerd. De randvoorwaarden voor de monsterneming (bijvoorbeeld tijd, looptijd, debiet, druk, temperatuur) moeten worden gedocumenteerd. De waarden kunnen ook automatisch worden vastgelegd en geregistreerd. De selectie van de parameters moet worden aangepast aan het zuiveringsdoel.

Beoordeling van de tests

Met de meetwaarden kunnen verschillende filtermaterialen respectievelijk materiaalcombinaties bij meerlaagsfilters direct met elkaar worden vergeleken. Hiertoe moeten de geselecteerde filtratie- en coagulatieparameters op basis van de verkregen filtraatkwaliteiten worden beoordeeld.

Een verder beoordelingscriterium is het drukverlies via het filterbed en het verloop hiervan tijdens de filtratie. De verschillen tussen de absolute drukwaarden in het filter en de omgevingsdruk kunnen worden weergegeven in de vorm van een zogeheten Micheau-diagram (zie figuur 5). Hieruit kan worden opgemaakt:

- drukverloop in het volledige filter;
- filterlaagdiepten waarop de deeltjes worden afgescheiden;
- kritieke onderschrijding van drukwaarden die leiden tot uitstroming van vrijgekomen gassen.



FIGUUR 5 MICHEAU-DIAGRAM VOOR TWEELAAGSFILTER BIJ $Q = \text{CONSTANT}$ (BRON: [18]) MET DE VOLGENDE BETEKENISSEN:

DRUCKVERLUSTVERLOP FÜR KONSTANTE FILTERGESCHWINDIGKEIT = VERLOP DRUKVERLIES BIJ KONSTANTE FILTERSNELHEID

FILTERLAUFZEIT = FILTERLOOPTIJD

ÜBERSTAU = HOOGWATERPEIL

HYDROSTATISCHE DRUCKLINIE = HYDROSTATISCHE DRUKLIJN

FILTERSCHICHT = FILTERLAAG

UNGÜNSTIG = ONGUNSTIG

STÜTZSCHICHT = STEUNLAAG

UNTERDRUCK = ONDERDRUK

DRUCKVERLUST IN CM WASSERSÄULE = DRUKVERLIES IN CM WATERKOLOM

FILTERSCHÜTTUNG IN CM = FILTERBESTORTING IN CM

Het drukverliesgedrag voor de filterbeddiepte kan in de vorm van een Micheau-diagram anschouwelijk worden gemaakt. In het Micheau-diagram in figuur 5 wordt de op verschillende meetdiepten van de bestorting waargenomen druk horizontaal weergegeven als verschil ten opzichte van de hydrostatische druklijn. De 'drukverliesbollingen' die worden gevormd, zijn gunstig wanneer over de volledige bestortingsdiepte een zo gelijkmatig mogelijke toename van het drukverlies ontstaat (weergave van de in de loop van de tijd groeiende drukverliescurven grotendeels parallel aan de coördinaten). Ongunstig zijn ongelijkmatige drukverliesbollingen met sterke welvingen, met name in het bovenste bestortingsgedeelte (afzetting van vaste stoffen in de bovenste filterlagen) en bijzonder kritiek zijn vooral bochten die reeds in de buurt van de coördinaat-as verlopen (gevaar voor onderdruk in het filter).

Naast de selectie van de optimale filtermaterialen en hun combinatie, kunnen uit deze informatie ook de technisch en economisch zinvolle laagdikten worden afgeleid.

Bijlage V Gebruik van vlok(hulp)middelen voorafgaand aan de filtratie

Indien het ongezuiverde water moeilijk afscheidbare colloïdale of gesuspendeerde stoffen bevat, moeten voorafgaand aan de filtratie vaak vlokmiddelen worden toegevoegd. Het vlokmiddel destabiliseert de gedispergeerde deeltjes in het water en verbetert de deeltjesaf scheiding in het filterbed. Bij de drinkwaterbereiding worden als vlokmiddel hydrolyserende ijzer- en aluminiumverbindingen toegepast.

