



PCD 5:2017 | Juli 2017

De toepassing van leidingmaterialen in met organische stoffen verontreinigde bodems

Permeatie

De toepassing van leidingmaterialen in met organische stoffen verontreinigde bodems

Permeatie

KWR | PCD 5:2017 | Juli 2017

Opdrachtgever

Platform Bedrijfsvoering

Auteurs

ing. M.A. (Martin) Meerkerk en ir. M.L. (Martin) van der Schans

Jaar van publicatie
2017

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



Watercycle
Research
Institute

PCD 5:2017 | Juli 2017 © 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 doorgaans het karakter van een 'aanbeveling van een te volgen gedrag of handelwijze' 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. Ook het voorzitterschap van een projectgroep 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', een 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 praktijkcode is daarbij

¹ Beide omschrijvingen zijn afkomstig uit 'Van Dale'.

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

De toepassing van leidingmaterialen in met organische stoffen verontreinigde bodems

Editie

Het voorliggende document is de vierde editie van deze praktijkcode. Naast een redactionele slag zijn de belangrijkste wijzigingen ten opzichte van de derde editie [29]:

- Er is een lijst met begrippen en bijbehorende omschrijvingen opgenomen.
- Zowel een onderdeel 'toepassingsgebied' (leidingnet en collectieve leidinginstallaties) als een onderdeel 'scope' (grondwater) is toegevoegd.
- De opbrengsten van rapporten van RIVM en KWR in 2016 [27, 28] zijn in deze praktijkcode geïntegreerd. Concreet impliceerde dat onder meer:
 - De opname van een stappenplan dat kan worden gehanteerd en gevolgd bij permeatiegevallen. Het gaat om een aangepast stappenplan in die zin dat voor de drinkwatervoorziening ook rekening is gehouden met geur- en smaakklachten van afnemers.
 - De aanpassing of opname van 'risicogrenswaarden'² in grondwater en grond (zie bijlage I) voor alle organische stoffen volgens de 'Circulaire bodemsanering' [24]. Voor PE leidingen (onderscheiden in PE 40 en PE 80) is die waarde afhankelijk gemaakt van de diameter en bijbehorende wanddikte van een buis. Dit betreft een essentiële wijziging van de praktijkcode gezien de impact voor drinkwaterbedrijven bij het al dan niet nemen van maatregelen voor permeatiegevallen in de praktijk.

Begrippen

De in deze praktijkcode gehanteerde begrippen met hun bijbehorende omschrijving zijn opgenomen in bijlage I. Het gaat uitsluitend om voor 'permeatie' specifieke begrippen. Voor algemene begrippen op het gebied van het transport en de distributie van drinkwater wordt verwezen naar de 'Richtlijn drinkwaterleidingen buiten gebouwen' (PCD 3) [32].

Toepassingsgebied

Deze praktijkcode is primair opgesteld voor het leidingnet, dat wil zeggen voor alle leidingen die behoren tot de verantwoordelijkheid van de drinkwaterbedrijven vanaf de distributiepompen tot aan het leveringspunt. Daarnaast wordt deze praktijkcode waar mogelijk nadrukkelijk aanbevolen in het geval van (collectieve) leidingwaterinstallaties. Met betrekking tot leidingwaterinstallaties zijn de Waterwerkbladen van toepassing (zie www.infodwi.nl). Voor deze praktijkcode geldt dat dan met name voor de werkbladen van de WB 2.2-serie 'Leidingmaterialen' (WB 2.2 voor 'overzicht en toepassing', WB 2.2 A voor koper, WB 2.2 B voor kunststof, WB 2.2 F voor gietijzer en WB 2.2 H voor verzinkt staal) en het werkblad WB 3.5 [30]. In het kader van deze praktijkcode zijn in bijlage V relevante passages uit de Waterwerkbladen WB 2.2 B [10] en WB 3.5 [30] met opmerkingen daarbij opgenomen.

² Het betreft de risicogrenswaarde voor permeatie.

Samenstelling projectgroep

De samenstelling van de projectgroep die de totstandkoming van deze praktijkcode heeft begeleid (beperkte omvang), is hieronder weergegeven. De deelnemers zijn per bedrijf in alfabetische volgorde vermeld. De niet-vermelde drinkwaterbedrijven hebben niet deelgenomen.

Drinkwaterbedrijf of -laboratorium

Brabant Water

Dunea

KWR Watercycle Research Institute

Oasen

PWN

Vertegenwoordiger(s)

Melanie van Schijndel;

Kees Ruijg;

Martin Meerkerk;

Martin van der Schans;

Maarten Lut;

Peter Horst;

Huib Schakenraad.

Vaststelling praktijkcode

Deze praktijkcode is vastgesteld door de Begeleidingsgroep Praktijkcodes in de vergadering van 1 juni 2017.

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.

Inhoud

1	Inleiding	8
1.1	Introductie	8
1.2	Leeswijzer	8
1.3	Opmerkingen vooraf	8
1.4	De risicoboordeelingsmethodiek 'Sanscrit' en het blootstellingsmodel 'CSOIL 2000' in relatie tot deze praktijkcode	9
2	Permeatie-eigenschappen: rubber materialen en producten	12
2.1	Uitvoering	12
2.2	Aard van het rubber	12
2.3	Chemische bestendigheid	12
2.4	Permeatie	12
2.5	Certificatie	13
3	Permeatie-eigenschappen: metalen materialen en producten	14
3.1	Aard van de materialen	14
3.2	Buizen	14
3.3	Verbindingen	14
3.4	Leidingen	14
4	Permeatie-eigenschappen: cementgebonden materialen en producten	15
4.1	Aard van de materialen	15
4.2	Buizen	15
4.3	Verbindingen	15
4.4	Leidingen	15
5	Permeatie-eigenschappen: kunststof materialen en producten	16
5.1	Aard van de materialen	16
5.2	Gedrag materialen in contact met chemische stoffen	16
5.3	Buizen	17
5.4	Verbinding(sstukk)en	18
5.5	Leidingen	20
5.6	Slotbeschouwing	33
6	Aanpak permeatiegevallen	34
6.1	Bestaande situaties: stappenplan voor het beoordelen van permeatierisico's	34
6.2	Nieuwe situaties: selectie materiaal in verband met permeatierisico's	36

7	Aanbevelingen	39
7.1	Relaxatie van risicogrenswaarden en centrale registratie van permeatiegevallen	39
8	Literatuur	40
	Bijlage I Begrippen en definities	43
	Bijlage II Procedure voor de registratie van permeatiemetingen	46
	Bijlage III Permeatie-eigenschappen van materialen voor fittingen	48
	Bijlage IV Modelberekeningen	50
	Bijlage V Passages in Waterwerkbladen met opmerkingen	54

1 Inleiding

1.1 Introductie

Deze praktijkcode is er op gericht om in situaties van bodemverontreiniging kwalitatief en semi-kwantitatief vast te kunnen stellen of er in het geval van bestaande leidingen kans is op een negatief effect op de drinkwaterkwaliteit als gevolg van permeatie van organische stoffen door leidingmaterialen. Verder kan het document worden gehanteerd bij de keuze van materialen voor nieuw aan te leggen transport- en/of distributieleidingen in gebieden waar sprake is van een kans op bodemverontreiniging.

Deze praktijkcode is uitsluitend gericht op het aspect permeatie van organische stoffen. De gegevens in dit document kunnen worden gehanteerd als input ten behoeve van een multicriteria-analyse.

Er is naar gestreefd het overzicht zo veel mogelijk compleet te maken door alle voor permeatie gecertificeerde leidingsystemen of onderdelen daarvan, hierbij te betrekken (stand van zaken begin 2016).

1.2 Leeswijzer

Als eerste wordt in hoofdstuk 2 ingegaan op verbindingen met rubber afdichting(sring)en, omdat die verbindingen bij leidingsystemen van alle materialen worden toegepast. In de drie daarna volgende hoofdstukken worden leidingsystemen op basis van respectievelijk metaal, cement en kunststof ten aanzien van permeatie-eigenschappen geëvalueerd. Dat gebeurt steeds voor achtereenvolgens buizen, verbindingen en de leidingen. Na een korte beschouwing over modelberekeningen (hoofdstuk 6) wordt deze praktijkcode afgesloten met enkele aanbevelingen (hoofdstuk 7) voor de aanpak bestaande situaties in verband met (eventuele) permeatie en de selectie van materialen voor drinkwaterleidingen.

1.3 Opmerkingen vooraf

Vooraf wordt het volgende opgemerkt ten aanzien van met permeatie verband houdende aspecten.

1.3.1 Scope

Uit de titel van deze praktijkcode komt naar voren dat het gaat om de toepassing van leidingmaterialen in de 'bodem'. Dit begrip (zie bijlage I) omvat drie compartimenten: grond (vaste bestanddelen), grondwater (inclusief bodemvocht in de onverzadigde zone) en bodemlucht.

De stofoverdracht bij permeatie zal optreden vanuit de water- of gasfase; aan grond geadsorbeerde stoffen zijn namelijk niet beschikbaar voor permeatie. Derhalve komen in deze praktijkcode stoffen in zowel grondwater als bodemlucht (en dan specifiek voor vluchtige organische stoffen) aan de orde. Daarnaast is een extra rekenslag gemaakt voor permeatierisico's vanuit de grond (verdeling over omringend of passerend water), aangezien er in veel gevallen uitsluitend analyses in grond worden uitgevoerd.

1.3.2 Omstandigheden

De permeatie-eigenschappen van een stof bij concentraties in water op het niveau van de maximale oplosbaarheid is fysisch-chemisch gezien niet anders dan voor een pure chemische stof [3]. Voor de praktijk ten aanzien van permeatie betekent dit concreet dat een

situatie waarbij het grondwater de maximale oplosbaarheid van een stof heeft bereikt, dezelfde is als de situatie waarbij sprake is van een drijfslag van een bepaalde stof of de maximale concentratie van die stof in de bodemlucht (in de dampfase dus).

1.3.3 Bestrijdingsmiddelen en PAK's

In deze praktijkcode wordt voornamelijk ingegaan op vluchtige organische stoffen, zijnde de voor permeatie meest relevante groep. Aan minder of nauwelijks vluchtige stoffen als bestrijdingsmiddelen en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) wordt beperkt aandacht besteed, omdat:

- door de doorgaans slechte oplosbaarheid van dergelijke stoffen in water, in de praktijk van bodemverontreinigingen vaak sprake is van betrekkelijk lage concentraties;
- bij (sterk) apolaire stoffen adsorptie aan humuszuren en/of (grond)deeltjes optreedt [11, 12], waardoor een (aanzienlijk) lagere concentratie voor permeatie beschikbaar is;
- moleculen van dergelijke stoffen in het algemeen relatief groot zijn, waardoor de weerstand bij diffusie (tussen polymere ketens door) daarvan relatief groot en de stofstroom betrekkelijk gering is.

De permeatie van bestrijdingsmiddelen en PAK's door leidingmaterialen zal daarom niet snel in beeld zijn, maar kan op voorhand niet volledig worden uitgesloten.

1.3.4 Leidingsystemen

Een drinkwaterleiding bestaat doorgaans uit aan elkaar verbonden buizen, met gebruik van fittingen en/of hulpstukken, en appendages (brandkranen en afsluiters). Omdat ook door de verbindingen permeatie kan optreden, worden 'leidingsystemen' van diverse materialen in het voorliggende document geëvalueerd.

1.3.5 Certificatie

Bij 'derdepartijcertificatie' voldoet een geleverd product aan de criteria en eisen die in overleg tussen belanghebbende partijen zijn opgesteld. De naleving daarop wordt gecontroleerd door een onpartijdige en onafhankelijke derde partij: de certificatie-instelling. De criteria en eisen worden vastgelegd in een zogeheten beoordelingsrichtlijn (BRL, zie bijlage I).

Certificatie-instelling Kiwa Nederland heeft twee BRL's opgesteld voor leidingmaterialen waarbij 'permeatie' (en eigenlijk de weerstand tegen permeatie) als beoordelingscriterium met een bijbehorende grenswaarde is opgenomen [5, 6]. Daarnaast bestaat er nog een dergelijke concept-BRL [2]. Door middel van een certificaat op basis van een van die BRL's wordt een bepaalde permeatieweerstand of de 'impermeabiliteit' van een buis en/of leidingsysteem door een onafhankelijke partij aangetoond.

De bewuste BRL's worden in dit document genoemd.

1.4 De risicobeoordelingsmethodiek 'Sanscrit' en het blootstellingsmodel 'CSOIL 2000' in relatie tot deze praktijkcode

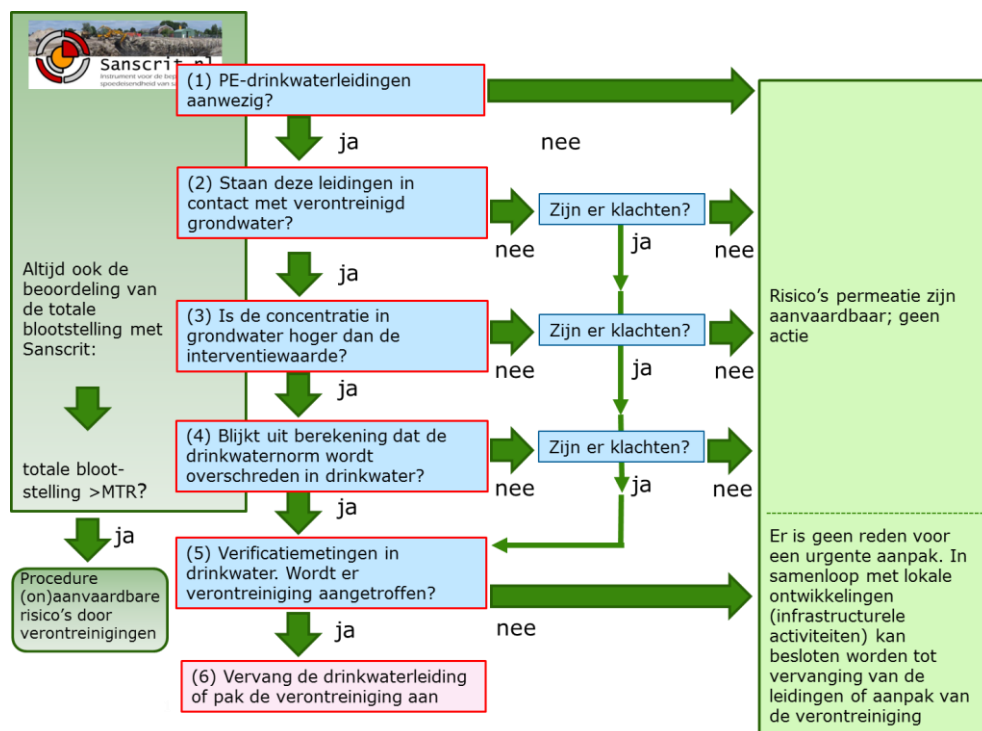
Tot medio 2017 waren er twee parallelle systemen voor het toetsen van het permeatierisico van drinkwaterleidingen bij bodemverontreinigingen:

- Drinkwaterbedrijven hanteerden tot dat moment 'signaalwaarden' (zie bijlage I) voor grond(water) volgens een voorlopige inspectierichtlijn van het voormalige Ministerie van VROM uit 1989 (zie [29]).

- Het bevoegd gezag (provincie of gemeente) toetste op basis van de Circulaire bodemsanering [24] als onderdeel van de Wet bodembescherming (Wbb) of er sprake was van een onaanvaardbaar gezondheidsrisico.

Deze situatie kon er toe leiden dat er volgens de Wbb geen sprake was van onaanvaardbare gezondheidsrisico's, terwijl de signaalwaarden duiden op mogelijke overschrijding van de van toepassing zijnde maximum waarden voor drinkwater. Bovendien bleek uit door drinkwaterbedrijf PWN uitgevoerde praktijkmetingen dat de signaalwaarden vermoedelijk onnodig conservatief waren. In 2016 zijn door KWR en RIVM een gezamenlijk stappenplan en een rekenmodel ontwikkeld voor de beoordeling van blootstellingsrisico's als gevolg van de permeatie van organische bodemverontreinigende stoffen vanuit grondwater naar drinkwater [27, 28]. Zowel het stappenplan als het rekenmodel is opgenomen in deze praktijkcode en worden in juli 2017 verankerd in 'Sanscrit'. Sanscrit is het hulpmiddel van RIVM voor de beoordeling van (humaan)toxicologische risico's van bodemverontreiniging en maakt gebruik van het onderliggende model 'CSOIL' voor onder meer de permeatieberekeningen. Dit heeft als voordeel dat er samenhang ontstaat tussen de beoordeling vanuit de Wbb en de wet- en regelgeving op het gebied van drinkwater.

Figuur 1 geeft de stappen weer waarmee het bevoegd gezag vanaf 1 juli 2017 door middel van Sanscrit te werk gaat bij het beoordelen van permeatierisico's in het geval van een bodemverontreiniging. In § 6.1 van deze praktijkcode wordt de procedure beschreven aan de hand waarvan een drinkwaterbedrijf deze toetsing zelf kan uitvoeren. Dit kan bijvoorbeeld van pas komen wanneer er snel moet worden gehandeld bij vermoeden van acute risico's of als een drinkwaterbedrijf permeatie vermoedt op basis van geur- en smaakklachten van bewoners op een locatie waar nog geen formele risicobeoordelingsprocedure loopt in het kader van de Wbb.



Figuur 1 Stappenplan Sanscrit voor de beoordeling door het bevoegd gezag (gemeenten en provincies) van het permeatierisico bij PE drinkwaterleidingen door organische bodemverontreinigende stoffen [28] (Opmerking: deze PCD beoogt voor drinkwaterbedrijven het stappenplan volgens figuur 2 te volgen).

2 Permeatie-eigenschappen: rubber materialen en producten

2.1 Uitvoering

Leidingen van verschillende materialen bestaan uit onderling verbonden buizen van een bepaalde lengte. Daarbij worden regelmatig op enige wijze verbindingen toegepast met rubber afdichting(sring)en (bijvoorbeeld flensverbindingen). De afdichtingen kunnen verschillende fysieke vormen hebben, bijvoorbeeld een pakkingring of O-ring.

2.2 Aard van het rubber

In de praktijk gaat het veelal om SBR (styreenbutadieen rubber) of EPDM (ethyleenpropyleendieen monomeer), maar de Kiwa-BRL K17504 [9] noemt daarnaast expliciet de volgende materialen:

- natuurrubber (NR);
- isopreen rubber (IR);
- chloropreen rubber (CR);
- nitrilbutadieen rubber (NBR);
- ethyleenpropyleen monomeer (EPM);
- isobutyleen-isopreen rubber (IIR).

