

Berekening emissies naar grondwater bij uitstel bovenafdichting - De Sluiner (Attero)

J.J. Dijkstra
A. van Zomeren

April 2017
ECN-E--17-019



Verantwoording

Dit onderzoek heeft plaatsgevonden in opdracht van Attero, ECN projectnummer 5.4920.01.01.

“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	13
4	Conclusies	17
	Referenties	19

Samenvatting

Modelberekeningen zijn uitgevoerd door ECN, om het risico in te schatten van bodem- en grondwaterverontreiniging in het geval dat er uitstel wordt verleend voor het aanleggen van een bovenafdichting op stortvak 3 van de stortplaats De Sluiner (Attero). De berekeningsmethodiek 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, en een aangenomen lekdebiet van 50 mm/jaar, vindt alleen een berekende overschrijding plaats van de toetswaarde van het grondwater voor ammonium (22 mg/L, toetswaarde 3,3 mg/L) en chloride (240 mg/L, toetswaarde 180 mg/L). Berekende overschrijdingen voor ammonium en chloride vinden niet plaats als er direct wordt afgedicht. De overige stoffen blijven in alle berekende scenario's onder de lokale toetswaarde van het grondwater.

Voor ammonium en chloride is een beperkte gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Daaruit blijkt dat de toetswaarde van ammonium bij elk lekdebiet wordt overschreden omdat de achtergrondwaarde gelijk is aan de toetswaarde. De toetswaarde van chloride wordt overschreden bij een lekdebiet groter dan 35 mm/jaar.

De berekende overschrijdingen voor ammonium en chloride komen neer op een stijging van de van nature al aanwezige concentratie in het grondwater. Zowel ammonium als chloride zijn stoffen die van nature voorkomen in grondwater en niet zeer toxisch zijn voor organismen. Voorts kan ammonium onderhevig zijn aan afbraakprocessen, hetgeen niet is meegenomen bij de onderhavige modelberekening. De concentratie van ammonium kan daardoor in werkelijkheid mogelijk lager zijn dan de berekende waarde.

De resultaten van deze berekeningen 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 voor het aanleggen van een bovenafdichting op de stortvakken 3A en 3B van de stortplaats De Sluiner (Attero).

Op basis van grondwatermonitoringsgegevens aangeleverd door Attero heeft het RIVM benodigde locatie-specifieke beoordelingscriteria afgeleid (zie memo RIVM [1]). Hieronder vallen de toetswaarden in het grondwater, verdunningsfactoren en achtergrondwaarden in grondwater. Ook heeft RIVM benodigde bodemgegevens (zogenaamde STONE-profielen) aangeleverd (zie [1]). Voor een uitgebreide beschrijving van de gevolgde methodiek wordt verwezen naar de memo 'Emissies naar grondwater bij uitstel aanleg bovenafdichting' [2]. De methodiek sluit zo dicht mogelijk aan bij de door ECN en RIVM ontwikkelde methodiek om emissietoetswaarden (ETW) te bepalen voor duurzaam beheerde stortplaatsen [3].

Voor een volledige beschrijving van het model, zoals dat is opgezet voor de berekening van ETW, wordt verwezen naar Brand et al., [3,4] en [5]. Het rekenmodel is opgezet in de modelomgeving Orchestra [6]. 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 [2]) en vervolgens met bovenafdichting vanaf 25 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

