

# De civiel- en milieutechnische aanpak van de baggerwerken in het Vlaamse Gewest

door

**ir. Eric VAN DEN EEDE**

Wd. Hoofdingenieur-directeur bij het Bestuur Havens van de Administratie Waterinfrastructuur en Zeewezen van het Departement Leefmilieu en Infrastructuur

## 1. INLEIDING

Door de tweede fase van de staatshervorming werden de gewesten bevoegd voor de aanleg en het onderhoud van infrastructuur, onder meer wat de havens, hun maritieme toegangswegen en de waterwegen betreft.

Een vrij groot gedeelte van de budgettaire inspanning die daarmee gepaard gaat, wordt opgeslorpt door de baggerwerken. Er kan onderscheid worden gemaakt tussen aanleg- en onderhoudsbaggerwerken. De eerstgenoemde omvatten de aanleg van nieuwe waterwegen en de verbreding en/of verdieping van bestaande waterwegen (of vaargeulen). Deze blijven in het vervolg van dit betoog buiten beschouwing.

De onderhoudsbaggerwerken zijn nodig om de diepte van de waterwegen en de vaargeulen, die door de onafgebroken sedimentatieprocessen een afnemende tendens vertoont, ten behoeve van de scheepvaart te onderhouden.

De decennialange verontreiniging van de oppervlaktewateren met afvalstoffen van industriële, huishoudelijke en agrarische herkomst, heeft een algemene verontreiniging van de waterbodems veroorzaakt. Naarmate die bodem een groter gehalte aan fijne fracties (silt en klei) bevat, is de verontreinigingsgraad doorgaans hoger vanwege de sterke affiniteit van de meeste pollutanten voor deze deeltjes.

De onderhoudsbaggerwerken vergen daarom een aanpak die naast civieltechnische aspecten ook ecologische of milieutechnische aspecten omvat. Daardoor vormen zij een van de activiteiten bij uitstek waarin de beide „poten” van het Departement

Leefmilieu en Infrastructuur tot nauwe samenwerking gedwongen zijn, en ook daadwerkelijk komen.

Omwille van de meer of mindere mate van verontreiniging, heeft elk onderhoudsbaggerwerk tevens een saneringsdimensie. Sinds enige tijd is een nieuw type van baggerwerken ontstaan, met name de saneringsbaggerwerken, die niet in nautische maar in ecologische redenen hun oorsprong vinden.

In de hierna volgende beschouwingen worden deze zogenaamde saneringsbaggerwerken impliciet mee beschouwd, omdat de benadering ervan op het uitgangspunt na, volledig parallel loopt met deze van de nautische baggerwerken.

## 2. KWANTITATIEVE EN KWALITATIEVE ASPECTEN VAN DE BAGGERSPECIE

### 2.1. Algemene beschouwingen

Vermits de sedimentatieprocessen in hoge mate afhankelijk zijn van de klimatologische en hydrologische omstandigheden, waardoor zij een variabel karakter vertonen, geldt hetzelfde voor de baggervolumes.

De kwantitatieve benadering van de baggerwerken zal dus noodgedwongen moeten steunen op statistische gegevens, namelijk gemiddelden over meerdere jaren. Daarbij moet tevens in acht worden genomen dat de periodiciteit van bepaalde baggerwerken de tien jaar ruimschoots kan overschrijden.

Een bijkomende moeilijkheid om baggervolumes te vergelijken of te evalueren betreft de enorme variatie in densiteit, die kan schommelen tussen iets meer dan 1 en ruim 1,65. De meest relevante eenheid

in dit verband is het gewicht van de droge stof per volume-eenheid specie. Voor specie met een densiteit van 1,5 bedraagt het gehalte droge stof het tienvoud van dat van specie met een densiteit 1,05 zoals blijkt uit tabel 1.

Het is evenwel gangbaar om de gebaggerde hoeveelheden uit te drukken in kubieke meters in situ of in het beun.

Daarom wordt de omvang van de onderhoudsbaggerwerken hierna uitgedrukt in volume-eenheden, evenwel doorgaans herleid naar een densiteit van 1,6 ter bevordering van de vergelijkbaarheid.

## 2.2. Baggerhoeveelheden

De baggerhoeveelheden worden courant opgesplitst naargelang ze worden uitgevoerd in de maritieme toegangswegen, de havens of de waterwegen.

De instandhouding van de maritieme toegangswegen vergt een jaarlijks baggervolume van circa 40 miljoen kubieke meter waarvan grosso modo 2/3 in de Noordzee en 1/3 in de Westerschelde.

In de havens wordt nagenoeg 7 miljoen kubieke meter gebaggerd, verdeeld als volgt:

- kusthavens : 5,6 miljoen m<sup>3</sup>
- Antwerpen : 0,9 miljoen m<sup>3</sup>
- Gent : 0,1 miljoen m<sup>3</sup>

**TABEL 1 — De relatie tussen de densiteit en het gewicht droge stof**

Densiteit	Gewicht droge stof in kg/m <sup>3</sup>
1,00	0
1,05	81
1,10	163
1,15	244
1,20	325
1,25	406
1,30	488
1,35	569
1,40	650
1,45	731
1,50	813
1,55	894
1,60	975
1,65	1056
1,70	1138
1,75	1219
1,80	1300
1,85	1381
1,90	1463
1,95	1544
2,00	1625

Ter illustratie van de variabiliteit van de baggerhoeveelheden wordt in tabel 2 het overzicht gegeven van de baggerwerken in de kusthavens van 1975 tot 1979. Het gaat hier om de havens van Zeebrugge, Oostende, Blankenberge en Nieuwpoort.

In de waterwegen tenslotte wordt circa 1,5 miljoen kubieke meter gebaggerd, zoals aangegeven in tabel 3.

**TABEL 2 — Baggerhoeveelheden in de kusthavens tussen 1975 en 1989**

Werkjaren (van 01/04 tot 31/03)	Baggerhoeveelheden in m <sup>3</sup> in situ
1975-1976	4 600 000
1976-1977	5 100 000
1977-1978	5 000 000
1978-1979	5 900 000
1979-1980	4 700 000
1980-1981	5 100 000
1981-1982	4 800 000
1982-1983	5 100 000
1983-1984	5 300 000
1984-1985	7 500 000
1985-1986	7 800 000
1986-1987	4 800 000
1987-1988	6 900 000
1988-1989	5 800 000

**TABEL 3 — Gemiddelde jaarlijkse baggerhoeveelheden in de waterwegen**

Waterwegen	Jaarlijkse hoeveelheid in m <sup>3</sup> (densiteit 1,6 ton/m <sup>3</sup> )
Kanaal Gent-Terneuzen	350 000
IJzer	10 000
Lokanaal	3 000
Kanaal Ieper-IJzer	1 000
Leopoldkanaal	2 000
Afleidingskanaal van de Leie	130 000
Kanaal Gent-Oostende	110 000
Ringvaart Gent	100 000
Leie	80 000
Kanaal Roeselare-Leie	15 000
Kanaal Bossuit-Kortrijk	15 000
Bovenshelde	270 000
Boven-Zeeshelde	100 000
Dender	100 000
Schelde-Rijnverbinding	20 000
Nete + Netekanaal	19 000
Kanaal Leuven-Dijle	15 000
Albertkanaal	10 000
Kanaal Dessel-Schoten	40 000
Kanaal Bocholt-Herentals	30 000
Zeekanaal Brussel	60 000
Totaal	1 480 000

### 2.3. De kwaliteit van de specie

De gelukkige omstandigheid dat de pollutie, die helaas nog steeds in grote hoeveelheden in onze oppervlaktewateren terechtkomt, in hoge mate gebonden wordt aan de sedimenten, brengt met zich mee dat het grootste gedeelte van de verontreinigde specie stroomopwaarts blijft stagneren.

