

SV-213

Monitoren in-situ saneringsprocessen Hollandsche IJssel

Eindrapportage

drs. B. Muijs (Witteveen+Bos)
ir. W. Hendriks (Witteveen+Bos)
ir. J.H.J. van der Gun (BOdemBeheer)
drs. J.J. van der Waarde (Bioclear)
M. Wagelmans (Bioclear)
dr.ir. J.T.C. Grotenhuis (Universiteit Wageningen)
ing. J.H. Doze (RIZA)
J. Gieteling (Universiteit Wageningen)
F.C.M. Kerkum (RIZA)
J. Oosterbaan (RIZA)
M.A.A.J. Kamps-Mulder (RIZA)
A.J. Smale (Witteveen+Bos)
ing. J.E. Dijkhuis (Bioclear)

april 2003

Gouda, SKB

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 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, "©"Monitoren in-situ saneringsprocessen Hollandsche IJssel", april 2003, SKB, Gouda."

Aansprakelijkheid

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 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 SKB en/of degenen die aan deze uitgave hebben meegewerkt.

Copyrights

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording and/or otherwise, without the prior written permission of SKB.

It is allowed, in accordance with article 15a Netherlands Copyright Act 1912, to quote data from this publication in order to be used in articles, essays and books, unless the source of the quotation, and, insofar as this has been published, the name of the author, are clearly mentioned, "©"Monitoring on-site decontamination processes in the beds of water courses. Phase: 1: Recording the preliminary situation", April 2003, SKB, Gouda, The Netherlands."

Liability

SKB and all contributors to this publication have taken every possible care by the preparation of this publication. However, it can not be guaranteed that this publication is complete and/or free of faults. The use of this publication and data from this publication is entirely for the user's own risk and SKB hereby excludes any and all liability for any and all damage which may result from the use of this publication or data from this publication, except insofar as this damage is a result of intentional fault or gross negligence of SKB and/or the contributors.

Titel rapport

Monitoren in-situ saneringsprocessen Hollandsche IJssel

Eindrapportage

SKB rapportnummer

SV-213

Project rapportnummer

SV-213

Auteur(s)

Drs. B. Muijs, Ir. W. Hendriks, Ir. J.H.J. van der Gun,
Drs. J.J. van der Waarde, M. Wagelmans, Dr.ir. J.T.C. Grotenhuis,
Ing. J.H. Doze, J. Gieteling, F.C.M. Kerkum, J. Oosterbaan,
M.A.A.J. Kamps-Mulder, A.J. Smale, Ing. J.E. Dijkhuis

Aantal bladzijden**Rapport:** 29**Bijlagen:** fase 1 en 2 op CD-rom

Uitvoerende organisatie(s) (Consortium)

BodemBeheer bv. (Ir. J.H.J. van der Gun, 030-6011986),
Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs bv. (A.J. Smale, 0570-697911),
Bioclear bv. (Drs. J.J. van der Waarde, 050-5718455),
Wageningen Universiteit (Dr.ir. J.T.C. Grotenhuis, 0317-482561/483339),
Rijkswaterstaat/RIZA (Ing. J.H. Doze, 0320-297364),
Centrale Projectorganisatie Hollandsche IJssel

Uitgever

SKB, Gouda

Samenvatting

Waterbodemsanering door het wegbaggeren van het verontreinigde sediment is niet altijd de gewenste aanpak, bijvoorbeeld wanneer dit leidt tot aantasting van bestaande natuur- en landschapswaarden. Een in-situ aanpak kan in deze gevallen perspectieven bieden. De kennis en ervaring met in-situ sanering is onvoldoende om deze grootschalig in te zetten. Daarom zijn op een natuurlijke, maar sterk verontreinigde oever de mogelijkheden tot een in-situ aanpak geïnventariseerd.

Binnen het onderzoek is een brede risicobeoordeling toegepast op basis waarvan de mogelijkheden voor (in situ) maatregelen zijn gezien. Gebleken is dat de aanwezige rietkraag zowel ecologisch als landschappelijk waardevol is. Het is daarom wenselijk deze te behouden. De ecologische kwaliteit van de aanwezige slikken is minimaal. De voorgenomen sanering dient deze te verbeteren. Hiertoe zijn enkele mogelijkheden onderzocht.

Dit rapport betreft het eindrapport van de uitgevoerde studie. Het vat de resultaten van het uitgevoerde onderzoek samen en gaat in op de mogelijkheden tot sanering die leiden tot behoud van de aanwezige rietkraag en herstel van de ecologische kwaliteit van de slikken.

Trefwoorden**Gecontroleerde termen:**

(biologische) afbraak
(biologische) beschikbaarheid
ecologische risico's
in-situ sanering
waterbodem

Vrije trefwoorden:

Hollandsche IJssel
PAK beschikbaarheidsmeter

Titel project

Monitoren in-situ saneringsprocessen Hollandsche IJssel

Projectleiding

BOdemBeheer (ir. J.H.J. van der Gun,
030-6011986)

Dit rapport is verkrijgbaar bij:

SKB, Postbus 420, 2800 AK Gouda

Report title

Monitoring on-site decontamination processes in the beds of water courses.

SKB report number

SV-213

Final report

Project report number

SV-213

Author(s)

Drs. B. Muijs, Ir. W. Hendriks, Ir. J.H.J. van der Gun,
Drs. J.J. van der Waarde, M. Wagelmans, Dr.ir. J.T.C. Grotenhuis,
Ing. J.H. Doze, J. Gieteling, F.C.M. Kerkum, J. Oosterbaan,
M.A.A.J. Kamps-Mulder, A.J. Smale, Ing. J.E. Dijkhuis

Number of pages

Report: 29

Appendices: phase 1 and 2 on Cd-rom

Executive organisation(s) (Consortium)

BodemBeheer bv. (Ir. J.H.J. van der Gun, 030-6011986),
Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs bv. (A.J. Smale, 0570-697911),
Bioclear bv. (Drs. J.J. van der Waarde, 050-5718455),
Wageningen Universiteit (Dr.ir. J.T.C. Grotenhuis, 0317-482561/483339),
Rijkswaterstaat/RIZA (Ing. J.H. Doze, 0320-297364),
Centrale Projectorganisatie Hollandsche IJssel

Publisher

SKB, Gouda

Abstract

The options for on-site decontamination have been inventoried on the basis of various studies carried out on a natural bank of the Hollandsche IJssel. In addition to standard studies of the beds of water courses, this research consisted of recording flora and fauna, an exhaustive risk analysis, availability research relating to PAC and heavy metals and determination of the potential for natural degradation. The research revealed that reconstruction of the site in combination with on-site decontamination is an option that will allow the preservation of the existing flora, fauna and landscape. On-site decontamination measures may consist of stimulating biological degradation, promoting sedimentation processes in such a way that the contaminated layers of sediment are covered (natural capping) or the partial removal of the existing sludge and its replacement with clean sediment.

Keywords**Controlled terms:**

beds
on-site decontamination
(biological degradation)
(biological) availability
ecological risks

Uncontrolled terms

batch tests
bio assays
field inventories
Hollandsche IJssel
PAC availability meter

Project title

Monitoring on-site decontamination processes in the beds of water courses

Projectmanagement

BOdemBeheer (ir. J.H.J. van der Gun,
030-6011986)

This report can be obtained by: SKB, PO Box 420, 2800 AK Gouda, The Netherlands
Netherlands Centre for Soil Quality Management and Knowledge Transfer (SKB)

VOORWOORD

De aanpak van verontreinigde waterbodems wordt nagenoeg altijd gekarakteriseerd door een verwijdering van de betreffende verontreinigingen door middel van baggeren. Dit baggeren is echter niet in alle situaties mogelijk door bijvoorbeeld de aanwezigheid van obstakels ter plaatse van de waterbodem. Baggeren kan ook niet altijd gewenst zijn, bijvoorbeeld als dit leidt tot een (langdurige) aantasting van bestaande natuur- en landschapswaarden. In-situ technieken kennen deze nadelen niet en zouden daardoor een geschikt alternatief kunnen zijn. Dergelijke technieken worden echter vanwege het gebrek aan kennis en ervaring tot op heden niet toegepast.

In 1999 is het rapport “In-situ waterbodemsanering: voorstelbaar en haalbaar?” uitgekomen [Van der Gun en Joziasse] waarin een oproep wordt gedaan om door middel van proefprojecten de kennis en ervaring op het gebied van in-situ waterbodemsanering te vergroten om zodoende een dergelijke aanpak meer algemeen toepasbaar te maken. Het in dit rapport beschreven project geeft gehoor aan deze oproep. Op een sterk verontreinigde natuurlijke oever in de Hollandsche IJssel, waar grootschalige baggerwerkzaamheden kunnen leiden tot een (tijdelijke) aantasting van bestaande natuur- en landschapswaarden, is met behulp van een uitgebreid onderzoek het potentieel voor een in-situ aanpak onderzocht.

Het onderzoek is uitgevoerd in een tweetal fasen. Tijdens de eerste fase is uitvoerig de uitgangssituatie van het gebied opgenomen. Vervolgens zijn suggesties gedaan voor een mogelijke in-situ aanpak. De tweede fase bestond uit het uitwerken van deze mogelijkheden. In de voorliggende rapportage worden de mogelijkheden voor een in-situ aanpak in het gebied afgewogen.

De doelstelling van het uitgevoerde onderzoek is het vergroten van de kennis en ervaring met in-situ sanering van verontreinigde waterbodems. Dit rapport kan dienen bij de weloverwogen keuze door het bevoegd gezag (provincie Zuid-Holland) voor de uiteindelijke invulling van de sanering van de locatie.

Het rapport is tot stand gekomen door een samenwerking van BOdemBeheer bv, Bioclear, Centrale Projectorganisatie Hollandsche IJssel, Rijksinstituut voor Intergraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterzuivering, Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland, Wageningen University and Research en Witteveen+Bos.

Dit project is in diverse media nader toegelicht en heeft tevens geresulteerd in een aantal wetenschappelijke artikelen en presentaties (zie referentielijst).

INHOUD

		VOORWOORD	III
		SAMENVATTING.....	VII
		SUMMARY.....	XI
		BEGRIPPENLIJST.....	XV
Hoofdstuk	1	INLEIDING	1
	1.1	Probleemschets	1
	1.2	Mogelijkheden voor inzet van in-situ saneringstechnieken binnen een project	1
	1.3	Het project op hoofdlijnen	2
	1.4	De rapportage	3
Hoofdstuk	2	SITUATIESCHETS.....	5
	2.1	Een unieke rivier	5
	2.2	De rivier in historisch perspectief	5
	2.3	Een aangetaste rivier	7
	2.4	Schonere en mooiere Hollandsche(r) IJssel	7
	2.5	Waterbodemsanering	8
	2.6	't Zandrak	8
Hoofdstuk	3	ONDERZOEKSAANPAK EN ONDERZOEKSVRAGEN.....	11
	3.1	Aanpak.....	11
	3.2	Onderzoeksvragen en hypothesen	12
	3.3	Uitgevoerde werkzaamheden	13
	3.4	Aandachtspunten	15
Hoofdstuk	4	ONDERZOEKSRESULTATEN.....	17
	4.1	Algemeen.....	17
	4.2	Verontreinigingssituatie.....	17
	4.3	Biologische afbraak.....	18
	4.4	Biologische beschikbaarheid.....	20
	4.5	Ecologische effecten	21
	4.6	Sedimentatie	22
Hoofdstuk	5	MOGELIJKHEDEN VOOR IN-SITU SANERING.....	23
	5.1	Algemeen.....	23
	5.2	Nut en noodzaak aanpak rietkraag	23
	5.3	Beschouwing in-situ saneringmogelijkheden	24
Hoofdstuk	6	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	27
	6.1	In-situ saneringsmogelijkheden Zandrak.....	27
	6.2	In-situ waterbodemsanering algemeen	27
		LITERATUUR	29

Bijlagen op CD-rom:

Fase 1 Opname nulsituatie

Fase 2 Meetronden 2001 en 2002

SAMENVATTING

Monitoren in-situ saneringsprocessen Hollandsche IJssel

Probleemstelling

Een traditionele saneringsaanpak van waterbodems door het wegbaggeren van het verontreinigde sediment is niet altijd mogelijk of gewenst. Hierbij valt te denken aan niet verwijderbare obstakels, hoeveelheid en (blijvende) aantasting van bestaande natuur- en landschapswaarden. In dergelijke gevallen biedt een in-situ aanpak wellicht perspectief. De beschikbare kennis en ervaring is thans echter onvoldoende om dergelijke technieken op grote schaal in te zetten.

De natuurlijke, maar sterk verontreinigde oevers aan de Hollandsche IJssel zijn voorbeelden van waterbodemverontreiniging waarbij een traditionele aanpak niet altijd wenselijk is. Door de werking van het getij in deze rivier bevatten de oevers unieke natuur- en landschapswaarden. Deze bestaan veelal uit slikken met daarachter brede rietkragen. Deze oevers vormen dan ook de ideale proeftuin om kennis en ervaring op te doen met in-situ aanpakken voor waterbodemsanering.

Het project

Op één van deze oevers is een aantal mogelijkheden tot in-situ waterbodemsanering in beschouwing genomen. Het project is in twee fasen uitgevoerd. Tijdens de eerste fase van het project is uitvoerig de uitgangssituatie opgenomen. Hierbij is niet alleen gekeken naar de verontreinigingssituatie, maar ook naar de beschikbaarheid van de aanwezige verontreinigingen, de potentie voor natuurlijke afbraak en de ecologische risico's. Op basis van de verzamelde gegevens zijn mogelijkheden voor een in situ aanpak ter plaatse geïdentificeerd. Deze mogelijkheden zijn erop gericht om de op de locatie aanwezige vegetatie met riet- en biezengras in ieder geval te behouden; deze worden zowel landschappelijk als ecologisch waardevol gezien. De slikken blijken alleen landschappelijke waardevol zijn. Uit diverse saneringen elders in de Hollandsche IJssel waarbij de verontreiniging is gebaggerd, is gebleken dat herstel van de rietkraag niet is opgetreden: behoud van de rietkraag is de beste garantie voor behoud van natuur- en landschapswaarden.