2.3 Chemische bestendigheid

Uit resultaten van uitsluitend intern gerapporteerd permeatie-onderzoek door de toenmalige Hoofdafdeling Speurwerk van Kiwa met rubbers en pure organische stoffen (1986 – 1987) is gebleken dat vrijwel direct na het eerste contact tussen SBR en EPDM ringen aanzienlijke zwellingen kunnen optreden (tot zo'n 300% van de oorspronkelijke grootte!). In sommige gevallen bleken de rubbers die werden onderzocht na verloop van tijd zelfs uiteen te vallen. Het gaat dan met name om bepaalde vluchtige aromaten en gechloreerde alifaten. Een en ander kan voor de praktijk betekenen dat aantasting van rubber afdichting(sring)en niet kan worden uitgesloten, met name in het geval van langere expositietijden. Drinkwaterbedrijven moeten er daarom rekening mee houden dat die aantasting kan leiden tot lekkage.

2.4 Permeatie

Bij de toepassing van rubber afdichting(sring)en is sprake van een bepaalde 'contactlengte' van die ringen met de omringende bodem. Doorgaans gaat het om een spleetbreedte van enkele mm's over de volledige omtrek van een leiding. Afhankelijk van de aard van een rubber en van de aard van in de bodem als verontreiniging aanwezige organische stoffen (onder andere polariteit) zal door die afdichting(sring)en in meer of mindere mate permeatie optreden.

Apolaire vluchtige stoffen permeëren doorgaans in betrekkelijk grote mate door rubber materialen. Op theoretische gronden wordt de permeatie van PAK's en bestrijdingsmiddelen door deze materialen niet uitgesloten.

De mate waarin permeatie optreedt, is tevens afhankelijk van de fysieke vorm van een verbinding. Vooral de lengte van de voor een permeant af te leggen weg naar het drinkwater (normaliter de wanddikte van een buis of hulpstuk) is bepalend.

Als gevolg van het relatief geringe contactoppervlak is er meestal sprake van een niet-significante vermindering van de drinkwaterkwaliteit, zeker in het geval van grotere diameters (relatief grote volumestroom en gunstige contactoppervlakte/volume-verhouding en dus lage concentraties). Bij rubbers die frequent in leidingsystemen voor drinkwater toepassing vinden, dient rekening te worden gehouden met een stofstroom (uitgedrukt in bijvoorbeeld mg/m².dag) die afhankelijk van de dikte van een afdichting(sring) aanzienlijk groter kan zijn dan die van dezelfde stof door PE (orde van grootte een factor 100).

2.5 Certificatie

Het aspect 'permeatie' maakt geen deel uit van de Kiwa-beoordelingsrichtlijn voor rubber afdichting(sring)en [9]. In § 2.3.4 'Resistance to chemicals' is de volgende eis geformuleerd: *'The rubber products have to be resistant to any chemicals drinking water can contain under usual circumstances.'* Een bijbehorende beproevingsmethode wordt in de BRL niet aangetroffen.

3 Permeatie-eigenschappen: metalen materialen en producten

3.1 Aard van de materialen

Metalen drinkwaterleidingen komen voor in staal, nodulair en lamellair gietijzer (inwendig gecementeerd of voorzien van een coating) en koper.

3.2 Buizen

De permeatie van organische stoffen door metalen leidingmaterialen en dus ook door buizen wordt op theoretische gronden uitgesloten [3]. Voor zover bekend, is permeatie door metalen leidingmaterialen ook nooit aangetoond.

3.3 Verbindingen

3.3.1 Nodulair en lamellair gietijzer

In leidingen van nodulair en lamellair gietijzer zijn/worden verbindingen met behulp van rubber afdichting(sring)en toegepast. Voor de permeatie-eigenschappen van rubber, zie hoofdstuk 2.

3.3.2 Staal

Het overgrote deel van de stalen leidingen blijkt te worden gelast, zodat er sprake is van een volledig metalen verbinding. Permeatie of diffusie door deugdelijke lasverbindingen zal niet optreden.

Soms worden in stalen leidingen verbindingen met behulp van rubber afdichting(sring)en toegepast. Voor de permeatie-eigenschappen van rubber, zie hoofdstuk 2.

3.3.3 Koper

Koperen buizen worden aan elkaar gesoldeerd. Bij deugdelijke soldeerverbindingen is eveneens sprake van een volledig metalen verbinding, zodat er geen permeatie of diffusie kan optreden. Dat geldt ook voor de gevallen waarbij een knelkoppeling wordt toegepast. Voor de onderlinge verbinding van koperen buizen worden soms perskoppelingen gebruikt. Die koppelingen bevatten een rubber afdichting(sring). Voor de permeatie-eigenschappen van rubber, zie hoofdstuk 2.

3.4 Leidingen

In het geval van metalen leidingen met rubber afdichting(sring)en in met organische stoffen verontreinigde bodems moet rekening worden gehouden met permeatie door en eventuele aantasting van de ringen.

Bij gelaste stalen en gesoldeerde koperen leidingen is permeatie niet aan de orde.

4 Permeatie-eigenschappen: cementgebonden materialen en producten

4.1 Aard van de materialen

Bij cementgebonden³ materialen gaat het in het geval van drinkwaterleidingen concreet om beton en asbestcement. Leidingen van laatstgenoemd materiaal worden sinds het begin van de jaren 90 van de vorige eeuw niet meer aangelegd. Voor asbestcement leidingen gaat het dus uitsluitend om de beoordeling van bestaande situaties.

4.2 Buizen

Door de eigenschappen van de materialen zal de permeatie van organische stoffen door buizen van asbestcement en beton onder praktijkomstandigheden verwaarloosbaar klein zijn, zodat dit niet tot relevante verontreiniging van het drinkwater zal leiden [3].

4.3 Verbindingen

Buizen van asbestcement en in sommige gevallen beton worden onderling verbonden door middel van verbindingen met rubber afdichting(sring)en. Voor de permeatie-eigenschappen van rubber, zie hoofdstuk 2.

Bij betonnen buizen met een plaatstalen kern loopt die stalen kern door, waarmee flens- of lasverbindingen worden gemaakt. Voor de permeatie-eigenschappen van metaal, zie hoofdstuk 3.

4.4 Leidingen

In het geval van betonnen en asbestcement leidingen waarbij rubber afdichting(sring)en zijn toegepast, zal uitsluitend permeatie optreden door de verbindingen (zie hoofdstuk 2). In het geval van betonnen leidingen met een plaatstalen kern zal er geen sprake van permeatie zijn (zie hoofdstuk 3).

³ De 'Regeling materialen en chemicaliën drink- en warm tapwatervoorziening' [13] hanteert het begrip 'cementproducten'. In het ontwerp van de herziening van die Regeling [23] wordt 'cementgebonden producten' gebruikt. Die aanduiding is in dit document overgenomen. Ook 'cementhoudend' werd/wordt soms gehanteerd.

5 Permeatie-eigenschappen: kunststof materialen en producten

5.1 Aard van de materialen

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op het gedrag van kunststof materialen en producten (buizen en verbinding(sstukk)en) in contact met organische stoffen. Eerst worden de gangbare thermoplastische materialen (PE (eventueel met aluminium barrière) en PVC) uitgewerkt. Daarna wordt ingegaan op de thermohardende materialen die als composiet ook wel worden aangeduid als 'GlasvezelVersterkte Kunststoffen' (GVK), waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen epoxy en polyester.

5.2 Gedrag materialen in contact met chemische stoffen

5.2.1 Polyetheen (PE)

Chemische bestendigheid

PE vertoont bij blootstelling aan organische stoffen absorptie [3] en daardoor verandering van mechanische eigenschappen. Die verandering is niet zodanig dat er kans is op lekkage in het geval van een PE drinkwaterleiding.

Permeatie-eigenschappen, kwalitatief

PE vertoont een relatief grote interactie met apolaire stoffen [3]. Er moet in het algemeen vanuit worden gegaan dat organische stoffen die in de praktijk frequent als bodemverontreiniging blijken voor te komen (stoffen in autobrandstoffen en in reinigingsmiddelen van chemische wasserijen), reeds vanaf heel lage concentraties (in de ordegrootte van enkele parts per billion, 10^{-9}) permeatie vertonen. De mate waarin dat fenomeen optreedt, is afhankelijk van onder andere de polariteit en de molecuulgrootte van een stof.

Voor de volgende groepen van stoffen vertonen PE met vermindering van de drinkwaterkwaliteit als gevolg:

- alle monocyclische aromatische koolwaterstoffen en dan met name die in aanzienlijke mate voorkomen in benzines: benzeen, toluen, ethylbenzeen en de xylenen (BTEX);
- chloorbenzeen en alle gechloreerde alifatische koolwaterstoffen, en dan vooral die als oplosmiddel toepassing vinden bij chemische wasserijen: trichlooretheen ('tri'), tetrachlooretheen ('per') en tetrachloorkoolstof ('tetra');
- enkele alifaten (alkanen), die de meest vluchtige componenten van dieselolie zijn: heptaan, octaan en nonaan.

Voor een tweetal polycyclische aromatische koolwaterstoffen (naftaleen en antraceen) is permeatie door PE aangetoond (uitsluitend intern gerapporteerde onderzoeksresultaten van de toenmalige Hoofdafdeling Speurwerk van Kiwa van eind tachtiger jaren van de vorige eeuw). Op grond daarvan kan permeatie van alle PAK's en van vooral apolaire bestrijdingsmiddelen door PE op theoretische gronden niet worden uitgesloten.

5.2.2 Polyvinylchloride (PVC)

Chemische bestendigheid

In het geval van PVC blijkt er bij contact met organische stoffen geen significante absorptie op te treden tot aan de 'verweking' [3]. Als er verweking optreedt, gaat PVC van de 'glastoestand' over in de 'rubbertoestand' (zie onder, foto 1) en krijgt het materiaal geheel andere mechanische eigenschappen. PVC is in die omstandigheden daarom onvoldoende chemisch resistent. Het is de vraag in hoeverre het terecht is om dan van 'permeatie' te spreken; 'aantasting' of 'niet chemisch bestendig' lijkt reëler.

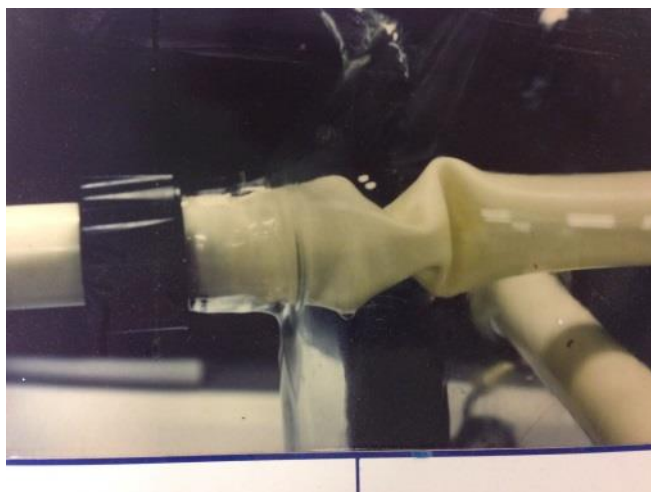


Foto 1 Een door toluen in de dampfase verweekte PVC buis.

Permeatie-eigenschappen, kwalitatief

Bij een verweekte PVC drinkwaterleiding bestaat de kans dat die onder invloed van de inwendige waterdruk zal bezwijken. Vanuit het oogpunt van de drinkwaterkwaliteit kan de verweking van PVC drinkwaterleidingen worden gezien als een ingebouwde veiligheid: op het moment dat er significante permeatie kan optreden, bezwijkt een leiding. Het is echter ook denkbaar dat een geheel of gedeeltelijk verweekte PVC leiding in bepaalde grondpakketten (gedurende een bepaalde periode) intact blijft.

Verweking van PVC treedt vooral op bij aromaten en gechloreerde alifaten met percentages vanaf 25% respectievelijk 10% van de maximale oplosbaarheid van die stoffen in water.

5.2.3 Glasvezelversterkte kunststoffen (GVK)

Permeatie in de zin van oplossen in het materiaal op het grensvlak leiding/bodem gevolgd door de diffusie van stoffen tussen polymere ketens door zoals bij thermoplastische materialen [3] is voor epoxy en polyester materialen op theoretische gronden niet mogelijk, gezien de driedimensionale polymere netwerkstructuren. De grote permeatieweerstand van epoxy is ook gebleken uit testen onder extreme condities in het kader van certificatie (zie § 5.3.3): significante permeatie is niet aangetoond.

5.3 Buizen

5.3.1 Polyetheen (PE)

Moleculen van bodemverontreinigende stoffen die interactie vertonen met PE zullen 'vanaf het eerste molecuul' in de polymere matrix op het grensvlak bodem/leiding worden opgenomen, waarmee een permeatieproces start. De mate waarin permeatie in een bepaalde

situatie tot vermindering van de drinkwaterkwaliteit leidt, is mede afhankelijk van de geometrie van een buis:

- hoe groter de wanddikte, hoe groter de permeatieweerstand; en
- hoe groter de diameter, hoe lager het effect zal zijn op de concentratie van een gepermeëerde hoeveelheid stof in drinkwater.

Polyetheen met barrièrelaag

Sinds de tachtiger jaren van de vorige eeuw worden PE 'meerlaags buizen' (zie bijlage I) vervaardigd die zijn voorzien van een 'barrièrelaag' (zie bijlage I), doorgaans van aluminium maar ook van kunststoffen met grote permeatieweerstand. Bij buizen met aluminium barrière gaat het om een standaard PE buis, die is omwikkeld met aluminiumfolie: voor kleinere diameters wordt de folie er in de lengterichting omheen geslagen, voor grotere diameters wordt de folie er onder een bepaalde hoek omheen gewikkeld. In beide gevallen is er sprake van een 'overlap' of 'lijmrand'. De overlap wordt gelijmd (met een kunststof materiaal) of gelast dan wel gesoldeerd. De kwetsbare aluminium folie wordt beschermd tegen mechanische beschadiging door een gecoëxtrudeerde 'beschermlaag' (zie bijlage I), meestal PE.

Door de aluminium folie is het voor permeatie beschikbare oppervlak van de buis fors beperkt (in het geval van toepassing van een kunststof materiaal in de overlap) of volledig uitgesloten (bij het adequaat lassen of solderen van de overlap van de aluminium folie). Bij een kunststof materiaal in de overlap is door de wijze van wikkeling bovendien de voor een permeant af te leggen weg van de buitenkant naar het drinkwater vergroot. Door deze maatregel wordt de permeatie door de wand nog verder beperkt.

5.3.2 Polyvinylchloride (PVC) inclusief bi-axiaal verstrekt

Behalve van het 'normale' PVC worden er sinds eind jaren negentig van de vorige eeuw ook buizen van 'bi-axiaal verstrekt' PVC vervaardigd. Het verschil tussen beide PVC typen is uitsluitend fysisch van aard (verstrekte polymeerketens). Voor de eigenschappen in contact met organische stoffen (chemische bestendigheid en permeatie) betekent dit dat er geen onderscheid tussen beide PVC typen is te verwachten.

5.3.3 Glasvezelversterkte kunststoffen (GVK)

Buizen van epoxy hebben een relatief grote permeatieweerstand (zie § 5.2.3) en dat geldt zeker ook voor een speciale versie die is voorzien van een aluminium barrièrelaag. Sinds de negentiger jaren van de vorige eeuw is er een voor permeatie gecertificeerd leidingsysteem van GVK (epoxy) op de markt ([gecertificeerde bedrijven en producten](#)). Volgens de van toepassing zijnde Kiwa-beoordelingsrichtlijn [BRL-K532/04](#)⁴ [6] is het systeem toepasbaar tot (zeer) hoge concentraties aan (an)organische stoffen. Het gaat om het leidingsysteem 'Wavistrong EDT' van de firma Future Pipe Industries B.V.

5.4 Verbinding(sstuk)en

5.4.1 Polyetheen (PE)

De van toepassing zijnde Kiwa-beoordelingsrichtlijn [15] onderscheidt verbindingen voor PE leidingsystemen als volgt:

⁴ [BRL-K532/04](#) omvat toepassingen in schone en verontreinigde bodem. Momenteel wordt deze beoordelingsrichtlijn gesplitst. Als een van de twee opvolgers heeft [BRL-K17104](#), versie 1 'Glass fibre reinforced epoxy piping systems with filament wound pipes intended for the transport of drinking water and raw water' [18] uitsluitend betrekking op schone bodem. Voor toepassing in verontreinigde bodems zal op termijn de BRL-K17103 verschijnen.

- mechanische verbindingen (voor PE 40 [15]):
 - met een 'fittinghuis' van kunststof:
 - van PE;
 - van POM (polyoxymethyleen of polyacetaal, polymeer van formaldehyde);
 - van PP (polypropreen);
 - met metalen hulpstukken (koperlegeringen);
- lasverbindingen (voor PE 80 en PE 100 [15]):
 - via stuik- of spiegellassen;
 - via mof- en elektrolassen (met fittingen).

5.4.1.1 Met een fittinghuis van kunststof

Bij alle kunststof klemfittingen wordt de eigenlijke afdichting gerealiseerd met behulp van een rubber afdichting(sring). Voor de permeatie-eigenschappen van rubber, zie hoofdstuk 2.

Bij de toepassing van kunststof fittingen kan ook door het huis zelf permeatie optreden. De mate waarin dat zal gebeuren, is ook dan weer materiaal- en stofafhankelijk. In bijlage III van deze praktijkcode is een evaluatie opgenomen van de verschillende materialen die worden toegepast: PE, POM en PP. Daarnaast blijken in de praktijk van de Nederlandse drinkwaterbedrijven tevens PA (polyamide) hulpstukken te worden toegepast. De permeatieweerstand van PE blijkt steeds lager te zijn dan die van de andere kunststof materialen. Dat impliceert dat de toepassing van die andere materialen bij PE leidingen in absolute zin zal zorgen voor een mindere mate van permeatie.

5.4.1.2 Met metalen hulpstukken

Volgens de BRL [15] worden metalen hulpstukken toegepast voor PE buizen ≤ 63 mm (uitwendige diameter). Volgens hoofdstuk 3 zal permeatie door metaal niet optreden. Ook bij metalen hulpstukken wordt echter een rubber afdichting(sring) toegepast. Voor de permeatie-eigenschappen van rubber, zie hoofdstuk 2.

5.4.1.3 Lasverbindingen

Lasverbindingen worden toegepast in PE leidingen ≥ 20 mm. Bij lassen wordt PE materiaal aan elkaar gesmolten en bij die verbindingen is dus uitsluitend sprake van contact met dit materiaal.