Dit houdt in dat nagenoeg alle specie, die in de binnenwateren en in de havens wordt gebaggerd, in bepaalde mate als vervuild moet worden beschouwd.

Anderzijds is nagenoeg alle specie in de maritieme toegangswegen vrij van pollutie.

Er bestaat dus een omgekeerde evenredigheid tussen de omvang van de baggerwerken en de kwaliteit van de specie, in die zin dat het probleem van de verontreinigde baggerspecie betrekking heeft op (relatief) kleine hoeveelheden.

In totaal gaat het om ongeveer 4 miljoen kubieke meter, zijnde beduidend minder dan 10% van de totaal gebaggerde hoeveelheid, die afkomstig zijn van:

- de binnenwateren: nagenoeg de volledige hoeveelheid van 1,5 miljoen m<sup>3</sup>;
- de maritieme toegangswegen: beperkt tot circa 1,5 miljoen m<sup>3</sup> in de Beneden-Zeeschelde en de toegangseuvelen naar de Antwerpse Zeesluizen;
- de havens: circa 1 miljoen m<sup>3</sup>, voornamelijk afkomstig uit Antwerpen en in mindere mate Gent en de kusthavens.

## 3. HET BELEID INZAKE DE BAGGERSPECIE

### 3.1. Inleiding

Doorgaans onderscheidt men in de baggerspecieproblematiek drie groepen betrokkenen:

- de problem-owners: de beheerders van de te baggeren zones;
- de problem definers: de regelgevende en controlerende instanties;
- de problem solvers: de wetenschappelijke wereld die oplossingen aanreikt en de economische wereld die ze uitvoert.

In België werd de moeilijkheidsgraad van het probleem gevoelig vergroot door de overheveling van de beheerders van de bevaarbare waterwegen

van het nationale Ministerie van Openbare Werken naar, voor wat het Vlaamse landsgedeelte betreft, regionale departement Leefmilieu en Infrastructuur van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap.

Bovendien heeft de Administratie Waterinfrastructuur en Zeewezen met vier verschillende „problem definers” te maken:

- 1<sup>o</sup>) De baggerwerken in de Noordzee zijn onderworpen aan internationale, door België geratificeerde verdragen zoals de London Dumping Convention met mondiale draagwijdte, en het Verdrag van Oslo, waarvan het toepassingsgebied beperkt is tot de Noordzee.
- 2<sup>o</sup>) De praktische toepassing van deze internationale akkoorden berust bij het Nationale Ministerie van Volksgezondheid en Leefmilieu, meer bepaald bij de Beheerseenheid van het Mathematisch Model van de Noordzee (B.M.M.), die ondermeer instaat voor het afleveren van vergunningen en voor het toezicht op de naleving ervan.
- 3<sup>o</sup>) De baggerwerken in de Westerschelde, zijnde de maritieme toegangsweg naar de havens van Antwerpen en Gent moeten, vermits het om Nederlands territorium gaat, vergund worden door de Nederlandse overheid, in toepassing van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren (W.V.O.-vergunning).
- 4<sup>o</sup>) Alle overige baggerwerken op het grondgebied van het Vlaamse Gewest zijn onderhevig aan regelgeving door dit Gewest, voornamelijk vanwege AMINAL en OVAM, vermits baggerspecie in het afvalstoffendecreet van 21 april 1982 als een bijzondere afvalstof wordt gedefinieerd.

De Administratie Waterinfrastructuur en Zeewezen ziet zich dus voor de opdracht gesteld om niet twee, maar vier heren te dienen. Om dit op een coherente wijze te kunnen realiseren wordt sinds een vijftal jaren intensief onderzoek verricht, in samenwerking met de diverse „problem definers”.

Naast het zogenaamde 3B-programma (Baggeren, Bergen, Behandelen) werd meer algemeen wetenschappelijk onderzoek uitgevoerd om het te ontwikkelen beleid mee te onderbouwen.

### 3.2. Classificatie van baggerspecie

Als antwoord op de door OVAM in 1987 gedefinieerde „Kwaliteitscriteria voor baggerslib” werd door het toenmalige Bestuur der Waterwegen en OVAM, samen met een ingenieursbureau de Classi-



### 3.4. Consolidatiestudie

Zoals reeds uit tabel 1 bleek, bestaat baggerspecie voor een groot gedeelte uit water.

Naarmate het gehalte aan fijne fracties toeneemt, stijgt het watergehalte en ontwatert de specie moeilijker.

De baggerspecieproblematiek kenmerkt zich dus niet alleen door een kwalitatieve dimensie, die wat de verontreinigingen betreft, van tijdelijke aard is, maar ook door een blijvende kwantitatieve dimensie.

Om het verbruik van, vaak kostelijke, bergingscapaciteit zoveel mogelijk te beperken en om de nabestemming na een redelijke termijn mogelijk te maken verricht A.W.Z. in samenwerking met het Bestuur Geotechniek en een studiebureau onderzoek naar (versnelde) consolidatie.

Het doel van deze studie is de selectie van technisch en economisch haalbare consolidatietechnieken, alsmede het operationeel maken van de onderzoeksresultaten voor praktische toepassing op bestaande en toekomstige stortterreinen.

Hiertoe werden vijf representatieve slibstalen onderzocht om de voor het consolidatieproces relevante, grondmechanische parameters te bepalen.

Omdat de klassieke grondmechanische parameters onvoldoende zijn om het consolidatieproces met een bevredigende nauwkeurigheid te voorspellen, wordt in een afzonderlijke studie een gestandaardiseerde bezinkingsproef gedefinieerd. Met dergelijke proef zou het bezinkingsgedrag van baggerspecie op wetenschappelijke wijze worden vastgesteld wat zou toelaten om de benodigde stortcapaciteit te optimaliseren.

In de marge van deze consolidatiestudie, die uiteraard betrekking heeft op het volledige volume, loopt een rijpingsprogramma. Voor meer details wordt verwezen naar 6.2.

### 3.5. Biologische beschikbaarheid

De effectgerichte aanpak die A.W.Z. voorstaat, kan slechts praktisch worden uitgewerkt als hij ook wetenschappelijk is onderbouwd door testen waarmee de biologische beschikbaarheid van de in de baggerspecie aanwezige verontreinigingen wordt vastgesteld.

