

NOBIS 97-1-21
ECOLOGISCHE RISICOREDUCTIE VAN
STORTPLAATSEN DOOR ISOLATIE MET
GEBIEDSEIGEN VERONTREINIGD
BAGGERSLIB

Proefproject: vuilstorten en baggerspecie

ing. F. Enninga (Noordhollands Landschap)
drs. B.W.J.M. Kruijsen (Provincie Noord Holland)
ir. J.J.H. van den Akker (SC-DLO)
ir. L.M.M. Bakker (Tauw bv)
ing. S.C. Bos (Tauw bv)
drs. F. Labee (Tauw bv)
dr.ir. G.C. Stefess (Tauw bv)
ir. H.P. van Dokkum (TNO-MEP)
ing. R. Kampf (USHN)

oktober 2000

Gouda, CUR/NOBIS

Auteursrechten

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

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, "©" Ecologische risicoreductie van stortplaatsen door isolatie met gebiedseigen verontreinigd baggerslib - proefproject: vuilstorten en baggerspecie", oktober 2000 CUR/NOBIS, Gouda."

Aansprakelijkheid

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

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, "©"Ecological risk reduction for landfills through isolation with contaminated dredge spoil from the same area - pilot project "landfilling and dredge spoil"- final report", October 2000, CUR/NOBIS, Gouda, The Netherlands."

Liability

CUR/NOBIS 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 CUR/NOBIS 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 CUR/NOBIS and/or the contributors.

Titel rapport

Ecologische risicoreductie van stortplaatsen door isolatie met gebiedseigen verontreinigd baggerslib

CUR/NOBIS rapportnummer

97-1-21

Proefproject: vuilstorten en baggerspecie
Eindrapport

Project rapportnummer

97-1-21

Auteur(s)

ir. J.J.H. van den Akker
ir. L.M.M. Bakker
ing. S.C. Bos
ir. H.P. van Dokkum
ing. F. Enninga
ing. R. Kampf
drs. B.W.J.M. Kruijzen
drs. F. Labee
dr.ir. G.C. Stefess

Aantal bladzijden

Rapport: 39

Bijlagen: -

Uitvoerende organisatie(s) (Consortium)

Tauw bv (ing. S.C. Bos, 0570-699415)
TNO, Milieu, Energie en Procesinnovatie (ir. H.P. van Dokkum, 0223-638810)
Alterra (ir. J.J.H. van den Akker, 0317-474282)
Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen in Noordhollands Noorderkwartier
(ing. R. Kampf, 0299-391377)
Noordhollands Landschap (ing. F. Enninga, 0251-659750)
Provincie Noord Holland (drs. B.W.J.M. Kruijzen)

Uitgever

CUR/NOBIS, Gouda

Samenvatting

Op een proeflocatie in het IJperveld (voormalige stortplaats) is een baggerspeciedepot ingericht, waarbij voor de kades gebruik is gemaakt van het aanwezig (bodem)materiaal. Bij de bodemhoogte van het depot is onderscheid gemaakt in een deel dat boven en een deel dat beneden de grondwaterstand ligt, om te komen tot volledige rijping, respectievelijk om een redoxzonering te laten ontstaan. De metingen zijn gericht op het gedrag van de verontreinigingen vanuit de opgebrachte baggerspecie naar de onderliggende stortplaats en de naastliggende watergangen. Het opbrengen van baggerspecie kan gezien worden als een beschermende maatregel tegen de blootstelling aan verontreinigingen in de stort. Na het opbrengen kunnen echter opnieuw blootstellingsrisico's ontstaan als gevolg van de verontreinigde baggerspecie. Maar ook door aantasting van de afdeklaag door chemische en fysische rijping en afbraak van organisch stof. Het onderzoek heeft uitgewezen dat verspreiding van verontreinigingen naar het grondwater en de watergangen niet aantoonbaar is. Zware metalen lijken te worden vastgelegd door het optreden van sulfaatreductie in de onderste (verzadigde) bodemlaag. Organische verontreinigingen worden sterk geadsorbeerd aan humuscomponenten. Dit voor veenweidegebieden kenmerkende proces (op de kant zetten van bagger) kan eenvoudig in stand gehouden worden. De aanwezige verontreinigingen vormen geen direct risico voor bodemorganismen (nematoden) en vegetatie (wilgen), maar kunnen wel leiden tot een verhoogde opname door grazers. Een tweede, schonere afdeklaag is dus aanbevelenswaardig. Een dergelijke aanpak is een maatwerkoplossing, dat past binnen het denkraam van de Beleidsvernieuwing binnen de Bodemsanering. Dit concept vergt echter wel een cultuuromslag, maar aangetoond is dat het op deze manier omgaan met verontreinigde baggerspecie een positieve impuls kan hebben op het ontwikkelen of in stand houden van waardevolle natuur- en cultuurlandschappen.

Trefwoorden

Gecontroleerde termen:

Vrije trefwoorden:

ecotoxicologie, (water) bodemsanering

actief bodembeheer, BEVER,
gebiedsgericht, natuurontwikkeling,
veenweideproblematiek,

Titel project

Ecologische risicoreductie van stortplaatsen door
isolatie met gebiedseigen verontreinigd baggerslib

Projectleiding

Tauw bv
(ing. S.C. Bos, 0570-699415)

Dit rapport is verkrijgbaar bij:
CUR/NOBIS, Postbus 420, 2800 AK Gouda

Report title

Ecological risk reduction for landfills through isolation with contaminated dredge spoil from the same area

pilot project "landfilling and dredge spoil"
final report

CUR/NOBIS report number

97-1-21

Project report number

97-1-21

Author(s)

ir. J.J.H. van den Akker
ir. L.M.M. Bakker
ing. S.C. Bos
ir. H.P. van Dokkum
ing. F. Enninga
ing. R. Kampf
drs. B.W.J.M. Kruijzen
drs. F. Labee
dr.ir. G.C. Stefess

Number of pages

Report: 39

Appendices: -

Executive organisation(s) (Consortium)

Tauw bv (ing. S.C. Bos, 0570-699415)
TNO, Milieu, Energie en Procesinnovatie (ir. H.P. van Dokkum, 0223-638810)
Alterra (ir. J.J.H. van den Akker, 0317-474282)
Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen in Noordhollands Noorderkwartier
(ing. R. Kampf, 0299-391377)
Noordhollands Landschap (ing. F. Enninga, 0251-659750)
Provincie Noord Holland (drs. B.W.J.M. Kruijzen)

Publisher

CUR/NOBIS, Gouda

Abstract

A dredge spoil depot has been placed at a test site at Ilperveld (former landfill site), for which the (soil) material from the same area was used for the embankment. At the soil level of the depot, a distinction was made between the part that is located above the groundwater level and the part that is located below the groundwater level, in order to achieve complete maturity and to create a redox zone, respectively. The measurements were aimed at the contaminant behaviour from the applied dredge spoil to the landfill beneath and the adjacent waters. The application of dredge spoil can be seen as a protective measure against the exposure to contaminants in the landfill. However, after the application new exposure risks can arise due to the contaminated dredge spoil, not to mention erosion of the covering layer by chemical and physical maturation and degradation of organic matter. The investigation showed that a contaminant spread towards the groundwater and other waters was not detected. Heavy metals appear to be bound by sulphate reduction in the lower (saturated) soil layer. Organic contaminants are strongly adsorbed to humus components, which is why dredgings are immediately deposited beside the dredging works to replenish the soil with humus components. This method, which is a very common technique in peatlands, can easily be maintained. The present contaminants do not pose a direct risk for the organisms in the soil (nematodes) and vegetation (willow trees), but they could lead to an increased intake by cattle. A second, cleaner covering layer is therefore advisable. This would constitute a tailor-made solution, fitting the Policy Development within Soil Remediation (BEVER). Such a plan would require a change in policy, but it has been demonstrated that this way of dealing with contaminated dredge spoil can have a positive effect on the development or preservation of valuable natural landscapes and cultivated lands.

Keywords

Controlled terms:

Uncontrolled terms:

ecotoxicology, groundwater and aqueous sediment
remediation

active soil management, area-
specific, BEVER, nature develop
ment, peatland issue, soil

Project title

Ecological risks reduction for landfills through isolation
with contaminated dredge spoil from the same area

Projectmanagement

Tauw bv
(ing. S.C. Bos, 0570-699415)

This report can be obtained by: CUR/NOBIS, PO Box 420, 2800 AK Gouda, The Netherlands
Dutch Research Programme In-Situ Bioremediation (NOBIS)

VOORWOORD

Het IJperveld is van oudsher een licht brak veenweidegebied van circa 600 hectare groot. De locatie is gelegen in de gemeente Landsmeer (Noord Holland). In dit gebied lopen een aantal onderzoeken die gericht zijn op herstel van de natuurwaarden. Dit rapport is het resultaat van een onderzoek dat is uitgevoerd in het kader van het Nederlands Onderzoeksprogramma Biotechnologische In-Situ Sanering (NOBIS). In dit project is onderzoek verricht naar ecologische risicoreductie van stortplaatsen door isolatie met verontreinigd baggerslib. Bij het project zijn N.V. Afvalzorg, de Provincie Noord-Holland, het Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen in Nederlands Noorderkwartier, het Noordhollands Landschap, Tauw bv, TNO-MEP en Alterra betrokken.

In het IJperveld wordt het Noordhollands Landschap geconfronteerd met de problematiek van onafgedekte stortplaatsen en dichtgeslibde watergangen. De baggerspecie mag formeel niet op de kant worden gezet, omdat deze verontreinigd is. Toch hoeft de verontreiniging niet per definitie de natuur- en landschapsontwikkeling in de weg te staan. Dit onderzoek toont aan dat baggerspecie kan worden gebruikt als afdeklaag voor de stortplaatsen, zodat die weer begraasd kunnen worden. De helderheid van de watergangen wordt verhoogd door isolatiemaatregelen, waarbij ook het verwijderen van de baggerspecie een positieve bijdrage kan leveren, zodat waterplanten en -dieren zich weer kunnen vestigen.

De looptijd van het gehele onderzoeksproject is twee jaar geweest. In deze periode zijn een aantal deelrapportages opgesteld, waarin respectievelijk is ingegaan op de 'uitwerking van het beheersconcept', 'de voorbereiding van het proefproject', 'de inrichting van het proefproject' en 'de monitoring en evaluatie van het project'. Het rapport dat nu voor u ligt geeft een beschrijving van het gehele project en een interpretatie van de behaalde resultaten.

oktober 2000

INHOUD

		SAMENVATTING	viii
		SUMMARY	xi
Hoofdstuk	1	INLEIDING	1
	1.1	Het Ilperveld	1
	1.2	Opbouw van deze rapportage	2
Hoofdstuk	2	OPZET VAN HET ONDERZOEK	3
	2.1	Probleem- en doelstelling	3
	2.2	Risico's op de stort	4
	2.3	Verspreidingsrisico's	5
	2.4	Risico's in de watergang	6
Hoofdstuk	3	VOORBEREIDING PROEFPROJECT	7
	3.1	Selectie proeflocatie en referentielocaties	7
	3.2	Situatie voor inrichting proeflocatie	8
	3.2.1	Risico's op de stort	8
	3.2.2	Verspreidingsrisico's	9
	3.2.3	Risico's in de watergang	10
	3.3.	Monitoringsprogramma	11
	3.3.1	Monitoringsprogramma voor de stort	11
	3.3.2	Monitoringsprogramma voor de verspreiding	11
	3.3.3	Monitoringsprogramma voor de watergang	12
Hoofdstuk	4	INRICHTING PROEFLOCATIE	13
	4.1	Technische inrichting proeflocatie	13
	4.2	Technische inrichting watergangen	15
	4.3	Installatie monitoringsinstrumenten	16
	4.4	Opgestelde waterbalans	17
Hoofdstuk	5	MONITORING PROEFPROJECT	19
	5.1	Onderzoeksvraag 1: Invloed op abiotiek	19
	5.1.1	Abiotische randvoorwaarden op de stort	19
	5.1.2	Abiotische randvoorwaarden in de watergang	20
	5.2	Onderzoeksvraag 2: Blootstellingsrisico's	20
	5.3.	Onderzoeksvraag 3: Verticale uitspoeling	23
	5.4	Onderzoeksvraag 4: Effecten op de watergang	25
	5.5	Beantwoording van de doelstelling	26

Hoofdstuk	6	INTEGRALE BEOORDELING	28
	6.1	RMK-beoordeling	28
	6.1.1	Algemeen	28
	6.1.2	Saneringsvarianten	29
	6.1.3	RMK-methodiek	30
	6.1.4	Conclusies	31
	6.2	Duurzaamheid van de afdeklaag	31
	6.2.1	Benodigde dikte afdeklaag en vorming van deze laag	31
	6.2.2	Concentratieverloop zware metalen	32
	6.3	Sturende principes	34
	6.4	Conclusie	37
		LITERATUUR	39

SAMENVATTING

Ecologische risicoreductie van stortplaatsen door isolatie met gebiedseigen verontreinigd baggerslib

Het Ilperveld is een veenweidegebied van circa 600 hectare in de gemeente Landsmeer, ten noorden van Amsterdam. In het gebied wordt een grote terrestrische en aquatische natuurwaarde nagestreefd.

In het gebied liggen veel oude, verontreinigde stortplaatsen die zeer heterogeen van samenstelling zijn. Ook het slib in de watergangen is sterk verontreinigd en mag formeel niet op de kant worden gezet. Het gevolg is dat de terreinbeheerder wordt geconfronteerd met stortplaatsen die vrijwel onafgedicht in het landschap liggen en waarop extensieve beweiding niet of nauwelijks mogelijk is. Tevens zijn de sloten nauwelijks meer bevaarbaar door de grote hoeveelheid slib.

Om de problematiek in het Ilperveld aan te pakken is een locatiespecifiek concept bedacht, waarvan de duurzaamheid in een NOBIS-onderzoek is onderzocht. Het onderzoek richt zich op een duurzame isolatie van stortplaatsen door afdichting met gebiedseigen (licht) verontreinigd baggerslib.

Als **doelstelling** voor dit onderzoek is gesteld dat:

Door inrichting en monitoring van een proeflocatie in het Ilperveld wordt onderzocht of een duurzame isolatie van stortplaatsen in natte veenweidegebieden door afdichting met gebiedseigen verontreinigd baggerslib kan worden bereikt, waardoor aan de ecologische functie van de bodem wordt voldaan en geen onacceptabele risico's voor de watergangen optreden.

Het opbrengen van de baggerspecie kan gezien worden als een beschermende maatregel tegen de blootstelling aan verontreinigingen in de stort. Na het opbrengen van de baggerspecie kunnen echter opnieuw blootstellingsrisico's voor mens, grazer en ecosysteem ontstaan als gevolg van de verontreinigingen in de baggerspecie. Vervolgens kunnen blootstellingsrisico's ontstaan als gevolg van aantasting van de afdeklaag door chemische en fysische rijping en door afbraak van organisch stof.

Het onderzoek dient aan te geven of een toplaag bestaande uit klasse-3 à 4 baggerspecie acceptabel is of dat in de praktijk een extra afdeklaag van niet of minder vervuilde baggerspecie aangebracht moet worden om blootstellingsrisico's te verminderen. Ook dient het onderzoek aan te geven in welke mate rijping en afbraak van organisch stof de duurzaamheid van de afdeklaag aantast, c.q. of het gewenst is om een ongerijpte en anaërobe onderlaag te handhaven. Een ander hieraan verbonden thema is of deze ongerijpte anaërobe onderlaag een effectieve barrière vormt voor zware metalen die zich anders via percolaat naar de watergangen zouden verspreiden. Het onderzoek richt zich op de processen die een rol spelen bij de verticale uitspoeling van de verontreinigingen uit de opgebrachte baggerspecie.

Het opbrengen van de baggerspecie op de stortplaats beïnvloedt de (geo)hydrologie van de stortplaats en mogelijk de verspreiding van verontreinigende stoffen. Hierbij zijn in de tijd twee fasen te onderscheiden. In de eerste fase, direct na het opbrengen van de natte baggerspecie ontstaat een hogere waterdruk binnen het depot. Hierdoor kan een versterkte infiltratie naar het onderliggende stortmateriaal optreden, afhankelijk van de verticale doorlatendheid. Ook zal het infiltrerende water vanwege het stijghoogteverschil horizontaal kunnen wegstromen richting de omringende watergangen. In beide gevallen kunnen verontreinigingen vanuit de baggerspecie verspreid worden naar de onderliggende stort en naar de watergangen. De tweede fase kan worden getypeerd als rijping van de op het depot gebrachte baggerspecie. Op de langere termijn kunnen verontreinigingen namelijk uit het baggerslib dat op het depot is aangebracht meer beschikbaar raken door rijping van het slib en afbraak van organisch stof. Deze verontreinigingen zouden vervolgens via percolerend regenwater en grondwatertransport de watergangen rondom de stort kunnen bereiken. De verspreidingsrisico's zijn hierbij afhankelijk van het neerslagoverschot.

De hiervoor genoemde verspreidingsprocessen kunnen leiden tot (een toenemende) verontreiniging van het water en de waterbodem in de directe nabijheid van de stort, waarbij potentiële of actuele risico's voor het aquatisch ecosysteem kunnen optreden. De risico's voor de omliggende watergangen bepalen samen met de risico's op de stort de acceptatie en daarmee de haalbaarheid van het toegepaste beheersconcept.

De monitoringresultaten tot nu toe hebben uitgewezen dat verspreiding van zware metalen en organische verontreinigingen vanuit de opgebrachte baggerspecie en/of de stort naar de watergangen niet aantoonbaar is. Zware metalen lijken te worden vastgelegd door het optreden van sulfaatreductie in de onderste (verzadigde) bodemlaag, organische verontreinigingen zijn waarschijnlijk sterk geadsorbeerd aan humuscomponenten in de afdeklaag en de ondergrond. De effecten van rijpingsprocessen in de afdeklaag zijn daarbij tot nu toe beperkt gebleven.

Bij de integrale beoordeling van het concept is met behulp van de RMK-methodiek een afweging gemaakt tussen de traditionele multinucleaire en IBC-variant en de variant van dit onderzoek. Geconcludeerd is dat de NOBIS-variant vanuit de Risicoreductie, de Milieuvrienden en de Kosten de meeste perspectieven biedt om de verontreinigingssituatie in het IJperveld aan te pakken. Bij deze variant wordt het meest recht gedaan aan het locatiespecifieke karakter, waardoor de waarde van het gebied behouden blijft en positief gestimuleerd wordt.

