Aanvullende berekening emissies naar grondwater bij uitstel bovenafdichting stortplaats Sortiva Kanaaldijk

J.J. Dijkstra
A. van Zomeren

Juli 2016
ECN-E--16-027

Verantwoording

Dit onderzoek heeft in 2015 plaatsgevonden in opdracht van Sortiva, ECN projectnummer 5.3758. Het onderzoek is in 2016 uitgebreid onder ECN projectnummer 5.4450.01.01.

'Hoewel de informatie in dit rapport afkomstig is van betrouwbare bronnen en de nodige zorgvuldigheid is betracht bij de totstandkoming daarvan kan ECN geen aansprakelijkheid aanvaarden jegens de gebruiker voor fouten, onnauwkeurigheden en/of omissies, ongeacht de oorzaak daarvan, en voor schade als gevolg daarvan. Gebruik van de informatie in het rapport en beslissingen van de gebruiker gebaseerd daarop zijn voor rekening en risico van de gebruiker. In geen enkel geval zijn ECN, zijn bestuurders, directeuren en/of medewerkers aansprakelijk ten aanzien van indirecte, immateriële of gevolgschade met inbegrip van gederfde winst of inkomsten en verlies van contracten of orders.'

Inhoudsopgave

	Samenvatting	**4**
1	**Inleiding**	**5**
2	**Uitgangspunten berekening**	**6**
2.1	Modelconcept in het kort	6
2.2	Keuze lekdebieten in het model	7
2.3	Keuze percolaatsamenstelling in het model	8
2.4	Lokale bodemeigenschappen (STONE- plots)	9
2.5	Toetswaarden en achtergrondwaarden	9
2.6	Verdunningsfactoren	10
3	**Resultaten en discussie**	**11**
3.1	Berekeningsresultaten	11
3.2	Discussie	12
4	**Conclusies**	**22**
	Referenties	**24**
Bijlagen		
A.	Locatie en meetpunten percolaat	27
B.	Bijlage RIVM	28

Samenvatting

Dit rapport bevat resultaten van modelberekeningen die zijn uitgevoerd door ECN om het risico in te schatten van bodem- en grondwaterverontreiniging, in het geval dat er uitstel wordt verleend bij het aanleggen van een bovenafdichting op enkele stortvakken (0 t/m 5) van de stortplaats Kanaaldijk (Sortiva). In een eerdere ECN rapportage (rapport ECN-E--15-046) zijn scenario's doorgerekend die door de Projectgroep Duurzaam Stortbeheer zijn vastgesteld en die naar de mening van de experts ook behoorlijk conservatief zijn. Het bevoegd gezag heeft naar aanleiding van genoemde rapportage extra vragen gesteld over de scenario's en deze rapportage bevat daarom ook de resultaten van aanvullende berekeningen voor hogere lekdebieten (75 en 100 mm/jaar).

Het RIVM heeft informatie aangeleverd zoals de toetswaarden in het grondwater, benodigde bodemgegevens (STONE-profielen), verdunningsfactoren en achtergrondwaarden in grondwater. De methodiek sluit zo dicht mogelijk aan bij de door ECN en RIVM ontwikkelde methodiek om emissietoetswaarden (ETW) te bepalen voor duurzaam beheerde stortplaatsen.

In de voor de beslissing tot uitstel meest relevante periode tot 25 jaar vindt alleen een berekende overschrijding plaats van de toetswaarde (TW) voor ammonium (vak 1 t/m 5 bij 50 mm/jaar of hoger, stortvak 0 bij 25 mm/jaar of hoger). Daarnaast wordt voor stortvak 0 berekend dat de TW bereikt wordt voor benzo(a)anthraceen bij een lekdebiet vanaf 75 mm/jaar. In het tijdvak tussen 25 en 500 jaar worden in verhouding tot de periode 0-25 jaar kleine overschrijdingen voor ammonium berekend voor zowel stortvak 1 t/m 5 als stortvak 0. Overige stoffen blijven in alle berekende scenario's onder de lokale TW.

Voor ammonium geldt dat het een stof betreft die van nature voorkomt en niet zeer toxisch is voor organismen in het grondwater. Benzo(a)anthraceen dat bij een aangenomen lekdebiet van 75 mm/jaar in stortvak 0 de toetswaarde bereikt komt niet van nature voor in het grondwater. Zowel ammonium als organische microverontreinigingen zijn onderhevig aan afbraakprocessen, die niet zijn meegenomen in de modelberekeningen. Daardoor kunnen de concentraties van deze stoffen in werkelijkheid lager zijn dan de berekende waarde.

De modelresultaten bevatten onzekerheden, en voor mobiele stoffen (waaronder ammonium) zijn deze onzekerheden vooral herleidbaar tot de aangenomen hydrologische factoren zoals het aangenomen lekdebiet, en de (mede daarvan afhankelijke) hydrologische verdunningsfactor. Veel van de aannames in het conceptuele model zijn zeer conservatief, waardoor de benadering als geheel als 'worst case' kan worden beschouwd. De resultaten van deze berekening kan het bevoegd gezag meewegen in haar besluit of de locatie als 'uitstellocatie' kan worden aangemerkt.

1

Inleiding

Dit rapport bevat resultaten van modelberekeningen die zijn uitgevoerd door ECN om het risico in te schatten van bodem- en grondwaterverontreiniging, in het geval dat er uitstel wordt verleend bij het aanleggen van een bovenafdichting op enkele stortvakken van de stortplaats Kanaaldijk (Sortiva). In 2015 heeft ECN een rapportage uitgebracht aan Sortiva met modelberekeningen (rapport ECN-E--15-046). Deze rapportage is door Sortiva besproken met het bevoegd gezag. Uit dit gesprek zijn een aantal aanvullende vragen voortgekomen over het aangenomen lekdebiet gedurende de uitstelperiode. Op basis van deze vragen heeft Sortiva ECN verzocht om aanvullende berekeningen uit te voeren met twee hogere lekdebieten (75 en 100 mm/jaar) gedurende de uitstelperiode. Deze aanvullende resultaten worden in dit rapport samen met de voorgaande resultaten gepresenteerd en bediscussieerd.

Het RIVM heeft in 2015 informatie aangeleverd zoals de toetswaarden in het grondwater, locatiespecifieke (STONE-) bodemprofielen, verdunningsfactoren en achtergrondwaarden in grondwater. Voor een uitgebreide beschrijving van de gevolgde methodiek wordt verwezen naar de memo 'Emissies naar grondwater bij uitstel aanleg bovenafdichting' [*1*] dat als separate bijlage bij dit rapport wordt meegestuurd. De methodiek sluit zo dicht mogelijk aan bij de door ECN en RIVM ontwikkelde methodiek om emissietoetswaarden (ETW) te bepalen voor duurzaam beheerde stortplaatsen [*2*].

Voor een volledige beschrijving van het model zoals dat is opgezet voor de berekening van ETW wordt verwezen naar Brand et al., [*2*] en [*3*]. Het rekenmodel is opgezet in de modelomgeving Orchestra [*4*]. Dit is recentelijk in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu ondergebracht in een breed toegankelijke gebruikersomgeving, namelijk het door ECN, DHI en Vanderbilt University ontwikkelde LeachXS [1].

Met LeachXS zijn berekeningen gedaan voor de voor uitstel relevante tijdsperiode van 25 jaar zonder bovenafdichting (zie [*1*]), en vervolgens met bovenafdichting vanaf 25 jaar tot 500 jaar. Dit geeft de opdrachtgever en het bevoegd gezag inzicht in het risico voor bodem en grondwaterverontreiniging in het geval dat uitstel van het aanbrengen van de bovenafdichting wordt verleend.

[1] http://www.vanderbilt.edu/leaching/leach-xs-lite/

2

Uitgangspunten berekening

2.1 Modelconcept in het kort

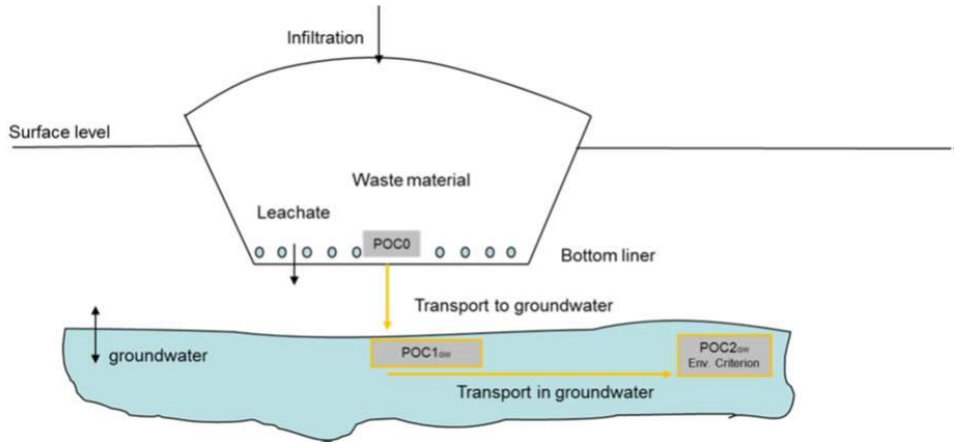
Het modelconcept waarmee de ETW zijn afgeleid [*2*] en welke in dit project wordt gebruikt om de potentiële beïnvloeding van het grondwater te voorspellen in geval van uitstel van de bovenafdichting, is weergegeven in **Figuur 1**. Voor een volledige beschrijving en verantwoording wordt verwezen naar Brand et al. [*2*]; een breed toegankelijke publicatie is voorhanden in het vakblad Bodem [*3*].

In het kort volgt het modelconcept een bron-pad-receptor benadering, waarin de zogenoemde points of compliance (POC) zijn vastgelegd. De points of compliance zijn de plaatsen waar bepaalde milieubeschermingscriteria gelden. In de ETW benadering is POC 0 de onderkant van de stort, POC 1 de bovenste meter van de verzadigde zone in het grondwater, en POC 2 ligt op 20 meter benedenstrooms vanaf de rand van de stortplaats in het grondwater. POC 2 is bij de afleiding van de ETW, en ook in dit project, het leidende beschermingsdoel waar milieucriteria gelden [*2*].

Het rekenmodel in LeachXS/Orchestra berekent de grondwaterkwaliteit op POC 2 na een bepaalde tijdsperiode (in dit project 25 jaar zonder afdichting, en 475 jaar met afdichting, zie 2.2). Daarbij wordt uitgegaan van een aanname over het lekdebiet en een representatieve percolaatkwaliteit die constant is in de tijd (zie Paragraaf 2.2 en 2.3). Tussen POC 0 en POC 1 wordt in het model rekening gehouden met bindingsprocessen die de verplaatsing van verontreinigingen naar het grondwater vertragen, op basis van lokale chemische en fysische bodemeigenschappen. Daarnaast wordt rekening gehouden met verdunning met lokaal grondwater tussen POC 1 en POC 2. Tussen POC 1 en POC 2 vindt in de modelbenadering geen binding van stoffen plaats in de bodem, hetgeen een conservatieve aanname is.