Slechts op die manier kan de, thans zeer brede, kloof worden overbrugd tussen de aan de hand van

chemische analyses vastgestelde totale gehalten aan pollutanten, en de reële effecten ervan.

Door AMINAL, OVAM en A.W.Z. werd een gecoördineerd onderzoeksprogramma uitgewerkt dat binnenkort aan de Vlaamse Executieve zal worden voorgelegd. Dit programma omvat ondermeer een vergelijkend onderzoek over de beschikbare acute single species tests en de ontwikkeling van nieuwe tests, specifiek voor bagger- en ruimingsspecie.

### 3.6. Bebossing

Op theoretisch-wetenschappelijk vlak werd een studieproject uitgewerkt, in samenwerking met de R.U.G., om de nabestemming „bosbouw” voor baggerstortterreinen te onderbouwen. Dit project omvat de selectie van in aanmerking komende variëteiten en hun opslitsing in pioniers- en uiteindelijke vegetatie, aangepaste plant- en beheerstechnieken, het bepalen van de fysico-chemische parameters die van invloed zijn op de vegetatie en de opname van verontreinigingen door de vegetatie.

In het kader van de werkgroep milieutechnische natuurbouw werd een subgroep bebossing opgericht met als opdracht de restgronden in eigendom van het Vlaamse Gewest, die voor een groot gedeelte bestaan uit oude baggerstortterreinen, te bebossen. Uitgaande van een bestand van 100 terreinen met een gezamenlijke oppervlakte van circa 1500 ha werd een meerjarig bebossingsplan uitgewerkt.

Vanaf 1991-92 zullen jaarlijks 80 à 100 ha bos worden aangelegd.

## 4. NAAR EEN OPTIMALISATIE VAN DE BAGGERWERKEN

### 4.1. Doelstelling

Sinds meerdere jaren wordt in België onderzoek verricht naar de optimalisatie van de baggerwerken, voornamelijk in de maritieme toegangswegen [5].

Het zal duidelijk zijn dat, onafhankelijk van de eventuele aanwezigheid in de specie van verontreinigingen, de reductie van de te baggeren hoeveelheden, zonder de veiligheid van de scheepvaart in gevaar te brengen, een grote prioriteit heeft.

De steeds toenemende diepgang van de schepen die onze zeehavens aandoen, maakt immers een steeds grotere baggerinspanning noodzakelijk.

Het verrichte onderzoek spitste zich vooral toe op het vaststellen van een nautische diepte en op de optimalisatie van het baggerproces zelf.

#### 4.2. De nautische diepte

De nautische diepte wordt gedefinieerd als de maximale diepte die vanuit nautisch standpunt als veilig kan worden beschouwd en die dus noch voor het schip zelf, noch voor zijn navigeerbaarheid nadelige gevolgen heeft.

Het hanteren van de nautische i.p.v. de werkelijke diepte heeft voor gevolg dat deze laatste vermeerderd wordt met een bepaalde dikte slib, dat uiteraard doorvaarbaar dient te zijn.

Om hieromtrent een eenduidig en wetenschappelijk verantwoord standpunt te kunnen innemen, moeten een aantal fysico-chemische parameters van het slib, voornamelijk rheologische parameters worden bepaald.

De schuifweerstand in een slibafzetting met een bepaalde samenstelling varieert binnen twee duidelijk onderscheiden lagen, met name: een bovenlaag met een lage, ongeveer constante schuifweerstand, die dus zonder meer doorvaarbaar is, en een onderliggende, geconsolideerde laag waarin de schuifweerstand vrij snel toeneemt met de diepte.

Het komt er op aan om de densiteit, waarbij deze structuur- en gedragsovergang van het slib zich voordoet, vast te stellen.



Fig. 2. — Zicht op de surveycabine van de „Oostende XI”. [bij 4.2, foto 613]

Hiervoor werden innoverende meetinstrumenten ontwikkeld, zowel een gesleepte radioactieve sonde voor continue metingen, als een meetcel voor rheologische puntmetingen.

Voor de haven van Zeebrugge wordt de nautische diepte vastgesteld op de diepte waar de densiteit 1,15 bedraagt.

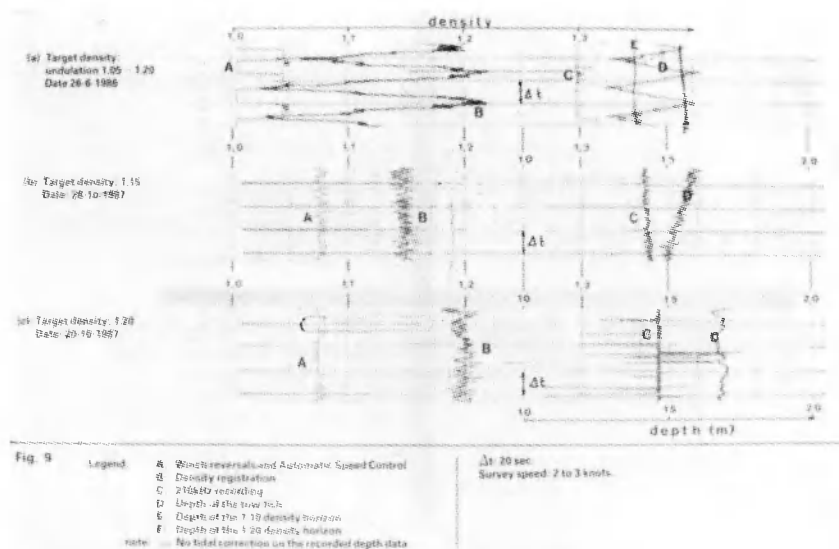


Fig. 1. — De output van de gesleepte radioactieve sonde (NAVITRACKER). [bij 4.2, dia D13-D21]

### 4.3. Optimalisering van het baggerproces

Bij het opstellen van het baggerprogramma wordt uitgegaan van frequent opgenomen diepte- en dichtheitsgegevens, waarmee naast kaarten ook hoeveelheden worden geproduceerd.

Het uiteindelijk programma houdt verder rekening met de voorspelde aanslibbing, het uit te voeren volume, de dringendheid en de beschikbaarheid van het baggermaterieel.

Het verloop van het baggerproces wordt intensief gevolgd met behulp van geavanceerde technieken zoals het videoplotter-systeem waarmee een verbeterde output van gegevens mogelijk wordt.

Een accurate plaatsbepaling van het baggertuig en van de zuigkop, alsmede de ogenblikkelijke meting van de productie, laten toe om kaarten met baggertrajecten, baggerintensiteitskaarten, laaddiagrammen en baggerproducties vast te stellen.

Deze gegevens laten toe om het baggerproces te evalueren en bij te sturen waar nodig.

Naast deze management-technieken kan een verdere optimalisatie worden doorgevoerd door verbeteringen en/of innovatie van de baggertuigen zoals:

- de verbetering van de zuigkoppen;
- het invoeren van regelbare overvloesystemen;
- het instandhouden van constante stroomsnelheden.

