

SV-221

Definitiestudie

In situ immobilisatie van zware metalen
met geactiveerde klei

Eindrapportage

drs. N. van der Gaast (Chemielinco)
dr. ir. C. Zevenbergen (Vermeer)
dr. J. Dolfing (Alterra)
prof. dr. P. de Ruiter (Universiteit van Utrecht)

december 2000

Gouda, CUR/SKB

Stichting Kennisontwikkeling Kennisoverdracht Bodem

Auteursrechten

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

Het is toegestaan overeenkomstig artikel 15a Auteurswet 1912 gegevens uit deze uitgave te citeren in artikelen, scripties en boeken mits de bron op duidelijke wijze wordt vermeld, alsmede de aanduiding van de maker, indien deze in de bron voorkomt, "©"Definitiestudie, In situ immobilisatie van zware metalen met geactiveerde klei - Eindrapportage", december 2000, CUR/SKB, Gouda."

Aansprakelijkheid

CUR/SKB en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben een zo groot mogelijke zorgvuldigheid betracht bij het samenstellen van deze uitgave. Nochtans moet de mogelijkheid niet worden uitgesloten dat er toch fouten en onvolledigheden in deze uitgave voorkomen. Ieder gebruik van deze uitgave en gegevens daaruit is geheel voor eigen risico van de gebruiker en CUR/SKB sluit, mede ten behoeve van al degenen die aan deze uitgave hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van deze uitgave en de daarin opgenomen gegevens, tenzij de schade mocht voortvloeien uit opzet of grove schuld zijdens CUR/SKB en/of degenen die aan deze uitgave hebben meegewerkt.

Titel rapport

Definitiestudie

In situ immobilisatie van zware metalen met geactiveerde klei

Eindrapportage

CUR/SKB rapportnummer

SV-221

Project rapportnummer

SV-221

Auteur(s)

drs. N. van der Gaast

dr. ir. C. Zevenbergen

dr. J. Dolfing

prof. dr. P. de Ruiter

Aantal bladzijden**Rapport:** 13**Bijlagen:** 7

Uitvoerende organisatie(s) (Consortium)

Chemielinco (drs. N. van der Gaast)

Vermeer (dr. ir. C. Zevenbergen)

Alterra (dr. J. Dolfing)

Universiteit van Utrecht (prof. dr. P. de Ruiter)

Provincie Noord-Brabant

Uitgever

CUR/SKB, Gouda

Samenvatting

Vastlegging van zware metalen door toevoeging van kleiachtige bodemadditieven is voor de Kempen een bewezen bodemsaneringstechniek. De beste resultaten werden behaald met Beringiet, een reststof van de steenkoolproductie. In België is uit onderzoek gebleken dat door toepassing van Beringiet weer hervegetatie optreedt met een goede gewaskwaliteit, en dat het een duurzame werking heeft, waarbij weinig uitloging optreedt. De werking van het kalkhoudende Beringiet berust op een korte termijn effect waarin de zuurgraad van de bodem vermindert en een meer lange termijnwerking waarin metalen worden vastgelegd binnen de structuur van nieuw gevormde mineralen. Omdat het Beringiet niet meer in voldoende mate beschikbaar is, dient een alternatief te worden ontwikkeld.

Doel van deze definitiestudie is inzicht te krijgen in de maatschappelijke en milieuhygiënische knelpunten rond de toepassing van immobilisaten in de Kempen en de haalbaarheid na te gaan van het toepassen van geactiveerde klei als alternatief voor Beringiet. Omdat één van de knelpunten samenhangt met de productiekosten, zijn twee goedkopere alternatieven voor geactiveerde klei (poederkoolvliegias en thermisch gereinigde grond) eveneens in beschouwing genomen.

De definitiestudie van drie potentiële alternatieven voor Beringiet leidt tot de conclusie dat op basis van verhitting van schone rivierklei waarschijnlijk een geschikt immobilisaat voor toepassing in de Kempen is te maken. De andere alternatieven, thermisch gereinigde grond en poederkoolvliegias, dienen niet op voorhand te worden uitgesloten, maar roepen vragen op, die eerst middels laboratoriumonderzoek beantwoord moeten worden. Bijmenging van deze materialen bij het hoofdproduct op basis van klei biedt meer perspectieven. Bijmenging van thermisch gereinigde grond kan de kosten van het immobilisaat reduceren. Vliegias kan mogelijk gebruikt worden als bijmenging om de duurzaamheid van het materiaal te vergroten. Ook dient de toevoeging van kleine hoeveelheden cement om de productkwaliteit met betrekking tot de bufferende werking te stabiliseren, te worden overwogen.

Trefwoorden**Gecontroleerde termen:**

cadmium, immobilisatie, vliegias, zink

Vrije trefwoorden:

Beringiet, Kempen, thermische gereinigde grond, verhitte klei

Titel project

Definitiestudie

In situ immobilisatie van zware metalen met geactiveerde klei

Projectleiding

Chemielinco

(drs. N. van der Gaast, 030-2736017)

Dit rapport is verkrijgbaar bij:

CUR/SKB, Postbus 420, 2800 AK Gouda

INHOUD

		SAMENVATTING	III
Hoofdstuk	1	INLEIDING	1
Hoofdstuk	2	DOELSTELLING	2
Hoofdstuk	3	PROBLEEMSTELLING EN KNELPUNTEN	3
Hoofdstuk	4	BESCHRIJVING UITGEVOERDE WERKZAAMHEDEN	4
Hoofdstuk	5	RESULTATEN	5
	5.1	Verhitte rivierklei	5
	5.2	Poederkoolvlieg	5
	5.3	Thermisch gereinigde grond	6
	5.4	Beleid en maatschappelijk draagvlak	7
	5.5	Economie en logistiek	8
Hoofdstuk	6	EVALUATIE RESULTATEN	9
	6.1	Verhitte rivierklei	9
	6.2	Poederkoolvlieg	9
	6.3	Thermisch gereinigde grond	9
	6.4	Workshop	10
Hoofdstuk	7	CONCLUSIES	11
Hoofdstuk	8	AANBEVELINGEN VOOR VERVOLGFASE	12
		LITERATUUR	13
Bijlage	A	VERSLAG WORKSHOP "ALTERNATIEVE SANERINGSTECHNIEKEN IN DE KEMPEN"	

SAMENVATTING

Definitiestudie In situ immobilisatie van zware metalen met geactiveerde klei

Knelpunten

Vastlegging van zware metalen door toevoeging van kleiachtige bodemadditieven is voor de Kempen een bewezen bodemsaneringstechniek. De beste resultaten werden behaald met Beringiet, een reststof van de steenkoolproductie. In België is uit onderzoek gebleken dat door toepassing van Beringiet weer hervegetatie optreedt met een goede gewaskwaliteit, en dat het een duurzame werking heeft, waarbij weinig uitloging optreedt. De werking van het kalkhoudende Beringiet berust op een korte termijn effect waarin de zuurgraad van de bodem vermindert en een meer lange termijnwerking waarin metalen worden vastgelegd binnen de structuur van nieuw gevormde mineralen. Omdat het Beringiet niet meer in voldoende mate beschikbaar is, dient een alternatief te worden ontwikkeld.

Doel

Doel van deze definitiestudie is inzicht te krijgen in de maatschappelijke en milieuhygiënische knelpunten rond de toepassing van immobilisaten in de Kempen en de haalbaarheid na te gaan van het toepassen van geactiveerde klei als alternatief voor Beringiet. Omdat één van de knelpunten samenhangt met de productiekosten, zijn twee goedkopere alternatieven voor geactiveerde klei (poederkoolvliegias en thermisch gereinigde grond) eveneens in beschouwing genomen.

Plan van aanpak

Voorafgaand aan lab- en veldonderzoek naar alternatieven voor Beringiet is een definitiestudie uitgevoerd middels literatuurstudie, gesprekken met deskundigen en een workshop met betrokkenen, waarbij het volgende is nagegaan:

- de geschiktheid en productieproces van de mogelijke immobilisaten;
- de aspecten die samenhangen met economie en logistiek;
- verkenning van maatschappelijk draagvlak voor toepassing in de Kempen.

Resultaten

De definitiestudie van de drie potentiële alternatieven voor Beringiet leidt tot de conclusie dat op basis van verhitting van schone rivierklei waarschijnlijk een geschikt immobilisaat voor toepassing in de Kempen is te maken.