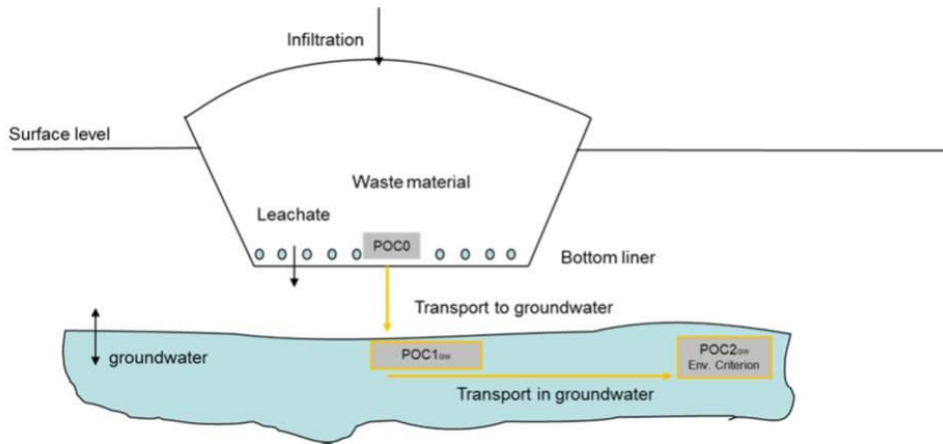
In dit project wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van het modelconcept waarmee de ETW zijn afgeleid [3]. Hiermee is de potentiële beïnvloeding van het grondwater te voorspellen in geval van uitstel van de bovenafdichting. Dit modelconcept is weergegeven in **Figuur 1**. Voor een volledige beschrijving en verantwoording wordt verwezen naar Brand et al. [3,4]: een breed toegankelijke, Nederlandstalige publicatie in het vakblad Bodem [5].

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 benedenstreams 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 [3].

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 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 [1,3].



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

2.2 Keuze lekdebieten in het model

Uitstel van de bovenafdichting wordt onderzocht voor de stortvakken 3A en 3B. De beide sectoren blijken slechts kleine verschillen te vertonen met betrekking tot de percolaatamenstelling, bodemopbouw en hydrologie (zie onder). Daarom worden de beide stortvakken als één geheel beschouwd.

Er wordt gerekend met een aangenomen lekdebiet van 50 mm/jaar over een periode waarin nog geen bovenafdichting is aangebracht (zie **Tabel 1**). In deze periode wordt de onderliggende bodem al wel 'opgeladen' met verontreinigingen uit het percolaat. Daarom wordt voor de periode daarna (tot 500 jaar, conform de ETW systematiek [3]) met een lager lekdebiet verder gerekend. De aangenomen rekenperiodes en lekdebieten vastgesteld op basis van [2] en na overleg met de opdrachtgever uitgebreid tot de waarden in **Tabel 1**.

Tabel 1: Overzicht stortvakken, situatie afdichting volgens nazorgplan en aangenomen lekdebieten.

Scenario	Periode [jaar]	Situatie	Lekdebiet [mm/jaar]
A. Uitstel bovenafdichting; Periode 0-25 jaar	0-25	De eerste 25 jaar geen bovenafdichting, alleen een enkelvoudige onderafdichting	50
B. Periode 25-500 jaar	25-500	Na 25 jaar volgt een bovenafdichting	5
C. Geen uitstel bovenafdichting	0-25	Bovenafdichting vanaf 0 jaar	5

2.3 Keuze percolaatsamenstelling in het model

Gegevens over de percolaatsamenstelling zijn aangeleverd door Attero in een daarvoor door ECN opgezet format in MS Excel. Voor het relevante stoffenpakket [2,3] 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 2003-2016.

De spreadsheet is in 2015 verstuurd naar ECN en bevatte destijds de gegevens t/m 2014. De gegevens zijn in dit project door ECN verder aangevuld voor de jaren 2015 en 2016 op basis van de aangeleverde analysestaten. Dat geldt ook voor de individuele fracties van minerale olie en PAK voor de periode 2005-2016.

Afgesproken is dat de stortplaatsbeheerder verantwoordelijk is voor de juistheid van de aangeleverde gegevens en dat deze een goed en representatief beeld geven. Door Attero is op verzoek van ECN/RIVM 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.

Voor enkele stofgroepen, die wel onderdeel zijn van de standaard stoffenlijst voor IDS [3], zijn geen metingen beschikbaar. Dit zijn de individuele stoffen die onder de stofgroep VOX vallen en enkele individuele fracties die onder de stofgroep minerale olie vallen. Voor deze stoffen is het niet mogelijk een berekening uit te voeren.