Verder is bij de integrale beoordeling vastgesteld dat de veranderingen in de tijd van invloed kunnen zijn op de toelaatbare concentraties zware metalen in de op te brengen bagger. Een overschatting van de afbraak van organische stof en van de verlaging van de pH heeft al snel tot gevolg dat op dit moment geadviseerd zou worden om sterker verontreinigde baggerspecie niet toe te passen, terwijl dit wel zou kunnen. Ook een overschatting van de dikteafname van de afdeklaag door rijping en de afbraak van organische stof leidt tot een advies om meer baggerspecie aan te brengen dan noodzakelijk. Verder bieden de nog in ontwikkeling zijnde toetsingkaders (FBS-waarden) weinig houvast. Evenwel kan aan de hand van de gegevens uit dit onderzoek toch gesteld worden dat het opbrengen van baggerspecie, ondanks de aanwezig verontreinigingsgraad bijdraagt aan de ontwikkeling en instandhouding van het IJperveld als veenweidegebied, waarbij het beheer door begrazing een belangrijke rol speelt. Het onderzoek heeft voldoende gegevens opgeleverd om in een vervolgfase te komen tot een definitie van de inrichting van voormalige stortplaatsen in het IJperveld, die afgedekt kunnen worden met verontreinigde baggerspecie.

Het concept, zoals dat in het Ilperveld is toegepast kan dus leiden tot succes, mits de sturende principes op de juiste wijze worden gedimensioneerd. ‘Meten om te beslissen’ belangrijker is dan ‘meten om te weten’. Om het doel te realiseren moet (probleemoplossend) onderzoek uitgevoerd worden om mede op basis van de gebiedskennis de juiste technieken toe te kunnen passen. Doelstellingen worden afgeleid van cq. ingegeven door het beleid. Onderzoek is nodig om aan te geven op welke manier de doelstelling realiseerbaar is. De technische realisatie wordt bepaald door de onderzoeksresultaten, maar kan tevens aangeven wat beleidsmatige effecten hiervan zijn. Voor het Ilperveld is hieraan de volgende invulling gegeven:

Beleid	- is richtinggevend voor de doelstelling, namelijk landschapsbeheer en -behoud, gerelateerd aan de AMK;
Onderzoek toont aan	- of bagger op de kant gezet kan worden en onder welke voorwaarden; - of hierbij extensief beheer door grazers mogelijk is; - of de ingreep leidt tot voldoende risicoreductie voor grazers, mens en verspreiding;
Technische realisatie	- concretiseert de sturende principes om het doel te bereiken en de beleidsmatige verificatie uit te voeren.

Het concept biedt zekere perspectieven om de verontreinigingen van de land- en waterbodem integraal aan te pakken. Geconstateerd is dat (water)bodemkwaliteitsverbetering technisch haalbaar is. De bodemkwaliteitsverbetering wordt gerealiseerd door een duurzame afdeklaag waarbij de blootstellingrisico's acceptabel zijn en door het comprimeren van de verontreinigingen. De verontreinigingen worden door het concept gecomprimeerd op bepaalde plaatsen, wat leidt tot een verminderde blootstelling. De helderheid van de watergangen wordt verhoogd door isolatiemaatregelen. Daarnaast wordt verwacht dat het verwijderen van de baggerspecie een bijdrage levert aan de helderheid van de watergangen. Doordat de helderheid van de watergangen vergroot wordt, kunnen zich hier weer waterplanten en -dieren vestigen.

Een dergelijke benadering vergt wel een cultuuromslag in Nederland. Maar het concept, zoals dat in het Ilperveld is toegepast, laat zien dat de ecologische risico's bij de ontwikkeling van flora en fauna op verontreinigde gronden klein zijn in vergelijking met de enorme winst voor het landschap door het ontwikkelen van nieuwe habitats.

SUMMARY

Ecological risk reduction for landfills through isolation with contaminated dredge spoil from the same area

Ilperveld is a peatland area of about 600 hectares in the Municipality of Landsmeer, north of Amsterdam. In the area, the importance of terrestrial and aquatic ecological values is upheld.

There are many old and contaminated landfills of a very heterogeneous composition in the area. The sludge in the ditches is also highly contaminated and, officially, cannot be immediately deposited beside the dredging works. The result of this is that the site manager is faced with landfills that are practically unsealed and which makes extensive grazing hardly possible or not at all. In addition, the ditches are difficult to navigate because of the large amount of sludge.

A site-specific plan was devised to tackle the problem at Ilperveld, and its sustainability was assessed in a NOBIS investigation. Said investigation was aimed at a sustainable isolation of landfills by sealing them off with (slightly) contaminated dredge spoil from the same area.

The **objective** of this investigation was:

By setting up and monitoring a pilot site at Ilperveld it can be investigated whether sustainable isolation of landfills in wet peatlands can be achieved by covering it with contaminated dredge spoil from the same area; a method which does credit to the ecological function of the soil and groundwater and avoids unacceptable risks for the ditches.

The application of the dredge spoil can be seen as a protective measure against the exposure of contaminants in the landfill. However, after the application of the dredge spoil new exposure risks for man, cattle and ecosystem can arise as a result of the contaminants in the dredge spoil. Subsequent exposure risks may arise as a result of erosion of the covering layer by chemical and physical maturation and by the degradation of organic matter.

The investigation should point out whether a covering layer of dredge spoil category 3 or 4 is acceptable or if in reality an additional covering layer of less contaminated or uncontaminated dredge spoil must be applied to reduce exposure risks. The investigation should also point out the extent to which maturation and degradation of organic matter affect the sustainability of the covering layer, and/or whether it is advisable to keep the lower layer anaerobic and to prevent it from ageing. Another issue is whether this anaerobic lower layer will form an effective barrier for heavy metals that would otherwise disperse to the ditches via the leachate. The investigation is aimed at the processes that play a role in the vertical leaching of the contaminants from the applied dredge spoil.

The application of dredge spoil on the landfill influences the (geo)hydrology of the landfill and possibly the spread of contaminating substances. Two phases are to be distinguished here. In the first phase, which immediately follows the application of the wet dredge spoil, a higher water pressure is created in the depot. This may cause a stronger infiltration to the underlying landfilling material, depending on the vertical permeability. The infiltrating water could also flow away horizontally in the direction of the surrounding ditches on account of the hydraulic heads difference. In both cases, contaminants can migrate from the dredge spoil to the underlying landfill and to the ditches. The second phase can be characterised as maturation of the dredge spoil applied to the depot. In the long term, contaminants from the applied dredge spoil can become free due to maturation of the sludge and degradation of organic matter. Said contaminants could subse-

quently reach the ditches around the landfill via leaching storm water and groundwater transport. Any dispersion risks would depend on the precipitation excess.

The above-mentioned dispersion processes could lead to (a growing) contamination of the water and the aquatic sediment in the immediate vicinity of the landfill, resulting in potential or actual risks for the aquatic ecosystem. The risks for the surrounding ditches together with the risks regarding the landfill determine the acceptability of this project and with that, the feasibility of the used containment plan.

Up to now, the monitoring results have shown that dispersion of heavy metals and organic contaminants from the applied dredge spoil and/or the landfill to the ditches cannot be demonstrated. Heavy metals seem to be trapped in the bottom (saturated) soil layer due to sulphate reduction, and organic contaminants are probably adsorbed to humus components in the covering layer and sub-soil. Up to now, the effects of maturation processes in the covering layer have been limited.

The plan was assessed by means of the REC method to weigh the traditional multifunctional variant, the ICM variant and the variant from this investigation against each other. The Risk reduction, Environmental merit, and Costs method pointed out that the NOBIS variant offers the best perspective to deal with the contamination situation in Ilperveld, because this variant does most justice to the area-specific character, thus preserving and stimulating the value of the area.

The assessment also determined that changes in time could affect the acceptable concentrations of heavy metals in the dredge spoil to be applied. In case of overrating the degradation of organic matter and the reduction of the pH would quickly lead to an advice against using highly contaminated dredge spoil, while this would be an option. Additionally, in case of overrating the reduction of the thickness of the covering layer due to maturation and the degradation of organic matter would lead to an advice to apply more dredge spoil than strictly necessary. Furthermore, the terms of reference under development (FBS values) offer little to go on as yet. Nevertheless, on the basis of the data from this investigation it can still be said that the application of dredge spoil contributes to the development and preservation of Ilperveld as a peatland area, in spite of the degree of contamination, and the management of cattle plays an important issue in this matter. The investigation has yielded sufficient data to form a definition in a possible follow-up phase on the design of former landfills in Ilperveld, that can be covered with contaminated dredge spoil.

Therefore, the plan, as applied in Ilperveld can be successful, provided that the preconditions are dimensioned correctly. 'Measuring to come to a decision' is more important than 'measuring to obtain knowledge'. In order to realise the objective a (problem solving) investigation should be carried out in order to be able to use the right techniques, partly on the basis of area-specific knowledge. Objectives are derived from and/or dictated by the policy. Investigation is required to find out how to realise the objective. The investigation results determine the technical realisation, but they may also indicate the effects with regard to policy. The interpretation below applies to Ilperveld:

Policy	- sets the objective, i.e., landscape management and preservation, related
--------	--

to the General Environmental Quality (AMK);

Investigation shows - whether dredge spoil of the same area can be deposited directly beside the dredging works and under which conditions;
- whether extensive grazing by cattle is possible;
- whether the operation will lead to a sufficient risk reduction for cattle and man and of spread;

Technical realisation - maps out the preconditions and uses these to achieve the goal and to carry out the verification with regard to policy.

The plan offers good perspectives for an integrated solution of the problem of contaminants in the soil and aquatic sediment. It was established that it is technically feasible to improve the quality of the soil and aquatic sediment. The improvement of the soil and groundwater quality is effected by a sustainable covering layer with acceptable exposure risks and by compressing the contaminants. The plan compresses the contaminants at certain places, which leads to reduced exposure. The clarity of the ditches is raised by isolation measures. In addition, it is expected that the removal of the dredge spoil will contribute to the clarity of the ditches. Because the clarity of the ditches is improved, water plants and animals can settle here once again.

However, such an approach would require a change in policy in the Netherlands. Nevertheless, the plan, as applied in IJperveld, shows that the ecological risks involved in developing flora and fauna on contaminated lands are small compared to the large advantage for the landscape due the development of new habitats.

HOOFDSTUK 1

INLEIDING

1.1 Het Ilperveld

Het Ilperveld is een veenweidegebied van circa 600 hectare in de gemeente Landsmeer, ten noorden van Amsterdam. In het gebied wordt een grote terrestrische en aquatische natuurwaarde nagestreefd. Het is een van de meest waardevolle polders van Noord-Holland voor weidevogels, bij uitstek geschikt voor de meer kritische soorten, waaronder watersnip en kemphaan. In figuur 1 is de topografische ligging van deze locatie weergegeven.

Fig. 1. Topografische ligging proeflocatie. De blauwe sterren geven de ligging van de



aquatische referentiepunten aan.

In het gebied liggen nu vele oude, verontreinigde stortplaatsen omdat in het verleden een deel van de petgaten werd gebruikt voor het storten van huishoudelijk en industrieel afval. Ook het slib in de watergangen is sterk verontreinigd en mag formeel niet op de kant worden gezet. Het gevolg is dat de terreinbeheerder wordt geconfronteerd met stortplaatsen die vrijwel onafgedicht in het landschap liggen en waarop extensieve beweiding niet of nauwelijks mogelijk is. Tevens zijn de sloten nauwelijks meer bevaarbaar door de grote hoeveelheid slib.

Vroeger kende men dit probleem niet. Er was nog geen waterbodennormering en het slib werd op de kant gezet. Hierdoor zijn een aantal oude stortplaatsen afgedekt. Nu mag een groot deel van de

baggerspecie niet meer op de kant worden gezet, omdat de klasse-3 en 4 grens wordt overschreden.

Om de problematiek van de watergangen en de voormalige stortplaatsen integraal en gebiedsgericht aan te kunnen pakken, is in NOBIS-kader een onderzoek gestart naar de mogelijkheden om stortplaatsen af te dekken met baggerspecie. Daartoe is op een stortplaats een proefproject uitgevoerd. In deze rapportage wordt ingegaan op de resultaten van dit proefproject en wordt het project geëvalueerd. Hierbij wordt in het bijzonder ingegaan op de algemene toepasbaarheid van het beheersconcept.

1.2 Opbouw van deze rapportage

In dit rapport is de volgende hoofdstukindeling gehanteerd:

- Hoofdstuk 2: Uitwerking aanleiding en doel van het onderzoek.
In dit hoofdstuk worden de aanleiding en het doel van het onderzoek verder uitgewerkt en toegelicht. Hierbij is een onderverdeling gemaakt tussen risico's op de stort, verspreidingsrisico's en risico's in de watergang.
- Hoofdstuk 3: Voorbereiding van het proefproject.
In dit hoofdstuk wordt de voorbereiding van het proefproject kort belicht. Er wordt ingegaan op de situatie voordat de baggerspecie uit de watergangen op de stortplaats is gebracht. Daarnaast wordt aandacht besteed aan de opzet van het monitoringsprogramma.
- Hoofdstuk 4: Inrichting van het proefproject.
Dit hoofdstuk richt zich op de inrichting van de depots en de watergangen. Daarnaast wordt ingegaan op de eerste fase van ontwatering.
- Hoofdstuk 5: Monitoring en evaluatie van het proefproject.
In dit hoofdstuk worden de veranderingsprocessen die plaatsvinden door de ingreep behandeld op basis van de monitoringsgegevens. Hierbij worden de effecten op het terrestrische en aquatische ecosysteem beoordeeld.
- Hoofdstuk 6: Integrale beoordeling en evaluatie proefproject.
In dit hoofdstuk wordt het proefproject geëvalueerd. Daarnaast wordt ingegaan op de toepasbaarheid van het concept in het gehele IJperveld en op de algemene toepasbaarheid in Nederland.

HOOFDSTUK 2

OPZET VAN HET ONDERZOEK

In dit hoofdstuk wordt de probleem- en doelstelling van dit onderzoek behandeld en toegelicht (paragraaf 2.1). Verder wordt in de paragrafen 2.2, 2.3 en 2.4 de aanleiding en het doel van het onderzoek verder uitgewerkt en toegelicht. Hierbij is een onderverdeling gemaakt tussen risico's op de stort, verspreidingsrisico's en risico's in de watergang.

Het onderzoek heeft twee jaar geduurd. In het voorjaar van 1998 is de baggerspecie in een depot op een voormalige stortplaats gebracht, waarna in 1998 en 1999 verschillende monitoringsronden zijn uitgevoerd.

2.1 Probleem- en doelstelling

Vroeger werd het verontreinigde slib in het IJperveld met regelmaat op de kant gezet, waardoor een aantal stortplaatsen werden afgedekt. Op deze locaties heeft zich in het verleden een vegetatie met een hoge natuurwaarde ontwikkeld. Echter, volgens de huidige wet- en regelgeving mag het verontreinigde slib niet meer op de kant gezet worden. Op basis van de bovengenoemde aspecten is de volgende **probleemstelling** geformuleerd:

Het is onduidelijk in hoeverre het mogelijk is een duurzame beheersing van de verontreinigingssituatie te bewerkstelligen door het afdekken van stortplaatsen met verontreinigde bagger, zodanig dat sprake is van acceptabele (ecologische) risico's voor zowel het terrestrische als het aquatische milieu.

Om de problematiek in het IJperveld aan te pakken is een locatiespecifiek concept bedacht, waarvan de duurzaamheid in een NOBIS-onderzoek is onderzocht. Het onderzoek richt zich op een duurzame isolatie van stortplaatsen door afdekking met gebiedseigen verontreinigd baggerslib.

In dit onderzoek is verondersteld dat de opgebrachte baggerspecie na rijping een dermate hoog percentage organisch stof bevat, dat de biologische beschikbaarheid van de aanwezige verontreinigingen zeer laag is. Tevens wordt door het opbrengen en rijpen van de baggerspecie een verbetering van de abiotiek (fysisch-chemische bodemgesteldheid) bewerkstelligd, doordat de nauwelijks afgedekte stortplaatsen voorzien worden van een venige, humeuze afdeklaag. Hierdoor zal sprake zijn van een biotoopverbetering voor het terrestrische deel van de onderzoekslocatie. Daarnaast zal door het verminderen van de hoeveelheid slib in de watergangen een deel van de verontreiniging verwijderd worden en de hoeveelheid zwevend stof verminderen. Hierdoor zal het doorzicht toenemen en kan de ontwikkeling van waterplantenvegetaties plaatsvinden.

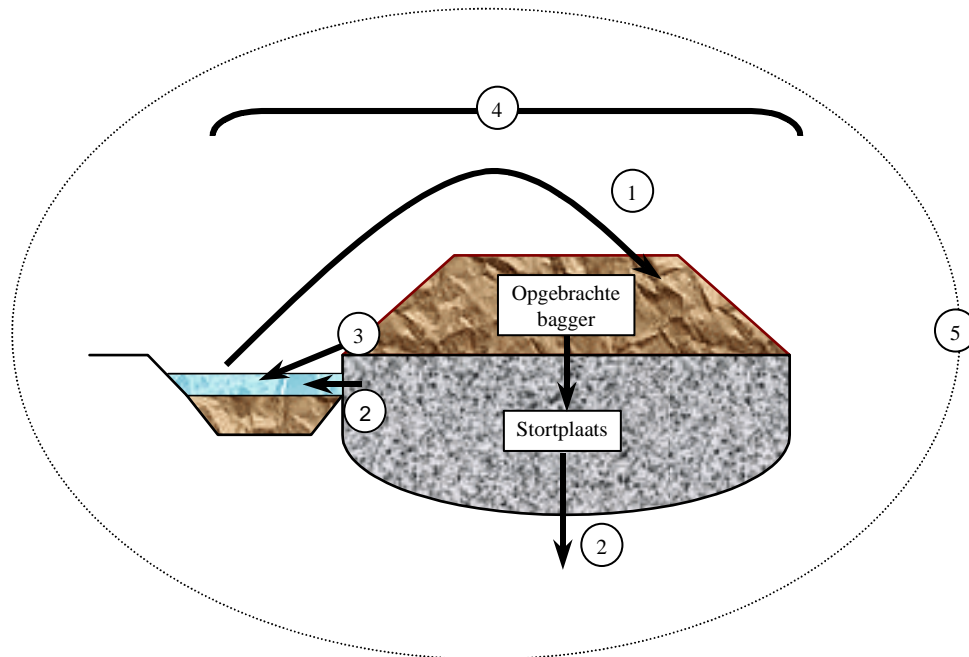
Als **doelstelling** voor dit onderzoek is gesteld dat:

Door inrichting en monitoring van een proeflocatie in het IJperveld wordt onderzocht of een duurzame isolatie van stortplaatsen in natte veenweidegebieden door afdekking met gebiedseigen verontreinigd baggerslib kan worden bereikt, waardoor aan de ecologische functie van de bodem wordt voldaan en geen onacceptabele risico's voor de watergangen optreden.

Om de doelstelling van het onderzoek te kunnen beantwoorden, zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

1. Heeft het opbrengen van de baggerspecie op de stort invloed op de abiotische randvoorwaarden voor de gewenste natuurontwikkeling in de watergangen en op de stort?
2. Welke blootstellingsrisico's op de stortplaats spelen als gevolg van de ingreep een rol voor het ecosysteem, de grazers en de mens?
3. In hoeverre vormt de baggerspecie een barrière voor verticale uitspoeling?
4. Leidt verspreiding tot onacceptabele effecten op het aquatisch ecosysteem in de watergangen?