De andere alternatieven, thermisch gereinigde grond en poederkoolvliegias, dienen niet op voorhand te worden uitgesloten, maar roepen vragen op, die eerst middels laboratoriumonderzoek beantwoord moeten worden. Bijmenging van deze materialen bij het hoofdproduct op basis van klei biedt meer perspectieven. Bijmenging van thermisch gereinigde grond kan de kosten van het immobilisaat reduceren. Vliegias kan mogelijk gebruikt worden als bijmenging om de duurzaamheid van het materiaal te vergroten. Ook dient de toevoeging van kleine hoeveelheden cement om de productkwaliteit met betrekking tot de bufferende werking te stabiliseren, te worden overwogen.

HOOFDSTUK 1

INLEIDING

De bodemverontreiniging in de Kempen betreft een gebied van meer dan 300 km², verontreinigd met zware metalen, waaronder met name zink en cadmium. De verontreiniging is ontstaan door de uitstoot van zinkfabrieken in Nederland en België. Sanering van de locatie met de gangbare technieken is te kostbaar. Daarnaast brengt verwijdering van een dergelijke, grootschalige verontreiniging enorme technische en maatschappelijke problemen met zich mee. Een mogelijke goedkopere en schonere vorm van sanering is het toevoegen van immobilisatoren om anorganische verontreinigingen zoals zink, en cadmium te binden.

In de Belgische Kempen zijn veelbelovende resultaten behaald met de inbreng van Beringiet [1 en 2]. De voorraad Beringiet is echter eindig en niet voldoende voor een grootschalige aanpak in de Nederlandse Kempen.

Een tweetal door AB-DLO uitgevoerde studies [3 en 4], in opdracht van respectievelijk PGBO en de NOVEM, geven aan dat de toepassing van kleiachtige materialen ook voor de Nederlandse situatie een goede optie is.

Uit dit onderzoek is gebleken dat het mogelijk is om op basis van klei soortgelijk materiaal te maken met vergelijkbare immobilisatie eigenschappen.

Milieuadviesbureau Chemielinco te Utrecht, Alterra te Wageningen en de Universiteit Utrecht hebben eind vorig jaar een prékwalificatievoorstel voor de 'In situ immobilisatie zware metalen met geactiveerde klei' ingediend bij het SKB. In latere fase is het consortium uitgebreid met het aannemingsbedrijf Vermeer en de provincie Noord-Brabant, als vertegenwoordiger van het project ABdK (Actief Bodembeheer de Kempen).

Het onderzoek is opgesplitst in een viertal deelonderzoeken.

Deze rapportage over de definitiestudie betreffen resultaten van de literatuurstudie en gesprekken met deskundigen. De voorlopige resultaten zijn op 24 mei gepresenteerd op een gezamenlijke workshop van Nederlandse en Vlaamse onderzoekers en beleidsmakers over de toepassing van alternatieve bodemsaneringstechnieken in de Kempen.

HOOFDSTUK 2

DOELSTELLING

Het voorliggende rapport betreft fase 1, de definitiestudie. Doel van deze definitiestudie is inzicht te krijgen in de maatschappelijke en milieuhygiënische knelpunten rond de toepassing van immobilisaten in de Kempen en de haalbaarheid na te gaan van de oplossingsrichting, de toepassing van geactiveerde klei als alternatief voor Beringiet. Omdat één van de knelpunten van deze oplossingsrichting samenhangt met de productiekosten, zijn tegelijk twee goedkopere alternatieven voor geactiveerde klei (poederkoolvliegias en thermisch gereinigde grond) in de evaluatie meegenomen.

In de definitiestudie dienen zowel het productieproces, de toepassingscondities, de milieuhygiënische effecten, de economie als het maatschappelijk draagvlak in beschouwing te worden genomen. Indien deze aspecten voldoende perspectief bieden voor toepassing van immobilisaten in de Kempen, dienen vervolgens de nog openstaande onderzoeksvragen voor de volgende onderzoeksfase te worden geformuleerd.

HOOFDSTUK 3

PROBLEEMSTELLING EN KNELPUNTEN

Vastlegging van zware metalen door toevoeging van kleiachtige bodemadditieven is voor de Kempen een bewezen bodemsaneringstechniek [1]. De beste resultaten werden behaald met Beringiet, een reststof die in het verleden vrijkwam in de vorm van cycloonassen bij de verbranding van kleihoudende steenkool. In België is uit onderzoek gebleken dat door toepassing van Beringiet weer hervegetatie optreedt en dat gewassen uit met Beringiet behandelde tuinen geen of nauwelijks zware metalen bevatten. Daarnaast is gebleken dat het een duurzame werking heeft en dat na toepassing van Beringiet niet of nauwelijks uitloging van cadmium en zink optreedt. De werking van het kalkhoudende Beringiet berust op een korte termijn effect waarin de zuurgraad van de bodem vermindert en een meer lange termijnwerking waarin de metalen worden vastgelegd. Soortgelijk als bij verhitte kleihoudende grond werd waargenomen [5], betreft het hier waarschijnlijk een vastlegging in nieuw gevormde kristallijnen mineraalstructuren.

Omdat het Beringiet niet meer in voldoende mate beschikbaar is, wordt zowel in Vlaanderen als in Nederland naar alternatieven gezocht die hierop lijken.

In Vlaanderen onderzoekt men thans twee alternatieven op basis van reststoffen uit de steenkoolproductie, die op soortgelijke wijze als het uitgangsmateriaal voor Beringiet worden verhit door wervelbedverbranding [6].

Het Nederlandse onderzoek concentreert zich op schone klei, waarbij als alternatieven kleihoudende gereinigde grond en vliegas worden onderzocht. Door de verhitting van kleihoudende materialen komt een groter actief oppervlak voor binding beschikbaar [5].

Een randvoorwaarde voor succesvolle toepassing op het schaalniveau van de Kempen is dat het materiaal in grote hoeveelheden beschikbaar dient te zijn.

Bij de rivierverruimende maatregelen in Nederland komen de volgende jaren grote hoeveelheden sediment beschikbaar, waaronder ook veel schone klei.

Op basis van klei is het mogelijk soortgelijk materiaal te maken met vergelijkbare eigenschappen [4]. Klei is tevens een goede en duurzame bodemverbeteraar voor arme zandgrond. De verwachting is dat het draagvlak bij agrarische bedrijven en particulieren voor toepassing van een schoon product groot is en de behandelde bodem leidt tot een betere kwaliteit gewassen en mogelijk ook tot verhoogde opbrengsten.

De kosten van een schoon product vormen mogelijk een probleem. Daarom worden ook alternatieven (of bijmengingen van alternatieven) op basis van verhitte kleiachtige afvalstoffen onderzocht. Mogelijk kan dit leiden tot verschillende kwaliteitsklassen immobilisaten met elk een eigen prijskaartje.

Niet alleen de kosten zijn bij het verkrijgen van maatschappelijk draagvlak mogelijk een probleem. Ook het feit dat toepassing van deze methode betekent dat verontreinigingen aanwezig blijven en dat 'chemische' stoffen aan de bodem worden toegevoegd, kan leiden tot acceptatieproblemen.

HOOFDSTUK 4

BESCHRIJVING UITGEVOERDE WERKZAAMHEDEN

In de voorliggende definitiestudie zijn drie punten nader uitgewerkt:

1. Het proces rond en de procesomstandigheden van het maken van het immobilisaat.
2. De aspecten die samenhangen met economie en logistiek.
3. Het verkennen van maatschappelijk draagvlak voor deze oplossing.

Onderzoek naar proces en procesomstandigheden is uitgevoerd door middel van literatuurstudie naar resultaten van eerder uitgevoerd onderzoek en middels gesprekken met deskundigen, waaronder ir. V. Dries van de OVAM [7], prof. dr. J. Vangronsveld van het LUC [6] en drs. J. Brill (Alterra) en besprekingen met het projectteam.

Thema's waren onder meer de ervaringen met de toepassing van Beringiet in het Vlaamse deel van de Kempen, het tot nu toe uitgevoerde onderzoek naar alternatieven, het Vlaamse en het Nederlandse beleid inzake immobilisatie en de maatschappelijke acceptatie bij onder meer toepassing in tuinen.

Hiernaast zijn nog gesprekken gevoerd met een thermisch grondreinigingsbedrijf (Ecotechniek) en Rijkswaterstaat (RWS-DWW). Onderwerp van gesprek zijn hier met name de logistieke en economische aspecten inzake kosten/ baten van productieproces, grondstofwinning en transport van de immobilisaten naar het toepassingsgebied.

