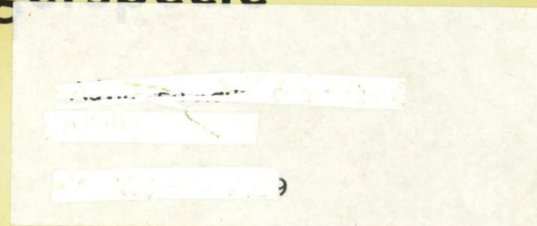




Thermische Immobilisatie van baggerspecie



Stand van zaken

Rapport DWW-2002-059



BIBLIOTHEEK BOUWDIENST RIJKSWATERSTAAT
NR. 20217 BDU.....

BIBLIOTHEEK
Bouwdienst Rijkswaterstaat
Postbus 20.000
3502 LA Utrecht

Thermische Immobilisatie van baggerspecie

Stand van zaken

Rapport DWW-2002-059

Colofon

Contactpersoon:	R. Ringeling (DWW)
Opgesteld door:	Grontmij Advies & Techniek BV, Utrecht H. Rienks (RIZA) T. Bolleboom (DWW) R. Ringeling (DWW)
Illustraties:	AKWA
Bestellingen:	M.A. Schomaker-van Rijsbergen (DWW) tel. 015-2518308
Versie:	1, d.d. juni 2002
Rapportnr.:	DWW-2002-059

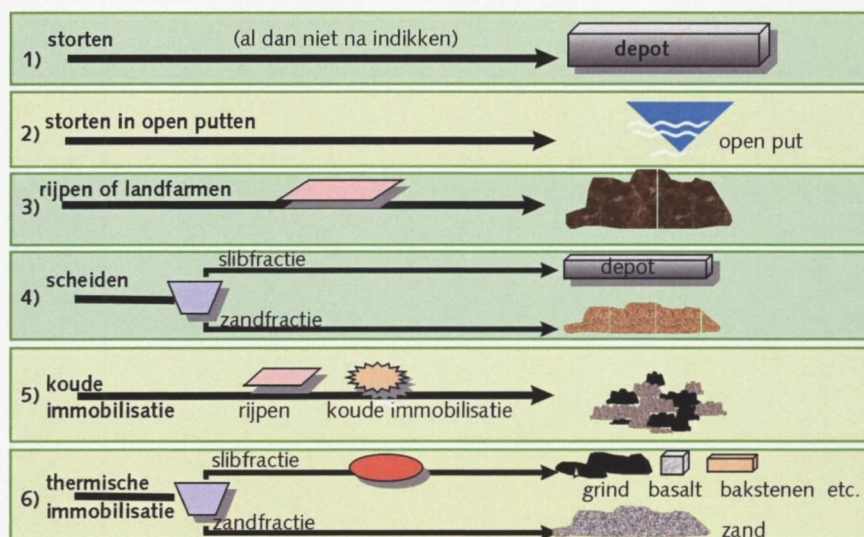
Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
1 Inleiding	5
2 Techniekbeschrijving	7
2.1 Algemeen	7
2.2 Thermische processen	8
2.2.1 Inleiding	8
2.2.2 Zeven fasen	8
2.2.3 Energieverbruik	9
2.2.4 Producten	9
3 Randvoorwaarden en perspectief	11
3.1 Inleiding	11
3.2 Processtappen	11
3.3 Markt	15
3.4 Kosten	16
3.5 Perspectief	17
4 Conclusies	21
Bronvermeldingen	23

1 Inleiding

Nederland en water zijn sinds mensenheugenis onlosmakelijk met elkaar verbonden. Onze watersystemen vervullen uiteenlopende functies. Naast de aan- en afvoer van water valt te denken aan scheepvaart, visserij, recreatie en ecologische functies. Om deze functies te kunnen handhaven is regulier onderhoud noodzakelijk. Een slechte waterbodemkwaliteit kan problemen veroorzaken bij het instandhouden van de bovengenoemde functies. Jaarlijks komt door regulier onderhoud en saneringswerkzaamheden, om de kwaliteit van het watersysteem te verbeteren, circa 25 tot 30 miljoen m³ baggerspecie vrij. Het merendeel hiervan (schoon en licht verontreinigd) kan worden verspreid op land en in oppervlaktewater. De schatting is dat deze verspreiding op dit moment niet mogelijk is voor ongeveer 3-5 miljoen m³, veelal om milieuhygiënische reden.

Figuur 1 geeft een overzicht van de behandelopties voor niet verspreidbare specie. Het grootste deel van deze specie wordt op dit moment nog gestort. Van de overige behandelopties wordt zandscheiding momenteel het meest toegepast.



Figuur 1: Behandelopties baggerspecie

In dit document worden de randvoorwaarden en mogelijkheden voor het toepassen van thermische immobilisatie in algemene zin beschreven. Voor een verdere uitdieping van dit onderwerp wordt verwezen naar de onderliggende documenten, zoals opgenomen in de bronvermelding.

Bij thermische immobilisatie worden fysische en chemische eigenschappen van een afvalstof gewijzigd. Het doel hiervan is om de (resterende) verontreinigingen zodanig vast te leggen dat ze zowel op de korte als op de lange termijn geen bedreiging vormen voor het milieu. Afhankelijk van de variant worden temperaturen toegepast tot meer dan 1.400 °C. Deze temperatuur ligt nog boven de voor de verbranding van gevaarlijke afvalstoffen toegepaste temperatuur (1.200 °C). Door het proces van thermische immobilisatie kunnen organische verontreinigingen dan ook volledig worden afgebroken (verbranding). Daarnaast wordt een deel van de anorganische componenten verwijderd (vluchtige zware metalen). Deze componenten worden echter niet afgebroken. Ze moeten worden afgevangen uit de

afgassen. Het resulterende rookgasreinigingresidu en/of vlieggas is een sterk verontreinigd restproduct, dat over het algemeen gestort zal moeten worden. De resterende verontreinigingen worden vastgelegd in het product, het immobilisaat. Het product kan, conform het Bouwstoffenbesluit, als bouwstof worden toegepast.

Algemeen gesteld kan thermische immobilisatie van (residuen van) baggerspecie in Nederland op onderzoeksschaal en pilot plant schaal als bewezen techniek wordt beschouwd. Er is echter nog geen ervaring met de toepassing van de techniek op productieschaal.