Het beheersconcept van het onderzoek is geschematiseerd in figuur 2, waarbij de verschillende van belang zijnde deelaspecten zijn aangegeven.



- | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| 1) Risico's op de stort | 2) Verspreidingsrisico's |
| 3) Risico's in de watergang | 4) Uitvoeringstechnische aspecten |
| 5) Integrale beoordeling | |

Fig. 2. Schematische weergave beheersconcept.

2.2 Risico's op de stort

Het opbrengen van de baggerspecie kan gezien worden als een beschermende maatregel tegen de blootstelling aan verontreinigingen in de stort. Na het opbrengen van de baggerspecie kunnen echter opnieuw blootstellingsrisico's voor mens, grazer en ecosysteem ontstaan als gevolg van de initiële kwaliteit van de baggerspecie. Daarnaast kunnen in de toekomst risico's ontstaan als gevolg van aantasting van de afdeklaag door chemische en fysische rijping en door afbraak van organisch stof. Enerzijds kan een fysieke aantasting (inklinking en scheurvorming) leiden tot een hernieuwd blootstellingsrisico aan verontreinigingen in de stort. Anderzijds kunnen rijpingsprocessen aanleiding geven tot een veranderde beschikbaarheid van de aanwezige verontreinigingen en afbraak van de organische matrix in de opgebrachte baggerspecie. Ook hierdoor kunnen blootstellingsrisico's voor mens, grazer en ecosysteem veranderen.

Het doel is om de bovengenoemde risico's vast te stellen en te voorspellen. Ook dient het onderzoek uitsluitend te geven over de sturende processen die de toepasbaarheid van het beheersconcept bepalen. Om inzicht te krijgen in de risico's op de stort is de monitoring gericht op

de kwantificering van blootstellingsrisico's tijdens de fysische en chemische rijping van de opgebrachte baggerspecie.

Het onderzoek dient aan te geven of een toplaag bestaande uit klasse-3 à 4 baggerspecie acceptabel is of dat in de praktijk een extra afdeklaag van niet of minder vervuilde baggerspecie aangebracht moet worden om blootstellingsrisico's te verminderen. Ook dient het onderzoek aan te geven in welke mate rijping de duurzaamheid van de afdeklaag aantast, c.q. of het gewenst is om een ongerijpte onderlaag te handhaven. Een ander hieraan verbonden thema is of deze ongerijpte onderlaag een effectieve barrière vormt voor zware metalen die zich anders via uitspoeling naar de watergangen zouden verspreiden.

Samengevat spelen de volgende aspecten een rol bij het onderdeel **Risico's op de stort**:

- Fysisch/chemische en biologische rijping;
- Fysieke aantasting van de afdeklaag;
- Blootstellingsrisico's als gevolg van het opbrengen van klasse-3 à 4 baggerspecie;
- De invloed van rijping en afbraak van organisch stof op de duurzaamheid van de afdeklaag;
- Handhaving van een ongerijpte baggerlaag (effectieve barrière tegen verticale uitspoeling);
- Aan ontwatering gerelateerde processen (afstroming, uittreewater, inklinking, verdamping, plantengroei, scheurvorming, toetreding zuurstof);
- Blootstelling van mens, grazer en ecosysteem en de daaruit volgende risico's.

2.3 Verspreidingsrisico's

Het opbrengen van de baggerspecie op de stortplaats beïnvloedt de (geo)hydrologie van de stortplaats en mogelijk de verspreiding van verontreinigende stoffen. Hierbij zijn in de tijd twee fasen te onderscheiden. Direct na het opbrengen van de natte baggerspecie ontstaat een hogere waterdruk binnen het depot. Hierdoor kan een versterkte infiltratie naar het onderliggende stortmateriaal optreden, afhankelijk van de verticale doorlatendheid. Vervolgens zal het infiltrerende water horizontaal wegstromen richting de omringende watergangen.

Voor de verspreiding van verontreinigingen zijn beide fasen van belang. Onderzoeksvraag is in welke mate (extra) verspreiding van verontreinigingen optreedt ten gevolge van het opbrengen van de baggerspecie. Daarnaast is het de vraag of verspreiding leidt tot onacceptabele risico's voor de waterkwaliteit in de watergang.

Samengevat spelen de volgende aspecten een rol bij het onderdeel **Verspreidingsrisico's**:

- Inzicht verkrijgen in de waterbalans.
- Infiltratie versus verticale doorlatendheid.
- Horizontale verspreiding van verontreinigingen.
- Vastlegging van verontreinigingen.

2.4 Risico's in de watergang

Verontreinigingen uit het baggerslib dat op het depot is aangebracht kunnen mogelijkwijs door rijping van het slib en de afbraak van organisch stof vrijkomen, waarna de verontreiniging via percolerend regenwater en grondwatertransport de watergangen rondom de stort zou kunnen bereiken. Een tweede mogelijkheid is dat verontreinigd (grond)water uit de vuilstort door de druk van de opgebrachte baggerspecie uit de stort treedt, waarbij eveneens de watergangen rond de stortplaats kunnen worden blootgesteld. Beide processen kunnen leiden tot (een toenemende) verontreiniging van het water en de waterbodem in de directe nabijheid van de stort, waarbij potentiële of actuele risico's voor het aquatisch ecosysteem kunnen optreden. De risico's voor de omliggende watergangen bepalen mede de haalbaarheid en acceptatie van het toegepaste beheersconcept.

Naast het onderzoek dat op bovenstaande doelstelling is gericht, vond er in 1998 en 1999 ook onderzoek plaats in de proefsloten rondom het proefdepot. Het onderzoek had betrekking op de ontwikkelingsmogelijkheden van het aquatisch ecosysteem bij de aanwezigheid van vervuild slib mede in combinatie met de toepassing van diverse inrichtingsvarianten. De doelstelling van dit onderzoek was met name een ecologische, namelijk het onderzoeken wat de ontwikkelingsmogelijkheden van het aquatisch ecosysteem zijn bij de aanwezigheid van vervuild slib, waarbij de negatieve invloed van het slib wordt tegengegaan door het nemen van een aantal inrichtingsmaatregelen. Dit onderzoek is apart gerapporteerd [Van Dokkum et al., 1999], maar de resultaten (voor zover relevant) zijn wel geïntegreerd in dit rapport en gebruikt voor het trekken van conclusies over de haalbaarheid van het beheersconcept (hoofdstuk 5).

Het doel voor dit deel van het onderzoek, is om te onderzoeken of de inrichting van het proefdepot leidt tot onacceptabele risico's voor de omliggende watergangen.

Samengevat spelen de volgende aspecten een rol bij het onderdeel **Risico's in de watergang**:

- Effect van verpreiding en verdringing verontreinigingen.
- Invloed van het slib op de waterkwaliteit (proefsloten).

HOOFDSTUK 3

VOORBEREIDING PROEFPROJECT

In dit hoofdstuk wordt de voorbereiding van het proefproject kort belicht. Er wordt ingegaan op de situatie voordat de baggerspecie uit de watergangen in het depot is gebracht. Daarnaast wordt aandacht besteed aan de opzet van het monitoringsprogramma.

3.1 Selectie proeflocatie en referentielocaties

Uitgangspunt voor het project was dat de verontreinigde baggerspecie uit het gebied verwijderd wordt en op een stortplaats binnen hetzelfde gebied als afdeklaag wordt aangebracht. Hiertoe is in het Ilperveld een voormalige stortplaats gekozen die bestaat uit een hoog en een laag gedeelte. De proeflocatie is te zien op foto 1.



Foto 1. Geselecteerde proeflocatie voordat de baggerspecie is opgebracht.

Om de meetresultaten van de proeflocatie te kunnen interpreteren zijn twee referentielocaties geselecteerd die een zelfde bodemsamenstelling (stortmateriaal) en verontreinigingssituatie hebben. Als voorwaarde is gesteld dat er een bodemlaag op de referentielocaties aanwezig moet zijn, die zoveel mogelijk overeenkomt met de bodemlaag die men op de proeflocatie wil realiseren. Tevens moeten de referentielocaties in een identiek gebied liggen (bij voorkeur in de nabijheid van de proeflocatie) en dient hier een vegetatie aanwezig te zijn die ook op de proeflocatie gewenst is. Om deze reden zijn naast de proeflocatie een hoge en een lage locatie, respectievelijk ten noorden en ten zuiden van de proeflocatie geselecteerd (zie figuur 3). Deze locaties voldoen aan de hierboven gestelde voorwaarden voor de referentielocaties.

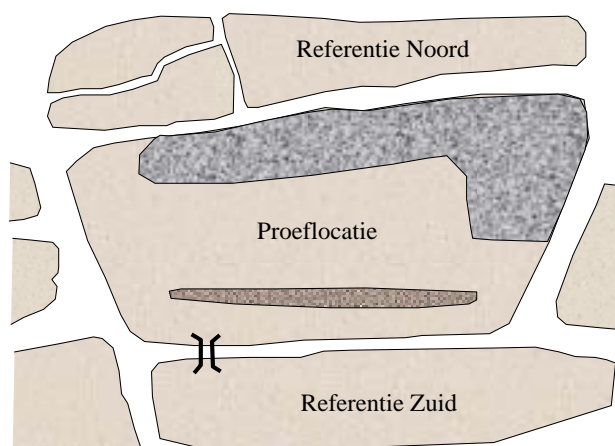


Fig. 3. Ligging terrestrische referentielocaties ten opzichte van de proeflocatie.

De sloten aan de noord- en zuidzijde van de proeflocatie zijn als proefsloten ingericht. Om de meetresultaten van de proefsloten te kunnen interpreteren en te kunnen vergelijken zijn elders in het IIP-terrein twee referentiepunten geselecteerd ('benedenstrooms' in een verontreinigd gebiedsdeel en 'bovenstrooms' in een schoon gebiedsdeel). De ligging van de proeflocatie en de aquatische referentiepunten is weergegeven in figuur 1 (pagina 1).

3.2 Situatie voor inrichting proeflocatie

3.2.1 Risico's op de stort

Uit de nulmetingen, eind 1997, is gebleken dat de proeflocatie en de referentielocaties sterk verontreinigd waren met voornamelijk zware metalen. De 'biobeschikbare fractie' (bepaald met een 0,01 M CaCl₂-extractie) was echter laag. De analyseresultaten zijn weergegeven in tabel 1.

Tabel 1. Totaal- en biobeschikbare (tussen haakjes) concentraties in de bovengrond op proeflocatie en referentielocaties (mg/kg ds).

Stof	Stort laag		Stort hoog		Referentie noord, hoog		Referentie zuid, laag	
Cadmium	5,0	(< 0,1)	1,0	(< 0,1)	3,5	(< 0,1)	2,0	(< 0,1)
Chroom	49	(< 0,5)	140	(< 0,5)	85	(< 0,5)	35	(< 0,5)
Koper	800	(1,5)	2.900	(4,0)	900	(1,0)	390	(< 0,5)
Nikkel	47	(< 0,5)	49	(< 0,5)	150	(< 0,5)	45	(< 0,5)
Lood	2.500	(< 1)	1.500	(< 1)	850	(< 1)	1.800	(< 1)
Zink	2.300	(1,5)	26.000	(7,0)	2.100	(2,5)	1.500	(2,0)
Arseen	55	(< 5)	70	(< 5)	46	(< 5)	42	(< 5)
Kwik	14	(< 0,1)	1,3	(< 0,1)	3,3	(< 0,1)	22	(< 0,1)
PAK	33		14		92		55	
Minerale olie	290		400		420		390	

Ecologie

Verder is vastgesteld dat de proeflocatie een slechte afdeklaag bevatte (dagzomen van stortmateriaal zoals glas en puin) en dat er in tegenstelling tot de referentielocaties geen sprake was van de gewenste natuurwaarde. In dit kader is een vegetatieopname verricht op de proeflocatie (voordat de baggerspecie is opgebracht) en op twee referentielocaties. Een vergelijking laat zien dat de vegetatie op de proeflocatie in landelijk opzicht uit meer algemene soorten bestond dan die op de referentielocaties. In vergelijking met de referentielocaties is de proeflocatie meer soortenarm. Op de referentielocaties werden ook een aantal meer-kritische plantensoorten aangetroffen zoals Stinkende ballote (*Ballota nigra foetida*), een in Nederland zeldzame soort.

Omdat uit het bodemonderzoek weinig verschillen in chemische samenstelling van de bodem naar voren kwamen, is geconcludeerd dat het verschil in vegetatie bepaald werd door andere factoren.

Een mogelijke verklaring voor de verschillen in vegetatie is dat de dikte van de venige toplaag op het stortmateriaal op de proeflocatie geringer is dan op de referentielocaties. Dit kan van invloed zijn op de vochtigheid en bewortelingsmogelijkheden.

Mens

Op basis van de gemeten (totaal)gehalten in de bovengrond van de proeflocatie is een risicobeoordeling uitgevoerd. Gebleken is dat directe humane blootstelling (voordat de baggerspecie is opgebracht) zeer gering is. Indirecte humane risico's konden worden verwacht via de opnameroute 'grond → grazer → melk/vlees → mens'. Voor een aantal metalen werd namelijk de LAC¹-signaalwaarde overschreden, waardoor contaminatie van verontreinigingen in vlees- en melkproducten kon optreden. De overschrijding van de LAC-signalwaarden is weergegeven in figuur 4. Hierbij zijn de gemeten gehalten in de bovengrond van de proeflocatie uitgezet tegen de LAC-signalwaarden.

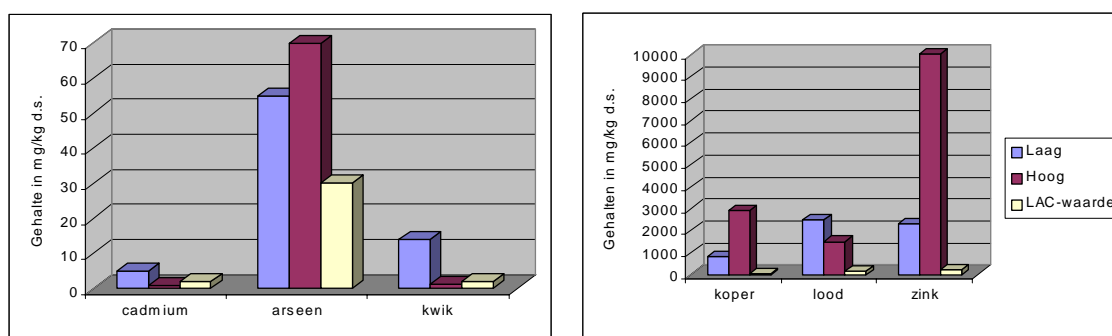


Fig. 4. Gemeten gehalten in oorspronkelijke toplaag getoetst aan de LAC-signalwaarden.

Dier

Eén van de beheersdoelstellingen binnen het Ilperveld is dat de terreinen begraaasd kunnen worden door runderen en schapen. Om deze reden zijn de mogelijke inname van verontreinigingen voor runderen en schapen voor afdekking van de stortplaats berekend. Op basis van de berekende inname en de daarvan afgeleide milieuhygiënische risico's wordt consumptie van vlees- en melkproducten (afkomstig van de proeflocatie) afgeraden zolang de stortplaats niet voldoende geïsoleerd is. Daarnaast bestonden er voor afdichting van de stortplaats actuele risico's voor het op de locatie aanwezige vee door directe contactmogelijkheden met glas en puin.

3.2.2 Verspreidingsrisico's

De bodemopbouw van de proeflocatie is met behulp van een aantal sonderingen globaal in beeld gebracht en is geschematiseerd in figuur 5 weergegeven. De locatie van de sonderingen is weergegeven in figuur 6 (pagina 13). Uit figuur 5 blijkt dat de oorspronkelijke bovenlaag op de stortlocatie verdwenen is door vervening en opgevuld is met een laag stortmateriaal van 3 tot 4 m dikte. Onder dit stortmateriaal bevindt zich een slecht doorlatende deklaag van klei- en veenafzettingen afwisselend met lagen wadzand. Op de locatie werd een geringe potentiële infiltratie van het grondwater verwacht.

¹ LAC= Landbouwadviscommissie milieucritische stoffen, omschreven door [Veterinaire Milieuhygiënewijzer, 1992]

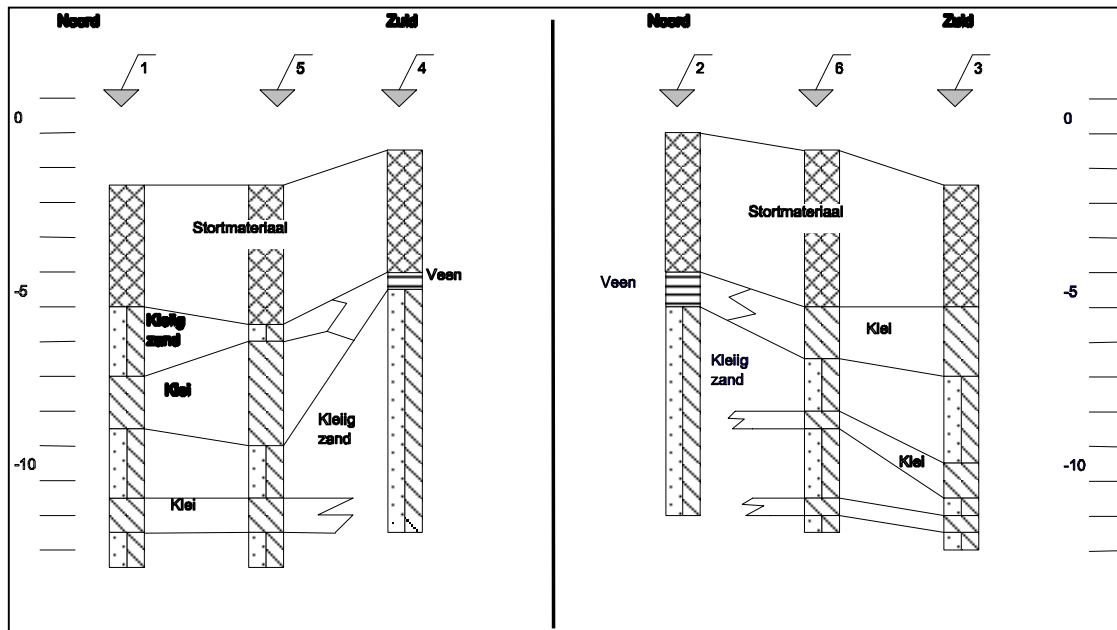


Fig. 5. Globale interpretatie van de uitgevoerde sonderingen.

Verder zijn op de locatie grondwaterstandsmetingen uitgevoerd, waaruit is gebleken dat er sprake is van alzijdige afstroming van het grondwater naar het oppervlaktewater en een beperkte uitwisseling tussen het freatisch en dieper grondwater.