De vorige versie van BRL [15] stelde de volgende eis voor hulpstukken bij mof- en elektrolassen: *'De wanddikte van de hulpstukken moet en moet op ieder punt groter of gelijk zijn aan e_{min} van bij behorende buis.'* Aangezien ' e_{min} ' de minimale wanddikte is, was de permeatieweerstand van gelaste PE leidingen met deze eis altijd ten minste gelijk zijn aan die van de toegepaste buis. In de huidige versie van de beoordelingsrichtlijn is uitsluitend de wanddikte van PE buizen vastgelegd. Voor kunststof fittingen is dat niet gedaan; daarvoor geldt een ontwerpspanning als uitgangspunt. Gezien de aard van PE fittingen en lasverbindingen wordt aangenomen dat de permeatieweerstand van deze fittingen ten minste gelijk is aan die voor PE buizen en voor PE leidingen met lasverbindingen. Daarom kan voor een inschatting van de mate van permeatie worden volstaan met een beschouwing van de buis.

5.4.1.4 Speciale verbindingen voor polyetheen met aluminium barrière

Omdat het bij 'PE/barrière buizen' qua maatvoering om specifieke buizen gaat (grotere uitwendige diameter dan 'normale' PE buizen), is het noodzakelijk dat speciale hulpstukken beschikbaar zijn. In de praktijk van de Nederlandse drinkwaterbedrijven blijken die niet altijd te worden gebruikt. Soms wordt de gecoëxtrudeerde buitenlaag verwijderd ('afgeschild'), zodat reguliere verbindingen (en hulpstukken) kunnen worden toegepast.

5.4.2 Polyvinylchloride (PVC)

Buizen van zowel normaal als bi-axiaal verstrekt PVC worden verbonden door hulpstukken van normaal PVC. De hulpstukken hebben dezelfde permeatie-eigenschappen als de buizen. Ook POM hulpstukken worden toegepast ten behoeve van PVC leidingen. De permeatieweerstand van POM hulpstukken wordt lager ingeschat dan die van PVC hulpstukken (zie bijlage III), zodat de permeatieweerstand van een PVC leiding met POM hulpstukken in absolute zin lager zal zijn dan die van een PVC leiding met dito hulpstukken.

Volgens de van toepassing zijnde Kiwa-beoordelingsrichtlijn [19] zijn er PVC lijmfittingen in het bereik van 12 – 160 mm, die worden toegepast met daarvoor bedoelde lijmen (opgelost PVC materiaal). PVC lijmverbindingen zullen daardoor dezelfde permeatie-eigenschappen hebben als het materiaal van de buizen en de eigenlijke hulpstukken. Voor diameters groter dan of gelijk aan 50 mm tot en met 630 mm worden in de eigenlijke hulpstukken verbindingen met rubber afdichting(sring)en toegepast. Voor de permeatie-eigenschappen van rubber, zie hoofdstuk 2.

5.4.3 Glasvezelversterkte kunststoffen (GVK)

Epoxy en polyester buizen worden verbonden met behulp van hulpstukken van hetzelfde materiaal en die hebben daarom dezelfde permeatie-eigenschappen als de buizen. Het gaat bij GVK leidingsystemen om lijmverbindingen of verbindingen met rubber afdichting(sring)en. In verband met zettingen in de bodem in combinatie met de relatief lage elasticiteit van GVK buizen zullen naar verwachting doorgaans laatstgenoemde verbindingen worden toegepast. Voor de permeatie-eigenschappen van rubber, zie hoofdstuk 2. Bij lijmverbindingen wordt gebruik gemaakt van epoxy respectievelijk polyester lijmen. Deze lijmen zullen vergelijkbare permeatie-eigenschappen als de buizen en hulpstukken hebben.

5.5 Leidingen

In de navolgende twee subparagrafen worden risicogrenswaarden genoemd voor een scala aan individuele organische stoffen in verband met de permeatie door PE respectievelijk de aantasting (verweking) van PVC leidingen. In het geval er meerdere stoffen in grond(water) aanwezig zijn, wordt gewezen op § 5.5.3 in verband met een mogelijk synergetisch effect.

5.5.1 Polyetheen (PE)

Uit bijlage III blijkt dat de permeatieweerstand van POM, PP en PA hulpstukken doorgaans groter zal zijn dan die van PE hulpstukken, zodat een risico-inschatting met betrekking tot permeatie zich kan richten op een volledig in PE uitgevoerde drinkwaterleiding.

Risicogrenswaarden van verontreinigende organische stoffen in grondwater volgens de 'Circulaire bodemsanering per 1 juli 2013' [24] in het geval van PE 40 leidingen zijn opgenomen in tabel 1 en in tabel 2 voor PE 80 leidingen (vierde kolom). De permeatieweerstand van PE 80 is een factor 4 tot 12 groter [27].

De laatste kolom van de twee tabellen geeft de risicogrenswaarden voor grond. Ter informatie zijn in de twee tabellen tevens de streef- en interventiewaarden volgens genoemde Circulaire opgenomen (tweede respectievelijk derde en vijfde kolom). De in de tabel van de Circulaire bodemsanering bij sommige stoffen geplaatste noten zijn in de onderstaande tabellen weggelaten. Vooraf wordt een aantal opmerkingen gemaakt.

Toelichting bij risicogrenswaarden in PE

De concentratie-afhankelijke component van de verdelingscoëfficiënt en diffusiecoëfficiënt zijn iteratief berekend. Beide coëfficiënten zijn aangepast, totdat de berekende risicogrenswaarde was gestabiliseerd.

De berekende risicogrenswaarde is in feite geen absolute concentratie in grondwater, maar

een concentratieverschil tussen grondwater en drinkwater dat nodig is om gemiddeld een concentratie in het drinkwater te krijgen die gelijk is aan de maximum waarde volgens het Drinkwaterbesluit [1]. Daarom zijn de berekende risicogrenswaarden in grondwater vermeerderd met de maximum waarde volgens het Drinkwaterbesluit. Dit heeft levert voor de meeste stoffen geen significant verschil op met de berekende waarde.

In de tabellen 1 en 2 zijn afgeronde risicogrenswaarden opgenomen.

Nieuwe stoffen

In opdracht van het Platform Bedrijfsvoering is/wordt in 2017 een project uitgevoerd met de bedoeling om inzicht te krijgen in 'nieuwe stoffen' die bij de permeatie door drinkwaterleidingen een rol spelen. Op basis van door drinkwaterbedrijven in de eerste helft van het jaar aangereikte gegevens zijn geen nieuwe stoffen geconstateerd.

Gezien hun relevantie als bodemverontreiniging en het feit dat ze expliciet worden genoemd in bijlage A van het Drinkwaterbesluit [1] zijn de stoffen MTBE en ETBE nog aan de twee onderstaande tabellen toegevoegd (de stoffen komen niet voor in de tabel van de Circulaire bodemsanering).

Ftalaten

Zoals uit de tabellen 1 en 2 blijkt, bestaan er geen interventiewaarden voor individuele ftalaten in grondwater. Toch zijn er voor deze stoffen risicogrenswaarden voor grondwater en grond toegevoegd. Drinkwaterbedrijven kunnen op deze individuele ftalaten toetsen, omdat die regelmatig worden vermeld in analyserapporten.

Assessmentfactor

Er is voor PE 40 gerekend met een assessmentfactor van 3 voor grondwater en 1 voor grond, waarbij het volgende wordt opgemerkt.

Het model is gevalideerd aan de hand van 60 praktijkmetingen waarbij zowel de concentratie in grondwater als in PE drinkwaterleidingen is gemeten. Hieruit blijkt dat het model in 90% van de gevallen de waargenomen permeatie met ten minste een factor 3,94 overschrijdt. Dit verschil wordt door een combinatie van factoren veroorzaakt. In Sanscrit worden de permeatieberekeningen gecorrigeerd met een assessmentfactor van 3. De assessmentfactor is uitsluitend toepasbaar bij PE aansluitleidingen die in het grondwater liggen. De assessmentfactor is niet toepasbaar in andere situaties.

Voor PE 80 is een assessmentfactor van 1 aangehouden (veiliger), omdat het permeatiemodel niet is gevalideerd onder veldcondities voor dit materiaal.

Risicogrenswaarde voor grond

De risicogrenswaarde voor grond is bepaald door de risicogrenswaarde voor grondwater te vermenigvuldigen met een verdelingscoëfficiënt. Deze coëfficiënt is door RIVM berekend door middel van 'Fugaciteitsberekeningen' met het CSOIL-model voor een 'standaardbodem' (10% organische stof (5,8% organisch koolstof), bulkdichtheid van 1,2 kg/l, 0,2 volumefractie gasfase en 0,3 volumefractie waterfase)⁵.

Risicogrenswaarde in relatie tot de maatvoering van een leiding

De vermelde risicogrenswaarden zijn afgeleid voor aansluitleidingen met een uitwendige diameter van 25 mm en een wanddikte van 2,7 mm, met een dagelijks debiet van 500 l/dag. Grotere diameters hebben een grotere wanddikte (grotere permeatieweerstand) en een gunstigere verhouding tussen contactoppervlak en volume, zodat voor dergelijke leidingen grotere risicogrenswaarden kunnen gelden. Bovendien zal door distributieleidingen dagelijks

⁵ Persoonlijke mededeling Frank Swartjes (RIVM) d.d. 4 juli 2017.

een grotere hoeveelheid water stromen. In die gevallen kan een risicogrenswaarde als volgt worden verhoogd:

$$risicogrenswaarde_{actueel} =$$

$$risicogrenswaarde_{volgens\ tabel} * \frac{wanddikte_{actueel}}{2,7\ mm} * \frac{inw.\ diameter_{actueel}}{19,6\ mm} * \frac{dagdebiet_{actueel}}{0,5\ m^3/dag}$$

Zowel de wanddikte als de inwendige diameters worden daarbij in mm genomen.

Voorbeeld

Voor een organische stof met een risicogrenswaarde van 10 µg/l voor een PE aansluitleiding zal in het geval van een d_n 63 PE distributieleiding (wanddikte 11 mm en inwendige diameter 41 mm) op grond van uitsluitend de maatvoering (dus er is nog geen rekening gehouden met een ander debiet) een risicogrenswaarde van 85 µg/l van toepassing zijn.

Stoffen met risicogrenswaarde < interventiewaarde

In verschillende gevallen is in de onderstaande tabellen voor grond(water) een **markering** aangebracht. In die gevallen geldt dat de risicogrenswaarde lager is dan de interventiewaarde, dat wil zeggen dat er beneden de interventiewaarde in meer of mindere mate kans is op permeatie.

Tabel 1 Risicogrenswaarden voor *individuele stoffen en PE 40 leidingen*⁶ in grondwater en grond (zie § 5.5.3 voor *mengsels*).

Stofnaam	Grondwater			Grond ⁷	
	Streefwaarde	Interventie-waarde	Risicogrenswaarde PE 40 leidingen	Interventie-waarde	Risicogrenswaarde PE 40 leidingen
3. Aromatische verbindingen					
Benzeen	0,2 µg/l	30 µg/l	1.700 µg/l	1,1 mg/kg d.s.	3 mg/kg d.s.
Ethylbenzeen	4 µg/l	150 µg/l	270 µg/l	110 mg/kg d.s.	2 mg/kg d.s.
Tolueen	7 µg/l	1.000 µg/l	560 µg/l	32 mg/kg d.s.	1 mg/kg d.s.
Xylenen (som)	0,2 µg/l	70 µg/l	240 µg/l	17 mg/kg d.s.	1 mg/kg d.s.
Styreen	6 µg/l	300 µg/l	450 µg/l	86 mg/kg d.s.	3 mg/kg d.s.
Fenol	0,2 µg/l	2.000 µg/l	260.000 µg/l	14 mg/kg d.s.	190 mg/kg d.s.
Cresolen (som)	0,2 µg/l	200 µg/l	100.000 µg/l	13 mg/kg d.s.	91 mg/kg d.s.
4. Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK's)					
Naftaleen	0,01 µg/l	70 µg/l	320 µg/l	-	6 mg/kg d.s.
Fenantreen	0,003 µg/l	5 µg/l	5,6 µg/l	-	2 mg/kg d.s.
Antraceen	0,0007 µg/l	5 µg/l	5,5 µg/l	-	2 mg/kg d.s.
Fluorantheen	0,003 µg/l	1 µg/l	2,4 µg/l	-	7 mg/kg d.s.
Chryseen	0,003 µg/l	0,2 µg/l	0,87 µg/l	-	9 mg/kg d.s.
Benzo(a)antraceen	0,0001 µg/l	0,5 µg/l	0,83 µg/l	-	10 mg/kg d.s.
Benzo(a)pyreen	0,0005 µg/l	0,05 µg/l	0,064 µg/l	-	1 mg/kg d.s.
Benzo(k)fluorantheen	0,0004 µg/l	0,05 µg/l	1,1 µg/l	-	5 mg/kg d.s.
Indeno(1,2,3cd)pyreen	0,0004 µg/l	0,05 µg/l	0,15 µg/l	-	3 mg/kg d.s.

⁶: Voor grotere diameters kan de risicogrenswaarde groter zijn, zie uitleg boven tabel.

⁷ Voor 'standaardbodem' (10% organische stof en 25% lutum). 'd.s.' staat voor 'droge stof'.

Benzo(ghi)peryleen	0,0003 µg/l	0,05 µg/l	0,18 µg/l	-	9 mg/kg d.s.
PAK's (totaal) (som 10)	-	-		40 mg/kg d.s.	
5. Gechloreerde koolwaterstoffen					
a. (Vluchtige) koolwaterstoffen					
Monochlooretheen (vinylchloride)	0,01 µg/l	5 µg/l	450 µg/l	0,1 mg/kg d.s.	1 mg/kg d.s.
Dichloormethaan	0,01 µg/l	1.000 µg/l	23.000 µg/l	3,9 mg/kg d.s.	10 mg/kg d.s.
1,1-dichloorethaan	7 µg/l	900 µg/l	8.500 µg/l	15 mg/kg d.s.	7 mg/kg d.s.
1,2-dichloorethaan	7 µg/l	400 µg/l	59.000 µg/l	6,4 mg/kg d.s.	40 mg/kg d.s.
1,1-dichlooretheen	0,01 µg/l	10 µg/l	3.200 µg/l	0,3 mg/kg d.s.	4 mg/kg d.s.
1,2-dichlooretheen (som)	0,01 µg/l	20 µg/l	5.200 µg/l	1 mg/kg d.s.	7 mg/kg d.s.
Dichloorpropanen (som)	0,8 µg/l	80 µg/l	7.200 µg/l	2 mg/kg d.s.	6 mg/kg d.s.
Trichloormethaan (chloroform)	6 µg/l	400 µg/l	10.000 µg/l	5,6 mg/kg d.s.	10 mg/kg d.s.
1,1,1-trichloorethaan	0,01 µg/l	300 µg/l	1.700 µg/l	15 mg/kg d.s.	3 mg/kg d.s.
1,1,2-trichloorethaan	0,01 µg/l	130 µg/l	17.000 µg/l	10 mg/kg d.s.	33 mg/kg d.s.
Trichlooretheen (Tri)	24 µg/l	500 µg/l	24.000 µg/l	2,5 mg/kg d.s.	57 mg/kg d.s.
Tetrachloormethaan (Tetra)	0,01 µg/l	10 µg/l	2.700 µg/l	0,7 mg/kg d.s.	3 mg/kg d.s.
Tetrachlooretheen (Per)	0,01 µg/l	40 µg/l	7.200 µg/l	8,8 mg/kg d.s.	37 mg/kg d.s.
b. Chloorbenzenen					
Monochloorbenzeen	7 µg/l	180 µg/l	690 µg/l	15 mg/kg d.s.	3 mg/kg d.s.
Dichloorbenzenen (som)	3 µg/l	50 µg/l	400 µg/l	19 mg/kg d.s.	3 mg/kg d.s.
Trichloorbenzenen (som)	0,01 µg/l	10 µg/l	130 µg/l	11 mg/kg d.s.	6 mg/kg d.s.
Tetrachloorbenzenen (som)	0,01 µg/l	2,5 µg/l	120 µg/l	2,2 mg/kg d.s.	7 mg/kg d.s.
Pentachloorbenzenen	0,003 µg/l	1 µg/l	58 µg/l	6,7 mg/kg d.s.	9 mg/kg d.s.
Hexachloorbenzeen	0,00009 µg/l	0,5 µg/l	14 µg/l	2,0 mg/kg d.s.	3 mg/kg d.s.
c. Chloorfenolen					
Monochloorfenolen (som)	0,3 µg/l	100 µg/l	3.500 µg/l	5,4 mg/kg d.s.	2.500 mg/kg d.s.
Dichloorfenolen (som)	0,2 µg/l	30 µg/l	1.900 µg/l	22 mg/kg d.s.	280 mg/kg d.s.
Trichloorfenolen (som)	0,03 µg/l	10 µg/l	3.000 µg/l	22 mg/kg d.s.	120 mg/kg d.s.
Tetrachloorfenolen (som)	0,01 µg/l	10 µg/l	2.500 µg/l	21 mg/kg d.s.	100 mg/kg d.s.
Pentachloorfenol	0,04 µg/l	3 µg/l		12 mg/kg d.s.	
d. Polychloor-bifenylen (PCB's)					
PCB's (som 7)	0,01 µg/l	0,01 µg/l	0,15 µg/l (zie 'PCB's' na tabel 1 en 2)	1 mg/kg d.s.	0 mg/kg d.s. (zie 'PCB's' na tabel 1 en 2)
e. Overige gechloreerde koolwaterstoffen					
Monochlooranilinen (som)	-	30 µg/l	150.000 µg/l	50 mg/kg d.s.	1.000 mg/kg d.s.
Dioxine (som TEQ)	-	n.v.t.		0,00018 mg/kg d.s.	
Chloornaftaleen (som)	-	6 µg/l	1.000 µg/l	23 mg/kg d.s.	55 mg/kg d.s.
6. Bestrijdings-middelen					
a. Organochloor-bestrijdingsmiddelen					
Chloordaan (som)	0,00002 µg/l	0,2 µg/l	59 µg/l	4 mg/kg d.s.	45 mg/kg d.s.
DDT (som)	-	-	13 µg/l	1,7 mg/kg d.s.	97 mg/kg d.s.
DDE (som)	-	-	1,9 µg/l	2,3 mg/kg d.s.	8 mg/kg d.s.
DDD (som)	-	-	3,7 µg/l	34 mg/kg d.s.	10 mg/kg d.s.

