

Second opinion 'Duurzaamheid integrale afdichtingsconstructie met Hydrostab op stortplaatsen'

Eindrapport

H.A. van der Sloot

J.C.L. Meeussen

ECN-E--06-067

Verantwoording

In opdracht van IPO 63751/2006. ECN projectnummer 8.27624.

Abstract

A second opinion has been requested by Interprovinciaal Overleg (IPO) on the report by Alterra and GeQuiMa on long term durability of Hydrostab, a top cover for landfill sites. The questions covered are focused on the long term durability of the Hydrostab. The model applied to predict the long term durability is based on too many assumptions to be reliable.

Inhoud

Lijst van figuren	4
Samenvatting	5
1. Inleiding	7
2. Behandeling van de deelvragen	8
2.1 De kwaliteit en betrouwbaarheid van het onderzoek zoals uitgevoerd naar het materiaal Hydrostab en de (verwachte) effecten daarvan	8
2.2 Zijn de processen die in werkelijkheid de doorlatendheid van Hydrostab bepalen in het model opgenomen	8
2.3 Is de gevolgde numerieke aanpak goed.	9
2.4 Zijn de snelheidsbepalende parameters met voldoende nauwkeurigheid bekend?	9
2.4.1 Overige parameters	10
2.5 Zijn modelberekeningen in voldoende mate getoetst aan experimenten?	11
2.6 Aannamen waarop het Hydrostab doorlatendheid model is gebaseerd, welke niet experimenteel getoetst zijn	12
2.7 De mate waarin en de wijze waarop is omgegaan met onzekerheden	12
2.8 Evaluatie van het onderdeel kunststoffen	13
3. Conclusies	14
4. Aanbevelingen	15
Referenties	16
Bijlage A Detail opmerkingen n.a.v. de rapportage	17
Bijlage B Zuurneutraliserend vermogen en speciatie	19
B.1 Chemische speciatie van een Hydrostab mengsel	20

Lijst van figuren

Figuur 2.1	<i>Gevoeligheid van berekende oplosnelheid van CSH, als fractie van de maximale oplosnelheid, voor de pH (beoogde eigen pH Hydrostab 7.5).....</i>	10
Figuur B.1	<i>Zuurneutraliserend vermogen van deelcomponenten in Hydrostab</i>	19
Figuur B.2	<i>Titratie gegevens voor een aantal hydrostab praktijk monster in vergelijking met het gemodelleerde zuur/base gedrag op basis van de karakterisering van een mengsel van vliegias, zuiveringsslib en verontreinigde grond in verhoudingen als toegepast in Hydrostab De ANC waarden zijn afgeleid uit 48 uur metingen van zuur en base verbruik verkregen uit CEN/TS 14429.....</i>	20
Figuur B.3	<i>Verdeling van hoofdelementen over verschillende mineralen en sorptieoppervlakken voor een gesimuleerd Hydrostab mengsel.....</i>	21

Samenvatting

Een second opinion is gevraagd door het Interprovinciaal Overleg (IPO) over het rapport van Alterra en GeQuiMa over de lange termijn duurzaamheid van Hydrostab, een bovenafdekking voor stortplaatsen. De vragen hebben vooral betrekking op de lange termijn duurzaamheid van Hydrostab. Het model dat wordt toegepast om de lange termijn duurzaamheid te voorspellen is op te veel aannamen gebaseerd om betrouwbaar te zijn.

1. Inleiding

Op verzoek van het Interprovinciaal Overleg (IPO) is een second opinion opgesteld voor het door Alterra uitgevoerde onderzoek (Boels et al., 2005 en Boels en Brill, 2006) naar de te verwachten levensduur van een laag Hydrostab bij gebruik als bovenafdichting van stortplaatsen. In bijlage A zijn enkele detail opmerkingen n.a.v. de rapportage opgenomen.

2. Behandeling van de deelvragen

2.1 De kwaliteit en betrouwbaarheid van het onderzoek zoals uitgevoerd naar het materiaal Hydrostab en de (verwachte) effecten daarvan

Het onderzoek naar de duurzaamheid en veroudering van Hydrostab is grotendeels uitgevoerd door middel van evaluatie van berekeningen met een numeriek model dat specifiek voor dit doel is opgezet.

De centrale vraag om de kwaliteit en betrouwbaarheid van dit onderzoek te kunnen beoordelen wordt hiermee:

In hoeverre geeft het gebruikte model een voldoende nauwkeurige beschrijving van de snelheidsbepalende processen om met gewenste betrouwbaarheid voorspellingen te doen van doorlatendheid van Hydrostab en hoe deze in de tijd verandert?

Het antwoord op deze vraag wordt voornamelijk bepaald door de volgende deelvragen:

1. Zijn de processen die in werkelijkheid de doorlatendheid van Hydrostab bepalen in het model opgenomen?
2. Zijn snelheidsbepalende parameters met voldoende nauwkeurigheid bekend?
3. Is de numerieke aanpak goed, en niet bepalend voor de uitkomst?
4. Zijn modelberekeningen in voldoende mate getoetst aan experimenten om met voldoende betrouwbaarheid lange termijn voorspellingen te kunnen doen?

2.2 Zijn de processen die in werkelijkheid de doorlatendheid van Hydrostab bepalen in het model opgenomen

Bij het opzetten van dit model is uitgegaan van de hypothese dat het verouderingsproces van Hydrostab en de afname van de doorlatendheid hiervan wordt bepaald door een aantal chemische (oplossen en precipiteren van CSH, silica-gel en kwarts) en fysische (diffusie) deelprocessen, waarvan verondersteld wordt dat deze samen de doorlatendheid van Hydrostab en de afname hiervan in de tijd zullen bepalen. Deze aanname is gebaseerd op werk van Grattoni 2001 (zie rapport 1118 p 9) aan reductie van de doorlatendheid met Tetramethyl orthosilicate (TMOS) in een olie-water systeem.