De milieucriteria die op het POC 2 voor grondwater gelden, zijn het Maximaal Toelaatbaar Risico voor ecologie (MTR_{eco}) voor zware metalen (bijvoorbeeld cadmium en lood) en macroparameters (zoals sulfaat en ammonium). Voor organische microverontreinigingen zoals Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK) en

vluchtige koolwaterstoffen geldt het Verwaarloosbaar Risico (VR). Tevens is rekening gehouden met de drinkwaternorm. De strengste van hetzij het MTR_{eco} voor metalen/VR voor organische microverontreinigingen of de drinkwaternorm geldt als uiteindelijk milieucriterium [*2*].



Figuur 1: Conceptueel model stortplaats met de ligging van de Points of Compliance (POC).

2.2 Keuze lekdebieten in het model

Bijlage A bevat een overzichtskaart van de stortplaats (aangeleverd door Sortiva). Uitstel van de bovenafdichting wordt onderzocht voor de stortvakken 1 t/m 5 (sector 2) en voor stortvak 0 (sector 4). De beide sectoren blijken nogal grote verschillen te vertonen met betrekking tot percolaat samenstelling, bodemopbouw en hydrologie (zie onder), daarom is besloten om zowel een berekening uit te voeren voor sector 2 (specifiek voor stortvak 1 t/m 5) als voor sector 4 (stortvak 0).

Er wordt gerekend met een aangenomen lekdebiet over een periode waarin nog geen bovenafdichting is aangebracht (zie **Tabel 1**). Omdat in deze periode al wel de onderliggende bodem wordt 'opgeladen' met verontreinigingen uit het percolaat, wordt voor de periode daarna (tot 500 jaar, conform de ETW systematiek [*2*]) met een lager lekdebiet verder gerekend. De aangenomen rekenperiodes en lekdebieten zijn vastgesteld op basis van [*1*], en na overleg met de opdrachtgever uitgebreid tot de waarden in **Tabel 1**.

Tabel 1: Overzicht stortvakken, situatie afdichting volgens nazorgplan, en aangenomen lekdebieten. *= aanvullend ten opzichte van ECN-E--15-046 [*5*].

Stortvakken	Periode (jaar)	Situatie	Lekdebiet (mm/jaar)
0	25	Combinatieafdichting en percolaatopvang	25, 50, 75*, 100*
1 t/m 5	25	Enkelvoudige folie en percolaatopvang	25, 50, 75*, 100*
beide	475	Bovenafdichting	5

2.3 Keuze percolaatsamenstelling in het model

Gegevens over de percolaatsamenstelling zijn aangeleverd door Sortiva in een daarvoor door ECN opgezet format in MS Excel. Voor het relevante stoffenpakket [*1,2*] zijn metingen aangeleverd die tezamen een zo representatief mogelijk beeld geven van de percolaatkwaliteit op de langere termijn. De gevraagde parameters, die door de stortplaatsbeheerder in het format zijn ingevuld, zijn het aantal waarnemingen, gemiddelde, standaarddeviatie, mediaan en 90-percentiel. Er zijn, zoals gevraagd, meerjarige gegevens aangeleverd uit de periode 2008-2015.

Afgesproken is dat de stortplaatsbeheerder verantwoordelijk is voor de juistheid van de aangeleverde gegevens en dat deze een goed en representatief beeld geven. Door Sortiva is op verzoek van ECN/RIVM tevens een overzicht van de ruwe gegevens gegeven, zodat de aangeleverde statistische gegevens altijd herleidbaar zijn.

Concentraties in het percolaat beneden de detectiegrens ('<' meting) zijn zoals gevraagd ingevoerd als de waarde van de detectiegrens zelf (Limit of Quantification) en niet als een waarde 0. Het hanteren van 0- waarden in de percolaatkwaliteit zou in sommige datasets tot een mogelijke onderschatting van de percolaatkwaliteit kunnen leiden.

Er zijn gegevens aangeleverd voor de percolaatputten 1 en 7 en het verzamelriool (zie ook **Bijlage A** voor de ligging van deze putten, en de electronische bijlage met gegevens). Percolaatput 1 heeft betrekking op stortvak 1 t/m 3, van stortvak 4 en 5 (percolaatput 2) zijn geen gegevens. Percolaatput 7 heeft alleen betrekking op stortvak 0. Het verzamelriool waarvoor ook metingen zijn meegestuurd, heeft betrekking op meerdere stortvakken en is daarom niet in beschouwing genomen.

Voor de meeste stoffen zijn een totaal aantal waarnemingen van 4 (put 1) danwel 5 (put 7) beschikbaar gesteld waarop de bovengenoemde statistische parameters zijn betrokken. Voor enkele stofgroepen, zoals de diverse alifatische en/of aromatische fracties van minerale olie en cyanide, zijn geen metingen beschikbaar.

De volgende keuzes en aannames zijn gemaakt bij het vaststellen van de percolaatsamenstelling waarmee gerekend wordt:

- Voor een representatief beeld van het percolaat van stortvakken 1 t/m 5 is gekozen voor de gegevens van percolaatput 1. De geldigheid van de berekening hangt daarmee af van de representativiteit van percolaatput 1 voor stortvak 1 t/m 5[2].
- Voor een representatief beeld van het percolaat van stortvak 0 is gekozen voor de gegevens van percolaatput 7.
- Er is gekozen om uit te gaan van de gemiddelde waarden van de concentraties in het percolaat voor de percolaatkwaliteit waarmee in het model gerekend wordt. Deze keuze is gemaakt omdat het aantal aangeleverde metingen vrij klein is maar veel variatie vertoont. Een 90-percentielwaarde zou tot een grote overschatting leiden gezien de lange termijn waarop wordt gerekend (25 jaar met bestaande afdichting en 475 jaar met nieuwe afdichting), omdat er met een percolaatkwaliteit wordt

[2] De inhoud van deze vakken is bouw- en sloop afval. Het materiaal in deze vakken is allemaal al een keer gerecycled geweest, ontdaan van puinstromen, en is dus goed vergelijkbaar (P. Krom, Sortiva, pers. comm. 1-7-2015).

gerekend die qua concentratie constant is in de tijd. Een mediane waarde laat de hogere waarden buiten beschouwing, en geeft daarom op de langere termijn mogelijk een onderschatting. Een gemiddelde is gebaseerd op alle waarnemingen en geeft daarom het meest representatieve beeld voor deze specifieke situatie.

2.4 Lokale bodemeigenschappen (STONE- plots)

Door RIVM zijn uit de STONE- database [*6*] twee bodemprofielen geselecteerd op basis van de geografische coördinaten, respectievelijk van de stortvakken 1 t/m 5 en stortvak 0. Deze STONE- plots geven voor de diepte 0 – 2 m (-mv, maaiveld) de voor het model noodzakelijke parameters met betrekking tot de bindingseigenschappen van de lokale bodem, zoals pH, % organische stof, hoeveelheid ijzer- en aluminium (hydr)oxiden en kleigehalte. Deze gegevens vormen input in het model in LeachXS.

De gegevens uit de STONE- plots zijn vergeleken met de informatie over de lokale bodem die door Sortiva is aangeleverd; deze verschillende bronnen komen in grote lijnen goed overeen. De geselecteerde STONE- plots worden daarom als representatief beoordeeld voor de situatie ter plaatse.

Bijlage B bevat de STONE- plots voor het oostelijk deel van de stort (representatief geacht voor de stortvakken 1 t/m 5) en het westelijk deel (stortvak 0). Deze gegevens zijn op dezelfde wijze als in Brand et al. [*2*] en Verschoor et al. [*7*] omgezet naar het formaat benodigd in LeachXS; d.w.z. twee lagen van 1 meter dikte met voor die laag gemiddelde eigenschappen [*zie 2*]. De pH-KCl is omgerekend met bekende relaties naar de meer representatieve pH-$CaCl_2$ [*zie 7*]. Voor de reactiviteit van vaste organische stof is 50% aangenomen [*2,7-9*].

De concentratie opgeloste organische stof (DOC) in het poriewater, waar verontreinigingen aan kunnen binden en zo versneld kunnen transporteren, is afgeleid uit het gemiddelde van de metingen van het chemisch zuurstofgebruik (COD) uit de percolaat monsters op basis van de relatie tussen DOC en COD (DOC = COD/2,5049) [*2*]. Aangenomen wordt dat de DOC uit het stortpercolaat de van nature aanwezige DOC in het poriewater van de bodem verdringt. Voor DOC wordt een reactiviteit van 50% aangehouden [*2,8,9*].

2.5 Toetswaarden en achtergrondwaarden

De achtergrondwaarden van stofconcentraties in het grondwater zijn afgeleid door RIVM op basis van meerjarige gegevens van referentiepeilbuizen, welke zijn aangeleverd door Sortiva. De achtergrondwaarden in het grondwater zijn de van nature voorkomende concentraties in het grondwater zonder dat de invloed van de stortplaats wordt meegenomen. Op basis van deze achtergrondwaarden (AW) en de in **Paragraaf 2.1** beschreven generieke beschermingscriteria zijn door RIVM vervolgens lokale toetswaarden (TW) afgeleid. Hiermee kan de met het model berekende kwaliteit

van het grondwater op een afstand van 20 meter benedenstrooms vanaf de rand van de stortplaats (POC 2) worden getoetst. Wanneer de berekende concentraties stoffen uit het percolaat in het grondwater op POC 2 (20m benedenstrooms) lager blijven dan de TW, dan betekent dit dat de invloed van het percolaat op de lokale grondwaterkwaliteit naar verwachting klein is. Zowel de AW als de TW zijn gelijk voor het oostelijk deel van de stort (stortvakken 1 t/m 5) en het westelijke deel (stortvak 0). De waarden zijn weergegeven in de resultaattabellen.

Een nadere toelichting op de afleiding van de AW en TW wordt gegeven in **Bijlage B**. Samengevat kan gesteld worden dat de AW en TW op dezelfde wijze zijn afgeleid als bij de vaststelling van de ETW [*2*]. Voor de meeste organische microverontreinigingen (waaronder VOX en PAK) zijn de TW in grondwater op POC 2 gelijk aan de Verwaarloosbaar Risico (VR) waarden [*2*]. Deze waarden zijn verkregen door het 95% beschermingsniveau (voor organische stoffen heet dit het MTR-waarde) te delen door 100 [*2*]. Dit leidt voor veel stoffen tot VR waarden die lager zijn dan de gangbare rapportagegrenzen van commerciële laboratoria (zie toelichting in **Bijlage B**). Voor de overige organische stoffen is de drinkwaternorm leidend.

