

# Aanvullend ecologisch onderzoek verondieping Noorder IJplas

Definitief

Grontmij | AquaSense  
Amsterdam, 1 februari 2007

# Verantwoording

**Titel** : Aanvullend ecologisch onderzoek verondieping Noorder IJplas

**Subtitel** :

**Projectnummer** : 207317

**Referentienummer** : I&M-99381401-RJ

**Revisie** : 0

**Datum** : 1 februari 2007

**Auteur(s)** : dr. C. Bruning (Grontmij/AquaSense) en dr. H. van Dam

**E-mail adres** : richard.jonker@grontmij.nl

**Gecontroleerd door** : drs. R. Jonker

**Paraaf gecontroleerd** :

**Goedgekeurd door** : Dr. J. Postma

**Paraaf goedgekeurd** :

**Contact** : Kruislaan 411A  
1098 SJ Amsterdam  
Postbus 95125  
1090 HC Amsterdam  
T +31 20 592 22 44  
F +31 20 592 22 49  
E info@aquasense.nl  
Handelsregister  
30129769

# Inhoudsopgave

	Samenvatting .....	1
1	Inleiding .....	3
2	Mogelijke effecten van verondieping op de waterkwaliteit van de Noorder IJplas.....	4
2.1	Vorm en inhoud van de Noorder IJplas .....	4
2.2	Stratificatie.....	6
2.3	Waterdiepte en waterkwaliteit .....	8
2.3.1	Licht.....	8
2.3.2	Stratificatie.....	8
2.3.3	Waterplanten.....	9
2.4	Verondiepingsscenario's.....	10
2.4.1	Verondieping middendieptes .....	10
2.4.2	Verondieping diepste delen .....	11
2.4.3	Middendieptes en diepste delen verondiepen .....	12
2.5	Conclusie .....	13
3	Effecten lozing depotwater op stofconcentraties in de Noorder IJplas.....	15
3.1	Effecten bij verplaatsing van TOP/Noodstort naar tijdelijk depot Noorder IJplas ....	15
3.1.1	Samenstelling depotwater TOP/Noodstort .....	15
3.1.2	Kolomproeven met naar TOP/Noodstort aangevoerde grond.....	17
3.2	Effecten van huidig baggerdepot bij Noorder IJplas .....	18
3.3	Conclusie .....	18
4	Beperking van negatieve ecologische effecten tijdens storten.....	19
4.1	Gedrag van verontreinigingen tijdens het storten .....	19
4.1.1	Zwevend stof .....	19
4.1.2	Organische microverontreinigingen .....	19
4.1.3	Zware metalen .....	20
4.1.4	Nutriënten .....	20
4.2	Timing van de stortwerkzaamheden .....	20
4.3	Storttechnieken .....	21
4.4	Conclusie .....	22
5	Literatuur .....	23



# Samenvatting

Bij het ecologisch onderzoek van de Noorder IJplas bleek dat gedeeltelijke verondieping van het noordelijk deel hiervan gunstig is voor flora en fauna. Er ontstond naar aanleiding hiervan behoefte aan aanvullende informatie over mogelijke effecten op de waterkwaliteit van de plas door (1) de verondieping zelf, (2) het afstromende water van een tijdelijk gronddepot en (3) door de activiteiten tijdens de stortfase.

## 1. Verondieping en waterkwaliteit

Delen dieper dan 10-20 meter verschaffen de plas zelfreinigend vermogen door stratificatie. De huidige goede waterkwaliteit van de Noorder IJplas, met zijn grote diepte, is waarschijnlijk voor een substantieel deel aan dit verschijnsel te danken. Verondieping van de diepe delen kan daarom beperkt plaatsvinden.

Ook ondiepe delen van een plas, waar waterplanten kunnen groeien, hebben een positief effect op de waterkwaliteit. De Noorder IJplas heeft veel steile oevers en relatief weinig ondiepe delen.

Uit bovenstaande volgt dat verondieping van de middendieptes (ondieper dan 10-20 m) naar een niveau waar waterplanten kunnen groeien, een positief effect kan hebben op de waterkwaliteit van de Noorder IJplas. Ook enige verondieping van de diepste delen (tot 15 m) is mogelijk zonder belangrijke verstoring van de stratificatie en waterkwaliteit.

De Noorder IJplas heeft een inhoud van ongeveer 5,5 miljoen m<sup>3</sup>. Bij een ecologisch verantwoord verondiepingsscenario, waarin met bovenstaande effecten rekening is gehouden, kan een hoeveelheid grond gestort kan worden van hooguit 1,9 miljoen m<sup>3</sup>. Mogelijk effecten van een afwijkende fysische of chemische samenstelling van de gebruikte grond zijn bij deze analyse buiten beschouwing gelaten en worden afzonderlijk gerapporteerd.

## 2. Lozing depotwater

Uitgangspunt is dat de waterkwaliteit van de plas niet of zo gering mogelijk wordt beïnvloed door het aan te leggen gronddepot. Afvoer naar het riool of eventueel naar het Noordzeekanaal verdient daarom de voorkeur boven ongezuiverde afvoer naar de plas. De te verwachten samenstelling van het depotwater is niet precies bekend. Op grond van de samenstelling van het percolatiewater van het huidige gronddepot (TOP/Noodstort) mag worden aangenomen dat lozing van percolatiewater in de plas zal leiden tot een substantiële verhoging van bestaande concentraties zware metalen en organische microverontreinigingen, in het bijzonder in de omgeving van het uitstroompunt.

Ook voor het huidige slibdepot, dat ongezuiverd op de Noorder IJplas loost, wordt het overwegen van een alternatieve afvoer aanbevolen.

### **3 Waterkwaliteit tijdens de stortfase**

Tijdens de stortfase zijn vertroebeling door zwevend stof en verrijking met stikstof bedreigingen voor de waterkwaliteit. Vooral als de plas brakker gaat worden zal hierdoor overmatige algengroei kunnen gaan optreden, omdat in brakke wateren eerder stikstof beperkend is dan fosfaat (zoals in zoete wateren). Negatieve effecten tijdens het verondiepen kunnen in belangrijke mate voorkomen worden door de juiste keuze van storttechniek, stortperiode en te storten grond:

- Mechanisch storten door een storkoker is voor de Noorder IJplas de beste storttechniek, hierbij zijn de stortverliezen in de bovenste waterlagen het kleinst.
- Verondiepen van diepe delen zou in de zomer plaats moeten vinden, als de plas gestratificeerd is zodat gesuspendeerd materiaal niet gemakkelijk in de bovenste waterlagen kan komen.
- Verondiepen van ondiepe delen kan juist beter in de winter, als de plas niet gestratificeerd is zodat gesuspendeerd materiaal naar de diepere lagen kan bezinken.
- De gestorte grond in de ondiepe delen zou bij voorkeur uit minerale grond moeten bestaan met een grote (stort)dichtheid, hoge samenhang (cohesie) en een laag gehalte aan organische stof. In de diepe delen gelden minder stringente eisen.

# 1 Inleiding

In de komende jaren zullen in de regio Amsterdam grote hoeveelheden grond vrijkomen, waarvoor een bestemming moet worden gezocht. In beginsel bestaat de mogelijkheid de Noorder IJplas hiervoor te gebruiken. De grote diepte langs de oevers van de plas vormt een belemmering voor een goede ontwikkeling van de waterplanten en de visstand. Verondieping van de plas door het storten van grond zou dus gunstige ecologische effecten voor de plas met zich mee kunnen brengen.

De resultaten van een thans lopend ecologisch onderzoek van de Noorder IJplas wijzen erop dat de waterkwaliteit van de plas opvallend goed is. Het werd duidelijk dat deze goede waterkwaliteit mede te danken was aan de grote diepte van de plas. In diepe wateren bezinkt een deel van de aangevoerde voedingsstoffen min of meer blijvend naar de diepere waterlagen. Daardoor worden dergelijke systemen minder beïnvloed door voedselverrijking (eutrofiering), een proces dat de waterkwaliteit van veel Nederlandse wateren in de afgelopen decennia heeft doen verslechteren. Verondieping zou dus ook negatieve effecten voor de Noorder IJplas kunnen hebben.

In het voorliggende rapport, dat een aanvulling vormt van bovengenoemd ecologisch onderzoek, wordt in hoofdstuk 3 nagegaan op welke wijze de Noorder IJplas verondiept kan worden zonder dat bovengenoemd 'zelfreinigende vermogen' te zeer wordt bedreigd. Daarbij zijn mogelijke negatieve effecten van een afwijkende fysische of chemische samenstelling van de gebruikte grond buiten beschouwing gelaten.

Bij verondieping van de Noorder IJplas zal aan de oever een tijdelijk gronddepot worden aangelegd. In hoofdstuk 4 wordt nagegaan wat de eventuele invloed is van oppervlakkig afstromend en percolatiewater op de plas en hoe kan worden voorkomen dat dit in de plas komt.

Een eventuele verondieping van de Noorder IJplas zal, afhankelijk van de hoeveelheid te storten grond, meerdere jaren in beslag nemen. In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op de tijdelijke verstoring die dit met zich meebrengt, en op de mogelijkheden om deze verstoring te beperken.