Evenals in eerdere berekeningen die zijn uitgevoerd in het kader van IDS (Sortiva Kanaaldijk) is er gekozen om uit te gaan van de gemiddelde waarden van de concentraties in het percolaat, als afspiegeling van de percolaatkwaliteit waarmee in het model gerekend wordt. Deze keuze is gemaakt omdat het aantal aangeleverde metingen vrij klein is maar relatief 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 bovenafdichting) en omdat er met een percolaatkwaliteit wordt gerekend die qua concentratie constant is in de tijd. Een ander alternatief, namelijk 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.

Er zijn gegevens aangeleverd voor stortvak 3A en 3B. Eerst is van de afzonderlijke stortvakken het gemiddelde berekend, daarna is het hoogste gemiddelde gekozen als

de waarde waarmee in het model gerekend wordt. Echter, opgemerkt wordt dat de percolaatsamenstelling van 3A en 3B relatief kleine verschillen vertoont.

2.4 Lokale bodemeigenschappen (STONE-plots)

Door RIVM is uit de STONE-database [7] de plot nr. 3444 aangewezen als meest representatieve voor stortvak 3 (zie memo RIVM, [1]). Deze STONE-plot geeft voor de diepte 0–2 m (-mv) 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 zijn op dezelfde wijze als in Brand et al. [3] en Verschoor et al. [8] omgezet naar het formaat benodigd in LeachXS, dat wil zeggen twee lagen van 1 meter dikte met voor die laag gemiddelde eigenschappen [zie 3]. De pH-KCl is omgerekend met bekende relaties naar de meer representatieve pH-CaCl₂ [zie 8]. Voor de reactiviteit van vaste organische stof is 50% aangenomen [3,8-10].

In de systematiek wordt aangenomen dat de DOC uit het stortpercolaat de van nature aanwezige DOC in het poriewater van de bodem verdringt. De concentratie opgeloste organische stof (DOC) in het poriewater, waar verontreinigingen aan kunnen binden en zo versneld kunnen transporteren, is afgeleid uit het hoogste gemiddelde van de beschikbare DOC metingen van het percolaat van stortvak 3A en 3B. Gegevens voor de parameter DOC zijn er pas sinds 2013, maar gegevens voor chemisch zuurstofverbruik (CZV), waaruit via een empirische relatie DOC kan worden afgeleid [3], zijn er al vanaf 2003. Beide rekenwijzen leiden tot vrijwel dezelfde gemiddelde DOC-concentratie in het percolaat en ook de concentraties tussen 3A en 3B zijn vergelijkbaar. Voor de uiteindelijk aangenomen waarde van DOC (199 mg/L) wordt een reactiviteit van 50% aangehouden [3,9,10].

2.5 Toetswaarden en achtergrondwaarden

De lokale achtergrondwaarden van stofconcentraties in het grondwater zijn afgeleid door RIVM, op basis van meerjarige gegevens van referentiepeilbuizen welke zijn aangeleverd door Attero (zie memo RIVM [1]). 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 (20 m benedenstrooms) lager blijven dan de TW, dan betekent dit dat de invloed van het percolaat op de lokale grondwaterkwaliteit naar verwachting klein is. De waarden zijn weergegeven in de resultaat tabellen.

Een nadere toelichting op de afleiding van de AW en TW wordt gegeven in de memo van RIVM [1]). Samengevat kan gesteld worden dat de AW en TW op dezelfde wijze zijn afgeleid als bij de vaststelling van de ETW [3]. Voor de meeste organische microverontreinigingen, waaronder PAK, zijn de TW in grondwater op POC 2 gelijk aan de Verwaarloosbaar Risico (VR)-waarden [3]. Deze waarden zijn verkregen door het 95% beschermingsniveau (voor organische stoffen heet dit de MTR-waarde) te delen door 100 [3]. Dit leidt voor veel stoffen tot VR waarden die lager zijn dan de gangbare rapportagegrenzen van commerciële laboratoria (zie toelichting in [1]). Voor de overige organische stoffen is de drinkwaternorm leidend.

2.6 Verdunningsfactoren

Conform de ETW systematiek [3] 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 [3], maar wel kan er tussen POC 1 en POC 2 verdunning plaatsvinden met lokaal grondwater.