Het doseren van het vlokmiddel in de ongezuiverde waterstroom dient in principe zo snel mogelijk plaats te vinden. Dit geldt in het bijzonder wanneer de coagulatie in een afzonderlijke stap voorafgaand aan de filtratie moet plaatsvinden, voor de vorming van volledig ontwikkelde vlokken. Fouten tijdens het doseren kunnen later niet meer worden gecorrigeerd, wat kan leiden tot een onnodig hoog verbruik aan vlokmiddel.

Door beïnvloeding van procesomstandigheden en/of een keuze in een bepaald type filterontwerp, bijvoorbeeld door roerwerk, mixer en reactietijden tussen 2 en 15 min kan de filtreerbaarheid van de vlokken positief worden beïnvloed. De voor het filtratieproces optimale vlokken moeten enerzijds compact en relatief klein zijn met een kleine vlogrootteverdeling, maar moeten anderzijds een bepaalde minimale grootte hebben, omdat anders het gevaar van filterdoorbraak bestaat. Bovendien moeten de vlokken een toereikende schuifspanning bezitten om een verschuiving in het filtermateriaal als gevolg van de stroming te voorkomen.

Typische doseringen van vlokmiddel liggen tussen 0,1 ppm en 2 ppm Fe^{3+} respectievelijk Al^{3+} . De toevoeging van vlokmiddel moet zodanig worden gekozen, dat het vlokmiddel nagenoeg volledig in het filterbed wordt vastgehouden. Het resterende vlokmiddel in het filtraat mag een waarde van 0,02 ppm Fe respectievelijk Al niet overschrijden. Vanuit publiekrechtelijke regelgeving wordt daarbij op het volgende gewezen. Via lid 1 van artikel 13 'Kwaliteitseisen' van het [Drinkwaterbesluit](#) (Algemene Maatregel van Bestuur) verwijst de [Drinkwaterwet](#) in artikel 21 van hoofdstuk 3 'De zorg voor de kwaliteit van het drinkwater' voor het voldoen aan de eisen volgens de in bijlage A van dit besluit opgenomen tabellen. In tabel IIIb 'Indicatoren – Organoleptische/esthetische parameters' komen onder meer de parameters aluminium en ijzer voor, beide met een maximum waarde van 200 $\mu\text{g/l}$. Bij aluminium is de volgende opmerking opgenomen: '*Bij (dreigende) overschrijding van een waarde voor aluminium van 30 $\mu\text{g/l}$ dient dit aan de inspecteur gemeld te worden in verband met het eventueel gebruik van het drinkwater voor nierdialyse.*' Volgens de [Drinkwaterwet](#) moet aan deze eisen zowel aan het leveringspunt als aan het tappunt worden voldaan. Door drinkwaterbedrijven worden mede in verband met deze eisen regelmatig bedrijfsnormen gehanteerd voor het uitgaande water.

Bijlage VI Fotomateriaal opslag filtermateriaal

Afgesloten gedesinfecteerde filterbak voor opslag filtermateriaal.



Overstort van filterbak naar riool om overschot water bij vullen af te voeren en eventueel om filtermateriaal doorstroomd te houden.



Inhoud van deze bakken is ruim 30 m³ (eventueel meerdere bakken gebruiken).



Gedesinfecteerde slangen om filter leeg te zuigen.



Bijlage VII Overige literatuurreferenties

Mededelingen: a. Mededeling nummer 5 (spoelen), b. Mededeling nummer 6 (luchtspoeling) en c. Mededeling nummer 8 (filtermaterialen)

Vakantiecursus TU-Delft 1967, Snelfiltratie

Boorsma, H.K., Droogfiltratie, H₂O, 1976, nummer 1, pag. 363 – 369

Reijnen, G.K., Verwijdering van ijzer, mangaan en ammonium-ionen, Kiwa SWE-rapport 85-05, 1985

Van Wijk, H.R., De praktijk van de grondwaterontijzering in Nederland, TU-Delft., afstudeerrapport 1985-09