DDT/DDE/DDE (som)	0,004 ng/l	10 ng/l	zie 'Meerdere stoffen' na tabel 1 en 2	-	zie 'Meerdere stoffen' na tabel 1 en 2
Aldrin	0,009 ng/l	-	7.400 ng/l	0,32 mg/kg d.s.	1 mg/kg d.s.
Dieldrin	0,1 ng/l	-	63.000 ng/l	-	12 mg/kg d.s.
Endrin	0,04 ng/l	-	340.000 ng/l	-	59 mg/kg d.s.
Drins (som)	-	0,1 µg/l	zie 'Meerdere stoffen' na tabel 1 en 2	4 mg/kg d.s.	zie 'Meerdere stoffen' na tabel 1 en 2
α-endosulfan	0,0002 µg/l	5 µg/l	690 µg/l	4 mg/kg d.s.	17 mg/kg d.s.
α-HCH	0,033 µg/l	-	2.100 µg/l	17 mg/kg d.s.	90 mg/kg d.s.
β-HCH	0,008 µg/l	-	2.500 µg/l	1,6 mg/kg d.s.	110 mg/kg d.s.
γ-HCH (lindaan)	0,009 µg/l	-	2.600 µg/l	1,2 mg/kg d.s.	49 mg/kg d.s.
HCH-verbindingen (som)	0,05 µg/l	1 µg/l	zie 'Meerdere stoffen' na tabel 1 en 2	-	zie 'Meerdere stoffen' na tabel 1 en 2
Heptachloor	0,005 ng/l	300 ng/l	16.000 ng/l	4 mg/kg d.s.	9 mg/kg d.s.
Heptachloorepoxide (som)	0,005 ng/l	3.000 ng/l	90.000 ng/l	4 mg/kg d.s.	2 mg/kg d.s.
b. Organofosfor-pesticiden	-	-	zie 'Meerdere stoffen' na tabel 1 en 2	-	zie 'Meerdere stoffen' na tabel 1 en 2
c. Organotin-bestrijdingsmiddelen	-	-	-	-	-
Organotin-verbindingen (som)	0,05 – 16 ng/l	700 ng/l	zie 'Meerdere stoffen' na tabel 1 en 2	2,5 mg/kg d.s.	zie 'Meerdere stoffen' na tabel 1 en 2
d. Chloorfenoxi-azijnzuur herbiciden	-	-	-	-	-
MCPA	0,02 µg/l	50 µg/l	8.800 µg/l	4 mg/kg d.s.	11 mg/kg d.s.
e. Overige bestrijdingsmiddelen	-	-	-	-	-
Atrazine	0,02 µg/l	150 µg/l	7.600 µg/l	0,71 mg/kg d.s.	24 mg/kg d.s.
Carbaryl	0,002 µg/l	60 µg/l	12.000 µg/l	0,45 mg/kg d.s.	45 mg/kg d.s.
Carbofuran	0,009 µg/l	100 µg/l	84.000 µg/l	0,017 mg/kg d.s.	78 mg/kg d.s.
7. Overige stoffen	-	-	-	-	-
Cyclohexanon	0,5 µg/l	15.000 µg/l	120.000 µg/l	150 mg/kg d.s.	32 mg/kg d.s.
Dimethylftalaat	-	-	99.000 µg/l	82 mg/kg d.s.	350 mg/kg d.s.
Diethylftalaat	-	-	17.000 µg/l	53 mg/kg d.s.	150 mg/kg d.s.
Di-isobutylftalaat	-	-	420 µg/l	17 mg/kg d.s.	14 mg/kg d.s.
Dibutylftalaat	-	-	190 µg/l	36 mg/kg d.s.	4 mg/kg d.s.
Butylbenzylftalaat	-	-	240 µg/l	48 mg/kg d.s.	38 mg/kg d.s.
Diethylhexylftalaat	-	-	2,3 µg/l	220 mg/kg d.s.	2 mg/kg d.s.
Di(2-ethylhexyl)ftalaat	-	-	2,2 µg/l	60 mg/kg d.s.	10 mg/kg d.s.
Ftalaten (som)	0,5 µg/l	5 µg/l	zie 'Meerdere stoffen' na tabel 1 en 2	-	zie 'Meerdere stoffen' na tabel 1 en 2
Minerale olie	50 µg/l	600 µg/l	C10: 2,2 µg/l	5.000 mg/kg	C10: 10 mg/kg d.s.

			C11: 1,4 µg/l C12: 1,1 µg/l C13: 1,0 µg/l zie 'Minerale olie' en 'Meerdere stoffen' na tabel 1 en 2	d.s.	C11: 7 mg/kg d.s. C12: 6 mg/kg d.s. C13: 100 mg/kg d.s. C14: 97 mg/kg d.s. C15: 97 mg/kg d.s. C16: 97 mg/kg d.s. ≥ C17: 19.000 mg/kg d.s. zie 'Minerale olie' en 'Meerdere stoffen' na tabel 1 en 2
Pyridine	0,5 µg/l	30 µg/l	140.000 µg/l	11 mg/kg d.s.	250 mg/kg d.s.
Tetrahydrofuraan	0,5 µg/l	300 µg/l	180.000 µg/l	7 mg/kg d.s.	26 mg/kg d.s.
Tetrahydrothiofeen	0,5 µg/l	5.000 µg/l	16.000 µg/l	8,8 mg/kg d.s.	9 mg/kg d.s.
Tribroommethaan (bromoform)	-	630 µg/l	23.000 µg/l	75 mg/kg d.s.	68 mg/kg d.s.
MTBE			770 mg/l		230 mg/kg d.s.
ETBE			100 mg/l		

Tabel 2 Risicogrenswaarden voor *individuele stoffen en PE 80 leidingen*⁸ in grondwater en grond (zie § 5.5.3 voor *mengsels*).

Stofnaam	Grondwater			Grond ⁹	
	Streefwaarde	Interventie- waarde	Risicogrens- waarde PE 80 leidingen	Interventie- waarde	Risicogrens- waarde PE 80 leidingen
3. Aromatische verbindingen					
Benzeen	0,2 µg/l	30 µg/l	6.800 µg/l	1,1 mg/kg d.s.	31 mg/kg d.s.
Ethylbenzeen	4 µg/l	150 µg/l	850 µg/l	110 mg/kg d.s.	17 mg/kg d.s.
Tolueen	7 µg/l	1.000 µg/l	1.900 µg/l	32 mg/kg d.s.	14 mg/kg d.s.
Xylenen (som)	0,2 µg/l	70 µg/l	750 µg/l	17 mg/kg d.s.	9 mg/kg d.s.
Styreen	6 µg/l	300 µg/l	1.400 µg/l	86 mg/kg d.s.	32 mg/kg d.s.
Fenol	0,2 µg/l	2.000 µg/l	760.000 µg/l	14 mg/kg d.s.	1.600 mg/kg d.s.
Cresolen (som)	0,2 µg/l	200 µg/l	210.000 µg/l	13 mg/kg d.s.	590 mg/kg d.s.
4. Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK's)					
Naftaleen	0,01 µg/l	70 µg/l	930 µg/l	-	52 mg/kg d.s.
Fenantreen	0,003 µg/l	5 µg/l	13 µg/l	-	13 mg/kg d.s.
Antraceen	0,0007 µg/l	5 µg/l	12 µg/l	-	14 mg/kg d.s.
Fluorantheen	0,003 µg/l	1 µg/l	5,0 µg/l	-	44 mg/kg d.s.
Chryseen	0,003 µg/l	0,2 µg/l	1,5 µg/l	-	46 mg/kg d.s.
Benzo(a)antraceen	0,0001 µg/l	0,5 µg/l	1,4 µg/l	-	50 mg/kg d.s.
Benzo(a)pyreen	0,0005 µg/l	0,05 µg/l	0,10 µg/l	-	4 mg/kg d.s.
Benzo(k)fluorantheen	0,0004 µg/l	0,05 µg/l	1,8 µg/l	-	23 mg/kg d.s.
Indeno(1,2,3cd)pyreen	0,0004 µg/l	0,05 µg/l	0,17 µg/l	-	10 mg/kg d.s.
Benzo(ghi)peryleen	0,0003 µg/l	0,05 µg/l	0,22 µg/l	-	35 mg/kg d.s.

⁸: Voor grotere diameters kan de risicogrenswaarde groter zijn, zie uitleg boven tabel.

⁹ Voor 'standaardbodem' (10% organische stof en 25% lutum). 'd.s.' staat voor 'droge stof'.

PAK's (totaal) (som 10)	-	-		40 mg/kg d.s.	
5. Gechloreerde koolwaterstoffen					
a. (Vluchtige) koolwaterstoffen					
Monochlooretheen (vinylchloride)	0,01 µg/l	5 µg/l	1.900 µg/l	0,1 mg/kg d.s.	10 mg/kg d.s.
Dichloormethaan	0,01 µg/l	1.000 µg/l	100.000 µg/l	3,9 mg/kg d.s.	130 mg/kg d.s.
1,1-dichloorethaan	7 µg/l	900 µg/l	34.000 µg/l	15 mg/kg d.s.	80 mg/kg d.s.
1,2-dichloorethaan	7 µg/l	400 µg/l	250.000 µg/l	6,4 mg/kg d.s.	510 mg/kg d.s.
1,1-dichlooretheen	0,01 µg/l	10 µg/l	12.000 µg/l	0,3 mg/kg d.s.	47 mg/kg d.s.
1,2-dichlooretheen (som)	0,01 µg/l	20 µg/l	20.000 µg/l	1 mg/kg d.s.	85 mg/kg d.s.
Dichloorpropanen (som)	0,8 µg/l	80 µg/l	120.000 µg/l	2 mg/kg d.s.	68 mg/kg d.s.
Trichloormethaan (chloroform)	6 µg/l	400 µg/l	40.000 µg/l	5,6 mg/kg d.s.	110 mg/kg d.s.
1,1,1-trichloorethaan	0,01 µg/l	300 µg/l	5.800 µg/l	15 mg/kg d.s.	33 mg/kg d.s.
1,1,2-trichloorethaan	0,01 µg/l	130 µg/l	68.000 µg/l	10 mg/kg d.s.	390 mg/kg d.s.
Trichlooretheen (Tri)	24 µg/l	500 µg/l	78.000 µg/l	2,5 mg/kg d.s.	540 mg/kg d.s.
Tetrachloormethaan (Tetra)	0,01 µg/l	10 µg/l	8.900 µg/l	0,7 mg/kg d.s.	32 mg/kg d.s.
Tetrachlooretheen (Per)	0,01 µg/l	40 µg/l	17.000 µg/l	8,8 mg/kg d.s.	270 mg/kg d.s.
b. Chloorbenzenen					
Monochloorbenzeen	7 µg/l	180 µg/l	2.200 µg/l	15 mg/kg d.s.	29 mg/kg d.s.
Dichloorbenzenen (som)	3 µg/l	50 µg/l	1.100 µg/l	19 mg/kg d.s.	30 mg/kg d.s.
Trichloorbenzenen (som)	0,01 µg/l	10 µg/l	310 µg/l	11 mg/kg d.s.	40 mg/kg d.s.
Tetrachloorbenzenen (som)	0,01 µg/l	2,5 µg/l	260 µg/l	2,2 mg/kg d.s.	45 mg/kg d.s.
Pentachloorbenzenen	0,003 µg/l	1 µg/l	97 µg/l	6,7 mg/kg d.s.	46 mg/kg d.s.
Hexachloorbenzeen	0,00009 µg/l	0,5 µg/l	13 µg/l	2,0 mg/kg d.s.	6 mg/kg d.s.
c. Chloorfenolen					
Monochloorfenolen (som)	0,3 µg/l	100 µg/l	12.000 µg/l	5,4 mg/kg d.s.	13.000 mg/kg d.s.
Dichloorfenolen (som)	0,2 µg/l	30 µg/l	5.900 µg/l	22 mg/kg d.s.	1.100 mg/kg d.s.
Trichloorfenolen (som)	0,03 µg/l	10 µg/l	2.100 µg/l	22 mg/kg d.s.	280 mg/kg d.s.
Tetrachloorfenolen (som)	0,01 µg/l	10 µg/l	2.100 µg/l	21 mg/kg d.s.	270 mg/kg d.s.
Pentachloorfenol	0,04 µg/l	3 µg/l		12 mg/kg d.s.	
d. Polychloor-bifenylen (PCB's)					
PCB's (som 7)	0,01 µg/l	0,01 µg/l	0,12 µg/l (zie 'PCB's' na tabel 1 en 2)	1 mg/kg d.s.	1 mg/kg d.s. (zie 'PCB's' na tabel 1 en 2)
e. Overige gechloreerde koolwaterstoffen					
Monochlooranilinen (som)	-	30 µg/l	320.000 µg/l	50 mg/kg d.s.	6.600 mg/kg d.s.
Dioxine (som TEQ)	-	n.v.t.		0,00018 mg/kg d.s.	
Chloornaftaleen (som)	-	6 µg/l	720 µg/l	23 mg/kg d.s.	110 mg/kg d.s.
6. Bestrijdings-middelen					
a. Organochloor-bestrijdingsmiddelen					
Chloordaan (som)	0,00002 µg/l	0,2 µg/l	23 µg/l	4 mg/kg d.s.	54 mg/kg d.s.
DDT (som)	-	-	2,5 µg/l	1,7 mg/kg d.s.	56 mg/kg d.s.
DDE (som)	-	-	0,30 µg/l	2,3 mg/kg d.s.	4 mg/kg d.s.
DDD (som)	-	-	0,58 µg/l	34 mg/kg d.s.	5 mg/kg d.s.
DDT/DDE/DDE (som)	0,004 ng/l	10 ng/l	zie 'Meerdere	-	zie 'Meerdere stoffen'

			stoffen' na tabel 1 en 2		na tabel 1 en 2
Aldrin	0,009 ng/l	-	1.300 ng/l	0,32 mg/kg d.s.	1 mg/kg d.s.
Dieldrin	0,1 ng/l	-	18.000 ng/l	-	10 mg/kg d.s.
Endrin	0,04 ng/l	-	170.000 ng/l	-	89 mg/kg d.s.
Drins (som)	-	0,1 µg/l	zie 'Meerdere stoffen' na tabel 1 en 2	4 mg/kg d.s.	zie 'Meerdere stoffen' na tabel 1 en 2
α-endosulfan	0,0002 µg/l	5 µg/l	360 µg/l	4 mg/kg d.s.	27 mg/kg d.s.
α-HCH	0,033 µg/l	-	1.500 µg/l	17 mg/kg d.s.	190 mg/kg d.s.
β-HCH	0,008 µg/l	-	1.700 µg/l	1,6 mg/kg d.s.	240 mg/kg d.s.
γ-HCH (lindaan)	0,009 µg/l	-	2.000 µg/l	1,2 mg/kg d.s.	110 mg/kg d.s.
HCH-verbindingen (som)	0,05 µg/l	1 µg/l	zie 'Meerdere stoffen' na tabel 1 en 2	-	zie 'Meerdere stoffen' na tabel 1 en 2
Heptachloor	0,005 ng/l	300 ng/l	3.600 ng/l	4 mg/kg d.s.	6 mg/kg d.s.
Heptachloorepoxide (som)	0,005 ng/l	3.000 ng/l	27.000 ng/l	4 mg/kg d.s.	1 mg/kg d.s.
b. Organofosfor-pesticiden					
-			zie 'Meerdere stoffen' na tabel 1 en 2		zie 'Meerdere stoffen' na tabel 1 en 2
c. Organotin- bestrijdingsmiddelen					
Organotin-verbindingen (som)	0,05 – 16 ng/l	700 ng/l	zie 'Meerdere stoffen' na tabel 1 en 2	2,5 mg/kg d.s.	zie 'Meerdere stoffen' na tabel 1 en 2
d. Chloorfenoxo-azijnzuur herbiciden					
MCPA	0,02 µg/l	50 µg/l	12.000 µg/l	4 mg/kg d.s.	47 mg/kg d.s.
e. Overige bestrijdingsmiddelen					
Atrazine	0,02 µg/l	150 µg/l	10.000 µg/l	0,71 mg/kg d.s.	95 mg/kg d.s.
Carbaryl	0,002 µg/l	60 µg/l	18.000 µg/l	0,45 mg/kg d.s.	200 mg/kg d.s.
Carbofuran	0,009 µg/l	100 µg/l	150.000 µg/l	0,017 mg/kg d.s.	420 mg/kg d.s.
7. Overige stoffen					
Cyclohexanon	0,5 µg/l	15.000 µg/l	490.000 µg/l	150 mg/kg d.s.	400 mg/kg d.s.
Dimethylftalaat	-	-	230.000 µg/l	82 mg/kg d.s.	2.500 mg/kg d.s.
Diethylftalaat	-	-	26.000 µg/l	53 mg/kg d.s.	680 mg/kg d.s.
Di-isobutylftalaat	-	-	220 µg/l	17 mg/kg d.s.	22 mg/kg d.s.
Dibutylftalaat	-	-	94 µg/l	36 mg/kg d.s.	5 mg/kg d.s.
Butylbenzylftalaat	-	-	100 µg/l	48 mg/kg d.s.	48 mg/kg d.s.
Dihexylftalaat	-	-	0,49 µg/l	220 mg/kg d.s.	1 mg/kg d.s.
Di(2-ethylhexyl)ftalaat	-	-	0,30 µg/l	60 mg/kg d.s.	4 mg/kg d.s.
Ftalaten (som)	0,5 µg/l	5 µg/l	zie 'Meerdere stoffen' na tabel 1 en 2	-	zie 'Meerdere stoffen' na tabel 1 en 2
Minerale olie	50 µg/l	600 µg/l	C10: 3,4 µg/l C11: 1,8 µg/l	5.000 mg/kg d.s.	zie 'Minerale olie' en 'Meerdere stoffen' na

			C12: 1,2 µg/l C13: 1,0 µg/l zie 'Minerale olie' en 'Meerdere stoffen' na tabel 1 en 2		tabel 1 en 2
Pyridine	0,5 µg/l	30 µg/l	690.000 µg/l	11 mg/kg d.s.	3.600 mg/kg d.s.
Tetrahydrofuraan	0,5 µg/l	300 µg/l	970.000 µg/l	7 mg/kg d.s.	400 mg/kg d.s.
Tetrahydrothiofeen	0,5 µg/l	5.000 µg/l	42.000 µg/l	8,8 mg/kg d.s.	73 mg/kg d.s.
Tribroommethaan (bromoform)	-	630 µg/l	33.000 µg/l	75 mg/kg d.s.	290 mg/kg d.s.
MTBE			2.800 mg/l		2.500 mg/kg d.s.
ETBE			220 mg/l		

Minerale olie

De berekende risicogrenswaarden voor de componenten van minerale olie (zie bijlage I) in grondwater zijn laag vergeleken met die van andere stoffen. Dit wordt veroorzaakt door de betrekkelijk hoge partiticoëfficiënt. Vermoedelijk wordt de diffusiecoëfficiënt onderschat, aangezien die is gebaseerd op de molmassa van onder andere aromaten die een andere moleculaire structuur hebben.