## 2 Mogelijke effecten van verondieping op de waterkwaliteit van de Noorder IJplas

### 2.1 Vorm en inhoud van de Noorder IJplas



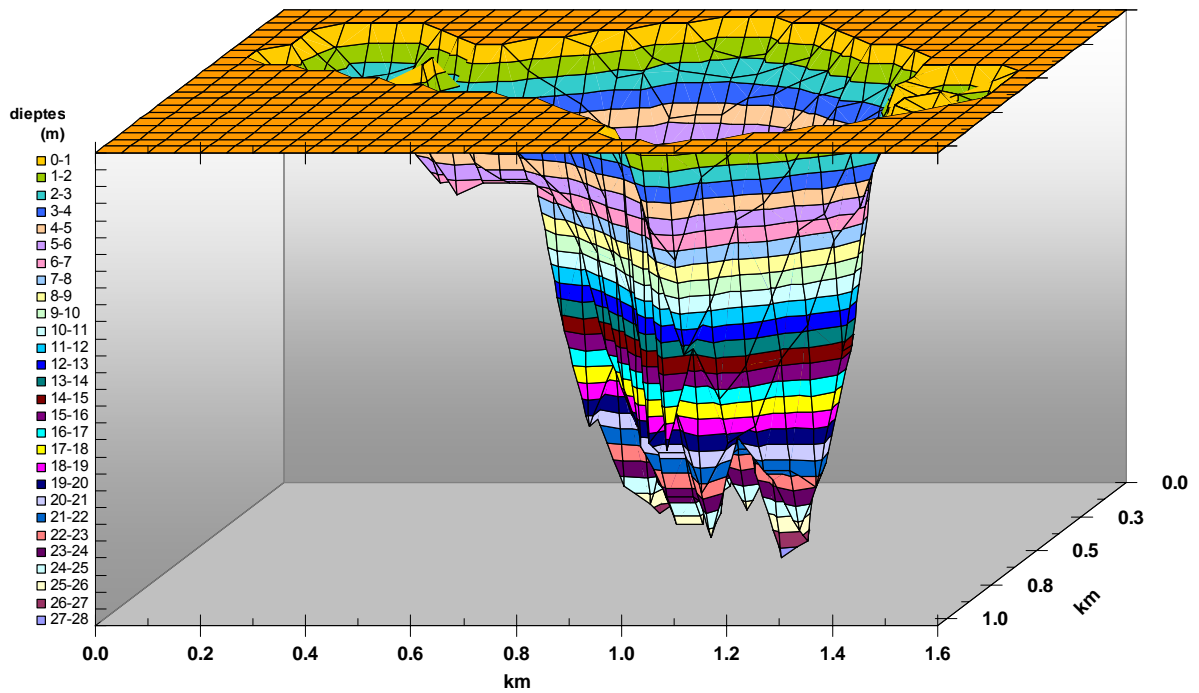
*Figuur 1 Luchtfoto van de Noorder IJplas en omgeving (Geo-web). Noord is boven.*

De Noorder IJplas bestaat uit twee delen, een klein ondiep zuidelijk deel (kleine plas) en een groter diep noordelijk deel (grote plas), zie Figuur 1. Om effecten van te storten grond te kunnen beoordelen zijn vorm en inhoud van de Noorder IJplas van belang. Deze zijn berekend op basis van uitgebreide dieptemetingen, uitgevoerd door Rijkswaterstaat directie Noord-Holland in januari 1989 (grote plas) en in februari 1990 (kleine plas). Met behulp van een raster van 50x50 m zijn uit deze gegevens een ruimtelijk beeld (Figuur 2), dieptelijnen (Figuur 3) en hypsografische curves (Figuur 4) van de plas berekend. Ook zijn oppervlakte en inhoud van beide onderdelen van de Noorder IJplas bepaald, zie Tabel 1. Opmerkelijk is dat de inhoud van de Noorder IJplas volgens deze berekening aanzienlijk minder is de 11 miljoen m<sup>3</sup> die genoemd wordt in Pomarius e.a. (2003). De hoeveelheid bij verondieping te storten grond is derhalve ook veel minder dan in bovenstaand rapport wordt genoemd.

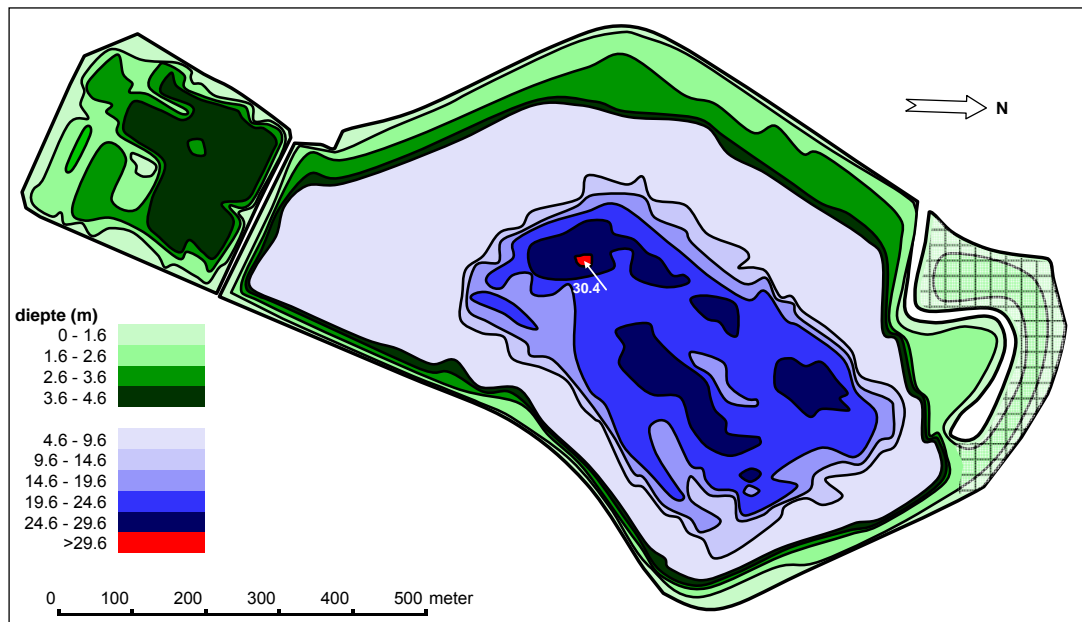
**Tabel 1** *Geschatte volumes en oppervlaktes van zuid- en noord-deel van de Noorder IJplas.*

	kleine plas	grote plas	samen
volume (x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	0.23	5.42	5.65
oppervlak (ha)	8.26	56.8	65.1

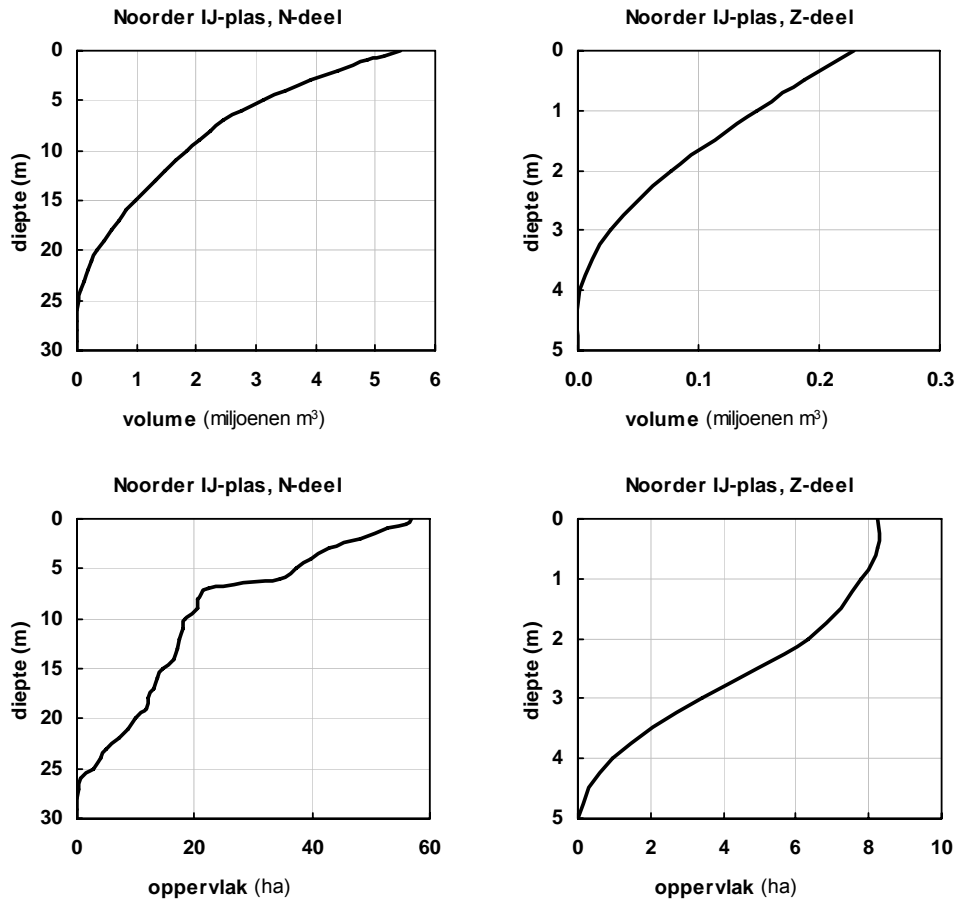




Figuur 2 Ruimtelijke weergave van de Noorder IJplas. Noord is rechts, de kleuren geven diepte-intervallen van 1 meter.



Figuur 3 Dieptekaart Noorder IJplas. Het geruite deel rechts (de omgeving van 'het Slurfje') zijn de dieptes indicatief weergegeven, er zijn hier geen uitgebreide dieptemetingen verricht.



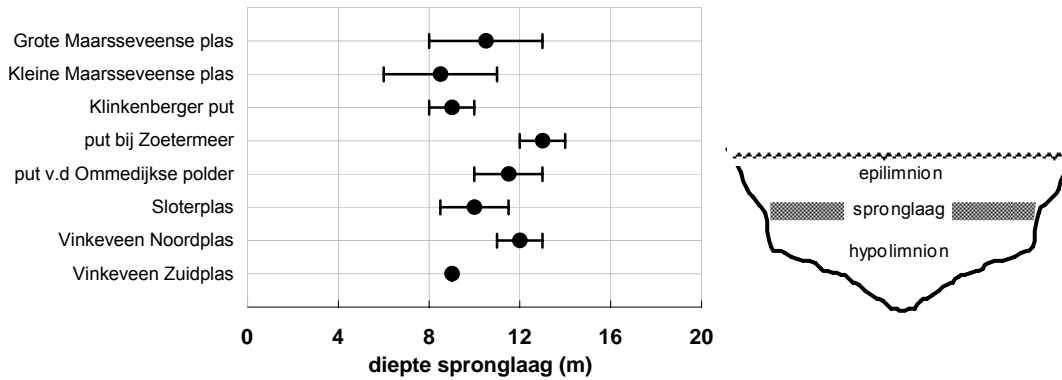
Figuur 4 *Hypsografische curves van de Noorder IJplas. Voor het ondiepere zuidelijke deel is een andere schaal gebruikt voor volume, oppervlakte en diepte.*

In de hypsografische curves van de Noorder IJplas (Figuur 4), zijn watervolumes onder een gegeven diepte uitgezet tegen de diepte. Met deze curves is een eerste inschatting te maken van het effect van een stortvolume op de verondieping. Zo is bijvoorbeeld af te lezen dat na het storten van 1 miljoen m<sup>3</sup> grond in de diepste delen, de noordplas nog 15 meter diep zou zijn. De kleinere zuidplas is met een volume van 0.23 miljoen m<sup>3</sup> van weinig van belang voor het bergen van grond.