Om thermische immobilisatie in de toekomst op grote schaal te kunnen inzetten, dient aan bepaalde randvoorwaarden te worden voldaan. De belangrijkste randvoorwaarden betreffen:

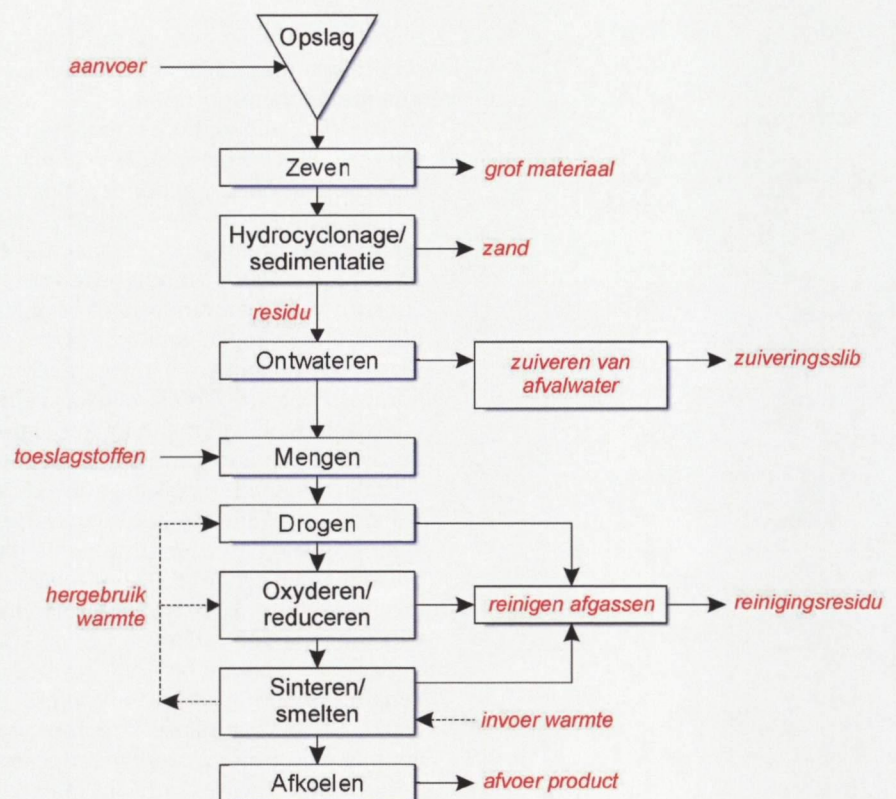
- technische aspecten (proces, opschaalbaarheid, effecten op de verontreinigingen);
- marktaspecten (kwaliteit product, kansen van het product op de bouwstoffenmarkt);
- bedrijfseconomische aspecten (kosten, afhankelijk van proces, schaal en ingangseigenschappen van de baggerspecie).

Andere relevante aspecten, zoals bijvoorbeeld ruimtelijke inpassing van een thermische immobilisatie 'plant' zijn sterk locatie-specifiek en worden in deze notitie verder niet behandeld.

2 Techniekbeschrijving

2.1 Algemeen

Immobilisatie heeft tot doel het maken van een product, waarin de (nog) aanwezige verontreinigende stoffen zodanig zijn vastgelegd, dat ze geen bedreiging meer vormen voor het milieu, zowel op de korte als de lange termijn. Hiermee onderscheidt deze techniek zich van zuiverings- en scheidingstechnieken, die beide een reststroom kunnen opleveren met zeer hoge concentraties aan verontreinigende stoffen. Het onderscheid is echter niet scherp: bij thermische immobilisatie kan ook sprake zijn van partiële reiniging, resulterend in een verder te verwerken afvalstroom (eventuele naverbranding van het afgas in verband met vluchtige organische componenten, afvangen van vervluchtigde anorganische stoffen).



Figuur 2 schematisch overzicht van de diverse processtappen bij thermische immobilisatie van baggerspecie. Gebaseerd op [5].

Op hoofdlijnen onderscheiden wij twee doelstellingen bij het immobiliseren van afvalstoffen:

1. immobilisatie, gericht op een verbetering van de verwerkingsmogelijkheid van een te storten afvalstof. Hierbij wordt immobilisatie toegepast, om de fysische en chemische eigenschappen van afvalstoffen dusdanig te verbeteren, dat de berging van de stoffen veiliger, eenvoudiger en/of goedkoper wordt. Dit is onder meer van belang bij bepaalde vliegassen;
2. immobilisatie, gericht op het produceren van afzetbare bouwstoffen. In deze variant liggen de eisen hoger, de toegepaste immobilisatietechnieken moeten leiden tot producten, die voldoen aan het Bouwstoffenbesluit

(milieutechnische eisen) en aan civieltechnische voorwaarden. Voorbeelden hiervan zijn de toepassing van vliegas in cement en in keramische korrels.

De toepassing van thermische immobilisatie bij verontreinigde baggerspecie (en grond) is gericht op het halen van de tweede doelstelling. De gehele keten van processtappen staat vermeld in figuur 2.

2.2 Thermische processen



proefinstallatie

2.2.1 Inleiding

De afvalstof, en eventuele additieven, wordt onder hoge temperatuur gebracht, waarbij de chemische verbindingen worden omgevormd (herschikking van de elementen in de roosterstructuur) of afgebroken, waarna nieuwvorming van componenten kan plaatsvinden. Kenmerkend is dat er vaak een rooster van aluminiumsilicaten wordt gevormd dat gelijkenis vertoont met in de natuur voorkomende gesteenten. Door afkoeling ontstaat vervolgens een hard product met een grote sterkte.

2.2.2 Zeven fasen

Het proces van thermische immobilisatie verdelen wij onder in zeven in elkaar overgaande temperatuurfasen:

1. verdamping van water bij temperaturen tot circa 100 °C. Dit betreft zowel het makkelijk verdampende vrije water als het water, dat in de poriën aanwezig is. Water, gebonden aan de kristalstructuren wordt pas bij hogere temperaturen verdreven;
2. afbraak van organisch materiaal. Deze afbraak kan zowel onder oxiderende als reducerende omstandigheden plaatsvinden. In aanwezigheid van zuurstof vindt verbranding tot hoofdzakelijk kooldioxide en waterdamp plaats. Onder reducerende omstandigheden worden koolmonoxide en verschillende koolwaterstoffen gevormd. Bij de afbraak van organische stof komt energie vrij. De afbraak kan, afhankelijk van de organische component, al beginnen bij temperaturen onder de 100 °C;
3. omzetting van anorganische componenten als hydroxiden, carbonaten en sulfaten. Bij een temperatuur boven de 500 °C ontleden carbonaten. Sulfiden verdwijnen in het temperatuurtraject van 400-600 °C. In aanwezigheid van zuurstof worden daarbij sulfaten gevormd, die op hun beurt worden omgezet in zwaveldioxide (boven 600 °C);
4. droge sintering. Bij droge sintering wordt een matrix gevormd door het aan elkaar groeien of verkleven van de korrels uit het uitgangsmateriaal zonder dat er een vloeibare fase (smelt) is te onderscheiden. Dit proces treedt op vanaf circa 900 °C. Deze verkitting is een herschikking van de elementen, waarbij de oorspronkelijk structuur van de kleimineralen verloren gaat. Het volume wordt hierbij sterk gereduceerd. Wanneer dit de laatste stap is in het verhittingsproces ontstaat (na afkoeling) een poreus product. In de praktijk komt het echter niet voor dat een proces alleen op droge sintering is gebaseerd, omdat in het temperatuurtraject van droge sintering ook natte sintering optreedt;
5. natte sintering (sinteren). Voor baggerspecie begint natte sintering tussen 950 en 1.050 °C. Er treedt een verdergaande verkitting van de korrels uit het uitgangsmateriaal op doordat het materiaal deels gaat smelten. Deeltjes met een laag smeltpunt worden viskeus en dringen tussen de nog niet gesmolten deeltjes. Daardoor gaan de oppervlakten van de nog niet gesmolten deeltjes eveneens smelten hetgeen uitwisseling van elementen bevordert. Afzonderlijke deeltjes groeien aan elkaar, zodat bij de afkoeling een sterk product ontstaat. Een bekend voorbeeld dat het resultaat is van droge en natte sintering is de baksteen;
6. smelten. Bij verdere verhoging van de temperatuur tot 1.200-1.400 °C zijn alle deeltjes gesmolten en niet meer afzonderlijk herkenbaar;