3.2.3 Risico's in de watergang

In het kader van de nulmetingen zijn in juli 1997 mengmonsters genomen van het slib in een groot aantal sloten in het IJperveld, waarvan de kwaliteit is bepaald. Nagenoeg alle bemonsterde watergangen waren verontreinigd (klasse-2 tot klasse-4 conform de Evaluatienota Water [Ministerie van V&W, 1994]. Klassebepalend waren met name zink en in mindere mate kwik, koper en nikkel. In tabel 2 is de kwaliteit van het slib in de sloten rondom de proeflocatie weergegeven.

Tabel 2. Gestandaardiseerde analyseresultaten van het slib uit de proefsloten (in mg/kg d.s). De klasse-aanduiding is tussen haakjes weergegeven

Stof	Noord en Oost		Zuid		West	
Cadmium	1.3	(1)	1.5	(1)	1.8	(1)
Kwik	2.6	(3)	4.4	(3)	2.8	(3)
Koper	189	(3)	138	(3)	185	(3)
Nikkel	46	(3)	44	(2)	52	(3)
Lood	412	(1)	485	(1)	511	(1)
Zink	1.200	(4)	890	(4)	945	(4)
Chroom	44	(0)	37	(0)	42	(0)
Arseen	33	(1)	31	(1)	32	(1)
PAK	5.8	(2)	7	(2)	8.6	(2)
Minerale olie	533	(1)	500	(1)	-	

De resultaten van de slibmonsters lieten zien dat alle onderzochte sloten in ieder geval in meer of mindere mate verontreinigd zijn met zware metalen. Daarnaast vormt de grote hoeveelheid baggerspecie een kwantitatief probleem in het IJperveld. Het dikke slibpakket in de sloten veroorzaakt namelijk vertroebeling van het water, wat leidt tot het verdwijnen van de onderwatervegetatie en daarvan afhankelijke (vis)soorten.

Om de ecologische kwaliteit van het slootwater te bepalen is op drie locaties (nabij de proeflocatie en op de twee referentiepunten in het IIPerveld) een plankton eco-assay uitgevoerd. De resultaten van de plankton eco-assay waren niet eenduidig te interpreteren. Op alle drie de locaties is de begrazingscapaciteit² van het zoöplankton gering. Dit kan wijzen op een slechte waterkwaliteit waardoor het zoöplankton geremd wordt. Het kan ook wijzen op een slechte kwaliteit van het voedsel (minder goed eetbare algen). Het geeft in ieder geval een duidelijke indicatie dat de toestand niet optimaal was, maar ook dat er geen verschil gemeten is tussen de 'verontreinigde' en de 'schone' locaties.

3.3 Monitoringsprogramma

3.3.1 *Monitoringsprogramma voor de stort*

Tijdens de voorbereiding van de proef is een gedetailleerd monitoringsprogramma opgesteld. De monitoring is gericht op de processen die een rol spelen bij de verspreiding van en blootstelling aan verontreinigingen. Ontwatering en percolatie van de afdeklaag kan leiden tot verticale en horizontale verspreiding. Door de ontwatering worden ook rijpingsprocessen in gang gezet. Hiermee zijn onder andere de afbraak van organische stof en veranderingen in de beschikbaarheid mogelijk, waardoor ook de blootstellingsrisico's kunnen veranderen.

De monitoring van de processen op de stort ten aanzien van blootstellingsrisico's heeft bestaan uit:

- Het regulier verzamelen van kwantitatieve en kwalitatieve veldgegevens van de ontwatering en inklinking van de afdeklaag (sliblaagdikte, rijpingsgetal, kwalitatieve veldgegevens: ontwateringstoestand, scheurvorming, bedekkingsgraad met vegetatie).
- Periodiek vaststellen van de chemische kwaliteit van de afdeklaag.
- Vaststellen van de biobeschikbaarheid van zware metalen in de topklaag.
- Het uitvoeren van specifieke veldmetingen, zoals redoxtoestand.
- Nadere karakterisering van materiaal in het laboratorium (uitloogonderzoek, meting van de afbraaksnelheid organisch stof, doorlatendheidsmetingen).
- Het volgen van de verticale uitspoeling van milieuvreemde stoffen door water te onttrekken aan de opgebrachte specie en aan de bodem onder de specie (stortmateriaal) met behulp van tensiometercups.

3.3.2 *Monitoringsprogramma voor de verspreiding*

Een belangrijk onderdeel van de monitoring is naast het in beeld brengen van de kwaliteit het in beeld brengen van de kwantiteit geweest. Hierbij wordt aandacht besteed aan twee vragen:

- In welke mate (tijd en ruimte) treedt verspreiding van uittreewater en grondwater op?
- In welke mate is dit water belast met (opgeloste) verontreinigingen?

Deze vragen werden beantwoord door:

- Het meten van de stijghoogten in de geplaatste peilbuizen.
- Het registreren van het waterpeil in de watergangen.
- Het meten van de waterkwaliteit (macroparameters, zware metalen en organische verontreinigingen) in de peilbuizen op de proeflocatie en in de aangrenzende watergangen.

² De begrazingscapaciteit is het verschil in algenconcentraties van de microcosmos met en zonder zoöplankton

De stortplaats is heterogeen van samenstelling, met relatief goede doorlatendheden aan de noordzijde en matige doorlatendheden aan de oostzijde. De verspreidingsroutes monden uit in de watergang. Omdat aan de noord- en zuidzijde sprake is van een vergelijkbaar hydrologisch systeem (eveneens stortplaatsen) vormt de watergang een drainerende basis. Om deze reden was het niet nodig monitoring op meerdere diepten in het stortpakket uit te voeren.

3.3.3 *Monitoringsprogramma voor de watergang*

In 1997 is een plankton eco-assay uitgevoerd. De resultaten konden enerzijds wijzen op een slechte waterkwaliteit en anderzijds op een slechte kwaliteit van het voedsel (minder goed eetbare algen). Omdat aan de resultaten van de plankton-eco-assay geen duidelijke conclusies konden worden verbonden, is voor het vervolg gekozen voor een andere monitoringsopzet. De fysisch-chemische analyses van water en waterbodem zijn gehandhaafd. De eco-assay is vervangen door een aantal ecologische inventarisaties en bio-assays, die aansluiten op de ecologische doelstelling voor de watergangen. Binnen het Ilperveld is het streven om in de watergangen helder water te krijgen met voldoende onderwatervegetatie, waarin watervlooien voorkomen als basis voor de voedselketen.

Verder mag er geen accumulatie van toxische stoffen in de voedselketen optreden. De belangrijkste parameters hiervoor zijn in het monitoring-programma opgenomen. Het betreft::

- zoöplanktonopnames, om het vóórkomen van watervlooien te inventariseren;
- Daphnia veld-assay, om de giftigheid van het water voor watervlooien te toetsen;
- vegetatieopnames, om de bedekkingsgraad en soortensamenstelling van onderwatervegetatie te volgen;
- ABM (Actieve Biologische Monitoring), om de accumulatie van verontreinigingen in organismen te onderzoeken;
- doorzicht en zwevend stof gehalte, om de helderheid van het water te bepalen.

Tijdens de monitoring werd gelet op veranderingen in deze parameters.

INRICHTING PROEFLOCATIE

Dit hoofdstuk richt zich op de inrichting van de proeflocatie. Het betreft zowel de technische inrichting van de proeflocatie en de naastgelegen watergangen, als de installatie van de monitoringsinstrumenten. Verder zal ingegaan worden op de waterbalans zoals die tijdens de eerste periode van de proef is vastgesteld.

4.1 Technische inrichting proeflocatie

Bij de keuze van de proeflocatie hebben twee aspecten een belangrijke rol gespeeld. In de eerste plaats moest de proeflocatie een daadwerkelijke stortplaats zijn en in de tweede plaats moest de inrichting met zo min mogelijk ingrepen gerealiseerd kunnen worden. Op de geselecteerde stortplaats lagen een aantal verhogingen, die bij de inrichting van het depot gebruikt konden worden als kades. Aan de noord- en oostzijde lag een stortheuvel, die in zijn geheel is gebruikt. Aan de zuidzijde lag eveneens een stortheuvel. Van deze heuvel heeft een herprofilering plaatsgevonden, waardoor een goede kade is ontstaan. Tevens is 'overtollig' materiaal uit deze kade gebruikt voor de aanleg van andere (noodzakelijke) kades.

De gehele stortplaats is als depot ingericht. In het midden van de locatie is een scheidende kade aangebracht, met als doel het opspuiten van de baggerspecie in delen te kunnen uitvoeren. De gedachte hierachter was dat na opspuiten van één depotdeel bezinking kon plaatsvinden, zodat (zodanig) water kon worden afgelaten via aangebrachte slibkisten. Tijdens het bezinken van het slib in het ene depotdeel zou in het andere depotdeel opgespoten kunnen worden. Verder is in elk depotdeel een proefdepot aangebracht, waarin de uiteindelijke monitoring grotendeels heeft plaatsgevonden. De invulling van de proeflocatie is in figuur 6 weergegeven. In de figuur is tevens de locatie van de sonderingen (zie paragraaf 3.2.2) weergegeven.

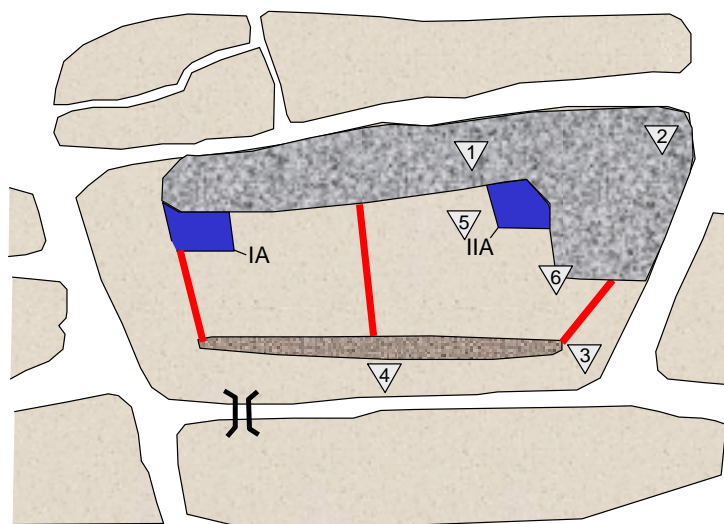


Fig. 6. Invulling van de proeflocatie. De locatie van de sonderingen is met nummers weergegeven.

Bij de aanleg van de twee proefdepots heeft de gedachte om twee uitersten (gerijpte- en niet gerijpte baggerspecie) met elkaar te vergelijken een belangrijke rol gespeeld. In proefdepot IA is circa 0,5 m baggerspecie volledig boven grondwater aangebracht. In proefdepot IIA is circa 1,5 m specie, gedeeltelijk onder grondwaterniveau aangebracht. De motivatie voor deze verschillen is als volgt:

- een laag van 0,5 m kan in een korte periode omgezet te worden van natte, anaërobe baggerspecie in droge, gerijpte en gescheurde specie. In dit materiaal zal uitloging van verontreinigende stoffen maximaal zijn en is de isolerende werking van de specielaag dus beperkt. In deze situatie kan een maximaal verticaal transport van verontreinigende stoffen optreden;
- een laag van 1,5 m, gedeeltelijk onder grondwaterniveau zal niet volledig rijpen. De onderste laag zal nat (anaëroob) en volledig intact blijven. De specielaag kan dan een grote isolerende werking hebben (redoxzonering). In deze situatie zal minder transport van verontreinigende stoffen optreden.

Tijdens de uitvoering van de baggerwerkzaamheden werden hoge concentraties organisch stof in het water gemeten (7.700 mg/l) als gevolg van opwerveling door onder andere baggervaartuigen. Daarnaast bleek uit een vooraf uitgevoerde bezinktest dat het gehalte aan zwevend stof in het water na een bezinkperiode van 5 dagen nog 50 mg/l bedraagt.

Deze concentraties zijn echter niet uitzonderlijk hoog in het gebied. Gebleken is dat bij recreatievaart door een niet gebaggerde sloot in het IIPerveld eveneens zeer hoge concentraties organisch stof in het water worden aangetroffen (van 4.700 tot 7.000 mg/l). De gestelde lozingseis voor het af te laten water van de opgespoten baggerspecie in de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater (WVO) is echter vastgesteld op 30 mg/l. Geconcludeerd wordt dat de lozingseis niet is afgestemd op de lokale situatie.

In totaal is circa 9.600 m³ baggerspecie in de grote depots gebracht. De opgespoten baggerspecie bevatte een relatief beperkte hoeveelheid droge stof van circa 3 %. Na het opspuiten van de baggerspecie is een groot deel van het water uit de baggerspecie afgelaten op de omringende watergangen via slibkisten, in totaal bijna 1.000 m³.

De specie voor het totale project is afkomstig uit een aantal watergangen in het IIPerveld, in de nabijheid van de proeflocatie. Om in beide proefdepots een vergelijkbare speciesamenstelling te verkrijgen zijn de proefdepots gevuld uit het hoofddepot. Op foto 2 is het depot te zien nadat de baggerspecie is opgespoten.



Foto 2. Depot op de proeflocatie nadat de baggerspecie is opgebracht.

4.2 Technische inrichting watergangen

De sloten ten noorden en ten zuiden van de voormalige stortplaats 'Paterspoel' zijn als proefsloten ingericht. De proefsloten zijn verdeeld in drie respectievelijk vijf compartimenten, die onderling gescheiden zijn door schotten. Het doel van de schotten is om de uitwisseling van water en/of zwevend materiaal (onderlinge beïnvloeding) te verhinderen. De inrichting van de proefsloten is schematisch weergegeven in figuur 7.

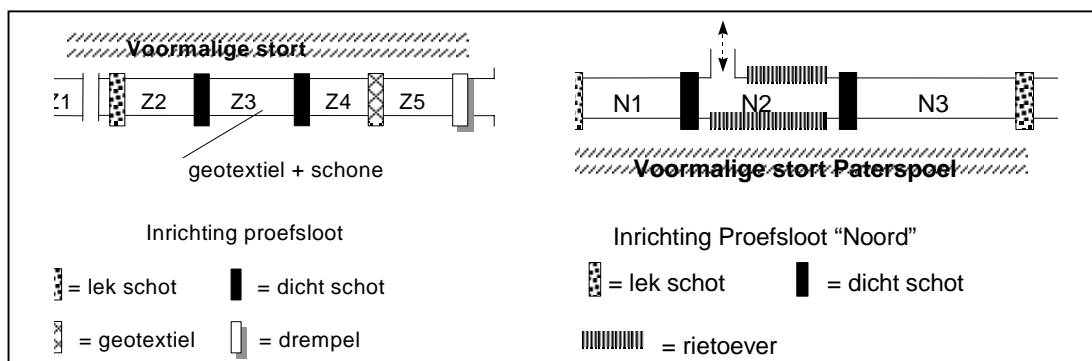


Fig. 7. Schematische inrichting van de proefsloten.

De noordelijke proefslot is zoveel mogelijk afgesloten van het verdere watersysteem en is verdeeld in de compartimenten N1, N2 en N3. De compartimenten N1 en N3 zijn van de omgeving (sloten ten westen en ten oosten van de stort) gescheiden door 'leke' schotten. In de schotten zijn gaten geboord zodanig, dat de uitwisseling van water wel mogelijk, maar gering is. Compartiment N2 is van N1 en N3 gescheiden door dichte schotten. In N1 en N3 is riet langs de oevers verwijderd, dat gebruikt is om in vak N2 een rietoever aan te leggen.

Deze rietoever dient om uitspoeling van stoffen vanuit het proefdepot naar het water tegen te gaan (filterende werking). Vak N2 is niet geheel geïsoleerd, want aan de noordzijde is het compartiment met een smalle sloot met het omringende water verbonden.

De zuidelijke proefsloot bestaat uit vijf compartimenten die van west naar oost Z1, Z2, Z3, Z4 en Z5 zijn genummerd. Compartiment Z1 staat in open verbinding met de rest van het IIPerveld, en is aan de oostzijde van Z2 gescheiden met een lek schot. Z3 is geheel geïsoleerd door middel van twee dichte schotten. In dit compartiment is de toplaag van het sediment verwijderd. Vervolgens is geotextiel aangebracht met daarop relatief schone baggerspecie (klasse-1).

Verder is in het compartiment Z3 een overlaatpijpje aangebracht, dat bij hoge waterstanden water kan afvoeren naar de sloot ten oosten van het proefdepot. Z4 is aan de oostzijde begrensd door een lek schot, waar geotextiel voor is aangebracht. Dit kan water doorlaten, maar verhindert de uitwisseling van zwevend slib. Z5 tenslotte is aan de oostzijde via een drempel onder het wateroppervlak met de rest van het IIPerveld verbonden. De drempel vermindert transport van sediment over de bodem (ten gevolge van windwerking).

Binnen het NOBIS-onderzoek is voornamelijk gekeken naar de effecten in de vakken N1 en N3, omdat deze vakken onder invloed staan van de beide (grote) deeldepots. Verspreiding van verontreinigingen via het grondwater naar het oppervlaktewater kan op deze manier in beeld gebracht worden. De zuidelijke proefsloot is gebruikt om te onderzoeken of herverontreiniging als gevolg van het opbrengen van de baggerspecie optreedt.

Buiten het NOBIS-kader is nog een tweede onderzoek in de proefsloten verricht. Het onderzoek had betrekking op de ontwikkelingsmogelijkheden van het aquatisch ecosysteem bij de aanwezigheid van vervuild slib mede in combinatie met de toepassing van diverse inrichtingsvarianten (zie ook paragraaf 2.4).

4.3 Installatie monitoringsinstrumenten

Rondom het gehele depot zijn in de kades zes raaien van twee peilbuizen geïnstalleerd om de verspreiding via het grondwater naar de omliggende watergangen te volgen. Verder zijn in de middenkade van de beide deeldepots twee diepe peilbuizen geplaatst. Eén tot net boven de scheidende laag en één net onder de scheidende laag. Doel hiervan is aan te tonen of verspreiding van verontreinigingen naar de diepte zou optreden en in welke mate. Tijdens de aanleg van het depot is de grondwaterkwaliteit in beeld gebracht, door de genoemde 14 peilbuizen te bemonsteren. Gebleken is dat in een aantal peilbuizen verhoogde gehalten aan zware metalen voorkomen. Ook zijn in enkele (andere) peilbuizen verhoogde gehalten aan organische verontreinigingen aangetroffen. In het diepere grondwater (onder de scheidende laag) zijn geen verhoogde gehalten aan zware metalen aangetroffen.

In en onder de aangebrachte baggerspecie in de beide proefdepots zijn tensiometercups aangebracht. Deze cups zijn geplaatst op 0,1 m boven het oorspronkelijke maaiveld (dus in de baggerspecie) en op 0,1 en 0,5 m beneden het oorspronkelijke maaiveld van de proeflocatie. Het doel van de bemonstering op 0,5 m beneden het maaiveld is om te bezien of de uitgespoelde zware metalen wellicht worden geïmmobiliseerd in de bovenste anaërobe bovenlaag van de stort.