## 2.2 Stratificatie

In diepere Nederlandse plassen treedt in de zomer in het algemeen temperatuurstratificatie op. Daarbij drijft een door de zon verwarmde en door de wind gemengde waterlaag, het epilimnion, op een zwaardere en koudere, nauwelijks gemengde onderlaag, het hypolimnion, zie bijgaande figuur. Beide lagen zijn gescheiden door een relatief smal gebied met een snel afnemende temperatuur, metalimnion of spronglaag genoemd<sup>1</sup>. In Nederlandse diepe meren ligt de spronglaag gewoonlijk op dieptes tussen 8 en 12 meter (Figuur 5).

<sup>1</sup> Thermocline, vaak als synoniem gebruikt, duidt feitelijk het vlak met de grootste temperatuurgradient aan.

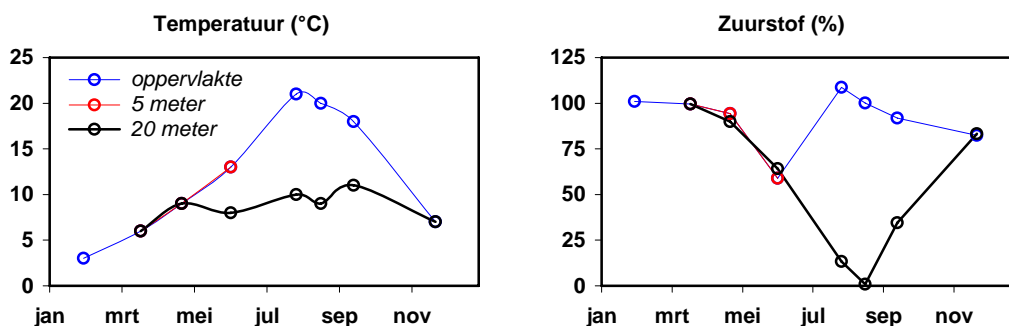


Figuur 5 Diepte van de spronglaag in enkele diepe gestratificeerde Nederlandse meren.  
Bron: Nijburg en Verhoeven 1999.

Als in het najaar de bovenste waterlaag afkoelt worden de dichtheidsverschillen tussen boven- en onderlaag kleiner, waardoor mengkrachten op grotere diepte kunnen doordringen. Diep en ondiep water worden dan weer gemengd, de spronglaag komt dieper te liggen en meestal is in de winter de stratificatie geheel verdwenen. Diepere plassen kunnen permanent gestratificeerd zijn, waarbij behalve diepte ook afmetingen en beschutting een rol spelen. In kleinere en relatief beschut gelegen plassen, waar de mengende werking van de wind niet groot is, is de stratificatieperiode gewoonlijk langer dan in grote onbeschutte wateren. Ook ligt de spronglaag vaak ondieper in deze meren.

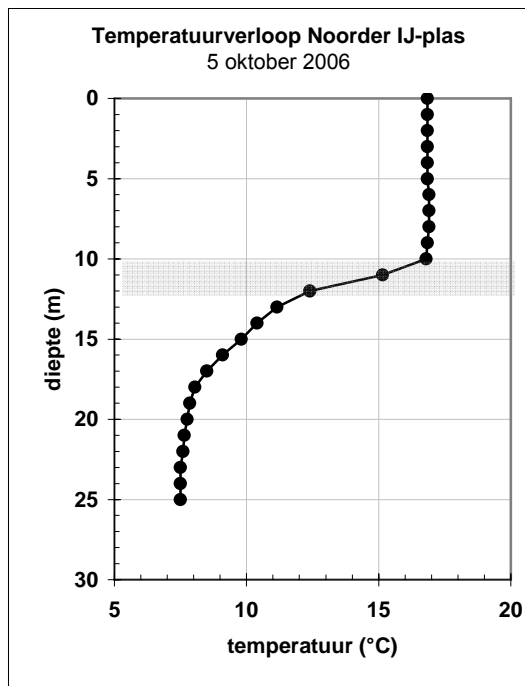
Tot 1982, toen het waterpeil laag was (-2,6 m NAP) en de plas mogelijk gevoed werd door kwel uit het brakke grondwater, waren de diepe waterlagen waarschijnlijk zouter dan de ondiepe lagen. Hierdoor was dit water extra zwaar, en de stratificatie stabiel en mogelijk permanent, een situatie zoals in het nabijgelegen Noordzeekanaal. Later is het waterpeil opgezet tot -0,4 m NAP, waardoor kwel overgegaan is naar inzinking. Een permanente stratificatie is in de huidige situatie dan ook niet meer te verwachten. In 1991 uitgevoerde metingen laten geen verhoogd zoutgehalte in de diepe lagen (meer) zien.

In 1991 zijn temperatuur en zuurstof van de diepere lagen van de Noorder IJplas gemeten (Figuur 6). De figuur laat zien dat de plas toen ruwweg van mei tot november gestratificeerd was. De diepe waterlagen werden niet veel warmer dan 10°C, terwijl de bovenste waterlagen verder opwarmden tot 22°C. Op welke diepte de spronglaag zich bevond is uit deze metingen niet precies op te maken. In juni was het water op 5 m diepte niet kouder dan aan het oppervlak, op 20 meter diepte duidelijk wel. De spronglaag lag toen dus tussen 5 en 20 meter diep. De zuurstofloosheid in de diepere lagen in september is het gevolg van afbraak van naar de diepe waterlagen bezonken materiaal.



Figuur 6 Verloop van temperatuur en zuurstof op drie dieptes van de Noorder IJplas in 1991.

Op 5 oktober 2006 is het verloop van de temperatuur met de diepte gemeten, zie Figuur 7. De spronglaag lag toen op een diepte van 10-12 meter, de temperatuur van de bovenlaag was 17°C. Eerder in het seizoen was de plas bovenin waarschijnlijk wat warmer, en lag de spronglaag wat hoger.



Figuur 7 Stratificatie van de Noorder IJplas. De spronglaag is met een grijze band aangegeven.

## 2.3 Waterdiepte en waterkwaliteit

### 2.3.1 Licht

Diepe plassen hebben over het algemeen helderder water met lagere algendichtheden maar meer verschillende algensoorten dan ondiepe systemen. De lagere algendichtheden zijn ten dele te verklaren doordat de maximale hoeveelheid algen begrensd wordt door de hoeveelheid licht. Die is voor diepe en ondiepe meren gelijk, maar in diepe meren worden de algen over een grotere diepte verdeeld, met lagere aantallen per volume als gevolg (Scheffer 1998).

### 2.3.2 Stratificatie

Gestratificeerde meren bezitten een 'zelfreinigend vermogen'. Algen en dode deeltjes zijn in het algemeen zwaarder dan water en zinken naar de bodem. In ondiepe meren wervelen deze deeltjes gemakkelijk weer op, maar in diepe gestratificeerde meren is resuspensie nauwelijks mogelijk vanwege de minimale mengkrachten in de diepe waterlagen. Er is in deze meren 's zomers dus een netto verlies van deeltjes en nutriënten naar het hypolimnion, waardoor diepe plassen de neiging hebben voedselarm en helder te blijven. Vanwege dit effect wordt in ondiepe troebele meren (Loosdrechtse plassen) het aanbrengen van plaatselijke verdiepingen ('slibvang') als mogelijke maatregel gezien om de helderheid te verhogen. Ook in het najaar, als de stratificatie verdwijnt, zijn de mengkrachten op grotere diepte zo gering dat slechts een deel van de bezonken deeltjes en de daaruit vrijgekomen nutriënten de bovenste waterlagen kunnen bereiken. Het door stratificatie verkregen zelfreinigende vermogen van diepe meren is dan ook van min of meer permanente aard.

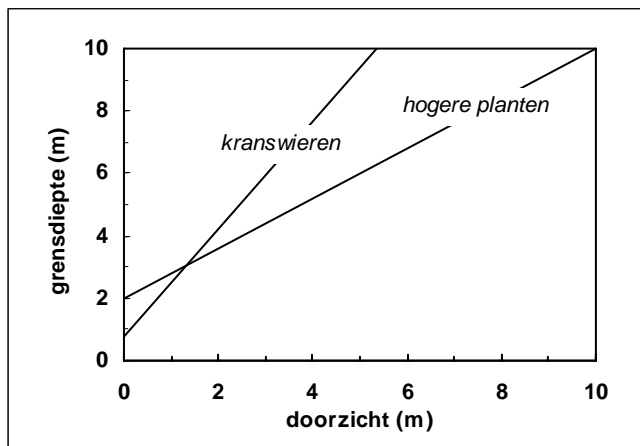
Uit de waterkolom recht boven het hypolimnion is het verlies door bezinking van deeltjes het grootst. Vanuit de overige delen van het meer is eerst horizontaal transport nodig voordat uitzinken naar het hypolimnion mogelijk is. Bij steile oevers bevindt een relatief groot deel van het

meer zich boven het hypolimnion, wat de effectiviteit van het zelfreinigend vermogen in gestratificeerde meren ten goede komt. In Figuur 4 is het oppervlak van waterlagen van verschillende dieptes in de Noorder IJplas weergegeven. Uit de curves is af te lezen dat, bij een epilimniondiepte van 10 meter, ruwweg een derde van het oppervlak van de grote N-plas boven het hypolimnion zou liggen.

### 2.3.3 Waterplanten

Ook al zijn diepe meren gewoonlijk helder, beneden een zekere diepte is er op de bodem onvoldoende licht voor groei van waterplanten. Een groot deel van de bodem van diepe systemen zal dus onbegroeid zijn. Echter, ook vegetaties van waterplanten verlenen een meer een zelfreinigend vermogen. Door verminderde mengkrachten tussen de planten is er minder resuspensie en een verhoogde bezinking van deeltjes die vervolgens op en in de bodem worden afgebroken. Ook andere factoren verklaren de vaak lage algendichtheden in systemen met veel waterplanten, zoals gunstige leefomstandigheden voor zooplankton (dat de algen begraast) en competitie om nutriënten tussen algen en waterplanten (Scheffer 1998).

