



Het verondiepen van diepe uiterwaardplassen met slib

Wetenschappelijk
artikel

Is natuurontwikkeling daarbij gebaat?

Door zand- en grindwinning zijn in het Nederlandse rivierenlandschap honderden diepe plassen ontstaan. Sommige van deze plassen worden verondiept met bagger en grond ten behoeve van natuurontwikkeling. Hiervoor wordt ook licht verontreinigd slib gebruikt. Dit verondiepen van diepe plassen leidt tot maatschappelijke weerstand. Voorstanders wijzen op de natuurwinst die kan ontstaan in verondiepte plassen, terwijl tegenstanders de waarde van de diepe plas benadrukken. Een belangrijk vraag is daarom in hoeverre verondiepen daadwerkelijk tot verbetering van de ecologie leidt.

Van nature komen in het Nederlandse rivierenlandschap vrijwel geen diepe plassen (> 6 m) voor. Maar als gevolg van zand- en grindwinning bevinden zich tegenwoordig honderden diepe uiterwaardplassen langs de grote rivieren (I&M, 2010). Tegelijkertijd hebben we te maken met de maatschappelijke opgave om (licht) verontreinigde baggerspecie en grond, een resultaat van ons land- en watergebruik, te verwerken. Met de huidige wet- en regelgeving kan grond of baggerspecie niet zonder meer in oppervlaktewater worden verwerkt, maar het Besluit Bodemkwaliteit (Bbk) biedt wel mogelijkheden om het onder voorwaarden toe te passen. Eén van die voorwaarden is dat er sprake moet zijn van een zogeheten ‘nuttige toepassing’ (Besluit Bodemkwaliteit, 2007). Het verondiepen van diepe plassen zou hieronder kunnen vallen, als dit bijvoorbeeld bijdraagt aan het realiseren van doelen vanuit de Kaderrichtlijn Water (KRW), Natura 2000 en/of de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW) (Heusden *et al.*, 2021; Van der Sluis, 2021).

Enkele jaren geleden werd een concept bedacht waarbij diepe uiterwaardplassen (in de loop van meerdere jaren) worden verondiept met licht verontreinigde baggerspecie en herbruikbare grond, met als (neven) doel natuurwaarden te ontwikkelen of te versterken

(Scheep *et al.*, 2008; Vermeule *et al.*, 2010). Initiatiefnemers moeten hierbij onderbouwen dat er sprake is van natuurwinst, en daarmee van een nuttige toepassing. Een heikel punt is echter dat ‘natuurwinst’ een slecht gedefinieerd begrip is. Dit maakt het idee moeilijk te onderbouwen én voor het bevoegd gezag lastig te beoordelen.

Maatschappelijke onrust

Rond 2009 ontstonden burgerprotesten rondom verondiepen (Anoniem, 2009) die leidden tot politiek-maatschappelijke discussies. In 2010 werd als reactie hierop de Handreiking diepe plassen uitgebracht, die tot een betere afweging voor verondiepen én afstemming met de omgeving moest leiden (VROM, 2010). Recent leiden plannen voor verondiepen van de Vonkerplas (Gemeente West Maas en Waal) en de Redichemse Waard (Gemeente Culemborg) echter opnieuw tot onrust (Tweede Kamer, 2018). Betrokkenen hebben zorgen over de mogelijke gevolgen van het toepassen van licht verontreinigd slib, maar vragen zich ook af of verondiepen wel tot natuurwinst leidt. Daarbij spelen de resultaten van recent onderzoek aan diepe binnendijkse plassen een rol, waaruit bleek dat in diepe plassen regelmatig ook bijzondere waterplanten worden aangetroffen (Seelen *et al.*, 2019;

diepe plassen
rivierenlandschap
verondiepen
natuurherstel
waterkwaliteit

Y. (Yvon) Verstijnen
Onderzoekcentrum B-WARE,
Postbus 6558, 6503 GB
Nijmegen;
y.verstijnen@b-ware.eu

P.J. (Piet-Jan) Westendorp
Onderzoekcentrum B-WARE

A.J.P. (Fons) Smolders
Onderzoekcentrum B-WARE

L.N. (Lisette) de Senerpont Domis
NIOO-KNAW

S. (Sven) Teurlincx
NIOO-KNAW

G. (Gerben) van Geest
Deltares

M. (Mark) Groen
Natuurplaza: RAVON

M. (Martijn) Dorenbosch
Waardenburg Ecology

P. (Paul) van Els
Natuurplaza: SOVON

Foto **Mark van Veen**
Recent uitgegraven kleiput in
de Millingerwaard.

Figuur 1 Links: Watertemperatuurgradiënten van de Put Middelwaard (diepe plas) en de Veenoordkolk (verondiepte plas), gemeten op verschillende locaties in de plassen (zomer/najaar 2020). Iedere bemonsteringslocatie heeft een eigen kleur. Rechts: Schematische weergave van stratificatie.