-
7. afkoeling. Hierbij bestaan twee mogelijkheden: snelle afkoeling en langzame afkoeling. Bij snelle afkoeling (bijvoorbeeld door uitloop in een waterbad) "bevrozen" de aanwezige elementen in hun vloeibare fase (glasvorming). Bij langzame afkoeling treedt kristallisatie op, waardoor nieuwe mineralen ontstaan. Glasachtige materialen (willekeurige rangschikking van de chemische verbindingen) komen onder meer voor als het restproduct "slak" bij diverse thermische processen (bijvoorbeeld hoogoven- en fosforslakken). Bij langzame afkoeling kan het materiaal in vormen worden gebracht om vormgeven bouwstoffen te produceren (basaltblokken, bijvoorbeeld).

De genoemde temperatuurgrenzen zijn niet hard. In de praktijk heeft de samenstelling van het uitgangsmateriaal een belangrijke invloed op de temperatuurtrajecten waarbij de verschillende processen plaatsvinden.

Het proces van thermische immobilisatie heeft de volgende belangrijke effecten op het uitgangsmateriaal:

- een deel van de bulk massa van het uitgangsmateriaal verdwijnt (water, organische stof, zwavelverbindingen etc.);
- het geproduceerde materiaal bevat slechts een deel van de verontreinigingen: organische verontreinigingen als PAK's, alsmede een deel van de anorganische verontreinigingen zoals bijvoorbeeld kwik, cadmium, lood, zink, zijn afgebroken of (gedeeltelijk) vervluchtigd;
- de achterblijvende verontreinigingen zijn vergaand vastgelegd in nieuwe mineraalroosters. Een gedeelte, met name de anionen, wordt wat minder sterk vastgelegd door adsorptie.

2.2.3 Energieverbruik

Thermische immobilisatie wordt, vanwege de benodigde hoge temperaturen, veelal geassocieerd met een hoog energieverbruik. Het grootste deel van het energieverbruik is echter gekoppeld aan de droging van het materiaal. Als het water (met een hoge soortelijke warmte) eenmaal is verwijderd, is het doorstoken van het droge materiaal minder energie-intensief. Tussen sinteren en smelten zit, ondanks het temperatuurverschil van enkele honderden graden, dan ook maar een beperkt energieverval (enkele procenten). Aangezien het terugwinnen van energie bij het werken bij hoge temperaturen relatief eenvoudig is, kan het energierendement vrij hoog worden gemaakt [5].

Een mogelijke brandstof voor het proces van thermische immobilisatie is een mengsel van niet-herbruikbaar plastic, hout en ander brandbare materialen (verzamelnaam RDF: Refused Derived Fuel).

Aangezien RDF een afvalstof is, zal in de vergunningaanvraag hiermee terdege rekening moeten worden gehouden. Naar verwachting zullen er strenge eisen worden gesteld aan een fabriek waar RDF wordt verbrand, met name voor wat betreft de emissies naar de lucht.

2.2.4 Producten

De producten van de thermische immobilisatie zijn:

- bij sinteren: kunstgrind en bakstenen;
- bij smelten: slakkengranulaat en kunstbasalt.

Ten behoeve van de productie van *kunstgrind* wordt de gepelleteerde baggerspecie verhit tot circa 1.150-1.200 °C. Het kunstgrind is qua fysische eigenschappen geschikt als vervanger van natuurlijk grind. Door een kleine hoeveelheid kool door de pellets te mengen kan een lichtgewicht grind gemaakt worden. Voeding van de installatie met baggerspecie met een hoog gehalte aan organische stof leidt eveneens tot de productie van licht grind.

Beide soorten grind kunnen aan de eisen van het Bouwstoffenbesluit voldoen. Dit geldt zowel in gebonden toepassingen, bijvoorbeeld in beton of asfalt, als in niet-gebonden toepassingen, bijvoorbeeld als verhardingsmateriaal.



Zuilen

Een andere mogelijkheid is het vervaardigen van *bakstenen*. Het bakken van grofkeramische producten (hier toe behoren ook straatstenen en tegels) gebeurt op 1.060-1.080 °C. Vanuit civieltechnische en milieuhygiënisch perspectief is het mogelijk om een goed product te maken. De aanwezigheid van organisch materiaal kan echter tot een te hoge porositeit leiden. Een belangrijke rol speelt eveneens het visuele aspect: kleurafwijkingen resulteren in een verminderde verkoopbaarheid.

Het belangrijkste eindproduct bij het smeltproces is *slakgranulaat*. Verhitting vindt plaats tot 1.300-1.400 °C, de afkoeling verloopt snel door uitloop in een waterbad. Het product is geschikt als (gedeeltelijke) grindvervanger en als funderingsmateriaal. Afhankelijk van de samenstelling van de voeding is het gebruik van toeslagmaterialen nodig, met name kalksteen (of een kalkhoudende afvalstof).

Bij de productie van *kunstbasalt* vindt de afkoeling langzaam plaats. Indien het materiaal in vormen wordt gebracht kunnen vormgegeven bouwmaterialen als basaltzuiltjes worden geproduceerd. In granulaatvorm heeft gekristalliseerd materiaal een hogere oppervlakteruwheid, waardoor de haakweerstand en daarmee de civieltechnische toepassingsmogelijkheden groter zijn. De minerale samenstelling is van groot belang voor de kristallisatie. Door de toevoeging van toeslagmaterialen én het aanhouden van een gecontroleerde koeling kan een volledig kristallijn materiaal worden gemaakt.