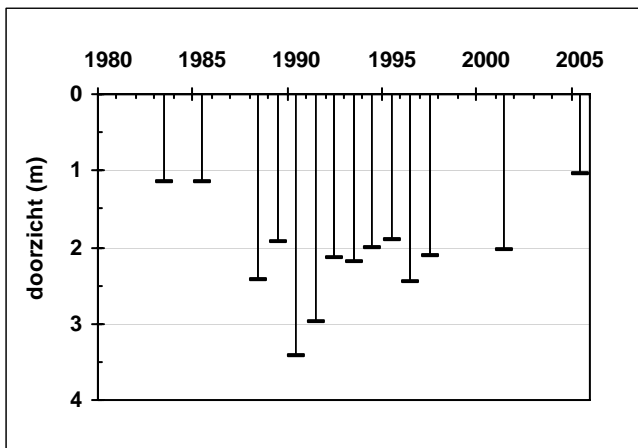
In helder water kunnen waterplanten tot op grotere diepte groeien dan in troebel water. In Figuur 8 is de relatie weergegeven die is gevonden voor een aantal Zweedse en Canadese meren. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen de aan dieper water aangepaste kranswieren en hogere planten.



Figuur 8 De relatie tussen doorzicht en de grootste diepte waarop waterplanten groeiden in een aantal Zweedse en Canadese meren. Bron: Blindow 1992.

Het gemiddelde doorzicht midden op de Noorder IJplas in de zomer is zo'n 2 meter, zie Figuur 9. Bij een dergelijke helderheid van het water zou dus groei van waterplanten mogelijk zijn tot op dieptes van 3 a 4 meter. Bij recente veldwaarnemingen is groei van waterplanten in de Noorder IJplas waargenomen tot op dieptes van 3 meter.

In Figuur 4 is af te lezen dat ruwweg tweederde deel van de grote N-plas dieper is dan 4 meter. In de huidige situatie lijkt het potentiële zelfreinigend vermogen van waterplant-vegetaties dan ook niet groot. Verondieping kan, door vergroting van het voor waterplanten geschikte bodemareaal, dan ook een positief effect op de waterkwaliteit van de Noorder IJplas hebben.



Figuur 9 Gemiddeld doorzicht in de zomer midden op de Noorder IJplas.

## 2.4 Verondiepingsscenario's

Hierboven is vastgesteld dat het diepe deel van de meerbodem, het deel dat grenst aan het hypolimnion, een positief effect op de waterkwaliteit zal hebben omdat daar deeltjes en nutriënten 'verdwijnen'. Bij een eventuele verondieping zouden de diepere delen van de plas dus bij voorkeur onaangetast moeten blijven.

Ook het deel van de meerbodem dat zo ondiep is dat er waterplanten kunnen groeien zal de waterkwaliteit positief beïnvloeden, o.a. vanwege een verhoogde bezinking in waterplantenvegetaties. De ondiepere delen van de plas zouden bij een eventuele verondieping dus bij voorkeur dus ook onaangetast moeten blijven.

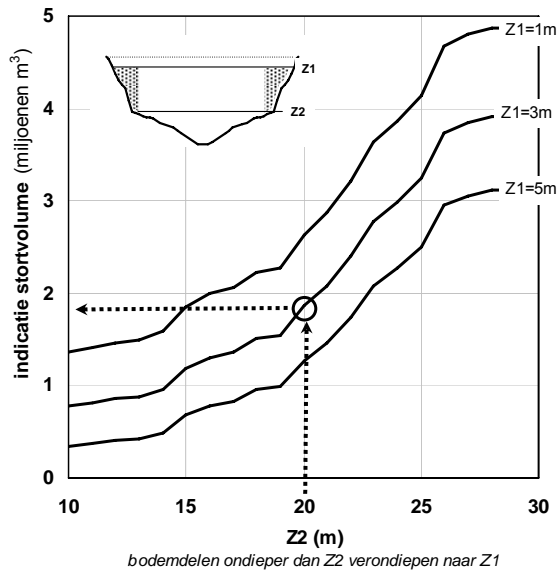
De middendieptes tussen deze zones in zijn voor het zelfreinigend vermogen van de plas van minder belang, en komen vanuit ecologisch gezichtspunt het eerst in aanmerking voor verondieping. Bij verondieping van deze middendieptes tot een niveau waar waterplanten kunnen groeien kan sprake zijn van een positief effect van de verondiepingsoperatie op de waterkwaliteit.

### 2.4.1 Verondieping middendieptes

In Figuur 10 is een indicatie van mogelijke volumes van te storten grond weergegeven bij het verondiepen van middendieptes vanaf diepte Z2 naar 1, 3 of 5 meter (Z1).

Een keuze zou kunnen zijn om bodemdelen dieper dan 20 meter in stand te houden, en bodemdelen ondieper dan 20 meter te verondiepen naar 3 meter. Deze optie is in de figuur ingetekend. Er is af te lezen dat bij dit scenario bijna 2 miljoen m<sup>3</sup> grond gestort zou kunnen worden.

De stortvolumes in de figuur zijn echter overschat, omdat geen rekening is gehouden met een noodzakelijke zone met een flauw talud tussen diepe en ondiepe delen. Bij een taludhelling van 20 graden in deze overgangszone zijn de feitelijke stortvolumes zo'n 25-30% lager. In het in de figuur ingetekende voorbeeld blijft er dan nog een stortvolume van zo'n 1.4 miljoen m<sup>3</sup> over.

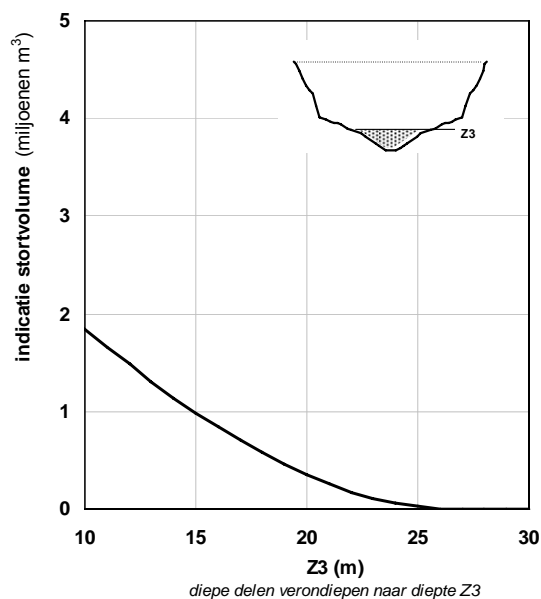


Figuur 10 *Indicatie van het volume te storten grond wanneer middendieptes van de grote Noorder IJplas worden verondiept tot 1, 3 of 5 meter. Z2 geeft aan vanaf welke diepte wordt verondiept. Delen dieper dan Z2 worden ongemoeid gelaten teneinde stratificatie te behouden. Berekening op basis van loodrechte taluds. Bij een taludhelling van 20 graden zijn de stortvolumes 25-30% lager. De pijlen geven een in de tekst genoemde optie aan.*

#### 2.4.2 Verondieping diepste delen

De maximale diepte van de Noorder IJplas bedraagt 30 meter, terwijl het hypolimnion naar schatting begint op dieptes van maximaal 12 meter. Het lijkt dus mogelijk om ook een deel van de diepere bodemdelen voor het storten van grond te gebruiken zonder daarbij de stratificatie te verstoren.

In Figuur 11 zijn de mogelijke volumes van te storten grond weergegeven bij verondieping van de diepste delen van de grote Noorder IJplas tot einddieptes variërend van 10 tot 25 meter (Z3).



Figuur 11 *Indicatie van het volume te storten grond wanneer de diepste delen van de grote Noorder IJplas worden verondiept tot diepte Z3.*

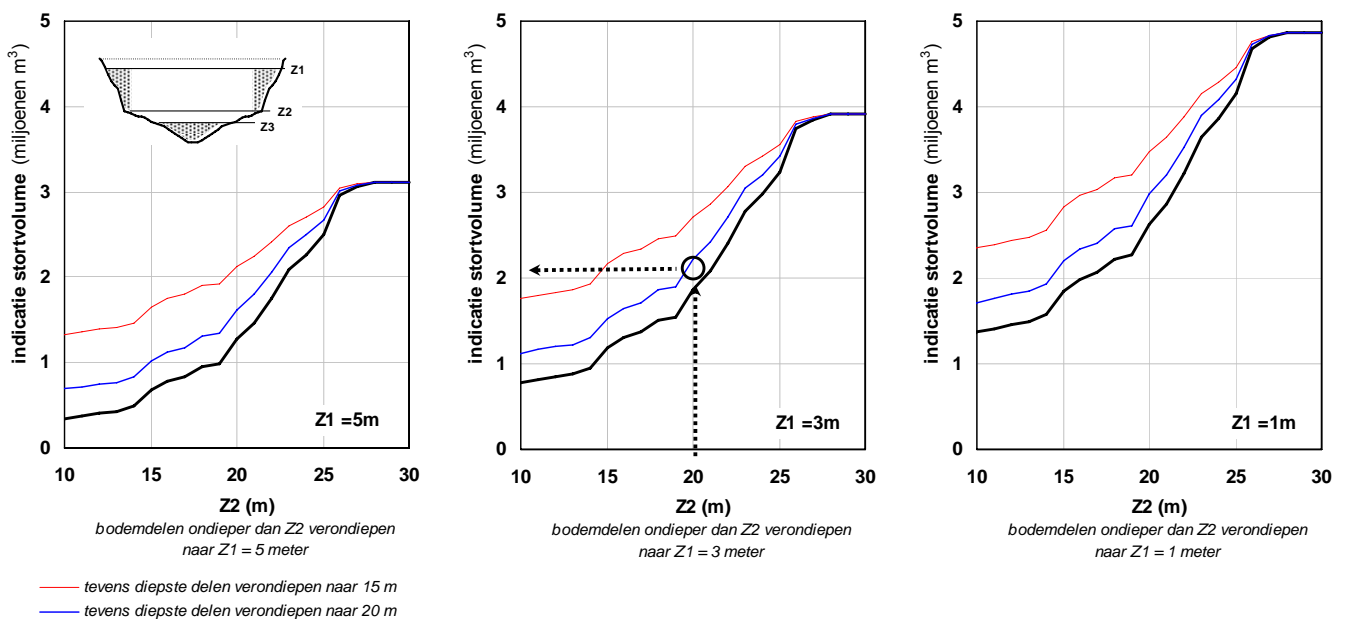
Om het zelfreinigend vermogen van de stratificatie niet te zeer te beïnvloeden is verondieping van de diepste delen tot minder dan 15 meter niet wenselijk. Uit de figuur is af te lezen dat met deze beperking maximaal 1 miljoen m<sup>3</sup> grond gestort kan worden in de diepste delen van de Noorder IJplas. Anders dan in het vorige scenario is hier geen sprake van een overschatting, omdat er bij deze vorm van verondieping geen overgangstalud nodig is.