In de tweede fase zijn leemten in kennis ingevuld, onder andere door het uitvoeren van monitoring en sedimentatieonderzoek. Op basis van de resultaten van dit aanvullend onderzoek zijn de mogelijkheden voor een in situ aanpak verder nagegaan.

Saneringsmogelijkheden

Er zijn drie aanpakken gesuggereerd die de ecologische kwaliteit zouden kunnen verbeteren zonder daarbij de landschappelijke waarden van het gebied en de rietkraag aan te tasten. De eerste aanpak betreft het stimuleren van natuurlijke afbraak van de verontreinigingen; uit de resultaten blijkt dat er aanwijzingen zijn dat natuurlijke afbraak aan de gang is.

De tweede gesuggereerde aanpak is het stimuleren van natural capping. Bij deze aanpak worden door de afzet van sediment de verontreinigde slikken afgedekt met schoon sediment. Dit proces vindt inmiddels plaats. Uit de resultaten is gebleken dat het sediment wat recentelijk is afgezet duidelijk beter is van kwaliteit. Dit lijkt een gevolg te zijn van de aanpak van diverse verontreinigingsbronnen. Na verloop van tijd wordt op de slikken een laag afgezet van voldoende dikte. Hierdoor kunnen sedimentbewonende organismen het sterk verontreinigde sediment niet meer bereiken en vindt herstel plaats van de ecologische waarden van het sediment.

Een mogelijke derde aanpak betreft een gecombineerde aanpak, waarbij de rietkraag in tact wordt gehouden en de verontreinigde slikken tot aan de rietkraag worden gebaggerd. De saneringsput wordt hierbij vervolgens aangevuld met gebiedseigen sediment en niet, zoals sanering

gen elders in de Hollandsche IJssel, met Noordzeezand. Deze aanpak zal leiden tot een tijdelijke aantasting van de huidige ecologische waarden van de slikken, maar dit wordt niet als nadelig beschouwd, omdat de slikken toch al niet als ecologisch waardevol worden beschouwd. Na het aanbrengen van schoon en gebiedseigen sediment zullen de slikken spoedig worden hergekolo-niseerd.

Leemten in kennis

Om een goede evaluatie te kunnen maken van de saneringsmogelijkheden moet een aantal leemten in kennis worden ingevuld. De belangrijkste punten in dit verband zijn:

- de ecologische risico's; er bestaat onvoldoende inzicht in de ecologische risico's; met name voor het al dan niet kunnen behouden van de rietkraag is inzicht hierin van groot belang;
- inzicht in de snelheid waarmee natuurlijke afbraak optreedt, met daaraan gekoppeld de vraag of natuurlijke afbraak binnen afzienbare termijn leidt tot verbetering van ecologische waarden op de slikken;
- optreden van natural capping (sedimentatiegedrag en snelheid).

De tweede fase heeft zich gericht op het beantwoorden van deze vragen. Door continuering van de monitoring wordt de snelheid van natuurlijke afbraak in kaart gebracht. Met modelberekeningen is de slibafzet op de locatie ingeschat. Met ecologisch onderzoek waarbij zowel aquatische als bentische testen zijn uitgevoerd zijn de ecologische risico's in de rietkraag bepaald.

Evaluatie saneringsmogelijkheden

Uit het onderzoek is gebleken dat vanuit ecotoxicologisch oogpunt er voor deze locatie geen bezwaren zijn tegen het behoud van de rietkraag; bij het ecologisch onderzoek zijn geen onacceptabele risico's in relatie tot de aanwezige verontreiniging aangetoond. Uit modelberekeningen is tevens gebleken dat humaan toxicologische risico's evenmin aan de orde zijn. De rietkraag kan derhalve behouden blijven, waarbij het wel van belang is de situatie in de rietkraag regelmatig te monitoren. Door natuurlijke afbraak, of eventueel fytoremediation, kan de milieuhygiënische situatie ter plaatse van de rietkraag zich in de toekomst nog verder verbeteren. Mocht uit de monitoring blijken dat er toch een verslechtering op zou treden, dan kan er in een later stadium alsnog actiever worden ingegrepen.

Voor verbetering van de ecologische kwaliteit van de slikken zijn natuurlijke afbraak en natural capping geen reële oplossingen:

- Natuurlijke afbraak blijkt in dit geval een zeer langzaam proces te zijn. Gedurende de monitoringsperiode (drie jaar) zijn geen veranderingen in de verontreinigingssituatie aangetoond. Stimulering van natuurlijke afbraak is vanwege de complexe verontreinigingssituatie in dit geval geen realistische optie: de aanwezige verontreiniging met PAK, minerale olie en laag gechloreerde PCB breken alleen af onder aërobe omstandigheden, terwijl voor hoog gechloreerde PCB juist een anaëroob milieu vereist is. Zware metalen, die in veel gevallen een klasse 4-overschrijding veroorzaken, breken in het geheel niet af.
- Hoewel de kwaliteit van het recent aangevoerde sediment als voldoende wordt beschouwd (klasse 2), leidt natural capping niet tot de vorming van een schone sedimentlaag van voldoende dikte. Sedimentatie in de Hollandsche IJssel is een langzaam proces. Onder andere de intensieve scheepvaart werkt nadelig. Het aanbrengen van palenrijen of strekdammen zal de afzet van sediment niet bevorderen.

Van de drie gesuggereerde saneringsmogelijkheden wordt een gecombineerde aanpak derhalve het meest haalbaar gezien. De rietkraag wordt hierbij niet verwijderd (geen risico's, op termijn verdere natuurlijke afbraak) en de slikken worden gebaggerd en vervolgens weer aangevuld met schoon en gebiedseigen sediment. Het aanvullen van de ontgraven grond met Noordzeezand moet worden vermeden.

Toepassing

In zijn algemeenheid heeft dit project geleidt tot een nadere beschouwing van mogelijkheden voor een in-situ aanpak van waterbodemonverontreiniging. De gevolgde projectaanpak kan worden toegepast bij vergelijkbare projecten. Kernpunt hierbij is dat een brede risicobenadering (maatwerk) wordt toegepast voor de beoordeling van mogelijke saneringsmaatregelen in een bepaalde situatie. Hierbij moet gelet worden op de beschikbaarheid van stoffen in relatie met het ecologisch functioneren van het systeem. De in het kader van dit project toegepaste methode voor het bepalen van de beschikbaarheid van PAK is een uitermate nuttig instrument gebleken bij het beoordelen van (rest)risico's en het voorspellen van verdere afbraak. Een bredere toepassing van deze methode wordt aanbevolen.

SUMMARY

Monitoring on-site decontamination processes in the beds of water courses

Introduction

The Hollandsche IJssel is a tidal river. The open connection with the North Sea allows low and flood tides to be observed as far inland as Gouda. The tidal range can vary between 1 and 2 metres. One consequence of this tidal flow is that the Hollandsche IJssel has the potential to be the home to animals, plants and landscapes that are unique in the Netherlands. The banks that are exposed at low tide, also known as 'beds', are covered with exceptional flora and fauna and are an important factor in the overall landscape of the Hollandsche IJssel.

Human intervention has drastically changed the appearance of the Hollandsche IJssel since the start of the industrial revolution. The river has been partially 'channelled' in order to benefit shipping and to prevent flooding. This has destroyed the majority of the beds. The river has also been seriously polluted by a cocktail of contaminants including heavy metals, mineral oil, PAC and chlorinated organic compounds originating from a number of sources (drainage, dumping, etc.). This river is one of the most polluted bed locations in the Netherlands.

In 1998, a large number of interested parties joined forces to draw up the Hollandsche IJssel performance contract. The aim is to create a cleaner and more beautiful Hollandsche IJssel. The associated decontamination operation is already underway. An important source of contamination for the beds, the stirring up of sludge from the bed of the navigation channel, is subject to a large-scale decontamination operation. What remains is to decontaminate the contamination that has accumulated on the beds.

There are cases in which traditional decontamination (dredging) is undesirable. This may also be the case at specific sites along the Hollandsche IJssel due to the fact that removal of dredge spoil may destroy the existing flora, fauna and landscape. The question is whether they will recover within a reasonable period subsequent to dredging operations. The fact that on-site decontamination techniques do not have this disadvantage (the contaminated material remains in place), would seem to make these suitable alternatives. However, the level of knowledge and experience with these techniques is still insufficient to allow large-scale practical application. The Hollandsche IJssel offers ideal test sites for the acquisition of more knowledge and experience.

To gain knowledge and experience, a consortium consisting of Bioclear, Bodembeheer, Centrale Projectorganisatie Hollandsche IJssel, RIZA/Rijkswaterstaat, Wageningen University and Research and Witteveen+Bos was formed in order to study the options for on-site decontamination of beds on a bed in the vicinity of Capelle a/d IJssel. The project studied a significant number of factors. The results of the research may make specific contributions to subsequent planning relating to the decontamination of the beds. The measurements carried out can be used as 'zero measurements' (determining the starting situation). More generally, the results of the research may contribute to further knowledge development regarding the application of on-site decontamination techniques for contaminated beds.

Work conducted and results

A number of major analyses, including some involving extremely specialised and recently developed techniques, were used to ascertain the situation. Prior to the observations, the area was thoroughly inventoried, which involved a number of operations, including in-depth recording of the situation and the flora and fauna present. This revealed that a number of special plant varie-

ties occur amongst the reed vegetation, including the protected 'spindotter'. This plant is typical of the tidal river area. The reed border is therefore regarded as ecologically valuable.

The test site was set up on the basis of the results of the inventory. This involved setting out 3 measuring lines at right angles to the water line. Each measuring line consisted of five measuring points at which samples were taken at three different depths (0-10, 1-50 and 50-100 cm). This set-up produced a gradient of measuring points that are always submerged, submerged during high tide or (almost) never submerged, which facilitated determination of the effect of the movements of water and water level on distribution, risks and the degradation potential of contaminants.

The first step in the measurement consisted of a pedological and physical-chemical characterisation of the sampled sediment. This revealed that the site is seriously contaminated with heavy metals, mineral oil, PAC, PCB and OCB. The final evaluation in accordance with the Vierde Nota Waterhuishouding (fourth water management bill) is class 3 to 4 in many cases. There is a clear pattern in the distribution of the contaminants. Recently deposited sludge is markedly better quality than older sediment layers. This is due to the general improvement in the quality of the river and possibly even to a contribution made by recent decontamination of the navigation channel that has prevented the delivery of highly contaminated sediment. There is no or very little deposition of new sludge on the dry areas, which means that the top layer at those locations is highly contaminated.

On-site redox characterisation took place during the sampling. This revealed, as could be expected, that drier measuring points are more aerobic than wetter and deeper sections. The redox conditions offer good points of departure for the natural degradation of certain biological compounds. Natural degradation of mineral oil, PAC and lower substituted can be expected in the more aerobic soil layers, while reductive dechlorination of higher substituted PCB may take place in the more anaerobic, deeper soil layers. The fractions of mineral oil, PAC and PCB show that natural degradation of these types of contamination has actually occurred.

The results of the physical-chemical characterisation were the basis for the selection of samples to be subjected to more specific analyses. Some samples with a high level of heavy metals were also analysed for the availability of heavy metals. These analyses revealed that there is little or no leaching. Only zinc leaches out to a limited degree. The spreading of heavy metals is therefore not expected.

As regards PAC, availability was determined with the aid of the recently developed 'PAC availability meter', an extraction based on persulphate oxidase. This research showed that the level of PAC availability is usually more than 50% in the more aerobic zones. This PAC may cause risks, but is also available for biological degradation. Furthermore, the degradation of this PAC depends on the conditions, with the presence of oxygen being the limiting factor. PAC in the more aerobic zones (top layer and dry areas) is less biologically available due to the fact that the easily available fractions have already been degraded. No significant risks are expected in this regard. The further degradation of PAC will be minimal and progress slowly. Some samples containing a high level of available PAC were also analysed with a Tenax extraction and biological degradation tests. The sediment was inoculated during the degradation tests. This showed that the PAC availability meter is an excellent device for determining the biological availability and final concentrations of natural degradation.

Almost no biological degradation was detected in the batch tests carried out without the addition of inoculation material (Bioclear). Changes did not occur in fractions. This prompts the conclusion that natural degradation will be an extremely slow process. Reductive dechlorination of higher substituted compounds only occurs under aerobic conditions. The differences between the vari-

ous degradation tests lead to the conclusion that the biological degradation of organic contaminations is stimulated by inoculating the sediment.

RIZA carried out an exhaustive risk evaluation in accordance with the TRIADE guidelines and corresponding with monitoring operations at other sites along the Hollandsche IJssel. This research revealed that the sludge is poor in macrofauna. It is therefore not regarded as ecologically valuable. Nematode analyses showed that there is an imbalance caused by the presence of the contamination. Moreover, the sludge is eutrophic. The nematode density is greater in the dry areas. However, this does not seem to be linked to the presence of contamination. Low numbers of nematodes are frequently detected in wet beds.

The Microtox test had a mild to serious toxic effect on the sludge. TU (Toxic Units) analyses showed that this effect can be caused by PAC. In contrast, the bio assays with water fleas and mosquito larvae did not show any effect. Bio-accumulation tests with Oligochaets revealed an increased biological availability of cadmium, lead and chrome. Cadmium, aldrin and PCB-153 exceed the MPR criteria – there is a serious risk of toxic transmission. The results of the bio-accumulation tests conflict with the results of the chemical and availability research. This would seem to be caused by the fact that biological availability increased during the bio-accumulation tests and should therefore be regarded as a worst case approach. It must be pointed out that only a very limited risk analysis was conducted at the site of the reeds and rushes.

Options for on-site decontamination

The reeds and rushes present are regarded as ecologically valuable due to the occurrence of unique plant varieties. This does not apply to the sludge, as ecological research has shown that macrofauna is poor in terms of biodiversity and abundance. It is therefore desirable to preserve the reeds and rushes when decontaminating the site. This should be possible with the aid of a partially on-site approach. The precondition here is that no unacceptable ecological risks are present at the site of the reeds and rushes. This will have to be investigated in more detail on the basis of specific research. A number of options are outlined in relation to a (partial) on-site approach.