Verdel J.D., Modellerings filtratie van grondwater, MSc-thesis TU-Delft 1997

Contactgroep Filtratietechnieken Grondwater, Filtratietechnieken grondwater, technische aspecten, 1998

De Vet, W., Burger, W., Duurzame nitrificatie door dubbellaags droogfiltratie, H₂O/22-2006, pag. 43 – 46

R.J. Kolpa, Grondwaterfiltratie, Wateropleidingen Cursus Actuele Zuiveringstechnieken bij Drinkwaterbereiding

Huisman, L., Rapid Filtration, TU-Delft 1996 of september 2004

PAO-cursus Filtratie, juni 1983

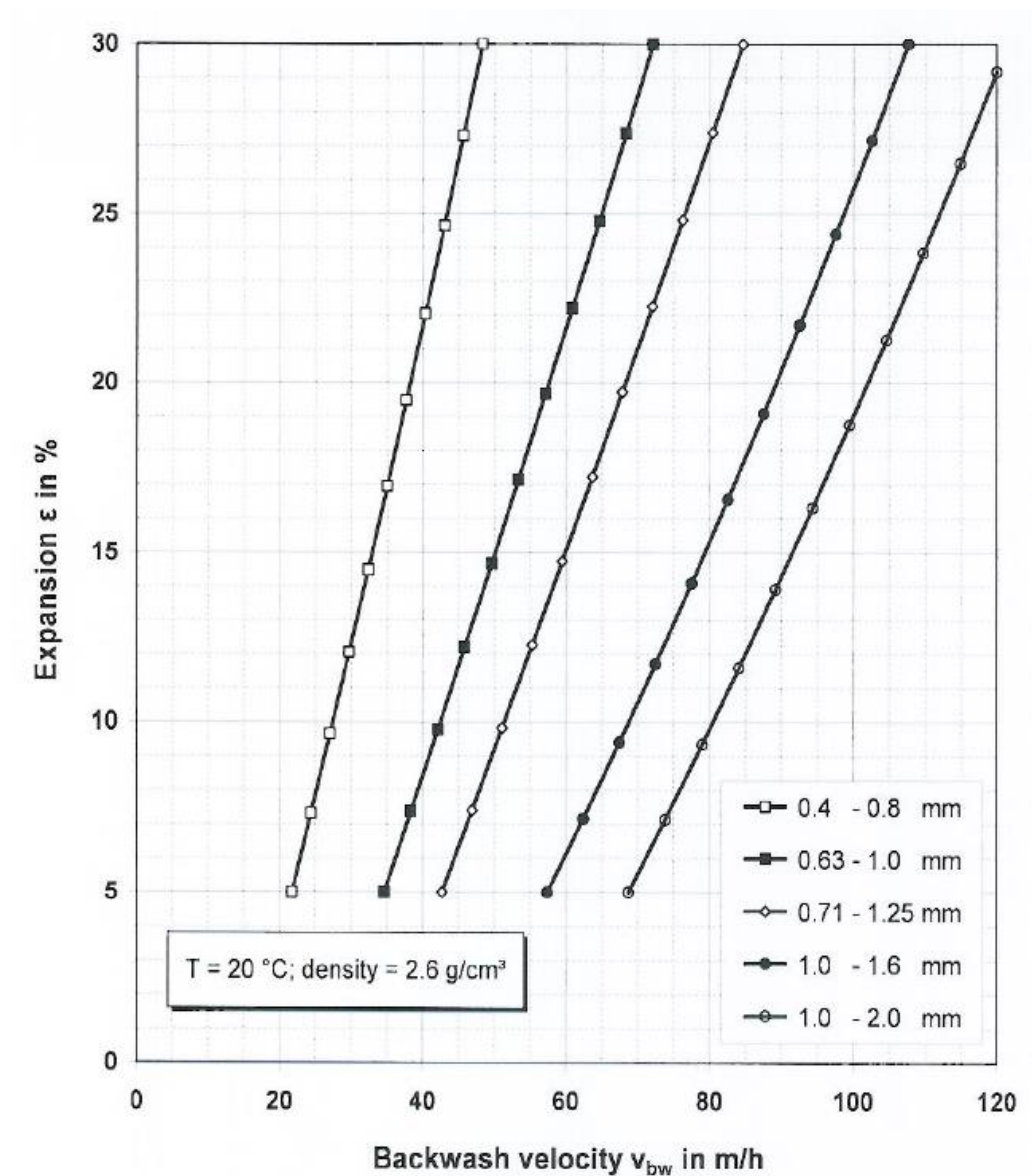
PAO-cursus Toepassing van filtratie bij de drinkwaterbereiding, juni 1992