Van verondiepen van de diepste delen is overigens wel enig effect op het zelfreinigend vermogen te verwachten. Tijdens ongestratificeerde periodes in de winter is enig transport van deeltjes en nutriënten vanuit diepe naar ondiepe lagen mogelijk. Hoe dieper het meer, hoe geringer dit transport. De diepere lagen raken ook het eerste gestratificeerd in het voorjaar, en blijven het langst gestratificeerd in de herfst. Verondieping van de diepste delen verkort dus de gestratificeerde periode, en kan ook om die reden enige toename van de uitwisseling tussen hypolimnion en epilimnion veroorzaken.

#### 2.4.3 Middendieptes en diepste delen verondiepen

In Figuur 12 zijn de mogelijke volumes van te storten grond weergegeven bij een combinatie van bovengenoemde scenario's, dus wanneer zowel diepere delen als middendieptes van de grote Noorder IJplas zouden worden verondiept. Een keuze zou kunnen zijn om bodemdelen ondieper dan 20 meter te verondiepen naar 3 meter, en de diepere delen naar 20 meter. Deze optie is in de figuur ingetekend. Er is af te lezen dat bij dit scenario ruim 2 miljoen m<sup>3</sup> grond gestort zou kunnen worden. Een vergelijkbare hoeveelheid grond zou gestort kunnen worden als vanaf 15 meter naar 3 meter wordt verondiept, en de diepere delen naar 15 meter.

De stortvolumes in de figuur zijn echter overschat, omdat geen rekening is gehouden met een noodzakelijke zone met een flauw talud tussen diepe en ondiepe delen. Bij een taludhelling van 20 graden in deze overgangszone zijn de feitelijke stortvolumes zo'n 15-30% lager. In het in de figuur ingetekende voorbeeld blijft er dan nog een stortvolume van zo'n 1.7 miljoen m<sup>3</sup> over.



Figuur 12 Indicatie van het volume te storten grond bij verondieping van zowel middendieptes als diepere delen. Berekening op basis van loodrechte taluds. Bij een taludhelling van 20 graden zijn de stortvolumes 15-30% lager. De pijlen geven een in de tekst genoemde optie aan.



## 2.5 Conclusie

De grote diepte verschaft de Noorder IJplas een zelfreinigend vermogen waaraan de plas (mede) zijn goede waterkwaliteit dankt. Ook ondiepe delen waar waterplanten kunnen groeien zijn gunstig voor de waterkwaliteit. Voor het bergen van overtollige grond komen in eerste instantie dan ook bodemdelen in aanmerking die te diep zijn voor groei van waterplanten (dieper dan 3-4 m), maar nog niet zo diep dat er in de zomer stratificatie optreedt (ondieper dan 10-15 meter). Als deze middendieptes van de plas op een niveau worden gebracht waar waterplanten kunnen groeien, kan verondieping een positief effect hebben op de waterkwaliteit.

Naast verondieping van middendieptes lijkt ook enige verondieping van de diepste delen mogelijk zonder ernstige effecten op de waterkwaliteit.

In Tabel 1 zijn schattingen van stortvolumes voor enkele verondiepingsscenario's voor het noordelijk deel van de Noorder IJplas samengevat. Bij het berekenen van deze volumes is rekening gehouden met een overgangszone met een flauw verlopend talud tussen diepe en ondiepe delen (hellingshoek 20 graden).

**Tabel 2** *Geschatte stortvolumes bij een aantal verondiepingsscenario's voor het noordelijke deel van de Noorder IJplas*

<b>verondieplings-scenario</b>	<b>stortvolume</b>
1. plas geheel dempen	5.4
2. plas geheel verondiepen naar 3 meter	3.9
3a. delen ondieper dan 20m verondiepen naar 3 meter	1.4
3b. tevens diepste delen verondiepen naar 20 meter	1.7
4a. delen ondieper dan 15 m verondiepen naar 3 meter	0.9
4b. tevens diepste delen verondiepen naar 15 meter	1.9
	miljoenen m <sup>3</sup>

Het eerste 'scenario' in bovenstaande tabel geeft het maximaal haalbare stortvolume. In het tweede scenario gaat de stratificatie van de plas verloren, en daarmee het hieraan verbonden zelfreinigende vermogen. Het noordelijk deel van de Noorder IJplas zal bij dit scenario overeenkomsten vertonen met het ondiepere zuidelijke deel, waar de waterkwaliteit duidelijk slechter is. Van de scenario's in de tabel lijken alleen 3 en 4 ecologisch verantwoord.

Bovenstaande globale analyse van verondiepingsscenario's duidt erop dat bij een ecologisch verantwoorde verondieping een hoeveelheid grond gestort kan worden van hooguit 2 miljoen m<sup>3</sup>. Mogelijk negatieve effecten van een afwijkende fysische of chemische samenstelling van de gebruikte grond zijn bij deze analyse buiten beschouwing gelaten.



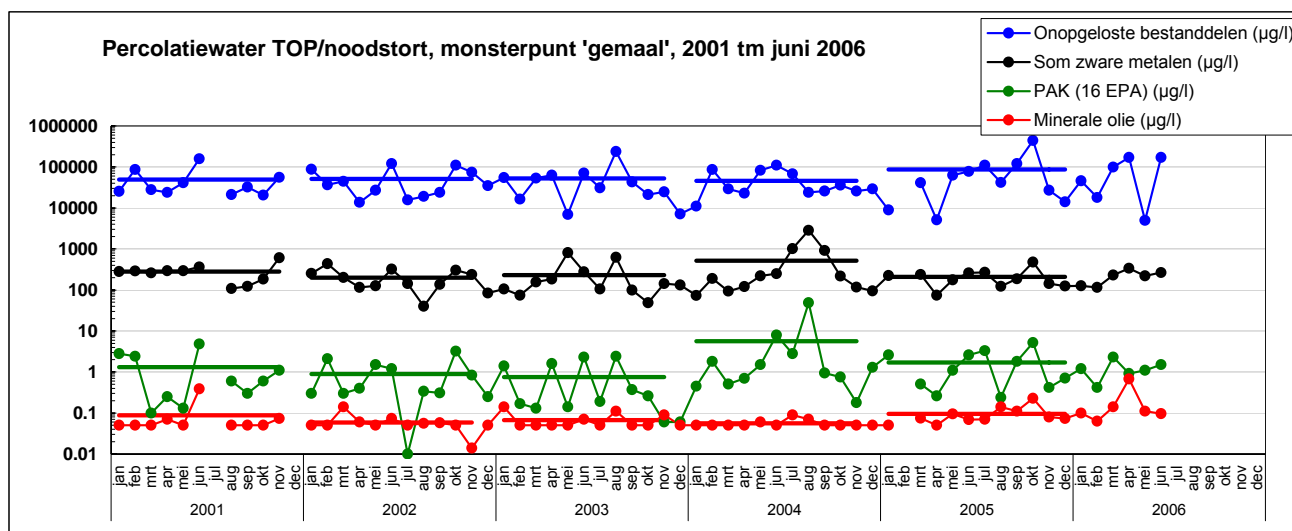
### 3 Effecten lozing depotwater op stofconcentraties in de Noorder IJplas

#### 3.1 Effecten bij verplaatsing van TOP/Noodstort naar tijdelijk depot Noorder IJplas

Verontreinigde grond in Amsterdam wordt op dit moment afgevoerd naar een depot van de Grondbank Amsterdam in het westelijk havengebied (TOP/Noodstort). Het gronddepot van de Grondbank zal mogelijk worden verplaatst naar een tijdelijk depot bij de Noorder IJplas. Het percolatiewater van dit tijdelijke depot kan worden afgevoerd naar het riool, al of niet na zuivering ter plaatse, maar ook ongezuiverde afvoer naar de Noorder IJplas is als mogelijkheid genoemd.

##### 3.1.1 Samenstelling depotwater TOP/Noodstort

De effecten van ongezuiverde lozing in de Noorder IJplas zijn ingeschat op basis van de samenstelling van depotwater van TOP/Noodstort. Percolatiewater en oppervlakkig afstromend water van TOP/Noodstort, jaarlijks ca 21 000 m<sup>3</sup>, verzamelt zich bij een gemaal, vanwaar het naar de RWZI West en verder naar de nieuwe centrale waterzuivering van Amsterdam wordt gepompt. Van dit water is de concentratie van een beperkt aantal verontreinigingen gemeten: minerale olie, PAK 16 (EPA), de som van de zware metalen koper, chroom, lood, nikkel, zink en arseen, en EOX (extraheerbare organo halogenen). Tevens is het gehalte aan onopgeloste bestanddelen bepaald. In Figuur 13 zijn de metingen van de periode 2001-2006 ingetekend, met de jaargemiddelden.



Figuur 13 Waarden en jaargemiddelden van maandelijks uitgevoerde analyses van bij het TOP/Noodstort gemaal genomen watermonsters.