In de eerste plaats volgt uit dit werk dat de mate van afdichting sterk niet lineair verloopt met de fractie van de poriën die gevuld is met gel. Dit houdt in dat een kleine vergroting van de fractie gel een groot effect op de doorlatendheid heeft, maar andersom ook dat de doorlatendheid sterk toeneemt bij een kleine afname van de gelfractie. In het model wordt dit vereenvoudigd door aan te nemen dat bij een vrije (niet met silica-gel gevulde) porieruimte van kleiner dan 0.18 de doorlatendheid nihil, is en bij een doorlatendheid groter dan 0.18 Hydrostab zijn afdichtende werking verliest.

In de tweede plaats zijn de fysisch-chemische omstandigheden in dit oorspronkelijke systeem dermate anders dan in een Hydrostab-bodem systeem dat het zonder enige vorm van experimentele verificatie zeer speculatief is om ervan uit te gaan dat de doorlatendheid van Hydrostab nauwkeurig geschat kan worden op grond van oorspronkelijke porositeit, en gehalten aan CSH, silica-gel en kwarts. Als dit al mogelijk zou zijn, is het vervolgens de vraag hoe nauwkeurig de hoeveelheden van deze stoffen berekend kunnen worden met de gebruikte omzettingsmodellen.

Zonder experimentele toetsing van deze deelmodellen/ hypothesen is het eigenlijk niet mogelijk om er met enig vertrouwen van uit te gaan dat de processen die in de praktijk de doorlatendheid van Hydrostab bepalen inderdaad in het model zijn opgenomen, en met voldoende nauwkeurigheid worden voorspeld.

Voorbeelden van processen die mogelijk een rol spelen bij de doorlatendheid, welke niet in beschouwing worden genomen:

- Er wordt vanuit gegaan dat het vrije porievolume alleen bepaald wordt door oorspronkelijke porositeit en hoeveelheden CSH silica-gel en kwarts hierin. Dit is duidelijk een te beperkte beschrijving van de complexe processen in het onderhavige systeem.
- De mogelijkheid dat het porievolume verandert door gedeeltelijke afbraak van de grote organische fractie (40 % zuiveringsslib) wordt niet genoemd.
- De modelvoorstelling voor de kinetische omzetting van CSH naar silica is overgenomen uit Takeno et al. (2000). Dit model is niet alleen oorspronkelijk gemaakt voor hoge temperatuursystemen, maar wordt ook nauwelijks getoetst aan praktijkwaarnemingen.
- Effecten van zoutgehalte, pH en oploskinetiek op silica mineraal oplosbaarheid worden niet meegenomen, alhoewel bekend is dat deze ook belangrijk zijn (Takeno et al., 2000).
- Bij de beoordeling van de doorlatendheid van Hydrostab wordt er van uitgegaan dat de laag fysiek in tact blijft, en er door processen als zetting, gasontwikkeling, afbraak van organisch materiaal, geen scheuren in zullen ontstaan.

2.3 Is de gevolgde numerieke aanpak goed.

Op grond van de in het rapport beschikbare informatie lijkt de numerieke aanpak op zich goed. Een mogelijk probleem is echter dat de omzetsnelheid van CSH in Silica-gel en kwarts volgens de gepostuleerde modelvoorstelling sterk afhankelijk is van lokale chemische omstandigheden en met name van de pH. Een realistische berekening van de lokale pH, dat wil zeggen van het poriewater in contact met CSH, is slechts mogelijk indien in het chemische stuk van het model die processen worden meegenomen die in werkelijkheid de pH bepalen. Het bepalen van deze processen is echter verre van triviaal, en daarmee is de pH in het poriewater niet eenvoudig of betrouwbaar te voorspellen. Alleen door experimentele toetsing is na te gaan in hoeverre de model hypothese overeenkomt met werkelijkheid. Doordat een dergelijke experimentele toetsing niet is uitgevoerd, kan niet beoordeeld worden of het chemische model van Hydrostab een realistische beschrijving geeft van de pH in het poriewater.

Naast een goede chemische beschrijving is het dan ook nodig dat de fysische weergaven van het model gedetailleerd genoeg is om lokale verschillen in de chemie van poriewater te representeren. Dat wil zeggen dat de ruimtelijke discretisatie fijn genoeg moet zijn om lokale pH en elementconcentraties correct te kunnen weergeven. Dit is na te gaan door modelsimulaties met verschillende discretisaties met elkaar te vergelijken. De uitkomsten hiervan mogen niet significant verschillen. Dit wordt niet in het rapport beschreven, hierdoor is het niet mogelijk om de numerieke aanpak goed te beoordelen.