In figuur 8 is schematisch weergegeven waar de tensiometercups en de peilbuizen zijn geplaatst.

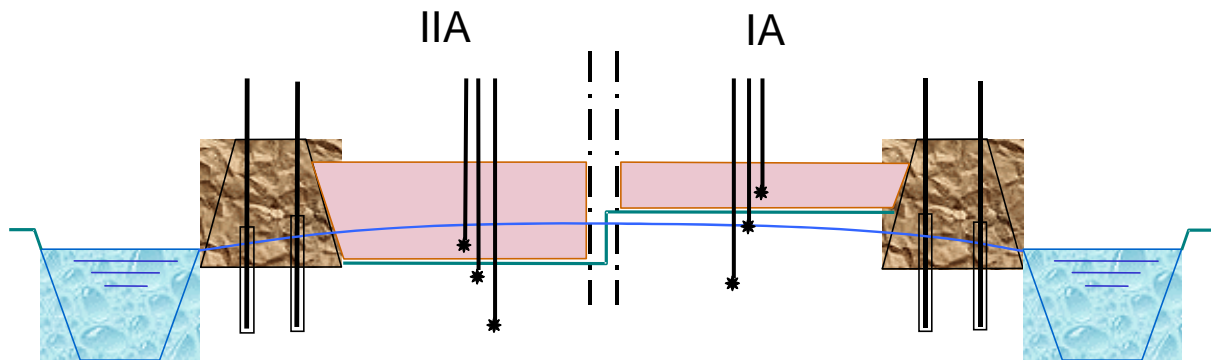


Fig. 8. Grafische weergave van de ondiepe peilbuizen en tensiometercups.

4.4 Opgestelde waterbalans

Bij het opspuiten van baggerspecie dient een grote hoeveelheid water afgevoerd te worden. Als dit op een 'natuurlijke' wijze gebeurt (via de ondergrond), kan tijdelijk een versterkte infiltratie optreden. Dit infiltrerende water zal zich vervolgens zo snel mogelijk richting oppervlaktewater verspreiden. Een ander belangrijke afvoerroute van water, met name in de beginfase is het zogenaamde aflaten via slibkisten. Nadat de opgespoten baggerspecie voldoende is bezonken, kan het bovenstaande water worden afgevoerd naar het oppervlaktewater.

Tijdens het opspuiten van de baggerspecie, en in de periode direct hierna, zijn de waterstromen in beeld gebracht. Geconstateerd is dat bij het opspuiten van de baggerspecie het grondwater onder de depots zijdelings wordt verdrongen door het water uit de baggerspecie. Dit zorgt voor een verplaatsing van het grondwater. Langs de noordzijde is de grootste horizontale verplaatsing opgetreden, circa 15 m. Aan de zuidzijde is een verplaatsing van circa 10 m berekend. Aan de oost- en westzijde is deze circa 5 m of minder geweest. De verschillen hangen samen met de variatie in doorlaatvermogen van het stortmateriaal en de geometrie van de depots. Uit de metingen blijkt dat zich in het grondwater kort na de baggerperiode weer een situatie instelt die overeenkomt met de situatie voordat de baggerspecie werd opgebracht. De opgebrachte baggerspecie is dus in staat een relatief grote hoeveelheid water te bergen, maar is in staat ook een relatief grote hoeveelheid water op natuurlijke wijze af te voeren. Dit laatste is in de zomer van 1998 bevestigd door het feit dat ruim 1.000 mm neerslag op een natuurlijke wijze via de baggerspecie en de ondergrond is afgevoerd. De afvoer via de slibkisten is relatief klein geweest.

In figuur 9 is de waterbalans van de periode tijdens en direct na het opbrengen van de baggerspecie (12 maart tot 16 april 1998) schematisch weergegeven.

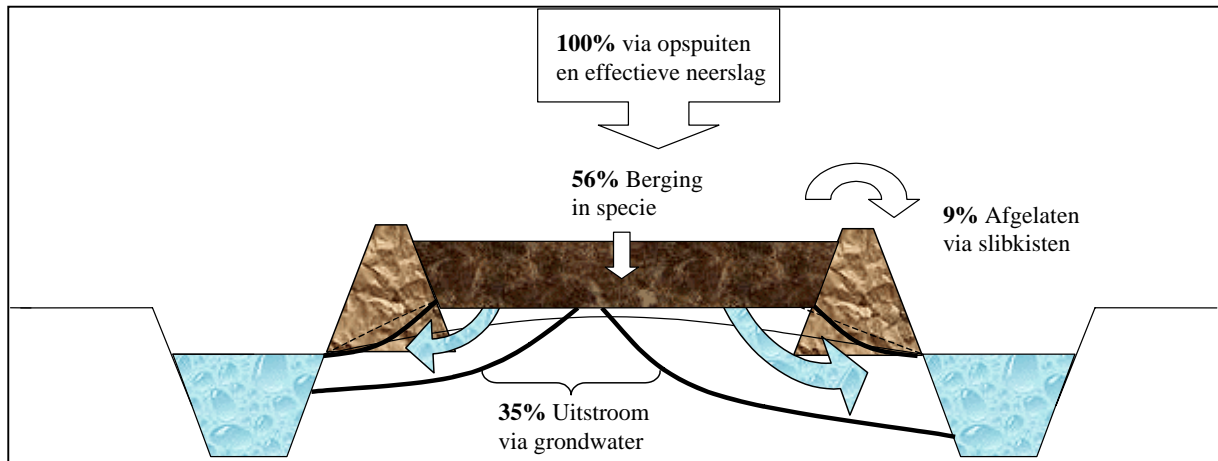


Fig. 9. Schematische weergave waterbalans.

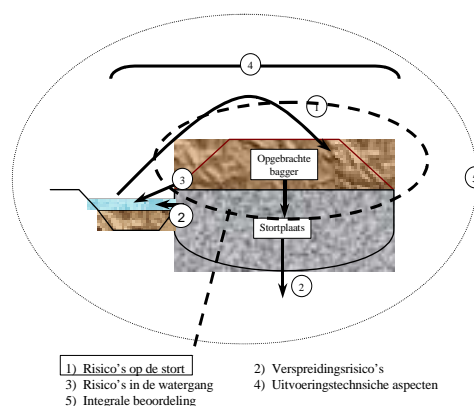
HOOFDSTUK 5

MONITORING PROEFPROJECT

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de monitoring behandeld en teruggekoppeld met de onderzoeksvragen en de doelstelling. Daarnaast komen conclusies, zekerheden, onzekerheden en aanbevelingen met betrekking tot het beheersconcept aan de orde. Bij de opbouw van dit hoofdstuk zijn de onderzoeksvragen als uitgangspunt genomen. Als leidraad zal in de figuur van het concept steeds worden aangegeven welk onderdeel wordt toegelicht.

5.1 Onderzoeksvraag 1: Invloed op abiotiek

Heeft het opbrengen van de baggerspecie op de stort invloed op de abiotische randvoorwaarden (fysisch-chemische parameters) voor de gewenste natuurontwikkeling in de watergangen en op de stort?



5.1.1 Abiotische randvoorwaarden op de stort

Voordat de stort werd afgedicht met baggerspecie vormden de aanwezige verontreinigingen geen grote belemmering voor de ontwikkeling van een vegetatie (zie paragraaf 3.2.1). De abiotische randvoorwaarden waren echter dusdanig slecht (onder andere dagzomen van stortmateriaal zoals glas en puin) dat de terrestrische doelstelling 'grasland voor extensieve veelteelt' niet werd gehaald.

De aangebrachte specielaag is voldoende dik om een afdekkende leeflaag op de stortlocatie te vormen. Door rijping en afbraak van organische stof wordt de afdeklaag dunner, maar op de korte termijn (enkele jaren) is de afbraak van organisch stof geen bepalende factor voor de aantasting van de afdeklaag. Op de lange duur verdwijnt het grootste deel van de organische stof boven het grondwaterpeil door oxidatie. Dit is 50 % van de totale droge massa baggerspecie. Anderzijds wordt voortdurend nieuwe organische stof aangevoerd door afstervende begroeiing. Door er voor te zorgen dat de afdeklaag zo nat mogelijk blijft kan de bijdrage van de oxidatie in de zakking mogelijk worden beperkt tot enkele millimeters per jaar. In de beginperiode kan een extra maaiveldaling door krimpprocessen optreden. In tegenstelling tot oxidatie is de krimp geen doorgaand proces.

Uit het onderzoek blijkt dat de rijping van veenbagger een langdurig proces is dat door het opbrengen van dikke lagen sterk wordt vertraagd. Door het maaiveld voor het aanbrengen van de baggerspecie tot onder de grondwaterstand af te graven, kan het rijpingsproces nog verder worden vertraagd. Na rijping en irreversibele krimp van het veen boven de grondwaterstand zakt het maaiveld alleen nog verder door de oxidatie van organische stof. Na enige tijd kan de zakking eenvoudig worden gecompenseerd door een nieuwe laag baggerspecie aan te brengen. Op de lange duur (tientallen jaren) wordt de afdeklaag steeds stabielier doordat deze rijker wordt aan minerale delen, welke in tegenstelling tot de organische stof niet afbreken. Daarmee kan een voldoende dikke afdeklaag ontstaan van organische stofrijke klei of zand die met relatief weinig inspanning onderhouden kan worden en duurzaam is.

Op basis van bovenstaande informatie kan gesteld worden dat de baggerspecie na voldoende rijping een isolerende afdeklaag op de stort vormt. De baggerspecie hoeft daarvoor niet volledig en niet over de gehele diepte gerijpt te zijn. Wel moet de bovenlaag zodanig gerijpt zijn dat deze betreedbaar is en voldoet aan de verdere gebruikseisen die aan de leeflaag worden gesteld. In het Ilperveld is dit extensief grasland.

5.1.2 Abiotische randvoorwaarden in de watergang

De belangrijkste abiotische parameters voor het ecosysteem in de watergangen van het Ilperveld zijn het doorzicht, het zoutgehalte en de voedselrijkdom. Voor het waterbodemsysteem zijn ook het organisch stofgehalte en de korrelgrootte verdeling van de waterbodems van belang.

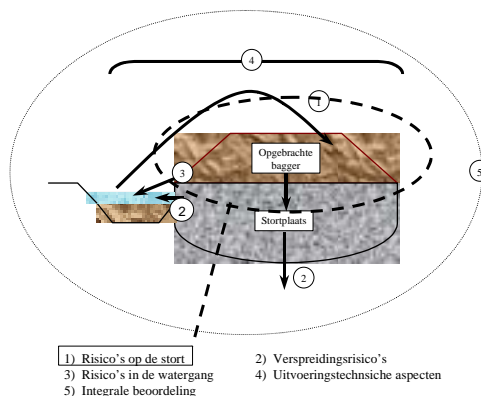
De abiotiek is in het Ilperveld over het algemeen slecht. Het water is troebel (doorzicht 30 - 40 cm) en zeer voedselrijk. Het zoutgehalte wisselt gedurende het jaar. Het inrichten van het proefdepot heeft niet tot een verslechtering van de abiotiek in de watergangen rondom de stort geleid. Het doorzicht, het zoutgehalte en de voedselrijkdom zijn ongeveer gelijk gebleven.

De inrichtingsmaatregelen in de proefsloten nabij de stort hebben geleid tot isolatie van bepaalde compartimenten (zuidelijke proefsloot: Z2, Z3, Z4). In deze compartimenten bleek isolatie (ten gevolge van het plaatsen van schotten) te leiden tot helder water, met een doorzicht tot op de bodem (80 cm). Dit ondanks de aanwezigheid van het proefdepot. De resultaten laten zien dat het inrichten van het proefdepot geen negatieve effecten heeft op de abiotiek in de watergangen rondom het depot.

De effecten van het baggeren op de abiotische randvoorwaarden in de watergangen zijn niet gemonitord in het project. Tijdens de baggerwerkzaamheden zelf zijn kortstondig extreem hoge zwevend stof gehalten gemeten. De verwachting is echter dat baggeren (waarbij de sliblaag op de waterbodems verdwijnt en het water dieper wordt) een sterk positief effect heeft op het doorzicht van het water en daarmee op de abiotiek.

5.2 Onderzoeksvraag 2: Blootstellingsrisico's

Welke blootstellingsrisico's op de stortplaats spelen als gevolg van de ingreep een rol voor het ecosysteem, de grazers en de mens?



Voordat de stort werd afgedicht met baggerspecie waren er geen directe humane blootstellingsrisico's, daar de locatie maar incidenteel werd bezocht door mensen. Indirecte humane risico's waren echter wel aanwezig via de opnameroute 'grond → grazer → melk/vlees → mens'. Daarnaast bestonden er blootstellingsrisico's voor het op de locatie aanwezige vee door directe contactmogelijkheden met glas en puin en door opname van verontreinigingen via planten en grond. Ook waren er volgens de huidige wet- en regelgeving risico's voor het ecosysteem.

De blootstellingsrisico's worden in belangrijke mate bepaald door de beschikbaarheid van de verontreinigingen aan het contactoppervlak. Tijdens rijping van baggerspecie kan de beschikbaarheid van zware metalen toenemen door oxidatieprocessen, terwijl de beschikbaarheid van organische verontreinigingen kan dalen door biologische afbraak van deze verbindingen. Ook speelt de afbraak van humus een belangrijke rol in de beschikbaarheid omdat humus (deels) verantwoordelijk is voor de adsorptie van verontreinigingen. Deze aspecten zijn onderzocht bij het vaststellen van blootstellingsrisico's op en in de afdeklaag.

Het onderzoek diende ook aan te geven of een toplaag bestaande uit klasse-3 à 4 baggerspecie acceptabel is of dat in de praktijk een extra afdeklaag van (nagenoeg) schone baggerspecie aangebracht moet worden om de blootstellingsrisico's te verminderen.

Uit de monitoring bleek dat rijping vooral gedurende de zomer van 1999 plaatsvond. De uitloogbaarheid van koper, nikkel en zink in de bodemonsters was toegenomen ten opzichte van de aanvangssituatie (ongerijpte baggerspecie). De gevolgen van de tot nu toe opgetreden rijping voor de totale concentraties van de verontreinigingen zijn echter gering. Zo is geconstateerd dat de in 1999 gemeten totaalconcentraties aan zware metalen in de baggerspecie op de stort niet significant verschillen van de gemeten concentraties bij aanvang van het proefproject. Ook zijn de concentraties aan organische verontreinigingen en het organisch stofgehalte in de afdeklaag niet significant veranderd ten opzichte van de aanvangssituatie. Het is wel mogelijk dat biologische rijping plaatsvindt, maar dit proces verloopt langzaam. De gemeten totaalconcentraties in de afdeklaag zijn in elk geval lager dan de gemeten totaalconcentraties in de stort (voor het opbrengen van de specie). Het opbrengen van de baggerspecie heeft dus in elk geval geleid tot lagere totaalconcentraties aan het contactoppervlak.

Al snel nadat de baggerspecie is opgebracht heeft zich op de proeflocatie een vegetatie ontwikkeld. In eerste instantie bestond deze uit de zogenaamde pionierplanten, maar al snel is deze vegetatie volledig overwoekerd door wilgen. Foto 3 geeft hier een indruk van.



Foto 3. Ontwikkelde vegetatie op de proeflocatie.

Er is onderzocht of metalen accumuleren in wilgen. Gebleken is dat voor enkele metalen de concentratie in de wilgen gemiddeld een factor 20 lager ligt dan de totaalconcentraties in de bodem. Echter deze concentraties zijn wel een factor 50 hoger dan de (chemisch bepaalde) biobeschikbare concentraties. De wilgen zijn blijkbaar in staat om relatief veel zware metalen te accumuleren, waardoor de biobeschikbare fractie in de bodem verkleind kan worden. Het is mogelijk dat wilgen meer water verdampen dan andere planten en hierdoor meer verontreinigd poriewater opnemen. De wilgen nemen echter niet genoeg verontreinigingen op om als saneringsmethode gebruikt te kunnen worden. De resultaten van cadmium, zink en arseen zijn

weergegeven in figuur 10. Hierbij staan de aanduidingen 'totaal' en 'biobesch' voor de gemeten totaal en biobeschikbare gehalten in de bodem (aangebrachte baggerspecie).

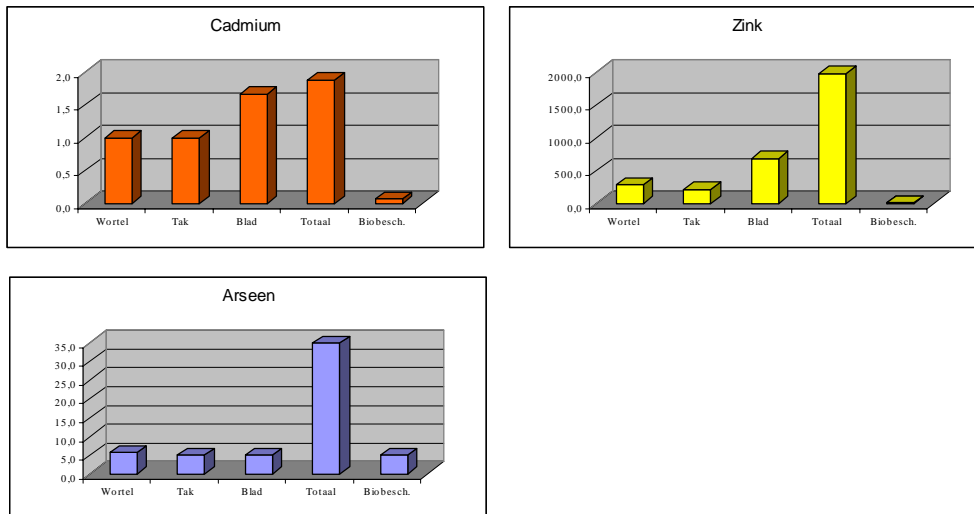


Fig. 10. Grafische weergave analysesresultaten gewasbemonstering (gehalten in mg/kg d.s.).

Omdat de metalen accumuleren in de wilgen kunnen deze vervolgens in de voedselketen terecht komen en verspreiden. De wilgenvegetatie is echter een pioniervegetatie en zal op termijn verdwijnen. Om de verspreidings- en ecologische risico's te beperken dient de (nieuwe) vegetatie die zich op de rijpende baggerspecie ontwikkelt kritisch gevolgd te worden. Het opbrengen van een schone afdeklaag waarin de flora kan wortelen beperkt de verspreidings- en ecologische risico's. Verder is in de toekomst een risico-inschatting noodzakelijk om de mogelijkheden van begrazing te kunnen beoordelen. In paragraaf 6.2 wordt hier nader op ingegaan.