Vlis, E.van der, Filtratietheorie in praktijk, TU-Delft, afstudeerrapport 1980

Kappelhof, J., Dimensionering spoeldoppen

Valeriano, E.E., Optimization of the removal process during filter backwashing, TU-Delft, MSc-thesis, 1995

Bijlage VIII Voorbeeld van een datasheet in verband met expansie



FIGUUR 6 EXPANSIE VAN 'AQUA-SAND' VAN DE FIRMA AQUA-TECHNIEK B.V. BIJ TERUGSPOELING (AFKOMSTIG UIT EEN BROCHURE VAN DIE FIRMA).

Bijlage IX Voorbeelden van een spoelprogramma

Loenderveen (Waternet):

Spoelprogramma bij 20 °C 428 m³ totaal spoelwaterverbruik

Stap	Lucht [m/h]	Water [m/h]	Tijd [sec.]	Water [m ³ /h]	Opmerkingen
1	31	0	60	0	Breken koek op het zand
2	31	5	300	240	Schuren van het zand, gebruik kleine spoelwaterpomp
3	0	50	60	2400	Met ramp aan zandbed in expansie brengen
4	0	50	390	2400	"de spoelstap" met bed ca. 10% in expansie
5	0	10	60	480	Met ramp aan het zandbed laten ordenen
6	0	10	900	480	Na spoeling (ETSW) om 1 ^e filtraatpiek te voorkomen
7	0	0	15	0	Installatie tot "rust" laten komen

Aanpassing(en):

Stap 1 starten met lucht zodat eerst de koek breekt voordat
er water (stap 2) bijkomt

(ABB corrigeert in alle stappen op temperatuur)

WRK te Nieuwegein (Waternet):

Spoelprogramma bij 20 °C 207 m³ totaal spoelwaterverbruik

Stap	Lucht [m/h]	Water [m/h]	Tijd [sec.]	Water [m ³ /h]	Opmerkingen
1	30	0	60	0	Breken koek op het zand
2	30	8	180	384	schuren van het zand
3	0	42	300	2016	"de spoelstap" met bed ca. 10% in expansie
4	0	5	300	240	ETSW
5	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	

Aanpassing(en):

(ABB corrigeert in alle stappen op temperatuur)

Bijlage X Steunlagen

Het gebruik van steunlagen brengt bepaalde voor- en nadelen met zich mee. De volgende nadelen kunnen worden genoemd: Steunlagen leiden tot een hoger filterbed vanwege de vereiste dikte van deze lagen. Daarnaast schuilt het gevaar van vermenging onderling en met het filtermedium, wat tot onregelmatigheden in de filtratie en de spoeling kan leiden. Dit kan ongewenste (plaatselijke) vervuilingen veroorzaken die niet door verhoging van de spoelsnelheid kunnen worden verwijderd. De begrensde spoelsnelheid moet dan ook als een bezwaar worden gezien. Overschrijding van een bepaalde snelheid kan serieuze verstoring van de steunlagen en vermenging met het bed veroorzaken. De toepassing van steunlagen wordt daarom alleen aanbevolen indien dit om bepaalde redenen noodzakelijk is.