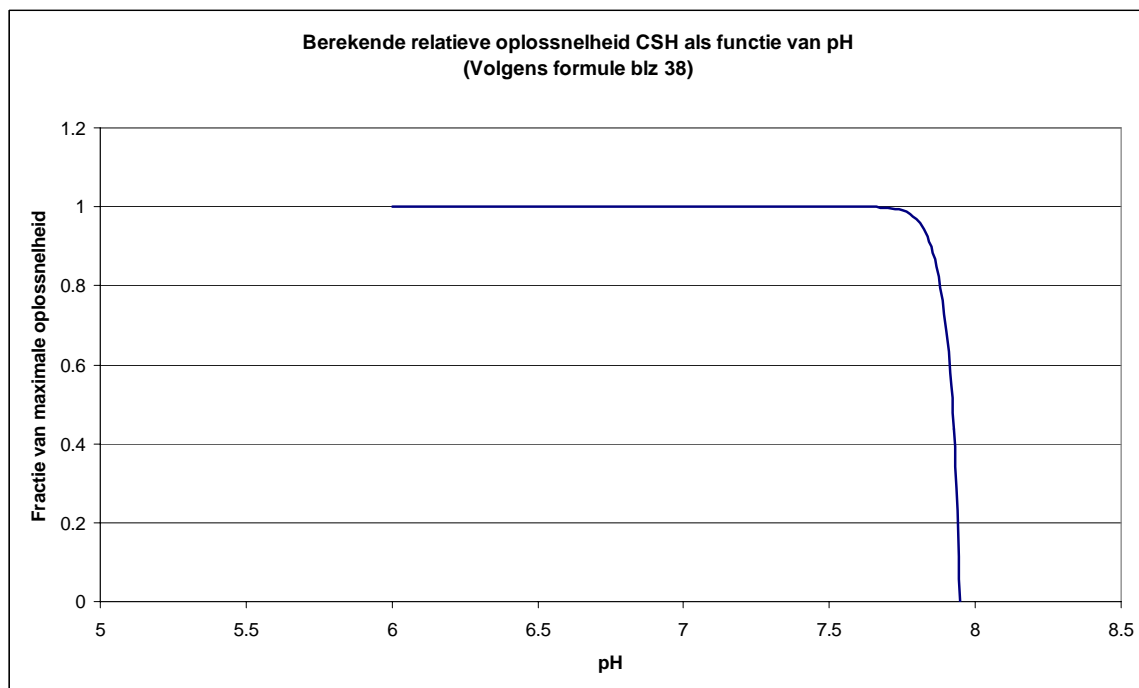
2.4 Zijn de snelheidsbepalende parameters met voldoende nauwkeurigheid bekend?

Of het resulterende model inderdaad in staat is om een voldoende betrouwbare voorspelling te geven van de te verwachten doorlatendheid hangt af van de keuze van de bepalende deelprocessen, en of deze met behulp van beschikbare invoerparameters met voldoende nauwkeurigheid gesimuleerd kunnen worden.

Als ervan uitgegaan wordt dat de chemische en fysische processen die in het model zijn opgenomen inderdaad de snelheid van bepalen, kan in principe nagegaan worden hoe gevoelig de berekende uitkomsten afhangen van de input gegevens.

Door het grote aantal input gegevens is het niet mogelijk de om de onzekerheid van de berekende resultaten van elk van de input parameters te bepalen.

Een belangrijke input parameter voor berekende afname van de doorlatendheid is de chemie van het Hydrostab poriewater. De pH is hierbij een van de belangrijkste factoren doordat deze zeer sterk de berekende ion activiteit producten [IAP] beïnvloedt, en de berekende omzettingssnelheden hiervan afhangen. Dit wordt hier geïllustreerd met het berekende effect van de pH op de berekende omzettingssnelheid van CSH (Boels et al. 1005, p 38) Fig. 2.1. Hier is te zien dat de gemodelleerde omzettingssnelheid ver van de evenwichtssituatie (lage pH) bepaald wordt door de maximale omzettingssnelheid, en dus niet gevoelig is voor de pH. Echter, in de buurt van verondersteld evenwicht met CSH daalt de omzettingssnelheid binnen enkele tienden van een pH eenheid effectief naar nul. Dit wordt veroorzaakt doordat de proton activiteit tot de macht 10 in de snelheids vergelijking is opgenomen. Dit maakt dat de berekende omzettingssnelheid van CSH, (en hiermee de hier vervolgens uit berekende hoeveelheid silica-gel, vrije porievolume en doorlatendheid) extreem gevoelig is voor de pH. Omdat het in de praktijk niet mogelijk is om pH van poriewater met dergelijke nauwkeurigheid te voorspellen, betekent dit ook dat het niet mogelijk zal zijn om de hoeveelheden CSH, silica-gel en kwarts en de hierdoor bepaalde doorlatendheid nauwkeurig te berekenen.



Figuur 2.1 Gevoeligheid van berekende oplosnelheid van CSH, als fractie van de maximale oplosnelheid, voor de pH (beoogde eigen pH Hydrostab 7.5)

2.4.1 Overige parameters

Relatie doorlatendheid-vrije porievolume. Aanname over deze relatie heeft een groot effect op de berekende levensduur, omdat deze vrijwel lineair afhankelijk is van het aangenomen porievolume waarbij Hydrostab doorlatend wordt (Zie Figuur 10, rapport 1118, blz 43). Hoewel verondersteld wordt dat deze aanname aan de conservatieve kant is kan uit de rapportage niet opgemaakt worden wat de te verwachten onzekerheid in deze aanname is.

Ook hier zou het zinvol zijn om aan de hand van de veldmetingen te verifiëren in hoeverre de waargenomen doorlatendheid overeenkomt met de op grond van silicagel gehalte te verwachten waarde. De basis voor de aanname dat bij een vrije porieruimte kleiner dan 0.18 de doorlatendheid nihil is, wordt niet onderbouwd.

2.5 Zijn modelberekeningen in voldoende mate getoetst aan experimenten?

Omdat het model is opgebouwd uit een groot aantal fysische en chemische deelprocessen voor welke de parameters uit de literatuur afkomstig zijn, en zijn afgeleid onder andere omstandigheden dan in Hydrostab aanwezig zijn, is het belangrijk dat de modelbeschrijving experimenteel wordt getoetst aan experimentele waarnemingen aan het materiaal in het veld.

In het rapport (Boels et al. 2005) tabel 5 p 21 worden metingen van de doorlatendheid van Hydrostab toepassing beschreven in 1996 en 2004.

De resultaten laten zien dat er een grote spreiding in de doorlatendheid wordt gevonden in materiaal van dezelfde leeftijd. Deze grote spreiding en het feit dat er slechts twee paar metingen zijn van (ongeveer) hetzelfde materiaal in 1996 en in 2004 die bovendien in het ene geval een significant hogere doorlatendheid en in het andere geval een significant lagere doorlatendheid laten zien, maken het eigenlijk niet goed mogelijk om te concluderen dat de doorlatendheid in 8 jaar kennelijk niet is veranderd.

De conclusie zou moeten luiden dat niet geconcludeerd kan worden dat de doorlatendheid is veranderd.