Om een inschatting te kunnen maken van de risico's voor het ecosysteem is onderzoek gedaan naar de nematodensamenstelling. Nematoden of aaltjes zijn bodemorganismen, die gegroepeerd kunnen worden naar de duur van de generatietijd (voortplanting). Nematoden met een langere generatietijd zijn gevoeliger voor verstoringen in het bodemecosysteem dan nematoden met een korte generatietijd. Door een kwalitatief en kwantitatief onderzoek naar de nematodensamenstelling kan dus een indruk verkregen worden van de mate waarin het bodemecosysteem verstoord is. Er is gekeken naar de samenstelling van de noordelijke en zuidelijke referentielocatie (zie figuur 3, pagina 8) en naar de samenstelling in de baggerspecie. Geconcludeerd is dat het bodemecosysteem op de beide referentielocaties zich in een vergevorderd stadium van successie bevindt, maar dat er wel sprake is van enige verstoring. Deze conclusie sluit goed aan bij de resultaten van de vegetatieopname, die voorafgaand aan de inrichting van de proeflocatie is gedaan. Bij deze opname is geconstateerd dat de beide referentielocaties worden gedomineerd door algemene soorten, maar op beide locaties zijn ook enkele meer zeldzame soorten aangetroffen.

Het bodemecosysteem in het depot is kwalitatief gezien al in een ver gevorderd stadium. De diversiteit is namelijk bijna op het gewenste niveau. Kwantitatief gezien is het bodemecosysteem in het depot nog in de beginfase (het aantal organismen is laag). Dit komt doordat de periode van kolonisatie nog erg kort is (2 jaar).

Uit de monitoring van het poriewater in de specie op 10 cm boven de stort en op 10, respectievelijk 50 cm diepte in het stortmateriaal (tensiometercups) blijkt dat met name in de stortmateriaal het poriewater relatief hoge concentraties zware metalen bevat. Hierbij valt op dat sprake is van een (grote) fluctuatie van de concentraties in de tijd. Ter illustratie zijn de resultaten van zink (die de meest grote fluctuaties laat zien) in figuur 11 weergegeven.

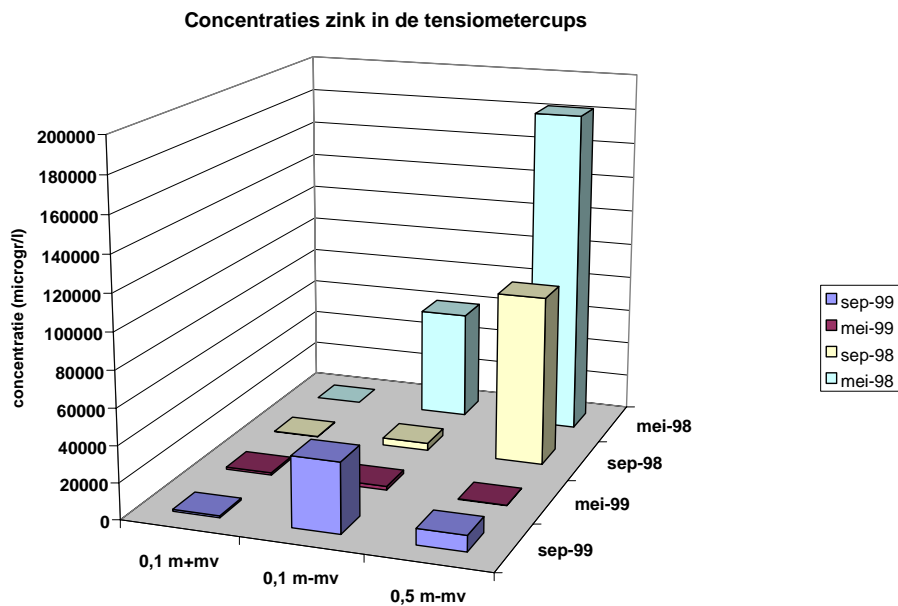
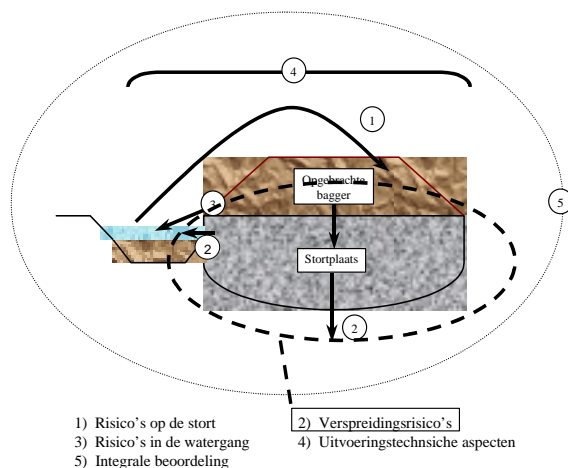


Fig. 11. Grafische weergave van concentraties zink in de tensiometercups gedurende vier monitoringsronden. Mv staat voor oorspronkelijk maaiveld van de proeflocatie, voordat de baggerspecie was opgebracht.

De relatief hoge waarden voor zink en koper in het poriewater op geringe diepte in de stort kunnen leiden tot een verhoging van de blootstellingsrisico's op de stort. De zware metalen in het poriewater kunnen namelijk opgenomen worden door de flora en de bodemfauna. Het aanbrengen van een (nagenoeg) schone laag baggerspecie op de bestaande klasse-3 à 4 baggerspecie wordt aanbevolen, daar de blootstellingsrisico's op de stort hierdoor verder verminderen. In paragraaf 6.2 zal hier nader op in worden gegaan.

5.3 Onderzoeksvraag 3: Verticale uitspoeling

In hoeverre vormt de baggerspecie een barrière voor verticale uitspoeling?



In de tijd zijn twee fasen te onderscheiden. Direct na het opbrengen van de natte baggerspecie kan tijdelijk een versterkte infiltratie naar het onderliggende stortmateriaal optreden. Ook zal het infiltrerende water horizontaal stromen richting de omringende watergangen. Na verloop van tijd consolideert de opgebrachte baggerspecie en treedt rijping op. Door de dichtere pakking van het slib neemt de waterdoorlatendheid af. Dit kan bijvoorbeeld tot gevolg hebben dat de infiltratie van neerslag langzamer verloopt en de oppervlakkige afstroming groter is dan voor

de niet geïsoleerde stort. Voor de verspreiding van verontreinigingen zijn beide fasen van belang. Onderzoeksvraag is in welke mate (extra) verspreiding van verontreinigingen optreedt ten gevolge van het opbrengen van de baggerspecie. Daarbij is het de vraag of verspreiding leidt tot onacceptabele risico's voor de waterkwaliteit in de watergang.

Bij de rijping van het slib neemt door uitdroging het droge stofgehalte verder toe. Neerslag zal grotendeels kunnen infiltreren met name via de scheuren die in het slib door rijping en krimp zijn ontstaan. Indien de scheuren tot op het stortmateriaal doorgaan, dan vormt de sliblaag als zodanig geen afsluitende laag meer. Bij het toekomstig gebruik van de locatie kan dit voorkomen worden door bepaalde vormen van groundbewerking.

Vanaf mei 1999 worden in de peilbuizen midden op de proeflocatie stijghoogten gemeten die lager zijn dan in de omringende peilbuizen. Dit is te verklaren doordat 1999 een droog jaar is geweest. Als gevolg hiervan was de verdamping door het gewas hoog. Hierdoor ontstaat een holle grondwaterspiegel met in het midden van de proeflocatie de laagste grondwaterstand. Dit houdt in dat er gedurende de zomer meer water vanuit de sloten infiltreert dan uittreedt. De verspreiding naar de sloten is daarom gedurende de zomerperiode van 1999 uitgesloten. Er is hier sprake van een 'seizoensgebonden isolatie'. Van te voren werd verwacht dat het infiltrerende water horizontaal zou wegstromen richting de omringende watergangen. Dit heeft gedurende de zomer echter niet opgetreden.

Bij het opbrengen van de baggerspecie treden fysische veranderingen op: de bovenzijde van de stort raakt waterverzadigd, terwijl de baggerspecie langzaam ontwatert. Dit heeft tot gevolg dat de stort zuurstofloos raakt en de baggerspecie vanaf de bovenzijde zuurstofhoudend gaat worden. De veranderingen hebben in de beginperiode geleid tot hoge concentraties metalen in het poriewater rond de scheidingslaag baggerspecie/stort. Overigens is niet duidelijk geworden of deze verontreinigingen afkomstig zijn van de stort of van de baggerspecie. De relatief hoge gehalten aan zware metalen in poriewater van de tensiometercups werden niet in de peilbuizen langs de stort teruggevonden. Horizontale verspreiding van verontreinigingen heeft dan ook niet plaatsgevonden.

De grondwaterkwaliteit in de peilbuizen in het midden van de stort vertoont weinig variatie. Daarnaast treedt weinig verandering op gedurende de proefperiode. Hierdoor kan slechts weinig informatie over de eventuele uitwisseling van oppervlakkig en dieper grondwater verkregen worden. De verandering van ijzer- en sulfaatgehalte werkt maar ten dele en vertraagd door naar de peilbuis onder de kleilaag. Hieruit wordt geconcludeerd dat neerwaarts transport van oppervlakkig grondwater in de stort naar dieper grondwater nagenoeg niet optreedt.

Vastlegging van metalen in de vorm van metaalsulfiden verlaagt de biologisch beschikbare concentraties en daarmee de milieuhygiënische risico's. Dit proces levert een belangrijke bijdrage aan de haalbaarheid van het concept. Het optreden van sulfaatreductie is aangetoond door de relatief sterke afname van sulfaatgehalten in poriewater, ten opzichte van andere ionen. Vastlegging van metalen is niet bewezen, maar verspreiding van zware metalen richting de watergangen is niet geconstateerd. Dit in combinatie met het optreden van sulfaatreductie in de redoxzonerings zijn sterke aanwijzingen dat vastlegging van metalen in de vorm van metaalsulfiden plaatsvindt waardoor de zware metalen worden geïmmobiliseerd. De baggerspecie is bij bovenstaand proces de sulfaatleverancier. De baggerspecie bevat een grote hoeveelheid sulfaat die tijdens het rijpen vrijkomt en naar het stort uitspoelt.

De sulfaatreductie in de stort en op het scheidingsvlak baggerspecie/stort toont aan dat door het aanbrengen van de baggerspecie een effectieve redoxbarrière is ontstaan tegen de verspreiding van zware metalen. De redoxzonerings is schematisch weergegeven in figuur 12. De ongerijpte slecht tot matig doorlatende onderlaag in de afdeklag vermindert en vertraagt daarbij het

transport van water met daarin opgeloste stoffen. Bovendien wordt door deze slecht doorlatende laag het effect van eventuele preferente stroombanen in de stort sterk gereduceerd.

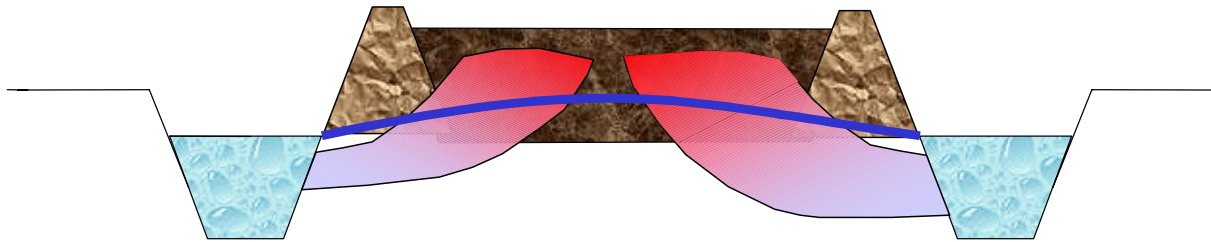
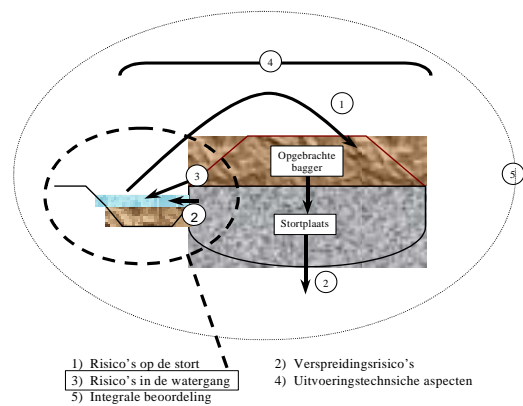


Fig. 12. Schematische weergave redoxzonering.

5.4 Onderzoeksvraag 4: Effecten op de watergang

Leidt verspreiding tot onacceptabele effecten op het aquatisch ecosysteem in de watergangen?



Om de mate van verspreiding naar de watergangen en de ecologische effecten van deze verspreiding te meten, is de waterkwaliteit rondom de stort en op twee referentiepunten (zie figuur 1 op pagina 1) regelmatig vastgesteld. Daarnaast zijn een aantal ecologische parameters gemeten.

In de waterkwaliteit zijn geen duidelijke aanwijzingen voor verspreiding van stoffen uit het proefdepot waargenomen. De zware metalen koper, zink, nikkel en kwik, die als 'gidsverontreinigingen' zijn gemeten, tonen een zelfde verloop als op twee referentiepunten. De waterkwaliteit is slecht (koper en zink tussen MTR en 5x MTR), maar de inrichting van het proefdepot leidt niet tot een (waarneembare) verslechtering. Alleen in compartiment N2 (noordelijke proefsloot) is enkele malen een verhoogd zinkgehalte gemeten dat als een effect van het inrichten van het depot zou kunnen worden uitgelegd. Deze verhoging was echter kortstondig, en vond direct na inrichting van het depot plaats (zomer 1998).

Mogelijk heeft door het opbrengen van de baggerspecie een tijdelijke verdringing van grondwater uit het depot plaatsgevonden. In de zuidelijke proefsloot (Z2, Z3 en Z4, zie figuur 7, pagina 15) leidden de inrichtingsmaatregelen tot sterk verlaagde metalenconcentraties in het oppervlaktewater, ondanks de directe nabijheid van het proefdepot. Waarschijnlijk komt dit door sedimentatie van zwevend stof met daaraan gebonden verontreinigingen.

Ondanks de aanwezige verontreiniging is de overleving van watervlooiën en driehoeksmosselen goed op alle locaties. Het fyto- en zoöplanktonbeeld is kenmerkend voor voedselrijk water waar waarschijnlijk een sterke predatie door vis optreedt. Zowel in de nabijheid van de stort als op de referentiepunten is geen onderwatervegetatie aanwezig. De ecologische parameters zijn in de nabijheid van de stort globaal gelijk aan de referentiepunten. Er zijn geen duidelijke veranderingen in de tijd geconstateerd die op verspreiding van verontreinigingen kunnen wijzen.

Het bleek mogelijk om door middel van inrichtingsmaatregelen (isolatie door middel van schotten) de concentratie zware metalen in het oppervlaktewater naar beneden te brengen. Dit wordt mogelijk veroorzaakt door sedimentatie van verontreinigde zwevende slibdeeltjes.

Uit de geohydrologische analyse blijkt dat er na de inrichting van het depot nog maar een beperkte grondwaterbeweging heeft plaatsgevonden. In de zomer van 1999 was zelfs sprake van netto transport van de watergangen naar de stort. Het opbrengen van de afdeklaag heeft er voor gezorgd dat het neerslagwater voortaan via de afdeklaag door de stort stroomt. Hierdoor wordt onderweg al een groot deel van het neerslagwater door de bodem vastgehouden en door de op de locatie aanwezige begroeiing opgenomen. Echter om dit te verifiëren wordt een extensief monitoringsprogramma aanbevolen.

5.5 Beantwoording van de doelstelling

Uit de monitoringsresultaten blijkt dat geen horizontale en verticale verspreiding van verontreinigingen optreedt. Dit kan worden verklaard door vastlegging van zware metalen in de vorm van metaalsulfiden. Organische verontreinigingen worden gebonden aan organisch materiaal.

Door de vorming van metaalsulfiden is een effectieve redoxbarrière ontstaan tegen verspreiding van zware metalen naar de omliggende watergangen. Daarnaast verlaagt dit de biologisch beschikbare concentraties van zware metalen en daarmee de milieuhygiënische risico's. Dit proces levert dan ook een belangrijke bijdrage aan de haalbaarheid van het concept.

Door inrichting en monitoring van een proeflocatie in het Ilperveld zal onderzocht worden of een duurzame isolatie van stortplaatsen in natte veenweidegebieden door afdichting met gebiedseigen verontreinigd baggerslib kan worden bereikt, waardoor aan de ecologische functie van de bodem wordt voldaan en geen onacceptabele risico's voor de watergangen optreden.

De verhoogde concentraties metalen in het poriewater op geringe diepte en de accumulatie van zware metalen in de wilgen kunnen blootstellingsrisico's op de stort veroorzaken. Het aanbrengen van een (nagenoeg) schone laag baggerspecie op de bestaande klasse-3 tot 4 specie wordt aanbevolen, daar de blootstellingsrisico's op de stort hierdoor verder verminderen. Bijkomend voordeel is dat hierdoor extra sulfaat wordt toegevoegd, wat positief is voor het vastleggen van metalen. Op de lange duur wordt de afdeklaag steeds stabiel en ontstaat een duurzame afdeklaag die weinig onderhoud vergt (zie ook paragraaf 5.1.1. Hierdoor kan aan de ecologische en landschappelijke functie van de locatie voldaan worden. In paragraaf 6.2 wordt hier nader op ingegaan.

Het afdichten van de stortlocatie met gebiedseigen verontreinigd baggerslib is een goed beheersconcept omdat:

- Aan de ecologische en landschappelijke functie van de bodem voldaan wordt.
- De vervuiling uit een groot deel van het gebied geconcentreerd wordt op een reeds vervuilde plaats.
- Onacceptabele risico's op de stort en in de watergangen voorkomen worden.

Hierbij dient aan een aantal voorwaarden voldaan te worden, namelijk:

- De aanwezigheid van een waterverzadigde zone.
- Voorkoming van de verspreiding van verontreinigingen door sulfaattoevoer uit de rijpende specie, waarna metalen in de onderliggende laag worden vastgelegd in de vorm van metaalsulfiden.

- Aanbrengen van een schone laag baggerspecie op de klasse-3 à 4 specie.
- De aanwezigheid van een vegetatie op de locatie die niet diep wortelt, of niet in grote mate verontreinigingen accumuleert.

Uiteindelijk kunnen we concluderen dat Nederland er een locatiespecifiek concept bij gekregen heeft, waarmee we de land- én waterbodempromblematiek geïntegreerd kunnen aanpakken en oplossen. Het is geen kant-en-klaar recept dat in elke veldsituatie bereid kan worden. Maar de ingrediënten -de sturende principes- zijn wel zodanig duidelijk geworden dat zij in de juiste samenstelling en verhouding bij elkaar gevoegd, kunnen leiden tot een goed locatiespecifiek product. Het concept biedt perspectieven om de verontreinigingen van de land- en waterbodern integraal aan te pakken.