Inzicht in het draagvlak voor deze oplossingsrichting is verkregen middels presentatie en discussie op de workshop die 24 mei in Budel is gehouden. Hierbij waren naast circa 30 onderzoekers een belangrijk aantal betrokken partijen aanwezig, waaronder circa 20 vertegenwoordigers van de provincies Noord-Brabant en Limburg, ministerie van VROM, de OVAM en de waterschappen de Dommel en Peel & Maasvallei en het Zuiveringschap Limburg.

De volgende vragen zijn in de definitiestudie aan de orde gekomen:

- Bieden de drie potentiële immobilisaten (verhitte klei, gereinigde grond of poederkoolvliegias) met betrekking tot de werking in relatie tot de productiekosten voldoende perspectief voor verder laboratorium onderzoek naar toepassing in de Kempen?
Onder voldoende perspectief wordt in dit kader verstaan, dat de werking soortgelijk is aan Beringiet en dat de productie en toepassingskosten minimaal een factor 10 lager liggen dan de traditionele bodemsaneringsmethoden.
- Welke beleidsmatige randvoorwaarden (duurzaamheid, milieuhygiënische normen inzake toxiciteit, emissies en gewasopname) worden aan toepassing van immobilisaten in de Kempen gesteld?
- Wat kost het om het materiaal voor gebruik geschikt te maken (het activeren en toepassingsklaar maken) en waar kan het uitgangsmateriaal worden verkregen en tegen welke kosten?
- Wat zijn de randvoorwaarden, knelpunten en kosten van transport en aanvoer van het materiaal?
- Heeft het grootschalig toepassen van het materiaal in de Kempen invloed op de markt?

HOOFDSTUK 5

RESULTATEN

5.1 Verhitte rivierklei

Bij de rivierverruimende maatregelen komen de volgende jaren miljoenen kubieke meter sediment vrij. Hieronder bevindt zich ook relatief schoon kalkhoudend sediment, dat door verhitting en vermaling kan worden geactiveerd. Eerste experimenten met het toepassen van door verhitting geactiveerde klei als immobilisaat van de verontreinigingen, zijn veelbelovend [3 en 4]. Voordeel van dit materiaal is dat het geen afvalstoffen bevat, die nieuwe bodemverontreiniging veroorzaken en dat het een natuurlijk materiaal is dat de bodemkwaliteit van de arme zandgronden in de Kempen duurzaam kan verbeteren.

De optimale activeringstemperatuur ligt waarschijnlijk rond de 800 °C. Hierbij wordt het aanwezige calciumcarbonaat gedecarboneerd tot actieve kalk (CaO) met een pH verhogende werking. De aanwezige kleimineralen worden gedehydrateerd, waarbij de kristalstructuur tijdelijk wordt afgebroken en onder meer amorf aluminosilicaten worden gevormd. Deze zorgen voor de langere termijn werking, waarbij metalen irreversibel worden gebonden door opname in nieuw gevormde kristalstructuren van de kleimineralen.

Vragen hierbij zijn nog welke kleisoort (kalkgehalte, korrelgrootteverdeling) het meest geschikt is en de productiewijze van het immobilisaat. Het best werkt waarschijnlijk een activering in vier stappen: 1. droging van de klei, 2. vermaling, 3. verhitting tot 800 °C en 4. bevochtiging evt. in combinatie met bijmengingen om het product toepasbaar te maken.

De kosten van dit productieproces worden voornamelijk gevormd door de energiekosten om vochtig en organisch koolstof arm materiaal te verhitten tot circa 800 °C. Er komt geen energie door verbranding vrij, zoals bij immobilisaten op basis van kolenreststoffen als Beringiet.

De productie kosten worden geschat op circa hfl. 100.- per ton. Uitgaande van een 5% toevoeging aan de toplaag van de bodem tot 0,3 m-mv, bedragen deze kosten circa hfl. 25.000,-/ha. Bij een dosering vergelijkbaar met die van Beringiet, dwz 100 ton per ha, komt dit neer op circa hfl. 10.000,- per ha.

Een te onderzoeken aspect betreft de invloed van de korrelgrootte verdeling van de verschillende kleisoorten. Vanuit Vlaamse zijde [6] wordt ingeschat dat de effectiviteit van verhitte klei hierdoor minder dan is die van Beringiet.

Bijmenging van kleine hoeveelheden verglaasde assen (cycloonas of vliegias) kan de duurzaamheid verbeteren doordat de werking gedurende een groter aantal jaren op blijft treden. De actieve werking van vliegias treedt pas op nadat deze na enkele jaren is verweerd, waarna een werkingsperiode van soortgelijke duur intreedt.

De vliegias is een afvalstof die zelf verhoogde gehalten aan metalen bevat en die niet zonder meer in de bodem kan worden gebracht. Doordat de bijmenging in relatief lage percentages plaatsvindt met relatief grote hoeveelheid schoon uitgangsmateriaal treedt verdunning op en leiden de metaalgehalten in de vliegiasen waarschijnlijk niet tot overschrijding van normen in de bodem.

5.2 Poederkoolvliegias

In de zes Nederlandse kolengestookte elektriciteitscentrales wordt circa 800.000 ton vliegias geproduceerd. Voordeel van dit afvalmateriaal is de relatief lage kostprijs. De belangrijkste bestanddelen van vliegias zijn amorf aluminosilicaten, kwarts, mulliet en ijzermineralen. Daarnaast is vliegias relatief rijk aan fosfaten, kalium, calcium en magnesium. De meeste vliegiasen zijn sterk alkalisch door de aanwezigheid van CaO. De chemische samenstelling van

vlieggas is voornamelijk afhankelijk van gebruikte kolensoort en stookcondities. De kwaliteit van de vlieggas wordt bewaakt aan de hand van de kwaliteit van de steenkool, waarvan een databank van gegevens bij de KEMA is opgeslagen.

Deze vlieggas heeft een wat andere samenstelling dan Beringiet en ontstaat bij hogere verbrandingstemperaturen (circa 1200 °C). De meningen over de bindingscapiteit zijn wisselend. In de VS zijn onder meer goede ervaringen opgedaan met bosbouw op vlieggas. Door de hogere verbrandingstemperatuur, treedt in eerste instantie verglazing op, waardoor de bindingscapaciteit afneemt. Maar na verloop van enkele jaren treedt verwerking van de vlieggas op, waarbij de bindingscapaciteit toeneemt. Op soortgelijke wijze als bij vulkanische assen of verhitte klei, worden metalen in kleimineraalstructuren opgenomen [8].

Door de aanwezigheid van fosfaten, kalium en veel sporenelementen heeft de toediening van vlieggas aan de bodem over het algemeen een gunstig effect op de bodemvruchtbaarheid.

Voor agrarische toepassing kan de pH van de behandelde bodem een probleem zijn. De pH van vlieggas varieert afhankelijk van de opslagcondities in de bodem tussen de 5 en de 8. Toevoeging van 5% alkalische vlieggas met een CaO-gehalte van 10% kan de pH voor enkele jaren op een waarde van circa 8 houden en vele tientallen jaren op een pH rond de 6. Deze laatste pH is geschikt voor de meeste landbouwkundige toepassingen. Bij een pH van 8 en hoger neemt het maatschappelijk draagvlak voor agrarische toepassingen aanzienlijk af.

Cement gestabiliseerd vlieggas, hetgeen in Nederland in de wegenbouw gebruikt wordt, heeft een initiële pH van 11-12, die na verloop van tijd stabiliseert op pH 8-9 [9]. De vlieggas, zoals dat in Nederland wordt geproduceerd heeft een sterk poedervormig structuur en dient voor toepassing in de bodem te worden bevochtigd. Vlieggas met een vochtgehalte van 15% (m/m) heeft eigenschappen van leemachtige grond en laat zich uitstekend bewerken. De kostprijs van het bewerkte materiaal, geschikt voor toepassing als bodemadditief varieert tussen de hfl. 20,- en hfl. 40,- /ton (exclusief transportkosten).

Testen in Vlaanderen op vlieggas als alternatief immobilisatiemateriaal voor Beringiet, bleken negatief uit te vallen [6]. De resultaten van dit onderzoek zijn niet gepubliceerd en het betreft mogelijk alleen de korte termijn werking. De immobiliserende werking van vlieggas treedt pas op na enkele jaren als verwerking heeft plaatsgevonden.

Een ander mogelijk nadeel van vlieggas is het vrijkomen van zouten, boor en molybdeen, die in relatief lage concentraties schadelijk zijn voor gewassen. Overigens hebben de meeste verbrandingsassen, ook Beringiet, hetzelfde probleem en betreft het alleen een korte termijn effect.