De opbouw van de steunlagen moet, evenals die van het filterbed, door middel van proefinstallatieonderzoek worden vastgesteld. Bij toepassing van op elkaar aansluitende steunlagen, waarvan de overgangen geen grote sprongen vertonen, worden gunstige resultaten verkregen. De kans dat zich bij een redelijk continue overgang ongerechtigheden op het scheidingsvlak afzetten is gering.

De steunlagen hebben meestal een totale dikte van 0,40 tot 0,70 m en zijn opgebouwd uit 4 tot 6 lagen van 0,10 tot 0,15 m [11]. Meestal komt de afmeting van de grootste korrels van een steunlaag overeen met de kleinste korreldiameter van de eronder liggende steunlaag, of overlappen de korrelgrootten elkaar enigszins. De grootste korreldiameter van een steunlaag wordt ongeveer 1,5 a 2,5 maal zo groot gekozen als de kleinste van diezelfde laag. Een op deze omschreven wijze opgebouwde steunlaag combinatie kan er als volgt uitzien: 3-5 mm; 5-10 mm; 10-20 mm; 20-40 mm; 40-60 mm; of 4-10 mm; 8-20 mm; 15-25 mm; 25-50 mm. De voor de bovenste steunlaag toe te passen korreldiameter hangt nauw samen met de korrelgrootte van het filterbed en de spoelsnelheid of de expansie. De korrelafmeting van deze steunlaag moet enerzijds zo groot zijn dat deze niet expandeert met kans op vermenging met het filterbed. Anderzijds moet de afmeting weer niet zo groot zijn dat het zand in de steunlaag wegzakt. Een juiste keuze van de verhouding tussen de korrelgrootten van bovenste steunlaag en filterbed is dan ook erg belangrijk. Naarmate tijdens het spoelen een grotere expansie van het filterbed wordt toegepast, moet deze verhouding groter worden gekozen. Aanbevolen wordt de korrelgrootte-verhouding tussen steunlaag en filterbed niet kleiner dan 4 : 1 te kiezen [11] en zowel voor het bed als de bovenste steunlaag een zo gelijkmatig mogelijk materiaal toe te passen. Er dient rekening te worden gehouden met het feit dat de steunlaag bij een grote spreiding in korrelgrootte (grote gelijkvormigheids-coëfficiënt) of als gevolg van de meestal optredende plaatselijke snelheidsvergrotingen en spoelluchtconcentraties eerder in beweging komt, uitgaande van een uniforme korrelgrootte en een gelijkmatige verdeling van het spoelmedium.

De korrelafmetingen van de onderste steunlaag hangen samen met de grootte van de openingen in de spoeldoppen. De diameter van het fijnste grind van deze laag is meestal 2 tot 3 maal zo groot als de diameter van de opening. Dit leidt in de praktijk bij toepassing van drains tot onderste steunlagen waarvan de kleinste korrelafmetingen 20 tot 40 mm bedragen.

Als materiaal voor steunlagen en filterbed worden meestal grind en zand toegepast.

Bij een gelijkmatig verdeelde toevoer door de spoeldoppen zorgen de steunlagen voor een goede verdeling van het spoelmedium onder het filterbed. Plaatselijke vervuilingen in de steunlagen kunnen echter ernstige verstoringen veroorzaken omdat het spoelmedium zich in

de steunlagen gemakkelijk een weg baant door de weinig weerstand biedende, schonere delen en daar tot snelheidsverhoging leidt. Ook kunnen dergelijke snelheidsverhogingen optreden door te grote beginsnelheden bij het spoelen, waardoor plaatselijke doorbraken in het filterbed ontstaan. Er kunnen zich dan kraters in de steunlaag vormen die gepaard gaan met een geconcentreerde straalwerking, wat leidt tot vermenging van de steunlagen onderling en met het filterbed. Het is dus van belang vervuiling en beweging van de steunlagen te vermijden door zorgvuldig beheerste spoel- en filtratiesnelheden, wat gecontroleerd dient te worden door regelmatig onderzoek van het filterbed.