Verdunningsfactoren voor stortvak 3 zijn door RIVM berekend conform Brand et al. [3] en zijn weergegeven en toegelicht in de memo die door RIVM is opgesteld [1]. De waarden zijn sterk afhankelijk van de aangenomen lekdebieten en variëren van 7,1 (bij 50 mm/jaar) tot 62 (bij 5 mm/jaar). Daarnaast zijn de waarden afhankelijk van factoren zoals de doorlatendheid in het freatisch pakket.

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 uiteindelijke 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. [3]. Dit komt omdat er, in het geval van de stortvakken van de stortplaats De Sluiner, met een veel lager uitstroomvolume uit de stort rekening wordt gehouden (50 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. [3]). De aanname van 300 mm/jaar infiltratie uit Brand et al. [3] is gebaseerd op de het uitgangspunt, dat er gedurende de gehele levensduur van een stortplaats van 500 jaar 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 3. De tabel bevat 3 resultaatkolommen (A t/m C). Als eerste is het berekeningsresultaat getoond voor een periode van 25 jaar waarin nog niet is afdicht, waarbij voor deze gehele periode tussen 0 en 25 jaar een lekdebiet is aangenomen van 50 mm/jaar (A in **Tabel 2**).

De tweede resultaatkolom is het vervolg op de eerste berekening en geeft de berekeningsresultaten na afdichting voor de zeer lange periode tussen 25 en 500 jaar (lekdebiet 5 mm/jaar; B in **Tabel 2**). In deze periode kunnen de in de bodem geaccumuleerde stoffen uit de eerste 25 jaar eventueel alsnog doorbreken naar POC 2.

De derde en laatste resultaatkolom (berekening C) geeft de resultaten van het scenario waarin geen uitstel is verleend en vanaf het begin meteen afdichting heeft plaatsgevonden (lekdebiet 5 mm/jaar; C in **Tabel 2**). De resultaten van dit scenario zijn getoond voor een periode van 25 jaar, om de vergelijking met het eerste scenario (met uitstel, A) goed te kunnen maken.

In dezelfde tabel zijn ook de lokale achtergrondwaarden in het grondwater (AW), de lokale toetsingswaarden op POC 2 (TW) en de aangenomen concentraties in het percolaat weergegeven (zie **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.

Tabel 2: Berekeningsresultaat voor stortvak 3: (A) uitstel bovenafdichting, lekdebiet 50 mm/jaar, concentraties op POC 2 na 25 jaar; (B) vervolg op A, afdichting tussen 25 en 500 jaar, lekdebiet 5 mm/jaar; (C) geen uitstel afdichting, lekdebiet 5 mm/jaar, concentraties op POC 2 na 25 jaar. Weergegeven zijn ook de aangenomen Achtergrondwaarde grondwater (AW), Toetswaarden op POC 2 (TW), constante percolaatkwaliteit in het model (Perc), welke is afgeleid van de gemiddelde percolaatconcentraties in de periode 2003-2016. Resultaten die gelijk zijn aan of hoger zijn dan de TW zijn vetgedrukt in een grijs vak.