2.6 Verdunningsfactoren

Conform de ETW systematiek [*2*] wordt er in het traject tussen POC 1 (de bovenste meter van de verzadigde zone onder de stortplaats) en POC 2 (20 meter benedenstrooms vanaf de rand van de stortplaats) geen rekening gehouden met binding van stoffen [*2*], maar wel kan er tussen POC 1 en POC 2 verdunning plaatsvinden met lokaal grondwater.

Verdunningsfactoren voor de stortvakken 1 t/m 5 en 0 zijn door RIVM berekend conform Brand et al. [*2*]. De waarden zijn sterk afhankelijk van de aangenomen lekdebieten, en variëren van 2.2 (bij 100 mm/jaar, stortvak 1 t/m 5) tot 108 (bij 5 mm/jaar, stortvak 0). De waarden zijn weergegeven in **Bijlage B**.

De verdunningsfactoren gelden wanneer de lokale achtergrondconcentratie van stoffen nul is. Wanneer de lokale AW van een stof groter is dan nul, dan wordt daar in de berekening van de concentraties op POC 2 rekening mee gehouden (dit betekent dat de effectieve verdunningsfactor kleiner zal worden). De uiteindelijk door het model berekende concentraties op POC 2 zijn dus verrekend met verdunning, waarbij rekening wordt gehouden met de lokale achtergrondconcentratie in het grondwater.

De waarden voor de verdunningsfactoren zijn over het algemeen (veel) hoger dan de verdunningsfactoren voor de pilot stortplaatsen uit Brand et al. [*2*]. Dit komt omdat er in het geval van de stortvakken van de stortplaats Kanaaldijk met een veel lager uitstroomvolume uit de stort rekening wordt gehouden (25 - 75 mm/jaar gedurende de fase waarin niet wordt afgedicht, 5 mm/jaar gedurende de fase met afdichting; tegen 300 mm/jaar in Brand et al. [*2*]). De aanname van 300 mm/jaar infiltratie uit Brand et al. [*2*] is gebaseerd op de het uitgangspunt dat er geen bovenafdichting is aangebracht en dat de onderafdichting vanaf het begin volledig faalt.

3

Resultaten en discussie

3.1 Berekeningsresultaten

Tabel 2 bevat de berekeningsresultaten voor stortvak 1 t/m 5, bij aanname van een lekdebiet van respectievelijk 25, 50, 75 en 100 mm/jaar (vier verschillende scenario's). De berekeningsresultaten zijn getoond voor een periode van 25 jaar waarin nog niet is afgedicht. **Tabel 3** bevat de resultaten voor stortvak 1 t/m 5 voor de zeer lange periode van 25 jaar tot 500 jaar, waarin de in de bodem geaccumuleerde stoffen uit de eerste 25 jaar (van de vier verschillende lekdebiet scenario's) eventueel nog kunnen doorbreken naar POC 2.

Tabel 4 bevat de berekeningsresultaten voor stortvak 0, bij aanname van een lekdebiet van respectievelijk 25, 50, 75 en 100 mm/jaar (vier verschillende scenario's). De berekeningsresultaten zijn getoond voor een periode van 25 jaar waarin nog niet is afgedicht. **Tabel 5** bevat de resultaten voor stortvak 0 voor de zeer lange periode van 25 jaar tot 500 jaar, waarin de in de bodem geaccumuleerde stoffen uit de eerste 25 jaar (van de vier verschillende lekdebiet scenario's) eventueel nog kunnen doorbreken naar POC 2.

In dezelfde tabellen zijn ook de lokale achtergrondwaarden in het grondwater (AW), de lokale toetsingswaarden op POC 2 (TW) en de in het model als constant aangenomen concentraties in het percolaat weergegeven (zie **Paragraaf 2.3** Keuze percolaatsamenstelling).

Met betrekking tot het stoffenpakket dient te worden opgemerkt dat er alleen resultaten getoond zijn voor de stoffen waarvoor metingen van het percolaat beschikbaar zijn (anders zou een berekening niet mogelijk zijn geweest).

Berekende waarden gelijk aan of hoger dan de lokale toetswaarden op POC 2 zijn vetgedrukt weergegeven in gearceerde cellen.

3.2 Discussie

In de voor de beslissing tot uitstel meest relevante periode tot 25 jaar vindt alleen een berekende overschrijding plaats van de toetswaarde (TW) voor ammonium (vak 1/t/m 5 bij 50 mm/jaar of hoger, stortvak 0 bij 25 mm/jaar of hoger). Daarnaast wordt voor stortvak 0 berekend dat de TW bereikt wordt voor benzo(a)anthraceen bij een lekdebiet vanaf 100 mm/jaar.

In het tijdvak tussen 25 en 500 jaar worden in verhouding tot de periode 0-25 jaar kleine overschrijdingen voor ammonium berekend voor zowel stortvak 1 t/m 5 als stortvak 0. Overige stoffen blijven in alle berekende scenario's onder de lokale TW.

Naarmate het aangenomen lekdebiet hoger is, wordt de berekende maximum concentratie van ammonium in het grondwater ook hoger. Bij het hoogst aangenomen lekdebiet van 100 mm/jaar worden concentraties berekend van 17,5 mg/L (stortvak 1 t/m 5) en 48 mg/L (stortvak 0).

De berekende overschrijdingen voor ammonium komen neer op een stijging van de al aanwezige concentratie in het grondwater. Ammonium is een stof die van nature voorkomt in het grondwater en niet zeer toxisch is voor organismen. In (voormalige) zeeklei en laagveengebieden worden concentraties tot ongeveer 17 mg/L gemeten ten gevolge van de anaerobe afbraak van in de ondergrond voorkomende natuurlijke organische stof [*10,11*]. Ammonium kan onderhevig zijn aan afbraakprocessen [*12*], hetgeen niet is meegenomen in de modelberekeningen. Op basis van deze (en andere) argumenten heeft de Technische Commissie Bodembescherming (TCB) eerder, in het kader van de afleiding van de ETW, (TCB advies A082 (2013)) aangegeven dat het hanteren van een hogere emissie voor ammonium onder voorwaarden acceptabel kan zijn. Zie voor nadere informatie Bijlage 1 van [*2*]. Gelet op de worst-case uitgangspunten (vooral het lekdebiet van 50 mm/jaar), en de mogelijke afbraak van ammonium, kan de ammonium vracht op POC 2 in realiteit lager zijn dan de berekende concentratie.

Er dient te worden opgemerkt dat de berekende concentraties in het grondwater onderhevig zijn aan onzekerheden, die per definitie niet precies gekwantificeerd kunnen worden [*13-15*]. Onzekerheden zitten in het conceptuele model, dat een sterke vereenvoudiging is van de werkelijkheid [*2*], in de beschrijving van chemische en fysische processen [*2,9*], en in de aangenomen locatiespecifieke kenmerken zoals percolaatkwaliteit, lekdebieten en lokale bodemeigenschappen. Daarentegen zijn veel van de aannames in het conceptuele model zeer conservatief, waardoor de benadering als geheel als 'worst case' kan worden beschouwd. Voor een beschrijving van de gebruikte modelopzet en gevoeligheidsanalyse wordt verwezen naar [*2*], voor toetsing van het geochemische transportmodel aan laboratorium- en veldmeetgegevens en een discussie over de gevoeligheid voor diverse factoren naar [*16*] en de daarin vermeldde referenties.

Overige discussiepunten

- Ammonium, chloride, sulfaat en organische microverontreinigingen uit de BTEX en VOX- stofgroepen zijn relatief mobiele stoffen, die nauwelijks binden aan de bodem. Dat betekent dat het berekeningsresultaat vooral gevoelig is voor de aangenomen

hydrologische factoren: het aangenomen lekdebiet, en de (mede daarvan afhankelijke) hydrologische verdunningsfactor. Vooral in het aangenomen lekdebiet zit een grote onzekerheid. De (oorspronkelijke) aanname van het lekdebiet van 25 of 50 mm/jaar (**Tabel 1**) wordt door de Projectgroep IDS als een worst-case aanname gezien, omdat in de praktijk de kwaliteit van de onderafdichting niet ineens zal verslechteren van minder dan 5 mm/jaar naar 25 of 50 mm/jaar.

- Voor zware metalen zijn de concentraties op POC 2 veelal lager dan de AW, en nemen bovendien af bij toenemende infiltratie (**Tabel 2** en **Tabel 4**). Dit komt hoofdzakelijk omdat deze metalen relatief sterk binden aan de (initieel schone) bodem. Na de relatief korte beoordelingsperiode van 25 jaar bevinden de metalen zich nog volledig in de bovenste lagen van de bodem (tussen POC 0 en POC 1). Als gevolg daarvan worden de concentraties bij POC 2 volledig bepaald door het 'schone' water uit de onverzadigde zone, dat wordt verdund met grondwater met concentraties op AW niveau. Wanneer de infiltratie van schoon water toeneemt, worden de concentraties op POC2 dus lager.
- Het bovenstaande punt betekent dat veel stoffen die binnen 25 jaar nog niet op POC 1 of POC 2 aangekomen zijn, zich nog tussen POC 0 en POC 1 bevinden. Om deze reden is de berekening na de periode van 25 jaar verlengd tot een totale periode van 500 jaar (bij een lekdebiet van 5 mm/jaar, zie **Tabel 1**) en worden de concentraties op POC 2 ook beoordeeld in de lange periode tussen 25 en 500 jaar.
- Voor een aantal stoffen is de concentratie in het percolaat al lager dan de TW en/of AW, waardoor een overschrijding van de TW de facto niet mogelijk is. Dit zijn voor stortvak 1 t/m 5 (percolaatput 1): chloride, chroom, arseen, kwik, en een groot aantal stoffen uit de BTEX en VOX groep; voor stortvak 0 (percolaatput 2) geldt dit voor kwik en trichlooretheen. Zie **Tabel 2** t/m **Tabel 5**.
- Voor de stoffen benzeen, VOX en een aantal fracties van minerale olie geldt dat de gemiddelde concentratie in het percolaat van percolaatput 1 (stortvak 1 t/m 5; benzeen en VOX) en percolaatput 7 (stortvak 0; benzeen, VOX, minerale olie) is afgeleid van individuele metingen die in vrijwel alle gevallen beneden de rapportagegrens liggen. De berekende waarden op POC 2 voor deze stofgroep zijn daarom hypothetisch (zie **Tabel 2** t/m **Tabel 5**). Berekende 'overschrijdingen' voor deze stoffen zijn daarom niet vetgedrukt in de resultaattabellen.
- Voor de organische microverontreinigingen moet worden bedacht dat er geen rekening is gehouden met afbraak van deze stoffen. In werkelijkheid zullen deze stoffen waarschijnlijk onderhevig zijn aan een bepaalde mate van afbraak waardoor berekende concentraties op POC 2 in de realiteit lager kunnen zijn.
- Uit de eerder uitgevoerde gevoeligheidsanalyse [*2*] is gebleken dat voor organische microverontreinigingen de reactiviteit van organische stof en de aangenomen concentratie opgeloste organische stof sterk van invloed is op het eindresultaat. De opgeloste organische stof in de bodem is afgeleid uit het stortpercolaat [*2*], zie ook 2.3.
- Uit de eerder uitgevoerde gevoeligheidsanalyse [*2*] is gebleken dat zware metalen sterk worden beïnvloed door de bindingscapaciteit van de bodem (pH, opgeloste en vaste organische stof, ijzer- en aluminium(hydr)oxiden). Desondanks is het vermoeden dat variatie in bodemeigenschappen zoals in [*2*] niet zal leiden tot overschrijdingen van de TW omdat 1) het neerwaartse watertransport relatief langzaam gaat; 2) de beoordelingstijd relatief kort is; en 3) de berekende concentraties relatief laag zijn.