Voor het IJperveld is geconstateerd dat (water)bodemkwaliteitsverbetering technisch haalbaar is. Bodemkwaliteitsverbetering wordt gerealiseerd door een duurzame afdeklaag waarbij de blootstellingrisico's acceptabel zijn. Water- en waterbodernkwaliteitsverbetering wordt gerealiseerd door het verwijderen van de baggerspecie, wat een positief effect heeft op het doorzicht en de verontreinigingsgraad van de sloten. Verder is geconstateerd dat er geen sprake is van negatieve (a)biotische effecten op de stort en de omgeving. Door het handhaven van een permanente natte onderlaag en het intact houden van de afdeklaag kunnen blootstellings- en verspreidingsrisico's tot in lengte van jaren op een acceptabel niveau gehouden worden.

In het volgende hoofdstuk zal naast de integrale beoordeling ook op de sturende principes worden ingegaan.

HOOFDSTUK 6

INTEGRALE BEOORDELING

Bij de integrale beoordeling van het proefproject wordt gekeken in hoeverre de uitgevoerde maatregelen een verandering van de risico's in het IIPerveld tot gevolg hebben. Hierbij wordt een waarde-oordeel gegeven, afgestemd op de doelstelling van het gebied: grasland voor extensieve veeteelt.

De integrale beoordeling wordt gedaan aan de hand van een aantal invalshoeken. In de eerste plaats zal het concept worden beoordeeld en afgewogen met de zogenaamde RMK-systematiek. Vervolgens zal worden ingegaan op de duurzaamheid van de afdeklaag. En tenslotte zal aan de sturende principes van het concept meer handen en voeten gegeven worden.

6.1 RMK-beoordeling

6.1.1 Algemeen

Om het concept zoals dat op de proeflocatie in het IIPerveld is toegepast integraal te beoordelen, wordt onder andere gebruik gemaakt van de binnen NOBIS-kader ontwikkelde RMK-systematiek [CUR/NOBIS, 1997]. Hierbij worden de aspecten *Risicoreductie*, *Milieuverdiensite* en *Kosten* van verschillende (sanerings)varianten inzichtelijk gemaakt en tegen elkaar afgewogen. Voor het proefproject is aan de hand van de RMK-methodiek een vergelijking gemaakt met de min of meer traditionele multifunctionele en IBC-varianten. In dit rapport zijn alleen de meest relevante gegevens opgenomen. De ingevoerde data zijn niet in detail weergegeven. Deze zullen gerapporteerd worden in een PGBO-studie, waarin de toepasbaarheid van RMK voor waterbodemsaneringen wordt onderzocht en waarin het IIPerveld als case is meegenomen. De resultaten van deze studie zullen in het voorjaar van 2000 worden gepubliceerd. Bij een RMK-beoordeling wordt, zoals gezegd, een afweging gemaakt op basis van een drietal aspecten, die hieronder worden toegelicht.

Risicoreductie

Risicoreductie berekent de afname van de blootstelling ten gevolge van de verontreiniging voor, tijdens en na sanering op de locatie voor mensen en ecosysteem. Het reduceren van het verspreidingsrisico valt in het RMK model niet onder de risicoreductie, maar onder het criterium 'milieuverdiensite'.

Milieuverdiensite

Milieuverdiensite geeft een integraal beeld van de negatieve en positieve effecten op het milieu als gevolg van de saneringsoperatie. Het uitgangspunt is dat de negatieve gevolgen voor het milieu zo klein mogelijk moeten zijn en dat de grondstofvoorraden zo veel mogelijk beschikbaar moeten zijn voor toekomstige generaties. De beoordeling van milieuverdiensite gebeurt door een beschrijving van de volgende aspecten.

Positieve aspecten:

1. Schone grond door sanering (maximaliseren van multifunctionaliteit).
2. Schoon grondwater door sanering (maximaliseren van voorraad grondwater).
3. Voorkomen toekomstige grondwaterverontreiniging (handhaven voorraad grondwater).

Negatieve aspecten:

1. Gebruik schone grond (tegengaan uitputting).
2. Gebruik schoon grondwater (tegengaan uitputting).
3. Gebruik energie (tegengaan uitputting).
4. Oppervlaktewaterverontreiniging (tegengaan eutrofiëring, niet-lokale ecotoxiciteit).
5. Luchtverontreiniging (tegengaan broeikas-effect, verzuring, smogvorming, eutrofiëring).
6. Finaal afval (tegengaan niet-lokale aquatische en terrestrische ecotoxiciteit).
7. Ruimtebeslag (tegengaan ruimtebeslag).

Om alle aspecten bij elkaar op te kunnen tellen tot één eindscore wordt gebruik gemaakt van een normalisatiefactor en een weegfactor. De normalisatiefactor is een referentiescore, waarbij de uitkomst wordt gerelateerd aan een zogenaamd 'gemiddeld' bodemsaneringsgeval. De weegfactor geeft aan hoe belangrijk het aspect is. Indien gewenst kunnen de onderlinge gewichten van de aspecten door de gebruiker worden aangepast.

Kosten

Kosten maakt de financiële gevolgen van de sanering in de tijd inzichtelijk. Dit gebeurt door middel van een rubricering (investeringskosten, doorlopende kosten, vervangingskosten, overhead en overige kosten) en een afwegingsmodel. In het afwegingsmodel worden de 'tijds waarde van geld' (disconteren) en onzekerheden in de saneringskosten meegenomen, door een inschatting te maken van de 'verwachte', 'lage' en 'hoge' kosten per kostenpost. Op basis van een bepaling van de standaardafwijking ontstaat zodoende een onzekerheidsprofiel van de totale kosten.

6.1.2 *Saneringsvarianten*

In het kader van dit onderzoek is voor de omvang van de verontreinigingssituatie uitgegaan van datgene, waarop het NOBIS-onderzoek betrekking heeft, te weten één stortplaats en circa 6 km watergang. De daadwerkelijke omvang van de verontreinigingsproblematiek in het IJperveld is vele malen groter, ondermeer door de aanwezigheid van vele ongeïsoleerde stortplaatsen en meerdere km's verontreinigde waterbodem. Als varianten voor de huidige RMK-beoordeling worden beschouwd:

1. *Multifunctionele variant (variant I)*
Bij deze variant wordt nautisch gebaggerd, waarbij de baggerspecie wordt afgevoerd. De verontreinigingsgraad van de waterbodem blijft gelijk. De verontreinigde landbodem wordt geheel ontgraven en aangevuld met schone grond.
2. *IBC-variant (variant II)*
Bij deze variant worden de watergangen nautisch gebaggerd, waarbij de baggerspecie wordt afgevoerd. Daarnaast wordt een leeflaag van één meter aangebracht op de landbodem.
3. *NOBIS-variant (variant III)*
De verontreinigde baggerspecie wordt in deze variant op de stortplaats aangebracht als afdeklaag. De stortplaats wordt niet afgegraven.

Deze varianten zijn op een zodanig niveau uitgewerkt dat aan de informatiebehoefte van de afwegingssystematieken wordt voldaan. Dit houdt in dat de definitie van de multifunctionele en de IBC-variant traditioneel is, waarbij is uitgegaan van op ervaring gebaseerde kentallen.

6.1.3. *RMK-methodiek*

Risicoreductie

Risicoreductie bekijkt de blootstelling ten gevolge van verontreiniging op de locatie aan objecten. Bij de berekening van de risicoreductie wordt alleen gebruik gemaakt van de gemiddelde concentraties in de bodem; er wordt geen rekening gehouden met de biologische beschikbaarheid van de verontreinigingen en eventuele opname door organismen. Binnen het model wordt de risicoreductie gedomineerd door vermindering van de ecologische risico's. In de daadwerkelijke situatie speelt ook juist de risicoreductie voor grazers een belangrijke rol. Door het aanbrengen van een leeflaag wordt de blootstelling aan puin en glas sterk gereduceerd.

De uitslag van het RMK-model (in de huidige vorm) leidt tot grote verschillen in de berekende risicoreductie bij de verschillende varianten³. Modelmatig wordt de grootste risicoreductie bereikt bij de multifunctionele variant en de laagste bij de NOBIS-variant. Het NOBIS-onderzoek in het Ilperveld is juist ingezet om op basis van locatiespecifieke karakteristieken te komen tot een grotere risicoreductie dan de traditionele varianten. Uitgangspunt is geweest dat de verontreinigingen als zodanig niet worden weggenomen, maar geconcentreerd en beheerst in het Ilperveld aanwezig blijven. Deze hypothese is gebaseerd op het zogenaamde stofzuigerprincipe. Door af en toe het 'stof' (baggerspecie) weg te halen en te concentreren behoeft geen hele 'verbouwing' uitgevoerd te worden om het 'stof' kwijt te raken. Bijkomend nadeel van een algehele 'verbouwing' (multifunctioneel of IBC) is dat de huidige waarde van het gebied grotendeels verloren gaat en de ontwikkeling van het gebied weer van voren aan moet plaatsvinden. Door de inbreng van gebiedsvreemde materialen (aanvulgrond) is de kans op een geheel ander (eco)systeem en dus een algehele verandering van het Ilperveld niet uit te sluiten.

Modelmatig scoren de multifunctionele en de IBC-variant beter, maar vanuit het locatiespecifieke karakter is een dermate rigoureuze ingreep nadelig voor de huidige status van het gebied. Het zogenaamde stofzuigerprincipe leidt tot een sterke kwaliteitsverbetering van een groot deel van het Ilperveld. De verontreinigingen blijven weliswaar (geconcentreerd) aanwezig, maar de negatieve effecten hiervan (eventuele flux naar de omgeving) zijn niet aantoonbaar. Doordat op de verontreinigde baggerspecie, die nu op de stortplaats ligt ook nog een schonere laag baggerspecie aangebracht wordt, zal nog een verdere reductie van de eventuele blootstellingsrisico's plaatsvinden.

Milieuverdiensite

Bij de berekening van milieuverdiensite wordt gekeken naar positieve en negatieve milieu-effecten. Op deze wijze ontstaat er een beeld van de milieubalans van de saneringsvarianten. Bij alle varianten zijn geen opbrengsten, aangezien er geen reiniging van grond of grondwater plaatsvindt. De MF-variant scoort het slechtste, omdat de reiniging van zowel de landbodem als de waterbodem technisch niet reëel is. De slechte reinigbaarheid hangt samen met de geringe zandfractie in de waterbodem en de grote hoeveelheid stortafval in de landbodem. Dit leidt ertoe dat zowel de hoeveelheid finaal afval als de hoeveelheid ruimtebeslag door stort erg hoog zijn.

Daarnaast is een grote hoeveelheid aanvulgrond noodzakelijk. De IBC-variant scoort daarna het slechtste. Dit is vooral gelegen in de hoeveelheid aanvulgrond en het ontstaan van finaal afval ten gevolge van de waterbodem. De NOBIS-variant scoort het beste op milieuverdiensite. De resultaten zijn samengevat in tabel 3.

Tabel 3. Uitkomsten milieuverdiensite Ilperveld⁴

	MF	IBC	NOBIS
A4 verlies aan grond	-39,5	-8,1	0

³ Wordt uitgebreid gerapporteerd in de nog te verschijnen PGBO-studie

⁴ De milieu-effecten, die voor alle varianten een score '0' hebben, zijn ten behoeve van de leesbaarheid weggelaten.

A6 energiegebruik	-0,3	-0,01	-0,005
A7 luchtmissies	-0,1	-0,005	-0,002
A9 finaal afval	-52,0	-2,5	0
A10 ruimtebeslag	-1,2	-0,05	-1,2
M-index	-93,1	-10,6	-1,2

Kosten

De kosten voor de multifunctionele, de IBC en de NOBIS-variant zijn geraamd op respectievelijk 26.0, 1.3 en 0.5 miljoen gulden.

6.1.4 *Conclusies*

Op basis van de milieuverdienste en de kosten kan worden geconcludeerd dat de zogenaamde NOBIS-variant veel beter scoort dan herstel van de multifunctionaliteit of een IBC-alternatief, ondanks het feit dat het RMK-model uitgaat van een min of meer generieke benadering. De locatiespecifieke factoren in het IJperveld zijn dermate specifiek, dat deze op dit moment moeilijk met een model kunnen worden gekwalificeerd. Voor de NOBIS-variant kan worden gesteld dat een grote risicoreductie is bereikt via het zogenaamde stofzuigerprincipe. De risicoreductie bij de multifunctionele en de IBC-variant zullen veel geringer zijn, omdat met de locatiespecifieke omstandigheden zoals de aantasting van de zaadbank, het verbeteren van de abiotiek op het land en in het water en dergelijke bij deze varianten veel minder rekening wordt gehouden.

Samenvattend kan worden gesteld dat de NOBIS-variant vanuit de Risicoreductie, de Milieuverdiensten en de Kosten de meeste perspectieven biedt om de verontreinigingssituatie in het IJperveld aan te pakken. Bij deze variant wordt het meest recht gedaan aan het locatiespecifieke karakter, waardoor de waarde van het gebied behouden blijft en positief gestimuleerd wordt.

6.2 **Duurzaamheid van de afdeklaag**

6.2.1 *Benodigde dikte afdeklaag en vorming van deze laag*

De duurzaamheid van de afdeklaag is voor een groot deel afhankelijk van de mate waarin deze laag in stand blijft. Ofwel de snelheid waarmee deze laag afbreekt en dus de intensiteit waarmee de laag in stand gehouden moet worden. In dit kader is een berekening uitgevoerd voor een zogenaamd worst-case-scenario. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De periode voor de berekening is 30 jaar.
- De onderzijde van de leeflaag ligt 10 cm beneden het waterniveau (situatie depot IIA).
- De minimale dikte van de afdeklaag is 40 cm, 10 cm onder het polderpeil en 30 cm boven het polderpeil.
- Van 0 tot 20 cm-mv vindt volledige rijping plaats, de specie van 20 tot 40 cm-mv zal voor de helft rijpen.
- Voor de samenstelling van de baggerspecie is uit gegaan van 40 % humus en 15 % lutum.
- Er wordt een (laagafhankelijke) reductiefactor ingevoerd om rekening te houden met de verzadiging gedurende het jaar. De reductiefactor geeft het deel van het jaar aan dat de laag niet verzadigd is.
- Voor de afbraaksnelheid wordt de constante gehanteerd die is gemeten bij 12 graden Celsius ($k=0.066$ per jaar).
- Bij grasland ontstaat op de lange duur in de bovenste 10 cm van de grond een evenwichtssituatie met 5 % organische stof, waarbij de aanvoer van organische stof door afstervende wortels overeenkomt met de afvoer door afbraak van de organische stof. Deze evenwichtswaarde wordt bij de resterende hoeveelheid oorspronkelijk organisch stof uit de baggerspecie opgeteld.

Uiteindelijk is geconstateerd dat in een periode van 30 jaar zo'n 3,4 m baggerspecie opgebracht zal moeten worden om een laag van 40 cm over te houden. Deze baggerspecie zal wel gefaseerd moeten worden opgebracht. Daar de baggerspecie voor slechts (maximaal) 10 % uit droge stof bestaat, moet een grote hoeveelheid water afgevoerd worden. Uit de proef is gebleken dat in de (natte) zomer van 1998 veel water uit de afdeklaag is uitgezakt en relatief weinig is verdampt. In de periode september 1998 tot mei 1999 neemt de hoeveelheid water nauwelijks toe of af. In het droge groeiseizoen 1999 is wel veel water verdampt. Desondanks duurt de rijping van de specie relatief lang, omdat het venige karakter na de eerste ontwatering (uitzakken van water) er nog voor zorgt dat veel water wordt vastgehouden. Dit water kan alleen door verdamping of vegetatieve opname worden onttrokken. Voor de instandhouding van de afdeklaag is het trage rijpen echter gunstig. Hierbij moet worden bedacht dat een dikke laag veel langzamer rijpt dan een dunne laag.

Als de benodigde 3,4 m baggerspecie in drie opeenvolgende jaren in lagen van circa 1.15 m wordt aangebracht, zal in het eerste jaar een groot deel van het water uitzakken. Het resterende deel van het water uit de baggerspecie zal door gewasopname en verdamping moeten verdwijnen. Uit berekeningen blijkt dat dit laatste iets minder dan de helft van de totale hoeveelheid af te voeren water is. Een jaarlijkse afvoer door verdamping ter grootte van het verdampingsoverschot van 95 kg/m^2 is een redelijke aanname.

6.2.2 Concentratieverloop zware metalen

Door de afbraak van de organische stof komen de hieraan gebonden zware metalen vrij en kunnen in het bodemvocht komen en uitspoelen naar de ondergrond: de onderste laag van de afdeklaag met daaronder het stort. Het mobiel worden van de zware metalen en het uitspoelen wordt in het algemeen als nadelig gezien, maar heeft voor de afdeklaag als gunstige uitwerking dat de hoeveelheid zware metalen in de contactzone afneemt. De zware metalen kunnen echter ook (deels) direct weer in de afdeklaag worden gebonden. Dit is wat betreft het risico van de afdeklaag de meest ongunstige situatie. Door de afbraak van organische stof neemt dan de concentratie zware metalen in de afdeklaag toe, terwijl door de afname van het organisch stofgehalte de bindingscapaciteit afneemt.

Uit een berekening voor wederom een worst-case-scenario blijkt dat de gehalten aan zware metalen met een factor 1,4 tot 1,5 kunnen toenemen. Hierbij is gesteld dat:

- Het gewicht aan zware metalen en het gewicht van de minerale delen constant blijft in de tijd.
- Zware metalen die vrijkomen, onmiddellijk weer in de betreffende laag worden gebonden en er geen uitspoeling optreedt.
- Het initieel gehalte aan organisch stof 40 % is.

Een van de doelstellingen binnen het IIP-terrein is dat het beheer wordt ondersteund door begrazing met schapen en runderen. Indien de producten van deze grazers (melk en vlees) voor consumptiedoeleinden worden gebruikt, zal de bodemkwaliteit moeten voldoen aan bepaalde eisen. Tijdens de voorbereiding van de proef is uitgegaan van de zogenaamde LAC-sigitaalwaarden. Er wordt gewerkt aan een zogenaamde Functiegerichte BodemkwaliteitSystematiek (ofwel FBS-waarden) die de LAC-sigitaalwaarden moeten vervangen [IKC, 1999].

De FBS-waarden geven de maximale concentraties van zware metalen in de bodem, waarbij de risico's voor het gewas, vee en mens (als consument) nagenoeg uitgesloten zijn. De FBS-waarden worden afhankelijk van de gebruiksfunctie van de grond berekend uit formules waarin het organisch stofgehalte, het lutumgehalte en de pH worden ingevoerd. In de tijd neemt in de afdeklaag het organisch stofgehalte en de pH af en het lutumgehalte (relatief) toe. Daardoor worden in het algemeen de FBS waarden lager. Bij de bepaling van de toelaatbare gehalten aan zware metalen die in de aan te brengen baggerspecie zijn toegestaan, moet met deze

verandering van de FBS-waarden in de tijd rekening worden gehouden. De FBS-waarden hebben geen relatie met de streef- en interventiewaarden, waardoor ook de klasse-indeling voor de waterbodems niet bruikbaar is als gebruik wordt gemaakt van de risicobenadering met behulp van de FBS-waarden.