Schatting van lekverlies

Een tweede manier waarop in het onderzoek de doorlatendheid van Hydrostab in het veld wordt geëvalueerd is door een schatting te maken van het lekverlies door een Hydrostab afdichtingslaag (Boels et al. 2005, p 21).

Hier wordt beschreven hoe het lekverlies door deze laag is geschat op basis van verandering in concentratieverdeling van chloride en sulfaat in de diepte over een periode van 8 jaar. De initiële concentratie is hierbij geschat. Overige aannamen hierbij zijn:

- Schatting van concentratieverloop in input.
- Aanname van homogene stroming (geen preferente stroming).
- Aanname van homogene chemie per laagje van 25 cm dikte.
- Aanname over chemisch conservatief gedrag van chloride en sulfaat.
- Geen adsorptie van sulfaat of chloride.

Uit de beschrijving in de rapportage is echter niet goed duidelijk hoe de maximale waarde van 1 mm per jaar is afgeleid, en met welke doorlatendheid van Hydrostab dit overeen zou komen. Het is niet duidelijk waarom verondersteld wordt dat er slechts *een enkele* combinatie van beginsituatie, stroming, chemisch gedrag en lekverlies is die leidt tot de gemeten eindsituatie?

Deze veronderstelling is niet juist: een andere geschatte beginsituatie zal een heel ander geschat lekverlies opleveren. Als bijvoorbeeld in figuur 2 de initiële concentratie S tussen 0.25 en 0.5 m diepte niet ongeveer 50 meq/l was, maar 100 meq/l, (dat wil zeggen een homogene concentratie in de Hydrostab laag) en de concentratie tussen 0.75 en 1 m niet 25, maar 0 zou zijn, dan zou dat uit het resulterende profiel op een veel grotere (factor 10-100) lekflux wijzen!

Om te kunnen beoordelen in hoeverre het geschatte lekverlies te verklaren zou zijn met berekende doorlatendheid is het nodig om dit lekverlies te vertalen naar een geschatte doorlatendheid.

Onzekerheid in initiële situatie → onzekerheid in lekverlies → onzekerheid in hydrologie → onzekerheid in geschatte doorlatendheid.

In het rapport wordt alleen een op S (sulfaat) gebaseerde schatting van het lekverlies gegeven. Het zou nuttig zijn om ter vergelijking een schatting gebaseerd op chloride te presenteren. Dit zou meer inzicht geven in de onzekerheden die aan deze aanpak ten grondslag liggen, omdat sulfaat aan chemische reactie onderhevig is en chloride meer als inert beschouwd kan worden.

2.6 Aannamen waarop het Hydrostab doorlatendheid model is gebaseerd, welke niet experimenteel getoetst zijn

De belangrijkste aannamen die gemaakt zijn om het hypothetische doorlatendheidsmodel op te stellen:

1. De eerste belangrijke aanname is dat de effectieve doorlatendheid van Hydrostab wordt bepaald door het vrije (niet met silica gel gevulde) porievolume. Dat wil zeggen dat er vanuit gegaan wordt dat de doorlatendheid van Hydrostab nauwkeurig te schatten is uit het gehalte aan silica gel, OPAL-CT, kwarts en CSH. Er wordt echter in het onderzoek niet experimenteel aangetoond dat dit inderdaad het geval is.
2. Vervolgens wordt ervan uitgegaan dat de hoeveelheden silica gel, OPAL-CT, kwarts en CSH in Hydrostab bepaald worden door langzame omzetting met snelheden die verlopen volgens enkele kinetische modellen uit de literatuur in combinatie met een voor CSH zelf gepostuleerd model.
3. Al deze kinetische modellen gebruiken de chemische samenstelling, via de berekende IAP (ion activiteitsproduct) voor de verschillende precipitaten, van het poriewater als input, en er wordt vanuit gegaan dat deze chemische samenstelling, en vooral de pH in het poriewater zeer nauwkeurig kan worden berekend. Een kleine afwijking in berekende chemische samenstelling zal leiden tot grote onnauwkeurigheid in berekende doorlatendheid.
4. Er wordt aangenomen dat de oplosbaarheid van Si onder Hydrostab omstandigheden beschreven kan worden met temperatuursafhankelijke oplosbaarheidproducten die bepaald zijn door van Rimsted en Barnes (1980) in geotherme systemen. Er wordt niet aangetoond dat deze aanname juist is voor het Hydrostab – bodem systeem.
5. Er wordt aangenomen dat de specifieke oppervlakken van Silica-gel, CSH gel OPAL-CT en kwarts, 500, 500, 5 en 0.5 m²/g bedragen en in de tijd niet veranderen. Onzekerheid in deze specifieke oppervlakken werkt sterk door in de berekende omzettingssnelheden daar deze hier lineair van afhankelijk zijn.
6. Er wordt aangenomen dat CSH in Hydrostab de stoichiometrische samenstelling heeft van Tobermoriet, terwijl uit cement literatuur bekend is dat CSH variabel van samenstelling is en de oplosbaarheid hiervan niet met een vaste stoichiometrie of enkel oplosbaarheidsproduct kan worden beschreven.
7. Er wordt aangenomen dat de kinetische omzetting van CSH kan worden beschreven met het kinetische model dat in (Boels, 2005, p 38) wordt afgeleid. Dit model is volledig afhankelijk van de hierboven aangenomen stoichiometrie van CSH/ tobermoriet. Door het grote aantal aannamen dat hierbij gemaakt is, en het ontbreken van enige informatie over de onzekerheid hierin, is volkomen ondoorzichtig welke nauwkeurigheid van het resulterende omzettingsmodel verwacht kan worden.