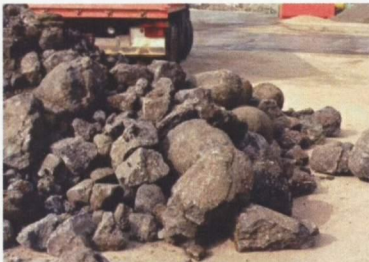
In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de randvoorwaarden waaronder de producten op grootschalige wijze uit baggerspecie kunnen worden vervaardigd

3 Randvoorwaarden en perspectief

3.1 Inleiding

Op dit moment wordt in Nederland (residu uit) baggerspecie nog niet op grootschalige wijze thermisch geïmmobiliseerd. De voorwaarden, waaronder dit wel zou kunnen gebeuren komen in dit hoofdstuk ter sprake. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de technische aspecten (de processtappen, paragraaf 3.2), de marktaspecten (paragraaf 3.3) en het kostenaspect (paragraaf 3.4). Op het perspectief van thermische immobilisatie van baggerspecie wordt ingegaan in paragraaf 3.5.

Zoals gesteld in hoofdstuk 1 geldt voor de hier beschreven technieken dat ze op laboratorium en pilot plant schaal gelden als bewezen technieken. In het intermezzo in paragraaf 3.2 worden ter onderbouwing hiervan twee voorbeelden gepresenteerd



immobilisaat

3.2 Processtappen

De volgende technische aspecten zijn van belang:

- Voorbehandelen. Voor baggerspecie is in ieder geval (mechanische) ontwatering aan de orde. Dit kan bijvoorbeeld in tijdelijke depots plaatsvinden. Voor specie met een hoog zandgehalte geldt verder dat er, middels deeltjesscheiding, eerst zandverwijdering moet plaatsvinden. De belangrijkste redenen hiervoor zijn:
 - het materiaal heeft betere smelteïgenschappen. Bij een hoog zandgehalte moet het materiaal langer en sterker verhit worden zodat ook de kwartskorrels "mee gaan doen" aan het thermische proces;
 - bij hogere zandgehalten zijn meer toeslagstoffen nodig.
- Als grens voor de (bedrijfseconomisch) verantwoorde ontzanding als zelfstandige bewerkingsstap wordt wel een zandgehalte van 50-60% aangehouden (betrokken op de droge stof). Voor de toepassing van thermische immobilisatie is een verdere ontzanding noodzakelijk. Indicatief kan als maximale bovengrens een gehalte van 30% zand worden genoemd.
- Het afgescheiden zand is meestal herbruikbaar als categorie-1 materiaal. Het positieve neveneffect van deze technische eis is, dat de hoeveelheid materiaal die tegen hoge kosten verhit moet worden sterk wordt gereduceerd;
- Vormgeven. De wijze waarop het product zal worden toegepast is mede bepalend voor de vorm. Een andere belangrijke factor is de procesfase waarin de thermische immobilisatie is uitgevoerd: bij sinteren blijft de vorm grotendeels dezelfde; bij smelten gaat de oorspronkelijk vorm geheel verloren;
- Thermisch drogen. De verdamping van het water kan plaatsvinden in een afzonderlijke droogoven of in de sinteroven. De keuze hangt af van de meest effectieve warmtebenutting en de wijze van rookgasbehandeling;
- Oxideren/reduceren. Bij afbraak van organisch materiaal onder oxiderende omstandigheden ontstaan grote rookgasvolumes. Er treedt een relatief geringe vervluchtiging op van verontreinigende stoffen (zoals bijvoorbeeld kwik). Als de afbraak onder reducerende omstandigheden plaatsvindt (pyrolyse), is het rookgasvolume relatief gering, maar is wel sprake van een grotere vervluchtiging van verontreinigende stoffen. De kans op de vorming van toxische organische verbindingen is bij pyrolyse groter dan bij (oxidatieve) verbranding;

- Sinteren/smelten. Bij sinteren zijn tunnelovens (baksteenindustrie), sinterbandovens en draaitrommelovens veelgebruikte ovens. Vrijwel alle sinterovens zijn gasgestookt. Smelten gebeurt veelal in een statische smeltoven (vaak elektrisch gestookt);
- Rookgasbehandeling. De rookgasbehandeling is een belangrijk onderdeel van het gehele proces; hierbij kunnen verontreinigende stoffen vrijkomen. In de vergunning zullen strenge eisen gekoppeld worden aan de behandeling van het rookgas. Bij de rookgasreiniging ontstaan restproducten (onder andere vliegassen. De hoeveelheid vliegassen die ontstaat is vrij beperkt en ligt in de orde grootte van 5 kilo per ton product [6]. Naar verwachting zal deze hoeveelheid hoger zijn als bijvoorbeeld RDF als brandstof voor het thermische proces wordt gebruikt);
- Afkoelen. De snelheid van afkoeling is van invloed op de kwaliteit van het eindproduct. Bij een langzame afkoeling ontstaat een minerale structuur. Fysische eigenschappen, zoals sterkte en porositeit zijn afhankelijk van de gevormde structuur.
- Verwerking reststoffen. Bij de verschillende processtappen komen reststoffen vrij. Genoemd is al het afgescheiden zand, dat over het algemeen eenvoudig afzetbaar is. Bij het thermische proces komt verontreinigd water vrij, dat moet worden behandeld. Het daarbij vrijkomende zuiveringsslib moet worden verwerkt.
Rookgasreinigingresiduen en/of vliegassen zullen moeten worden gestort, veelal als gevaarlijke afvalstoffen. Eventueel kan een aanvullende behandeling (zoals koude immobilisatie) voor het storten noodzakelijk zijn.

Een belangrijke voorwaarde voor de vorming van een inerte en resistente matrix, met de juiste porositeit is de elementaire samenstelling van het uitgangsmateriaal. Om hieraan tegemoet te komen kunnen toeslagmaterialen worden gebruikt (bij voorkeur in de vorm van andere afvalstoffen). De receptuur komt tot stand na vooronderzoek van het te immobiliseren materiaal in het laboratorium.

Daarnaast is het van belang om het doorlopen van het techniek-bepaalde temperatuurtraject goed te sturen.

De snelheid van de temperatuurstijging is van invloed op de kwaliteit van het gevormde immobilisaat. Het te snel doorlopen van het temperatuurtraject heeft tot gevolg dat het organische materiaal onvolledig verbrandt, hetgeen nadelig is voor de milieuhygiënische eigenschappen van het eindproduct. Tevens kunnen bij een snelle temperatuurstijging gassen ontwijken waarbij het gesinterde immobilisaat te poreus wordt. Snelle temperatuurstijging komt onder andere voor bij hoge oliegehalten (spontane verbranding). Dit probleem is minder van belang als het materiaal volledig wordt gesmolten.

Zoals al aangegeven heeft ook de afkoelsnelheid invloed op de kwaliteit van het product. Te snelle afkoeling van gesinterd materiaal kan tot scheurvorming leiden. Indien gesmolten materiaal vormgegeven moet uitkristalliseren (kunstbasalt), dan dient de snelheid van afkoelen te worden afgestemd op de inhoud - oppervlakte verhouding van het product.