De berekende risicogrenswaarde voor stoffen vanaf C14 is groter dan de oplosbaarheid in water. Deze stoffen vormen derhalve geen permeatierisico, behalve wanneer een drinkwaterleiding wordt blootgesteld aan een stof in pure (onverdunde) vorm. Om die reden is uitsluitend een risicogrenswaarde voor de fractie C10 tot en met C12 opgenomen.

PCB's

De risicogrenswaarden zijn berekend onder de aanname dat PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153 en PCB 180 in gelijke concentraties voorkomen. De hogere PCB's permeëren in grotere mate dan de lagere. Derhalve wordt bij oververtegenwoordiging van hogere PCB's een toetsingsberekening geadviseerd.

Meerdere stoffen

De risicogrenswaarde kan in deze gevallen niet eenduidig worden berekend. Er wordt namelijk verwezen naar een verzameling stoffen met een diversiteit aan partitie- en diffusiecoëfficiënten.

Opmerking

Een bijzonder geval van permeatie door PE is die van methaan. Deze organische stof wordt onder invloed van bacteriën vooral in anaerobe bodems (veenbodems met humuszuren) gevormd. Methaan kan door PE permeëren en zou op theoretische gronden kunnen bijdragen aan nagroei in drinkwaterleidingen.

5.5.2 Polyvinylchloride (PVC)

In tabel 3 zijn voor PVC leidingen streefwaarden, interventiewaarden en risicogrenswaarden van organische stoffen in grondwater (vierde kolom) volgens de '[Circulaire bodemsanering per 1 juli 2013](#)' [24] opgenomen. De laatste twee kolommen van die tabel hebben betrekking op grond: interventiewaarde respectievelijk risicogrenswaarde. Daarbij geldt dat **de permeatieweerstand van de toegepaste verbindingen ten minste gelijk is aan die van de buizen**. Gelijmde leidingen van zowel normaal als bi-axiaal verstrekt PVC beschikken over

een betrekkelijk hoge permeatieweerstand. Met name hogere concentraties aromaten en gechloreerde alifaten in de bodem vormen een permeatierisico. Voor lage(re) concentraties van die stoffen is het risico vrij beperkt. Zie ook de opmerking over gelijkde PVC leidingen in bijlage V.

Bij PVC leidingen waarin rubber afdichting(sring)en zijn toegepast, vormen die ringen de zwakste schakel. Met behulp van bijlage IV kan de permeatie door rubber afdichting(sring)en worden berekend.

Overeenkomstig § 5.2.2 vormen vooral de vluchtige aromatische koolwaterstoffen en de vluchtige alifatische chloorkoolwaterstoffen een risico voor de drinkwaterkwaliteit in verband met verweking: vanaf 25% respectievelijk 10% van de maximale oplosbaarheid in water. Dit impliceert dat in het geval van drijfslagen van deze stoffen (op het grondwater) er sprake is van een acuut risico voor de drinkwaterkwaliteit en er daarom direct adequate maatregelen moeten worden getroffen.

Tabel 3 vermeldt risicogrenswaarden voor stoffen in grondwater en grond in het geval van PVC leidingen. Bij de risicogrenswaarde in grondwater is na de betreffende waarde een '*' of een '**' toegevoegd. Bij '*' wordt uitgegaan van verweking van het PVC boven 10% van de activiteit; bij '**' is dat 25%. In het geval 'geen' is vermeld, is er geen kans op verweking.

Tabel 3 Risicogrenswaarden voor individuele stoffen en PVC leidingen in grondwater en grond (zie § 5.5.3 voor mengsels).

Stofnaam	grondwater			grond	
	Streefwaarde	Interventiewaarde	Risicogrenswaarde PVC leidingen	Interventiewaarde	Risicogrenswaarde PVC leidingen
3. Aromatische verbindingen					
Benzeen	0,2 µg/l	30 µg/l	490.000 µg/l**	1,1 mg/kg d.s.	2.200 mg/kg d.s.
Ethylbenzeen	4 µg/l	150 µg/l	39.000 µg/l**	110 mg/kg d.s.	790 mg/kg d.s.
Tolueen	7 µg/l	1.000 µg/l	150.000 µg/l**	32 mg/kg d.s.	1.100 mg/kg d.s.
Xylenen (som)	0,2 µg/l	70 µg/l	49.000 µg/l**	17 mg/kg d.s.	490 mg/kg d.s.
Styreen	6 µg/l	300 µg/l	80.000 µg/l**	86 mg/kg d.s.	1.700 mg/kg d.s.
Fenol	0,2 µg/l	2.000 µg/l	16.000.000 µg/l**	14 mg/kg d.s.	35.000 mg/kg d.s.
Cresolen (som)	0,2 µg/l	200 µg/l	1.500.000 µg/l**	13 mg/kg d.s.	5.200 mg/kg d.s.
4. Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK's)					
Naftaleen	0,01 µg/l	70 µg/l	geen		geen
Fenantreen	0,003 µg/l	5 µg/l	geen		geen
Antraceen	0,0007 µg/l	5 µg/l	geen		geen
Fluorantheen	0,003 µg/l	1 µg/l	geen		geen
Chryseen	0,003 µg/l	0,2 µg/l	geen		geen
Benzo(a)antraceen	0,0001 µg/l	0,5 µg/l	geen		geen
Benzo(a)pyreen	0,0005 µg/l	0,05 µg/l	geen		geen
Benzo(k)fluorantheen	0,0004 µg/l	0,05 µg/l	geen		geen
Indeno(1,2,3cd)pyreen	0,0004 µg/l	0,05 µg/l	geen		geen

Benzo(ghi)peryleen	0,0003 µg/l	0,05 µg/l	geen		geen
PAK's (totaal) (som 10)	-	-	geen	40 mg/kg d.s.	geen
5. Gechloreerde koolwaterstoffen					
a. (Vluchtige) koolwaterstoffen					
Monochlooretheen (vinylchloride)	0,01 µg/l	5 µg/l		0,1 mg/kg d.s.	
Dichloormethaan	0,01 µg/l	1.000 µg/l	2.000.000 µg/l*	3,9 mg/kg d.s.	2.400 mg/kg d.s.
1,1-dichloorethaan	7 µg/l	900 µg/l	520.000 µg/l*	15 mg/kg d.s.	1.100 mg/kg d.s.
1,2-dichloorethaan	7 µg/l	400 µg/l	1.000.000 µg/l*	6,4 mg/kg d.s.	2.000 mg/kg d.s.
1,1-dichlooretheen	0,01 µg/l	10 µg/l	180.000 µg/l*	0,3 mg/kg d.s.	700 mg/kg d.s.
1,2-dichlooretheen (som)	0,01 µg/l	20 µg/l	58.000 µg/l*	1 mg/kg d.s.	240 mg/kg d.s.
dichloorpropanen (som)	0,8 µg/l	80 µg/l	140.000 µg/l*	2 mg/kg d.s.	360 mg/kg d.s.
Trichloormethaan (chloroform)	6 µg/l	400 µg/l	790.000 µg/l*	5,6 mg/kg d.s.	2.300 mg/kg d.s.
1,1,1-trichloorethaan	0,01 µg/l	300 µg/l	230.000 µg/l*	15 mg/kg d.s.	1.300 mg/kg d.s.
1,1,2-trichloorethaan	0,01 µg/l	130 µg/l	300.000 µg/l*	10 mg/kg d.s.	1.700 mg/kg d.s.
Trichlooretheen (Tri)	24 µg/l	500 µg/l	110.000 µg/l*	2,5 mg/kg d.s.	810 mg/kg d.s.
Tetrachloormethaan (Tetra)	0,01 µg/l	10 µg/l	80.000 µg/l*	0,7 mg/kg d.s.	280 mg/kg d.s.
Tetrachlooretheen (Per)	0,01 µg/l	40 µg/l	11.000 µg/l*	8,8 mg/kg d.s.	180 mg/kg d.s.
b. Chloorbenzenen					
Monochloorbenzeen	7 µg/l	180 µg/l	50.000 µg/l*	15 mg/kg d.s.	650 mg/kg d.s.
Dichloorbenzenen (som)	3 µg/l	50 µg/l	6.000 µg/l*	19 mg/kg d.s.	230 mg/kg d.s.
Trichloorbenzenen (som)	0,01 µg/l	10 µg/l	geen	11 mg/kg d.s.	geen
Tetrachloorbenzenen (som)	0,01 µg/l	2,5 µg/l	geen	2,2 mg/kg d.s.	geen
Pentachloorbenzenen	0,003 µg/l	1 µg/l	geen	6,7 mg/kg d.s.	geen
Hexachloorbenzeen	0,00009 µg/l	0,5 µg/l	geen	2,0 mg/kg d.s.	geen
c. Chloorfenolen					
Monochloorfenolen (som)	0,3 µg/l	100 µg/l	geen	5,4 mg/kg d.s.	geen
Dichloorfenolen (som)	0,2 µg/l	30 µg/l	geen	22 mg/kg d.s.	geen
Trichloorfenolen (som)	0,03 µg/l	10 µg/l	geen	22 mg/kg d.s.	geen
Tetrachloorfenolen (som)	0,01 µg/l	10 µg/l	geen	21 mg/kg d.s.	geen
Pentachloorfenol	0,04 µg/l	3 µg/l	geen	12 mg/kg d.s.	geen

d. Polychloor-bifenylen (PCB's)					
PCB's (som 7)	10 ng/l	10 ng/l	geen	1 mg/kg d.s.	geen
e. Overige gechloreerde koolwaterstoffen					
Monochlooranilinen (som)	-	30 µg/l	geen	50 mg/kg d.s.	geen
Dioxine (som TEQ)	-	n.v.t.	geen	0,00018 mg/kg d.s.	geen
Chloornaftaleen (som)	-	6 µg/l	geen	23 mg/kg d.s.	geen
6. Bestrijdingsmiddelen					
a. Organochloorbestrijdingsmiddelen					
Chloordaan (som)	0,02 ng/l	200 ng/l	geen	4 mg/kg d.s.	geen
DDT (som)	-	-	geen	1,7 mg/kg d.s.	geen
DDE (som)	-	-	geen	2,3 mg/kg d.s.	geen
DDD (som)	-	-	geen	34 mg/kg d.s.	geen
DDT/DDE/DDE (som)	0,004 ng/l	10 ng/l	geen		geen
Aldrin	0,009 ng/l	-	geen	0,32 mg/kg d.s.	geen
Dieldrin	0,1 ng/l	-	geen		geen
Endrin	0,04 ng/l	-	geen		geen
Drins (som)	-	0,1 µg/l	geen	4 mg/kg d.s.	geen
α-endosulfan	0,2 ng/l	5.000 ng/l	geen	4 mg/kg d.s.	geen
α-HCH	33 ng/l	-	geen	17 mg/kg d.s.	geen
β-HCH	8 ng/l	-	geen	1,6 mg/kg d.s.	geen
γ-HCH (lindaan)	9 ng/l	-	geen	1,2 mg/kg d.s.	geen
HCH-verbindingen (som)	0,05 µg/l	1 µg/l	geen		geen
Heptachloor	0,005 ng/l	300 ng/l	geen	4 mg/kg d.s.	geen
Heptachloorepoxide (som)	0,005 ng/l	3.000 ng/l	geen	4 mg/kg d.s.	geen
b. Organofosfor-pesticiden					
-					
c. Organotinbestrijdingsmiddelen					
Organotin-verbindingen (som)	0,005 – 16 ng/l	700 ng/l	geen	2,5 mg/kg d.s.	geen
d. Chloorfenoxyaazijnzuur herbiciden					
MCPA	0,02 µg/l	50 µg/l		4 mg/kg d.s.	
e. Overige bestrijdingsmiddelen					
Atrazine	0,02 µg/l	150 µg/l	geen	0,71 mg/kg d.s.	geen
Carbaryl	0,02 µg/l	60 µg/l	geen	0,45 mg/kg d.s.	geen
Carbofuran	0,02 µg/l	100 µg/l	geen	0,017 mg/kg d.s.	geen
7. Overige stoffen					
Cyclohexanon	0,5 µg/l	15.000 µg/l	geen	150 mg/kg d.s.	geen
Dimethylftalaat	-		geen	82 mg/kg d.s.	geen

Diëthylftalaat	-		geen	53 mg/kg d.s.	geen
Di-isobutylftalaat	-		geen	17 mg/kg d.s.	geen
Dibutylftalaat	-		geen	36 mg/kg d.s.	geen
Butylbenzylftalaat	-		geen	48 mg/kg d.s.	geen
Dihexylftalaat	-		geen	220 mg/kg d.s.	geen
Di(2-ethylhexyl)ftalaat	-		geen	60 mg/kg d.s.	geen
Ftalaten (som)	0,5 µg/l	5 µg/l	geen	-	geen
Minerale olie	50 µg/l	600 µg/l	geen	5.000 mg/kg d.s.	geen
Pyridine	0,5 µg/l	30 µg/l	geen	11 mg/kg d.s.	geen
Tetrahydrofuraan	0,5 µg/l	300 µg/l	geen	7 mg/kg d.s.	geen
Tetrahydrothiofeen	0,5 µg/l	5.000 µg/l	geen	8,8 mg/kg d.s.	geen
Tribroommethaan (bromoform)	-	630 µg/l	geen	75 mg/kg d.s.	geen
MTBE			12.000 mg/l* (zie 'MTBE en ETBE' na tabel)		11.000 mg/ kg d.s. (zie 'MTBE en ETBE' na tabel)
ETBE			1.200 mg/l* (zie 'MTBE en ETBE' na tabel)		

MTBE en ETBE

In 2008 is een studie uitgevoerd naar de permeatie-eigenschappen van PE, PVC en asbestcement voor die stoffen [8]. In dit rapport is beschreven dat de stoffen MTBE en ETBE in concentraties van 10% van de maximale concentratie in (grond)water (respectievelijk 3.500 mg/l en 1.000 mg/l) of van de maximale dampconcentratie in (bodem)lucht en hoger PVC kunnen verweken. Bij lagere concentraties van die stoffen zal er geen significante permeatie optreden.

5.5.3 Meerdere stoffen: synergetische effect

Bij de risicogrenswaarden voor PE en PVC leidingen in grond(water) wordt benadrukt dat het gaat om grenswaarden voor individuele stoffen in contact met die leidingen. In het geval van meerdere stoffen zullen die grenswaarden zich naar verwachting op een lager niveau bevinden. De mate waarin dat zal zijn, is onbekend aangezien onderzoek(sopbrengsten) naar synergetische effecten niet bekend is/zijn. Uit niet-gerapporteerde opbrengsten van oriënterend Kiwa-onderzoek uit de tweede helft van de jaren tachtig is bekend dat er bij de permeatie door PE sprake is van een synergetisch effect van enkele tientallen procenten op zowel de diffusie- als de verdelingscoëfficiënt. Een eventueel synergetisch effect voor de verweking van PVC is niet onderzocht. In de situatie van bodemverontreinigingen door mengsels van stoffen (bijvoorbeeld autobrandstoffen) moet daarmee dus op enige wijze rekening worden gehouden. Op puur arbitraire gronden wordt als vuistregel aanbevolen om bij de aanwezigheid van twee vluchtige stoffen (met name mono- en polycyclische aromatische koolwaterstoffen en gechlloreerde koolwaterstoffen; de groepen 3, 4 en 5 uit de tabellen 1 tot en met 3) boven de interventiewaarde een reductie van 50% op de risicogrenswaarde toe te passen. Bij de aanwezigheid van drie stoffen wordt een risicogrenswaarde van 33% van de grenswaarde voor de individuele stoffen te hanteren en vanaf vier en meer stoffen 25% van de risicogrenswaarde.

5.5.4 Glasvezelversterkte kunststoffen (GVK)

Voor gelijmde GVK leidingen geldt dat die over een grote mate van permeatieweerstand beschikken. Dat is zeker het geval bij de toepassing van epoxy buizen waarin aluminium folie als extra barrière is opgenomen.

Bij de toepassing van rubber afdichting(sring)en bij GVK leidingen geldt hetzelfde als voor PVC leidingen (zie § 5.4.2).

5.6 Slotbeschouwing

5.6.1 Voor permeatie gecertificeerde leidingsystemen

Het 'WaVe SLA leidingsysteem' (Safety Line Aluminium) van de firma Conval Nederland B.V. (waarvan de buis wordt vervaardigd door de Duitse firma Egeplast) is vooralsnog het enige leidingsysteem dat door certificatie-instelling Kiwa Nederland op basis van de beoordelingsrichtlijn BRL-K17101 [5] voor permeatie is gecertificeerd. Deze Kiwa-beoordelingsrichtlijn heeft als toepassingsgebied 'klasse II' (zie bijlage I).

Op grond van de resultaten van een in het verleden in het kader van de certificatie op laboratoriumschaal uitgevoerde test onder relatief extreme condities is gebleken dat bij dit leidingsysteem een geringe mate van permeatie kan optreden. In het algemeen kan dit leidingsysteem daarom gedurende 50 jaar worden toegepast in stedelijke gebieden. Voor gebieden waar grotere concentraties van bodemverontreiniging kunnen voorkomen, wordt drinkwaterbedrijven geadviseerd systemen met een hogere permeatieweerstand toe te passen.

Het 'WaVe SLA leidingsysteem'

Bij het 'WaVe SLA leidingsysteem' worden speciaal voor dit doel ontwikkelde messing perskoppelingen toegepast [26]. Volgens het 'Technisch handboek' [26] zijn er ook mogelijkheden voor spiegelass- en electrolasverbindingen.