Tabel 2: Resultaattabel stortvak 1 t/m 5, berekend voor een periode van 25 jaar met lekdebieten van 25, 50, 75 en 100 mm/jaar. Achtergrondwaarde grondwater (AW), Toetswaarden op POC 2 (TW), constante percolaatkwaliteit in het model (Perc; gemiddelde percolaatconcentraties percolaatput 1); en berekende concentraties in het grondwater op POC 2. De individuele fracties van minerale olie zijn niet gemeten (-), hier is alleen de som minerale olie berekend.

Oost				Vak 1 t/m 5	POC2	POC2	POC2	POC2
Periode 0-25 jaar		AW	TW	Perc	25 mm/jaar	50 mm/jaar	75 mm/jaar	100 mm/jaar
Zware metalen								
Cadmium	µg/L	0,1	0,44	1	0,1	0,1	0,1	0,1
Chroom	µg/L	3,7	12,4	9,03	3,1	2,6	2,3	2,0
Koper	µg/L	5	6,1	11,5	4,1	3,5	3,1	2,7
Arseen	µg/L	1	10	6	0,8	0,7	0,6	0,5
Kwik	µg/L	0,1	0,33	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1
Nikkel	µg/L	1	2,9	9,88	0,8	0,7	0,6	0,5
Lood	µg/L	1	10	13	0,8	0,7	0,6	0,5
Zink	µg/L	6	13,3	78,8	5,0	4,2	3,7	3,3
Macroparameters								
Chloride	mg/L	270	364	228	248	252	253	251
Ammonium	mg/L	6,6	6,6	94	5,8	**7,2**	**11,1**	**17,5**
Sulfaat	mg/L	24	150	183	22	40	68,4	88,9
BTEX								
Benzeen	µg/L	0	0,2	0,98*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*
Ethylbenzeen	µg/L	0	1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Tolueen	µg/L	0	1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Xyleen	µg/L	0	0,2	0,31	0,0	0,0	0,0	0,0
Minerale olie								
Aromatic_EC10-EC12	µg/L	0	0,32	-	-	-	-	-
Aromatic_EC12-EC16	µg/L	0	0,14	-	-	-	-	-
Aromatic_EC16-EC21	µg/L	0	0,038	-	-	-	-	-
Aromatic_EC21-EC35	µg/L	0	0,0032	-	-	-	-	-
Som minerale olie	µg/L	0	50	517	0	0	0	0
PAK								
Antraceen	µg/L	0	0,0007	0,43	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Benzo(a)antraceen	µg/L	0	0,0001	0,22	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Benzo(a)pyreen	µg/L	0	0,0005	0,27	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Benzo(ghi)peryleen	µg/L	0	0,0003	0,19	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Benzo(k)-fluorantheen	µg/L	0	0,0004	0,13	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Chryseen	µg/L	0	0,003	0,24	0,000	0,000	0,000	0,000
Fluorantheen	µg/L	0	0,003	1,07	0,000	0,000	0,000	0,000

Oost				Vak 1 t/m 5	POC2	POC2	POC2	POC2
Periode 0-25 jaar		**AW**	**TW**	**Perc**	**25 mm/jaar**	**50 mm/jaar**	**75 mm/jaar**	**100 mm/jaar**
Indeno(1,2,3cd)-pyreen	µg/L	0	0,0004	0,2	0,000	0,000	0,000	0,000
Naftaleen	µg/L	0	0,01	0,88	0,00	0,00	0,00	0,00
Fenantreen	µg/L	0	0,003	1,49	0,00	0,00	0,00	0,00
Som PAK-10	µg/L	0	0,1	5,47	0,0	0,0	0,0	0,0
VOX								
1,1,1 trichloorethaan	µg/L	0	0,01	0,1*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
1,1,2 trichloorethaan	µg/L	0	0,01	0,1*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
1,1 dichloorethaan	µg/L	0	1	0,4*	0*	0*	0*	0*
1,1 dichlooretheen	µg/L	0	0,01	0,1*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
1,2 dichloorethaan	µg/L	0	3	0,4*	0*	0*	0*	0*
1,2 dichlooretheen (cis,trans)	µg/L	0	0,01	0,13*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
Dichloorpropaan (1,2)	µg/L	0	0,8	0,24*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*
Dichloorpropaan(1,3)	µg/L	0	0,8	0,25*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*
Dichloormethaan	µg/L	0	0,01	0,28*	0,00*	0,01*	0,03*	0,05*
Tetrachlooretheen (per)	µg/L	0	0,01	0,1*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
Tetrachloormethaan (tetra)	µg/L	0	0,01	0,1*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
Trichlooretheen (tri)	µg/L	0	10	0,11*	0*	0*	0*	0*
Trichloormethaan (chloroform)	µg/L	0	1	0,1*	0*	0*	0*	0*
Vinylchloride	µg/L	0	0,01	0,2*	0,00*	0,00*	0,01*	0,02*

* Voor benzeen en VOX geldt dat de gemiddelde concentratie in het percolaat is afgeleid van individuele metingen die in vrijwel alle gevallen beneden de rapportagegrens liggen. De berekende waarden op POC 2 zijn daarom hypothetisch. Op basis van deze resultaten kan niet vastgesteld worden dat er daadwerkelijk een eventuele overschrijding van de TW zal plaatsvinden.

Tabel 3: Resultaattabel stortvak 1 t/m 5, berekend voor de periode 25-500 jaar met een lekdebiet van 5 mm/jaar, na 25 jaar infiltratie met 25, 50, 75 en 100 mm/jaar. Achtergrondwaarde grondwater (AW), Toetswaarden op POC 2 (TW), constante percolaatkwaliteit in het model (Perc; gemiddelde percolaatconcentraties percolaatput 1); en berekende concentraties in het grondwater op POC 2. De individuele fracties van minerale olie zijn niet gemeten (-), hier is alleen de som minerale olie berekend.

Oost				Vak 1 t/m 5	POC2	POC2	POC2	POC2
Periode 25-500 jaar		AW	TW	Perc	5 na 25 mm/j	5 na 50 mm/j	5 na 75 mm/j	5 na 100 mm/j
Zware metalen								
Cadmium	µg/L	0,1	0,44	1	0,1	0,1	0,1	0,1
Chroom	µg/L	3,7	12,4	9,03	3,6	3,6	3,6	3,6
Koper	µg/L	5	6,1	11,5	4,8	4,8	4,8	4,8
Arseen	µg/L	1	10	6	1	1	1	1
Kwik	µg/L	0,1	0,33	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1
Nikkel	µg/L	1	2,9	9,88	1	1	1	1
Lood	µg/L	1	10	13	1	1	1	1
Zink	µg/L	6	13,3	78,8	5,8	5,8	5,8	5,8
Macroparameters								
Chloride	mg/L	270	364	228	268	268	268	268
Ammonium	mg/L	6,6	6,6	94	**8,1**	**8,6**	**8,9**	**9,2**
Sulfaat	mg/L	24	150	183	30	30	30	30
BTEX								
Benzeen	µg/L	0	0,2	0,98*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*
Ethylbenzeen	µg/L	0	1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Tolueen	µg/L	0	1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Xyleen	µg/L	0	0,2	0,31	0,0	0,0	0,0	0,0
Minerale olie								
Aromatic_EC10-EC12	µg/L	0	0,32	-	-	-	-	-
Aromatic_EC12-EC16	µg/L	0	0,14	-	-	-	-	-
Aromatic_EC16-EC21	µg/L	0	0,038	-	-	-	-	-
Aromatic_EC21-EC35	µg/L	0	0,0032	-	-	-	-	-
Som minerale olie	µg/L	0	50	517	0	0	0	0
PAK								
Antraceen	µg/L	0	0,0007	0,43	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Benzo(a)antraceen	µg/L	0	0,0001	0,22	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Benzo(a)pyreen	µg/L	0	0,0005	0,27	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Benzo(ghi)peryleen	µg/L	0	0,0003	0,19	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Benzo(k)-fluorantheen	µg/L	0	0,0004	0,13	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Chryseen	µg/L	0	0,003	0,24	0,000	0,000	0,000	0,000
Fluorantheen	µg/L	0	0,003	1,07	0,000	0,000	0,000	0,000

Oost				Vak 1 t/m 5	POC2	POC2	POC2	POC2
Periode 25-500 jaar		**AW**	**TW**	**Perc**	**5 na 25 mm/j**	**5 na 50 mm/j**	**5 na 75 mm/j**	**5 na 100 mm/j**
Indeno(1,2,3cd)-pyreen	µg/L	0	0,0004	0,2	0,000	0,000	0,000	0,000
Naftaleen	µg/L	0	0,01	0,88	0,00	0,00	0,00	0,00
Fenantreen	µg/L	0	0,003	1,49	0,000	0,000	0,000	0,000
Som PAK-10	µg/L	0	0,1	5,47	0,0	0,0	0,0	0,0
VOX								
1,1,1 trichloorethaan	µg/L	0	0,01	0,1*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
1,1,2 trichloorethaan	µg/L	0	0,01	0,1*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
1,1 dichloorethaan	µg/L	0	1	0,4*	0*	0*	0*	0*
1,1 dichlooretheen	µg/L	0	0,01	0,1*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
1,2 dichloorethaan	µg/L	0	3	0,4*	0*	0*	0*	0*
1,2 dichlooretheen (cis,trans)	µg/L	0	0,01	0,13*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
Dichloorpropaan (1,2)	µg/L	0	0,8	0,24*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*
Dichloorpropaan(1,3)	µg/L	0	0,8	0,25*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*
Dichloormethaan	µg/L	0	0,01	0,28*	0,01*	0,01*	0,01*	0,01*
Tetrachlooretheen (per)	µg/L	0	0,01	0,1*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
Tetrachloormethaan (tetra)	µg/L	0	0,01	0,1*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
Trichlooretheen (tri)	µg/L	0	10	0,11*	0*	0*	0*	0*
Trichloormethaan (chloroform)	µg/L	0	1	0,1*	0*	0*	0*	0*
Vinylchloride	µg/L	0	0,01	0,2*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*

* Voor benzeen en VOX geldt dat de gemiddelde concentratie in het percolaat is afgeleid van individuele metingen die in vrijwel alle gevallen beneden de rapportagegrens liggen. De berekende waarden op POC 2 zijn daarom hypothetisch. Op basis van deze resultaten kan niet vastgesteld worden dat er daadwerkelijk een eventuele overschrijding van de TW zal plaatsvinden.