The first option is to stimulate natural degradation. However, this is extremely complex. Mineral oil, PAC and lower substituted PCB require aerobic conditions, while reductive dechlorination of higher substituted PCB requires anaerobic conditions. Making sediment aerobic or anaerobic for a specific period of time will encourage the natural degradation of certain contaminants, but will also increase biological availability and therefore the ecological risks associated with other contaminants. An option in this regard is to temporarily place a portion of the sediment in a land farm to be set up on site. If it becomes apparent that natural degradation is insufficient, the contaminants present can be further mobilised by adding organic material (Condensed Organic Matter).

A second option is to promote Natural Capping, a process that is very characteristic of the Hollandsche IJssel (history of clay extraction for brick production). Constructing training walls can further stimulate the deposition of clean sediment. This will cover the contaminated layers of sediment with clean material, making the contamination inaccessible to benthic organisms. Furthermore, this stimulates reductive dechlorination of PCB. Sedimentation will cause land accretion, enlarging the area of reeds and rushes. This will change the landscape. The roots of the increasing number of reeds and rushes may reach the contaminated lower layer in this case. Whether this will have any effect is unknown.

An approach geared exclusively to the sludge may involve dredging to a specific depth (e.g. 1 metre). This may be followed by deposition of clean sediment from the same area. It is expected that the remaining sediment (at depth) will improve over time due to reductive dechlorination of

higher substituted PCB and/or further immobilisation of contaminants. This approach destroys macrofauna. However, this is not regarded as a problem. It is expected that the macrofauna will make a complete recovery and improve in terms of biodiversity and abundance due to the addition of clean sediment. It is technically possible to remove contaminated sediment to a distance of less than 1 metre from the reeds and rushes without damaging them.

Further monitoring will be required if one of these variants or a combination of variants is used. Chemical analyses alone are not sufficient because they do not provide additional information on ecological risks and the results of the actions taken. The tools used in this project are ideal monitoring instruments. Adjustment of the range of tools can be carried out on the basis of regular evaluation of the results.

BEGRIPPENLIJST

aëroob	zuurstof aanwezig
anaëroob	geen zuurstof aanwezig
bioassay	analysemethode waarbij met behulp van aan een milieu toegevoegde organismen de kwaliteit van het monster wordt bepaald
doorvergiftiging	het doorgeven van opgenomen verontreinigingen naar organismen hoger in de voedselketen, zodat ook hier effecten waarneembaar zijn.
ecologisch risico	risico's voor het ecosysteem ten gevolge van de aanwezigheid van verontreiniging.
in-situ sanering	sanering waarbij ter plaatste de verontreiniging wordt gesaneerd zonder daarvoor het verontreinigde (water)bodemmateriaal (tijdelijk) te verwijderen.
macrofauna	verzamelnaam voor hogere diersoorten.
natural capping	afdekken door sedimentatie van de verontreinigde waterbodem.
veldinventarisatie	vaststellen van de milieukwaliteit aan de hand van in het veld waargenomen of in het laboratorium gemeten samenstelling en dichtheid van organismen.
zelling	lokale benaming van de tijdens eb droogvallende oevers die zijn ontstaan ten gevolge van de kleiwinning in het gebied van de Hollandse IJssel.

HOOFDSTUK 1

INLEIDING

1.1 Probleemschets

Een saneringsonderzoek over een verontreinigde waterbodem heeft nagenoeg altijd als uitgangspunt dat de verontreinigingen worden verwijderd met een voor de gegeven situatie meest geschikte baggertechniek. De aandacht gaat dan altijd uit naar een afweging van de geschikte baggertechnieken en vervolgens naar de meest geschikte vormen van be- of verwerking van de verontreinigde baggerspecie. Er zijn in Nederland echter tal van situaties aan te wijzen waar het om uiteenlopende redenen ongewenst is de aanwezige waterbodemverontreiniging door middel van baggeren aan te pakken. Hierbij kan het dan gaan om aantasting van aanwezige landschaps- en/of natuurwaarden, de aanwezigheid van obstakels dan wel risico's van stabiliteitsverlies van oevers of vanwege de grootschaligheid.

De inzet van in-situ technieken bieden in een aantal van deze situaties wellicht betere perspectieven met betrekking tot de genoemde aspecten, zoals bijvoorbeeld het behouden, c.q. het beschermen van de bestaande natuur- en landschapswaarden. In tegenstelling tot de 'klassieke' sanering van waterbodems waarbij het verontreinigde sediment wordt verwijderd en afgevoerd, blijft bij een in-situ aanpak het sediment op zijn plaats. Anders dan bij een klassieke aanpak zijn in-situ technieken niet gericht op het volledig verwijderen van de aanwezige verontreinigingen en het herstel van de multifunctionaliteit. Een in-situ techniek heeft als doelstelling de risico's van de aanwezige verontreinigingen tot een minimum te reduceren. Dit kan bestaan uit het verwijderen van de aanwezige verontreinigende stoffen door het stimuleren van biologische afbraak, maar ook uit het immobiliseren van de verontreinigende stoffen of het afdekken van de verontreinigingen. Tijdens een voorstudie zijn verschillende technieken en methoden voor in-situ aanpak van waterbodemverontreiniging uitgebreid bestudeerd [Van der Gun en Joziassse].

Een in-situ aanpak heeft voordelen ten opzichte van een klassieke aanpak. Het leidt niet alleen tot behoud en eventuele verbetering van natuur- en landschapswaarden, maar ook vanuit kostenefficiëntie kan een in-situ aanpak gunstig zijn. Tot heden zijn er voor zover bekend nog geen in-situ waterbodemsaneringen in Nederland uitgevoerd. Hiervoor zijn niet alleen nieuwe concepten nodig, maar ook methoden om de saneringsvoortgang en het resultaat te beoordelen.

1.2 Mogelijkheden voor inzet van in-situ saneringstechnieken binnen een project

De verontreinigde zellingen langs de Hollandsche IJssel bieden een unieke mogelijkheid om de mogelijke inzet van in-situ technieken bij waterbodemsanering nader te bestuderen en zo mogelijk toe te passen. Binnen dit project zijn de mogelijkheden voor een in-situ aanpak ter plaatse van één van de zellingen, "t Zandrak" nabij Capelle a/d IJssel, nader beschouwd. Het resultaat van dit onderzoek wordt in deze rapportage beschreven. Deze proeflocatie kenmerkt zich door een drietal zones. Aan de voet van de dijk is een riet- en biezenveld aanwezig. Dit is een relatief aëroob systeem. Dan volgt een slikkengebied wat tijdens eb droog valt en tijdens vloed geheel onder water staat. Meer in de richting van de vaargeul staat het gebied ook tijdens eb onder water. Op zowel de slikken als nabij de vaargeul is sprake van een vrijwel constant anaëroob systeem. Zowel het riet- en biezenveld als de slikken worden landschappelijk als waardevol gezien en verdienen aandacht.

Binnen het project is gefocust op twee in-situ aanpakken, namelijk:

- biologische afbraak (natuurlijke afbraak of eventueel het stimuleren hiervan) van verontreinigingen;
- "natural capping": het vormen van een natuurlijke afdeklaag door sedimentatie, waardoor de blootstelling aan verontreinigingen wordt verminderd en waardoor er tevens een immobilisatie van verontreinigingen (metalen) op zou kunnen treden.

1.3 Het project op hoofdlijnen

Het project is gefaseerd uitgevoerd. In eerste instantie is in 2000 een uitgebreide meting uitgevoerd naar de uitgangssituatie. Hierbij is verspreid over het onderzoeksgebied een groot aantal abiotische en biotische parameters bepaald, zoals verontreinigingsniveau's, biologische beschikbaarheid van componenten, redoxsituatie, ecologische situatie (risico's), etc.

Op basis van deze nulmeting is een drietal scenario's opgesteld voor een mogelijke (in-situ) aanpak, te weten:

- biologische afbraak;
- natural capping;
- gecombineerde aanpak (in-situ techniek en conventionele methode).

Om na te gaan of deze scenario's daadwerkelijk toegepast zouden kunnen worden is in een tweede fase aanvullend onderzoek uitgevoerd om kennisleemten in te vullen. In deze tweede fase zijn in de jaren 2001 en 2002 vervolgmetingen uitgevoerd (monitoring). Op basis van de diverse meetresultaten en een, eveneens uitgevoerde, nadere beschouwing van het sedimentatiegedrag in het gebied, is vervolgens een beoordeling gegeven van de concrete mogelijkheden voor een in-situ aanpak ter plaatse. Figuur 1 schematiseert de opzet van het project.

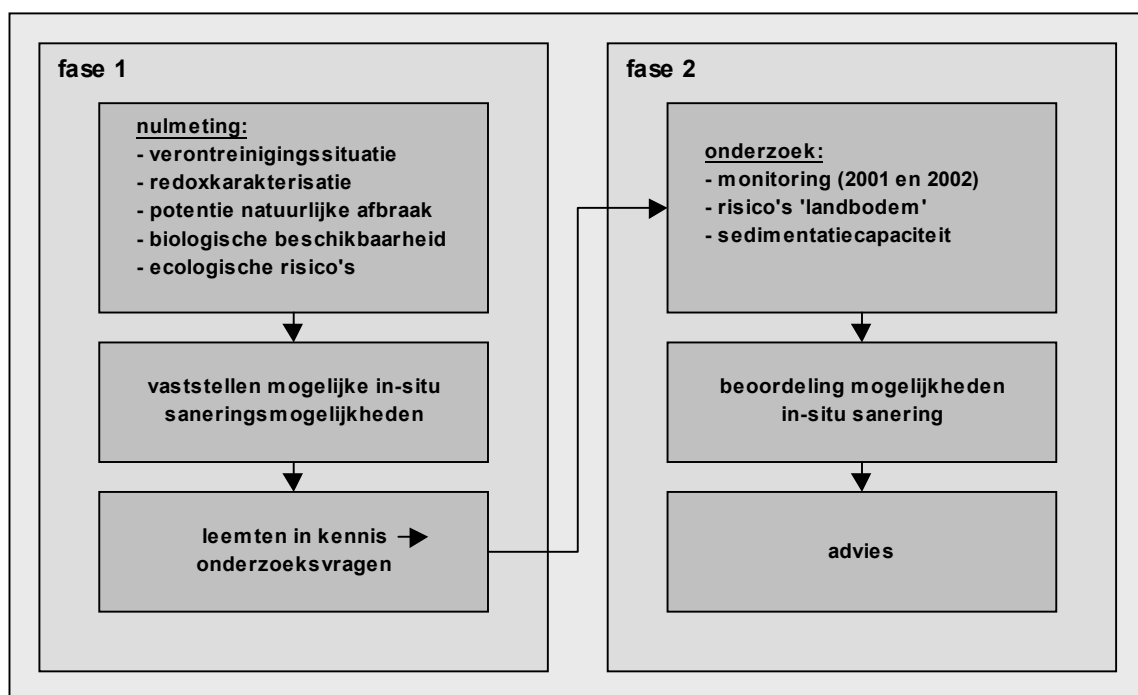


Fig. 1. Opzet van het project.

Naast het verkrijgen van inzicht in de mogelijkheden voor een in-situ aanpak ter plaatse van de proeflocatie, heeft het onderzoek meer in algemene zin tot doel om nadere ervaring op te doen met methoden om in-situ waterbodemsanering te ontwerpen. Binnen het project zijn daartoe ook nieuwe onderzoeksmethoden toegepast, waaronder de “PAK-beschikbaarheidsmeter”.

1.4 De rapportage

De onderhavige rapportage betreft het samenvattende eindrapport van de uitgevoerde studie. De achtergronden en uitgevoerde werkzaamheden zijn in detail beschreven in twee onderliggende deelrapportages (fase 1: nulmeting en fase 2: monitoring). Voor details en nadere informatie wordt verwezen naar deze beide deelrapportages.

In dit eindrapport wordt een samenvattend beeld gegeven van het onderzoek en de resultaten. Hiervoor wordt allereerst in hoofdstuk 2 een situatieschets gegeven waarin nader wordt ingegaan op de (sanering van de) Hollandsche IJssel in het algemeen en de situatie ter plaatse van de proeflocatie 't Zandrak in het bijzonder. Voorts wordt in hoofdstuk 3 nader ingegaan op het uitgevoerde onderzoek en wordt een beschouwing gegeven van de mogelijkheden (scenario's) van in-situ sanering van de proeflocatie. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van het uitgevoerde onderzoek van fase 1 (nulmeting) en 2 (monitoring) integraal beschreven. Hoofdstuk 5 betreft de synthese. In dit hoofdstuk worden de mogelijkheden voor een in-situ sanering ter plaatse geëvalueerd. Tot slot volgen in hoofdstuk 6 de conclusies en aanbevelingen. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen specifieke bevindingen die zijn gerelateerd aan de proeflocatie en algemene bevindingen inzake in-situ waterbodemsanering.

HOOFDSTUK 2

SITUATIESCHETS

2.1 Een unieke rivier

De Hollandsche IJssel is een unieke rivier. Net als de in de regio gelegen Oude Maas is het een getijdenrivier. Door de open verbinding met zee is tweemaal per dag de beweging van het getij zichtbaar. Het getijdenverschil bedraagt plaatselijk bijna twee meter. Door de werking van het getij vallen tijdens laagwater grote delen van de rivier droog. De droogvallende slikken herbergen unieke natuur- en landschapswaarden. De meer hogere gedeeltes van de oever bevatten uitgebreide riet- en biezenvelden.

De Hollandsche IJssel is oorspronkelijk een zijarm van de Lek en maakt onderdeel uit van de rivierendelta in zuidwest Nederland. Het huidige onder invloed van het getijde staande gedeelte van de Hollandsche IJssel begint bij de Waaiersluis in Gouda en mondt uit in de Nieuwe Waterweg tussen Krimpen en Capelle a/d IJssel. Bij de monding bevindt zich een stormvloedkering, het eerste gereedgekomen Deltawerk. Deze stuw sluit bij gevaarlijk hoog water de Hollandsche IJssel af en beschermt daarmee het achterland met polders tot 6 meter beneden zeeniveau.

2.2 De rivier in historisch perspectief

De Hollandsche IJssel was vroeger, evenals bijvoorbeeld de Lek, een geheel open rivier. In 1925 werd de rivier in zijn bovenmond bij 't Klaphek ter hoogte van Vreeswijk afgedamd. Uit oude geschriften blijkt dat hier veel discussies aan zijn voorafgegaan. Andere plannen uit die tijd waren bijvoorbeeld afdammingen bij IJsselstein, Gouda en Krimpen.