2.7 De mate waarin en de wijze waarop is omgegaan met onzekerheden

Deze vraag is grotendeels geïntegreerd in de behandeling van vraag 1 (sectie 2.1). Ten aanzien van de vraag of Hydrostab zelf tot een ongewenste emissie van contaminanten leidt uit het toegepaste mengsel van afvalstoffen leidt, is onduidelijk op welke basis de elementen Cu, Zn en Cl zijn gekozen als zijnde maatgevend voor deze beoordeling. Voor een correcte beoordeling van een materiaal op emissie dienen alle elementen, die in de regelgeving genoemd worden te worden beoordeeld.

2.8 Evaluatie van het onderdeel kunststoffen

Voor de beoordeling van de HDPE folie wordt sterk geleund op de publicatie van Tarnowski et al (2005). Ondanks dat dit een conferentie bijdrage is zonder peer review, is het onderzoek degelijk en zijn gegeven schattingen voor duurzaamheid zonder andere storende invloeden de best beschikbare informatie. In de discussie over de rol van meerwaardige metaalionen bij de oxidatiereactie in PE wordt diffusie van metaal ionen uitgesloten omdat er geen water transport vanuit de Hydrostab naar de PE laag zou zijn. Echter de Hydrostab is relatief waterverzadigd en zelfs als het materiaal onverzadigd zou zijn met een relatief hoge waterverzadigingsgraad, dan is diffusief transport naar de PE laag mogelijk. Het gaat er dan om of de poriewater concentratie van de mogelijk kritische metaalionen in het Hydrostab poriewater voor deze katalytische reactie een kritisch concentratie niveau bereiken. Een dergelijke meting is niet uitgevoerd. Een correcte beoordeling van de emissie van contaminanten (zie 2.1.5) zou hierop een antwoord kunnen geven. In de discussie over organische microverontreinigingen worden verschillende ongestaafe beweringen gedaan. Een HDPE folie zou als het een jaar in een pot wordt gebracht met Hydrostab verschillende organische stoffen uit Hydrostab hebben opgenomen. Er zijn geen resultaten, die dit onderbouwen. Verder wordt gesteld dat vanwege de lage migratie snelheid van deze stoffen uit Hydrostab naar de PE folie en de hogere migratiesnelheid van deze stoffen in de PE folie er minder dan 5 % in de PE zal worden opgenomen. Hier zijn enkele vragen bij te stellen: Vormt PE een sink voor oplosmiddelen of diffunderen oplosmiddelen door de folie zonder schade aan te richten? Is de 5% een aanname of gebaseerd op een no-effect concentratie? Waar komt de 5 % vandaan?

Indien biologische activiteit op gang zou komen in het zuiveringsslib dat in Hydrostab aanwezig is, dan kan onder anoxische condities methaan en CO₂ gevormd worden door het afbraak proces. Dit kan tot schade aan de Hydrostab afdichting maar ook tot gasvorming leiden tussen Hydrostab en folie met de mogelijk nadelige gevolgen daarvan (opbolling). Het is niet duidelijk of biologische afbraak van het hoge aandeel reactief organisch materiaal in Hydrostab op langere termijn uitgesloten kan worden.

3. Conclusies

De belangrijkste conclusies:

Hoofdconclusie

1. Omdat het verouderingsproces van Hydrostab en de daaruit resulterende verandering in doorlatendheid fysisch en chemisch zeer complex van aard is, moeten voor het modelleren hiervan een groot aantal aannamen worden gedaan. Een groot deel van deze aannamen is erg onzeker maar heeft wel een grote invloed op berekende resultaten. Het gevolg hiervan is dat er ook een grote mate van onzekerheid zit in de berekende resultaten.
2. Op basis van de modelering, die als basis dient voor de veronderstelling van de levensduur van Hydrostab, kan onze inziens niet worden gerechtvaardigd dat de levensduur in de checklist nazorg op 180 en evenmin op 100 jaar wordt gesteld. In de huidige situatie met onzekerheden over de reactiviteit van de basis receptuur met zeer veel potentieel reactieve organische stof lijkt 50 jaar een veilige raming voor de levensduur. Als kan worden aangetoond dat de organische stof in het Hydrostab mengsel niet reactief zal worden, kan deze termijn mogelijk 75 jaar worden.

Onzekere aannamen

3. De deelmodellen, waaruit het Hydrostab model is opgebouwd, zijn afgeleid uit systemen (geotherme) die zowel chemisch als fysisch sterk van Hydrostab afwijken waardoor niet zonder meer is aan te nemen dat deze ook de Hydrostab situatie goed zullen beschrijven.
4. Ook al zou het Hydrostab model de doorlatendheid en afname hiervan in de tijd goed beschrijven, dan is de verandering in de doorlatendheid sterk afhankelijk van de locale chemie in het poriewater, en met name van de pH. Het goed beschrijven hiervan is geen triviale zaak, en het is niet realistisch om te veronderstellen dat blinde voorspelling hiervan overeen zal komen met de werkelijkheid.
5. Het model gaat ervan uit dat de doorlatendheid van Hydrostab bepaald wordt door het vrije (niet het met silica-gel gevulde) porievolume. Volume van poriën en vaste fase wordt berekend aan de hand van volume van CSH silica-gel en kwarts. Er wordt echter op geen enkele manier experimenteel aangetoond dat er een dergelijke voorspelbare relatie bestaat tussen doorlatendheid en silica-gel gehalte.

Gebrek aan experimentele toetsing

6. Zonder uitgebreidere toetsing van de modelbeschrijving op experimentele systemen is het niet mogelijk om aan te tonen dat de modelvoorspellingen betrouwbaar genoeg zijn om hier geschiktheid van Hydrostab voor afdichtingsdoeleinden met een lange termijn duurzaamheid op te baseren.
7. De doorlatendheidsmetingen van Hydrostab kort na aanleg en na 8 jaar wijzen uit dat aan de gestelde eisen qua afdichting wordt voldaan. Dat geeft echter geen garantie voor de lange termijn.
8. Vanwege het hoge afbreekbaar organisch stof gehalte van zuiveringsslib en de neutrale pH condities, die een dergelijke biologische afbraak mogelijk zou maken, is onvoldoende aangetoond dat deze toeslag aan het mengsel geen bedreiging vormt voor de lange termijn duurzaamheid door CH₄ en of CO₂ vorming of het toenemen van de porositeit.