5.6.2 Onderscheid tussen PVC en PE/Al

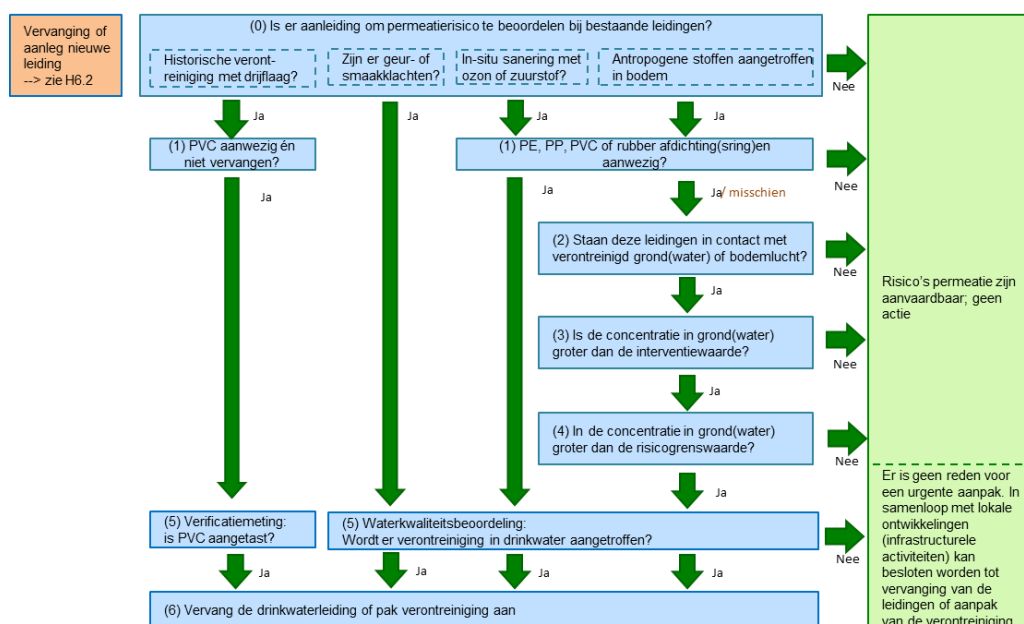
PVC leidingmaterialen (buizen en eigenlijke hulpstukken) zouden zonder problemen toepasbaar zijn tot 10% van de maximale oplosbaarheid van een stof in water terwijl het PE leidingsysteem met aluminium barrière een toepassingsgebied 'klasse II' heeft (zie § 5.6.1). PVC leidingsystemen zijn niet voor permeatie gecertificeerd en derhalve is er geen rekening gehouden met een veiligheidsmarge in verband met garantie van 50 jaar betrouwbare drinkwaterkwaliteit! Bovendien wordt nogmaals gewezen op de relatief slechte permeatie-eigenschappen van leidingsystemen met rubber afdichting(sring)en ten opzichte lijmverbindingen.

6 Aanpak permeatiegevallen

In dit hoofdstuk wordt onderscheid gemaakt tussen de aanpak van permeatiegevallen in bestaande situaties (paragraaf 6.1) en nieuwe situaties (paragraaf 6.2). Nieuwe situaties omvatten alle gevallen waarbij een nieuwe leiding wordt aangelegd of een bestaande leiding wordt vervangen. Deze praktijkcode adviseert om voor nieuwe situaties (zie tabel 4) strengere grenswaarden te hanteren dan voor bestaande situaties (de tabel 1 tot en met 3). De achterliggende redenering is dat het wenselijk is om bij vervanging de best beschikbare (veiliger) technieken te gebruiken.

6.1 Bestaande situaties: stappenplan voor het beoordelen van permeatierisico's

De procedure of het stappenplan voor het beoordelen van permeatierisico's is weergegeven in figuur 2. Deze procedure wijkt op enkele punten af van de beoordelingsmethodiek Sanscrit vanwege het bredere toepassingsgebied van deze praktijkcode. Zo is Sanscrit uitsluitend bedoeld als kader voor het beoordelen van bestaande gevallen van bodemverontreiniging, terwijl een drinkwaterbedrijf ook moet handelen in geval van geur- en smaakklachten of bij een geplande sanering. Daarnaast wordt in deze praktijkcode niet alleen rekening gehouden met permeatie vanuit grondwater, maar ook vanuit de onverzadigde zone daarboven. Bovendien worden naast PE ook andere typen materialen en verbindingen beschreven, waaronder PVC en rubbers ten behoeve van afdichting(sring)en.



Figuur 2 Stappenplan voor de beoordeling van het permeatierisico door organische verontreinigingen bij bestaande drinkwaterleidingen.

De stappen volgens figuur 2 kunnen als volgt worden toegelicht:

- Stap 0: Is er aanleiding om permeatierisico te beoordelen bij bestaande leidingen? Er zijn verschillende aanleidingen voor onderzoek naar permeatie. De meest voorkomende situatie is dat bevoegd gezag een verontreiniging onderzoekt op een

locatie waar drinkwaterleidingen liggen of dat een drinkwaterbedrijf het permeatierisico in beeld wil brengen in de ontwerpfase voor het vervangen van leidingen of de aanleg van nieuwe leidingen.

Geur- en smaakklachten leiden in alle gevallen tot waterkwaliteitsbeoordeling als er kunststof leidingen aanwezig zijn en/of verbindingen met behulp van rubber afdichting(sring)en zijn toegepast, in combinatie met de aanwezigheid van verontreinigende organische stoffen (zie stap 1 en 2). Bij onderzoek vanwege klachten dienen ook andere oorzaken dan permeatie in overweging te worden genomen.

Bij een in-situ grondwatersanering wordt gesaneerd zonder ontgraving van grond, maar in de bodem zelf door middel van bijvoorbeeld de injectie van zuurstof of ozon, of 'bodempluhtextractie'. Hierbij kunnen vluchtige organische stoffen of omzettingen producten daarvan vrijkomen in de bodemplucht boven de verontreiniging. Als drinkwaterleidingen zich in die gevallen in de onverzadigde zone bevinden, kunnen die stoffen vanuit de bodemplucht een risico voor de drinkwaterkwaliteit vormen als gevolg van permeatie (zie Kiwa-Mededeling 85 [3] over permeatie vanuit de dampfase). Op dit gebied is weinig praktijkervaring, maar er is een geval uit 2013 bekend in Nederland waarbij het ondergronds beluchten van een verontreiniging op meer dan 5 m onder het maaiveld heeft geleid tot dusdanige hoge concentraties in de bodemplucht dat er permeatie optrad: na 8 uur stagnatie werden concentraties van 11 µg/l aan benzeen en 230 µg/l aan 1,3- en 1,4-dimethylbenzeen aangetoond (de locatie en de metingen zijn bij de auteurs van deze praktijkcode bekend). Daarom wordt de aanbeveling gedaan bij dergelijke saneringen waterkwaliteitsbeoordelingen uit te voeren na 8 uur stilstand.

Tot slot kunnen er om historische reden(en) verontreinigingen aanwezig zijn, waardoor PVC leidingmateriaal in het verleden is verwekt. Het materiaal is dan een deel van haar sterkte kwijt. Bovendien kan een materiaal gevoeliger zijn voor permeatie dan zou zijn te verwachten op basis van de huidige concentraties in de ondergrond. Dit geldt met name in het geval er drijfslagen in de ondergrond hebben gezeten.

- Stap 1: 'PVC aanwezig en niet vervangen?' of 'PE, PP of rubber afdichting(sring)en aanwezig?'
Leidingen van metalen en cementgebonden materialen zijn niet-permeabel (zie hoofdstuk 3 en 4). Permeatie kan uitsluitend optreden in het geval van kunststof buizen, fittingen en/of rubber afdichting(sring)en.
- Stap 2: Staan deze leidingen in contact met verontreinigd(e) grond(water) of bodemplucht?
Vervolgens wordt onderzocht of de drinkwaterleiding in contact staat met verontreinigende organische stoffen.
Let op: In geval van een drijfslag kunnen hoge concentraties in de bodemplucht voorkomen en naar het maaiveld ontwijken. In voorkomende gevallen kan er dus sprake zijn van een permeatierisico, terwijl de bodem rond een drinkwaterleiding schoon is. De aanbeveling wordt gedaan om in dergelijke gevallen altijd een waterkwaliteitsbeoordeling uit te voeren, dus ook als een drinkwaterleiding boven het freatisch niveau ligt.
- Stap 3: Is de concentratie in grond(water) groter dan de interventiewaarde?
Uit een analyse van praktijkmetingen [27] is gebleken dat er geen overschrijding van de maximum waarden volgens het Drinkwaterbesluit [1] optreedt bij concentraties in grondwater beneden de interventiewaarden. In geval van een verontreiniging van

grond(water) groter dan de interventiewaarde volgt altijd een beoordeling met het permeatiemodel.

- Stap 4: Is de concentratie in grond(water) groter dan de risicogrenswaarden?
Door KWR en RIVM [27] is in 2016 een model opgesteld om de concentratie in drinkwater te berekenen bij een gegeven concentratie in grondwater. In bijlage IV van deze praktijkcode is beschreven hoe het model nadien is uitgebreid voor PVC leidingen en voor de verdeling van stoffen tussen de bodemfase en waterfase. Dit uitgebreidere model is gebruikt om risicogrenswaarden in grondwater en 'standaard' bodem te berekenen waarbij de berekende gemiddelde (en dus geen maximum) concentratie in drinkwater voldoet aan de maximum waarde volgens het Drinkwaterbesluit.

Er zijn overigens uitsluitend risicogrenswaarden berekend voor huishoudelijke aansluitingen van PE en PVC. Deze typen leidingen kennen namelijk het grootste permeatierisico vanwege de beperkte doorstroming en worden veel toegepast in Nederland. Voor PP leidingen, leidingen met rubber afdichting(sring)en en distributieleidingen wordt geadviseerd om ook te toetsen aan de hand van de risicogrenswaarden voor PE. Dit is echter een zodanig conservatieve benadering dat bij overschrijding alsnog kan worden overwogen om een permeatieberekening uit te voeren middels de methode beschreven in bijlagen IV en VI.

In geval een onderzoek plaatsvindt in het kader van de beoordeling van een verontreiniging volgens de Wet bodembescherming, dan dient het bevoegd gezag zorg te dragen voor een beoordeling van het totale blootstellingsrisico. Het blootstellingsrisico door drinkwater wordt dan beoordeeld in samenhang met niet-drinkwaterbronnen. Als de blootstelling groter is dan het MTR (Maximaal Toelaatbaar Risico), dan volgen de nodige maatregelen.

- Stap 5: 'Is PVC aangetast?' of 'Waterkwaliteitsbeoordeling: wordt er verontreiniging in drinkwater aangetroffen?'
Waterkwaliteitsbeoordeling wordt geadviseerd in het geval de concentratie in bodem of grondwater de risicogrenswaarde overschrijdt. Deze beoordeling wordt in tweevoud uitgevoerd: na een periode van 8 uur stagnatie (het drinkwater dient een periode van 8 uur niet te worden gebruikt) en aansluitend na 5 min doorspoelen. De procedure is opgenomen in bijlage II.
- Stap 6: Vervang de drinkwaterleiding of pak de verontreiniging aan
De meetresultaten kunnen aanleiding geven tot maatregelen, zoals het vervangen van de drinkwaterleiding of de aanpak van de verontreinigde bodem.

6.2 Nieuwe situaties: selectie materiaal in verband met permeatierisico's

De toepasbaarheid van leidingen van een bepaald materiaal in met organische stoffen verontreinigde bodems op basis van de weerstand tegen permeatie kan worden samengevat (kwalitatief) volgens tabel 4. Er is in die tabel onderscheid gemaakt tussen buizen en eigenlijke hulpstukken (indien van toepassing) enerzijds, en de diverse mogelijke verbindingen anderzijds. Bij alle verbindingen wordt ervan uitgegaan dat die bij de aanleg adequaat worden gerealiseerd.

De tabel is zodanig opgezet dat er grosso modo sprake is van afnemende permeatieweerstand. De daarin gehanteerde begrippen hebben de volgende betekenis (in willekeurige volgorde):

- 'SW': de streefwaarde uit de 'Circulaire bodemsanering' [24];

- 'IW': de interventiewaarde uit de 'Circulaire bodemsanering' [24];
- '>>': 'veel groter dan' (de interventiewaarde);
- '>': 'boven' of 'groter dan' (de interventiewaarde);
- 'met afdichtingsring': er wordt een rubber afdichting(sring) toegepast, waardoor permeatie kan/zal optreden.

Afhankelijk van de aard van een organische stof en van de aard van een afdichting(sring) zal door die ring in meer of mindere mate permeatie optreden. Het relatief geringe contactoppervlak van de ring met de omringende bodem zorgt doorgaans voor een niet-significante vermindering van de drinkwaterkwaliteit, zeker in het geval van grote(re) diameters (gunstige oppervlakte/volume-verhouding en relatief grote volumestroom met lage concentraties in drinkwater als gevolg). Afhankelijk van de precieze condities (behalve aard rubber materiaal, diameter leiding en spleetbreedte is dat de geometrie van de verbinding, dat wil zeggen de voor een permeant naar het drinkwater af te leggen weg) dient hiermee rekening te worden gehouden.

- MAK's: Monocyclische Aromatische Koolwaterstoffen;
- CKW's: gechloreerde (Chloor)KoolWaterstoffen;
- PAK's: Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen;
- BM's: BestrijdingsMiddelen.

Tabel 4 Materialen voor drinkwaterleidingen met afnemende permeatieweerstand (globaal). De tabel is gebaseerd op [25].

Materiaal	Permeatieweerstand leidingstelsysteem in contact met organische stoffen	
	Buis (en fitting/hulpstuk)	Verbinding ¹⁰
Metalen:		
Staal	alle stoffen >> IW	lasverbinding: alle stoffen >> IW
Nodulair en grijs gietijzer	alle stoffen >> IW	spie-mof-verbinding: met afdichtingsring
Koper	alle stoffen >> IW	• soldeerverbinding: alle stoffen >> IW • knelverbinding: alle stoffen >> IW • persverbinding: met afdichtingsring
Cementgebonden materialen:		
Beton	alle stoffen >> IW	• lasverbinding (gelaste kern): alle stoffen >> IW • spie-mof-verbinding: met afdichtingsring
Asbestcement	alle stoffen >> IW	spie-mof-verbinding: met afdichtingsring
Kunststof:		
Epoxy met aluminium barrière laag	alle stoffen >> IW	lijmverbinding: alle stoffen > IW <i>Opmerking:</i> verbindingen met afdichtingsringen mogen niet worden toegepast
Epoxy	alle stoffen >> IW	• lijmverbinding: alle stoffen > IW • klemverbinding: met afdichtingsring

¹⁰ In het geval van verbindingen met een of meer rubber afdichting(sring)en is in deze kolom 'met afdichtingsring' weergegeven. Overeenkomstig hoofdstuk 2 van dit document impliceert dit de permeatie van organische stoffen.

Polyester	alle stoffen >> IW	• lijmverbinding: alle stoffen > IW • klemverbinding: met afdichtingsring
PVC	MAK's en CKW's tot en met IW Overige stoffen > IW	• lijmverbinding: MAK's en CKW's tot en met IW en overige stoffen > IW • klemverbinding: met afdichtingsring
PE met gelaste of gesoldeerde aluminium barrièrelaag	alle stoffen > IW	Specifieke hulpstukken/verbindingen (maatwerk): alle stoffen tot en met IW
PE met gelijmde aluminium barrièrelaag	alle stoffen tot en met IW	Specifieke hulpstukken/verbindingen (maatwerk): alle stoffen tot en met IW
PE	MAK's, PAK's, CKW's en BM's tot SW Overige polaire stoffen tot IW	• klemverbinding metaal: met afdichtingsring • klemverbinding kunststof: met afdichtingsring • lasverbinding (stuik- en electro(mof)lassen): zie 'Buis (en fitting/hulpstuk)'

7 Aanbevelingen

7.1 Relaxatie van risicogrenswaarden en centrale registratie van permeatiegevallen

De risicogrenswaarden voor PE leidingen volgens de tabellen 1 en 2 zijn minder streng dan de eerdere signaalwaarden uit de Waterwerkbladen. Dit komt door een combinatie van oorzaken [27, 28]:

- Er wordt nu getoetst op basis van de gemiddelde concentratie in plaats van op de maximale (piek) concentratie na 8 uur stagnatie.
- De modelparameters zijn herzien.
- De risicogrenswaarden voor grondwater worden vermenigvuldigd met een assesmentfactor van 3. Deze waarde is gebaseerd op praktijkmetingen van de drinkwaterbedrijven PWN en Brabant Water, waaruit is gebleken dat in praktijksituaties nog altijd minder permeatie optreedt dan verwacht op basis van modelberekeningen. Deze assesmentfactor is dus eigenlijk een 'onveiligheidsfactor'. In lijn met de beoordelingsprocedure van Sanscrit is die factor zodanig gekozen dat het model in 90% van de gevallen een te hoge en in 10% van de gevallen een te lage concentratie berekent.
- Voor risicogrenswaarden vanuit de bodem is geen assesmentfactor gehanteerd vanwege het ontbreken van praktijkmetingen van drinkwaterleidingen in de bodem en vanwege de onzekerheid omtrent de verdeling tussen bodemvocht en grondwater.

Er bestaat dus een geringe kans dat de maximum waarden volgens het Drinkwaterbesluit [1] worden overschreden bij concentraties in grond of grondwater beneden de risicogrenswaarde. Het is wenselijk om over enkele jaren te evalueren of de hogere signaalwaarden daadwerkelijk voldoen.

De aanbeveling wordt gedaan om resultaten van waterkwaliteitsbeoordelingen van permeatiegevallen structureel en centraal op te slaan. Het gaat dan om de opbrengsten van waterkwaliteitsbeoordelingen in zowel drinkwater als in de bodem (grond(water) en/of bodemlucht) en om gegevens over de leiding. Dergelijke gegevens kunnen bijdragen aan de kennisontwikkeling op het gebied van drinkwaterleidingen in verontreinigde bodem. In bijlage II is een procedure inclusief een sjabloon met te registreren gegevens opgenomen.

8 Literatuur

Voor de totstandkoming van deze praktische praktijkcode zijn diverse literatuurbronnen geraadpleegd die niet allemaal expliciet zijn genoemd in het voorgaande.