Uit oude boringen blijkt dat de Hollandsche IJssel al in de diluviale tijd bestond en sindsdien een vijftiental meters is gestegen gelijktijdig met het omliggende land, waar veenvorming ontstond. De plaats van het stroombed bleef daarbij vrijwel constant. Echter als we de ligging van de stroomgeul van 1930 beschouwen in relatie met de dijken dan valt daaruit af te leiden dat de oevers zich, sinds de aanleg van de dijken omstreeks het jaar 1000, in noordoostelijke richting hebben verplaatst. Waarschijnlijk is dit gebeurd onder invloed van vloedstromen en golfslag. De op het zuidwesten gelegen dijken waren in die tijd nagenoeg alle schaaldijken. Daarbij zijn tegenover deze schaaldijken watervlakten ontstaan waar zich veel slib heeft kunnen afzetten. Deze watervlakten, tussen de stroomgeul en de dijk, worden en werden zellingen genoemd. Het zijn dus feitelijk vergaarkommen van slik dat gebruikt werd bij de baksteenfabricage.

De zellingen waren onderling gescheiden door 'rikken'. Dit zijn met riet begroeide walletjes bestaande uit oude kleigrond van 1 á 2 m breedte. Men maakte in die tijd nog onderscheid in gewone en zaatzellingen. Zaatzellngen waren de plaatsen waar het vers gewonnen slib werd gestort om te 'rotten' en iets te verstijven alvorens er stenen van konden worden gebakken.

De steenfabricage dateert al van vroegere datum dan de zeventiende eeuw. Maar juist in de zeventiende eeuw ontstaat een geweldige opkomst van deze bedrijfstak, aangezien de vermaarde IJsselstenen vrijwel algemeen als bouw materiaal in gebruik kwamen en dit in de daarop volgende eeuw bleven.

Door de rivierafzettingen in de loop der eeuwen was er sprake van een redelijke grondslag in het stroomgebied van de Hollandsche IJssel. Hier buiten echter, op zo'n 50 m afstand van de rivier, treft men vrijwel uitsluitend slap veen aan. Hierdoor en mede als gevolg van de activiteiten in het

stroomgebied van de rivier heeft de bebouwing in die periode zich uitsluitend tegen en op de dijken ontwikkeld. Van een relatie met het achterland was derhalve geen sprake.

In het laatste gedeelte van de negentiende eeuw begonnen de Waalstenen de IJsselstenen te verdringen. Hiervoor is een aantal redenen aan te geven, bijvoorbeeld de afmetingen en de kwaliteit (licht en poreus) en het schaarser worden van goede klei. Van de ruim 30 steenfabrieken in 1900 waren er in 1930 nog slechts vier over.

Door de goed florierende baksteenindustrie en de noodgedwongen afzet van de stenen over water is het begrijpelijk dat ook de scheepvaart zich geweldig ontwikkelde op de IJssel. Echter, door de afsluiting van de rivier bij 't Klaphek te Vreeswijk verslikte de rivier met name meer bovenstrooms dusdanig dat niet alleen de afwatering werd belemmerd, maar dat ook de scheepvaartontwikkeling in de problemen kwam. Dit heeft ertoe geleid dat de rivier in 1954 nogmaals werd afgedamd, maar nu ter hoogte van Gouda en het bovenstroomse gedeelte werd uitgebaggerd. Een andere overweging voor deze afdamming was natuurlijk dat de dijken langs de IJssel boven Gouda geen stormvloed meer hoeven te keren.

Tegenover de afname van de 'steenplaatsen' in 1900 stond een grote toename van kleinere en middelmatige scheepswerven langs de IJssel. Dit werd versterkt door de bouw van stalen schepen in die periode. In 1930 treft men naast deze scheepswerven ook enige betonfabrieken, sloperijen, houthandels, een grote graanmalerij, een asfaltfabriek en een tapijtfabriek aan. Maar ook een aantal kleine bedrijven, als rietmattenfabriekjes komen vanaf dat moment in het gebied voor.

De industrieën hebben zich door ophogingen van buitendijkse gronden (riviersediment) enige terreinen verschaft, maar algemeen gold dat bouwgrond (liefst buitendijs) zeer schaars was en de behoefte aan industriële ontwikkeling zeer groot. In aansluiting op de verbeteringen, die de provincies Zuid- en Noord-Holland in de dertiger jaren in de vaarweg tussen Amsterdam en Rotterdam aanbrachten, is in 1934 de verbetering van de Hollandsche IJssel ter hand genomen. Deze verbeteringen hielden in het verruimen en het afsnijden van een achttal bochten. De verbeteringen waren zodanig geprojecteerd dat de dijken niet aangetast hoefden te worden. Door de aanwezigheid van slappe veenpakketten was men hier enorm beducht voor.

De uitkomende grond van de verbeteringswerkzaamheden is geborgen in een zevental zogenaamde loswallen, die direct grenzen aan de rivier. Deze plaatsen met een gezamenlijke oppervlakte van ca. 40 ha. zijn opgehoogd tot een niveau, ongeveer overeenkomend met die van de aangrenzende hoofdwaterkering. Hierdoor ontstonden terreinen die bij uitstek konden worden gebruikt als vestigingsplaats voor aan water gebonden bedrijven. Aan het einde van 1940 zijn de genoemde verbeteringswerkzaamheden afgerond.

In de vijftigerjaren bleek, dat er nog steeds veel behoefte was aan nieuwe buitendijkse gronden. Niet alleen voor industriegrond, maar ook voor woningbouw. Binnendijs gelegen bouwgrond was namelijk door de lage ligging en de aanwezigheid van het slappe veenpakket nauwelijks geschikt. Ophoogmateriaal in de vorm van baggerspecie was ook niet meer voorradig, maar men kon de beschikking krijgen over afvalmateriaal van industrieën uit Rotterdam. Dit materiaal, in de vergunningen omschreven als stadsvuil van de gemeente Rotterdam en zogenaamd zwaar vuil van een aantal Rotterdamse havenbedrijven, is vervolgens voor de gewenste ophogingen gebruikt.

Het zijn met name deze ophogingen die in de jaren daarna voor veel milieuproblemen hebben gezorgd. In het betreffende afvalmateriaal bleken namelijk ook veel chemische afvalstoffen aanwezig te zijn. Een deel van deze verontreinigende stoffen is met het ophogen van de zellingen in

de vijftigerjaren in de rivier terechtgekomen, terwijl in de loop van de tijd stoffen zich ook hebben verspreid naar de omgeving.

Door de ophogingen die in het kader van de verbeteringswerkzaamheden zijn gerealiseerd en de latere ophogingen met afvalmateriaal zijn er nog maar weinig zellingen met rikken in hun oorspronkelijke staat in het gebied aanwezig.

2.3 Een aangetaste rivier

De ontwikkeling van de industrie en de realisatie van industriegrond in het gebied van de Hollandsche IJssel is het milieu ter plaatse niet ten goede gekomen. Door het stoppen van de kleiwinning, het ophogen van de zellingen en de aanleg van vuilstorten, maar ook door vergaande kanalisatie is veel van de oorspronkelijke vooroevers verloren gegaan. Van het oorspronkelijke karakter van de rivier is weinig over.

Ten gevolge van de industrie en de aanwezige vuilstorten is de Hollandsche IJssel ernstig verontreinigd. De Hollandsche IJssel behoorde tot voor kort tot één van de meest verontreinigde gebieden van Nederland. De situatie wordt gekarakteriseerd door een complexe verontreiniging met zware metalen, PAK, olie, PCB's en bestrijdingsmiddelen.

De waterbodem is zeer sterk verontreinigd onder meer door lozingen van (industriële) afvalwater, inkomend water en afspoeling vanaf de zellingen. Ook de kwaliteit van het oppervlaktewater en de drogere gedeeltes van de Hollandsche IJssel voldoen niet aan de geldende milieukwaliteitsnormen. De vaargeul was tot voor kort bovenstrooms nagenoeg volledig dichtgeslibd, zodat met elke scheepvaartbeweging sterk verontreinigde slibdeeltjes werden verplaatst. De vaargeul is enkele jaren geleden als een van de eerste stappen binnen een omvangrijke saneringsoperatie uitgebaggerd.

2.4 Schonere en mooiere Hollandsche(r) IJssel

Vanaf 1982 is gestart met het in kaart brengen van de verontreinigingssituatie in de Hollandsche IJssel. Hieruit is gebleken dat de problematiek om een aantal redenen in een breder perspectief moest worden geplaatst:

- de verontreinigingssituatie is niet eenduidig;
- binnen het gebied zijn meerdere bronnen aanwezig die moeten worden aangepakt;
- het gebied van de Hollandsche IJssel is sterk verpauperd;
- van de oorspronkelijke rivier is weinig over.

Naar aanleiding van een integrale studie voor het gebied hebben in 1991 de betrokken overheden een principebesluit genomen voor een gemeenschappelijke aanpak van het probleem. De betrokken overheden hebben zich daarbij verplicht om voor het gehele gebied van de Hollandsche IJssel te komen tot een aanvaardbare en duurzame milieukwaliteit. De hieruit volgende structuurschets [Stuurgroep Hollandsche IJssel] geeft een integrale visie op de ruimtelijke ontwikkelingsmogelijkheden van de rivier en haar oevers. Deze structuurschets vormt een gemeenschappelijk beleidskader voor de betrokken overheden. Bovendien vormt dit de basis voor de verdere uitwerking van de plannen. Hoewel het niet wordt genoemd, is met de structuurschets tevens een zeer belangrijke stap gezet voor de bodemsanering in de Hollandsche IJssel. Bodemsanering is immers noodzakelijk en zal moeten worden afgestemd op de verdere ontwikkeling van het gebied.

Vanuit deze gedachte is in 1996 het 'Startcontract Hollandsche IJssel' getekend. In het kader van dit startcontract zijn enkele projecten voorbereid en in uitvoering genomen. Daarnaast zijn ook enkele studies uitgevoerd die voor de verdere inrichting van de Hollandsche IJssel van belang zijn. Eén van deze studies betreft het 'Oeverplan Hollandsche IJssel' waarin een verkenning

(oeverplan) is uitgevoerd naar alternatieven voor de inrichting van de opgehoogde zellingen. Behoud en herstel van oorspronkelijke natuurwaarden hebben hierin een belangrijke rol gespeeld. Door de ondertekening van het startcontract door de betrokken partijen in 1999 is een definitief begin gemaakt met de herontwikkeling van de Hollandsche IJssel. Dit uitvoeringscontract moet leiden tot een *'schonere, mooiere Hollandsche IJssel'*.

2.5 Waterbodemsanering

Met het ondertekenen van het uitvoeringscontract is eveneens een begin gemaakt met de omvangrijke waterbodemsanering in de Hollandsche IJssel. Tijdens de eerste fase is één van de belangrijkste verontreinigingsbronnen aangepakt. Door een grootschalige saneringsoperatie is het sterk verontreinigde slib in de vaargeul verwijderd. Hierdoor is niet alleen de vaardiepte hersteld, maar wordt tevens voorkomen dat door de scheepvaart sterk verontreinigd slib wordt verplaatst.

Momenteel bevindt het saneringsprogramma zich in de tweede en wellicht meest complexe fase, namelijk de aanpak van de sterk verontreinigde zellingen. Intussen zijn enkele zellingen aangepakt. Vaak bestaat de sanering uit het verwijderen van het verontreinigde sediment of het aanbrengen van een leeflaag. De bestaande natuur- en landschapswaarden zijn hierbij in veel gevallen aangetast of (tijdelijk) verloren gegaan. Uit het monitoringsprogramma 'Monitoring oevers Hollandsche IJssel, Saneren natuurlijk?' [3] wordt onder andere het ecologische herstel na ingrijpen gevolgd. Voor de resterende locaties vormt een aanpak waarbij bestaande natuur- en landschapswaarden zoveel mogelijk behouden kunnen blijven, een belangrijk aandachtspunt.

Als laatste fase van de sanering wordt nog een algehele opschoonslag voorzien. Een dergelijke laatste stap kan pas plaatsvinden als alle verontreinigingsbronnen zijn gesaneerd.

2.6 't Zandrak

Eén van de locaties die nog moet worden gesaneerd is 't Zandrak nabij Capelle a/d IJssel (zie figuur 2). 't Zandrak is één van de weinig overgebleven natuurlijke oevers. Door het getij is het een dynamisch gebied. Tijdens eb vallen grote delen van de locatie droog en vormt een uitgestrekt slikkengebied. De meer hogere gedeelten bestaan uit uitgebreide riet- en biezenvelden. De rietlanden herbergen enkele zeldzame, maar voor het gebied kenmerkende plantensoorten. De spindotterbloem is hier één van. Daarnaast vormen de rietlanden een belangrijke habitat voor veel vogels en kleine zoogdieren.



Fig. 2. 't Zandrak bij eb en vloed.

De locatie bevindt zich aan de rand van de bebouwde kom van Capelle a/d IJssel. Rondom de locatie is nieuwbouw aanwezig van woningen met vrij uitzicht op de Hollandsche IJssel en haar omgeving. Aan de zuidzijde is een jachthaven aangelegd.

't Zandrak is in het verleden niet gespaard gebleven voor de gevolgen van de sterke ontwikkeling van de Hollandsche IJssel. De zuid-westelijke hoek van het gebied is enkele decennia in gebruik geweest als stortplaats. Inmiddels is deze afgedekt met een leeflaag. In overeenstemming met het oeverplan is op de stort een park aangelegd. Bovendien is de overgang van de stort naar de slikken geleidelijker gemaakt. Vanaf de inmiddels gesaneerde stort is nu vrij uitzicht over de slikken mogelijk.

De laatste stap van de herinrichting van 't Zandrak is de sanering van de sterk verontreinigde slikken. Vanwege de aanwezigheid van unieke natuur- en landschapswaarden heeft een aanpak waarbij deze behouden blijven de voorkeur. Dit is ook in het oeverplan geschetst. Na de sanering zullen de slikken en de gesaneerde landlocatie één geheel vormen waar natuur en recreatie de voornaamste functies zijn.