4. Aanbevelingen

Om na te gaan of er sprake is van biologische afbraak is het aan te bevelen CH_4 en CO_2 metingen uit te voeren aan de Hydrostab laag. Een alternatief voor het vaststellen van biologische activiteit is de analyse van het poriewater van Hydrostab om na te gaan wat het DOC niveau is in poriewater (indicator voor afbraak). Dit DOC kan op relatief eenvoudige wijze onderverdeeld worden in een hydrofiele fractie, een fulvozuur en een humuszuur fractie. De verhouding van deze deelvormen van DOC zijn indicatief voor de reactiviteit van organische stof (Groot aandeel hydrofiele fractie duidt op afbraak).

Een uitgebreider karakterisering van Hydrostab met een combinatie van pH stat (CEN/TS14429) op gebroken materiaal, een kolomproef (CEN/TS14405 of NEN 7343; 1e fracties tot ca. $L/S=0.5$ op gebroken materiaal eventueel na menging met inert zand) en een korrel-diffusie proef (NEN 7347) biedt een beter perspectief om het lange termijn geochemisch gedrag en het emissie gedrag van het materiaal te beschrijven dan de nu uitgevoerde zeer beperkte schudtesten (zie bijlage B en C).

Volledig mechanistische voor spelling van het geochemisch gedrag van Hydrostab door gebruik te maken van test resultaten van de hiervoor aanbevolen karakteriseringsproeven, waarmee zodanig inzicht in de chemie kan worden verkregen dat met grotere betrouwbaarheid voorspellingen over lange termijn gedrag mogelijk zijn. Indien de voorspelling van de afgifte in een dynamische korreldiffusieproef (NEN7347) bevredigend uitgevoerd kunnen worden, dan biedt dat ook mogelijkheden om inzicht te krijgen in het effect van externe invloeden.

Referenties

- Boels, D., J. Bril, E. Hummelink en O. Boersma (2005): *Duurzaamheid van Hydrostab; een veldonderzoek en een prognose*. Alterra rapport 1118, ISSN 1566-7197.
- Boels, D. en J. Bril (2006): *Onderbouwing kwaliteitsborg HYDROSTAB; Aanvullend veld-, laboratorium- en modelonderzoek*. Alterra-rapport 1374, ISSN 1566-7197.
- Takeo, N., Ishido, T., J.W. Pritchett (2000): *Dissolution, Transport and precipitation of silica in geothermal systems*. Proc World Geothermal Congress 2000. Kyushu-Tohoku, Japan p. 2943-2948.
- Coradin, Th., J.P. López, (2003): *Biogenic Silica Patterning: Simple Chemistry or Subtle Biology?* Chem Biochem, 2003, 3, 1-9.
- Rimstidt, J.D. and H.L. Barnes (1980): *The Kinetics of silica-water reactions*. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1980, 44, 11, 1683-1699.
- Grattononi, C.A., A.D. Jing, and R.W. Zimmerman (2001): *Disproportionate permeability reduction when silica gel is formed to control water production*. Buenos Aires, Argentina proc Latin Am Petroleum Eng. Conference. 25-28 March 2001.
- Tarnowski, C., S. Baldauf and E. Sost (2005): *Assessment of the durability of HDPE geomembranes in landfills: practical approach under consideration of material examination performed during service life*. Proceedings Sardinia 2005, 10th International Waste Management and Landfill Symposium. S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy, 3-7 October 2005.