### 4.4. Conclusies

De toepassing van de beschreven optimalisatie-technieken leidde tot een substantiële reductie van de kostprijs van de onderhoudsbaggerwerken. Voor Zeebrugge bedraagt deze reductie meer dan 15%.

Gelet op het succes van de optimalisatie in de maritieme toegangswegen werd een haalbaarheidsonderzoek verricht naar de introductie van de nautische bodem in de binnenwateren.

Het bleek echter dat de sedimenten in de binnenwateren algemeen een vrij grote dichtheid vertonen waardoor zij als niet-doorbaar moeten worden beschouwd en het begrip nautische bodem er niet relevant is.

Een verder gevolg is dat de frequentie waarmee de echolodingen worden uitgevoerd van weinig of geen belang is en de ingepeilde diepte overeenkomt met de werkelijk beschikbare diepte.

## 5. DE MILIEUVEILIGE BERGING VAN BAGGERSPECIE

### 5.1. Probleemstelling

Men zou kunnen stellen dat het er bij de bergingsproblematiek van verontreinigde baggerspecie in essentie om gaat te verhinderen dat de verontreinigingen zich in het milieu verspreiden.

Vanuit een baggerdeponie zijn immers een aantal potentiële paden aan te wijzen waarlangs dat kan gebeuren, met name door: opname door planten en dieren, opname in de lucht, ontgraven van gerijpte baggerspecie en opname in het grond- of oppervlaktewater.

Dit kan herleid worden tot het volgende eenvoudige schema: bron-pad-doel, waaruit meteen de mogelijke oplossingen kunnen worden afgeleid:

1. Reductie van de omvang van de bron door het verminderen van de verontreinigingsinhoud (waterzuivering) en het beperken van het baggervolume (optimalisatie van de baggerwerken, zoals beschreven in de voorgaande paragraaf).
2. Neutraliseren van de bron door toepassing van fysische, chemische en/of biologische behandelingsmethoden.
3. Onderbreken van het pad door toepassing van afdichtings- en afschermingstechnieken.

Hierna wordt dieper ingegaan op de laatstgenoemde van de geciteerde oplossingen.

Tot voor kort was het gangbaar, zowel in België als in andere geïndustrialiseerde landen, om afdichtingstechnieken op te leggen in de vergunningen.

Dit hield in dat waterdichte schermen dienden ingebouwd, doorgaans onder de vorm van kunststof-folies.

Praktijkervaring heeft echter aangetoond dat een optimale tewerkstelling hiervan vrij delicaat is. Bovendien blijft de levensduur beperkt tot ongeveer 40 jaar, wat in ecologische termen als een bijzonder korte tijdsspanne moet worden aanzien.

De Administratie Waterinfrastructuur en Zeewezen voelde de noodzaak aan om alternatieve en betaalbare oplossingen uit te werken. Deze werden gevonden in een aantal natuurlijke materialen die in grote hoeveelheden voorhanden en dus goedkoop zijn. De werking van deze materialen is niet uitsluitend gebaseerd op „waterdichtheid” zoals bij de kunststoffolies, maar vooral op hun absorptieëigenschappen. Daarom wordt de term „afscherming” gehanteerd i.p.v. „afdichting”. Om op korte termijn de kostprijs van de berging gevoelig te kunnen drukken, moet de efficiëntie van de natuurlijke afschermingssystemen worden nagegaan. Dergelijk onderzoek kan slechts empirisch en op een schaal die vergelijkbaar is met de afmetingen van een normaal baggerproject, worden uitgevoerd omdat uiteraard ook de tewerkstellingsvoorwaarden moeten worden geëvalueerd.

Dit gaf aanleiding tot het concipiëren en opstarten van het proefstortenproject „Geuzenhoek” in de Gentse kanaalzone.

## 5.2. Het proefstortenproject „Geuzenhoek”

### 5.2.1. Algemeenheden

Het proefstortencomplex werd aangelegd op het terrein „Geuzenhoek”, op de linkeroever van het Zeekanaal naar Gent, als annex aan het daar ingerichte baggerstortterrein, dat gelegen is in het havenuitbreidingsgebied (Kluizendok).

Ten behoeve van de uitvoering van de onderhoudsbaggerwerken werd daar in de loop van 1988 een stortterrein aangelegd dat bestaat uit vier compartimenten. De eerste drie met een gezamenlijke capaciteit van 500 000 m<sup>3</sup>, dienen voor de berging



Fig. 3. — Algemeen zicht op het proefstortenproject „Geuzenhoek”.  
[bij 5.2.1. nog te bezorgen]

van de onderhoudsbaggerspecie uit het Zeekanaal naar Gent. Het laatste compartiment bestaat uit zeven proefvelden waarvan één ondergronds.

Aan de aanleg van dit proefstortencomplex ging een grondige studie vooraf om alle aspecten ervan grondig te onderkennen.

In de eerste plaats werd een uitgebreid grondmechanisch onderzoek uitgevoerd. Het ganse probleem van de berging van verontreinigde baggerspecie draait immers rond het optreden van grondwaterstromingen. Eén van de essentiële punten is de kennis van de doorlatendheid van de ondergrond, die bepaald werd aan de hand van de resultaten van boringen en labo-onderzoek op ongeroerde monsters.

Om alle aspecten van de te bergen gecontamineerde specie ongehinderd te kunnen bestuderen werden de zeven proefvelden omgeven door een vertikaal dunwandscherm uit cement-betoniet, dat reikt tot in de 20 meter dieper gelegen Ieperiaanse kleilaag. De proefvelden worden aldus perfect van de omgeving geïsoleerd, zodat voorkomen wordt dat de contaminanten uit de baggerspecie op een ongecontroleerde manier in de omgeving terecht komen (of omgekeerd).

Om wederzijdse beïnvloeding van de proefvelden uit te sluiten, werden tussen de zeven proefvelden onderling eveneens dunwanden in cement-betoniet uitgevoerd, reikend tot in een 9 meter dieper gelegen storingslaag.

### 5.2.2. De diverse proefopstellingen

De volgende proefopstellingen werden weerhouden en in de tweede helft van 1990 uitgevoerd :

- Proefveld D I „**dummy**” : dit is een referentieveld zonder enige afscherming of behandeling, waarin echter de natuurlijke colmatatie van de grondslag kan worden nagegaan.
- Proefveld D II „**glaucaniet**” : dit is een kleimineraal dat, in tegenstelling tot de meeste andere kleimineralen, voorkomt in een granulaire, zandige vorm, en dat zich kenmerkt door goede adsorptie-eigenschappen en een grote ionen-uitwisselingscapaciteit.
- Proefveld D III „**ingefreesd bentoniet**” : bentoniet is een kleisoort die zich kenmerkt door een hoge wateropname en zwelling, colloïdale eigenschappen en thixotropie, waardoor het mogelijk is om een vrij ondoorlatende afschermingslaag te realiseren.