Bouwstoffenbesluit

Vanuit milieuhygiënisch perspectief worden de toepassingsmogelijkheden van immobilisaten bepaald door de samenstelling en het uitlooggedrag. Voor beide zijn normen vastgelegd in het Bouwstoffenbesluit.

Het immobilisaat heeft dikwijls een lage porositeit. Daardoor is de beschikbaarheid van verontreinigende stoffen zeer laag. Bij verwerking van de immobilisaten (door chemische en/of fysische invloeden) kan de mobiliteit toenemen. Omdat de (ook in de natuur voorkomende) silicaatroosters zeer

persistent zijn, is dit een langzaam proces, vergelijkbaar met de verwerking van gesteente.

Civieltechnische voorwaarden

Aan de immobilisaten worden allerlei eisen gesteld die moeten borgen dat het immobilisaat (vormgegeven of als toeslagmateriaal) even goed voldoet als de regulier in gebruik zijnde materialen. Afhankelijk van de beoogde toepassing is onderzoek naar deeltjesgrootte verdeling, druksterkte, verbrijzelingpercentage, vorstbestandheid etc. noodzakelijk.

Voor de meeste milieuhygiënische en civieltechnische eisen bestaan gestandaardiseerde onderzoeksprotocollen (bijvoorbeeld NEN- en RAW-voorschriften).

Slotopmerking technische aspecten

Bij de verschillende bewerkingsconcepten (productie bakstenen, kunstgrind, slakgranulaat en kunstbasalt) treden uiteraard verschillen op in technische uitvoerbaarheid. Hierbij valt onder meer te denken aan de mate van verwijdering/vastlegging van verontreinigende stoffen, de gevoeligheid van het proces voor storingen, de voorbewerking, de afgasreiniging en het energieverbruik. Naar verwachting zijn deze verschillen niet zodanig onderscheidend dat op basis daarvan substantiële verschillen in het perspectief voor toepassing op productieschaal kunnen worden benoemd.

Een aandachtspunt voor alle genoemde producten is, ten slotte, de terugneembaarheid van en het omgaan met de materialen als het werk zijn functie heeft verloren. Er zal een zekere garantie moeten zijn dat het omgaan met deze materialen ook in de toekomst op een milieuhygiënisch verantwoorde wijze zal plaatsvinden (bijvoorbeeld bij het vrijkomen van bouw- en sloopafval). Hiernaar zal nog onderzoek moeten worden uitgevoerd.

Intermezzo: Twee praktijkvoorbeelden

Kunstgrind

Kunstgrind is een sinterproduct. De productie van (licht) kunstgrind uit primaire materialen is een al lang bestaande en geaccepteerde techniek. In de jaren negentig zijn diverse onderzoeken uitgevoerd naar het produceren van kunstgrind uit afvalstoffen zoals verontreinigde grond en baggerspecie. Deze onderzoeken zijn onder andere uitgevoerd in het kader van de POSW- en T-2000-onderzoeksprogramma's. Gebleken is dat het geproduceerde kunstgrind gunstige milieuhygiënische (tabel 3.1) en civieltechnische eigenschappen bezit, die toepassing als toeslagmateriaal in de wegenbouw mogelijk maken. De uitloogtesten geven aan dat het materiaal vrij kan worden toegepast, mogelijk met uitzondering van de uitloging van arseen, dat het product een gebruiksbeperking kan opleggen (geïsoleerde toepassing).

Dit probleem kan echter (grotendeels) worden ondervangen door het hanteren van acceptatiecriteria voor de te behandelen specie, de keuze van de toeslagstoffen en/of door het naschakelen van een oppervlaktebehandelingstechniek in het proces.

De totale kosten voor het sinterproces (dat wil zeggen inclusief de noodzakelijke voorbehandeling zoals zandscheiding en ontwatering) zijn geschat op € 40-55,- per m³ in-situ, afhankelijk van het type specie [5].

Tabel 3.1 samenstelling en emissie uit keramisch kunstgrind en asfaltproefstuk met kunstgrind [6]

	Kunstgrind ¹	Kunstgrind ¹	Asfaltproefstuk met kunstgrind ²	Grenswaarde categorie 1 bouwstof
	Totaal samenstelling (mg/kg)	Max. beschikbaar(mg/kg)	Emissie (mg/m ²)	Emissie bij H=0,3 m (mg/m ²)
As	100	24	< 2,41	41
Cd	7	0,03	< 0,14	1,1
Cu	284	3,7	< 1,7	51
Mo	11	1,9	< 2,86	14
Pb	2615	2,0	< 1,79	120
Sb	273	1,5	< 0,71	3,7
Sn	2837	< 0,5	< 16,09	29
V	398	15,5	< 2,86	230
Zn	4233	33	71,13	200

¹: vervaardigd uit baggerspecie uit de Malburgerhaven te Arnhem

²: grind vervangen door keramisch kunstgrind van baggerspecie uit de Malburgerhaven + 10% as van zuiveringsslib

Pilotsanering Nieuwe Merwede

In een kribvak van de Nieuwe Merwede is een 1,5 m dikke sliblaag ontgraven [7]. Het procédé bestond achtereenvolgens uit zandscheiding, mechanisch ontwateren en drogen, gevolgd door smelten/kristalliseren. De laatste stap is in Duitsland uitgevoerd.



Taludbekleding Woudrichem

De voorbereiding heeft plaatsgevonden op een in Nederland gangbare wijze: verwijderen grove bestanddelen met behulp van zeven, verwijdering zand met behulp van hydrocyclonage. De slibstroom is onder toevoeging van een poly-electrolyet ontwaterd tot een slibkoek met een drogestofgehalte van 50-55%. De thermisch droging van het slib vond plaats bij een temperatuur van 220-350 °C in een draaitrommeloven van ATM te Moerdijk. Dit resulteerde in een drogestofgehalte van circa 95%. In de naverbrander werden de vervluchtigde organische verontreinigingen verbrand bij 850 °C.

Het gedroogde slib is tezamen met de toeslagstoffen magnesiumoxide en kalk in de oven gebracht. Het smelten vond plaats bij een temperatuur van 1.400-1.500 °C en een reducerend ingestelde atmosfeer.

Een gedeelte van de specie is geïmmobiliseerd tot kunstbasalt (gekristalliseerd vormgegeven en gebroken materiaal). In totaal is circa 290 ton granulaat en 11 ton vormgegeven product (kunstbasalt-zetsteen) geproduceerd.

In het civieltechnisch onderzoek (stevigheid, duurzaamheid) kreeg het kunstbasalt de kwalificatie 'redelijk' tot 'goed'. Voor het granulaat gold dat:

- voor toepassing in cementbeton volledig wordt voldaan aan de eisen;
- voor toepassing in asfalt alleen het verbrijzelingspercentage nog niet voldoet aan de gestelde eis;
- de vorstbestandheid goed is;
- het materiaal geschikt is voor ongebonden toepassing in wegfunderingen (tabel 3.2).