					(A) Concentratie na 25 jaar op POC2	(B) Concentratie na 500 jaar op POC2	(C) Concentratie na 25 jaar op POC2
		AW	TW	Perc	Uitstel afdichting 0-25 jaar, [50 mm/jaar]	Na afdichting 25-500 jaar [5 mm/jaar]	Direct afdichting 0-25 jaar [5 mm/jaar]
Metalen							
Cadmium	µg/L	0.1	0.44	0.3	0.1	0.1	0.1
Chroom	µg/L	1	9.7	13.2	0.9	1.0	1.0
Koper	µg/L	3.5	6.1	9	3.0	3.4	3.4
Arseen	µg/L	1	10	30	0.9	1.0	1.0
Kwik	µg/L	0.05	0.33	0.11	0.04	0.05	0.05
Nikkel	µg/L	1	2.9	19.9	0.9	1.0	1.0
Lood	µg/L	1	10	8.7	0.9	1.0	1.0
Zink	µg/L	5	12.3	511	4.3	4.9	4.9
Macroparameters							
Chloride	mg/l	86.0	180	1287	240	105	86
Ammonium	mg/l	3.3	3.3	240	22	6.8	3.3
Sulfaat	mg/l	130.0	130	32	113	128	128
BTEX							
Benzeen	µg/L	0	0.2	0.83	0.03	0.01	0.00
Ethylbenzeen	µg/L	0	1	0.58	0.00	0.00	0.00
Tolueen	µg/L	0	1	0.76	0.01	0.01	0.00
Xyleen	µg/L	0	0.2	1.07	0.02	0.01	0.00
Minerale olie							
Aromatic_EC10-EC12	µg/L	0	0.32	20	0.004	0.004	0.000
Aromatic_EC12-EC16	µg/L	0	0.14	30	0.003	0.003	0.000
Aromatic_EC16-EC21	µg/L	0	0.038	20	0.001	0.001	0.000
Aromatic_EC21-EC35	µg/L	0	0.0032	80	0.0021	0.0019	0.0000
Som minerale olie	µg/L	0	50	1240	0.07	0.06	0.00

Tabel 2 vervolg: Berekeningsresultaat voor stortvak 3: (A) uitstel bovenafdichting, lekdebiet 50 mm/jaar, concentraties op POC 2 na 25 jaar; (B) vervolg op A, afdichting tussen 25 en 500 jaar, lekdebiet 5 mm/jaar; (C) geen uitstel afdichting, lekdebiet 5 mm/jaar, concentraties op POC 2 na 25 jaar. Weergegeven zijn ook de aangenomen Achtergrondwaarde grondwater (AW), Toetswaarden op POC 2 (TW), constante percolaatkwaliteit in het model (Perc), welke is afgeleid van de gemiddelde percolaatconcentraties in de periode 2003-2016. Resultaten die gelijk zijn aan of hoger zijn dan de TW zijn vetgedrukt in een grijs vak.

					(A) Concentratie na 25 jaar op POC2	(B) Concentratie na 500 jaar op POC2	(C) Concentratie na 25 jaar op POC2
		AW	TW	Perc	Uitstel afdichting 0-25 jaar, [50 mm/jaar]	Na afdichting 25-500 jaar [5 mm/jaar]	Direct afdichting 0-25 jaar [5 mm/jaar]
PAK							
Anthraceen	µg/L	0	0.0007	0.47	0.0000	0.0000	0.0000
Benzo-a-anthraceen	µg/L	0	0.0001	0.14	0.0000	0.0000	0.0000
Benzo-a-pyreen	µg/L	0	0.0005	0.11	0.0000	0.0000	0.0000
Benzo-ghi-peryleen	µg/L	0	0.0003	0.07	0.0000	0.0000	0.0000
Benzo-k-fluorantheen	µg/L	0	0.0004	0.07	0.0000	0.0000	0.0000
Chryseen	µg/L	0	0.003	0.14	0.0000	0.0000	0.0000
Fluorantheen	µg/L	0	0.003	0.94	0.0000	0.0000	0.0000
Indeno-1-2-3-cd-pyreen	µg/L	0	0.0004	0.07	0.0000	0.0000	0.0000
Naftaleen	µg/L	0	0.01	3.28	0.0027	0.0023	0.0000
Fenantreen	µg/L	0	0.003	4.29	0.0002	0.0002	0.0000
Som PAK (10)	µg/L	0	0.1	9.39	0.0002	0.0002	0.0000

3.2 Discussie

3.2.1 Resultaat ten opzichte van de toetswaarde

In de voor de beslissing tot uitstel meest relevante periode tot 25 jaar vindt alleen een berekende overschrijding plaats van de lokale toetswaarde (TW) voor chloride en voor ammonium (**Tabel 2**, berekening A) in het geval er uitstel wordt verleend voor afdichting. Ook nadat er na 25 jaar afdichting heeft plaatsgevonden, vindt er in de periode tot 500 jaar een overschrijding van de toetswaarde berekend voor ammonium, al is deze veel kleiner (**Tabel 2**, berekening B).