De aanwezigheid van andere metalen in het vlieggas, die in hogere gehalten dan thans in de Kempen aanwezig zijn, bemoeilijkt de directe toepassing van vlieggas in het kader van actief bodembeheer, waarbij minimaal "stand still" van de bodemkwaliteit wordt nagestreefd. Als bijmenging, waarbij een grote mate van verdunning optreedt, vervalt waarschijnlijk dit bezwaar.

5.3 Thermisch gereinigde grond

Er wordt per jaar circa 1.000.000 ton grond gereinigd in thermische installaties bij een temperatuur tussen de 500 en 650 graden °C. Het aanbod aan kleiachtige grond en specie bedraagt enige honderdduizenden tonnen. Er is op dit moment sprake van een overcapaciteit bij thermische installaties, waardoor de prijzen van reiniging relatief laag zijn.

Niet alleen worden bij deze behandeling de organische microverontreinigingen afgebroken, ook de fysische en chemische eigenschappen ondergaan drastische wijzigingen. Dit geldt met name voor gronden die een zekere hoeveelheid kleimineralen bevatten.

Net als bij Beringiet wordt een belangrijk deel van de kleimineralen thermisch geactiveerd. De temperatuur in de installaties is net voldoende om een deel van de aanwezige kleimineralen af te breken tot amorfe aluminosilicaten. Het zijn juist deze reactieve componenten, die zich goed lenen voor de binding van zware metalen als zink en cadmium. Niet bij alle metalen wordt hetzelfde effect waargenomen [5]. Geen effect of zelfs tegengestelde effecten werden waargenomen met betrekking tot arseen en chroom. Nog nagegaan dient te worden in hoeverre

deze temperatuur voldoende is voor activering. Niet duidelijk is ook wat deze temperatuur voor uitwerking heeft op de buffercapaciteit van het materiaal. Aanwezig kalk kan bij deze temperatuur een reactie aangaan met silicaat en aluminium, waarbij stabiele calciumaluminosilicaten ontstaan met een geringe zuurbufferende werking [10].

De prijs waarvoor het materiaal wordt aangeboden is relatief laag, omdat de volledige energiekosten door de ontdoener van verontreinigde grond worden betaald. Om de mobilisatie-eigenschappen te verbeteren kan een oventemperatuur verhoging tot circa 800 °C tegen relatief lage meerkosten worden gerealiseerd. De huidige thermische reinigingsinstallaties zijn echter niet voor deze temperaturen ontworpen en zullen aangepast moeten worden, hetgeen aanzienlijke investeringskosten met zich meebrengt.

De afzetmarkt van thermisch gereinigde grond is relatief klein. Omdat het organisch materiaal volledig is verbrand, betreft het onvruchtbare grond die veelal als categorie I grond wordt afgevoerd en om niet of tegen een kostprijs van enkele guldens per ton kan worden verkregen. Grootschalige toepassing in de Kempen heeft waarschijnlijk een aanzuigende werking op de hoeveelheid thermisch te reinigen grond, waarbij de prijs van het eindproduct in beperkte mate zal stijgen.

De kostprijs van toepassing van thermisch gereinigde grond per hectare is waarschijnlijk een factor 5x lager (circa hfl. 20,-/ton en hfl. 5000,-/ha) dan verhitte klei als het materiaal als direct product bruikbaar is.

Nadeel is ook hier de mogelijkheid dat het materiaal zouten en oxyanionen bevat, die worden gemobiliseerd. Additie aan zandgronden zal in de beginfase leiden tot verhoogde emissies naar de onderliggende bodem en het grondwater.

Indien thermisch gereinigde grond als bijmenging van schone klei gebruikt wordt, kan de hoeveelheid klei die tot circa 800 °C verhit wordt, verminderen waardoor de productiekosten per ton immobilisaat kunnen worden verlaagd.

5.4 Beleid en maatschappelijk draagvlak

Het nieuwe Nederlands bodemsaneringsbeleid stimuleert toepassing van innovatieve technieken, waaronder immobilisatie. Het beleid ten aanzien van de voorwaarden waaronder deze technieken toegepast kunnen worden, dient nog te worden uitgewerkt. Onder welke wetgeving de toepassing van immobilisaten in de Kempen valt is niet duidelijk. Indien toegepast in ernstig verontreinigde gebieden, dan is de Wet Bodembescherming het besluitvormingskader. Hier vormt de definitie van het "geval van bodemverontreiniging" een probleem. Toepassing van deze techniek in het kader van de Wbb vraagt een goedkeurende beschikking over een (raam)saneringsplan. Maar het is nog niet duidelijk welk gebied tot het geval gerekend wordt of dat het een cluster van gevallen betreft. Ook een gebiedsgerichte aanpak met eigen bodemkwaliteitsdoelstellingen behoort in het nieuwe bodemsaneringsbeleid tot de mogelijkheden.

Indien er voor gekozen wordt om de niet-ernstig verontreinigde gebieden buiten het kader van de Wbb aan te pakken, dan is op het toepassen van immobilisaten mogelijk ook het Bouwstoffenbesluit en de meststoffenwetgeving van toepassing. Als het als bouwstof wordt toegepast, dan vormt de samenstelling waarschijnlijk geen probleem omdat deze alleen op organische componenten wordt onderzocht. Met betrekking tot anorganische componenten wordt uitloogonderzoek uitgevoerd, waarbij mogelijk de emissies van anionen en zouten normen kunnen overschrijden. Mogelijk kan dit probleem door het immobilisaat te wassen of te spoelen worden opgelost. De lozing van het zoute afvalwater vormt vervolgens weer een probleem.

Het Bouwstoffenbesluit lijkt in dit kader niet de meest geëigende wetgeving, omdat de toepassing van immobilisaten niet onder condities van "terugneembaar na beëindiging van het werk" plaatsvindt. Het Nederlands beleid voor toepassing van immobilisaten in niet-ernstig verontreinigde gebieden is in dit kader nog niet duidelijk.

In Vlaanderen is meer ervaring opgedaan met het toepassen van immobilisatietechnieken en de OVAM [7] heeft een voorlopig beleid ontwikkeld.

Immobilisaten dienen duurzaam te zijn. Voor duurzaamheid wordt een werkingsperiode van minimaal 30 jaar, voordat nieuwe toediening nodig is, aangehouden. De voor opname beschikbare metaalfractie, dient aantoonbaar te zijn afgenomen tot onder de maximaal toelaatbare risicogrenswaarden. Hiervoor worden gestandaardiseerde testen op basis van humane toxiciteit, ecotoxiciteit en fytotoxiciteit, alsmede langlopende kolomproeven op de behandelde grond uitgevoerd.

Met betrekking tot het maatschappelijk draagvlak is in Vlaanderen ervaring opgedaan onder meer bij toepassing in tuinen bij Lommel. Aanvankelijk ontbreekt de acceptatie voor agrarische toepassing, totdat blijkt dat het werkt onder meer door aantoonbare toename van de gewasproductie en gewaskwaliteit.

Dit effect is in de Nederlandse situatie in mindere mate te verwachten, doordat de oppervlakte aan sterk verontreinigde gebieden waar fytotoxiciteit en zichtbare gewasschade optreedt, veel kleiner is dan in België. In het Nederlandse deel van de Kempen is de gewaskwaliteit vermoedelijk wel beïnvloed, maar gewasonderzoek vindt niet of nauwelijks plaats en heeft in ieder geval nog niet geleid tot het op grote schaal afkeuren van landbouwproducten.

Het draagvlak voor de agrarische toepassing van mogelijk verontreinigde materialen als vliegass en gereinigde grond, wordt door de provincie Noord-Brabant laag ingeschat. Voor het op grote schaal agrarisch toepassen van immobilisaten in de Kempen, ook van schone immobilisaten, zal een intensieve voorlichtingscampagne nodig zijn.

5.5 Economie en logistiek

Het gebruik van de immobilisaten is met name effectief in matig tot sterk verontreinigde landbouwgrond en tuinen. De toepassing van immobilisaten in deze gebieden vraagt niet om bijzondere methoden of speciale transportmiddelen. Het materiaal kan met de gewone agrarische technieken als frezen en ploegen worden ingebracht en met de toplaag tot circa 0,3 m-mv worden vermengd.

Toepassing in bestaande bossen of andere natuurgebieden ligt minder voor de hand, omdat het inbrengen van het immobilisaat zonder schade aan aanwezige begroeiing niet eenvoudig is te realiseren. Wel kan het materiaal gebruikt worden bij de omzetting van landbouwgronden in natuurgebieden.

De aanvoer van het materiaal kan voor kleinschalige toepassingen als een soort kunstmest in zakken plaatsvinden of voor grootschalige toepassing in vrachtwagens/containers worden aangevoerd.