Tabel 3.2 samenvatting resultaten civieltechnisch onderzoek kunstbasalt-granulaat bij een toepassing als funderingsmateriaal [8].

Eigenschap	Resultaat	Eis
Bestandheid tegen vocht	0,0 % (m/m)	< 5 % (m/m)
Verbrijzelingsfactor	C 45 – C 31,5	0,72
	C 31,5 – C 22,4	0,70
	C 22,4 – C 16	0,69
	C 16 – C 11,2	0,70
CBR ¹ waarde van het materiaal < zeef C 22,4	73/61	> 50 %
Gehalte aan platte stukken	Gemiddeld 5 % (m/m)	Gemiddeld < 15 % (m/m)

¹: maat voor de draagkracht

Uitloogonderzoek heeft uitgewezen dat het immobilisaat zonder isolerende voorzieningen toepasbaar is (categorie 1 bouwstof).

De zuiltjes zijn toegepast als zetstenen in een taludbekleding. De granulaten 0-4 mm respectievelijk 4-20 mm zijn ingezet als toeslagmateriaal voor Basalton. De granulaten 20-40 mm en >40 mm zijn ingezet als filter- en instrooimateriaal. Zowel de zuiltjes als de granulaten zijn toegepast in de historische haven van Woudrichem.

Op basis van een financieel-economische evaluatie, rekening houdend met een grootschalige verwerking volgens hetzelfde procédé is geschat dat het verwerkingstarief varieert tussen € 40,- en € 100,- per ton droge stof ingangsmateriaal (overeenkomend met € 55-68,- per m³ in-situ, afhankelijk van het type specie [5]).

3.3 Markt

De twee belangrijkste marktaspecten zijn de productkwaliteit en de afzetbaarheid.

Productkwaliteit

Van de producten van sinteren en smelten is bewezen, dat zij aan de milieuhygiënische en civieltechnische eisen kunnen voldoen. Sinteren heeft daarbij het voordeel, dat het geproduceerde licht grind in bepaalde toepassingen een aantrekkelijke vervanger van natuurgrind kan zijn, omdat de (beton)constructie lichter wordt met behoud van de totale sterkte.

Afzetbaarheid

Bij het bakken van stenen speelt de geringe publieke acceptatie van een uit afval geproduceerde bouwstof. Vooralsnog hebben dergelijke producten voor in het oog vallende toepassing een slecht imago. De concurrentiepositie ten opzichte van de bestaande stenen is in dit opzicht matig. Ook zal naar verwachting, mede als gevolg van de werkzaamheden in de uiterwaarden (Ruimte voor de rivieren), het aanbod van primaire klei voor de baksteenindustrie onverminderd hoog zijn.

Bij het sinteren en het smelten is het voldoen aan het Bouwstoffenbesluit integraal onderdeel van het technologische concept. Het sinterproduct moet concurreren met natuurgrind. Vooralsnog wordt in Nederland geen krapte in het grindaanbod verwacht, zodat hier sprake is van een slechte concurrentiepositie.

Dat geldt voor het middels sinteren geproduceerde licht grind in mindere mate. Voor toepassing in constructies is het mindere gewicht een goed verkoop

argument. In het verleden is licht grind, geproduceerd op basis van vlieg-as uit elektriciteitscentrales steeds afzetbaar gebleken

Kunstbasalt moet de zeer sterke prijs concurrentie aangaan met primair basalt. Vooral voor het vormgegeven kunstbasalt wegen de extra kosten voor het vormgeven vermoedelijk niet op tegen de potentieel hogere afzetprijs.

3.4 Kosten

Ondanks het vele al verrichte onderzoek is er is momenteel geen sluitend inzicht in de verwerkingskosten. Dit hangt onder meer samen met de terughoudendheid van de aanbieders van de verschillende technologieën om een vergaand inzicht te geven in hun kostenopbouw. Maar tevens is van belang, dat "de gemiddelde baggerspecie" niet bestaat en de kritische verontreinigingen en componenten van techniek tot techniek verschillend zijn. Aanbieders zijn niet in staat, om op basis van de zeer indicatieve samenstellinggegevens een alles dekkend tarief af te geven. De genoemde tarieven zijn indicatief, maar voldoende om een relatief beeld te schetsen.

Bij het kostenaspect speelt energieverbruik een grote rol. Verschillende processen kunnen bij beschikbaarheid van hoogwaardige restwarmte aantrekkelijker worden. Bedrijven met restwarmte zullen echter op de eerste plaats gehouden zijn aan de eigen energieoptimalisatie, zodat vooralsnog niet kan worden aangenomen, dat dergelijke energie op grote schaal op de markt beschikbaar wordt gesteld.

Een nadeel van de afhankelijkheid van restwarmte van derden is verder, dat er sprake is van (wederzijdse) afhankelijkheid, zonder de mogelijkheid van wederzijds ingrijpen. Voor een ongestoorde procesgang is het noodzakelijk, dat er back-up energie installaties in de speciebewerkingsinrichting aanwezig zijn. Dit betekent, dat er hierop gerichte investeringen moeten worden gedaan. De sturing en bewaking van de aangeleverde restwarmte is een technische complicatie, die aanvullende investeringen en operationele kosten noodzakelijk maakt.

Concepten, waarin als energiedrager andere afvalstromen en/of RDF (kunnen) worden ingezet zijn relatief in het voordeel. Gegeven de ontwikkelingen in de markt (een toename van de inzet van afval als brandstof bij "traditionele" energieverbruikers) is het evenwel niet vanzelfsprekend, dat deze energiedragers ook daadwerkelijk beschikbaar zullen zijn. Het is in dit opzicht positief, dat het voornemen bestaat, om beleidsmatig te kiezen voor een verhoogde inzet van hoogcalorisch afval en afgescheiden afvalbestanddelen als energiebron [8].

De kostenindicaties worden gekenmerkt door een grote bandbreedte. Hiermee wordt geanticipeerd op enerzijds de onzekerheden rondom de daadwerkelijke bedrijfsuitvoering (capaciteit, zijn er aanbodgaranties?) en anderzijds de grote variatie aan specie-eigenschappen. Met name het zandgehalte is een kritische parameter voor de thermische verwerking van baggerspecie. Onderstaande kostenindicaties zijn inclusief BTW en zijn geldig voor de *gehele* verwerkingsketen bij een volledig operationele permanente installatie met een afschrijvingsperiode van 15 - 20 jaar. De kosten zijn *exclusief* transport en afzet van de producten.

De genoemde bedragen gelden per ton ingangsmateriaal met een drogestofgehalte van 50%:

Bakstenen:	€ 55 - 110,- per ton;
Kunstgrind:	€ 55 - 110,- per ton;
Kunstbasalt:	€ 40 - 85,- per ton.