Tabel 4: Resultaattabel stortvak 0 berekend voor een periode van 25 jaar met lekdebieten van 25, 50, 75 en 100 mm/jaar. Achtergrondwaarde grondwater (AW), Toetswaarden op POC 2 (TW), constante percolaatkwaliteit in het model (Perc; gemiddelde percolaatconcentraties percolaatput 7); en berekende concentraties op POC 2.

West				Vak 0	POC2	POC2	POC2	POC2
Periode 0-25 jaar		AW	TW	Perc	25 mm/j	50 mm/j	75 mm/j	100 mm/j
Zware metalen								
Cadmium	µg/L	0,1	0,44	1	0,1	0,1	0,1	0,1
Chroom	µg/L	3,7	12,4	47,2	3,5	3,4	3,3	3,1
Koper	µg/L	5	6,1	17,2	4,8	4,6	4,4	4,2
Arseen	µg/L	1	10	32	1,0	1	0,9	0,8
Kwik	µg/L	0,1	0,33	0,12	0,1	0,1	0,1	0,1
Nikke l	µg/L	1	2,9	24,6	1,0	0,9	0,9	0,9
Lood	µg/L	1	10	12,3	1,0	0,9	0,9	0,9
Zink	µg/L	6	13,3	120	5,7	5,5	5,3	5,1
Macroparameters								
Chloride	mg/L	270	364	668	276	300	317	332
Ammonium	mg/L	6,6	6,6	293	**9,0**	**22**	**35**	**47**
Sulfaat	mg/L	24	150	676	33	69	100	124
BTEX								
Benzeen	µg/L	0	0,2	2,4*	0,0*	0,1*	0,1*	0,2*
Ethylbenzeen	µg/L	0	1	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tolueen	µg/L	0	1	2,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Xyleen	µg/L	0	0,2	2,1	0,0	0,0	0,1	0,1
Minerale olie								
Aromatic_EC10-EC12	µg/L	0	0,32	35	0,00	0,01	0,03	0,06
Aromatic_EC12-EC16	µg/L	0	0,14	55	0,00	0,01	0,02	0,05
Aromatic_EC16-EC21	µg/L	0	0,038	10*	0,000*	0,001*	0,003*	0,006*
Aromatic_EC21-EC35	µg/L	0	0,0032	10*	0,0001*	0,0006*	0,0019*	0,0043*
Som minerale olie	µg/L	0	50	57,8	0	0	0	0
PAK								
Antraceen	µg/L	0	0,0007	1,09	0,0000	0,0001	0,0003	0,0006
Benzo(a)antraceen	µg/L	0	0,0001	0,34	0,0000	0,0000	**0,0001**	**0,0001**
Benzo(a)pyreen	µg/L	0	0,0005	0,05	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Benzo(ghi)peryleen	µg/L	0	0,0003	0,04	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Benzo(k)-fluorantheen	µg/L	0	0,0004	0,03	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Chryseen	µg/L	0	0,003	0,13	0,000	0,000	0,000	0,000
Fluorantheen	µg/L	0	0,003	2,21	0,000	0,000	0,000	0,001
Indeno(1,2,3cd)-pyreen	µg/L	0	0,0004	0,04	0,0000	0,000	0,000	0,000

West				Vak 0	POC2	POC2	POC2	POC2
Periode 0-25 jaar		AW	TW	Perc	25 mm/j	50 mm/j	75 mm/j	100 mm/j
Naftaleen	µg/L	0	0,01	0,95	0,00	0,00	0,00	0,01
Fenantreen	µg/L	0	0,003	3,17	0,000	0,000	0,001	0,002
Som PAK-10	µg/L	0	0,1	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0
VOX								
1,1,1 trichloorethaan	µg/L	0	0,01	1,02*	0,00*	0,02*	0,05*	0,08*
1,1,2 trichloorethaan	µg/L	0	0,01	1,02*	0,00*	0,02*	0,05*	0,08*
1,1 dichloorethaan	µg/L	0	1	5,02*	0,0*	0,2*	0,4*	0,6*
1,1 dichlooretheen	µg/L	0	0,01	1,03*	0,01*	0,03*	0,07*	0,11*
1,2 dichloorethaan	µg/L	0	3	5,06*	0,0	0,2*	0,5*	0,7*
1,2 dichlooretheen (cis,trans)	µg/L	0	0,01	1,6*	0,01	0,04*	0,10*	0,16*
Dichloorpropaan (1,2)	µg/L	0	0,8	2,54*	0,0	0,1*	0,2*	0,3*
Dichloorpropaan(1,3)	µg/L	0	0,8	2,56*	0,0	0,1*	0,2*	0,3*
Dichloormethaan	µg/L	0	0,01	2,1*	0,03	0,12*	0,22*	0,31*
Tetrachlooretheen (per)	µg/L	0	0,01	1,02*	0,00	0,01*	0,01*	0,03*
Tetrachloormethaan (tetra)	µg/L	0	0,01	1,02*	0,01	0,03*	0,07*	0,11*
Trichlooretheen (tri)	µg/L	0	10	1,22*	0*	0*	0*	0*
Trichloormethaan (chloroform)	µg/L	0	1	1,02*	0*	0*	0*	0*
Vinylchloride	µg/L	0	0,01	2,13*	0,02*	0,09*	0,18*	0,27*

* Voor benzeen, VOX en een aantal fracties van minerale olie geldt dat de gemiddelde concentratie in het percolaat is afgeleid van individuele metingen die in vrijwel alle gevallen beneden de rapportagegrens liggen. De berekende waarden op POC 2 zijn daarom hypothetisch. Op basis van deze resultaten kan niet vastgesteld worden dat er daadwerkelijk een eventuele overschrijding van de TW zal plaatsvinden.

Tabel 5: Resultaattabel stortvak 0 berekend voor de periode 25-500 jaar met een lekdebiet van 5 mm/jaar, na 25 jaar infiltratie met 25, 50, 75 en 100 mm/jaar. Achtergrondwaarde grondwater (AW), Toetswaarden op POC 2 (TW), constante percolaatkwaliteit in het model (Perc; gemiddelde percolaatconcentraties percolaatput 7) en berekende concentraties op POC 2.

West				Vak 0	POC2	POC2	POC2	POC2
Periode 25-500 jaar		AW	TW	Perc	5 na 25 mm/j	5 na 50 mm/j	5 na 75 mm/j	5 na 100 mm/j
Zware metalen								
Cadmium	µg/L	0,1	0,44	1	0,1	0,1	0,1	0,1
Chroom	µg/L	3,7	12,4	47,2	3,7	3,7	3,7	3,7
Koper	µg/L	5	6,1	17,2	5,0	5,0	5,0	5,0
Arseen	µg/L	1	10	32	1,0	1	1,0	1,0
Kwik	µg/L	0,1	0,33	0,12	0,1	0,1	0,1	0,1
Nikke l	µg/L	1	2,9	24,6	1,0	1	1,0	1,0
Lood	µg/L	1	10	12,3	1,0	1	1,0	1,0
Zink	µg/L	6	13,3	120	5,9	6	6,0	6,0
Macroparameters								
Chloride	mg/L	270	364	668	274	274	274	274
Ammonium	mg/L	6,6	6,6	293	9,1	9	9,2	9,2
Sulfaat	mg/L	24	150	676	30	30	30	30
BTEX								
Benzeen	µg/L	0	0,2	2,4*	0,0*	0,0*	0,0(	0,0(
Ethylbenzeen	µg/L	0	1	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tolueen	µg/L	0	1	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Xyleen	µg/L	0	0,2	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Minerale olie								
Aromatic_EC10-EC12	µg/L	0	0,32	35	0,01	0,01	0,01	0,01
Aromatic_EC12-EC16	µg/L	0	0,14	55	0,00	0,01	0,01	0,01
Aromatic_EC16-EC21	µg/L	0	0,038	10*	0,001*	0,001*	0,001*	0,001*
Aromatic_EC21-EC35	µg/L	0	0,0032	10*	0,0004*	0,0006*	0,0007*	0,0009*
Som minerale olie	µg/L	0	50	57,8	0	0	0	0
PAK								
Antraceen	µg/L	0	0,0007	1,09	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Benzo(a)antraceen	µg/L	0	0,0001	0,34	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Benzo(a)pyreen	µg/L	0	0,0005	0,05	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Benzo(ghi)peryleen	µg/L	0	0,0003	0,04	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Benzo(k)-fluorantheen	µg/L	0	0,0004	0,03	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Chryseen	µg/L	0	0,003	0,13	0,000	0,000	0,000	0,000

West				Vak 0	POC2	POC2	POC2	POC2
Periode 25-500 jaar		AW	TW	Perc	5 na 25 mm/j	5 na 50 mm/j	5 na 75 mm/j	5 na 100 mm/j
Fluorantheen	µg/L	0	0,003	2,21	0,000	0,000	0,000	0,000
Indeno(1,2,3cd)-pyreen	µg/L	0	0,0004	0,04	0,000	0,000	0,000	0,000
Naftaleen	µg/L	0	0,01	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00
Fenantreen	µg/L	0	0,003	3,17	0,000	0,000	0,000	0,000
Som PAK-10	µg/L	0	0,1	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0
VOX								
1,1,1 trichloorethaan	µg/L	0	0,01	1,02*	0,01*	0,01*	0,01*	0,01*
1,1,2 trichloorethaan	µg/L	0	0,01	1,02*	0,01*	0,01*	0,01*	0,01*
1,1 dichloorethaan	µg/L	0	1	5,02*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*
1,1 dichlooretheen	µg/L	0	0,01	1,03*	0,01*	0,01*	0,01*	0,01*
1,2 dichloorethaan	µg/L	0	3	5,06*	0,04*	0,04*	0,05*	0,05*
1,2 dichlooretheen (cis,trans)	µg/L	0	0,01	1,6*	0,01*	0,01*	0,01*	0,01*
Dichloorpropaan (1,2)	µg/L	0	0,8	2,54*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*
Dichloorpropaan(1,3)	µg/L	0	0,8	2,56*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*
Dichloormethaan	µg/L	0	0,01	2,1*	0,02*	0,02*	0,02*	0,02*
Tetrachlooretheen (per)	µg/L	0	0,01	1,02*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
Tetrachloormethaan (tetra)	µg/L	0	0,01	1,02*	0,01*	0,01*	0,01*	0,01*
Trichlooretheen (tri)	µg/L	0	10	1,22*	0*	0*	0*	0*
Trichloormethaan (chloroform)	µg/L	0	1	1,02*	0*	0*	0*	0*
Vinylchloride	µg/L	0	0,01	2,13*	0,02*	0,02*	0,02*	0,02*

* Voor benzeen, VOX en een aantal fracties van minerale olie geldt dat de gemiddelde concentratie in het percolaat is afgeleid van individuele metingen die in vrijwel alle gevallen beneden de rapportagegrens liggen. De berekende waarden op POC 2 zijn daarom hypothetisch. Op basis van deze resultaten kan niet vastgesteld worden dat er daadwerkelijk een eventuele overschrijding van de TW zal plaatsvinden.