De benodigde hoeveelheid in Nederland is nog niet bekend, omdat de omvang van het verontreinigde agrarische gebied nog niet is vastgesteld. In Vlaanderen is een gebied van circa 75 km² matig tot sterk verontreinigd [11]. Het Nederlandse gebied is in ieder geval kleiner. Als geraamd wordt, dat circa 50% van dit gebied agrarisch in gebruik is, dan is een eerste inschatting dat circa 25.000 hectare aan Nederlandse landbouwgrond voor behandeling met immobilisaten in aanmerking komt. Uitgaande van een maximale toedieningshoeveelheid van 200 ton/ha betekent dit dat maximaal een hoeveelheid van 5 miljoen ton, gespreid over een periode van circa 10 jaar, nodig is. Of te wel een maximale hoeveelheid van 500.000 ton per jaar. Een dergelijke hoeveelheid heeft waarschijnlijk geen invloed op de grondstoffenmarkt voor klei. Wel is bij deze hoeveelheden beïnvloeding van de prijzen van vliegass en gereinigde grond te verwachten.

EVALUATIE RESULTATEN

6.1 Verhitte rivierklei

De literatuurgegevens en eerste testen wijzen er op dat rivierklei een grondstof is, die door vermalen en verhitting goed geschikt te maken is als immobilisator. De vele miljoenen kubieke meter sediment, die de komende jaren bij de rivierverruimingsplannen van Rijkswaterstaat vrijkomt, zorgt voor voldoende aanbod van goedkoop en relatief schoon kalkhoudend sediment. Groot voordeel is dat het een natuurlijke bodemeigen materiaal betreft, dat geen afvalstoffen bevat en dat het een natuurlijk materiaal is dat de bodemkwaliteit van de arme zandgronden duurzaam kan verbeteren.

Nadeel is de relatief hoge productiekosten, die worden geschat op circa hfl. 100,- per ton en bij een 5% toevoeging aan de toplaag van de bodem circa hfl. 25.000,-/ha. Deze kosten zijn mogelijk hoog voor particulieren; het is echter maar een fractie van de kosten die met de traditionele bodemsaneringstechnieken van verwijdering samenhangen (> hfl. 1 mln/ha)

Met betrekking tot de duurzaamheid wordt verwacht, dat verhitte klei een lange termijn werking heeft. De werking van het materiaal is mogelijk minder effectief dan Beringiet en moet waarschijnlijk in iets grotere hoeveelheden aan de bodem worden toegevoegd. Bijmengingen kunnen de productkwaliteit met betrekking tot duurzaamheid mogelijk verbeteren en productiekosten verlagen.

6.2 Poederkoolvlieg

Voor toepassing in de Kempen wordt jaarlijks door de Nederlandse elektriciteitscentrales voldoende vlieg gas geproduceerd. Deze vlieg gas heeft een soortgelijke, maar andere samenstelling dan Beringiet doordat het bij hogere verbrandingstemperaturen is ontstaan en meer verglaasd materiaal aanwezig is. Na verloop van enkele jaren treedt verwerking van de vlieg gas op, waarbij de bindingscapaciteit toeneemt. Overeenkomstig als bij vulkanische assen, worden metalen in kleimineraalstructuren opgenomen.

De meningen over de bindingscapaciteit zijn wisselend. In de VS zijn onder meer goede ervaringen opgedaan met bosbouw op vlieg gas. Testen in Vlaanderen op vlieg gas als alternatief immobilisatiemateriaal voor Beringiet, bleken negatief uit te vallen.

Een probleem wordt verwacht met betrekking tot de korte termijn emissies en toxiciteit. Het betreft het tijdelijk vrijkomen van zouten, boor en molybdeen. De laatste twee zijn essentiële sporenelementen, die echter in verhoogde gehalten relatief snel toxisch worden.

Het maatschappelijk draagvlak in de Kempen voor gebruik van vlieg gas in zuivere vorm wordt laag ingeschat. Betere kansen liggen er voor bijmenging van vlieg gas in andere immobilisaten om de werkingsduur hiervan te verbeteren.

6.3 Thermisch gereinigde grond

Er worden jaarlijks enkele honderdduizenden tonnen grond thermisch gereinigd, hetgeen nauwelijks voldoende is om te voorzien in de totale behoefte, als deze grond een succesvol immobilisaat blijkt. Doordat de temperatuur in de thermische installaties lager ligt dan bij de productie van Beringiet, is slechts een deel van de kleimineralen thermisch geactiveerd, zodat de bindende werking voor cadmium en zink minder is. Het verhogen van de reinigingstemperatuur vraagt aanzienlijke investeringen in de huidige thermische reinigingsinstallaties.

Het maatschappelijk draagvlak voor de toepassing van thermisch gereinigde grond wordt lager ingeschat dan de toepassing van verhitte klei. Hoewel hier geen principiële verschillen tussen zijn, wordt het product snel gerelateerd aan bodemverontreiniging.

Indien thermisch gereinigde grond als bijmenging van schone klei gebruikt wordt, kunnen de productiekosten van laatstgenoemde immobilisator worden verlaagd. De prijs waarvoor het materiaal wordt aangeboden is relatief laag, omdat het grootste gedeelte van de energiekosten door de eigenaar/aanbieder van verontreinigde grond worden betaald, zodat deze grond tegen een kostprijs van enkele guldens kan worden verkregen.

6.4 Workshop

Op 24 mei 2000 zijn op een studiedag die mede door de SKB werd georganiseerd over 'Alternatieve saneringstechnieken in De Kempen', de voorlopige resultaten van deze studie gepresenteerd. Een verslag van deze workshop is in bijlage A opgenomen.

Naast immobilisatietechnieken werden ook bodemsaneringsmethoden op basis van fyto-remediëring voor de Kempen besproken. Aparte discussiegroepen waren geformeerd voor onderzoek en beleid.

Algemene conclusie van de aanwezige onderzoekers op deze studiedag was, dat de toepasbaarheid van fyto-remediëring in de Kempen nog veel vragen oproept, maar dat immobilisatie met behulp van Beringiet of soortgelijke kleiachtige materialen een bewezen saneringstechniek is.

Door de Vlaamse onderzoekers en beleidsmedewerkers van de OVAM werd aangegeven dat maatschappelijk draagvlak voor praktijktoepassingen bestaat. Het materiaal is met succes op landbouwgronden en tuinen door agrarische bedrijven en particulieren toegepast.

Omdat onvoldoende Beringiet beschikbaar is, wordt door het LUC en de OVAM gewerkt aan het ontwikkelen van soortgelijke alternatieven en het testen van de duurzaamheid hiervan. Afstemming van deze onderzoeken tussen beide landen vindt thans plaats en leidt waarschijnlijk tot gezamenlijke initiatieven. Vanuit de zijde van provincie Noord-Brabant zijn proefvelden nabij Budel voor praktijk toepassingen van immobilisaten ter beschikking gesteld. Vanuit de zijde van projectteam Actief Bodembeheer de Kempen (ABdK) werd aangegeven, dat nagegaan wordt hoe pilotprojecten met immobilisatie in het projectprogramma van ABdK kunnen worden opgenomen. Aan het einde van de workshop zijn de onderstaande prioriteiten voor het toekomstig onderzoek en beleid op het gebied van immobilisatie geformuleerd:

- Het vinden van materiaal dat Beringiet kan vervangen: Beringiet-II.
Termijn: binnen 1 jaar.
- Het opstellen van een beheersconcept (gebruiksadvies) dat aan de bewoners, agrarische bedrijven en andere gebruikers van het gebied kan worden gepresenteerd.
- Samenwerking en afstemming tussen onderzoeksprogramma's van SKB (Nederland) en OVAM (België).
- Vaststellen van het transportgedrag en de immobilisatie in de diepere bodemlagen en in het grondwater.
- Uitvoeren van proefprojecten met immobilisatie-technieken, waarbij enerzijds agrarische bedrijven betrokken zijn, en anderzijds onderzoekers die de praktijkvelden voor onderzoek gebruiken.

HOOFDSTUK 7

CONCLUSIES

Immobilisatie van zware metalen met behulp van verhitte kleihoudende materialen met een soortgelijke structuur als Beringiet is een kansrijke bodemsaneringstechniek. Zoals in Vlaanderen is aangetoond kan de duurzame werking hiervan worden bewezen middels laboratoriumonderzoek en praktijktoepassingen.