In het rekenmodel, dat is gebruikt bij het Landelijke Tienjarensce­nario [2], was behoefte om te werken met eenheidsprijzen voor de verschillende verwerkingstechnieken. In dat model zijn (omgerekend naar €) de volgende kosten voor zandscheiding en het thermische proces (inclusief BTW, exclusief transport en afzet) gehanteerd:

- € 45,- per ton droge stof voor zandrijke specie (€ 53,- per m³ in-situ);
- € 70,- per ton droge stof voor matig zandige specie (€ 59,- per m³ in-situ);
- € 70,- per ton droge stof voor slibrijke specie (€ 37,- per m³ in-situ).

De kosten (inclusief BTW) voor de andere in Impuls B2 [1] genoemde verwerkingstechnieken en bestemmingen bedragen (ook hier afhankelijkheid van de schaal­grootte en speci­type en omgerekend naar €):

Storten:	€ 9,- - € 14,- per m ³ in-situ;
Zandscheiding:	€ 11,- - € 16,- per m ³ in-situ;
Rijping/landfarming:	€ 23,- per m ³ in-situ;
Koude immobilisatie:	€ 27,- - € 36,- per m ³ in-situ.

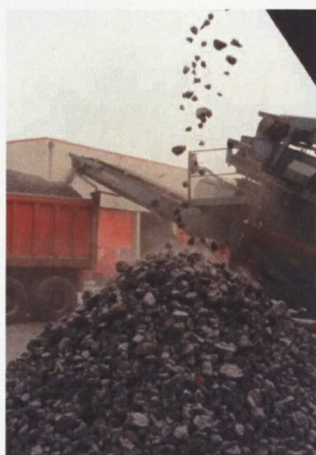
In het bovenstaande is steeds uitgegaan van een grootschalige toepassing van thermische immobilisatie van baggerspecie. Voor grootschalige thermische immobilisatie is het van belang dat er gedurende een aantal jaren een constante aanvoer wordt gewaarborgd (aanbodgarantie). Een dergelijke garantie vergt een nauw sluitende planning van baggerprojecten. Naast de aangeboden kwantiteit, worden tevens specifieke eisen gesteld aan de specie (weinig water, weinig zand, beperkt gehalte organische stof).

Om het risico van een fluctuerende aanvoer naar de 'plant' te verminderen, kan gebruik worden gemaakt van tussendepots. Eventueel kan, als de hoeveelheid voorbereikte specie onvoldoende is, gebruik worden gemaakt van de specievoorraden in bestaande speciedepots. Hierbij is de kans echter aanwezig dat de specie niet aan de specifieke eisen voor thermische immobilisatie voldoet, waardoor de totale verwerkingskosten stijgen als gevolg van de kosten van voorbereiking.

3.5 Perspectief

Thermische immobilisatie biedt perspectief om baggerspecie, of het residu na zandscheiding, met een 'cocktail' aan verontreinigende stoffen aan te pakken. Een andere mogelijke bestemming voor dergelijke specie is storten. De kosten voor thermische immobilisatie zijn in principe erg hoog; indien de kosten echter worden gerelateerd aan de behandeling van de fijne fractie én rekening wordt gehouden met de opbrengst van hoogwaardige toepassing van de producten, is verwerking door middel van thermische immobilisatie mogelijk een relevante optie.

Er is nog geen ervaring opgedaan met de afzet van producten die bij het thermisch immobilisatie proces ontstaan. Het is denkbaar dat stimuleringsmaatregelen nodig zijn om tot afzet van de immobilisaten te komen. Grootschalige demonstratieprojecten kunnen hieraan een bijdrage leveren.



immobilisaat

De in dit hoofdstuk besproken gegevens van de drie (kansrijke) producten van thermische immobilisatie worden op hoofdlijnen samengevat weergegeven in tabel 3.3 [9]. Voor wat betreft de aspecten locatie, ruimtebeslag en de (principiële) mogelijkheid, om restwarmte van derden te gebruiken verschillen de technieken nauwelijks van elkaar. Alle concepten zijn gebaat bij een ligging direct aan een knooppunt van weg- spoor- en waterverbindingen.

Voor de installaties op zich voldoet 0,25 - 2 ha (respectievelijk een relatief kleine smeltinstallatie en een relatief grote sinterinstallatie). Uitgaande van ruime opslag van ingaand materiaal en gereed product dient de totale ruimtebehoefte te worden gesteld op 0,5 respectievelijk 6 ha. Het ruimtebeslag hangt vooral samen met de mogelijkheid, om de aanvoer in het proces constant te houden. Het is daarbij van belang, dat de aanvoer van baggerspecie (zowel als de afvoer als bouwstof) seizoensgebonden is. Bedrijven hebben de behoefte aan de mogelijkheid, om 25 tot 50 % van de jaarcapaciteit op te kunnen slaan, bij voorkeur bij de installatie. Een alternatief voor baggerspecie is de tijdelijke opslag in kleinere, decentrale tussendepots. Het ligt voor de hand, om de noodzakelijke mechanische voorbereidingen (zeven, eventueel aanvullende ontzanding, ontwatering) ook al bij de tussendepots uit te voeren. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van mobiele installaties. Deze insteek resulteert wel in een meer gecompliceerde logistiek, vooral als in de keten meerdere bedrijven actief zijn.

Tabel 3.3: samenvatting van gegevens van thermische technieken [9].

aspect	baksteen	kunstgrind	kunstbasalt
kosten, €/t 50% ds	55 – 110	55 - 110	40 – 85
behandelbare verontreiniging	sterk	sterk	zeer sterk
extra voorbereiding	ontzanden	ontzanden	ontzanden
(naast zeven en ontwateren)	malen	mengen	mengen
	mengen	pelletieren	pelletieren
	drogen	drogen	drogen
uitwisselbaarheid input met andere afvalstoffen	geen	slibben	afval mix
		brekerzand	
		vliegashoudend	
minimaal vereiste schaalgrootte (in 1000 ton)	50 – 100	100 - 350	30 – 50
product	baksteen	licht grind	granulaat
markt voor product ¹	groot	groot	groot
risicopunt voor product	uitloging	uitloging	procesmix
	fysische eisen		

¹: het marktvolume is in principe groot. Bij de daadwerkelijke afzet van producten uit baggerspecie speelt echter ook de acceptatie door de markt een rol; hiermee bestaat nog geen grootschalige ervaring

Alle installaties zijn aan te passen op het gebruik van derden afkomstige restwarmte. Hierbij speelt echter het probleem van de kwaliteit van de restwarmte en de zekerheid omtrent de leverantie. Binnen de verschillende thermische concepten wordt het terugdringen van het fossiele brandstofgebruik dan ook veel meer gezocht in de inzet van voornamelijk organische afvalstoffen of de inzet van RDF als energiedrager; direct in het proces, of door combinatie van verschillende processen binnen een inrichting.