4
Conclusies

Dit rapport bevat resultaten van modelberekeningen die zijn uitgevoerd door ECN om het risico in te schatten van bodem- en grondwaterverontreiniging, in het geval dat er uitstel wordt verleend bij het aanleggen van een bovenafdichting op enkele stortvakken (0 t/m 5) van de stortplaats Kanaaldijk (Sortiva). In een eerdere ECN rapportage (rapport ECN-E--15-046) zijn scenario's doorgerekend die door de Projectgroep Duurzaam Stortbeheer zijn vastgesteld en die naar de mening van de experts ook behoorlijk conservatief zijn. Het bevoegd gezag heeft naar aanleiding van genoemde rapportage extra vragen gesteld over de scenario's en deze rapportage bevat daarom ook de resultaten van aanvullende berekeningen voor hogere lekdebieten (75 en 100 mm/jaar).

Het RIVM heeft de voor de berekeningen noodzakelijke informatie aangeleverd, waaronder de lokale toetswaarden in het grondwater, STONE-profielen, verdunningsfactoren en achtergrondwaarden in grondwater. De methodiek sluit zo dicht mogelijk aan bij de door ECN en RIVM ontwikkelde methodiek om emissie toetswaarden (ETW) te bepalen voor duurzaam beheerde stortplaatsen.

De berekening is gebaseerd op:

- een worst-case aanname over lekdebieten in relevante stortvakken,
- een langjarige representatieve percolaatsamenstelling met een breed stoffenpakket,
- gegevens over de lokale fysische en chemische bodemeigenschappen en hydrologische situatie,
- lokale achtergrondwaarden van het grondwater,
- lokale toetswaarden voor het grondwater.

In de voor de beslissing tot uitstel meest relevante periode tot 25 jaar vindt alleen een berekende overschrijding plaats van de toetswaarde (TW) voor ammonium (vak 1/t/m 5 bij 50 mm/jaar of hoger, stortvak 0 bij 25 mm/jaar of hoger). Bij het hoogst aangenomen lekdebiet van 100 mm/jaar (aanvullend scenario op wens van bevoegd gezag) worden concentraties berekend van 17,5 mg/L (stortvak 1 t/m 5) en 48 mg/L (stortvak 0). Daarnaast wordt voor stortvak 0 berekend dat de TW bereikt wordt voor benzo(a)anthraceen bij een lekdebiet vanaf 75 mm/jaar. In het tijdvak tussen 25 en 500 jaar worden in verhouding tot de periode 0-25 jaar kleine overschrijdingen voor ammonium berekend voor zowel stortvak 1 t/m 5 als stortvak 0. Overige stoffen blijven in alle berekende scenario's onder de lokale TW.

De berekende overschrijdingen voor ammonium komen neer op een stijging van de al aanwezige concentratie in het grondwater. Ammonium is een stof die van nature voorkomt en niet zeer toxisch is voor organismen in het grondwater. In (voormalige) zeeklei en laagveengebieden worden concentraties tot ongeveer 17 mg/L gemeten ten gevolge van de anaërobe afbraak van in de ondergrond voorkomende natuurlijke organische stof.

Benzo(a)anthraceen dat bij een aangenomen lekdebiet van 75 en 100 mm/jaar in stortvak 0 de toetswaarde bereikt komt niet van nature voor in het grondwater. Zowel ammonium als organische microverontreinigingen zijn onderhevig aan afbraakprocessen, die niet zijn meegenomen in de modelberekeningen. Daardoor kunnen de concentraties van deze stoffen in werkelijkheid lager zijn dan de berekende waarde.

De modelresultaten bevatten onzekerheden, en voor mobiele stoffen (waaronder ammonium) zijn deze onzekerheden vooral herleidbaar tot de aangenomen hydrologische factoren zoals het aangenomen lekdebiet, en de (mede daarvan afhankelijke) hydrologische verdunningsfactor. Veel van de aannames in het conceptuele model zijn zeer conservatief, waardoor de benadering als geheel als 'worst case' kan worden beschouwd.

De resultaten van deze berekening kan het bevoegd gezag meewegen in haar besluit of de locatie als 'uitstellocatie' kan worden aangemerkt.

Referenties

1. Edelman, T. *Emissies naar grondwater bij uitstel aanleg bovenafdichting (eindconcept 8 juni 2015)*; Notitie, ongepubliceerd.; 2015.

2. Brand, E.; De Nijs, T.; Claessens, J.; Dijkstra, J. J.; Comans, R. N. J.; Lieste, R. *Development of emission testing values to assess sustainable landfill management on pilot landfills Phase 2: Proposals for testing values*; RIVM 607710002/2014; National Institute for Public Heath and the Environment (RIVM): Bilthoven, The Netherlands, 2014.

3. Brand, E.; De Nijs, T.; Dijkstra, J. J.; Comans, R. N. J. 2014. Duurzaam stortbeheer - hoe beschermen we de bodem? *Bodem* **2014,** (5), 30-32.

4. Meeussen, J. C. L. 2003. ORCHESTRA: An object-oriented framework for implementing chemical equilibrium models. *Environ. Sci. Technol.* **2003,** *37*, 1175-1182.

5. Dijkstra, J. J.; Van Zomeren, A. *Berekening emissies naar grondwater bij uitstel bovenafdichting - Sortiva Kanaaldijk*; ECN-E--15-046; Energy Research Centre of the Netherlands, Petten, The Netherlands: 2015.

6. Wolf, J.; Beusen, A. H. W.; Groenendijk, P.; Kroon, T.; R+Âtter, R.; van Zeijts, H. 2003. The integrated modeling system STONE for calculating nutrient emissions from agriculture in the Netherlands. *Environmental modelling & software* **2003,** *18* (7), 597-617.

7. Verschoor, A. J.; Lijzen, J. P. A.; van den Broek, H. H.; Cleven, R. F. M. J.; Comans, R. N. J.; Dijkstra, J. J.; Vermij, P. *Kritische emissiewaarden voor bouwstoffen; Milieuhygiënische onderbouwing en consequenties voor bouwmaterialen*; RIVM 711701043 /2006; 2006.

8. Dijkstra, J. J.; Meeussen, J. C. L.; Comans, R. N. J. 2004. Leaching of heavy metals from contaminated soils: an experimental and modeling study. *Environ. Sci. Technol.* **2004,** *38* (16), 4390-4395.

9. Dijkstra, J. J.; Meeussen, J. C. L.; Comans, R. N. J. 2009. Evaluation of a generic multi-surface sorption model for inorganic soil contaminants. *Environ. Sci. Technol.* **2009,** *43* (16), 6196-6201.

10. Reijnders, H. F. R.; van Drecht, G.; Prins, H. F.; Bronswijk, J. J. B.; Boumans, L. J. M. *De kwaliteit van ondiep en middeldiep grond-water in Nederland in het jaar 2000 en verandering daarvan in de periode 1984-2000*; RIVM 714801030/2010; 2010.

11. Van Vliet, M. E.; Vrijhoef, A.; Boumans, L. J. M.; Wattel-Koekkoek, E. J. W. *De kwaliteit van ondiep en middeldiep grondwater in Nederland : In het jaar 2008 en de verandering daarvan in 1984-2008*; 680721005/2010; 2010.

12. Van Meeteren, M. J. M.; Van Vliet, M. E. *Analyse NA-factor ammonium en chloride: Deelonderzoek in het kader van Duurzaam Stortbeheer*; 9X5677/R002/902281/F; Royal Haskoning DHV: 2012.

13. Nordstrom, D. K. 2012. Models, validation, and applied geochemistry: Issues in science, communication, and philosophy. *Appl. Geochem.* **2012,** *27*, 1899-1919.

14. Oreskes, N.; Shrader-Frechette, K.; Belitz, K. 1994. Verification, Validation, and Confirmation of Numerical Models in the Earth Sciences. *Science* **1994,** *263* (5147), 641-646.

15. Oreskes, N. 1998. Evaluation (Not Validation) of Quantitative Models. *Environmental Health Perspectives* **1998,** *106*, 1453-1460.

16. Comans, R. N. J.; Dijkstra, J. J.; Meeussen, J. C. L.; Spijker, J.; Groenenberg, B. J. *Inventarisatie van bodemproceskennis in relatie tot gevoeligheden en onzekerheden in modellen voor uitloging en reactief transport van stoffen in de bodem*; ECN-E--13-072; ECN, Petten, 2014.

Bijlage A. Locatie en meetpunten percolaat

Bijlage B. Bijlage RIVM

Aangeleverde informatie RIVM t.b.v. berekening emissies naar grondwater bij uitstel bovenafdichting – Sortiva Kanaaldijk

Inleiding

Het RIVM heeft informatie aangeleverd ten behoeve van een verkennende berekening om het risico in te schatten voor een bodem- en grondwaterverontreiniging. Dit in het geval er uitstel wordt verleend bij het aanleggen van een bovenafdichting op enkele stortvakken van de stortplaats Kanaaldijk (Sortiva).