Om een indruk te krijgen van de effecten van ongezuiverde afvoer van percolatiewater naar de plas na verplaatsen van TOP/Noodstort, zijn jaarvruchten van gemeten verontreinigingen berekend op basis van gemiddelde afvoer- en concentratiegegevens. In Tabel 3 worden deze vrach

**Tabel 3 Schatting van de effecten van lozing van percolatiewater in het noordelijk deel van Noorder IJplas indien gronddepot TOP/Noodstort zou worden verplaatst. De zware metalen zijn Cu, Cr, Pb, Ni, Zn en As. PAK-concentraties in de plas zijn alleen in 1991 gemeten.**

	Onopgeloste bestanddelen	Minerale olie	PAK (16 EPA)	Som zware metalen	EOX
<b>1. berekening jaarvracht</b>					
gemiddelde stofconcentraties in afgevoerd water TOP/Noodstort 2001-2006	57 mg/l	0.07 µg/l	2.1 µg/l	287 µg/l	onder detectiegrens
gemiddeld debiet TOP/Noodstort (m <sup>3</sup> /jaar)	21000	21000	21000	21000	
vracht: kg per jaar naar NIJP afgevoerd	1196	0.002	0.04	6	
<b>2. berekening reeds in NIJP aanwezig</b>					
gemiddelde stofconcentratie in Noorder IJ-Plas 1990-2005	5 mg/l	niet gemeten	0.12 µg/l	12 µg/l	onder detectiegrens
kg stof in gehele Noorder IJ-Plas	27109		0.65	65	
kg stof in epilimnion (bovenste 6 meter)	13779		0.33	33	
<b>3. jaarvracht als % van reeds in NIJP aanwezig</b>					
gehele Noorder IJ-Plas	4%		7%	9%	
epilimnion	9%		13%	18%	

ten vergeleken met de reeds in de Noorder IJplas aanwezige hoeveelheden van deze verontreinigingen.

De geloosde verontreinigingen zullen uiteindelijk in de hele plas terecht komen. In de zomer, als de plas gestratificeerd is, komen ze in eerste instantie alleen in de bovenste waterlagen (het epilimnion) terecht, aangezien er tijdens stratificatie nauwelijks uitwisseling met de diepere waterlagen mogelijk is. Daarom zijn de vrachten niet alleen als % van de totale hoeveelheid in de plas aanwezige stof uitgedrukt, maar ook als % van de hoeveelheid in het epilimnion aanwezige stof. Daarbij is gerekend met een epilimniondiepte van 6 meter.

De tabel laat zien dat ongezuiverd lozen van percolatiewater leidt tot een jaarlijkse toename van verontreinigingen in de orde van 5-10%. Bij verspreiding over alleen de bovenste waterlagen is dit percentage nog hoger. Aangezien de verondiepingswerkzaamheden zeker tien jaar gaan duren, is het duidelijk dat ongezuiverd lozen van percolatiewater tot aanzienlijke verontreinigingen van de plas kan leiden, en derhalve geen aantrekkelijke optie is.

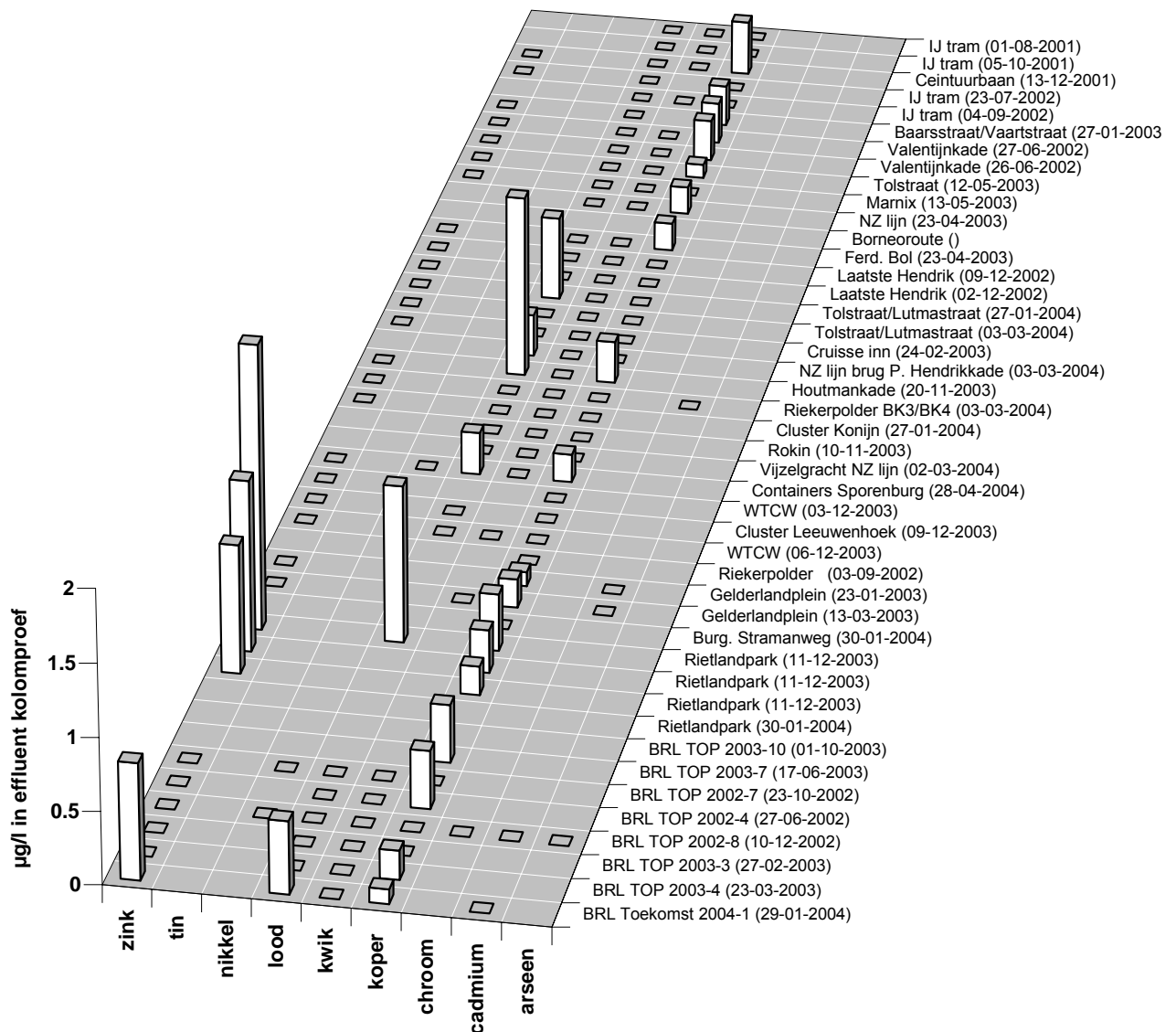
Er zijn nog een aantal redenen om percolatiewater niet ongezuiverd in de plas te lozen:

- Organische microverontreinigingen en zware metalen hechten zich relatief goed aan fijne slibdeeltjes. Naar verwachting zullen veel van deze deeltjes in de omgeving van het uitstroompunt achterblijven, met mogelijk substantiële plaatselijke verontreinigingen als gevolg.
- Over het te lozen water missen gegevens van mogelijke verontreinigingen zoals PCB's, cadmium en kwik. Van de zware metalen is alleen de opgeloste fractie gemeten, aan deeltjes gehechte metalen zijn niet meegenomen.
- Het percolatiewater is een potentiële bron van voedselverrijking. Het gehalte aan belangrijke voedingsstoffen als fosfor en stikstof is niet bekend, maar heldere voedselarme meren zoals de Noorder IJplas zijn relatief gevoelig voor verstoringen door verrijking met voedingsstoffen.

Afvoeren van het percolatiewater van het baggerdepot naar het riool heeft daarom de voorkeur. Mogelijk is ook afvoer naar het nabijgelegen Noordzeekanaal een optie.

### 3.1.2 Kolomproeven met naar TOP/Noodstort aangevoerde grond

Met een aantal in de periode 2001 - 2004 naar TOP/Noodstort aangevoerde grondmonsters zijn kolomproeven uitgevoerd met de bedoeling om uit de metaalconcentraties in het effluent een indruk te krijgen van de hoeveelheid zware metalen die in percolatiewater van deze grond te verwachten is. Helaas zijn ook hier geen nutriëntconcentraties gemeten. De resultaten zijn bijeengebracht in Figuur 14.



Figuur 14 Concentraties van zware metalen in effluent van kolomproeven uitgevoerd met naar TOP/Noodstort afgevoerde grond van diverse locaties. Witte kolommen geven waarden boven de detectiegrens, grijze rechthoeken waarden onder de detectiegrens, lege vakjes: niet gemeten.

De in deze experimenten gemeten concentraties zijn veel lager dan in het percolatiewater van TOP/Noodstort. De som-waarde van alle gemeten metalen komt voor geen enkel monster uit boven 3.5 µg/l. De gemiddelde concentratie van de zware metalen in het percolatiewater van TOP/Noodstort is bijna 100x zo hoog: 287 µg/l (zie Figuur 13). Het lijkt erop dat de kolomproeven geen adequate indruk geven van de te verwachten metaalconcentraties in het percolatiewater van TOP/Noodstort. Mogelijk bestaat de bij de kolomproeven gebruikte grond uit minder verontreinigde partijen. Wellicht zijn ook de uitloopprocessen in de kolomproeven niet geheel vergelijkbaar met die in het gronddepot.

### 3.2 Effecten van huidig baggerdepot bij Noorder IJplas

Aan de noordkant van de plas is in 1995 een depot aangelegd met een maximale capaciteit van 24 000 m<sup>3</sup> waar Stadsdeel Amsterdam-Noord incidenteel bagger stort. Er wordt geschat dat er hiervan ongeveer 1 m<sup>3</sup> water per uur via een buis de plas instroomt, dat is zo'n 9 000 m<sup>3</sup>/jaar, bijna de helft van het geschatte debiet van TOP/Noodstort. Het zwevendestofgehalte is met 21-70 mg/l vergelijkbaar met dat van TOP/Noodstort.

Op 4-9-2006 is een analyse van het depotwater uitgevoerd, waarin relatief hoge waarden voorkwamen voor zwavel, stikstof en arseen (resp. zo'n 5x, 8x en 50x het gemiddelde van de concentraties in de plas). Het gaat hier echter om een eenmalig monster, dat bovendien niet representatief is aangezien kort tevoren een nieuwe partij slib was gestort. Er zijn dus onvoldoende gegevens van voedingsstoffen en verontreinigingen voor een oordeel over mogelijk negatieve effecten van het depotwater op de plas.

De op pag. 16 genoemde argumenten om bij een eventuele verplaatsing van TOP/Noodstort percolatiewater niet ongezuiverd in de Noorder IJplas te lozen, zijn in feite ook van toepassing op de lozingen van het reeds bestaande baggerdepot. Wellicht is afvoeren naar het nabijgelegen Noordzeekanaal een optie.