Fig. 4. — Tewerkstellen van het ontwaterd slib in proefveld DIV.  
[bij 5.2.2, foto 280 990 - 703]

- Proefveld D IV „**ontwaterd slib**”: vermits slib grotendeels uit klei bestaat, kunnen na ontwatering de adsorptieve en afdichtende eigenschappen van dit materiaal nuttig aangewend worden in een afscherm laag. Door toevoeging van geschikte stoffen kan deze gunstige werking nog worden geactiveerd.
- Proefveld D V „**veen**”: veen is een materiaal met een zeer hoge ionen-uitwisselingscapaciteit en dat geen marktwaarde heeft, wat het zeer interessant maakt als afschermingsmateriaal.
- Proefveld D VI „**alumino-silicaat**”: dit is een restprodukt van de steenkoolwinning dat over goede adsorberende eigenschappen beschikt en in al dan niet geactiveerde vorm reeds op diverse gebieden van de milieutechniek wordt aangewend. Bovendien kunnen op dit materiaal bacteriën gefixeerd worden.
- Proefveld D VII „**vertikale, waterdichte folie of VWF-scherm**”:  
De hierboven vermelde afschermingsmaterialen kunnen uitsluitend in den droge worden uitge-

voerd en komen bijgevolg slechts in aanmerking voor walstorten boven het maaiveld.

Talrijke studies in het binnen- en buitenland, ondermeer het Field Verification Program van het U.S.A.C.E., hebben aangetoond dat en berging in putten, in verdiepingen van waterwegen, in zee of estuaria, een geringere impact hebben op de omgeving van berging in walstorten. Indien zwaar verontreinigde specie op deze wijze wordt gestockeerd, kan het niettemin nodig zijn de putten op verdiepingen af te scherm van de omgeving. Dit kan o.m. gebeuren door het aanbrengen van een cement-bentonietwand waarmee reeds positieve ervaringen werden opgedaan bij de aanleg van de proefvelden. Een variante hierop is het verticaal inbrengen van een dunne waterdichte folie door middel van een speciaal daartoe ontworpen frame.

### 5.2.3. Ondersteunende en begeleidende studies

Het spreekt vanzelf dat een dergelijk grootschalig onderzoeksproject de uitvoering vergt van een aantal bijkomende studies om de evaluatie van de proefresultaten en de formulering van conclusies en aanbevelingen mogelijk te maken.

Het preferentiële pad voor de verspreiding van verontreiniging in het milieu bestaat uit de percolatie naar het grondwater toe. Het effect van de diverse afschermingsmaterialen kan dan ook slechts door middel van grondwaterbemonstering en -analyse worden bepaald. Grondwaterstromingen zijn doorgaans uiterst langzame processen, zodat een intelligente proefopstelling hier terdege rekening moet mee houden.

Uit de voorstudie bleek de noodzaak om de volgende ondersteunende en begeleidende studies uit te voeren:

1. De juiste *bepaling van de hydrogeologische parameters*, zowel van de perskaden als van het natuurlijk substraat die van het grootste belang zijn om de hogervermelde grondwaterstromingen kwantitatief en kwalitatief te benaderen.
2. Een van de meest wezenlijke studieonderdelen behelst de dimensionering en de uitvoering van een adequaat *bemalings- en drainagesysteem* dat hoort te voorzien in een drievoudig doel:
  - de volledige beheersing van het grondwater in de proefvelden waardoor desgevallend piëzometrische gradiënten gecreëerd kunnen worden;

- de mogelijkheid scheppen tot de bemonstering van het grond- en oppervlaktewater;
- de mogelijkheid scheppen om via een waterbalans de verontreinigingsstromen te begrenzen.

3. De begeleiding van het programma met *mathematische modellen* om de meetresultaten te evalueren. Uit praktische én economische redenen werd de proefperiode voorlopig vastgesteld op 2 jaar, wat voor de hier beschouwde problematiek vrij kort is. De uiteindelijke evaluatie zal daarom gebeuren met behulp van wiskundige modellen. De terreinproef heeft tot doel om de waarden van de in te voeren parameters vast te stellen.
4. *Uitvoeren van tracerproeven*. Het proefstortenprogramma vergt frequente grondwateranalyses die, gelet op het grote aantal te onderzoeken parameters, een vrij dure en tijdrovende aangelegenheid zijn.

Hieraan kan verholpen worden door de baggerspecie bij het opspuiten van de proefvelden te mengen met een stof die door een eenvoudige en snelle analysemethode kan opgespoord worden en die zich niet aan de baggerspecie hecht, maar volledig oplost in de waterige fase.

Door het gebruik van tracers kan de controle van het grondwater in de loop van de tijd aldus beperkt worden in omvang.

Daarnaast heeft het gebruik van tracers het voordeel dat op een eenvoudige wijze de migratiesnelheden en de debieten van het water als drager van de pollutanten bepaald kunnen worden. Het mathematisch model dat de grondwaterstromingen beschrijft, kan aldus worden geïjkt, waardoor de voorspellingsmogelijkheden van dit model tot een hogere graad van nauwkeurigheid kunnen worden opgedreven, en de migratie op lange termijn met een grotere nauwkeurigheidsgraad kan worden voorspeld.

5. *Uitvoeren van adsorptieproeven*. Het werkingsprincipe van de diverse uit te testen afschermingsmaterialen berust voornamelijk op de adsorberende eigenschappen ervan.

Naast het uittesten van de materialen in de proefstorten is een wetenschappelijke onderbouw van de adsorptiewerking noodzakelijk. Een studie van de verschillende parameters die deze werking beïnvloeden, zal uitsluitel geven over de keuze van een bepaald materiaal in specifieke omstandigheden.

Een adequate wetenschappelijke begeleiding zal de nauwkeurigheid van interpretatie van het proefstortenproject verhogen, waardoor een meer gedegen kennis omtrent de actieve afscherming door adsorptie verworven wordt. Tevens zullen deze gegevens mede ingebracht worden in het mathematisch model van de grondwaterstromingen, waardoor de nauwkeurigheid van dit model ook op dit vlak wordt verhoogd.

6. *Vullen en ledigen van de proefvelden.* Om de gedragingen van de diverse afschermingsmaterialen op een verantwoorde manier te kunnen evalueren en vergelijken, dient de aangewende baggerspecie kwalitatief representatief te zijn voor wat men doorgaans in onze waterwegen aantreft, én homogeen verdeeld te zijn over de proefvelden. Bovendien moet beschadiging van de afschermingsmaterialen voorkomen worden. Dit alles vergt een opspuitingsprocedure die te omvangrijk is om er in dit kader dieper op in te gaan.

De vulling van de proefvelden werd in februari 1991 voltooid.

7. *Analyseprogramma.* De beoordeling van de verschillende afschermings- en behandelingssystemen gebeurt aan de hand van analyses van respectievelijk grondwater en slibmonsters.

Een groot aantal fysische, chemische en biochemische parameters dienen hiervoor onderkend.

Het welslagen van het proefstortenprogramma is in grote mate afhankelijk van de efficiëntie en betrouwbaarheid van de meet- en analyseresultaten. De ervaring zowel als de voltooidde „Classificatiestudie Baggerspecie” leren dat er een gevoelige spreiding bestaat van de analyseresultaten tussen diverse laboratoria onderling, wat noopte tot een zorgvuldige selectie. Deze selectie werd uitgevoerd door een onafhankelijk wetenschappelijk organisme.