Bijlage A Detail opmerkingen n.a.v. de rapportage

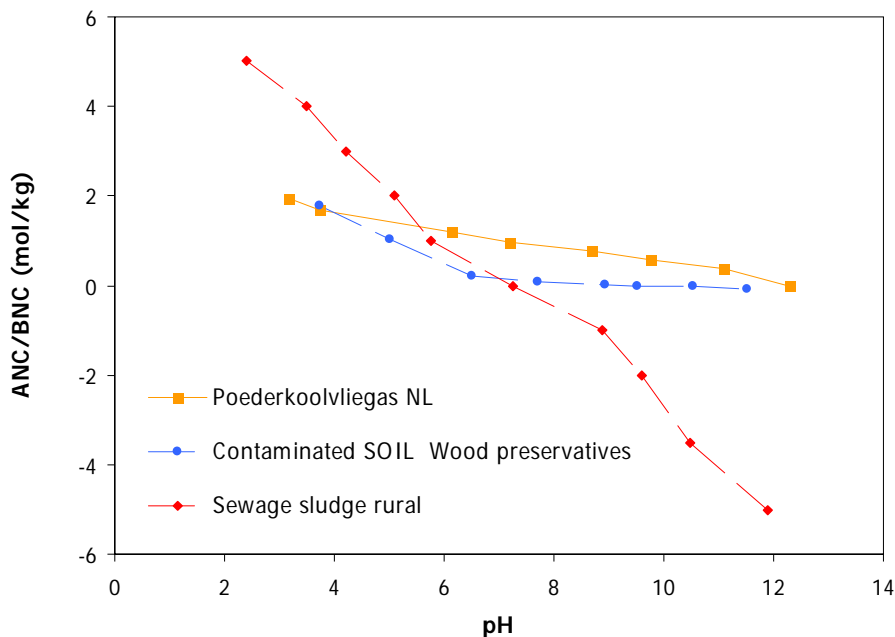
Alterra Rapport 31-8-2006

- Pagina 5 De term vliegias is slecht gedefinieerd. Het verdient aanbeveling verwarring over welk type vliegias het gaat te vermijden. later in het rapport wordt duidelijk gemaakt dat bijna elk type vliegias toegepast zou kunne worden. Hoewel dat daarna even hard weer ontkracht wordt door een eis te stellen aan het vrij kalk gehalte, waaraan een aantal vliegiasen niet kan voldoen.
- Pagina 5 Er is een hardnekkig misverstand dat ongebluste kalk CaO alleen in CSH terecht komt. dat is niet juist. De verdeling van Ca over minerale fasen laat zien dat Ca voor een belangrijk deel in calcië zit.
- Pagina 6 Typo EDTH moet EDTA zijn
- Pagina 6 De uitspraak dat poederkoolvliegias substantiële hoeveelheden vrije kalk bevat moet genuanceerd worden, omdat er verschillende poederkoolassen zijn met een relatief laag vrij kalk gehalte. Dit betreft met name poederkool verkregen uit bepaalde Australische en Indiase kolensoorten (fluviaatiele afzetting i.p.v. mariene afzetting).
- Pagina 6 Er wordt met grote stelligheid geponeerd dat de belangrijkste chemische component tobermoriet is. Daar wordt geen enkel bewijs voor gegeven dat inderdaad deze chemische fase aanwezig is.
- Pagina 7 De titratie met zuur wordt gelijk gesteld aan CSH
- Pagina 11 Plaatje van beton is mooi, maar dat is niet relevant voor Hydrostab, want er is niet aangetoond dat er CSH gevormd wordt in het Hydrostab, zelf niet kort na het mengen.
- Pagina 20 Maximale uitloging. De uitloging van Hydrostab zou voldoende gedekt zijn door meting van Cu, Zn en Cl. Het is onduidelijk op grond van welke overweging deze element keus bepaald is.
- Pagina 26 Sectie 4.3.1: toekenning van zuurbindend vermogen in bepaalde pH trajecten aan specifieke fasen is zeer speculatief en niet onderbouwd.
- Pagina 34 Precisie van de fractionering in CSH, CaCO₃ en CEC buiten proportie nog afgezien van de juistheid van de toekenning (zie opmerking hiervoor).
- Pagina 35 Tabel 4.9 precisie van de doorlatendheid niet in relatie tot de meetnauwkeurigheid
- Pagina 39 Midden: Hier wordt in de beschouwing over de duurzaamheid van de HDPE folie gesteld dat de pH van Hydrostab hoog is, terwijl eerder in het rapport juist gesteld wordt dat de pH vrijwel neutraal is. Dit is een storende interne inconsistentie. Een neutrale pH zal op zijn minst minder schadelijk zijn voor de folie.
- Pagina 45 2: representativiteit Hydrostab - Als gesteld wordt dat het vermeend CSH gehalte gemiddeld 22 g/kg bedraagt en kan variëren van 0 - 40 dan duidt dat niet op een grote mate van representativiteit.

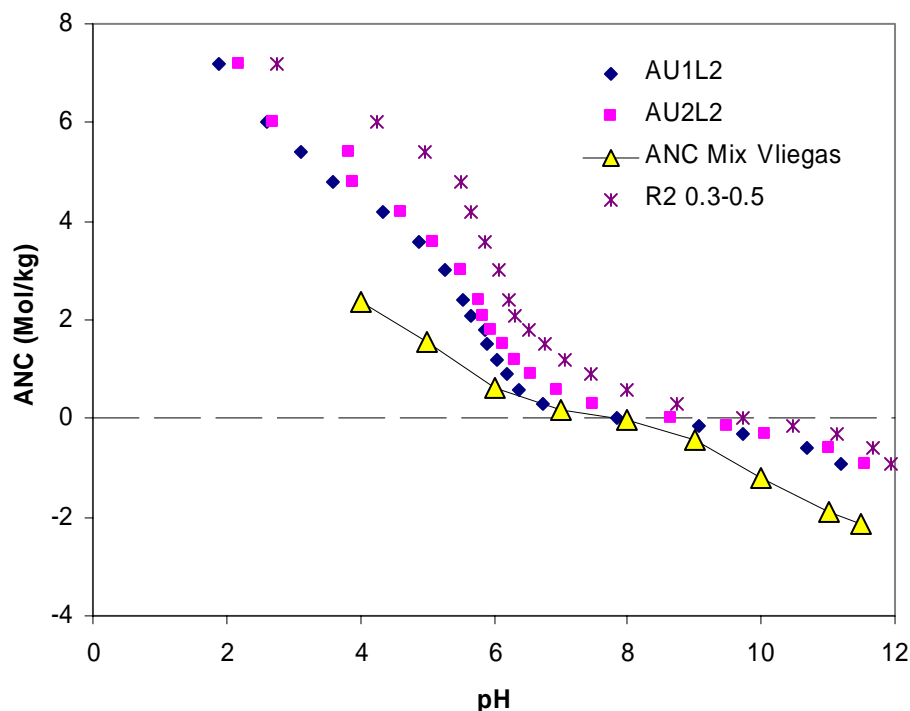
Pagina 46 Vochtgehalte bedraagt 40% (= 400 l/m³ op basis van v/v) . De vraag is of 30 g CSH per kg (als dat aanwezig is) in staat geacht mag worden voldoende gel te vormen om de porieruimte op te vullen.

Bijlage B Zuurneutraliserend vermogen en speciatie

Op basis van de opgeven samenstelling van Hydrostab is met beschikbare karakteriseringsgegevens uit de LeachXS database (pH stat resultaten voor grond, zuiveringsslib en vliegas) een voorspelling gedaan van het zuur/base neutraliserend vermogen (ANC/BNC) van een hypothetisch Hydrostab mengsel. In figuur B1 is het zuur/base neutraliserend gedrag als functie van pH gegeven voor de deelstromen in Hydrostab. Uiteraard is een vergelijking van gegevens in het rapport en berekende gegevens op basis van data uit de LeachXS database beperkt door het feit dat het niet de materialen betreft, die in een in het rapport onderzocht Hydrostab monster zijn verwerkt. Niettemin geeft dit een indruk van het verloop van het bufferend vermogen, waarbij de indruk ontstaat dat het bufferend vermogen naar hoge pH onderschat en dat naar lage pH overschat wordt. Het zuurneutraliserend vermogen dat op basis van de gekozen materialen voorspeld wordt geeft aan dat een neutraal mengsel verkregen wordt ervan uitgaande dat waterglas geen of een zeer beperkt bufferend vermogen heeft. Bovendien is duidelijk dat het zuur/base neutraliserend vermogen door de zuiveringsslib component gedomineerd wordt.