Tenslotte kan het perspectief van thermische immobilisatie voor baggerspecie mogelijk verder worden vergroot door de verwerkingscapaciteit van de installatie mede afhankelijk te maken andere grond- en afvalstromen, zoals grondreinigingsresidu, industrieel en/of zuiveringsslib. Een bijkomend voordeel

van het toepassen van zuiveringsslib is de hoge calorische waarde. De wenselijkheid en haalbaarheid hiervan (hoe verhouden de kosten voor thermische immobilisatie zich tot de huidige wijze van behandelen van deze stromen?; in hoeverre is de verwerking van deze stromen al 'dichtgetimmerd' met langjarige contracten?) zal nader moeten worden onderzocht.

4 Conclusies

Voor het toepassen van de verwerkingstechniek "thermische immobilisatie" voor baggerspecie en het residu dat ontstaat bij zandscheiding zijn in principe twee varianten uitvoerbaar:

1. sinteren (fabricage van grofkeramische producten, zoals bakstenen of de productie van kunstgrind);
2. smelten (fabricage van kunstbasalt).

Genoemde varianten hebben zich bewezen op laboratorium en pilot plant schaal. Installaties op praktijkschaal zijn echter nog niet gerealiseerd. Wel is er in Nederland sprake van voorbereidingen voor het bouwen dergelijke installaties. Zeer belangrijke aandachtspunten daarbij zijn:

- de uiteindelijke verwerkingsprijs in relatie tot andere mogelijke bestemmingen van baggerspecie. Het verlenen van subsidie in het kader van de Stimuleringsregeling Verwerking Baggerspecie (SVB) [10], die naar verwachting in 2002 zal worden ingevoerd, zal een positieve stimulans zijn voor de thermische immobilisatie van baggerspecie. Tevens zullen afspraken over het aanbieden van baggerspecie aan een thermische immobilisatie "plant" van het grootste belang zijn om de verwerkingsprijs voldoende scherp te houden (aanbodgaranties);
- het vergunningentraject. Er zullen onder meer strenge eisen worden gesteld aan de rookgasreiniging;
- de afzet van de producten. De concurrentiepositie van licht grind is als het meest perspectiefrijk geschat. Naar verwachting zullen met name bakstenen, die zijn gemaakt uit baggerspecie, grote concurrentie ondervinden van bakstenen van "natuurlijk oorsprong": er komt veel klei van onbezochte reputatie op de markt en de grofkeramische industrie is relatief gevoelig voor "imago" problematiek.

Vanuit technische optiek zijn er geen wezenlijk onderscheidende aspecten bij de beoordeling van de drie besproken varianten baksteen, kunstgrind en kunstbasalt. Mits voldoende aandacht wordt besteed aan de selectie van ingangsmaterialen en aan de receptuur van toeslagstoffen kan in alle gevallen sprake zijn van de productie van toepasbare bouwstoffen. Dit geldt zowel voor milieuhygiënische eisen (samenstelling en uitloogbaarheid in het kader van het Bouwstoffenbesluit) als civieltechnische eisen (bijvoorbeeld druksterkte, verbrijzelingspercentage, vorstbestandheid, etc.).

Thermische immobilisatie kan niet gezien worden als dé oplossing voor de verwerking van alle verontreinigde baggerspecie. Gezien de hoge kosten in vergelijking tot andere technieken zal altijd eerst gezocht worden naar de toepassingsmogelijkheden van de relatief eenvoudige technieken zandscheiding, rijping/landfarming en koude immobilisatie. In het geval dat de baggerspecie (bijvoorbeeld slibrijk, cocktail aan verontreinigende stoffen) niet met deze eenvoudige technieken verwerkt kan worden, kan thermische immobilisatie een interessante behandelingswijze zijn.

De producten zijn wel in alle gevallen relatief hoogwaardig. Hiermee wordt bespaard op het gebruik van primaire grondstoffen en vindt deels terugverdiende plaats van de hoge verwerkingskosten.

Er is momenteel nog geen sluitend inzicht in de verwerkingskosten. Dit hangt onder meer samen met de opstartfase, waarin de verschillende initiatieven verkeren, en het specietype dat zal worden aangeboden. Op basis van de studies op laboratorium en pilot plant schaal kunnen de volgende indicatieve kosten worden genoemd voor de *gehele* verwerkingsketen (alle bedragen

gelden per ton ingangsmateriaal met een drogestofgehalte van 50%, inclusief BTW, maar exclusief transport en afzet):

- Bakstenen: € 55 - 110,- per ton;
- Kunstgrind: € 55 - 110,- per ton;
- Kunstbasalt: € 40 - 85,- per ton.

Bronvermeldingen

1. Rijkswaterstaat-AKWA, september 2000. Verwerking van baggerspecie, basisdocument voor besluitvorming.
2. Rijkswaterstaat-AKWA, juli 2001. *Concept* Basisdocument Tienjarensценario.
3. Platform Baggerspecie Provincie Noord-Holland, maart 2001. Eindadvies.
4. Rijkswaterstaat-Dienst Weg- en Waterbouwkunde, juni 2001. Zand uit baggerspecie. Stand van zaken.
5. RIZA-POSW, juli 1999. Deel 21: Immobilisatietechnieken voor verontreinigde baggerspecie. Eindrapport. Van baggerspecie tot basalt, grind of beton.
6. C.J.J. Schouten. Thermische immobilisatie. Lezing gehouden tijdens het Nationaal Slibcongres op 1 november 2000 te Amersfoort.
7. RIZA-POSW, mei 1998. Deel 26: Pilotsanering Nieuwe Merwede. Thermische immobilisatie van baggerspecie.
8. Ministerie van VROM, 18 juni 2001, Voorontwerp van het beleidskader van het Landelijk Afvalbeheersplan (LAP).
9. H.P.M. van Vliet, september 2001. Platform baggerspecie provincie Noord-Holland, actiepunten 13: Thermische immobilisatie.
10. Ministerie van V&W, WAU, 2001. *Concept* Stimuleringsregeling verwerking van baggerspecie.

AKWA

het Advies- en Kenniscentrum

Waterbodems is een samenwerkings-
verband van Rijkswaterstaat op het
gebied van vervuilde waterbodems.

Hierin zijn DWW, Bouwdienst, RIZA,
RIKZ en Directie Noordzee
vertegenwoordigd.

Voor meer informatie kan contact
worden opgenomen met AKWA via
RWS projectbureau WAU

"Waterbodems Advies en Uitvoering",
Postbus 20000,

3502 LA Utrecht,

telefoon 030-2858080,

of via RIZA

afdeling Beleidsuitvoering

Onderzoek en Advisering (BOA),

Postbus 17,

8200 AA Lelystad,

telefoon 0320-298533