Berekende overschrijdingen voor chloride en ammonium vinden niet plaats als er vanaf het begin meteen wordt afgedicht (**Tabel 2**, berekening C). Overigens wordt de berekende concentratie ammonium wel gelijk aan de TW in dit scenario. Dit wordt

echter niet veroorzaakt door het percolaat van de stort, maar doordat (1) de AW gelijk is aan de TW en (2) de indringingsdiepte van het percolaat bij een lekdebiet van 5 mm/jaar nog niet zodanig is dat dit het grondwater beïnvloedt. Het getal van 3,3 mg/L in kolom C betreft dus de achtergrondconcentratie in het grondwater, die nog niet wordt beïnvloed door het percolaat (zie ook 3.2.2).

Overige stoffen blijven in de berekende scenario's (ver) onder de lokale TW. Voor de anorganische stoffen (metalen) liggen de berekende concentraties op POC 2 vrijwel altijd dicht bij de AW. Dat wordt verklaard doordat deze stoffen door hun sterke binding aan de bodem nog niet zijn aangekomen bij POC 2 en dat ook hier de achtergrondwaarde in het grondwater hoofdzakelijk het berekeningsresultaat bepaalt.

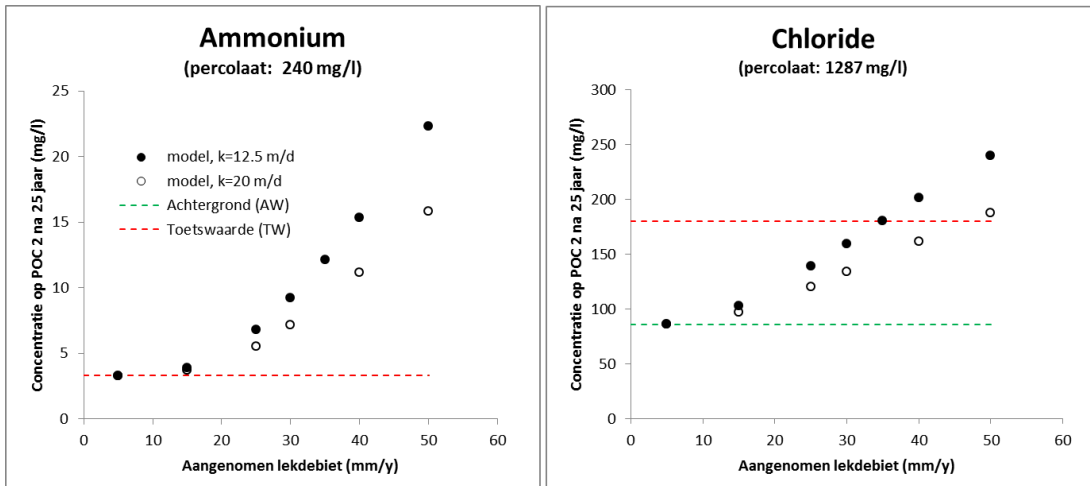
De berekende overschrijdingen voor chloride en ammonium komen neer op een stijging van de al aanwezige concentratie in het grondwater, zoals blijkt uit de door RIVM vastgestelde lokale achtergrondwaarden (**Tabel 2**). Zowel chloride als ammonium zijn stoffen die van nature voorkomen in grondwater en niet zeer toxisch zijn voor organismen.

Ammonium kan onderhevig zijn aan afbraakprocessen [11], 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 accepteren van hogere emissie voor ammonium onder voorwaarden acceptabel kan zijn. (Zie voor nadere informatie Bijlage 1 van [3]). Gelet op de worst-case uitgangspunten (vooral het lekdebiet van 50 mm/jaar) en de mogelijke afbraak van ammonium, kan de ammoniumvrucht op POC 2 in realiteit lager zijn dan de berekende concentratie.