#### 5.2.4. *Evaluatie en aanwending van de proefresultaten*

De beoordeling van de afschermingsmaterialen zal steunen op de efficiëntie, de prijs-kwaliteitsverhouding, en de voorwaarden van de eventueel opgetreden moeilijkheden bij de tewerkstelling.

De begeleiding van het project, alsmede de evaluatie ervan, werd toevertrouwd aan een stuurgroep

waarin, naast de administraties A.W.Z., AMINAL en AROHM, ook OVAM, V.M.M., V.M.W. en Wetenschapsbeleid vertegenwoordigd zijn.

## 6. BEHANDELING VAN VERONTREINIGDE BAGGERSPECIE

### 6.1. Algemeenheden

Behandeling van verontreinigde baggerspecie en gronden is een tak van de industrie die de laatste jaren steeds meer in de belangstelling is komen te staan, jammer genoeg vaak vanwege heisa in de media.

Deze techniek komt slechts in aanmerking voor de relatief kleine hoeveelheden specie, die zwaar verontreinigd zijn met een beperkt aantal polluenten.

Klassiek onderscheidt men fysische, chemische, biologische en thermische behandelingsmethoden.

De fysische methoden zijn ofwel een voorbereidende fase in een meervoudig behandelingsproces (scheiden in fracties, ontwateren) of voor het realiseren van de eindbestemming van het stortterrein (rijping, consolidatie).

De thermische methoden worden slechts voor de volledigheid vermeld omdat de verbranding van baggerspecie, als middel om de erin aanwezige verontreinigingen te vernietigen, een zeer dure aangelegenheid is. Het hoge watergehalte, de geringe brandbare fractie en de grote inerte fractie die tot boven de 1 000 °C moeten worden verhit, veroorzaken immers een zeer hoog energieverbruik.

Bovendien is het eindproduct totaal gemineraliseerd en ongeschikt om in een bodem, in de ecologische betekenis van het woord te worden omgezet.

De verwerking van baggerspecie, middels een thermisch proces, tot geëxpandeerde granulaten en kunstgrint, behoort technisch tot de mogelijkheden, zoals onder meer uit een haalbaarheidsstudie bleek.

De hoge kostprijs echter en de geringe hoeveelheden baggerspecie die aldus kunnen worden verwerkt, laten toe te besluiten dat dit tot op heden nog geen economisch haalbare slibbehandelingsmethode betreft.

De thermische methoden worden bijgevolg niet verder beschouwd.

## 6.2. Fysische methoden

Tot voor kort werd aangenomen dat de meeste verontreinigingen geconcentreerd zitten in de fijnste fracties. Vandaar dat steevast de scheiding in fracties werd aanbevolen, hetzij als behandeling, hetzij als voorbereiding op een, meestal, chemische behandeling.

Deze opvatting wordt steeds meer door de feiten tegengesproken, zoals ondermeer bleek tijdens het CATS-congres dat in februari 1991 te Gent doorging.

De grove fractie die resulteert uit een scheidingsproces kan nog steeds een beduidend verontreinigingsgehalte bezitten, soms zelfs van dezelfde orde-grootte als deze van de fijne fractie.

De onvolkomenheid van de scheidingsprocessen, onder meer te wijten aan de heterogeniteit qua korrelverdeling van de aangevoerde specie, is daar mede verantwoordelijk voor.

Diverse proefprojecten met hydrocyclonen en met de opstroomklasseerder (elutriator) bevestigden deze vaststellingen.

De meest adequate scheidingstechniek op industrieel niveau bestaat in het oordeelkundig opspuiten van de specie in stortterreinen, waarbij de spontaan optredende scheiding wordt gestimuleerd.

Op de Antwerpse linkeroever werd een uitgebreid proevenprogramma met deze scheidingsstorten uitgevoerd.

Zoals hoger reeds vermeld, stelt de Administratie Waterinfrastructuur en Zeewezen sinds enkele jaren bebossing voorop als de meest geschikte nabestemming voor baggerstortterreinen.

De verwezenlijking van deze, of een andere nabestemming binnen een redelijke termijn vergt een versnelde evacuatie van het overtollige water. Bovendien dringt ontwatering zich ook op om volume te creëren dat voor berging kan worden benut.

Er kan onderscheid worden gemaakt tussen oppervlakkige uitdroging of rijping en de eigenlijke consolidatie van de volledige sliblaag.

Er loopt momenteel een proefproject omtrent rijping dat een vergelijkende studie beoogt tussen de beschikbare rijpingstechnieken:

- progressieve begreppeling met variabele tussenafstanden (10 en 20 m);
- rietaanplanting: drie proefvelden met respectievelijk 9, 4 en 2 planten per m<sup>2</sup>.



Fig. 5. — Zicht op de rietaanplant.  
[bij 6.2, foto not te bezorgen]

In eerste benadering kost rietaanplant meer per volume-eenheid gecreëerde bergingsruimte. De invloed strekt zich echter uit tot op een grotere diepte zodat op langere termijn riet voordeliger zou kunnen zijn, temeer daar het wezenlijke voordelen biedt als pioniersbeplanting voor de latere bebossing.

De eigenlijke consolidatie werd reeds behandeld in 3.4.

## 6.3. Chemische methoden

Diverse chemische methoden werden ontwikkeld, die echter nog geen van alle op grotere schaal worden uitgetest.

### — Fixatietechnieken

Deze behelzen het toevoegen aan de baggerspecie van geschikte additieven die de verontreinigingen chemisch binden. Gelet op de grote verscheidenheid aan verontreinigingen mag het uitgesloten worden geacht met één additief alle verontreinigingen te binden. Voor specifieke verontreinigingen zijn wel meerdere producten op de markt: als voorbeeld de alumino-silicaten voor het binden van de zware metalen. Bovendien bestaat de vrees dat bepaalde additieven op hun beurt voor milieuproblemen kunnen zorgen.

— *Stabilisatietechnieken*

Door toevoeging van bindmiddelen zoals cement, kalk, gips, kan een volume baggerspecie worden nagezet tot één monolytisch blok dat nagenoeg niet uitloogbaar is. Naast de homogenisatie vormen het vaak hoge, vereiste bindmiddelpercentage en de daarmee samenhangende kostprijs, de grootste bezwaren die tegen deze methode worden aangevoerd.

— *Extractietechnieken*

De extractie van grote doses van welbepaalde verontreinigingen kan een oplossing vormen.

Meestal gaat het bij verontreinigingen echter om een groot aantal pollutanten, die elk in vrij geringe absolute concentraties voorkomen, wat opeenvolgende extracties, met steeds andere solventen noodzakelijk maakt.

#### 6.4. Biologische methoden

De laatste jaren werden gekenmerkt door een stormachtige ontwikkeling op het vlak van biologische behandelingsmethoden. Een groot aantal gemuteerde, geactiveerde en gebiofixeerde bacteriën werden gecommercialiseerd in diverse vormen.