De techniek lijkt met name geschikt voor landbouwgrond en tuinen. Maatschappelijk draagvlak is te verwachten, als praktijk toepassingen van immobilisaten leiden tot aantoonbare toename van de gewasproductie en gewasqualiteit en in combinatie met een aanzienlijke reductie in kosten ten opzichte van de klassieke saneringstechnieken. De landbouworganisaties zijn echter nog niet met deze problematiek bezig en hierover zal nader overleg noodzakelijk zijn.

Binnen het nieuwe bodemsaneringsbeleid en het overheidsbeleid in de Kempen worden geen grote knelpunten verwacht met betrekking tot toepassing van immobilisaten.

De eerste evaluatie van een drietal potentiële alternatieven voor Beringiet leidt tot de conclusie dat op basis van verhitting van schone rivierklei waarschijnlijk het meest geschikte immobilisaat voor toepassing in de Kempen is te maken.

De alternatieven, thermisch gereinigde grond en poederkoolvliegias, dienen vanwege de economische voordelen niet zonder verder onderzoek te worden uitgesloten, maar hebben bij eerste beschouwing meer bezwaren om als uitgangsstof te worden toegepast. Bijmenging van deze materialen bij het hoofdproduct op basis van klei biedt meer perspectieven. Bijmenging van thermisch gereinigde grond kan de kosten van het immobilisaat reduceren. Vliegias kan mogelijk gebruikt worden als bijmenging om de duurzaamheid van het materiaal te vergroten. Ook dient de toevoeging van kleine hoeveelheden cement om de productkwaliteit en de bufferende werking te stabiliseren, te worden overwogen. Deze toevoeging dient beperkt te blijven omdat ingrijpende wijziging van de zuurgraad van de bodem het draagvlak voor agrarische toepassingen sterk verkleint.

HOOFDSTUK 8

AANBEVELINGEN VOOR VERVOLGFASE

Om het meest geschikte immobilisaat voor toepassing in de Kempen te ontwikkelen, zijn laboratorium- en veldexperimenten nodig, die antwoord geven op de volgende vragen:

- Wat is het meest effectieve uitgangsmateriaal?
- Wat is de invloed van de oventemperatuur en hoe kunnen energiekosten worden geminimaliseerd?
- In welke hoeveelheden dient het materiaal aan de bodem te worden toegediend?
- Welke andere bewerkingstappen dient het materiaal te ondergaan voor toepassing?
- Zijn er bijmengingen mogelijk om duurzaamheid te vergroten (vliegias) of om een constante productkwaliteit te bereiken (cement)?
- Is het materiaal ook effectief bij een neutrale pH, zoals bij veel landbouwkundige toepassingen gewenst is?
- Welke emissies zijn te verwachten en voldoen deze aan de van toepassing zijnde normstelling (Wbb, Bouwstoffenbesluit, meststoffenwetgeving) en andere vereisten (landbouwkundige kwaliteitseisen)?

LITERATUUR

- [1] J. Vangronsveld, J. V. Colpaert, K.K. v. Tichelen; Reclamation of a bare industrial area contaminated by non-ferrous metals; *Environmental Pollution* 94 (1996) 131.
- [2] Theo Lexmond, Jaco Vangronsveld: Immobilisatie van zware metalen en arseen in situ. 1996 *Bodem* 4. 142-145.
- [3] AB-DLO, SC-DLO, TNO-MEP, Studie in kader PGBO naar In situ immobilisatie van verontreinigde grond (1997).
- [4] S. Harkema; In situ immobilisatie van zware metalen, Stage-onderzoek in kader T2000 programma NOVEM, Universiteit Utrecht, DLO-Staring Centrum Wageningen, 1999.
- [5] C. Zevenbergen ea.; Immobilisation of heavy metals in contaminated soils by thermal treatment at intermediate temperatures, *Waste Materials in Construction*, Elsevier Science bv (1997) 661.
- [6] J. Vangronsveld, LUC Diepenbeek, mondelinge mededelingen, 2-5-2000.
- [7] V. Dries OVAM, Mechelen, mondelinge mededelingen d.d. 2-5-2000.
- [8] C. Zevenbergen, J.P. Bradley; Clay formation and metal fixation during weathering of coal fly ash. *Environ. Sci Technol* 33 (1999) 3405.
- [9] J. Meima, proefschrift; Leaching properties of MSWI bottom ash. UU Utrecht (1997).
- [10] Comans, R.N.J.; Zevenbergen, C.; Beoordeling van het effect van grondreiniging op de uitloogbaarheid van de grond, ECN-C-97-055, 1997.
- [11] V. Dries, 'Vlaamse beleidsopties zware metalen problematiek de Kempen', samenvatting in programmaboek Workshop Alternatieve saneringstechnieken in de Kempen 24-5-2000, SKB, Gouda, mei 2000.

BIJLAGE A

VERSLAG WORKSHOP "ALTERNATIEVE SANERINGSTECHNIEKEN IN DE KEMPEN"

Budel 24 Mei 2000

1. Samenvatting

Op 24 mei is een workshop gehouden te Budel over de aanpak van de regionale bodemverontreiniging die zowel in het Vlaamse als het Nederlandse deel van de Kempen aanwezig is. Organisatoren van het project waren ABdK (Actief Bodembeheer de Kempen), OVAM en de SKB. Aanwezig en betrokken waren onderzoekers en beleidsmakers uit beide landen.

Doel van de bijeenkomst was om de vragen die in de onderzoeks- en beleidsvelden van de beide landen leven, samen te brengen en vast te stellen, wat er nog moet gebeuren voordat het probleem concreet kan worden aangepakt.

Hoewel een volledig beeld van de actuele bodemkwaliteit en de (met name ecotoxicologische) risico's niet voorhanden is, wordt verwacht dat vanwege het zeer grote oppervlak beheersing en sanering met conventionele technieken niet overal haalbaar is.

Informatievoorziening hierover naar de bewoners en gebruikers van het gebied, en deze op de hoogte stellen van de situatie zoals die nu bekend is en de oplossingen waar nu aan wordt gedacht, wordt van groot belang geacht. Naar verwachting horen hierbij ook teelt- en gebruiksadviezen voor de grond, zodat de concrete blootstelling zich beperkt tot onder de hoeveelheid waarbij risico's kunnen optreden (veilige marge).

Alternatieve saneringstechnieken die in de workshop zijn besproken zijn immobilisatie en fyto-remediatie.

Aan het einde van de workshop zijn de onderstaande prioriteiten voor toekomstig onderzoek en beleid geformuleerd:

1. Het vinden van materiaal dat Beringiet kan vervangen: Beringiet-II. Van Beringiet is in Vlaanderen bewezen dat het materiaal zeer geschikt is voor immobilisatie, maar het is op. Termijn: binnen 1 jaar.
2. Het toepassen van intensief gecontroleerde fyto-remediëring in pilot-projecten op landbouw- en natuurgebied. Termijn om te starten: binnen twee jaar.
3. Het opstellen van een kaart van het gebied met als parameters de actuele kwaliteit in termen van samenstelling, maar ook (bio-)beschikbaarheid en risico's.
4. Het opstellen van een beheersconcept (gebruiksadvies) dat aan de bewoners, agrarische bedrijven en andere gebruikers van het gebied kan worden gepresenteerd.
5. Samenwerking en afstemming:
 - 1) tussen onderzoeksprogramma's van SKB en OVAM;
 - 2) tussen onderzoekers en beleidsmakers.Hiertoe is een intermediair noodzakelijk; vooralsnog is hiertoe alleen een internetpagina voorgesteld. Mogelijk kan hierin ook het kenniscentrum van het project ABdK een rol vervullen. Het is noodzakelijk dat de vragen maar vooral ook concrete antwoorden van de partijen bij elkaar komen.

De voorzitter acht het noodzakelijk dat deze sessie (in vergelijkbare of in andere vorm) periodiek zal worden herhaald.
6. Vaststellen van het transportgedrag en de immobilisatie in de diepere bodemlagen en in het grondwater.

7. Uitvoeren van proefprojecten met immobilisatie-technieken, waarbij enerzijds agrarische bedrijven betrokken zijn, en anderzijds onderzoekers die de praktijkvelden voor onderzoek gebruiken. Termijn: zodra Beringiet-II beschikbaar is, dus over circa een jaar.
8. Onderzoeken hoe voorkomen kan worden dat de toepassing van alternatieve saneringstechnieken in de Kempen ongewenste precedentwerking heeft voor het reguliere bodemsaneringsproces. Gevraagd wordt aan de onderzoekers mee te helpen argumenten aan te dragen voor de noodzaak om in bepaalde gevallen in de Kempen te kiezen voor het toepassen van immobilisatie en fyto-remediatie.
9. Afspraken maken met beleidsmakers op het gebied van ruimtelijke ordening: naast 'gebruiksgeoriënteerde sanering' is er zoiets denkbaar als 'verontreinigingsgerichte gebruiksinrichting'.