3.2.2 Gevoeligheid voor het lekdebiet

Ammonium en chloride zijn relatief mobiele stoffen die nauwelijks binden aan de bodem. Dat betekent dat het berekeningsresultaat voor deze stoffen 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 aanname van het lekdebiet van 50 mm/jaar gedurende de gehele periode 0-25 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 50 mm/jaar.

Om het effect van het gekozen lekdebiet inzichtelijk te maken, is een beperkte gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor het effect van deze parameter op de berekende concentraties van ammonium en chloride op POC 2 na 25 jaar (**Figuur 2**). De lekdebieten zijn stapsgewijs gevarieerd tussen 5 en 50 mm/jaar (dat wil zeggen tussen scenario A en C uit **Tabel 2**). De hydrologische verdunningsfactor in het grondwater is daarnaast ook afhankelijk van de doorlatendheid, die tussen de 12,5 en 20 meter per dag bedraagt (toelichting zie memo RIVM [1]). De invloed van deze variatie is ook getoond **Figuur 2**.



Figuur 2: Berekende concentraties van ammonium en chloride op POC 2 na 25 jaar, bij verschillende lekdebieten tussen 5 en 50 mm/jaar en doorlatendheden van de freatische zone tussen de 12,5 en 20 m/d (zie memo RIVM [1]). NB: voor ammonium is de achtergrondwaarde gelijk aan de toetswaarde: de lijnen voor AW en TW vallen daardoor samen.

Uit **Figuur 2** blijkt dat de concentraties van ammonium bij elk aangenomen lekdebiët gelijk of hoger is dan de TW. Voor de laagst gekozen lekdebieten komt dat vooral doordat de AW gelijk is aan de TW (zie [1]); voor de hogere lekdebieten vooral omdat de percolaatconcentratie aanzienlijk hoger is dan de TW. Voor chloride worden concentraties boven de TW berekend als het lekdebiët over de periode 0-25 jaar meer dan 35 mm/jaar bedraagt (**Figuur 2**). Dat resultaat hoort bij een ondergrens van de doorlatendheid van 12,5 m/d [1]. Wanneer de bovengrens van 20 m/d wordt gekozen bedraagt het 'kritische' lekdebiët, waarbij overschrijding van de TW plaatsvindt, ongeveer 45 mm/jaar.

3.2.3 Overige discussiepunten

- Voor zware metalen zijn de concentraties op POC 2 veelal lager dan de AW (zie bijvoorbeeld koper in **Tabel 2**). 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 met als gevolg concentraties lager dan de AW. Overigens is dit ook de reden dat de berekening na de periode van 25 jaar verlengd wordt tot een totale periode van 500 jaar (bij een lekdebiët van 5 mm/jaar, zie **Tabel 2**, berekening B) 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 cadmium, kwik, lood en sulfaat (zie **Tabel 2**).

- Voor de organische microverontreinigingen is er geen rekening gehouden met mogelijke afbraak, waardoor berekende concentraties op POC 2 in de realiteit lager kunnen zijn.
- Uit de eerder uitgevoerde gevoeligheidsanalyse [3] 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 [3] (zie ook 2.3).
- Er dient te worden opgemerkt dat de met het model berekende concentraties in het grondwater altijd onderhevig zijn aan onzekerheden die per definitie niet precies gekwantificeerd kunnen worden [12-14]. Onzekerheden zitten in het conceptuele model dat een sterke vereenvoudiging is van de werkelijkheid [3], in de beschrijving van chemische en fysische processen [3,10] en in de aangenomen locatie-specifieke 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 [3] en voor toetsing van het geochemische transportmodel aan laboratorium- en veldmeetgegevens en een discussie over de gevoeligheid voor diverse factoren naar [15] en de daarin vermelde referenties.
- Voor enkele stofgroepen, die wel onderdeel zijn van de standaard stoffenlijst voor IDS [3], ontbreekt de informatie over concentraties in het percolaat. Dit zijn de individuele stoffen die onder de VOCL stofgroep vallen (gechloreerde koolwaterstoffen, ook wel VOX) en enkele individuele fracties die onder de stofgroep minerale olie vallen. Daarom kan voor deze stoffen geen berekening worden uitgevoerd en is het onduidelijk of deze stoffen in de toekomst een probleem zouden kunnen vormen.