- [1] Staatsblad 2011: '[Drinkwaterbesluit](#)' van 23 mei 2011, nummer 293, 21 juni 2011
- [2] Kiwa N.V. Certificatie en Keuringen (2002): 'Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa attest-met-productcertificaat voor meerlaags PE leidingssystemen KLASSE I, met barrièrelaag tegen verontreinigingen, voor transport van drinkwater', concept-BRL-K17102, Rijswijk
- [3] Vonk, M.W. (1985): 'Permeatie van organische verbindingen door leidingmaterialen', Mededeling nummer [85](#), Nieuwegein (KIWA N.V.)
- [4] Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer: 'Richtlijn voor de beoordeling van verontreinigingen in drinkwater als gevolg van permeatie', publikatie 85-02, 's-Gravenhage (Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer)
- [5] Kiwa Nederland B.V. (2012): 'Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa attest-met-productcertificaat voor meerlaags PE leidingssystemen KLASSE II, met aluminium barrièrelaag tegen verontreinigingen, voor transport van drinkwater', [BRL-K17101](#), versie 1, 1 februari 2012, Rijswijk
- [6] Kiwa Nederland B.V. (2012): 'Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa productcertificaat voor Glasvezelversterkte epoxy leidingssystemen met gewikkelde buizen voor het transport van drinkwater door al of niet verontreinigde grond', [BRL-K532/04](#), Rijswijk
N.B. [BRL-K532/04](#) omvat toepassingen in schone en verontreinigde bodem. Als een van de twee opvolgers heeft [BRL-K17104](#), versie 1 [18] uitsluitend betrekking op schone bodem. Voor toepassing in verontreinigde bodems zal op termijn de BRL-K17103 nog verschijnen. Vooralsnog is er een concept.
- [7] Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Hoofdinspectie van de Volksgezondheid voor de Milieuhygiëne (1989): 'Voorlopige inspectie richtlijn blootstellingsrisico bij bodemverontreiniging', (Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer).
- [8] Meerkerk, M.A. (2008): 'De permeatie van MTBE en ETBE door PVC, PE en AC leidingmaterialen; Mechanismen, berekeningen en signaalwaarden', rapport KWR 08.022, Nieuwegein (Kiwa Water Research in opdracht van SenterNovem Bodem+)
- [9] Kiwa N.V. Certificatie en Keuringen (2009): 'Evaluation Guideline for the Kiwa product certificate for vulcanised rubber products for cold and hot drinking water applications', [BRL-K17504](#), versie 2 met wijzigingsblad van 7 februari 2014, Rijswijk
- [10] Waterwerkblad [WB 2.2 B](#) (2017): 'Leidingmaterialen; kunststof leidingssystemen, hulpstukken en verbindingen', Waterwerkbladen op www.infodwi.nl/waterwerkbladen

- [11] Blokker, E.J.M., Ven, B.M. van der, Tankerville, M., en Mesman, G.A.M. (2010): 'Invloed coating grijs gietijzeren leidingen op drinkwaterkwaliteit', BTO 2010.044, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein
- [12] Blokker, E.J.M., Ven, M. van der, Jongh, C.M. de, en Slaats, P.G.G. (2013): 'Health Implications of PAH Release from Coated Cast Iron Drinking Water Distribution Systems in the Netherlands', Environmental Health Perspectives, number 121, page 600 – 606
- [13] Staatscourant 2011: '[Regeling materialen en chemicaliën drink- en warm tapwatervoorziening](#)' van 29 juni 2011, nr. 11911, 18 juli 2011
- [14] Simoneau, C., e.a. (2010): '[Applicability of generally recognised diffusion models for the estimation of specific migration in support of EU Directive 2002/72/EC](#)', ISBN 978-92-79-16586-3, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Health and Consumer Protection, Luxembourg
- [15] Kiwa Nederland B.V. (2015): 'Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa productcertificaat voor kunststofleidingssystemen van polyetheen voor transport van drinkwater en ruw water', [BRL-K17105](#), versie 2, Rijswijk
N.B. Ook versie 1 uit 2012 wordt in deze praktijkcode genoemd.
- [16] Meerkerk, M.A. (1998): 'Leidraad voor de toepassing van kunststof leidingmaterialen in verontreinigde bodem', notitie, Kiwa Water Research, Nieuwegein
- [17] Meerkerk, M.A. (2010): 'Leidraad voor de toepassing van leidingmaterialen in met organische stoffen verontreinigde bodem', KWR 2010.053, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein
- [18] Kiwa Nederland B.V. (2016): 'Evaluation Guideline for the Kiwa (technical approval-with-)product certificate for Glass fibre reinforced epoxy piping systems with filament wound pipes intended for the transport of drinking water and raw water', [BRL-K17104](#), versie 1, Rijswijk
- [19] Kiwa Nederland B.V. (2014): 'Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa productcertificaat voor Leidingssystemen van PVC voor het transport van drinkwater en ruw water', [BRL-K17301](#), versie 2, 12 december 2014, Rijswijk
- [20] Staatsblad 2009: '[Drinkwaterwet](#)' van 18 juli 2009, nummer 370, 3 september 2009
- [21] [NEN 1006:2015](#): 'Algemene voorschriften voor leidingwaterinstallaties', Nederlands Normalisatie-instituut, 1 september 2015, Delft
- [22] Dolezel, B. (1978): 'Die Beständigkeit von Kunststoffen und Gummi', Carl Hanser Verlag, München en Wenen
- [23] Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2014): 'Regeling tot wijziging van de Regeling materialen en chemicaliën drink- en warm tapwatervoorziening (technische aanpassingen 2015)', ontwerp van 17 december 2014
- [24] Staatscourant 2013: '[Circulaire bodemsanering per 1 juli 2013](#)', nummer 16675, 27 juni 2013

- [25] Bonte, M., en Meerkerk, M.A. (2010): 'Bodemverontreinigingen en risico's voor drinkwatervoorziening', BTO 2010.053 (s), KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein
- [26] Conval Nederland BV (2013): '[Technisch handboek voor het S.L.A. leidingsysteem](#)', Boxtel
- [27] Schans, M.L. van der, Otte, P.F., Swartjes, F.A., en Meerkerk, M.A. (2016): 'Permeatie van contaminanten vanuit grondwater door polyethyleen drinkwaterleidingen; Ontwikkeling permeatiemodel en onderbouwing risicogrenswaarden', rapport KWR 2016.056, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein
- [28] Otte, P.F., Schans, M.L. van der, Meerkerk, M.A., en Swartjes, F.A. (2016): 'Permeatie van contaminanten vanuit grondwater door polyethyleen drinkwaterleidingen; Methodiek voor de beoordeling van risico's voor de drinkwaterkwaliteit', [RIVM-rapport 2016-0107](#), Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven
- [29] Meerkerk, M.A. (2016): 'De toepassing van leidingmaterialen in met organische stoffen verontreinigde bodem; *Permeatie*', 3^e editie, PCD 5:2016, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein
- [30] Waterwerkblad WB 3.5 (2004): 'Aanleg van leidingwaterinstallaties: leidingen in de grond buitenshuis', Waterwerkbladen op www.infodwi.nl/waterwerkbladen
- [31] [NEN 5740:2009 + A1:2016](#): 'Bodem – Landbouw – Strategie voor het uitvoeren van verkennend bodemonderzoek – Onderzoek naar de milieuhygiënische kwaliteit van bodem en grond', Nederlands Normalisatie-instituut, 1 april 2016, Delft
- [32] Meerkerk, M.A., en Beuken, R.H.S. (2017): 'Richtlijn drinkwaterleidingen buiten gebouwen; Ontwerp, aanleg en beheer (gebaseerd op NEN-EN 805:2000)', PCD 3:2017, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein (in voorbereiding)
- [33] Bromhead, J. (1997): 'Permeation of benzene, trichloroethene and tetrachloroethene through plastic pipes; An assessment for Drinking Water Inspectorate', LGC Ltd., Teddington
- [34] Park, J. K., Sakti, J. P., and Hoopes, J. A. (1996): 'Transport of organic compounds in thermoplastic geomembranes; I: Mathematical model', Journal of Environmental Engineering, 122 (9), 800-806
- [35] [NEN 6978:2016](#): 'Bodem – Kwantitatieve bepaling van het gehalte aan minerale olie met gaschromatografie', Nederlands Normalisatie-instituut, 1 februari 2016, Delft

Bijlage I Begrippen en definities

De in deze bijlage vermelde *definities* zijn ongewijzigd overgenomen uit de bij de **begrippen** genoemde literatuurbronnen.

Achtergrondwaarden

Voor grond en baggerspecie bij regeling vastgestelde gehalten aan chemische stoffen voor een goede bodemkwaliteit, waarvoor geldt dat er geen sprake is van belasting door lokale verontreinigingsbronnen [31].

OPMERKING Het betreft voor grond en baggerspecie landelijk vastgestelde generieke waarden voor een goede bodemkwaliteit op basis van gehalten zoals die op dit moment voorkomen in de landbodem van natuur- en landbouwgronden waarvoor geldt dat er geen verwachting bestaat van een meer dan normale diffuse achtergrondbelasting vanwege antropogene en natuurlijke bronnen. Landbodems in relatief onbelaste gebieden in Nederland voldoen in overgrote meerderheid aan de achtergrondwaarde. Deze waarden zijn vastgesteld in het project 'achtergrondwaarden 2000 (AW 2000)'. De achtergrondwaarden vervangen met ingang van 1 oktober 2008 de streefwaarden voor grond.

Barrièrelaag

De laag in de meerlaags buis die bedoeld is om zorg te dragen voor voldoende permeatie-weerstand tegen verontreinigingen [5]

Beoordelingsrichtlijn

De in het College van Deskundigen gemaakte afspraken over het onderwerp van certificatie [5]

Beschermlaag

De laag die in contact staat met de omgeving van het leidingsysteem. (Dit kan in sommige gevallen – afhankelijk van het toepassingsgebied – ook een dragende laag zijn) [5]

Bodem

Vast deel van de aarde met de zich daarin bevindende vloeibare en gasvormige bestanddelen en organismen [31]

Bodemverontreiniging

Situatie waarbij stoffen zich op een zodanige wijze in de bodem bevinden, dat deze stoffen zich met de bodem kunnen vermengen, met de bodem kunnen reageren, zich in de bodem kunnen verspreiden en/of ongecontroleerd kunnen verplaatsen én één of meer van de functionele eigenschappen, die de bodem voor mens, plant of dier heeft, verminderen of bedreigen [31]

Grond

Vast materiaal en bestaande uit minerale delen met een maximale korrelgrootte van 2 mm en organische stof in een verhouding en met een structuur zoals deze in de bodem van nature wordt aangetroffen, alsmede van nature in de bodem voorkomende schelpen en grind

met een korrelgrootte van 2 mm tot 63 mm, met uitzondering van baggerspecie [31]

OPMERKING 1 Herbruikbare grond mag maximaal 20 gewichtsprocent bodemvreemd materiaal bevatten. Voor specifieke toepassingen kan het bevoegd gezag de toegelaten hoeveelheid bodemvreemd materiaal verlagen of nadere regels stellen over soorten bodemvreemd materiaal.

OPMERKING 2 Indien er sprake is van een bijmenging van meer dan 50 gewichtsprocent bodemvreemd materiaal is er geen sprake meer van grond. Lagen bodemvreemd materiaal kunnen deel uitmaken van de bodem mits het bevoegd gezag Wbb hier flankerend beleid voor heeft geformuleerd. Is dit niet het geval dan behoren dergelijke (duidelijk onderscheidbare en technisch separaat afgraafbare) bodemvreemde lagen niet tot de bodem en vallen niet onder de Wbb (zie ook opmerking 3).

OPMERKING 3 Indien de laag bodemvreemd materiaal zich aan het maaiveld bevindt en daarbij de functie van verharding heeft, wordt deze niet tot de bodem gerekend. Voorbeeld hiervan is een laag puingranulaat aan het maaiveld in gebruik als wegverharding.

Interventiewaarde

Waarde waarmee voor verontreinigende stoffen in grond en grondwater het concentratieniveau wordt aangegeven waarboven sprake is van ernstige vermindering of dreigende vermindering van de functionele eigenschappen die de bodem heeft voor mens, plant of dier [31]

Meerlaags buis

De term geldt alleen voor deze BRL en beschrijft het buis-eindproduct zoals deze is opgebouwd uit een dragende laag (of lagen), een barrièrelaag, een bescherm laag en een eventuele hechtingslaag [5]

Minerale olie

Verbindingen die met aceton/petroleumether onder bepaalde omstandigheden isoleerbaar zijn en die zijn te chromatograferen met retentietijden die liggen tussen de retentietijden van n-decaan ($C_{10}H_{22}$) en n-tetracontaan ($C_{40}H_{82}$) [35¹¹]

OPMERKING Dit zijn in hoofdzaak zwak polaire verbindingen met alifatische en/of aromatische C-H-verbindingen.

Risicogrenswaarde

Een functiespecifieke risicogrenswaarde is de toelaatbare concentratie van een contaminant in grondwater (uitgedrukt in $\mu\text{g/l}$), gerelateerd aan een specifieke functie en een gedefinieerd beschermingsniveau [28]

Signaalwaarde

In het inmiddels vervallen Waterwerkblad WB 2.2 C 'Leidingmaterialen; Buizen van PE' uit 2004 was de signaalwaarde als volgt omschreven: 'Dit is de maximaal toegestane concentratie van de verontreiniging in grondwater of grond waarbij permeatie plaatsvindt in het betreffende materiaal.'

In plaats van het begrip signaalwaarde wordt inmiddels 'risicogrenswaarde' gehanteerd.

Streefwaarde

Streefwaarden grondwater geven aan wat het ijkpunt is voor de milieukwaliteit op de lange termijn, uitgaande van Verwaarloosbare Risico's voor het ecosysteem [24].

De streefwaarde geeft het concentratieniveau aan van verontreinigingen in grond en grondwater waar beneden geen vermindering of dreigende vermindering optreedt van de

¹¹ Deze nationale norm verwijst onder meer naar de mondiale norm NEN-EN-ISO 16703. Die als titel heeft 'Bodem – Bepaling van het gehalte aan minerale olie van C_{10} tot C_{40} door gaschromatografie'.

functionele eigenschappen die de bodem heeft voor mens, plant en dier. In de meeste gevallen betreft het concentraties die als achtergrondniveau worden aangetroffen in niet aangetaste natuurlijke gebieden [5].

Verontreinigingsbron

Oorzaak van de bodembelasting of bodemverontreiniging [31]

Indeling in klassen

In de titel van een tweetal Kiwa-beoordelingsrichtlijnen komt het begrip 'klasse' voor [2, 5]. In dat verband wordt gewezen op onderdeel 0.9 'Classificatie' van [5], waarvan de integrale tekst als volgt luidt:

'In deze BRL wordt een eerste aanzet gegeven om het toepassingsgebied van de (kunststof) leidingsystemen in vervuilde grond onder te verdelen in een aantal klassen.

KLASSE 0: leidingsystemen kunnen worden geïnstalleerd in gebieden waar de concentraties van verontreinigde stoffen de streefwaardes niet overschrijden (Schone grond); Alle leidingsystemen met Kiwa keur voldoen aan de classificatie "KLASSE 0" en daarom is het niet noodzakelijk de buizen en fittingen te merken met deze classificatie-aanduiding ten aanzien van de permeatie weerstand.

KLASSE I leidingsystemen zijn bestand tegen een geringe bodemverontreiniging en mogen uitsluitend geïnstalleerd worden in gebieden waar geen bodem verontreinigingen aangetroffen zijn die hoger zijn dan de interventiewaarde (zie definities).

Opmerking: In deze BRL zijn geen criteria voor Klasse I systemen opgenomen.

KLASSE II leidingsystemen moeten geïnstalleerd worden in gebieden waar de bodem verontreinigingen (zeer waarschijnlijk) hoger zijn dan de interventiewaarde. In dit geval spreekt men van een ernstige bodemverontreiniging.

Gemiddelde concentraties hoger dan 10-15 % van de verzadigingswaarde worden in de praktijk zelden gevonden, maar omdat de verontreinigingen niet homogeen in de bodem verdeeld zijn worden de leidingsystemen beproefd op hun permeatiegedrag bij een concentratie van 60 % van de verzadigingswaarde van de modelstof.

Opmerking:

Omdat 15% een waarde is die veel hoger ligt dan gemeten praktijkwaardes, worden hiermee de meest voorkomende verontreinigingen afdoende afgedekt.

KLASSE III leidingsystemen moeten geïnstalleerd worden in gebieden met verhoogd risico, bv. waar zeer ernstige bodem verontreinigingen kunnen optreden door calamiteiten. Het toegepaste leidingmateriaal moet volkomen resistent zijn tegen elke verontreiniging (zoals toluen, aromaten mengsels en gechloreerde verbindingen). Uitgegaan wordt van 100 % van de verzadigingswaarde.

Opmerking: In deze BRL zijn geen criteria voor Klasse III systemen opgenomen.'

Bijlage II Procedure voor de registratie van permeatiemetingen

Vorbereidingen

Maak een afspraak op het betreffende adres wanneer de monsterneming kan worden uitgevoerd. Vraag de bewoners om 8 uur daaraan voorafgaand geen water te gebruiken, zodat de concentraties in de aansluitleiding kunnen oplopen.

Geadviseerd wordt om de monsterneming tijdig en vooraf af te stemmen met het laboratorium dat de analyse(s) zal uitvoeren. Voer monsterneming en de omgang met het/de monster(s) uit conform instructies of protocol van het laboratorium.

Monsterneming

Het heeft de voorkeur om zo dicht mogelijk bij het leveringspunt te bemonsteren, bijvoorbeeld via een kraan bij de watermeter. Het gebruik van een andere kraan in de woning is een alternatief.

Bereken de hoeveelheid water die moet afgevoerd voordat het watermonster uit de verontreinigde aansluitleiding kan worden genomen. Zo bevat een PE 40 leiding van 19,6 mm inwendig (25 mm uitwendig) 0,3 l water per meter leiding ($\text{lengte} \times \pi r^2$). Ligt een aansluiting op 10 m afstand van de kraan, dan moet eerst $0,3 \times 10 = 3$ l water worden doorgespoeld, voordat het monster kan worden genomen.

De aanbeveling wordt gedaan om een tweede watermonster te nemen na het afvoeren van 100 l water. Dit monster is de referentie om uit te sluiten dat eventueel aangetroffen verontreinigingen daadwerkelijk het gevolg zijn van permeatie en niet afkomstig zijn van een andere bron, bijvoorbeeld afkomstig zijn uit (het laatste stuk van) een distributieleiding.

Analysepakket

Geadviseerd wordt om in ieder geval de stoffen te analyseren die in de bodem in concentraties boven de streefwaarden zijn aangetroffen.

Vastleggen gegevens

De gegevens volgens het onderstaande sjabloon moeten worden vastgelegd.

[illegible]

Bijlage III Permeatie-eigenschappen van materialen voor fittingen

In PE leidingen toegepaste hulpstukken met fittinghuizen van PE, POM, PP en PA worden in het navolgende op praktische wijze kort geëvalueerd ten aanzien van permeatie (wanddikte en permeatie-eigenschappen van het materiaal). Wellicht ten overvloede wordt er op gewezen dat de bijdrage aan de permeatie door een PE drinkwaterleiding via kunststof hulpstukken beperkt zal zijn, gezien (i) de verhouding tussen het voor permeatie via de buis en via het hulpstuk beschikbare contactoppervlak en (ii) het aantal hulpstukken dat doorgaans vrij beperkt is. De vermindering van de drinkwaterkwaliteit als gevolg van permeatie door een kunststof fitting zal dus relatief gering zijn (ten opzichte van die door een bijbehorende PE buis).