ONDERZOEKSAANPAK EN ONDERZOEKSVRAGEN

3.1 Aanpak

De klassieke aanpak van een waterbodemsanering bestaat uit het wegbaggeren van het aanwezige verontreinigde sediment. Incidenteel wordt een waterbodemsanering aangepakt door middel van het isoleren van de verontreiniging (IBC-concept). Variaties (saneringsvarianten) bij een baggeraangepak hebben betrekking op de hoeveelheid te baggeren materiaal, de wijze van baggeren, de wijze van transport en de wijze van be- en verwerking.

Bij een in-situ aanpak zijn theoretisch meerdere aanpakken mogelijk [Van der Gun & Joziassse], bijvoorbeeld (het stimuleren van) biologische afbraak of het laten ontstaan van een natuurlijke sedimentatielaag (natural capping) waardoor de blootstelling wordt beperkt en bepaalde verontreinigingen worden geïmmobiliseerd. Daarnaast kan gedacht worden aan phytoremediation of – fixation. Vaak blijft bij een in-situ aanpak verontreiniging achter, maar de risico's zijn teruggebracht tot een acceptabel niveau.

Tijdens de eerste fase van deze studie (ref. SKB rapport SV-317, fase 1) heeft een uitgebreide opname van de Ausgangssituatie plaatsgevonden. Met standaard-, specialistische en nieuw ontwikkelde (analyse)technieken zijn de natuurlijke processen die van invloed zijn op de milieuhygiënische kwaliteit van de waterbodem in kaart gebracht.

Met de verzamelde informatie over de risico's, de effecten en het afbraakpotentieel van de aanwezige verontreinigingen zijn de mogelijkheden voor een (in-situ) saneringsaangepak geïnvventariseerd. Hierbij is een tweetal concepten naar voren gekomen die potentie hebben om de milieuhygiënische kwaliteit te verbeteren en/of de risico's van de aanwezige verontreiniging te reduceren zonder dat daarbij de unieke natuur- en landschapswaarden en de dynamiek van het gebied verloren gaan. Dit betreft (stimulering van) biologische afbraak en “natural capping” (zie kader).

Op basis van de resultaten van deze eerste fase is een aantal onderzoeksvragen geformuleerd. Deze moeten eerst beantwoord worden om een beoordeling te kunnen geven omtrent de daadwerkelijke mogelijke inzet van beide technieken. De onderzoeksvragen voortvloeiende uit de eerste fase van het onderzoek zijn nader aangegeven in paragraaf 3.2.

Vervolgens is in een **tweede fase** nader onderzoek uitgevoerd of deze technieken daadwerkelijk ingezet zouden kunnen worden, al dan niet in combinatie met meer conventionele technieken. Vertrekpunt bij deze tweede fase waren de onderzoeksvragen zoals geformuleerd tijdens fase 1.

Natuurlijke afname

Een eerste mogelijkheid betreft (stimulatie van) natuurlijke afbraak. Door biologische afbraak van bepaalde organische verontreinigingen neemt de totale vracht van deze verontreinigingen af. Doordat alleen de beschikbare fractie van de verontreiniging wordt afgebroken, neemt naast de totale vracht eveneens de biologische beschikbaarheid van deze verontreinigingen voor het ecosysteem af, alsook de eventuele mobiliteit. Uit risico-oogpunt is dit gunstig. Als de risico's op deze wijze tot acceptabele niveau's kunnen worden gereduceerd is een verdergaande aanpak niet nodig.

Door de aanwezige cocktail aan verontreinigingen is een aanpak geënt op natuurlijke afbraak overigens complex. Verontreinigingen als lichte minerale olie, lichte PAK en laag gechloreerde PCB kunnen worden afgebroken onder aërobe omstandigheden, terwijl hoog gechloreerde PCB juist afbreken onder anaërobe (methanogene) omstandigheden. Het tijdelijk aëroob of anaëroob maken van het sediment kan leiden tot bevordering van afbraak van bepaalde verontreinigingen, terwijl de biologische beschikbaarheid en daardoor de ecologische risico's van andere verontreinigingen worden verhoogd. Het kunstmatig creëren van een dergelijk effect wordt technisch als niet uitvoerbaar gezien.

Bij dit concept blijven de concentraties aan zware metalen overigens vrijwel constant. In deze zin kan er sprake blijven van een probleem. Dit wordt op voorhand niet als onoverkomelijk gezien, omdat de ecologische risico's vooral gerelateerd lijken te zijn aan de aanwezigheid van organische verontreinigingen.

Natural capping

Door (stimulering van) de afzet van nieuw gevormd slib wordt de aanwezige sterk verontreinigde waterbodem afgedekt met een schone laag. Hierdoor wordt het onmogelijk gemaakt dat organismen in contact komen met de verontreiniging en zal de ecologische kwaliteit van de slikken toenemen. Natural capping zal tevens leiden tot vergroting van de dynamiek van het gebied. Dit zal langzaam verlanden en de aanwezige riet- en biezenvetatie zal uitbreiden. De aanwas van nieuw sediment en/of nieuw gevormde vegetatie heeft tevens effect op de redoxcondities en, mede daardoor, op de afbraak van bepaalde verontreinigingen.

De vraag is of in de huidige situatie er binnen een voorzienbare periode afdoende nieuw sediment gevormd zal worden. Mocht dit niet het geval zijn, dan zijn er wellicht mogelijkheden om de sedimentatie te bevorderen door bijvoorbeeld het aanleggen van strekdammen.

3.2 Onderzoeksvragen en hypothesen

Centrale vraag is of ter plaatse van deze locatie een in-situ aanpak zoals hierboven is geschetst, haalbaar is. Afgeleide vragen zijn:

- Treedt er biologische afbraak op, en zo ja van welke componenten en onder welke condities? De verwachting (hypothese) is dat er onder aërobe omstandigheden afbraak optreedt van minerale olie, PAK en laag gechloreerde PCB en onder anaërobe omstandigheden van hoog gechloreerde PCB.
- Is er een uitspraak te doen over de snelheid waarmee afbraak optreedt en wanneer dus een bepaald eindniveau bereikt wordt? In dit geval is het voorts wenselijk om indien mogelijk inzicht te krijgen in onderscheid tussen biologisch beschikbare restfracties en niet beschikbare restfracties. (Nb. ten aanzien van deze onderzoeksvraag is gefocust op PAK). De tijdsduur van de monitoring is kort in vergelijking tot de ouderdom van het gebied. Wellicht is het niet mogelijk om binnen de proefperiode inzicht te verkrijgen in de afbraaksnelheden. Natuurlijke afbraak kan een langzaam proces zijn. Het niet aantonen van natuurlijke afbraak gedurende de proefperiode houdt niet per definitie in dat natuurlijke afbraak niet mogelijk is. Bovendien is geen inzicht in de concentraties aan verontreinigingen rond 1900. Wel wordt verwacht dat inzicht kan worden verkregen in te verwachten eindconcentraties (PAK).
- Treedt er sedimentatie op en zo ja in welke mate? Aansluitend hierop de vraag of er mogelijkheden zijn om dit te stimuleren.

De ervaringen opgedaan met onderhavig project kunnen, onafhankelijk van de uitkomsten, voorts een belangrijke rol spelen bij het verder ontwikkelen van in-situ aanpakken voor andere locaties binnen en buiten het gebied van de Hollandsche IJssel. In dit verband wordt met name gewezen op binnen dit onderzoek gebruikte analyse- en onderzoekstechnieken.

3.3 Uitgevoerde werkzaamheden

Tijdens de opname van de nulsituatie (fase 1) is een drietal meetraaien aangelegd die dwars op de waterlijn staan. Op elk van deze meetraaien zijn vijf meetpunten gesitueerd. Alleen tijdens de opname van de nulsituatie is op alle vijf meetpunten bemonsterd. De monitoring heeft zich toegespitst op de A-, C- en E-meetpunten die respectievelijk op de permanent onder water staande zone, slikken en riet- en biezenvegetatie liggen. Figuur 3 geeft een overzicht weer van de onderzoekslocatie.

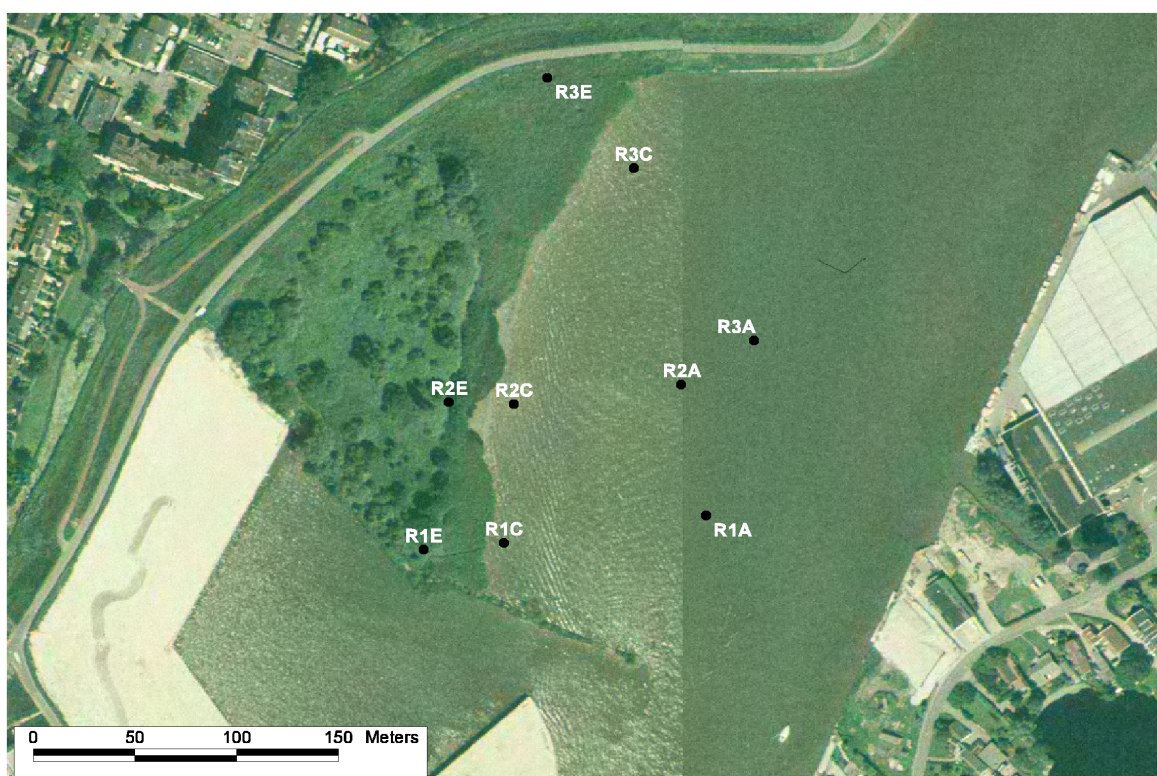


Fig. 3. Overzicht van de onderzoekslocatie met ligging van de meetraaien- en punten (luchtfoto: © DKLN: Eurosense b.v., 2000).

Tabel 1 vat het uitgevoerde onderzoek samen. In navolgende tekst wordt kort ingegaan op de verschillende analyses en de doelstelling daarvan. Voor een gedetailleerde beschrijving van het uitgevoerde onderzoek wordt verwezen naar de rapportage van de opname van de nulsituatie (meetronde 2000, ref. SKB rapport SV-317, meetronde fase 1) en de datarapportage van de continuering van de monitoring (meetronden 2001 en 2002, ref. SKB rapport SV-317, datarapport fase 2).

Tabel 1. Overzicht uitgevoerd onderzoek.

Analyse	Diepte (m)	2000			2001			2002			Doelstelling
		fase 1			fase 2						
		A	C	E	A	C	E	A	C	E	
Chemisch-fysisch	0-0,2 0,4-0,4 0,6-0,8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	Bepalen milieuhygiënische kwaliteit, verzamelen informatie met betrekking tot natuurlijke afbraak en beschikbaarheid
Redoxkarakterisatie	0-0,2 0,4-0,4 0,6-0,8	●	●	●			●			●	Bepalen redox-omstandigheden en daarmee de potentie voor natuurlijke afbraak
Beschikbaarheid	0-0,2 0,4-0,4 0,6-0,8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	Bepaling beschikbaarheid van PAK en zware metalen. Enerzijds voor risico's, anderzijds voor afbraakpotentie
Potentie natuurlijke afbraak	0-0,2 0,4-0,4 0,6-0,8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	Inschatten van de mogelijkheden voor natuurlijke afbraak van de aanwezige organische verontreinigingen
Afbraaktesten	0-0,2 0,4-0,4 0,6-0,8	●	●	●							Bepaling mogelijkheden tot natuurlijke afbraak van PAK, PCB en minerale olie
Ecologisch onderzoek slikken	0-0,2 0,4-0,4 0,6-0,8	●	●	●	●	●	●				Bepaling van de aanwezigheid van ecologische risico's (effecten) op de slikken
Ecologisch onderzoek riet- en biezenvegetatie	0-0,2 0,4-0,4 0,6-0,8			●	●	●	●				Bepaling van de aanwezigheid van ecologische risico's (effecten) in de riet- en biezenvegetatie
Sedimentatieonderzoek								●			Bepaling sedimentatiecapaciteit

In 2001 en 2002 zijn voor de bepaling van de biologische afbraak alleen R1A, R1C, R1E, R2E en R3E bemonsterd.

Het chemisch onderzoek bestond uit de bepaling van de milieuhygiënische kwaliteit door analyse van de genomen sedimentmonsters op standaard analysepakketten. Tevens is hiermee informatie verzameld voor het inschatten van de potentie voor natuurlijke afbraak en de beschikbaarheid van PAK.

Bij de redoxkarakterisatie zijn de heersende redoxomstandigheden op de locatie in kaart gebracht. In fase 1 zijn hiervoor in-situ metingen uitgevoerd van de redoxpotentiaal en het vrij sulfide gehalte met behulp van elektroden waarbij een zonering is gemaakt van de bovenste 25 cm van het slib. Daarnaast is in fase 1 de methaanproductie in-situ gemeten. In zowel fase 1 als fase 2 zijn sedimentmonsters genomen van de monsterpunten R1E, R2E en R3E voor analyses op de redoxparameters nitraat, nitriet, ammonium, ijzer (II), sulfide en methaan. Op basis van deze analyses zijn de heersende redoxcondities in kaart gebracht. Gekeken is naar de invloed van de seizoenen op de redoxcondities. De verwachting was dat het sediment in het najaar en de winter meer gereduceerd zou zijn als in het voorjaar en de zomer.