Deze bijlage beschrijft hiervoor de volgende resultaten:

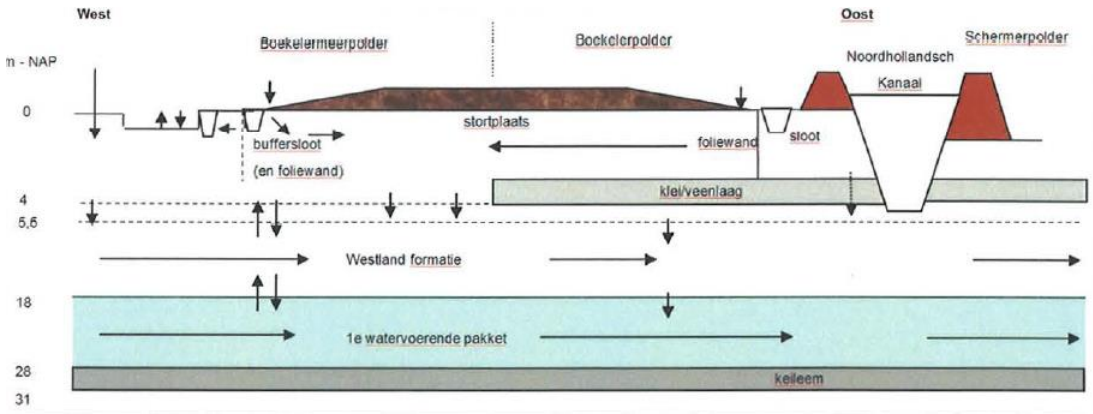
- Hydrologische verdunningsfactor in grondwater voor geselecteerde rekenscenario's (te weten een infiltratie van 25 en 50 mm/jaar);
- De selectie van een tweetal STONE-profielen nabij de stortplaats;
- Een lijst met te hanteren achtergrondwaarden en milieucriteria op POC 2.

Voor het uitvoeren van de werkzaamheden is zoveel mogelijk aangesloten bij de vastgestelde methodiek voor de beoordeling van stortplaatsen binnen het kader duurzaam stortbeheer. Deze methodiek is in detail beschreven in de RIVM/ECN rapportage van Brand et. al (2014). In de onderhavige bijlage zullen de werkzaamheden en gehanteerde uitgangspunten kort worden samengevat. Voor meer detail informatie wordt doorverwezen naar de rapportage van Brand et al. (2014).

Hydrologische verdunningsfactor

De stortplaats aan de Kanaaldijk ligt in een zeer heterogeen gebied waarbij er sprake lijkt te zijn van gradiënt van stuifzand in het westen, naar klei op zand en vervolgens naar klei op veen in het oosten. De kleilaag welke zich slechts gedeeltelijk onder de stortplaats bevindt deelt de stortplaats als het ware in tweeën.

Voor de emissieberekening van ECN zijn de sectoren 2 en 4 relevant. De relevante stortcompartimenten in deze sectoren zijn compartiment 0 (sector 4) aan de westkant van de stortplaats en compartimenten 1 t/m 5 (sector 2) aan de oostkant van de stortplaats. Aan de oostkant is er sprake van een kleilaag en de compartimenten bevinden zich gedeeltelijk boven deze laag. Aan de west kant is geen sprake van een kleilaag. Dit heeft gevolgen voor het vaststellen van een hydrologische verdunningsfactor. In **Figuur B1** is de stortplaats en de geohydrologische situatie schematisch weergegeven.



Figuur B1: Een schematische weergave van de geohydrologische situatie van de stortplaats Sortiva Kanaaldijk (bron Sortiva, Uittreksel Nazorgplan).

Om een verdunningsfactor vast te stellen, is aangenomen dat er verticale stroming in de deklaag tot de klei/veenlaag is. Verder is er horizontale stroming in de Westlandformatie. Het 1e watervoerende pakket is gelijkgesteld aan het middeldiep pakket (conform Uittreksel Nazorgplan Kanaaldijk). Deze aanname wordt ondersteund door de stroomsnelheden en stijghoogten in het eerste watervoerende pakket (WVP) ter plaatse van de stortplaats. Deze zijn gelijkgesteld aan de bovenliggende Westlandformatie. De Westlandformatie en het eerste WVP vormen samen de aquifer voor de berekening van de verdunningsfactor met de genoemde hydrologische waarden in **Tabel B1**. De dikte van de aquifer is bepaald tot aan de hydrologische basis. Om vast te stellen of de dikte van de aquifer invloed heeft op de resulterende verdunningsfactoren is ook een dikte van 10 meter meegenomen (Westlandformatie). Dit blijkt niet tot andere waarden voor de verdunningsfactoren te leiden.

POC 2_{gw} ligt 20 m buiten de oostrand van het stort. Stroming boven kleilaag richting westen is niet meegenomen in de stroombaan omdat boven de kleilaag weinig tot geen verdunning wordt verwacht (Uittreksel Nazorgplan Kanaaldijk). Deze aanname is gebaseerd op de aanwezigheid van het water scheidende HDPE-folie aan de oostzijde van het stort en de stromingsrichting bepaald uit het isohypsenpatroon (Uittreksel Nazorgplan Kanaaldijk). Hierdoor is de lengte van de stroombanen ter plaatse van stortvak 1-5 bepaald vanaf de rand van deze kleilaag.

Het stijghoogteverschil t.b.v. bepaling gradiënt is samengesteld uit stijghoogtemetingen aan de oost en westzijde van het stort. De afstand is bepaald uit de afstand van de oost naar de westzijde van het stort.

Er is gerekend met twee waarden voor de stroomsnelheid door het stort (25 en 50 mm/jaar). In **Tabel B1** worden de vastgestelde verdunningsfactoren en overige relevante parameters weergegeven.

Tabel B1: Vastgestelde verdunningsfactoren voor de stortplaats Sortiva en overige relevante parameters.

			Sector 2	Sector 2	Sector 2	Sector 2	Sector 4	Sector 4	Sector 4	Sector 4	Sector 2	Sector 4
			Niet afgedicht	Niet afgedicht	Niet afgedicht	Niet afgedicht	Niet afgedicht	Niet afgedicht	Niet afgedicht	Niet afgedicht	Afgedicht	Afgedicht
			Oost	Oost	Oost	Oost	West	West	West	West	Oost	West
	Oppervlakte	m^2	52500	52500	52500	52500	18500	18500	18500	18500	52500	18500
	Infiltratie door stort	mm/jaar	**25**	**50**	**75**	**100**	**25**	**50**	**75**	**100**	**5**	**5**
J1	Volume uitstroming stort	m^3/dag	3,596	7,192	10,788	14,384	1,267	2,534	3,801	5,068	0,719	0,253
$L_{POC\ 2}$	Gemiddelde lengte stroombaan	m	245	245	245	245	390	390	390	390	245	390
	Gemiddelde lengte stroombaan boven kleilaag	m	65	65	65	65	0	0	0	0	65	0
			310	310	310	310	390	390	390	390	310	390
D	Dikte aquifer	m	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
T	kD waarde op diepte	m^2/dag	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
k	k waarde op diepte	m/dag	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
i	Gradient in aquifer	m/m	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
ds	Afstand waarover gemeten	m	430	430	430	430	430	430	430	430	430	430
dh	Stijghoogteverschil over afstand	m	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Q	Specifieke flow (4 tot 28m-NAP)	m^3/m^2/dag	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
J2	Totale flow	m^3/dag	17,093	17,093	17,093	17,093	27,209	27,209	27,209	27,209	17,093	27,209
C1/C2 = ((J1+J2)/J1)	Dilution factor bij AW =0	-	**5,8**	**3,4**	**2,6**	**2,2**	**22,5**	**11,7**	**8,2**	**6,4**	**24,8**	**108,4**

STONE profielen

De heterogene bodemsituatie heeft eveneens gevolgen voor het selecteren van een STONE plot. In totaal komen 3 plots in aanmerking, namelijk 2 plots ten westen van de stortplaats en 1 plot ten oosten van de stortplaats. Er is voor gekozen om 2 individuele plots te selecteren passend bij de sectoren 2 en 4 (zie **Tabel B2** en **B3**). Beide plots komen goed overeen met de in het nazorgplan beschreven bodemsituatie.

Tabel B2: STONE plot oostelijk deel (relevant voor sector 2 stortvakken 1 t/ 5) sector – Klei op veen, Plotnummer 2555, x=112375, y=512375, BCE=31213

Top layer (cm -mv.)	Bottom layer (cm -mv.)	Humus (% solid phase)	% clay(% mineral parts)	% loam (%mineral parts)	pH-KCl	FeAl_ox (mmol/kg)	Fe_Ox (mmol/kg)	Al_Ox (mmol/kg)	CEC	CaCO3 (%solidphase)	Dry bulk density (kg/dm3)
0	5	23,7	48	87,9	4,9	366	130	235	522	0	0,625
5	15	21,3	51,2	89	4,9	374	127	247	446	0	0,635
15	20	18,7	52,7	91,1	5	403	147	255	479	0	0,647
20	25	22	53,5	93,9	4,9	382	147	234	458	0	0,632
25	35	35,8	52,6	94,5	4,8	351	145	206	595	0	0,268
35	50	53,4	47,3	96,8	4,7	313	144	168	655	0,1	0,241
50	60	68,1	34,3	96,2	4,5	271	120	151	861	0,1	0,223
60	75	68,8	20,6	33,7	4,5	225	101	123	849	0,1	0,222
75	100	73,1	19	25,7	4,9	182	73	109	1042	0,1	0,217
100	200	74,9	17,8	21,4	4,9	160	67	92	1042	0	0,215

Tabel B3: STONE plot Westelijk deel (relevant voor sector 4, stortvak 0) 5 – klei op zand, Plotnummer 2570 en 1371, x=111875, y=512625, BCE=191131

Top layer (cm -mv.)	Bottom layer (cm -mv.)	Humus (% solid phase)	% clay(% mineral parts)	% loam (%mineral parts)	pH-KCl	FeAl_ox (mmol/kg)	Fe_Ox (mmol/kg)	Al_Ox (mmol/kg)	CEC	CaCO3 (% solidphase)	Dry bulk density (kg/dm3)
0	5	5,8	16,6	38,3	5,1	151	44	107	158	0	1,299
5	15	5,7	16,2	36,6	5,1	147	44	103	158	0	1,306
15	20	5,2	16,5	36,2	5,1	135	40	94	150	0	1,326
20	25	3,9	15,5	34,1	5,1	124	42	81	111	0	1,388
25	35	3	18,5	36,8	5,1	125	54	70	146	0	1,399
35	50	2,2	16,1	31,9	5,3	68	46	22	123	0	1,447
50	60	1,6	14	27,2	5,5	60	39	21	93	0	1,487
60	75	1,7	12,3	22,6	5,5	85	50	35	84	0,3	1,499
75	100	1,4	10,4	17,1	5,7	61	31	30	52	0,3	1,528
100	200	0,7	8,1	13,3	6,5	28	20	8	50	0,3	1,588