PE

In de BRL [15] zijn geen expliciete eisen geformuleerd voor de wanddikte van PE hulpstukken volgens de drie bovengenoemde verbindingsmethodes (dat is uitsluitend het geval voor 'MRS waarde' en 'ontwerpspanning'). Normaliter zal de wanddikte van deze hulpstukken groter zijn dan de wanddikte van de bijbehorende buis, zodat ook de permeatieweerstand van de hulpstukken groter is dan die van de buis. Voor een PE leiding met PE hulpstukken kan daarom worden volstaan met een inschatting van de mate van permeatie via de buis en (indien van toepassing) via de rubber afdichting(sring) in het hulpstuk.

POM

De BRL [15] onderscheidt voor hulpstukken van POM het homopolymeer en het copolymeer (met dioxolaan of ethyleenoxide als comonomer). Op theoretische gronden worden tussen beide materialen geen significante verschillen in permeatie-eigenschappen verwacht. In de BRL zijn geen expliciete eisen geformuleerd voor de wanddikte van POM hulpstukken (uitsluitend voor 'MRS waarde' en 'ontwerpspanning'). Het is te verwachten dat de wanddikte van deze hulpstukken groter zal zijn dan die van de bijbehorende PE buizen. Gezien de polymere ketenstructuur van POM zal dat materiaal in vergelijking met PE op theoretische gronden in het algemeen een grotere affiniteit voor polaire en een kleinere affiniteit voor apolaire stoffen hebben. Daardoor zal de oplosbaarheid van apolaire organische stoffen in POM kleiner zijn dan die in PE. Polaire organische stoffen daarentegen lossen naar verwachting juist (aanzienlijk) beter op in POM dan in PE. Qua chemische bestendigheid sluit dit beeld aan bij beschikbare literatuurgegevens [22]: POM is resistenter dan PE voor monocyclische aromaten, benzine en heptaan. Voor wat betreft de diffusie van die stoffen door het materiaal zal die voor POM vergelijkbaar zijn met die voor PE. Voor de praktijk kan worden gesteld dat bij de toepassing van POM hulpstukken bij PE leidingen in met autobrandstoffen verontreinigde bodems de permeatieweerstand van de gehele leiding weliswaar zal verbeteren, maar dan wel minimaal'. Hetzelfde lijkt het geval te zijn bij aanwezigheid van gechloreerde alifatische koolwaterstoffen. De grotere permeatieweerstand van POM hulpstukken ten opzichte van bijbehorende PE buizen wordt op theoretische gronden in de orde van grootte van factoren, maar niet van decaden geschat.

PP

PP komt in drie vormen voor [15]: als homopolymeer (PP-H) en als twee copolymeren met etheen (een blok copolymeer (PP-B) en een random copolymeer (PP-R)). De permeatie-

eigenschappen van deze drie PP materialen zullen op theoretische gronden niet significant verschillen.

In de BRL [15] zijn geen expliciete eisen geformuleerd voor de wanddikte van PP hulpstukken (uitsluitend voor 'MRS waarde' en 'ontwerpspanning'). Ook hierbij is het echter de verwachting dat de wanddikte van hulpstukken zeker niet kleiner zal zijn dan die van bijbehorende PE buizen.

Uit de literatuur [22] blijkt dat de chemische bestendigheid van PP groter is dan die van PE, maar doorgaans lager dan die van POM. Modelberekeningen laten zien dat diffusiecoëfficiënten in PP een factor 4 lager zijn dan in HDPE en een factor 50 groter dan in LDPE.

Hoewel het verschil beperkt zal zijn, zal de permeatieweerstand van een PE leiding met de toepassing van PP hulpstukken in praktijksituaties groter zijn dan bij met de toepassing van PE hulpstukken.

PA

Polyamiden komen in verschillende vormen voor, afhankelijk van het aantal koolstofatomen in een van de monomeren. Zo is het PA 6.6 (Nylon) vrij bekend. De permeatie-eigenschappen zijn afhankelijk van de precieze aard van een polyamide. Grosso modo kan er op grond van de chemische bestendigheid [22] van worden uitgegaan dat die eigenschappen vergelijkbaar zijn met die van POM (zie boven). Bij de toepassing van PA hulpstukken in PE leidingen zal de permeatieweerstand van die leiding dus toenemen.

Bijlage IV Modelberekeningen

In deze bijlage worden (in alfabetische volgorde) de volgende grootheden gehanteerd (SI-eenheden):

a_a	activiteit in damp
A_v	contactoppervlak van een rubber afdichtingsring
a_w	activiteit in water
C	concentratie
C_b	concentratie die is gebonden aan de bodem
C_d	concentratie in drinkwater
$C_{d,v}^{\max}$	maximale concentratie in drinkwater als gevolg van permeatie door verbindingen
$C_{d,v}^{\text{mean}}$	gemiddelde concentratie in drinkwater als gevolg van permeatie door verbindingen
C_g	concentratie in grondwater
C_w	concentratie van een contaminant die beschikbaar is voor permeatie in bodemvocht
d	contactdikte van een rubber afdichtingsring met de omringende bodem (Y-richting)
D_p	diffusiecoëfficiënt in een kunststof (PE)
d_v	diffusieweg in een rubber afdichtingsring (de X-richting)
f_{oc}	fractie organisch koolstof
J	massaflux
J_v	massaflux door een rubber afdichtingsring
K_d	verdelingscoëfficiënt
K_{oc}	verdelingscoëfficiënt tussen organisch koolstof en water
K_{pw}	verdelingscoëfficiënt tussen PE en water
L	lengte van een buis
n	aantal verbindingen
n_e	porositeit
r_u	uitwendige straal van de buis
S_a	maximale dampconcentratie
S_w	oplosbaarheid in water
t_s	stagnatietijd
V_v	inhoud van de buis
W	gemiddelde dagelijkse hoeveelheid water door een leiding
σ_b	bulkdichtheid van de bodem

IV.1 Bepaal de concentratie in bodem, bodemlucht en/of grondwater

Verontreinigingen beneden de grondwaterspiegel

Bij leidingen beneden de freatische grondwaterspiegel wordt gebruik gemaakt van een representatieve concentratie in grondwater. Vaak zijn dit metingen in de meest nabijgelegen freatische (ondiepe) peilbuis.

Verontreinigingen boven de grondwaterspiegel

De situatie is complexer bij leidingen boven de freatische grondwaterspiegel. Er moet dan rekening worden gehouden met permeatie vanuit de dampfase én vanuit het bodemvocht. In de praktijk worden deze parameters niet direct gemeten. Vaak zijn alleen metingen beschikbaar aan de bodemfase (inclusief bodemvocht) en het onderliggende grondwater. Dergelijke metingen zijn lastig één-op-één toepasbaar in permeatieberekeningen. Verontreinigingen in de bodemfase zijn grotendeels geadsorbeerd aan de vaste fase en derhalve niet beschikbaar voor permeatie. Bij het onderliggende grondwater kan verdunning optreden door mengingen met water afkomstig van niet-verontreinigde gebieden.

Het is mogelijk om metingen in de bodem om te rekenen naar een concentratie in grondwater. Uitgaande van een thermodynamisch evenwicht tussen de verschillende fasen kan de concentratie contaminanten die beschikbaar is voor permeatie vanuit bodemvocht (C_w) worden berekend door de concentratie die is gebonden aan de bodem (C_b) te vermenigvuldigen met een verdelingscoëfficiënt (K_d).

$$C_w = K_d C_b. \quad [\text{eq IV-1}]$$

Organische microverontreinigingen binden met name aan organisch koolstof. De verdelingscoëfficiënt wordt in de praktijk berekend aan de hand van de verdelingscoëfficiënt tussen organisch koolstof en water (K_{oc}), de fractie organisch koolstof (f_{oc}), de bulkdichtheid van de bodem (σ_b) en de porositeit (n_e).

$$K_d = K_{oc} f_{oc} * \frac{\sigma_b}{n_e} \quad [\text{eq IV-2}]$$

De K_{oc} is gegeven in handboeken en kan ook geschat worden op basis van de verdelingscoëfficiënt octanol-water (K_{ow}). Bij het berekenen van risicogrenswaarden is waar mogelijk gebruik gemaakt van de waarden K_{oc} uit het CSOIL-model van RIVM. De fractie organisch koolstof behoort standaard te worden gemeten bij de analyse van bodemverontreinigingen. De bulkdichtheid en porositeit zijn afhankelijk van het bodemtype. Voor zand kan een waarde van respectievelijk 1,8 kg/l en 0,33 (33%) worden aangehouden.

Deze leidraad adviseert om de analyse van het permeatierisico uit te voeren met de hoogste concentratie, dus hetzij de waargenomen concentratie in grondwater dan wel de berekende concentratie in bodemvocht. Een nadeel van deze aanpak is dat het omrekenen van de concentratie in de grond naar een concentratie in het bodemvocht veel onzekerheden introduceert met risico op over- of onderschatting van de concentraties.

Drijfslaag

In geval er een drijfslaag is aangetroffen, dient altijd te worden gerekend met de concentraties in de drijfslaag, ook voor leidingen die boven de drijfslaag liggen.

Historische concentraties

Verweking is een irreversibel proces. Er dient bij de beoordeling van permeatierisico's voor PVC leidingen dan ook altijd rekening te worden gehouden met hogere historische concentraties. Bovendien betroffen de meeste historische permeatiegevallen BTEX en

petroleumproducten. Deze kunnen een drijfslaag vormen welke kunnen resulteren in hoge concentraties in de dampfase met navenant permeatierisico.

IV.2 Bereken kans op verweking

Vele organische stoffen zijn in staat om kunststof materialen bij hoge concentraties te verweken. Verweking vergroot de afstand tussen de polymeerketens waardoor het leidingmateriaal overgaat van een 'glas' in een 'rubber' polymeer en maakt het makkelijker voor contaminanten om binnen te dringen. De diffusiecoëfficiënten van verweekte materialen zijn dan ook vele malen groter dan van niet-verweekte materialen, met navenant permeatierisico [3].

De activiteit van een contaminant is een belangrijk criterium om te beoordelen of verweking optreedt. In water is de activiteit (a_w) afhankelijk van de oplosbaarheid in water (S_w) en in lucht is de activiteit afhankelijk van de maximale dampconcentratie (S_a):

$$a_w = \frac{c}{S_w} ; a_a = \frac{c}{S_a} \quad [\text{eq IV-3}]$$

Verweking is, naast activiteit, ook afhankelijk van de eigenschappen van het polymeer en de contaminant. De Florry-Higgins interactieparameter χ is een indicator van de mogelijkheid van een contaminant om PVC te laten zwellen c.q. verweken.

Op grond van experimenteel onderzoek van Vonk [3] en een literatuuroverzicht van Bromhead [33] wordt geadviseerd om voor PVC de volgende grenswaarden te hanteren:

- activiteit van 0,1 voor gechloreerde koolwaterstoffen, anilines, ketonen, nitrobenzenen en andere contaminanten met een $\chi < 0,75$ of stoffen waarvoor χ niet bekend is;
- activiteit van 0,25 voor benzeen, toluen en andere contaminanten met een $\chi > 0,75$;
- voor alcoholen, alifatische koolwaterstoffen en organische zuren is geen risico op verweking van PVC, zelfs niet in een verzadigde oplossing.

Bij lagere activiteiten kan ook swelling optreden van kunststof. Deze zwellingen kunnen weliswaar leiden tot verstoring van het diffusieproces in labproeven, maar het polymeer blijft glasachtig. Lagere activiteiten leiden in de praktijk niet tot een significante toename van de diffusiecoëfficiënt.

PE en rubber afdichtingsringen kunnen weliswaar zwellen bij hoge concentraties resulterend in een hogere diffusiecoëfficiënt [34], maar dit leidt niet tot irreversibele verweking van het materiaal.

IV.3. Permeatie door rubber afdichting(sring)en

Bij rubber afdichtingsringen zal in de praktijk hoofdzakelijk permeatie optreden ter plaatse van de verbinding (tenzij het een verweekte PVC leiding betreft). De massaflux kan op vergelijkbare wijze worden berekend als bij permeatie door leidingen, met dien verstande dat moet worden gerekend met de dikte van de rubber afdichtingsring c.q. de diffusieweg in de fitting (d_v) [3]:

$$J_v = -K_{pw} D_p \frac{c_d - c_g}{d_v} \quad [\text{eq IV-4}]$$

De hoeveelheid contaminant die dagelijks permeëert, is gelijk aan de massaflux vermenigvuldigd met het contactoppervlak van de afdichtingsring (A_v), waarbij het oppervlak afhankelijk is van de uitwendige straal van de buis (r_u), de effectieve contactdikte van de rubberring c.q. de spleetwijdte en het aantal ringen (n) in de beschouwde lengte van een

leiding. Delen door de hoeveelheid water die de dagelijkse door de leiding stroomt (W), levert een gemiddelde concentratie in drinkwater op:

$$C_{d,v}^{mean} = J \cdot \frac{A_v}{W} = K_{pw} D_p \frac{C_g}{d_v} \cdot \frac{n}{W} \cdot \frac{\pi \{ (r_u+d)^2 - r_u^2 \}}{L} \quad [\text{eq IV-5}]$$

Voor de omrekening naar een piekconcentratie na een periode stilstand (t_s) dient de massaflux te worden vermenigvuldigd met het contactoppervlak van de rubber afdichtingsring (A_v) en te worden gedeeld door de inhoud van de buis (V_v) per rubber afdichtingsring [3]:

$$C_{d,v}^{max} = J \cdot \frac{A_v}{V} t_s = K_{pw} D_p \frac{C_g}{d_v} \cdot \frac{n}{L} \cdot \frac{\pi \{ (r_u+d)^2 - r_u^2 \}}{\pi r_i^2} \cdot t_s \quad [\text{eq IV-6}]$$

Bijlage V Passages in Waterwerkbladen met opmerkingen

De in deze bijlage *cursief weergegeven* passages zijn letterlijk dat wil zeggen ongewijzigd overgenomen uit de betreffende bronnen.

WB 2.2 B 'Leidingmaterialen; Kunststof leidingsystemen, hulpstukken en verbindingen' [10], hoofdstuk 2 'Leidingmaterialen', § 2.4 'Toepassing':

- Subparagraaf 2.4.1 'Chemische bestendigheid en permeatie'
Aromatische koolwaterstoffen, zoals benzine, carboleum, asfalt en gechloorde organische verbindingen zoals tetra, trichloorethyleen en perchloorethyleen, kunnen bepaalde type kunststof materialen in meer of mindere mate aantasten en de kwaliteit van het water beïnvloeden. Het is van belang kennis te nemen van het toepassingsgebied van de systemen. Raadpleeg de instructies van de leverancier of de BRL's weergegeven in 1.1. Voor de beoordeling van de permeatie wordt verwezen naar BRL-K17101 en BRL-K17103.
- Subparagraaf 2.4.2 'Ondergrondse leidingen'
Met betrekking tot de chemische bestendigheid en mogelijke doorlaatbaarheid (permeatie) van de buiswand, moet bij ondergrondse toepassing in gronden, waarvan is aangetoond dat verontreinigingen aanwezig zijn, gekozen worden voor een niet-permeabele materiaal. Dit geldt ook voor de aanleg op terreinen waar verontreinigingen kunnen worden verwacht. Het gebruik van lijmverbindingen in ondergrondse leidingen moet worden afgeraden in verband met de geringe flexibiliteit van een lijmverbinding. Een gelijmde verbinding is niet in staat eventuele grondzettingen te volgen.

Opmerkingen

In subparagraaf 2.4.1 wordt in de laatste twee zinnen verwezen naar 'BRL's', beoordelingsrichtlijnen van certificatie-instelling Kiwa Nederland. Deze documenten hebben een functie in het kader van productcertificatie en zijn niet bedoeld als handvat voor de beoordeling van situaties van bodemverontreiniging of bij de keuze van een leidingmateriaal. Tijdens de publicatie 'ter kritiek' van het concept van het vigerende Waterwerkblad WB 2.2 B is ervoor gepleit de verwijzing naar de beoordelingsrichtlijn te vervangen door een verwijzing naar de onderhavige praktijkcode. Dat pleidooi is door de Commissie Werkbladen om onbekende reden(en) niet gehonoreerd.

Bij de verwijzing naar de BRL-K17103 zijn vraagtekens te plaatsen. Deze beoordelingsrichtlijn met de titel 'Multi-layer plastics piping systems Class II, with a barrier against contaminations, for the transport of drinking water' (volgens pagina 1 van Waterwerkblad WB 2.2 B [10]) blijkt niet bekend op de Kiwa-website (medio april 2017). Deze website noemt uitsluitend een BRL-K17103 voor epoxy materialen als een van de vervangers van de vigerende BRL-K532. Zie ook de opmerking bij [6].

Onder subparagraaf 2.4.2 wordt de toepassing van lijmverbindingen bij ondergrondse leidingen ontraden in verband met eventuele grondzettingen in combinatie met de geringe flexibiliteit van die verbindingen. In deze praktijkcode worden lijmverbindingen voor PVC leidingen impliciet aanbevolen in verband met permeatie-eigenschappen. Een en ander

impliceert dat lijmverbindingen bij PVC leidingen in verontreinigde bodems situationeel (afhankelijk van de zettingsgevoeligheid) al dan niet kunnen worden toegepast.

WB 3.5 'Aanleg van leidingwaterinstallaties; Leidingen in de grond buitenshuis' [30]¹², hoofdstuk 4 'Maatregelen ter voorkoming van aantasting en beschadiging van het leidingmateriaal en nadelige beïnvloeding van de waterkwaliteit':

- § 4.1: *'Het is niet toegestaan leidingen te leggen in zodanig verontreinigde grond, dat daardoor de leidingen en/of de verbindingen worden aangetast en/of de kwaliteit van het drinkwater nadelig wordt beïnvloed.'*
- § 4.2: *'Op plaatsen waar sprake is van een verhoogd risico op verontreiniging van de grond moeten bij voorkeur geen leidingen voor leidingwater worden gelegd. Indien dit niet mogelijk is, moeten door het nemen van voorzorgsmaatregelen de gevolgen van een mogelijke verontreiniging te niet worden gedaan (zie tabel nr. 1).'*

In de genoemde tabel 1 worden bij 'Mogelijke verontreinigingen' van onder meer olie, benzine, koolstof en PAK's de volgende 'Toe te passen voorzorgsmaatregelen' genoemd:

- 'Metalen leidingen met gelaste of gesoldeerde verbindingen toepassen of glasvezel versterkte epoxy buizen en kunststofbuizen met barrièrelaag (géén rubber verbindingen)';
- 'Afhankelijk van de verontreiniging te bepalen (zie WB 2.2)'.

Hierbij wordt verwezen naar documenten uit de 80'er en 90'er jaren.

¹² Het vigerende Waterwerkblad WB 3.5 dateert van juni 2004. Volgens de website www.infodwi.nl wordt een update 'naar verwachting medio 2017' ter kritiek gepubliceerd.