Bij het inschatten van de potentie tot natuurlijke afbraak is gebruik gemaakt van de resultaten van het fysisch-chemisch onderzoek en de redoxkarakterisatie. Daarbij zijn als uitgangspunten gehanteerd dat lichte minerale olie, lichte PAK en laag gechlloreerde PCB kunnen worden afgebroken onder aërobe omstandigheden, terwijl hoog gechlloreerde PCB juist kunnen worden afgebroken onder anaërobe omstandigheden. Ook de fractieverdeling van de op de locatie aanwezige verontreinigingen met PAK, minerale olie en PCB geeft informatie of biologische afbraak optreedt of in het verleden is opgetreden.

Van enkele grondmonsters is de beschikbaarheid van zware metalen en PAK onderzocht. De beschikbaarheid van zware metalen is bepaald middels eenvoudige schudtesten. Door middel

van de 'PAK beschikbaarheidsmeter' is de beschikbaarheid van PAK bepaald. Met deze test wordt de beschikbare PAK-fractie bepaald middels een persulfaatoxidase. Deze kortdurende test geeft binnen enkele uren een goede indicatie van de concentraties die met biologische afbraak kunnen worden bereikt. Door het bepalen van de beschikbaarheid wordt een indicatie verkregen van de risico's van de aanwezige verontreinigingen. Immers, de beschikbare fractie kan worden opgenomen door organismen en daardoor schade veroorzaken. Bovendien kan de beschikbare fractie verspreiden. Maar de beschikbare fractie is eveneens dat gedeelte van de aanwezige verontreiniging dat biologisch kan worden afgebroken.

De mogelijkheden voor natuurlijke biologische afbraak zijn onderzocht door middel van afbraaktesten. Bij deze testen is de natuurlijke afbraak van minerale olie, PAK en PCB onderzocht onder laboratoriumomstandigheden. Voor de afbraak van minerale olie en PAK zijn aërobe testen uitgevoerd bij kamertemperatuur en op een schudplaat. Voor de afbraak van PCB zijn anaërobe testen uitgevoerd bij kamertemperatuur.

In het gebied is een uitgebreid ecologisch onderzoek uitgevoerd om de ecologische effecten van de aanwezige waterbodemonverontreiniging vast te stellen. Standaard modelberekeningen zijn onvoldoende voor het inschatten van de werkelijke effecten. Het ecologisch onderzoek heeft zich toegespitst op zowel de slikken als de riet- en biezenvegetatie. Het ecologisch onderzoek op de rietkraag heeft als doelstelling het bepalen van ecologische risico's. Dit is namelijk de voornaamste voorwaarde om de rietkraag te behouden. Met het ecologisch onderzoek op de slikken is de ecologische kwaliteit bepaald.

Tot slot is onderzoek uitgevoerd naar de sedimentatiecapaciteit in het gebied. Dit onderzoek heeft bestaan uit modelberekeningen naar de sedimentatiecapaciteit. Daarnaast is de kwaliteit van het aangevoerde slib bepaald. Met dit onderzoek wordt bepaald of natural capping haalbaar is om de risico's van de aanwezige waterbodemonverontreiniging te reduceren en de ecologische kwaliteit van de slikken te verbeteren.

3.4 Aandachtspunten

Zowel vanuit ecologisch als landschappelijk oogpunt wordt het behoud van de riet- en biezenvegetatie als wenselijk beschouwd. Behoud van de rietkraag kan alleen wanneer geen sprake is van actuele (onacceptabele) ecologische risico's. Mocht er namelijk wel sprake zijn van dergelijke risico's ter plaatse, dan zal een in-situ aanpak waarschijnlijk niet volstaan gelet op het inherent langzame karakter van in-situ processen. In het kader van deze studie is dan ook extra aandacht besteed aan het in kaart brengen van de ecologische risico's, met name ter plaatse van de rietkraag. Dit onder meer door het uitvoeren van zowel terrestrische als aquatische testen.

Er wordt vanuit gegaan dat het sediment van de huidige vaargeul van een sterk verbeterde kwaliteit is door enerzijds autonome kwaliteitsverbetering van nieuw gevormd sediment en deels ook door de reeds uitgevoerde sanering van de vaargeul. Dit blijkt ook uit het feit dat de bovenste lagen van de waterbodem duidelijk beter van kwaliteit zijn dan de onderliggende lagen. Mocht dit niet het geval zijn, dan heeft een eventuele aanpak volgens het principe van natural capping weinig zin.

Binnen het gebied zijn in de toekomst natuurrecreatieve functies belangrijk. Het eventueel achterblijven van verontreiniging kan door belanghebbenden (omgeving) als ongewenst worden ervaren. Goede voorlichting omtrent eventuele keuzes is derhalve van belang. In dit verband is het relevant te vermelden dat op basis van enkele uitgevoerde berekeningen (SUS-modellering) er geen sprake lijkt van onacceptabele humane risico's gerelateerd aan het aanwezige sediment, uitgaand van normaal gebruik.

HOOFDSTUK 4

ONDERZOEKSRESULTATEN

4.1 Algemeen

In het gebied is onderzoek uitgevoerd waarmee informatie is verzameld met betrekking tot:

- het verontreinigingsbeeld;
- het optreden van natuurlijke afbraak;
- de ecologische risico's;
- het sedimentatieproces.

Dit onderzoek is uitgevoerd in een tweetal fasen (zie ook hoofdstuk 3). De eerste fase is uitgevoerd in 2000. Deze fase had als doel het vastleggen van de Ausgangssituatie. Mede op basis hiervan zijn de potentiële mogelijkheden voor een in-situ aanpak nader bepaald.

De tweede fase betrof een tweetal monitoringronden, uitgevoerd in 2001 en 2002. Op basis van deze metingen is inzicht verkregen in de opgetreden veranderingen. Dit geeft een indruk van de mogelijkheden van een saneringsaanpak, gebaseerd op het principe van natuurlijke afname. In deze tweede fase is tevens nadere aandacht besteed aan de sedimentatieprocessen. Dit om nader inzicht te krijgen in de mogelijkheden voor natural capping. Ook is in deze tweede fase extra aandacht besteed aan de ecologische risico's ter plaatse van de rietkraag. De afwezigheid van nadelige effecten is immers een belangrijke randvoorwaarde om de rietkraag te behouden.

Dit hoofdstuk vat de resultaten uit de beide fasen samen. De uitgevoerde werkzaamheden en de resultaten zijn in detail beschreven en geëvalueerd in een tweetal deelrapportages (ref, SKB rapportages SV-317, fase 1 en 2).

De resultaten worden per onderzoeksthema beknopt beschreven. Het betreft de volgende thema's:

- verontreinigingssituatie;
- biologische afbraak;
- biologische beschikbaarheid;
- ecologische effecten;
- sedimentatie.

4.2 Verontreinigingssituatie

Het gebied wordt gekenmerkt door een cocktail aan verontreinigingen. In het sediment zijn hoge concentraties aanwezig aan zware metalen, PAK, minerale olie en PCB. In lagere concentraties ook bestrijdingsmiddelen en overige gechloreerde verbindingen. Over het algemeen is de top-laag minder verontreinigd dan de diepere bodemlagen. Dit hangt vermoedelijk samen met de verplaatsing van sediment vanuit de vaargeul op de slikken. De kwaliteit van dit slib is verbeterd sinds de sanering van de vaargeul. Alleen op de meer drogere gedeelten in de rietkraag komen ook in de top-laag hoge concentraties voor. Hier vindt minimale afzetting van schoon sediment plaats. Het is niet uitgesloten dat de stort ook invloed heeft of heeft gehad op de kwaliteit van het sediment.

Slib van kwaliteitsklasse 3 en 4 komt veelvuldig voor op de locatie. Met name in diepere bodemlagen en de top-laag in de riet- en biezenvetatie. Met name PAK en zware metalen zijn de klassenbepalende parameters. Een klasse 4-overschrijding wordt vrijwel altijd veroorzaakt door zware metalen.

De toplaag op de slikken behoort veelal tot klasse 2. Slib van kwaliteitsklasse 0 en 1 komt niet voor in het gebied. Figuur 4 geeft de verontreinigingssituatie grafisch weer.

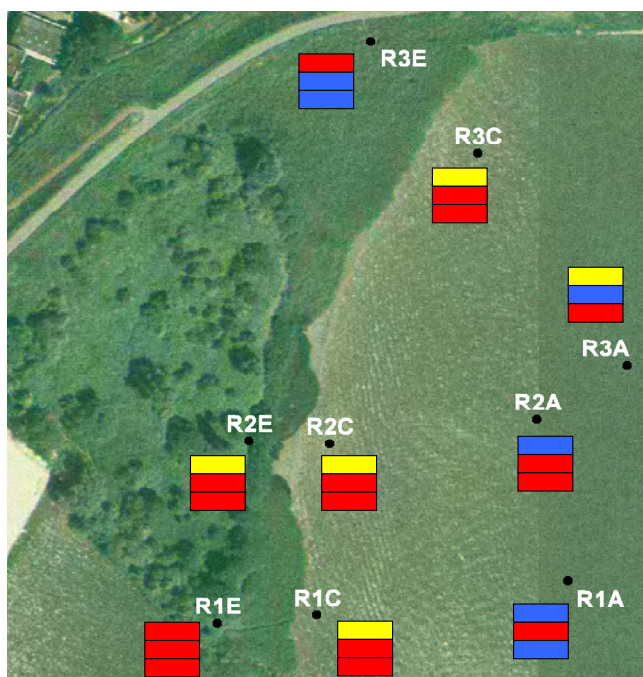


Fig. 4. Grafische weergave van de verontreinigingssituatie (resultaten 2000, blauw = klasse 2, geel = klasse 3, rood = klasse 4) (luchtfoto: DKLN: Eurosense b.v., 2000).

4.3 Biologische afbraak

Om de potentie voor natuurlijke afbraak te bepalen zijn diverse analyses en testen uitgevoerd.

Voor de natuurlijke afbraak van veel van de aanwezige organische verontreinigingen is de aanwezigheid van zuurstof een voorwaarde. Alleen hoog gechlloreerde PCB kunnen niet worden afgebroken onder aërobe omstandigheden, maar wel onder anaërobe omstandigheden. Tijdens de opname van de uitgangssituatie zijn de redoxcondities in het gebied vastgelegd. Tijdens de tweede fase is de invloed van de seizoenen op de redoxcondities bepaald. Over het algemeen blijkt dat er gedurende het jaar weinig variatie is in de redoxcondities. Vooraf werd verwacht dat de bodem in het groeiseizoen meer geoxideerd zou zijn. Alleen in de rietkraag van locatie R3E is nitraat aangetroffen wat duidt op aërobe omstandigheden. In het najaar en de winter zijn de omstandigheden wel meer gereduceerd dan in het groeiseizoen ten gevolge van lagere biologische activiteit en het afsterven van plantenwortels.

Natuurlijke afbraak van lichte minerale olie, lichte PAK en laag gechlloreerde PCB is alleen mogelijk onder aërobe omstandigheden. Uit de analyseresultaten blijkt dat biologische afbraak van de aanwezige minerale olie en PAK-verontreiniging in het verleden reeds heeft plaatsgevonden. In de aërobe zones zijn voor PAK en minerale olie fractieverschuivingen zichtbaar. In deze zones is de verhouding tussen de zwaardere en moeilijk afbreekbare fracties en de lichte en daardoor makkelijk afbreekbare fracties anders dan in de anaërobe zones.

Om na te kunnen gaan of natuurlijke afbraak voor PAK-verontreinigingen optreedt, is gebruikt gemaakt van de 'PAK-beschikbaarheidsmeter'. Met deze analysetechniek wordt de totale concentratie PAK onderverdeeld in een beschikbare en een niet-beschikbare fractie PAK. Het beschikbare deel kan desorberen van het sediment naar het poriewater. Deze fractie bevat een potentieel risico voor organismen die in het poriewater leven, maar deze fractie kan ook micro-

biologisch worden afgebroken tot onschadelijke eindproducten. Het niet-beschikbare deel blijft altijd aan het sediment gebonden, of komt met een nauwelijks meetbare snelheid vrij. Deze fractie kan niet microbiologisch worden afgebroken, maar vormt geen potentieel risico voor organismen.

Tijdens fase 1 is de verdeling beschikbare en niet-beschikbare PAK gemeten. In de twee opvolgende jaren van fase 2 is de verdeling beschikbare en niet-beschikbare PAK op de locatie gevolgd.

PAK-beschikbaarheidsmeter

In onderzoek van de sectie Milieutechnologie (Wageningen Universiteit) is een snelle methode ontwikkeld voor de bepaling van de fractie biologische beschikbare PAK. De fractie biobeschikbare PAK vormt een potentieel risico voor organismen in het poriewater. Uit onderzoek blijkt dat deze fractie ook goed microbiologisch kan worden afgebroken tot onschadelijk eindproducten.

De methode berust op een snelle (enkele uren) chemische oxidatie met persulfaat waarbij de beschikbare fractie PAK chemisch wordt afgebroken. De concentratie PAK die overblijft na oxidatie is de fractie niet-beschikbare PAK. Het voordeel van deze snelle chemische toets is dat hij kan worden ingebouwd in de analyseprocedure voor de bepaling van de 10VROM PAK. Hierdoor is het mogelijk om al vroeg een idee te hebben van de mogelijkheden voor biologische sanering van een verontreinigde locatie.

De methode is gevalideerd en beschreven en is nu voor het eerst en met succes, op veldschaal toegepast.

Om de resultaten op een begrijpelijke wijze aan een breed publiek te kunnen presenteren, worden de resultaten die verkregen worden met de persulfaat oxidatie weergegeven met de PAK-beschikbaarheidsmeter. Hiermee wordt in één oogopslag een goede indruk verkregen van de beschikbaarheid van PAK-verontreinigingen op de locatie.