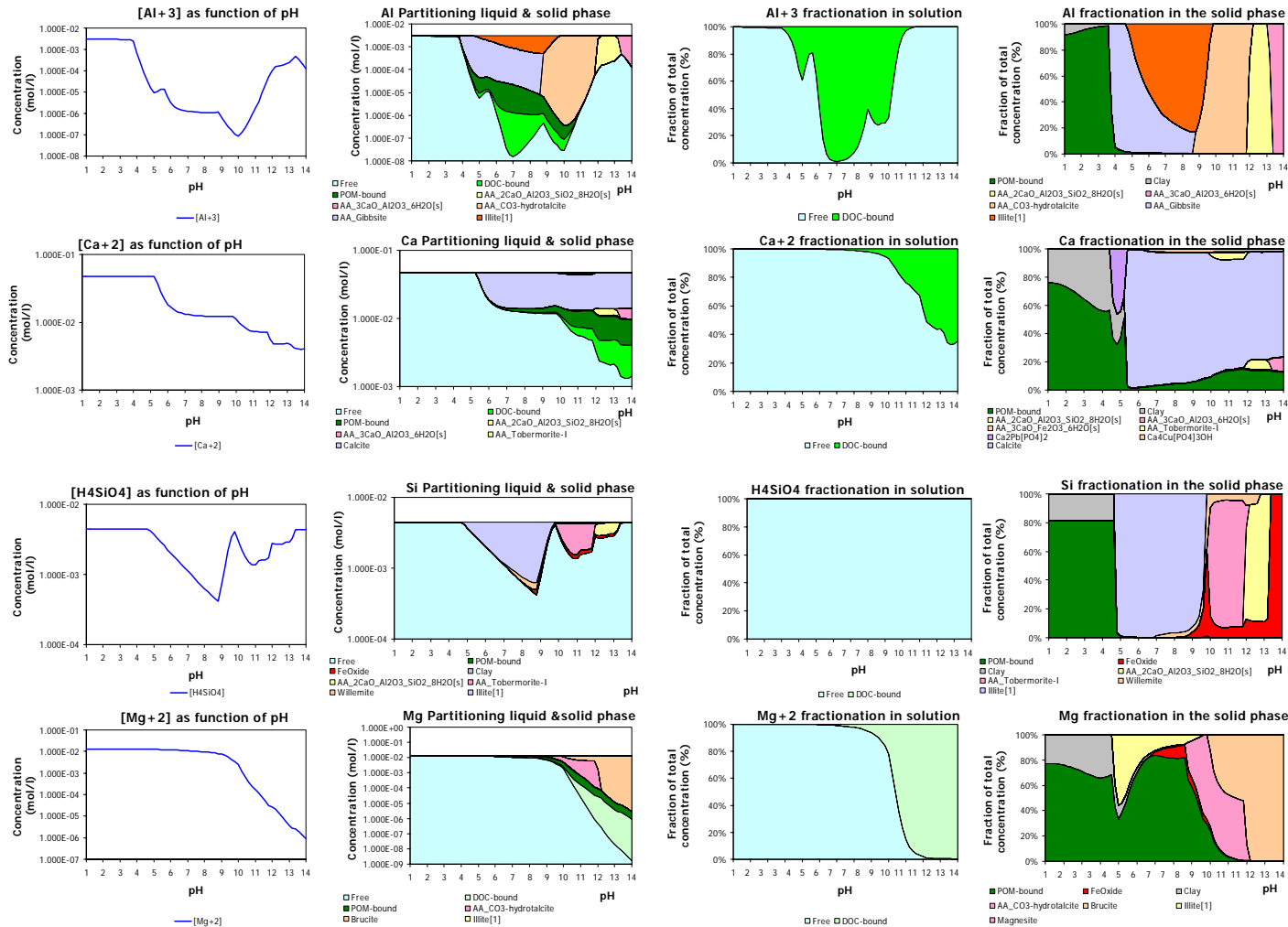
Figuur B.1 *Zuurneutraliserend vermogen van deelcomponenten in Hydrostab*



Figuur B.2 *Titratie gegevens voor een aantal hydrostab praktijk monster in vergelijking met het gemodelleerde zuur/base gedrag op basis van de karakterisering van een mengsel van vliegass, zuiverings-slib en verontreinigde grond in verhoudingen als toegepast in Hydrostab De ANC waarden zijn afgeleid uit 48 uur metingen van zuur en base verbruik verkregen uit CEN/TS 14429*

B.1 Chemische speciatie van een Hydrostab mengsel

Op basis van dezelfde mengverhouding van materialen kan de chemische speciatie en partitie over chemische fasen voorspeld worden. Hier is de voorspelling gegeven voor een aantal hoofdelementen, zoals die verkregen wordt met LeachXS-Orchestra (www.leachxs.com). De mineraal samenstelling die verkregen wordt uit een modelmatige beschrijving van een Hydrostab monster getest met de pH stat test (TS 14429) zou een goede voorspelling van de mineralen en andere fasen (organische stof) op kunnen leveren, die het zuur/base gedrag bepalen. Dit is voor andere materialen reeds aangetoond. Duidelijk is ook dat Tobermoriet bij pH lager dan 10 niet meer stabiel is.



Figuur B.3 Verdeling van hoofdelementen over verschillende mineralen en sorptieoppervlakken voor een gesimuleerd Hydrostab mengsel