### 3.3 Conclusie

Als het gronddepot TOP/Noodstort wordt verplaatst naar een locatie bij de Noorder IJplas, zou vrijkomend depotwater niet ongezuiverd in de plas geloosd moeten worden. Er zijn onvoldoende gegevens voor een volledige beoordeling, maar de verwachte aanvoer van zware metalen en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) naar de plas is niet te verwaarlozen, te meer daar deze verontreinigingen vooral in de omgeving van het uitstroompunt achterblijven. Ook verontreiniging met voedingsstoffen voor algen zou in de relatief voedselarme Noorder IJplas een probleem kunnen vormen, maar nutriëntgegevens van het depotwater zijn niet voorhanden, omdat de vergunning van TOP/Noodstort deze niet vereisen.

Afvoer naar het riool of mogelijk naar het Noordzeekanaal zijn alternatieven.

Ook voor het huidige gronddepot, dat ongezuiverd op de Noorder IJplas loost, wordt het overwegen van een alternatieve afvoer aanbevolen.

## 4 Beperking van negatieve ecologische effecten tijdens storten

Een eventuele verondieping van de Noorder IJplas zal, afhankelijk van de hoeveelheid te storten grond, meerdere jaren in beslag nemen. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de tijdelijke effecten gedurende de stortfase op slibhuishouding, verontreiniging en voedselrijkdom van de plas, en op de mogelijkheden om deze effecten te beperken. Informatie hierover is vooral afkomstig van rapporten van het Advies- en Kenniscentrum Waterbodems (AKWA) over de effecten van storten van baggerspecie in open en geïsoleerde putdepots op het omringende oppervlaktewater.

### 4.1 Gedrag van verontreinigingen tijdens het storten

#### 4.1.1 Zwevend stof

Van der Heijdt e.a. (1999) vonden dat bij het storten van baggerslib in open putdepots onder rustige hydrodynamische condities de verhoging van zwevende stofgehalten beperkt bleef tot een gering gebied en een korte tijdsduur (hooguit enkele uren). In Cromstrijen (onderlossers en knijpers) was zwevend stof na 20 min weer op achtergrondniveau (Verbeek & Cornelisse 1993). Door aangepaste stortmethoden (met valpijp en hydraulisch middels een diffusor) kunnen de effecten nog verder beperkt worden. Wel is het zo dat vooral deeltjes <2µm relatief lang in suspensie blijven, en dat die deeltjes vaak de meest verontreinigde fractie zijn.

De snelheid waarmee zwevend stof bezinkt is echter ook afhankelijk van de eigenschappen van het te storten materiaal. Een grote (stort)dichtheid, hoge samenhang (cohesie) en grof materiaal (zandige materiaal) zijn gunstig. In de Zevenhuizerplas, waar via een 10 meter lange pijp dek-laaggrond werd teruggestort, bleef het doorzicht langere tijd sterk verminderd, vermoedelijk door organische deeltjes die slecht bezonken (Van Kesteren & Smits 2000). Pas nadat in het voorjaar de plas stratificeerde, trad binnen enkele weken een verbetering op. Later werd de stortmethode geoptimaliseerd (minder water bijmengen, vlak boven de bodem lozen met een diffusor), waardoor de verspreiding van zwevend stof veel minder was. Het is duidelijk dat voor het verondiepen zo mogelijk minerale grond gebruikt moet worden, met een laag gehalte aan organische bestanddelen.

Bij meerdere stortingen kort achter elkaar op dezelfde plek is het van belang dat de tussenliggende tijd voldoende lang is voor volledige bezinking van in suspensie geraakte deeltjes, zodat het water niet 'opgeladen' wordt met zwevend stof (Van Pijkeren e.a. 2001).

#### 4.1.2 Organische microverontreinigingen

Verontreinigingen komen opgelost in poriewater en gebonden aan deeltjes voor. De eerste fractie komt in het oppervlaktewater terecht als het slib daar suspendeert. Organische microverontreinigingen (bv PCB's, PAK's) zijn sterk gebonden aan organisch materiaal en deeltjes, meestal is >99% deeltjesgebonden. Belasting met microverontreinigingen via uittredend poriewater wordt daarom verwaarloosbaar geacht (Van Pijkeren e.a. 2001).

Belasting door desorptie van deeltjesgebonden microverontreinigingen is gewoonlijk beperkt tot slechts enkele procenten, tenzij er sprake is van lange verblijftijden, (bijvoorbeeld bij ondiep storten van traag sedimentarend materiaal) of een hoge stortfrequentie (waarbij gesuspendeerde deeltjes niet de gelegenheid krijgen tussentijds te bezinken).

Na bezinken komt nog enige tijd consolidatiewater vrij door het samenpersen van de gestorte grond. Dit water kan ook verontreinigingen bevatten, maar de effecten op het omringende water zijn gering omdat het om relatief kleine volumes gaat.

#### 4.1.3 Zware metalen

Ook zware metalen zijn merendeels gebonden aan deeltjes (adsorptie of neerslag). Verontreiniging met zware metalen via uittredend poriewater wordt daarom als verwaarloosbaar beschouwd. Neergeslagen metalen (sulfiden) kunnen wel in oplossing gaan door oxidatie in zuurstofrijk water. Echter, bij snel bezinken of diep storten is de tijd hiervoor kort. Bovendien worden onder aërobe condities ook ijzer- en mangaan- (hydr)oxides gevormd, waaraan vrijkomende metalen weer adsorberen.

#### 4.1.4 Nutriënten

Poriewater bevat veelal veel meer fosfor (P) dan oppervlaktewater. Dit adsorbeert gemakkelijk aan zich vormende Fe-oxiden, zodat verspreiding van P door uittredend poriewater gewoonlijk als verwaarloosbaar wordt beschouwd.

Stikstof (N) komt vaak in hoge concentraties voor in poriewater. Anders dan fosfor en de eerdergenoemde componenten wordt N niet sterk aan deeltjes gebonden, maar komt vooral voor in opgeloste vorm als ammonium of nitraat. De verspreiding van stikstof moet dan ook wellicht als een van de meest realistische risico's voor het oppervlaktewater worden beschouwd (Van der Heijdt e.a. 1999). Zo nam de N-concentratie in de Zevenhuizerplas toe van minder dan 0.5 mg/l naar 12 mg/l na het storten van deklaaggrond van een nabijgelegen zandwinplas (Grontmij 2006b). Ook ammonium-N steeg aanvankelijk sterk, maar werd door nitrificatie relatief snel omgezet in nitraat. De nitraat-concentratie daalde minder snel (ongeveer 43% per jaar) waardoor terugkeer naar het oorspronkelijke N-niveau enkele jaren kan gaan duren. Niet vermeld is of er methoden zijn toegepast om verspreiding tijdens het storten tegen te gaan.

Het zijn vooral de eigenschappen van het ontvangende water (eutrofiëringgevoeligheid en procentuele bijdrage aan de totale N-vracht) die het effect van verrijking met N bepalen, meer dan samenstelling en textuur van de grond zelf (Van Pijkeren e.a. 2001). Gezien de lage nutriëntgehalten is de eutrofiëringgevoeligheid van de Noorder IJplas relatief hoog. Aanvoer van nutriënten als stikstof en fosfor zou tot hogere algendichtheden, verminderd doorzicht en mogelijk ook tot een groter aandeel van ongewenste blauwalgen kunnen leiden. Echter, uit de verhouding van stikstof en fosfor in de plas blijkt dat stikstof in een relatieve overmaat aanwezig is, zodat de hoeveelheid algen niet door stikstof, maar door fosfor wordt bepaald (Grontmij 2006a). Het is dus niet waarschijnlijk dat eventueel uit de te storten grond vrijkomend stikstof in de Noorder IJplas tot bovengenoemde eutrofiëringsproblemen leiden.

Dit ligt mogelijk anders als het chloridegehalte van de Noorder IJplas weer op het oorspronkelijke brakke niveau zou worden gebracht door aanvoer van water uit het Noordzeekanaal. Dit water bevat meer P dan de Noorder IJplas, en bovendien kan aanvoer van brak water de bindingscapaciteit van de bodem voor P verminderen. Deze maatregel kan dus zowel tot een interne als een externe P-belasting van de plas leiden, waardoor uiteindelijk niet meer P, maar N de voor algengroei limiterende factor kan worden, zoals vaak in brakke systemen. In die situatie kan N-verrijking door het storten van grond wel een verhoogde algendichtheid en verminderd doorzicht veroorzaken.

## 4.2 Timing van de stortwerkzaamheden

De stratificatie van de Noorder IJplas beïnvloedt de effecten van het storten van grond.

Bij storten in het hypolimnion met een diffusor of valpijp kan stratificatie verspreiding van verontreinigingen verminderen. Dat komt omdat de spronglaag een barrière vormt tegen transport naar boven, en ook omdat de geringe mengkrachten in het hypolimnion een snelle bezinking



bevorderen. Storten in het hypolimnion vermindert ook het in oplossing gaan van deeltjesgebonden (zware) metalen uit sulfides, vanwege de zuurstofarme condities aldaar.

Ook na het storten wordt stratificatie als een gunstige conditie beschouwd, wegens de isolerende werking van de spronglaag, die althans in de gestratificeerde zomerperiode verspreiding van opgeloste stoffen uit het hypo tegengaat. Ook kan door bezinking uit hogere waterlagen een afdekkende laag ontstaan in de loop der jaren.

Echter, bij storten in de bovenste waterlagen kan stratificatie de verspreiding van verontreinigingen juist bevorderen. Dat komt omdat deeltjes door de dichtheidsgradiënt in de spronglaag blijven hangen, en zo weer in de bovenste waterlagen terecht kunnen komen. Dit effect is bijvoorbeeld waargenomen bij proefstortingen in de Australiëhaven.

Uit het bovenstaande volgt dat het verondiepen van diepe delen (onder de spronglaag) het beste in de zomer kan geschieden, als de plas gestratificeerd is zodat gesuspendeerd materiaal niet gemakkelijk in de bovenste waterlagen kan komen. Maar het verondiepen van ondiepe delen (boven de spronglaag) zou juist beter in de winter uitgevoerd kunnen worden, als de plas niet gestratificeerd is zodat gesuspendeerd materiaal naar de diepere lagen kan bezinken, en niet tegengehouden wordt door de spronglaag.