De geformuleerde prioriteiten 3, 4, 5, 8 en 9 worden in het kader van het project ABdK opgepakt. Aan het opstellen van kaarten van het gebied wordt momenteel veel aandacht besteed. Naast een saneringsconcept voor de aanpak van actuele risico's in het gebied zal het raamplan (dat eind 2001 gereed moet zijn) ook een beheersconcept bevatten met als doel om onder meer (verdere) verspreiding van verontreiniging tegen te gaan, risico's bij functiewijziging te voorkomen en gebruikers van de bodem in het gebied voor te lichten over eventuele gebruiksbeperkingen.

Aan prioriteiten 1 en 7 wordt in beide landen gewerkt: in Vlaanderen betreft het een project van het LUC (Limburgs Universitair Centrum), dat in samenwerking met de OVAM en de Union Minières wordt uitgevoerd; in Nederland betreft het een SKB-project, met als consortium Alterra, Chemielinco, provincie Noord-Brabant, Universiteit Utrecht en Vermeer.

Met betrekking tot prioriteiten 2 en 6 zijn thans SKB-projecten in voorbereiding.

Tot slot wordt geconcludeerd dat de keuze voor de locatie van de bijeenkomst een juiste is: op het grensvlak van de twee landen, midden in het probleemgebied met de betrokkenen. Er is een richting ingeslagen die past in de huidige ontwikkelingen van het bodembeheer.

2. Programma

Opening door de dagvoorzitter, Herman Eijsackers (Alterra).

Presentaties:

1. Inleiding op de situatie gezien vanuit het Vlaamse Gewest, door Victor Dries (OVAM).
2. Inleiding op de situatie gezien vanuit Noord-Brabant, door Tom Kamsma (provincie Noord-Brabant).
3. Fyto-remediëring: een mogelijke bijdrage aan de oplossing van de zware metalen problematiek in de Kempen, door Jan Japenga (Alterra).
4. Overzicht immobilisatietechnieken, o.a. met gebruikmaking van Beringiet, door Jaco Vangronsveld (LUC).
5. Uitkomsten 1^e fase van SKB-onderzoek naar immobilisatie op basis van klei/poederkoolvliegias, door Niels van der Gaast (Chemielinco).

Excursie naar het Budelco-terrein met een toelichting door T. Kamsma en S. Pustjens (Budelco).

Discussie-sessies over de aanpak van het probleem:

- onderzoek, onder leiding van Peter de Ruiter (Universiteit Utrecht);
- beleid, onder leiding van Victor Dries (OVAM).

Terugrapportage van de discussies en plenaire discussie.

Afsluiting door Carla Kuijpers (projectmanager ABdK).

3. Onderzoek

Door Peter de Ruiter, de voorzitter van deze sessie, is allereerst een raamwerk opgesteld op basis waarvan voor de twee te behandelen technieken kon worden aangegeven in hoeverre nog belangrijke vragen openstaan voordat tot toepassing kan worden overgegaan en of de lokale randvoorwaarden geschikt zijn voor de toepassing.

Het maatschappelijke aspect is alsnog, terzijde, ingebracht aangezien hier knelpunten al vanuit de onderzoekshoek worden verwacht.

Eén en ander kan in een tweetal tabellen worden samengevat: tabel A1 voor de vraagstelling; tabel A2 voor de invulling van de vragen.

Tabel A1. Vraagstelling.

Stand van de techniek	
beschikbare materialen	
effectiviteit	
neveneffecten	
duurzaamheid	
Toepassingseffecten	
aard problematiek	
benodigde tijd	
ruimtebeslag □	
kosten	
logistiek	
Maatschappelijk	
acceptatie	

Tabel A2. Toepassen / (nog) niet toepassen.

Immobilisatie		Fytoremediëring Fyto-extractie
Stand van de techniek		
negatief	geschikt materiaal ^A duurzaamheid onbekend	plantkeuze ^C beschikbaarheid contaminanten voor opname door planten ^D uitloging ^D
positief	alle overige punten ^B	Verder onderzoek is zeker gerechtvaardigd, maar voor toepassing is het nog te vroeg ^E
Toepassingsrandvoorwaarden		
negatief	verspreiding ^F (diepere grond- en grondwaterverontreiniging) verwerking ^F	beschikbaarheid contaminanten voor plant bij lage concentraties ^I meerdere metalen (vooral Cd en Zn) ^J afvoer en verwerking biomassa ^C landbouwkundige gewassen ^C
positief	hoge en lage concentraties ^G toepasbaar bij omzetting landbouw -> natuur ^H terugbrengen risico's: ^F - verspreiding humaan (lucht, uitloging); - humaan; - ecologisch.	lage concentraties ^I landbouwkundige gewassen ^K natuur ^K
Maatschappelijk		
negatief		ontwikkeling planten met gen-technologie ^C ?

- A. Aangetoond is dat cycloonassen (veelal aangeduid als Beringiet) de giftige zware metalen cadmium en zink immobiliseren wanneer deze worden gemengd met de verontreinigde grond. Beringiet is echter op. Momenteel wordt onderzoek verricht naar alternatieven hiervoor.
Hierbij wordt tevens gekeken naar fyto-immobilisatie en een combinatie van fysisch-chemische en biologische immobilisatie.
- B. De verwachting is dat binnen een jaar alternatieven gevonden zijn voor Beringiet. De verwachting is dat dan ook is aangetoond dat deze vergelijkbaar presteren als Beringiet. *De verwachting is dat immobilisatie binnen een jaar kan worden toegepast, mits eveneens goede monitoring plaatsvindt.*
- C. Er is nog geen geschikte plant gevonden die enerzijds een gunstige verhouding voor de metaalopname heeft per biomassa en anderzijds een gunstige biomassa per hectare opbrengt. Daar komen dan nog de aspecten ten aanzien van het nuttige gebruik en/of de risico's tijdens de verwerking van de aangereikte biomassa bij. Naast terugwinning van de metalen, kan worden gedacht aan bio-energie productie: zoals olie (koolzaad) of als brandhout.
Ingeschat wordt dat het momenteel maatschappelijk niet geaccepteerd is om, op basis van onderzoek naar genen, de planten te maken die de gewenste eigenschappen bezitten.
- D. De plantbeschikbaarheid van de zware metalen wordt soms gestuurd door een klimaat dat de plant zelf rond zijn wortelzone genereert. Dit klimaat kan behalve tot de mogelijkheid voor opname door de plant, leiden tot een risico op uitloging van het materiaal naar diepere bodem: een zeer ongewenst effect. Hier is onvoldoende inzicht in.
- E. Geconstateerd wordt dat er soms mooie resultaten met fyto-extractie worden geboekt, maar dat de openstaande vragen nog te belangrijk zijn om op korte termijn tot een toepassing te kunnen komen.
- F. De immobilisatietechniek is (met name) gericht op de toplaag en is toepasbaar voor de zandbodem. Dit betekent dat de eolisch belaste zone kan worden behandeld, maar niet de vroeger al door uitloging belaste diepere bodemlagen, waaronder het grondwater¹. De immobilisatie is niet geschikt voor de gehele verontreiniging. De aanpak van concrete zinkassen kan beter door verwijdering of civieltechnische isolatie.
Wel ontstaat er een gunstig effect: door immobilisatie wordt voorkomen dat nog meer van de bulk aan verontreiniging uit de toplaag naar de diepere lagen uitlooft.
Verspreiding door de lucht kan door beplanting van de behandelde gronden worden tegengegaan. Humaantoxicologisch en ecotoxicologisch is immobilisatie veilig. Er wordt zelfs een verbetering van de ecologische waarden verwacht ten opzichte van de zeer arme natuurlijke Kempische bodem.
Als aandachtspunt wordt het gedrag van de immobilisatie op lange termijn gezien. Weliswaar is in laboratoriumonderzoek een gunstig effect gedurende ten minste 30 jaar met behulp van simulaties aangetoond, en zelfs verbeterde het resultaat gedurende de eerste jaren in praktijktoepassingen, maar het wordt toch belangrijk geacht om de effecten van verwerking te controleren door een vorm van monitoring van de biobeschikbaarheid.
- G. In de Kempen zijn zowel gebieden met hoge als met relatief lage concentraties (matig verontreinigd) aanwezig waar de techniek kan worden toegepast.
- H. In de regio is een actief beleid om landbouwgronden om te zetten in natuurgebied. Dit is een uitgelezen moment om de aanwezige verontreinigingen te immobiliseren, zodat de natuur zich ook beter kan ontwikkelen.
Om de voortgang van de natuurontwikkeling niet te frustreren is het dan ook noodzakelijk om zo snel mogelijk te beginnen met de immobilisering.
- I. Voor fyto-remediëring is gunstig dat in het gebied grote hoeveelheden matig verontreinigde gronden aanwezig zijn. Bij de huidige stand van de techniek kan in dit geval binnen enkele

¹ Door Tauw wordt momenteel onderzocht of immobilisatie in de diepere bodem kan optreden. Het onderzoek is nog in een pril stadium.

tientallen jaren een bevredigende vermindering van de risico's worden verkregen. Weliswaar wordt het niet-realistisch geacht om gedurende deze tijd een terrein uit productie te nemen, maar dat kan veranderen als er andere planten zijn gevonden die een opbrengst genereren. Als vraag wordt nog gezien of de beschikbaarheid van het gif bij matig verontreinigde gronden niet te laag is om effectieve verlaging van de gehalten te verkrijgen. Aansluitend is het de vraag of verlaging van de gehalten noodzakelijk is indien de stof niet plantbeschikbaar is.