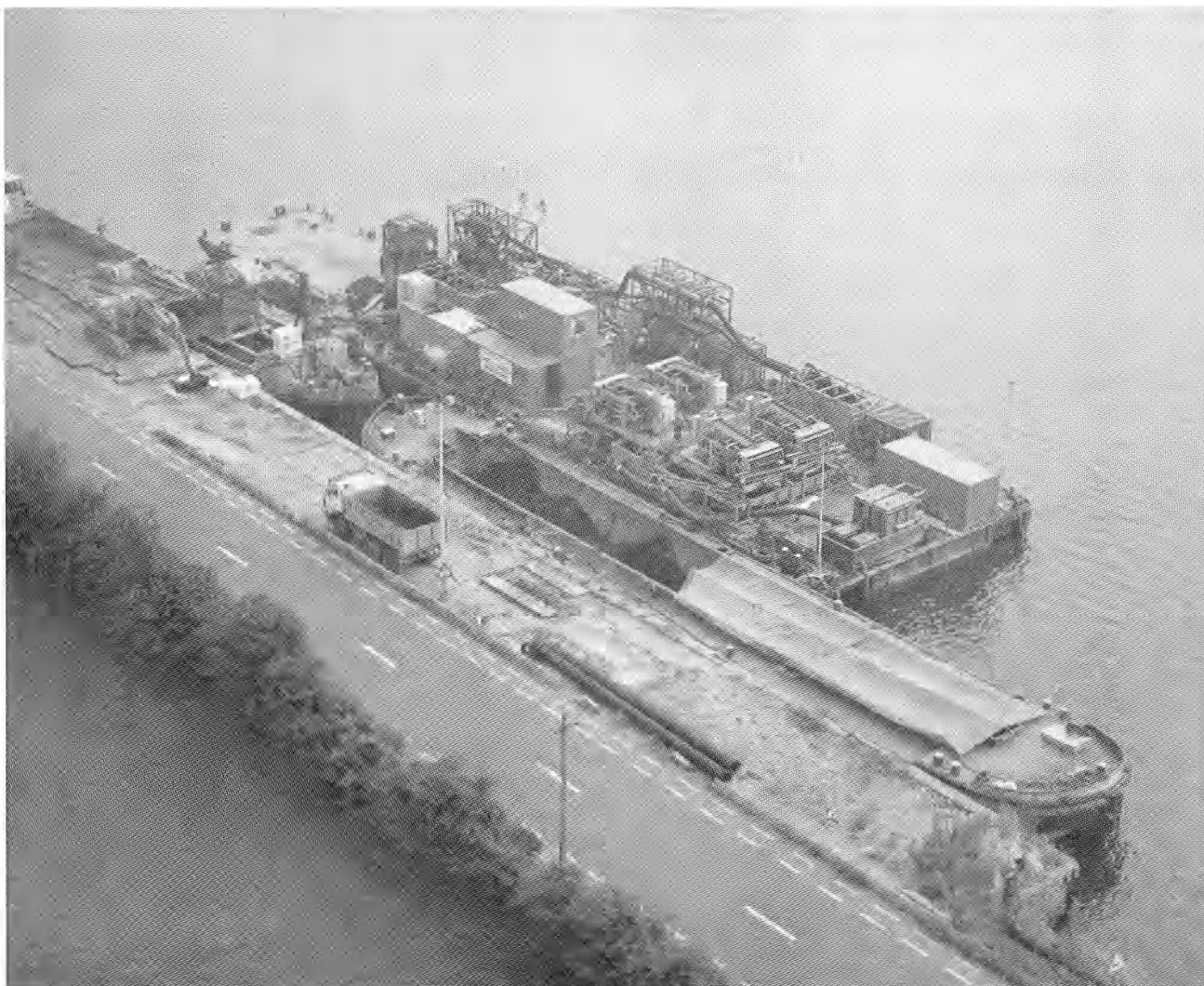


Fig. 6. — Algemeen zicht op een drijvende installatie voor fysico-chemische slibbehandeling.  
[bij 6.3, foto 280 990 - 714]

Er dient onderscheid gemaakt tussen in situ en ex situ technieken. De in situ technieken komen in aanmerking voor locaties waar niet gebaggerd hoeft te worden voor nautische redenen, en waar men hinderlijke effecten (vooral geurhinder) wenst weg te werken. De ex situ technieken slaan op de zogenaamde bioreactoren die in omvang kunnen variëren van een container tot een stortterrein.

Een aantal technieken zijn thans beschikbaar, maar moeten nog verder uitgetest en geëvalueerd worden.

— *Afbraak van organische micropolluenten en andere organische bestanddelen*

Elke baggerspecie bevat een percentage aan organisch materiaal van plantaardige, dierlijke en menselijke oorsprong. Deze stoffen worden geleidelijk afgebroken en tot hun elementaire bestanddelen herleid. Dit proces wordt, vooral in anaëroob milieu, begeleid door een vaak hinderlijke geurontwikkeling.

Bovendien komen regelmatig organische micropolluenten zoals PAK's en PCB's voor, die kunstmatig werden geproduceerd en (nagenoeg) niet door de in het natuurlijk milieu voorkomende bacteriën kunnen worden afgebroken. Beide soorten stoffen kunnen door speciaal geselecteerde en geactiveerde bacteriestammen worden „verteerd”, zowel in een installatie, in het stort als in situ. De moeilijkheidsgraad neemt echter toe met de schaal, vooral vanwege de toenemende problemen met de zuurstoftoevoer omdat een aëroob milieu in stand moet worden gehouden.

— *Biologische uitloging van zware metalen*

In tegenstelling tot de organische stoffen kunnen de zware metalen niet verder worden herleid. Met een recent ontwikkelde techniek zou het mogelijk zijn om de zware metalen uit te logen door ze te adsorberen aan bacteriën, die achteraf worden geëxtraheerd.

— *Reductie van het slibvolume in situ*

Indien de baggerspecie een hoog percentage aan organische stoffen bevat kan het interessant zijn om de frequentie en/of de hoeveelheid van de baggerwerken te reduceren door een bacteriologische behandeling in situ. De werkelijke volumereductie kan immers oplopen tot tweemaal het volume van de afgebroken organische stoffen door de grotere pakingsdichtheid van het inert substraat.

## 7. NUTTIGE HERBRUIK

### 7.1. Motivatie

Hierboven werd aangetoond dat in Vlaanderen ongeveer 90% van het volume aan baggerspecie schoon is. Wereldwijd gezien loopt dit percentage zelfs op tot ruim 95%. Vandaar het steeds groeiende inzicht dat baggerspecie waar mogelijk nuttig herbruikt dient te worden, vooral omdat er substantiële voordelen mee gepaard gaan:

- de vereiste lange termijn-planning, die de nuttige herbruik vergt, veroorzaakt vaak een meer effectief en goedkoper onderhoud van havens en toegangseulen;
- indien de baggerwerken in opdracht van een publiekrechtelijk lichaam worden uitgevoerd, kan deze opdrachtgever de kostprijs van de projecten waar de baggerspecie wordt herbruikt, reduceren (of zelfs projecten uitvoerbaar maken die het zonder herbruik van baggerspecie niet zouden zijn);
- door herbruik wordt voorkomen dat ontginningen van delfstoffen en/of stortlocaties moeten worden gevonden.