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 voor het aanleggen van een bovenafdichting op stortvak 3 van de stortplaats De Sluiner (Attero). De berekeningswijze 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'-aannname 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 (10 jaar uitstel, 10 jaar verduurzamen en 5 jaar aanpassing regelgeving) en een aangenomen lekdebiet van 50 mm/jaar gedurende de gehele periode 0-25 jaar, vindt alleen een berekende overschrijding plaats van de lokale toetswaarde in het grondwater voor ammonium (22 mg/L, toetswaarde 3,3 mg/L) en chloride (240 mg/L, toetswaarde 180 mg/L).

Berekende overschrijdingen voor ammonium en chloride vinden niet plaats als er direct wordt afgedicht. De overige stoffen blijven in alle berekende scenario's onder de lokale toetswaarde voor het grondwater.

De berekende overschrijdingen voor ammonium en chloride komen neer op een stijging van de van nature al aanwezige concentratie in het grondwater. Zowel ammonium als chloride zijn stoffen die van nature voorkomen in grondwater en niet zeer toxisch zijn voor organismen. Voorts kan ammonium onderhevig zijn aan afbraakprocessen, hetgeen niet is meegenomen bij de onderhavige modelberekening. Daardoor kan de concentratie van ammonium in werkelijkheid mogelijk lager zijn dan de berekende waarde.

De modelresultaten bevatten onzekerheden en voor mobiele stoffen (waaronder ammonium en chloride) zijn deze onzekerheden vooral herleidbaar tot de aangenomen hydrologische factoren zoals het aangenomen lekdebiet en de (mede daarvan afhankelijke) hydrologische verdunningsfactor.

Uit een beperkte gevoeligheidsanalyse, gericht op het effect van het aangenomen lekdebiet op het resultaat, blijkt dat ammonium op den duur de toetswaarde in het grondwater op POC 2 altijd zal overschrijden, ook al wordt er geen uitstel verleend van afdichting. Dat komt doordat de huidige gemiddelde concentratie in het percolaat hoger is dan de achtergrondwaarde in het grondwater, die tevens gelijk is aan de toetswaarde. Chloride zal de toetswaarde pas overschrijden bij aangenomen lekdebieten tussen de 35 en 45 mm/jaar.

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

Referenties

1. RIVM Memo - Bijdrage RIVM t.b.v. berekening emissies naar grondwater bij uitstel bovenafdichting – De sluiner te Wilp - Achterhoek; RIVM Memo 042-2017; Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu: Bilthoven, 2017.
2. Edelman, T. *Emissies naar grondwater bij uitstel aanleg bovenafdichting (eindconcept 8 juni 2015)*; Notitie, ongepubliceerd.; 2015.
3. 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 Health and the Environment (RIVM): Bilthoven, The Netherlands, 2014.
4. Brand, E.; De Nijs, T.; Comans, R. N. J.; Dijkstra, J. J. 2016. A novel approach in calculating site-specific aftercare completion criteria for landfills in The Netherlands: policy developments. *Waste Manage.* **2016**, *56*, 255-261.
5. 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.
6. Meeussen, J. C. L. 2003. ORCHESTRA: An object-oriented framework for implementing chemical equilibrium models. *Environ. Sci. Technol.* **2003**, *37*, 1175-1182.
7. Wolf, J.; Beusen, A. H. W.; Groenendijk, P.; Kroon, T.; R+Ätter, 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.
8. 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.
9. 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.

10. 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.
11. 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.
12. Nordstrom, D. K. 2012. Models, validation, and applied geochemistry: Issues in science, communication, and philosophy. *Appl. Geochem.* **2012**, *27*, 1899-1919.
13. 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.
14. Oreskes, N. 1998. Evaluation (Not Validation) of Quantitative Models. *Environmental Health Perspectives* **1998**, *106*, 1453-1460.
15. 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.

ECN

Westerduinweg 3
1755 LE Petten

Postbus 1
1755 LG Petten

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