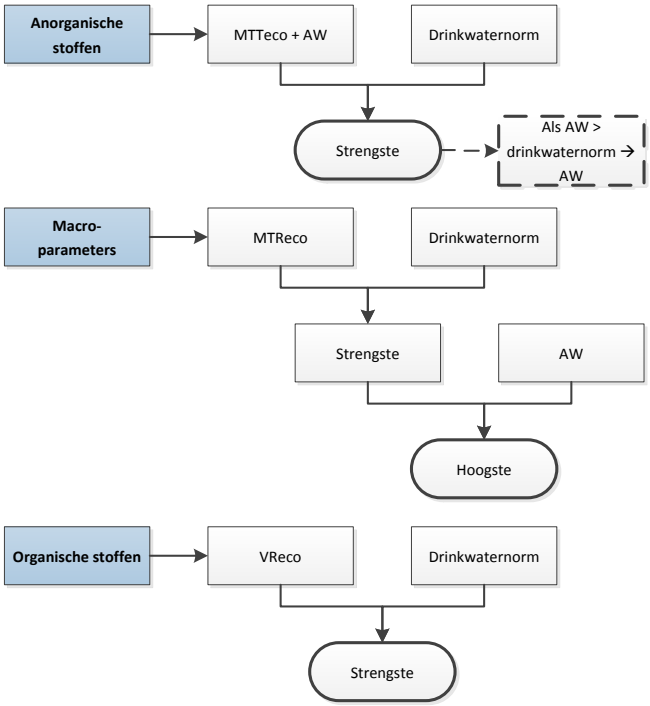
Milieucriterium

Voor het vaststellen van het milieucriterium op POC 2 is aangesloten bij de methodiek zoals beschreven in de rapportage van Brand et al. (2014). Samengevat:

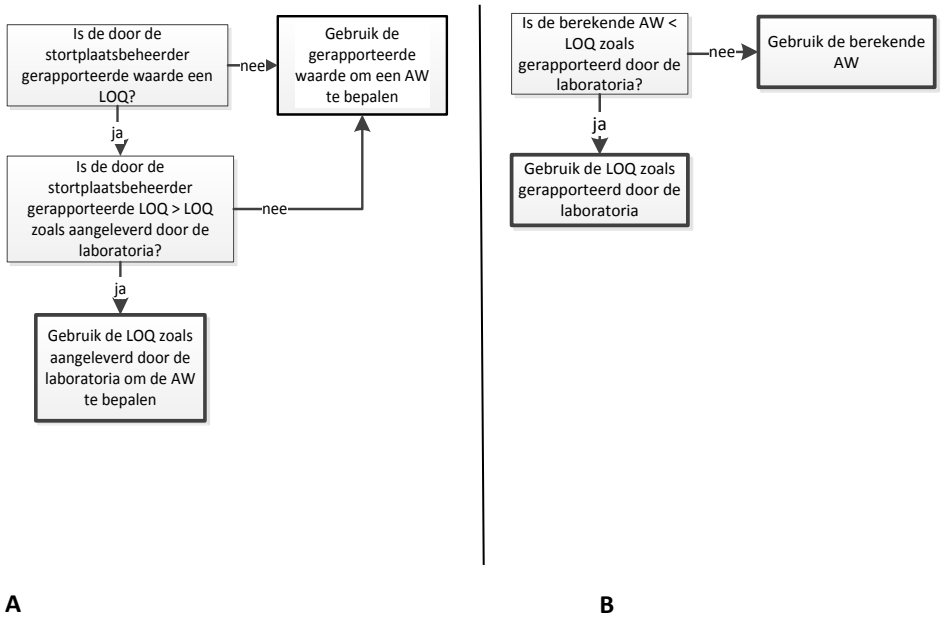
- Er is rekening gehouden met zowel humane (blootstelling via drinkwater uit grondwater) als ecologische risico's. Hierbij is de strengste norm als uitgangspunt gehanteerd.
- Voor anorganische stoffen is getoetst aan hetzij de Maximaal Toelaatbaar Toevoeging (MTT)[3] plus een natuurlijke achtergrondconcentratie (AW) of de drinkwaternorm. Voor organische stoffen is getoetst aan het verwaarloosbaar risico (VR ookwel MTR/100) of de drinkwaternorm. Voor macroparameters is getoetst aan het Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR) danwel de drinkwaternorm. Een uitzondering hierop vormt chloride welke altijd aan het MTR + AW wordt getoetst. Voor macroparameters wordt aanvullend getoetst aan de lokale AW, indien deze van nature groter is dan het MTR/drinkwaternorm. In dat geval mag het percolaat uit de stort een vergelijkbare concentratie hebben.
- Er is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de door de stortbeheerder aangeleverde meetgegevens voor het vaststellen van een natuurlijke achtergrondconcentratie in grondwater. Daar waar dit niet mogelijk was, omdat bijvoorbeeld 'kleiner dan gegevens' (<) zijn vermeld, zijn conform Brand et al. (2014) de in de praktijk haalbare LOQ (Limit of Quantification) gehanteerd.
- De achtergrondwaarden zijn vastgesteld uitgaande van de methodiek op basis van de Kaderrichtlijn Water (zie voor nadere informatie Brand et al. 2014).
- Voor het vaststellen van de natuurlijke achtergrondwaarde is gebruik gemaakt van de peilbuizen REF1-o, REF2-o, REF 1md1 en REF 2-md2. Hiertoe is gekozen omdat de overige potentiele peilbuizen (uit de rijen Y1 en Y2) aan de rand van de stortplaats ten aanzien van deze referentiepeilbuizen verhoogde concentraties vertoonden.
- Daar waar de berekende achtergrondwaarde kleiner was dan de in de praktijk gehanteerde LOQ, is de LOQ als achtergrondconcentratie gehanteerd.

De uitgangspunten voor het milieucriterium zijn schematisch weergegeven in **Figuur B2** en **B3**. In **Tabel B4** en **B5** zijn de achtergrondwaarden, de humane en ecologische toetswaarden en de resulterende milieucriteria weergegeven voor respectievelijk de anorganische stoffen, macroparameters en de organische stoffen.

[3] Het MTT is gelijk aan het 95% beschermingsniveau voor soorten.



Figuur B2: Overzicht van het milieucriterium voor anorganische stoffen, macroparameters en organische stoffen voor de bescherming van het grondwater. Chloride vormt een uitzondering bij de macroparameters, omdat er voor gekozen is om voor chloride het milieucriterium altijd gelijk te stellen aan het MTR_{eco} + de AW in grondwater.



Figuur B3: **A**) Als de Limit of Quantification (LOQ) zoals gerapporteerd door de stortplaatsbeheerder groter is dan de LOQ zoals gerapporteerd door de laboratoria, dan wordt de LOQ van de laboratoria gekozen. **B**) Als de berekende achtergrond concentratie kleiner is dan de LOQ zoals gerapporteerd door de laboratoria, dan wordt de LOQ gebruikt als achtergrondconcentratie in grondwater.

Tabel B4: de achtergrondwaarden, humane en ecologische toetswaarden en het resulterende milieucriteria voor de anorganische stoffen en macroparameters.

Stof	**AW (µg/L)**	**MTT (µg/L)**	**MTT+AW (µg/L)**	**DW-norm (µg/L)**	**Milieucriterium**
Anorganische stoffen					
Arseen [As]	1	24	25	10	10
Cadmium [Cd]	0,1	0,34	0,44	5	0,44
Chroom [Cr]	3,7	8,7	12,4	50	12,4
Koper [Cu]	5	1,1	6,1	2000	6,1
Kwik [Hg]	0,1	0,23	0,33	1	0,33
Nikkel [Ni]	1	1,9	2,9	20	2,9
Lood [Pb]	1	11	12	10	10
Zink [Zn]	6	7,3	13,3	3000	13,3
Macroparameters			**MTR**		
NKjeldahl/ammonium (mg/L)	6,6	n.v.t.	2,2/0,304	0,2	6,6
Chloride (mg/L)	270	n.v.t.	94	150	364
Sulfaat (als SO4) (mg/L)	24	n.v.t.	100	150	150

Tabel B5: de achtergrondwaarden, humane en ecologische toetswaarden en het resulterende milieucriteria voor de organische stoffen.

Stof	VR (µg/L)	DW-norm (µg/L)	Milieucriterium (µg/L)
Organische stoffen			
BTEX			
Benzeen	0,2	1	0,2
Ethylbenzeen	4	1	1
Tolueen	7	1	1
Xyleen	0,2	1	0,2
Minerale Olie			
Minerale olie (som)	50	n.v.t.	50
PAK			
Antraceen	0,0007	0,1 (som)*	0,0007
Benzo(a)antraceen	0,0001	0,1 (som)*	0,0001
Benzo(a)pyreen	0,00005	0,01	0,0005
Benzo(ghi)peryleen	0,0003	0,1 (som)*	0,0003
Benzo(k)-fluorantheen	0,0004	0,1 (som)*	0,0004
Chryseen	0,003	0,1 (som)*	0,003
Fluorantheen	0,003	0,1 (som)*	0,003
Indeno(1,2,3cd)-pyreen	0,0004	0,1 (som)*	0,0004
Naftaleen	0,01	1	0,01
Fenantreen	0,003	0,1 (som)*	0,003
Som PAK-10	-	0,1 (som)*	0,1 (som)
VOX			
1,1,1 trichloorethaan	0,01	1	0,01
1,1,2 trichloorethaan	0,01	1	0,01
1,1 dichloorethaan	7	1	1
1,1 dichlooretheen	0,01	1	0,01
1,2 dichloorethaan	7	3	3
1,2 dichlooretheen (cis,trans)	0,01	1	0,01
Dichloorpropaan (1,2)	0,8 (som)	1	0,8 (som)
Dichloorpropaan(1,3)	0,8 (som)	1	0,8 (som)
Dichloormethaan	0,01	1	0,01
Tetrachlooretheen (per)	0,01	10 (som)	0,01
Tetrachloormethaan (tetra)	0,01	1	0,01
Trichlooretheen (tri)	24	10 (som)	10 (som)
Trichloormethaan (chloroform)	6	1	1
Vinylchloride	0,01	0,1	0,01

* Somwaarde voor de PAKs, fenantreen, antraceen, fluorantheen, chryseen, benzo(a)antraceen, benzo(k)fluorantheen, indeno (1,2,3cd)pyreen, benzo(ghi)peryleen.

Referenties Bijlage B

Brand E, De Nijs T, Claessens J, Dijkstra JJ, Comans RNJ, Lieste R. Development of emission testing values to assess sustainable landfill management on pilot landfills Phase 2: Proposals for testing values. Bilthoven, The Netherlands: National Institute for Public Health and the Environment (RIVM); 2014. Report No.: RIVM 607710002/2014.

Nazorgplan stortplaats Sortiva, Lokatie Kanaaldijk.

ECN
Westerduinweg 3
1755 LE Petten

Postbus 1
1755 ZG Petten

T 088 515 4949
F 088 515 8338
info@ecn.nl
www.ecn.nl