### 7.2. Mogelijkheden voor nuttige herbruik

Hierna wordt een beknopt overzicht gegeven van de mogelijkheden. Voor meer details wordt verwezen naar [6].

#### 7.2.1. Constructief gebruik

Hiervoor komen vooral de grovere materialen (zand en grint) in aanmerking.

- winning van land in zones die permanent of periodisch onverstroemd zijn;
- verbetering van terreinen die omwille van hun bodemsamenstelling en/of hun hoogteligging ongeschikt zijn voor de geplande bestemming;
- strandsuppletie;
- aanleg van bermen op enige afstand van de kust om de golfenergie te absorberen en aldus de kust tegen erosie te beschermen;
- capping (afdekken) van verontreinigde specie;
- multifunctionele site ontwikkeling: een combinatie van commerciële, industriële, toeristische en woonfuncties op plaatsen die met behulp van baggerspecie werden aangelegd.

### 7.2.2. Gebruik in de landbouw en als grondstof

- aanbrengen van een teelaardelaag voor landbouwoeieinden;
- aquacultuur: het aanleggen van kweekgebieden voor mosselen, garnalen, zalm;
- granulaat voor aanmaak van beton of koolwaterstofverhardingen.

### 7.2.3. Ecologische herstel- of verbeteringswerken

- herstel of creatie van „wetlands”;
- creatie van eilanden als broedplaats voor watervogels;
- creatie van aquatische natuurreservaten;
- verbetering van visgronden door aanpassing van het bodemreliëf.

## 8. CONCLUSIES

Uit het bovenstaande blijkt dat het baggeren en bergen van onderhoudsbaggerspecie een zeer complex probleem vormt.

Er werd gepoogd om een beeld op te hangen van wat er op dat vlak reeds werd gepresteerd.

Er blijft echter nog een lange weg af te leggen, tot het probleem in zijn geheel zal zijn beheerst.

In verband daarmee dient beklemtoond dat de kern van het probleem van planologische aard is, wat momenteel nog wordt versluierd door de milieuaspecten van de verontreinigingen, die in een gedeelte van de baggerspecie aanwezig zijn.

Als over enkele jaren de kwaliteit van de oppervlaktewateren zal zijn hersteld en vervolgens de verontreinigde waterbodem zullen gesaneerd zijn, zal het Vlaamse Gewest nog steeds geconfronteerd zijn met de prangende vraag waar jaar na jaar ruim vier miljoen kubieke meter baggerspecie te bergen in een gebied met een minimum aan beschikbare vrije ruimte.

Tot slot volgt een overzicht van het actieplan van de Administratie Waterinfrastructuur en Zeewezen m.b.t. de baggerspecieproblematiek:

- a) fundamenteel onderzoek naar:
  - ecologische effecten van baggerspecie;
  - opstellen van biologische testprocedures, naast de fysische en chemische;
  - optimaliseren en in voege brengen van de volledige MEP.
- b) verdere optimalisatie van de bagger- en lossingswerken in de maritieme toegangswegen:
  - onderzoek naar een verbetering van stortplaats-efficiëntie.
- c) wat de walberging betreft:
  - het opmaken van een inventaris om de behoefte aan baggerstortterreinen voor de eerstkomende twintig jaar te dekken en het intekenen van de daartoe benodigde terreinen op de gewestplannen;
  - het afronden van het toegepast wetenschappelijk onderzoek naar de efficiëntie van een aantal afschermingstechnieken en het introduceren ervan in de praktijk;
  - het ingang doen vinden van adequate rijpings- en consolidatietechnieken;
  - het afronden van het onderzoek naar de bebossing van baggerstortterreinen en het uitvoeren van bebossingsprojecten.
- d) wat de behandeling betreft:
  - het afronden van toegepast wetenschappelijk onderzoek naar de efficiëntie van een aantal behandelingstechnieken en het toepassen ervan;
  - het oprichten van een slibverwerkingsbedrijf in het Antwerpse voor de behandeling van de verontreinigde specie uit de Beneden-Zeeschelde.
- e) het nastreven van een maximale nuttige herbruik.

## REFERENTIELIJST

1. Classificatiestudie Baggerspecie: KBM 678 88/2844. Intern rapport van het Ministerie van Openbare Werken uitgevoerd door de N.V. HAECON.
2. Voorlopige richtlijnen voor de studie van onderhoudsbaggerprojecten. Toepassing van de MEP-procedure, in voege gebracht met de algemene omzendbrief H.W.18(5)B-15/77.282 van 16.02.1990.
3. De MEP-procedure door Mevr. ir. Y. KREPS-HEYNDRIKX en ir. E. VAN DEN EEDE. Tijdschrift „WATER” nr. 47 – juli-augustus 1989.
4. Planologische benadering van de baggerproblematiek in de Gentse regio, gebruikmakend van evaluatietechnieken door ANTOINE DESCAMPS en KATHLEEN GHEYSEN, 1987.
5. Practical application of maintenance dredging optimisation techniques in Zeebrugge door ir. P. KERCKAERT en ir. H. DE VLIAGER. XIIth World Dredging Congress, Orlando, Florida, U.S.A., 2-5 May 1989.
6. Beneficial uses of dredged materials. Report of working group 19 of PTC II, PIANC. Wordt begin 1992 gepubliceerd.

## L'approche des terres de dragage sur le plan de l'environnement et du génie civil dans la Région flamande

*Les travaux de dragage d'entretien dans les voies d'eau et dans les ports et leurs voies d'accès maritimes épuisent une importante partie du budget.*

*La pollution des eaux de surface et des fonds des voies d'eau gonfle les prix unitaires de ces travaux de dragage en raison des mesures supplémentaires à prendre afin d'éviter les effets indésirables et nuisibles pour l'environnement.*

*La politique relative à la problématique des terres draguées est examinée dans cet article après énumération de quelques données de nature quantitative. Cette politique s'appuie sur un nombre d'études scientifiques en matière de classification et de consolidation des terres draguées, de la sélection des terrains de déversement, de la disponibilité biologique et du boisement.*

*Les points d'application de cette politique sont le dragage-même, l'entreposage et le traitement.*

*Le dragage a été optimisé par l'amélioration des bateaux et par l'introduction de systèmes électroniques de localisation et de détermination des densités. Un projet expérimental de déversement à grande échelle, commenté dans le détail, a été mis en œuvre le long du canal maritime à Gand en vue d'un entreposage non-polluant des terres draguées polluées.*

*Finalement, un aperçu est donné des techniques de traitement disponibles pour fixer, extraire, décomposer ou neutraliser les polluants dans les terres draguées et l'attention est également attirée sur l'importance d'un recyclage utile des terres draguées.*