De beschikbaarheidsmeter is een grafische weergave van de resultaten, waarbij het rode gedeelte het beschikbare deel van de PAK-verontreiniging aangeeft. Dit deel omvat het potentieel risico voor organismen in het poriewater en is tevens microbiologisch afbreekbaar. Met het groene gedeelte van de beschikbaarheidsmeter wordt de niet-beschikbare fractie weergegeven. Dit niet-beschikbare kan weliswaar niet worden afgebroken, maar het vormt ook geen risico's.

De resultaten voor de locatie Capelle a/d IJssel zijn op deze manier weergegeven in figuur 5. In deze figuur zijn de resultaten in de toplaag, middenlaag en onderlaag op de raaien in de locatie weergegeven. De dikte van de rechthoeken is gebruikt als maat voor de totale concentratie PAK.

Figuur 5 laat de resultaten van de PAK-beschikbaarheidsmeter zien. Het rode gedeelte van de balk geeft de beschikbare fractie aan, het groene gedeelte de niet beschikbare fractie. Dit laatste betreft de slecht oplosbare fractie, vaak bestaande uit PAK-moleculen met vier of meer ringen en de fractie die is gebonden aan bodemdeeltjes. De rode kleur van de beschikbare fractie wijst erop dat dit de potentieel beschikbare fractie is. Deze kan worden opgenomen door organismen of zich eventueel verspreiden in het milieu. Deze fractie is in principe beschikbaar voor natuurlijke afbraak.

In het gebied kunnen door natuurlijke afbraak de concentraties aan organische verontreinigingen worden gereduceerd. Dit zijn echter langdurige processen. Voor PAK en minerale olie geldt dat met name in de aërobe zones een grotere reductie zal worden verkregen dan in de meer anaërobe zones. Dit beeld zal voor de hoger gechlorideerde PCB andersom zijn, omdat voor natuurlijke afbraak juist een anaëroob milieu noodzakelijk is.

Uit laboratoriumexperimenten is gebleken dat afbraak van organische verontreinigingen niet of nauwelijks optreden. Dit wordt bevestigd door de analyseresultaten van de sedimentmonsters. Ten opzichte van de uitgangssituatie in 2000 zijn tijdens de meetronden geen significante frac-

tieverschuiving en afname van concentraties waargenomen. Echter, in de diepte is wel een duidelijke fractieverschuiving te zien van een hogere fractie lichte minerale olie in het diepe sediment naar een lagere fractie lichte minerale olie in de toplaag. Voor PAK geldt hetzelfde. Wanneer het sediment wordt geënt met bacteriën, vindt onder laboratoriumomstandigheden wel een significante afbraak plaats. Onder laboratoriumomstandigheden is wel anaërobe afbraak van PCB waargenomen. Deze resultaten konden niet door veldmetingen worden bevestigd vanwege technische problemen tijdens de PCB-analyses. Op de locatie zijn aanwijzingen gevonden voor het optreden van biologische afbraak van de aangetroffen organische verontreinigingen. Echter, door de korte monitoringsduur kunnen geen harde uitspraken gedaan worden over het verloop van intrinsieke biologische afbraak op de locatie.

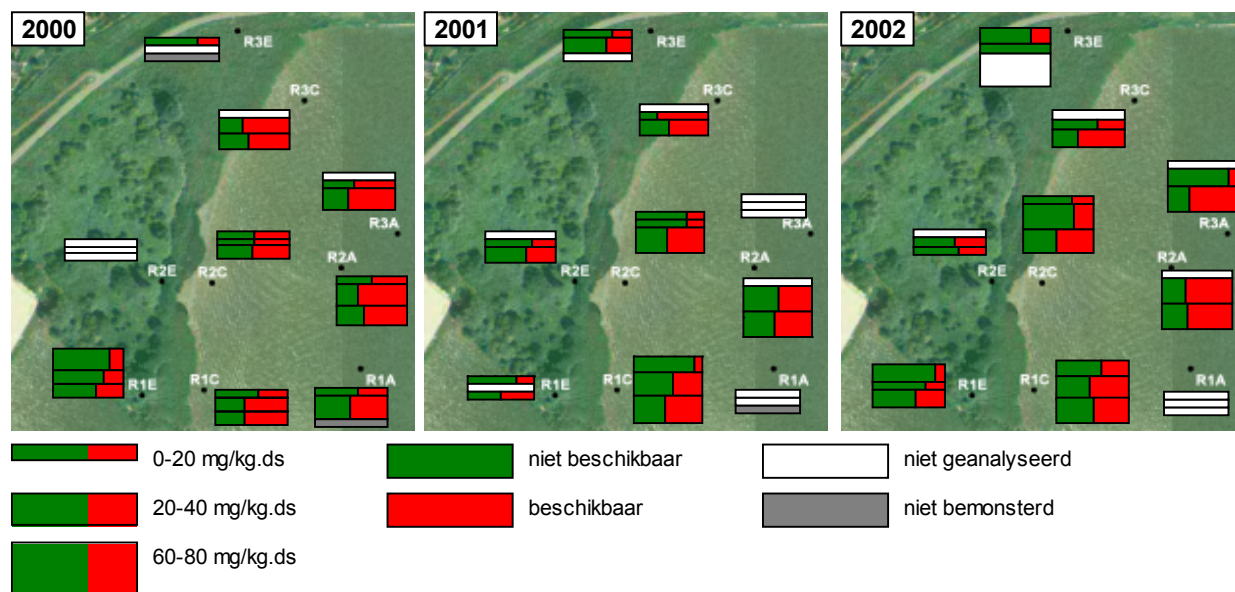


Fig.5. Beschikbaarheid en afbreekbaarheid van PAK op de locatie (luchtfoto: © DKLN: Euro-sense b.v., 2000).

4.4 Biologische beschikbaarheid

Biologische beschikbaarheid is een belangrijke parameter; zowel van belang voor het inschatten van de risico's voor de aanwezige ecologie en voor verspreiding, als ook voor inschatting van de haalbaarheid en het eindresultaat dat met natuurlijke afbraak kan worden bereikt.

Aan de hand van de fractieverdeling van PAK en minerale olie, het aantal chlooratomen aan PCB-moleculen en stoffeigenschappen kan een indicatie worden verkregen van de biologische beschikbaarheid. Voor PAK en minerale olie geldt dat lichtere fracties meer beschikbaar zijn dan de zwaardere fracties. Lichtere fracties zijn makkelijker oplosbaar dan zwaardere fracties en kunnen daardoor makkelijker worden opgenomen door organismen of zich verspreiden door het milieu. Daarentegen zijn deze fracties ook beter biologisch afbreekbaar.

Uit de fractieverdeling valt op te maken dat in diepere bodemlagen meer PAK en minerale olie beschikbaar is dan in de aërobe toplaag. Toch geeft de fractieverdeling geen inzicht in de werkelijke biologische beschikbaarheid. De mate van binding aan organische bodemdeeltjes die groter wordt naarmate de verontreiniging langer aanwezig is zal de actuele beschikbaarheid bepalen. De actuele beschikbaarheid van PAK is daarom eveneens bepaald met de PAK-beschikbaarheidsmeter.

De beschikbaarheid van PAK hangt samen met de redoxomstandigheden in het gebied. De beschikbaarheid van PAK is lager in de meer aërobe zones (zie figuur 5). Dit hangt mogelijk samen

met natuurlijke afbraak van PAK in het gebied. De aanwezige PAK in de toplaag, de belangrijkste contactzone voor veel (water)bodemorganismen, lijkt niet nadelig te zijn.

Tot slot is met een eenvoudige test, waarbij sedimentmonsters zijn uitgeschud met CaCl_2 , de beschikbaarheid van zware metalen bepaald. Zware metalen zijn veelvuldig aanwezig, maar de concentraties kunnen niet door natuurlijke afbraak worden gereduceerd. Uit de uitloogtesten, uitgevoerd op monsters met een hoge concentratie aan zware metalen, blijkt dat de beschikbaarheid laag is.

4.5 Ecologische effecten

Op de slikken en in de rietkraag is uitgebreid ecologisch onderzoek uitgevoerd. Dit onderzoek bestond uit veldinventarisaties (nematoden en macrofauna), bioassays en het meten van de bioaccumulatie.

Uit analyse van de in het gebied aanwezige nematodenpopulatie blijkt dat, met uitzondering van de rietkraag, sprake is van verstoorde omstandigheden. Dit wordt veroorzaakt door zowel de aanwezigheid van bodemverontreiniging als sterk eutrofe omstandigheden. De macrofauna samenstelling op slikken weerspiegelt goed een situatie van een verontreinigde slibbodem. Voor de meeste macrofaunaparameters zijn matige tot ernstige verstoringen waargenomen, die zijn toe te schrijven aan de bodemverontreiniging. Het aantal soorten en de dichtheden zijn ook lager dan in een referentiebeeld van een schone locatie.

Uit het bioaccumulatie-onderzoek blijkt dat sprake is van een verhoogde beschikbaarheid en doorvergiftigingsrisico's voor metalen en PCB. Dit betekent dat deze stoffen accumuleren in de voedselketen (o.a. vissen en vogels) en eventueel later in de tijd zelfs tot de dood van bepaalde organismen kan leiden.

Met bioassays zijn negatieve effecten aangetoond. Bij de Microtox-test met de bacterie *Vibrio fischeri* is op de slikken een remming van de bioluminescentie aangetoond. Op basis van het bovenstaande kan geconcludeerd worden dat er sprake is van actuele ecologische risico's veroorzaakt door de verontreiniging. De risico's worden alleen maar groter als het gebied natuurvriendelijk wordt ingericht. Dit heeft namelijk een aantrekkende werking op bijvoorbeeld vogels en vissen. De ecologische situatie op de slikken is tijdens de duur van het project niet verbeterd. Tevens is het niet te verwachten dat op de midden lange termijn (10 tot 15 jaar) de ecologische kwaliteit, zonder het weghalen van de verontreiniging, door min of meer autonome ontwikkelingen op een acceptabel niveau zal uitkomen.

Bij de uitgevoerde analyses van de nematodenpopulatie in de rietkraag is naar voren genomen dat de aanwezige verontreiniging minder effect heeft op de populatie. Deze resultaten worden bevestigd door de resultaten van de specifiek voor een terrestrisch milieu uitgevoerde ecologische analyses. Met name in de brede rietkraag in het noorden van het gebied zijn geen verschillen met de gebruikte relatief schone referentiegrond waargenomen. Het is echter onduidelijk of de effecten zijn veroorzaakt door de aanwezige verontreinigingen of door het natte en kleiige bodemmateriaal wat vaak geen geschikt medium is voor veel bioassays.

Daarnaast zijn in de rietkraag regenwormen verzameld voor het inventariseren van de populatie regenwormen en het bepalen van bioaccumulatie in regenwormen. Op de locatie zijn zeer weinig regenwormen aangetroffen. Dit komt overeen met het beeld wat normaal verkregen wordt in rietvegetaties. Omdat er weinig wormen zijn aangetroffen is geen bioaccumulatie bepaald.

Op basis van de uitgevoerde analyses wordt de rietkraag als licht tot matig toxisch beschouwd. De ecologische effecten op de locatie zijn acceptabel, zeker in relatie tot de gevonden natuur-

waarden. Sanering van de rietkraag op ecologische gronden is dan ook niet noodzakelijk. Afgraven van de rietkraag is op basis van de natuurwaarden niet wenselijk.

4.6 Sedimentatie

Natural capping kan een mogelijke in-situ saneringsvariant betekenen. Voorwaarde hierbij is dat er voldoende aanvoer van sediment is om een afdeklaag van minimale dikte te laten ontstaan. Bovendien dient de milieuhygiënische kwaliteit van het aangevoerde sediment goed te zijn. Om de mogelijkheden voor natural capping te bepalen zijn op basis van beschikbare gegevens (model)berekeningen uitgevoerd.

Uit de berekeningen is gebleken dat op de locatie sprake is van enige sedimentatie. Deze wordt beïnvloed door het scheepvaartverkeer. Bij een scheepvaartintensiteit tot circa 7.000 schepen per jaar is sprake van netto sedimentatie (figuur 6). Bij intensiever scheepvaartverkeer neemt erosie van het sediment toe. Erosie kan beperkt worden door de aanleg van een strekdam die parallel aan de vaargeul loopt. Dit kan wel leiden tot vermindering van de sedimentatiesnelheid. De milieuhygiënische kwaliteit van het aangevoerde slib betreft klasse 2 en is dus van voldoende kwaliteit voor het creëren van een afdeklaag.

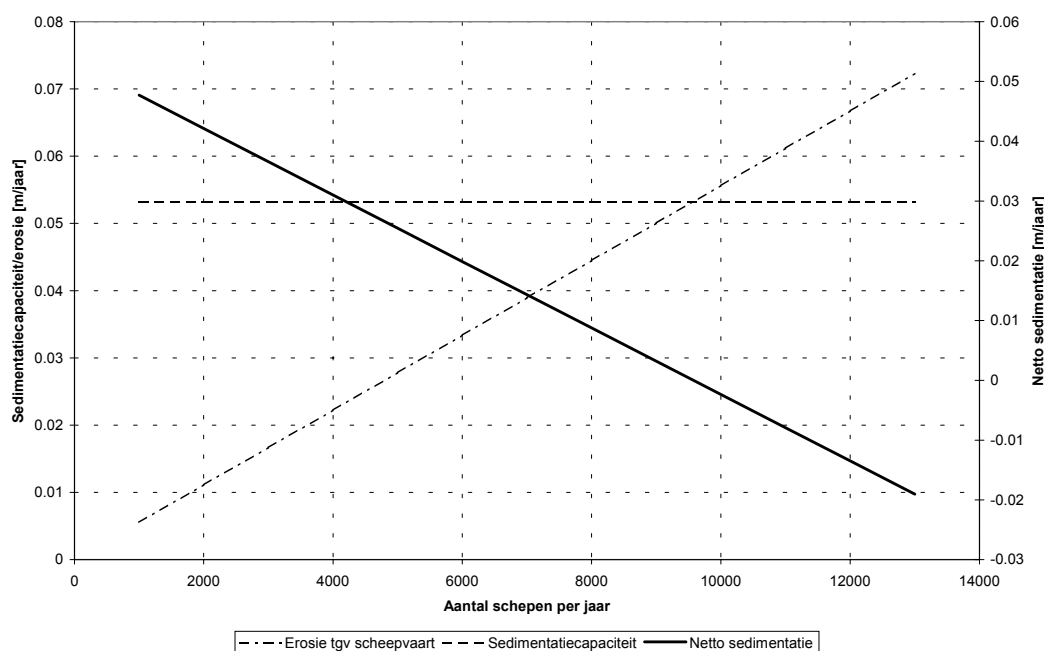


Fig.6. Sedimentatiecapaciteit in het gebied.