Het verdient aanbeveling om de concentratietoename in de opgebrachte toplaag beter in beeld te brengen. Nu is in een worst-case-scenario aangegeven dat deze toename een factor 1,4 tot 1,5 kan zijn. Maar de aanname dat alle vrijkomende metalen direct weer gebonden worden kan zeker ter discussie worden gesteld. Grip op het concentratieverloop in de toplaag is echter van belang om een goede voorspelling van de overschrijding van toetsingskaders in de toekomst te kunnen doen. tevens is het van belang dat in het Iiperveld kan worden voldaan aan de criteria voor de zogenaamde streekeigen producten. Om toch aan te kunnen geven welke concentraties in de nog op te brengen baggerspecie acceptabel zijn, is het thans het meest veilig om de maximaal toegestane gehalten te delen door de berekende toenamefactoren (1,4 tot 1,5).

In tabel 4 zijn de FBS-waarden berekend van de bovenste 10 cm van de afdeklaag voor de functies 'grasland' en 'terrestische natuur' voor het organische stofgehalte en de pH zoals deze nu in de afdeklaag voorkomen en de FBS-waarden zoals deze over 30 jaar zullen zijn. Daarbij is met een pH van 6.0 en 5.0 gerekend. De pH van 5.0 is daarbij de meest realistische schatting en geeft ook de laagste FBS-waarden. Deze laatste waarden zijn gedeeld door de concentratiefactor 1.44, waaruit in de laatste regel van de tabel de maximaal toelaatbare concentraties zware metalen in de op te brengen baggerspecie volgt.

Tabel 4. FBS-waarden voor nu en over 30 jaar, voor de bovenste 10 cm van de afdeklaag. In de de tijd nemen het organisch stofgehalte H en de pH af en neemt het lutumgehalte L relatief toe.

Jaar	H	L	pH	FBS grasland mg/kg				FBS terrestische natuur mg/kg			
	%	%	-	Cd	Cu	Pb	Zn	Cd	Cu	Pb	Zn
1999	40.0	15.0	7.0	0.27	651	213	5282	21.6	265	674	929
2029	13.4	21.6	6.0	0.25	206	154	1264	10.9	80	196	269
2029	13.4	21.6	5.0	0.23	199	152	769	7.2	62	93	175
Maximaal op te brengen concentraties				0.16	138	106	533	5.0	43	65	121

Uit tabel 4 blijkt dat de verlaging van het organisch stofgehalte en de pH leiden tot een verlaging van de meeste FBS-waarden. De FBS-waarden voor cadmium voor de functie 'grasland' zijn zeer laag. De FBS-waarden zijn echter nog in ontwikkeling. Waarschijnlijk zal de FBS-waarde voor cadmium aangepast worden, omdat deze in sommige gevallen lager is dan de streefwaarde. Voor de functie 'grasland' zijn de maximaal toelaatbare concentraties koper en zink in de op te brengen baggerspecie ongeveer drie maal de streefwaarde. Voor lood komt het ongeveer overeen met de streefwaarde. Voor de functie 'terrestische natuur' gelden behalve voor cadmium duidelijk lagere waarden.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat de veranderingen in de tijd van invloed kunnen zijn op de toelaatbare concentraties zware metalen in de op te brengen bagger. Een overschatting van de afbraak van organische stof en van de verlaging van de pH heeft al snel tot gevolg dat op dit moment geadviseerd zou worden om sterker verontreinigde baggerspecie niet toe te passen, terwijl dit wel zou kunnen. Ook een overschatting van de dikteafname van de afdeklaag door rijping en de afbraak van organische stof leidt tot een advies om meer baggerspecie aan te brengen dan noodzakelijk. Verder bieden de nog in ontwikkeling zijnde toetsingskaders (FBS-waarden) weinig houvast. Evenwel kan aan de hand van de gegevens uit

dit onderzoek toch gesteld worden dat het opbrengen van baggerspecie, ondanks de aanwezig verontreinigingsgraad bijdraagt aan de ontwikkeling en instandhouding van het IJperveld als veenweidegebied, waarbij het beheer door begrazing een belangrijke rol speelt. Het onderzoek heeft voldoende gegevens opgeleverd om in een vervolgfase te komen tot een definitie van de inrichting van voormalige stortplaatsen in het IJperveld, die afgedekt kunnen worden met verontreinigde baggerspecie.

Aanbevolen wordt om in de eerste jaren een specielaag met een dikte van tweederde van de berekende dikte aan te brengen. Door vervolgens de dikte, de pH en het organisch stofgehalte van de afdeklaag extensief te monitoren, kan zwaarder vervuilde specie in een dunnere laag worden toegepast. Op basis van de gegevens van deze monitoring kan tijdig een volgende laag specie worden opgebracht indien de dikte van de afdeklaag te dun wordt en/of indien het organisch stofgehalte en de pH te laag worden, waardoor FBS-waarden dreigen te worden overschreden.

6.3 Sturende principes

In de voorgaande paragrafen is aangegeven dat op basis van de RMK-methodiek en de inschatting van de duurzaamheid van de afdeklaag het concept, zoals dat in het IJperveld is toegepast zekere perspectieven biedt. Het concept leidt echter tot een andere visie op de aanpak van bodemverontreiniging. Kennis van de (bodem)processen, die van invloed zijn op het gedrag van de verontreinigingen is essentiëler dan een nauwkeurige kennis van de aard en omvang van de verontreiniging [Vermeulen en Verheul, 1999]. Niet meten om te weten, maar meten om te beslissen is voor de aanpak van verontreinigingen, zoals die in het IJperveld en in andere grootschalige landelijke gebieden voorkomen, van belang.

Om te kunnen beslissen over de aanpak van verontreinigingen moet men kennis hebben van de sturende principes. Deze zijn bepalend voor het slagen van het beheersconcept. **Als** niet voldaan wordt aan het sturende principe **dan** wordt het beoogde doel niet of in mindere mate gehaald. Het concept, zoals dat in het IJperveld is toegepast, heeft geleid tot kennis van de sturende principes en een verbreding van de kennis van de bodemprocessen. Het concept kan dus leiden tot succes, mits de sturende principes op de juiste wijze worden gedimensioneerd en toegepast. Schematisch is dit weergegeven in figuur 13.

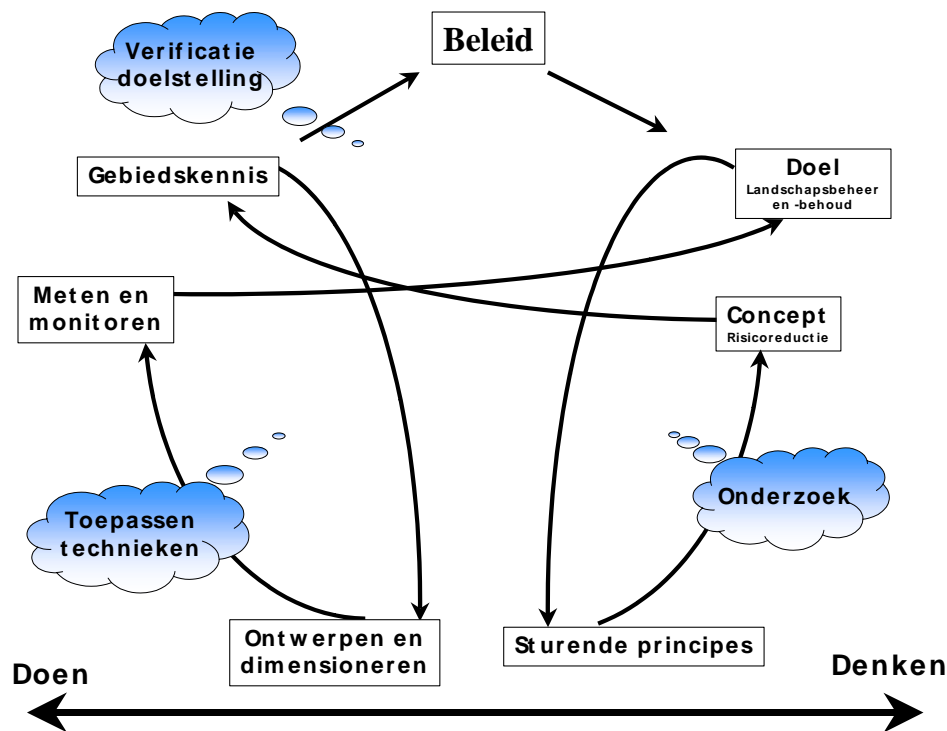


Fig. 13. Bodemsanering als proces (vrij vertaald naar [Vermeulen en Verheul, 1999]).

Het **beleid** is er onder andere op gericht om cultuur- en natuurlandschappen te behouden of te herstellen en te streven naar een aanvaardbare algemene milieukwaliteit (AMK). Het **doel** is dan ook landschapsbeheer en -behoud, gerelateerd aan de AMK. Om dat te realiseren zijn er verschillende **sturende principes** mogelijk.

De inzet daarvan wordt bepaald door het **concept**, waarnaar in dit onderzoek uitgebreid is gekeken. In het IIP-veeld is gekozen voor het concept waarbij door het op de kant zetten van baggerspecie een veenweidevegetatie ontstaat, die beheert en in stand gehouden wordt door extensieve begrazing. Randvoorwaarde voor beiden is dat de risico's na de ingreep op een aanvaardbaar niveau liggen. Dit betekent dat de combinatie **doel - sturende principes - concept** de onderzoeksvragen bepalen.

Samenvoeging van (de kennis van) het concept met de **gebiedskennis** is noodzakelijk om te komen tot het **ontwerpen en dimensioneren** van (technische) oplossingrichtingen en het toepassen van technieken. Na een stuk technische realisatie zullen **meet- en monitoringsgegevens** een wezenlijke bijdrage leveren aan de verificatie van de doelstelling, landschapsbeheer en -behoud. Dit kan leiden tot een bijstelling of nadere sturing van de sturende principes, waarmee de cyclus opnieuw doorlopen wordt.

De samenvoeging van het concept met de gebiedskennis zal naast de input voor het ontwerp ook de benodigde gegevens opleveren om te komen tot een verificatie van het beleid. Zijn de ingezette beleidslijnen met de bekende gegevens uit de cyclus de juiste geweest om het doel te realiseren? Op welk onderdeel treden belemmeringen op en hoe zijn deze op te lossen?

Deze bovenstaande procesmatige benadering laat zien dat 'meten om te beslissen' belangrijker is dan 'meten om te weten', zowel voor de technisch-inhoudelijke als voor de beleidsmatige aspecten. Kennis van de sturende principes is hierin essentieel. De sturende principes in dit onderzoek zijn afgeleid van de onderzoeksvragen van dit project en leiden tot de volgende indeling:

- Watergangen:
 - troebelheid van het water;
 - watertype;
 - verontreinigingsgraad van het water en de baggerspecie.
- Hydrologie:
 - uitspoeling van verontreinigingen;
 - verdringing van verontreinigingen;
 - afspoeling van verontreinigingen.
- Processen in de afdeklaag en de stort:
 - ontwatering;
 - chemische, fysische en biologische rijping;
 - kolonisatie door bodemfauna;
 - vastlegging van verontreinigingen in de stort;
 - redoxcondities;
 - verloop van sulfaat- en sulfideconcentraties.
- Risicoreductie:
 - totaalconcentraties versus biobeschikbare concentraties van verontreinigingen;
 - opname van verontreinigingen door vegetatie;
 - concentratieverloop door afbraak van organisch stof;
 - afname van de laagdikte door rijping en afbraak van organisch stof.
- Uitvoeringstechnische aspecten:
 - opbouw van de stort;
 - aanleggen of aanwezigheid van kades;
 - diepte van het stortmateriaal ten opzichte van maaiveld en het waterpeil

Bovenstaande sturende principes staan in willekeurige volgorde. De vertaling van de sturende principes naar een (technisch) ontwerp en dimensionering wordt bepaald door de doelstelling van het gebied. Om het doel te realiseren moet (probleemoplossend) onderzoek uitgevoerd worden om mede op basis van de gebiedskennis de juiste technieken toe te kunnen passen. Aan de hand van figuur 13 kan worden gesteld dat **beleid**, **onderzoek** en **uitvoering** onderling ook cyclisch met elkaar samenhangen. Doelstellingen worden afgeleid van cq. ingegeven door het beleid. Onderzoek is nodig om aan te geven op welke manier de doelstelling realiseerbaar is. De technische realisatie wordt bepaald door de onderzoeksresultaten, maar kan tevens aangeven wat beleidsmatige effecten hiervan zijn. Voor het IJperveld kan de invulling van het bovenstaande als volgt worden herleidt:

Beleid	- is richtinggevend voor de doelstelling, namelijk landschapsbeheer en – behoud gerelateerd aan de gewenste AMK;
Onderzoek toont aan	- of bagger op de kant gezet kan worden en onder welke voorwaarden; - of hierbij extensief beheer door grazers mogelijk is; - of de ingreep leidt tot voldoende risicoreductie voor grazers, mens en verspreiding;
Technische realisatie	- concretiseert de sturende principes om het doel te bereiken en de beleidsmatige verificatie uit te voeren.

In hoofdstuk 5 zijn voldoende handvatten gegeven om de sturende principes te interpreteren voor het IJperveld en andere verontreinigde (natuurontwikkelings)gebieden. Afgestemd op de situatie in het IJperveld worden hier twee voorbeelden gegeven:

- **Als** er geen sprake is van voldoende sulfaat en de juiste redoxcondities, **dan** worden metalen in mindere mate vastgelegd in de vorm van metaalsulfiden, waardoor verspreiding van metalen kan optreden. Het beoogde doel wordt dan in het IJperveld niet gehaald.
- **Als** de afname van de laagdikte door rijping en afbraak van organische stof te groot is, **dan** zal de totale bindingscapaciteit en de isolerende werking van de afdeklaag afnemen, waardoor blootstellingsrisico's weer kunnen toenemen. Ook hier wordt het beoogde doel dan in het IJperveld niet gehaald. Voor het realiseren van de natuurdoelstelling in het IJperveld geldt dat de abiotische randvoorwaarden grotendeels bepalend zijn voor het voorkomen van natuur. In de watergangen is helder water essentieel voor het ontwikkelen van onderwatervegetatie. Voor de stortplaatsen kan worden gesteld dat het aanbrengen van een baggerlaag (waardoor een humeuze bovenlaag ontstaat) essentieel is voor het voorkomen van planten en diersoorten. Bepalend hierin is dat het creëren van een afdeklaag met gebiedseigen specie de voorkeur verdient boven het maken van een afdeklaag met gebiedsvreemd materiaal. Gebiedseigen baggerspecie bevat namelijk de ingrediënten om een bodemlaag te laten ontstaan, waarop en waarin zich een gebiedseigen flora en fauna kan ontwikkelen.

In het proefproject zijn de potentiële en actuele risico's in beeld gebracht door na te gaan welke transportroutes verontreinigingen uit de baggerspecie kunnen gaan volgen, maar ook in welke mate de verontreinigingen deze routes daadwerkelijk hebben gevolgd.

Geconstateerd is dat veldexperimenten een duidelijker beeld geven dan een laboratorium benadering. Als voorbeeld kan worden genoemd dat de biologische beschikbare fractie van metalen geanalyseerd volgens een wetenschappelijk geaccepteerde methode (CaCl₂-extractie), niet overeenkomt met wat wilgen tot zich kunnen nemen. Een generieke benadering geeft in een locatiespecifieke situatie als het IJperveld alleen een indicatie, maar doet geen harde uitspraak over daadwerkelijke effecten.

Verder is gebleken dat de bindingscapaciteit in belangrijke mate bepalend is voor het transport van verontreinigingen. Zowel de chemisch/fysische binding van verontreinigingen aan bodemdeeltjes als de effecten van de redoxzone zorgen er in het IJperveld voor dat verontreinigingen zeer beperkt beschikbaar komen voor transport via (grond)water. Voor het laatste aspect, de redoxzone is de aanwezigheid en beschikbaarheid van sulfaat van wezenlijk belang.

6.4 Conclusie

Het concept, zoals dat in het IJperveld is toegepast, biedt zekere perspectieven om de verontreinigingen van de land- en waterbodem integraal aan te pakken. Geconstateerd is dat (water)bodemkwaliteitsverbetering technisch haalbaar is. De bodemkwaliteitsverbetering wordt gerealiseerd door een duurzame afdeklaag waarbij de blootstellingrisico's acceptabel zijn. De waterbodempkwaliteitsverbetering wordt, naast isolerende maatregelen, mede gerealiseerd door het verwijderen van de baggerspecie, wat een positief effect heeft op het doorzicht in de sloten.

Verder is geconstateerd dat er geen sprake is van negatieve (a)biotische effecten op de stort en de omgeving. Door het handhaven van een permanente natte onderlaag en het intact houden van de afdeklaag worden blootstelling en verspreidingsrisico's tot in lengte van jaren op een acceptabel niveau gehouden.

Een dergelijke benadering vergt wel een cultuuromslag in Nederland. Maar het concept, zoals dat in het Ilperveld is toegepast laat zien dat de ecologische risico's van het ontwikkelen van natuur op verontreinigde gronden klein zijn in vergelijking met de enorme winst aan natuur door het ontwikkelen van nieuwe habitats. Foto 4 laat zien dat deze stellingname kan rekenen op een brede steun van bodemkennend Nederland.



Foto 4. Stemming op het Nationaal Symposium Bodem Breed (1999), waar de in paragraaf 6.4 genoemde stellingname is voorgesteld aan bodemkennend Nederland.

LITERATUUR

CUR/NOBIS, 1997.

Risicoreductie, Milieuverdienste en Kosten (RMK).

Ontwikkeling van een beoordelingssysteem voor het vergelijken van saneringsvarianten op basis van risicoreductie, milieuverdienste en kosten.

CUR/NOBIS-rapport 95-1-03, Gouda.

Dokkum, H.P. van en D.P.C. van der Veen, 1996.

Monitoring proefsloten IJperveld.

Rapportage onderzoek in 1998.

IKC-Landbouw, 1999.

Functiegerichte BodemkwaliteitSystematiek, 2 Functiegerichte bodemkwaliteitswaarden, Ede.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1994.

Evaluatienota Water.

Tweede Kamer. Vergaderjaar 1993-1994, 21 250: 27-28.

Vermeulen, H.J. en J.H.A.M. Verheul, 1999.

NOBIS en het resultaat van vier jaar werk of Biologische in situ sanering definitief op de (bodem)kaart.

Bodem: 3.

Veterinaire Milieuhygiëne (projectgroep), 1992.

Veterinaire Milieuhygiënewijzer.

Veterinaire Hoofinspectie voor de Volksgezondheid, Ministerie van WVC, Rijswijk.