- J. In het gebied is een cocktail van verontreiniging aanwezig in de vorm van met name cadmium en zink. Verder zijn elders problemen met lood en arseen bekend. Het onderzoek heeft zich tot nu toe gericht op enkelvoudige verontreiniging. Zijn planten die een gunstige afname van zink kunnen bewerkstelligen wel bestand tegen cadmium en vice versa.
- K. De verontreinigde regio beslaat onder andere grote delen landbouw- en natuurgebied. Deze zijn in principe geschikt voor de toepassing van fyto-remediëring.

4. Beleid

Door de voorzitter van deze sessie, Victor Dries, werd een raamwerk voor de beoordeling van de verschillende saneringstechnieken uitgedeeld.

In onderstaand verslag van deze sessie zijn de voornaamste bedenkingen/opmerkingen opgenomen.

FYTOREMEDIATIE/-EXTRACTIE

In deze sessie is onderscheid gemaakt tussen fyto-remediatie en fyto-extractie in relatie tot de toepassingen (verontreinigingsgraad in relatie tot functie). Dit onderscheid is in onderstaande aandachtspunten niet aangebracht, zodat de inhoud betrekking kan hebben op één van beide technieken.

Als voordeel van deze technieken ten opzichte van de immobilisatie-technieken, ziet de groep dat de verontreiniging uit de bodem wordt verwijderd. Wel vraagt men zich het volgende af:

- Wat dient er te gebeuren met de geoogste beplanting?
- Hoeveel wordt opgenomen door de gewassen en hoeveel loogt uit naar het grondwater?
- Wat is de economische waarde van de gewassen; indien deze niet voor consumptie geschikt zijn, is er dan energieteelt mogelijk?
- In hoeverre hebben de landbouwers nog invloed op de keuze van de beplanting?
- Zijn de technieken toepasbaar voor bodems juist boven de norm?
- Als gronden worden bewerkt: is er dan beweging van metalen (komen deze onder de bewortelingszone of in het grondwater)?
- Hebben financiers in onderzoek en/of uitvoering interesse in projecten met een tijdsduur van 20 tot 50 jaar?
- Willen we hele gebieden met monocultuur? En waar geven de bewoners de voorkeur aan (grasvlaktes, dorre heide)?

De groep van beleidsmakers zijn het globaal over het volgende eens:

- Techniek moet niet op grote schaal gepromoot worden, maar is toch nog beter dan niets doen.
- Door onderzoek moet men beter bekend worden met de risico's in plaats van enkel maar de gehalten die verwijderd kunnen worden.
- Er moet gezocht worden naar "betere" gewassen.
- Toepassing kan gestimuleerd worden door opbrengsten te verhogen: subsidies + gewasopbrengst.
- De techniek kan toegepast worden binnen de kaders van de huidige wetgeving.
- Als er een actueel risico aanwezig is vormen deze technieken geen oplossing: fyto-extractie is geen korte termijn saneringstechniek.

- Er zijn geen belemmeringen om de techniek te proberen, wél bestaan nog veel onzekerheden over effectiviteit en neveneffecten.
- De ruimtelijke ordening houdt momenteel geen rekening met de bodemkwaliteit, zodat buiten het kader van de Wbb toepassing van deze technieken voor de aanpak van licht tot matig verontreinigde bodems niet of nauwelijks wordt opgepakt.

Conclusie:

Techniek is nog weinig in de praktijk toegepast, waardoor nog veel onzekerheden bestaan over effectiviteit en negatieve neveneffecten zoals uitspoeling. Pilot-projecten zijn dan ook essentieel. Toepassingsmogelijkheden t.b.v. landbouw en natuur zouden verder onderzocht moeten worden, vooral waar het gaat om maatschappelijke acceptatie van de lange tijd die nodig is voordat gehalten in de bodem gereduceerd zijn.

IMMOBILISEREN ONVERZADIGDE ZONE

De groep vraagt zich het volgende af:

- Is een nadeel van de techniek dat sprake kan zijn van een 'onomkeerbaar' proces? Wat indien over 10 of pas over 40-50 jaar een andere visie of techniek bestaat voor de aanpak van de verontreiniging?
- Is het net als fyto-remediatie een techniek die enkel toegepast moet worden als er geen andere mogelijkheid is?
- Immobilisatie in de teeltlaag: wat zijn de effecten op de diepere bodem?
- Bij de afweging of immobiliseren een goede maatregel is zou moeten worden betrokken waar bij afgraven van de grond de metalen naar toe gaan?
- Is immobilisatie toe te passen als tijdelijke beveiligingsmaatregel in combinatie met een latere verwijderingstechniek? (niet waarschijnlijk)

Binnen de groep van beleidsmakers bestaat overeenstemming over het volgende:

- Immobilisatie is wettelijk toepasbaar. Op basis van de vergelijking met IBC maatregelen wordt geconcludeerd dat isoleren van verontreiniging wettelijk is toegestaan. Verwijderen moet dan echter niet mogelijk zijn; soortgelijk als bij de vroegere LSO-afweging ("locatie specifieke omstandigheden"). Als de toegevoegde stof een "afvalstof" is, dan kan dit wettelijke problemen geven.
- In België wordt er een onderscheid gemaakt tussen historische en nieuwe verontreiniging. Bij een historische verontreiniging is immobilisatie geen probleem. België heeft goede ervaringen met het vastleggen van - ook zeer hoge concentraties - aan zware metalen verontreiniging.
- Voordeel is de risicoreductie (biobeschikbaarheid en verspreiding door verwaaiing) en het feit dat we weten waar de metalen zijn, maar nadeel is dat de verontreiniging niet verwijderd wordt en nazorg moet blijven.

IMMOBILISEREN VERZADIGDE ZONE GRONDWATER

- De toepassing van deze techniek wordt onderzocht door Budelco.
Er is hier sprake van diepe en zeer moeilijk te controleren dichtheidstroming.
- Verontreinigingen zijn van 50 tot 100 m diepte waargenomen.
- Er is nog weinig kennis van diepere ondergrond. Welke vastleggingsprocessen en microbiële activiteit hier optreden: het is nog onbekend terrein.
- Het grondwaterprobleem in de Kempen wordt nog steeds groter: wat betekent deze verdere verontreiniging van het grondwater met zware metalen? Tot welke concentraties is dit toelaatbaar? Wanneer geeft dit problemen voor waterleidingsbedrijven voor het zuiveren bij oppompen.
- Is immobilisatie van verontreinigingen in het diepe grondwater een duurzame oplossing?

Conclusie:

Diepe grondwaterproblemen oplossen door immobilisatie is alleen een alternatief als in specifieke situaties geen andere mogelijkheid bestaat. Een effectieve toepassing van deze techniek vraagt nog veel onderzoek.

BIOLOGISCHE EX-SITU EXTRACTIE

De volgende opmerkingen worden gemaakt:

- De techniek is een soort biologische grondwassing, waarbij niet alle metalen er uit worden gehaald.
- Wel is het een verwijderingsconcept met als voordeel: het resultaat is een bodem met een biologische actieve laag, dus ook toepasbaar voor de functies landbouw en natuur.

Conclusie:

Op basis van Vlaamse pilot-projecten kan geconcludeerd worden dat de kosten vergelijkbaar zijn met de klassieke technieken en de toepasbaarheid zich beperkt tot kleine terreinen.