Hoewel er sprake is van enige sedimentatie, wordt de sedimentatiecapaciteit als onvoldoende beschouwd om een afdeklaag van voldoende dikte te creëren. Het aanbrengen van strekdammen, palenrijen en dergelijke zal dit niet verbeteren.

HOOFDSTUK 5

MOGELIJKHEDEN VOOR IN-SITU SANERING

5.1 Algemeen

Zoals vermeld in hoofdstuk 3 zijn er theoretisch meerdere mogelijkheden aanwezig om de sanering van 't Zandrak in te vullen zonder dat daarbij de bestaande natuur- en landschapswaarden verloren gaan. Twee in-situ concepten zouden hiervoor ingezet kunnen worden, namelijk (het stimuleren van) natuurlijke afbraak en (het bevorderen) van natural capping.

Daarnaast kan gedacht worden aan een combinatie van in-situ technieken en een conventionele techniek (baggeren). Een dergelijke combinatievariant moet vooral in gedachten worden gehouden met betrekking tot de rietkraag.

In dit hoofdstuk worden, gebaseerd op de onderzoeksresultaten, de verschillende mogelijkheden voor een in-situ aanpak geëvalueerd. Alvorens in te gaan op de verschillende mogelijkheden worden eerst nut en noodzaak van de sanering van de rietkraag nader beschouwd.

5.2 Nut en noodzaak aanpak rietkraag

Bij diverse in het stroomgebied van de Hollandsche IJssel uitgevoerde saneringen van zellingen is sediment ontgraven en aangevuld met Noordzeezand. Een dergelijke aanpak heeft tot op heden niet geleid tot herstel van de rietvegetatie. In hoeverre aanplanting van nieuwe vegetatie in dergelijke gevallen leidt tot een snel herstel is in het kader van dit project niet onderzocht. In algemene zin kan worden opgemerkt dat een spontane rietontwikkeling doorgaans een kritisch proces is (dit vanwege de vaak moeizame zaadontkieming). Het inplanten van rietstekken of aanleggen van speciale "rietmatten" leidt doorgaans wel binnen korte tijd tot een nieuwe rietvegetatie.

Het is duidelijk dat de aanwezige riet- en biezenvegetatie onaangetast laten de beste garantie is voor het behoud van aanwezige natuurwaarden. Randvoorwaarde hierbij is wel dat de aanwezige verontreinigingen niet mogen leiden tot onacceptabele ecologische effecten.

In het kader van deze studie is uitgebreid ecologisch onderzoek gedaan naar de effecten van de verontreiniging op het ecosysteem ter plaatse. Hieruit blijkt dat er geen aanwijzingen zijn dat de aanwezigheid van verontreiniging ter plaatse leidt tot onacceptabele effecten. Ter plaatse van de brede rietkraag aan de noordzijde van de locatie zijn in het geheel geen ecologische effecten waargenomen die direct verband houdt met de verontreiniging. De lichte tot matige effecten die zijn waargenomen elders in de rietkraag zijn niet direct te relateren aan de aanwezige waterboderverontreiniging. Mogelijk worden deze veroorzaakt door niet optimale omstandigheden tijdens de bioassays. De monsters zijn kleiig en nat. De waargenomen effecten kunnen ook worden gerelateerd aan verstoring tijdens de sanering van de stort. De effecten zijn dan waarschijnlijk tijdelijk.

Uit oogpunt van ecologische risico's is er dus geen bezwaar om de rietkraag te behouden. Door de ligging van de locatie direct naast een woonwijk en een jachthaven is betreding door mensen niet uitgesloten. Uit een eenvoudige risicobeoordeling van één van de meest verontreinigde meetpunten blijken humane risico's niet aan de orde te zijn. Het geval van ernstige bodemverontreiniging is derhalve niet urgent en behoeft geen directe saneringsmaatregelen.

Vanwege de afwezigheid van risico's in de rietkraag lijkt sanering dan ook niet direct noodzakelijk te zijn. De verwachting is dat door in-situ processen de kwaliteit van het sediment zich ten aanzien van een aantal organische componenten (minerale olie, PAK, lagere PCB) nog verder zal verbeteren in de toekomst door afbraakprocessen; een extra reden om niet direct over te gaan tot fysieke ingrepen. Ten aanzien van de aanwezigheid van metalen kan wellicht ook nog een verdere verbetering optreden door fyto-remediatie. Door regelmatig het aanwezige riet te maaien en af te voeren zou wellicht een deel van de aanwezige verontreiniging met zware metalen verwijderd kunnen worden.

5.3 Beschouwing in-situ saneringmogelijkheden

Natuurlijke afbraak

Een in-situ variant, gebaseerd op (stimulering van) de natuurlijke afbraak van de aanwezige verontreinigingen, lijkt niet haalbaar te zijn. Uit de monitoring van de verontreinigingssituatie blijkt dat natuurlijke afbraak ten tijde van het onderzoek nauwelijks meer optreedt. Natuurlijke afbraak in het gebied is een langzaam proces. Hierdoor zal binnen afzienbare tijd de (ecologische) kwaliteit van met name de slikken niet noemenswaardig verbeteren.

Niet alleen de geringe snelheid van het natuurlijke afbraakproces, maar ook de complexiteit van de verontreinigingssituatie maakt (stimulering van) natuurlijke afbraak minder geschikt als saneringsoptie van de locatie. De verschillende verontreinigingen vragen verschillende omstandigheden voor een optimale afbraak. PAK en minerale olie worden het beste afgebroken onder anaërobe omstandigheden, terwijl voor de afbraak van hoog gechloreerde PCB juist een anaëroob milieu vereist. Het is, zonder ingrijpende maatregelen, niet mogelijk om op de locatie een zodanig milieu te creëren waarin alle aanwezige verontreinigingen kunnen worden afgebroken. Het afwisselend aëroob maken van het sediment voor afbraak van PAK, lichtere PCB en minerale olie en vervolgens anaëroob maken voor PCB-afbraak is technisch moeilijk uitvoerbaar en zal tevens leiden tot een tijdelijke verhoogde beschikbaarheid van de aanwezige verontreinigingen. Dit leidt dan weer tot ongewenste verspreiding en extra opname door organismen.

De bulk van de aanwezige verontreiniging betreft zware metalen. De concentraties nemen niet af door natuurlijke afbraak, zodat een restverontreiniging met zware metalen zal achterblijven.

Natural capping

Uit de modelberekeningen is gebleken dat de sedimentatiecapaciteit in het gebied onvoldoende is om op een acceptabele termijn een afdeklaag te verkrijgen van voldoende dikte. Sedimentatie kan evenmin worden gestimuleerd door de aanleg van bijvoorbeeld strekdammen of palenrijen parallel aan de rivier. Ondanks de goede kwaliteit van het aangevoerde sediment is natural capping geen optie om de ecologische kwaliteit van de slikken op korte termijn te verbeteren.

Gecombineerde aanpak

Uit het voorgaande is gebleken dat een aanpak uitsluitend gebaseerd op in-situ technieken in het studiegebied niet haalbaar is. Toch is ingrijpen noodzakelijk. Het verwijderen van de verontreinigde slikken wordt als meest realistische alternatief gezien. Zoals blijkt uit het uitgevoerde ecologisch onderzoek is het uit ecologisch oogpunt niet noodzakelijk om ook de rietkraag af te graven.

Het streven is om de huidige landschaps- en natuurwaarden en dynamiek in het gebied te behouden. Om dit te bewerkstelligen wordt het noodzakelijk geacht het gebaggerde sediment aan te vullen. Bij andere gebieden in de Hollandsche IJssel, zoals een zelling nabij Nieuwerkerk a/d IJssel (locatiennaam Groenendijk of Nieuwerkerk a/d IJssel), is na afloop van de sanering de ontgraven grond aangevuld met Noordzeezand. Alhoewel het beoogde doel, namelijk het verwijderen van de verontreiniging bij deze locatie is behaald, zijn de natuurwaarden aangetast. De

aangevulde grond zal weliswaar begroeid raken met planten, maar niet met de voor de Hollandse IJssel kenmerkende vegetatie. Gelet op de beperkte sedimentatiecapaciteit duurt het lang voordat het aangebrachte zand is bedekt met een voldoende dikke sliblaag voor ecologisch herstel. Voor herstel van de natuurwaarden is het dus noodzakelijk aan te vullen met gebiedseigen kleigrond.

Bij een dergelijke combinatie-aanpak (behoud rietkraag en baggeren slikken) blijft een restverontreiniging achter. De verwachting is dat de concentratieniveaus van deze restverontreiniging door in-situ processen in de loop der tijd nog verder zullen afnemen. Dit blijkt uit de metingen van het afbraakpotentieel. Het is derhalve wenselijk deze ontwikkeling extensief te blijven monitoren. Indien op basis hiervan mocht blijken dat er zich geen verdere verbetering voor mocht doen of toch sprake blijkt van ongewenste effecten, dan kan in een later stadium van het uitvoeringsprogramma alsnog worden overwogen tot actieve maatregelen.

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

6.1 In-situ saneringsmogelijkheden Zandrak

De milieuhygiënische waterbodempkwaliteit en de ecologische waarden op de locatie kunnen worden verbeterd zonder daarbij de huidige landschaps- en natuurwaarden aan te tasten. De huidige dynamiek van het gebied dat onder invloed staat van het getij, kan behouden blijven.

Het is niet noodzakelijk om de rietkraag van de locatie te verwijderen en de waterbodem op dit gedeelte van de locatie te ontgraven. Uit het onderzoek is gebleken dat ecologische effecten ten gevolge van de aanwezige verontreiniging acceptabel zijn. Nazorg in de vorm van het monitoren van de bodempkwaliteit en de risico's blijft noodzakelijk.

De slikken worden ecologisch als niet waardevol gezien vanwege de beperkte biodiversiteit en dichtheden van de aanwezige organismen. Bovendien is op de slikken sprake van ecologische risico's. Ingrijpen is noodzakelijk. Door de beperkte sedimentcapaciteit is natural capping geen optie om op korte termijn de effecten van de aanwezige waterbodempverontreiniging te verminderen. Het duurt lang voordat een afdeklaag met voldoende dikte is gevormd. Uit de monitoring van de verontreinigingssituatie is tevens gebleken dat natuurlijke afbraak evenmin een oplossing is. Het proces is te traag en de verontreinigingssituatie te complex om op korte termijn de milieuhygiënische kwaliteit en ecologische waarden te verbeteren.

In-situ sanering voor de locatie, met name voor de slikken, is niet mogelijk. Natuurlijke afbraak is te langzaam en daarnaast is sprake van een complexe verontreinigingssituatie. Het ontgraven van het verontreinigde sediment op de slikken, waarbij de ontgraven grond wordt aangevuld met schoon en vooral gebiedseigen klei-materiaal, lijkt de enige overgebleven oplossing te zijn om aan de doelstelling van de sanering te voldoen.

Het aanvullen van de ontgraven slikken met gebiedseigen grond is de belangrijkste voorwaarde om aan de saneringsdoelstelling te voldoen. Alleen dan worden de natuurlijke- en landschappelijke waarden van het gebied niet aangetast, terwijl wel de ecologische kwaliteit wordt verbeterd. Het aanvullen van de ontgraven grond met Noordzeezand moet volkomen worden.

De gewenste saneringsaanpak zal niet leiden tot herstel van de multifunctionaliteit. Bovendien blijft op de locatie, met name in de rietkraag, verontreiniging achter. Vanuit ecologisch oogpunt is dit geen probleem. Ecologische effecten in de rietkraag lijken niet op te treden. Wel moet maatschappelijk draagvlak voor de gewenste saneringsaanpak worden verkregen. Voorlichting aan betrokkenen en omwonenden is daarin van groot belang.

6.2 In-situ waterbodemsanering algemeen

In zijn algemeenheid heeft dit project geleid tot een nadere beschouwing van mogelijkheden voor een in-situ aanpak van waterbodempverontreiniging. De gevolgde projectaanpak kan worden toegepast bij vergelijkbare projecten. Kernpunt hierbij is dat een brede risicobenadering (maatwerk) wordt toegepast voor de beoordeling van mogelijke saneringsmaatregelen in een bepaalde situatie. Hierbij moet gelet worden op de beschikbaarheid van stoffen in relatie tot het ecologisch functioneren van het systeem.

De in het kader van dit project toegepaste methode voor het bepalen van de beschikbaarheid van PAK is een uitermate nuttig instrument gebleken bij het beoordelen van (rest)risico's en het voorspellen van verdere afbraak. Een bredere toepassing van deze methode wordt aanbevolen.

LITERATUUR

Van der Gun, J.H.J. en J. Joziasse, In-situ waterbodemsanering: voorstelbaar en haalbaar? Rapporten Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek deel 23, Wageningen, 1999.

Ontwerp-structuurschets Hollandsche IJssel, Stuurgroep Hollandsche IJssel, RBOI, Adviesbureau voor Ruimtelijk beleid, ontwikkeling en inrichting, Rotterdam, 1994.

Doze, J.H., Saneren natuurlijk? Monitoring oevers Hollandsche IJssel, projectplan RIZA, Lelystad, 2002.

Doze, J.H., P. Cornelissen, M.A.A.J. Kamps, F.C.M. Kerkum, J. Oosterbaan, A. van der Scheer & R.A. Struijk. Saneren Natuurlijk, Monitoring oevers Hollandsche IJssel Datarapportage 2000, RIZA, Lelystad, 2001.

Doze, J.H., P. Cornelissen, M.A.A.J. Kamps, F.C.M. Kerkum, J. Oosterbaan, A. van der Scheer & R.A. Struijk, Saneren Natuurlijk, Monitoring oevers Hollandsche IJssel Integraal jaarverslag 2000, RIZA, Lelystad, 2001.

Witteveen+Bos. 1998. Oeverplan Hollandsche IJssel.