Een globale berekening geeft aan dat, zowel voor scenario 3b als 4b in Tabel 2 verondiepingen onder de spronglaag ruwweg de helft van het totale stortvolume uitmaken. Hierbij is gerekend met een spronglaagdiepte van 10 meter. Van het totale stortvolume zou dus de helft in de gestratificeerde periode gestort moeten worden op dieptes onder de spronglaag, en de andere helft in de niet-gestratificeerde periode op dieptes boven de spronglaag. Dat houdt in dat er mogelijkheden zijn om jaarrond te werken. Daarbij is wel enige planning noodzakelijk omdat delen die van nature dieper zijn dan 10 meter, eerst in de zomer op 10 meter moeten worden gebracht, voordat in de winter verondiepen naar 3 meter mogelijk is. Bij verondieping van de diepste delen en van de delen ondieper dan 10 meter heeft men niet met zulke beperkingen te maken.

#### 4.3 Storttechnieken

Bij het storten van grond wordt onderscheid gemaakt tussen mechanisch en hydraulisch storten. Bij mechanisch storten wordt de grond met grijpers of onderlossers direct vanuit een schip gestort. Bij hydraulisch storten wordt de grond met water verdund en door een pijpleiding naar de stortlocatie verpompt.

Om de verspreiding van materiaal in de stortfase te kwantificeren wordt de term potentieel stortverlies gebruikt. Dit is het percentage van de gestorte grond dat tijdens de stort in zwevende vorm in het water achterblijft en tot vertroebeling leidt (Eenhoorn e.a., 2001). Deze fractie zal in gesloten depots zoals de Noorder IJplas na korte of langere tijd bezinken, maar hoe groter deze fractie is, hoe meer uitwisselingsmogelijkheden er zijn met omringend water. Het is dus van belang het potentiële stortverlies zoveel mogelijk te beperken. Stortverliezen ontstaan onderweg naar de bodem: de *slibwolk*, en bij het bereiken van de bodem: de *slibtong*. Tabel 4 geeft een indicatie van de stortverliezen bij de diverse storttechnieken.

Op basis van het totale potentiële stortverlies lijkt hydraulisch storten met een diffusor de aangewezen stortmethode. Echter, stortverliezen in de slibtong komen, althans bij verondiepen van de diepere delen van de Noorder IJplas, in het hypolimnion terecht, waar ze weinig kwaad kunnen en gemakkelijk bezinken. Stortverliezen in de slibwolk daarentegen komen voor een deel in de bovenste waterlagen terecht van waaruit ze veel moeilijker bezinken, vooral in de gestratificeerde periode. De potentiële stortverliezen in de slibwolk vormen dus een beter selectie criterium, en op basis daarvan lijkt mechanisch storten met een stortkoker de beste methode. Daarbij dient de opening van de stortkoker zich zo dicht mogelijk boven de bodem te bevinden.

**Tabel 4** Potentiële procentuele stortverliezen bij verschillende storttechnieken volgens Eenhoorn e.a. (2001).

	potentieel stortverlies		
	in slibwolk	in slibtong	totaal
<b>Mechanisch storten</b>			
• grijper boven water	3.2	4.2	7.4
• grijper onder water	2.1	3.4	5.5
• onderlosser	0.2	3.3	3.5
• storkoker	0.1	3.7	3.8
<b>Hydraulisch storten</b>			
• rechte pijp onder water	0.7	2.3	3.0
• diffusor	0.7	0.5	1.2

Het toepassen van slibschermen om verspreiding van stortmateriaal tegen te gaan lijkt bij het toepassen van deze storttechniek niet zinvol, omdat stortverliezen vooral dicht bij de bodem optreden, waar ze relatief snel kunnen bezinken. Slibschermen zijn in het algemeen meestal weinig effectief en relatief kostbaar (De Boer & Hakstege 2001).

#### 4.4 Conclusie

Tijdens de stortfase zal een deel van de gestorte grond in suspensie gaan, met tijdelijke vertroebeling van het water als gevolg. Het gesuspendeerde materiaal kan schadelijke bestanddelen bevatten zoals organische microverontreinigingen, zware metalen en voedingsstoffen voor algen. De meeste van deze stoffen gaan bij de juiste storttechniek nauwelijks in oplossing, maar bezinken samen met de suspensiedeeltjes. Dat geldt niet voor stikstof, dat vooral in opgeloste vorm aanwezig is, waardoor bij storten van stikstofrijke grond de N-verrijking wel substantieel kan zijn. Dit leidt echter waarschijnlijk niet tot algenbloei omdat groei van algen in de Noorder IJplas fosfor-gelimiteerd is.

Tijdelijke negatieve effecten tijdens het verondiepen van de Noorder IJplas, zoals vertroebeling, verontreiniging en voedselverrijking, kunnen in belangrijke mate voorkomen worden door de juiste keuze van storttechniek, stortperiode en te storten grond.

- Mechanisch storten door een storkoker lijkt de beste methode, omdat hierbij de stortverliezen in de bovenste waterlagen het kleinst zijn.
- Het verondiepen van diepe delen kan het beste in de zomer geschieden, als de plas gestratificeerd is zodat gesuspendeerd materiaal niet gemakkelijk in de bovenste waterlagen kan komen.
- Het verondiepen van ondiepe delen kan beter in de winter uitgevoerd worden, als de plas niet gestratificeerd is zodat gesuspendeerd materiaal naar de diepere lagen kan bezinken.
- De gestorte grond moet bij voorkeur bestaan uit minerale grond met een grote (stort)dichtheid, hoge samenhang (cohesie), en een laag gehalte aan organische stof, zodat slechts een geringe fractie in suspensie gaat en vrijkomende deeltjes snel bezinken.

## 5 Literatuur

Behalve de geciteerde literatuur zijn ook overige bestudeerde bronnen opgenomen, zoals de AKWA-rapporten.

- Beek M., v.d. Guchte C., Hartnack K., de Best J., Tuinstra J. & van Pijkeren J. 1999. Storten van baggerspecie in open putdepots. Deelrapport 2: Risicogrenzen voor het aquatisch ecosysteem bij open putdepots. AKWA-rapport 99.012.
- Best, J. de & v. Pijkeren D, 2001. Het storten van baggerspecie in putdepots. Deelrapport 5: Aanbevelingen voor monitoring van putdepots. AKWA rapport 01.011.
- Best, J. de, Beek M., K. Groen K., v.d. Guchte C, Hartnack K., v.d. Heijdt B., v.d.Laan A., v. Pijkeren D. & Tuinstra J., 1999. Storten van baggerspecie in open putdepots: Covernotitie eerste fase. AKWA rapport 99.013.
- Blindow I. 1992. Decline of charophytes during eutrophication: comparison with angiosperms. *Freshwat. Biol.* 28: 9-14.
- Boer E.J. de & P. Hakstege P. 2005. Berging in (zandwin)putten:zo gek nog niet. AKWA-rapport 04.011.
- Eenhoorn J.K., Biesheuvel A., Louters T., Vermeulen H.J.W. & v.d. Wollenberg N.A.M. 2001. Het storten van baggerspecie in putdepots. Deelrapport 1a: referentie ontwerp putdepots. AKWA rapport 01.008a.
- Eenhoorn J.K., Biesheuvel A., Louters T., Vermeulen H.J.W. & v.d. Wollenberg N.A.M. 2001. Het storten van baggerspecie in putdepots. Deelrapport 1b: referentie ontwerp putdepots, bijlagen. AKWA rapport 01.008b.
- Grontmij 2006a. Ecologisch onderzoek Noorder IJplas. Grontmij | Aquasense rapport 207317.
- Grontmij 2006b. Samenvoegen Zevenhuizerplas en nieuwe zandwinplas. Grontmij rapport 212320.
- Nijburg J.W. & Verhoeven E.A.M. 1999. Effecten van stratificatie op de waterkwaliteit in ontgrondingsplassen: spookbeeld of te 'controleren' natuurverschijnsel? Adviesbureau De Meent b.v., Boxtel.
- Pomarius, H., S. Uenk, C Hesp, & T. van der Bruggen (2003): Haalbaarheidsstudie verondieping Noorder IJpolderplas Amsterdam. Ontwikkelingsbedrijf Gemeente Amsterdam / Royal Has-koning, Amsterdam.
- Scheffer M. 1998. Ecology of shallow lakes. Chapman & Hall, London.
- Smits, J.G.C. 2002. Effecten van het terugstorten van deklaaggrond op de waterkwaliteit van de Haarrijnseplas. WL | Delft Hydraulics rapport Q3048, Delft
- Tuinstra J., v.d. Guchte C.& Schutjes H., 2001. Het storten van baggerspecie in putdepots. Deelrapport 4; Aanzet tot kwaliteitscriteria voor baggerspecie, afgeleid van risicogrenzen voor stoffen in het watersysteem. AKWA rapport 01.010.
- Van den Berg G. A., 2000. Het storten van baggerspecie in open putdepots. Deelrapport 3: Verspreiding van stikstof tijdens storten van baggerspecie in open putdepots. AKWA-rapport 00.002.

- Van der Heijdt, L.M. & Steenkamp B.P.C., 2001. Het storten van baggerspecie in putdepots. Deelrapport 2: Verspreiden van zwevend stof en verontreinigingen. AKWA rapport 01.009.
- Van der Heijdt, L.M. Houweling E.J., van der Laan A.K.J. & Steenkamp B.P.C. 1999. Het storten van baggerspecie in open putdepots. Een kennisinventarisatie. AKWA rapport 99.011.
- Van Kesteren W.G.M & Smits J.G.C. 2000. Doorzicht in de Zevenhuizerplas onder invloed van retourstorten van deklaaggrond. Notities Z2863. WL | Delft Hydraulics.
- Van Pijkeren D., Eenhoorn J.K., v.d. Berg G. A., Steenkamp B.P.C., Tuinstra J. & v. Steenwijk J.M. 2001. Het storten van baggerspecie in putdepots. Eindrapport. AKWA rapport 01.012.
- Verbeek H. & Cornelisse J.M. 1993. Slib rond stortlocatie Cromstrijen: veldmeting september 1992, RIZA- werkdokument 93.066x, Dordrecht.