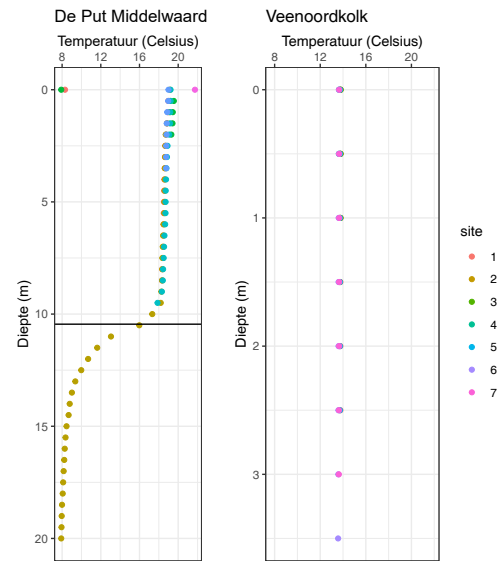
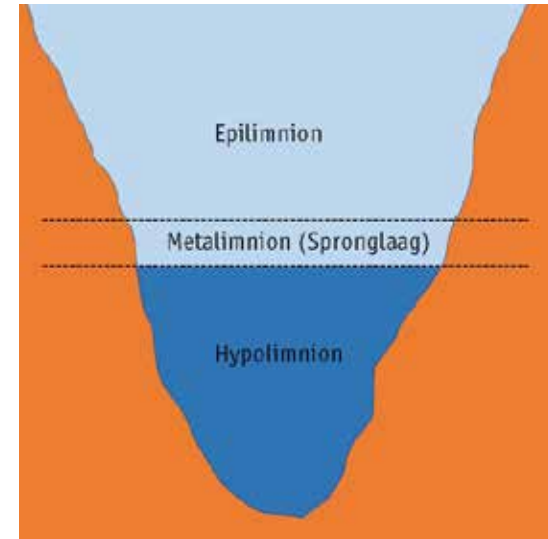


Figure 1 Left panel: Average temperature profile in a deep quarry lake (Put Middelwaard) and a lake whose depth had been reduced (Veenoordkolk) in summer/autumn 2020. Colors represent the different sampling locations within the lake. Right panel: Schematic representation of stratification of a deep lake.



2021). Naar aanleiding van deze uitkomsten werd in 2018 binnen het OBN-programma (Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit; Ministerie van LNV) een onderzoek opgezet (Verstijnen *et al.*, 2022) met de volgende doelen: 1) het in kaart brengen van het ecologisch functioneren van diepe uiterwaardplassen; 2) het onderzoeken van de effecten van verondiepen op de ecologie en 3) het opstellen van een afwegingskader: wel of niet verondiepen?

De eventuele effecten van verontreinigingen werden in dit kader niet onderzocht, maar het onderwerp maakt wel deel uit van andere studies (zie bijvoorbeeld Vink & Osté, 2022).

Ook aangetakte plassen stratificeren

Om een eerste beeld te krijgen is in 2019 een quickscan uitgevoerd, waarbij 24 diepe uiterwaardplassen globaal werden onderzocht op verschillende kenmerken. Eén daarvan is het optreden van stratificatie (Verstijnen

et al., 2022). Dit is een gelaagdheid die in wateren kan ontstaan door dichtheidsverschillen als gevolg van temperatuurstijging (figuur 1); een belangrijk en onderscheidend kenmerk van diepe plassen ten opzichte van ondiepe plassen (Osté *et al.*, 2010). Een gestratificeerd waterlichaam bestaat uit een warme bovenlaag (epilimnion) en een koude onderlaag (hypolimnion) die gescheiden worden door een spronglaag (metalimnion). In deze spronglaag daalt de temperatuur binnen een korte afstand zeer sterk. In een groot watervolume, met weinig menging en bij grote temperatuurverschillen, kan tot ver na de zomerperiode een stabiele stratificatie optreden (Brönmark & Hansson, 1998). Stratificatie leidt niet alleen tot verschillen in temperatuur, maar ook tot verschillen in andere fysisch-chemische parameters zoals het zuurstofgehalte, nutriëntengehaltes, lichtniveaus en de aanwezigheid van algen en andere organismen (Wetzel, 2001).

De in de quickscan onderzochte uiterwaardplassen hadden een maximale diepte van 8,5–37 m en bleken vrijwel allemaal gestratificeerd (figuur 3). De verondiepte plassen bleken niet gestratificeerd. Verwacht werd dat verbinding met de rivier stratificatie zou verhinderen, maar dit bleek niet het geval te zijn. Zes plassen uit de quickscan werden geselecteerd voor vervolgonderzoek (tabel 1). De belangrijkste (maar niet enige) criteria daarbij waren: mate van aantakking aan de rivier, diepte en geografische ligging (Verstijnen *et al.*, 2022). Het vervolgonderzoek werd in de zomer van 2020 en winter van 2020-2021 uitgevoerd.

Water- en bodemkwaliteit

Tussen en binnen de verschillende plassen werden duidelijke verschillen in bodemsamenstelling gevonden. De hoogste totaal-ijzer- en totaal-fosforgehalten werden aangetroffen in de klei- en slibbodem van de Maasplassen (Schroevendaalse plas en Hedelse Bovenwaard). Opvallend was dat ook in de zandige leeflaag van de verondiepte plassen Veenoordkolk en Gamerensche Waard locaties werden aangetroffen met relatief hoge fosforgehalten ten opzichte van het ijzergehalte. In deze verondiepte plassen werd ook een sliblaag aangetroffen.

Het meest voedselrijke slib werd meestal aangetroffen in de diepste delen van de plassen. In Verstijnen *et al.* (2022) zijn de diepteprofielen (sonar) van de zes plassen op kaart weergegeven.

De fosforconcentraties in het poriewater van het slib verschilden niet sterk tussen de plassen en waren het hoogst in de zomerperiode (figuur 2). Een hoog fosforgehalte betekent niet altijd dat de nalevering naar het oppervlaktewater ook hoog is. Bij verhoogde nitraatconcentraties in het oppervlaktewater bijvoorbeeld leek de nalevering van fosfor beperkt te blijven: door de aanwezigheid van nitraat blijft het ijzer in het toplaagje van de waterbodem in geoxideerde toestand (Fe^{3+}), waardoor fosfor hieraan gebonden blijft (Lucassen *et al.*, 2004).

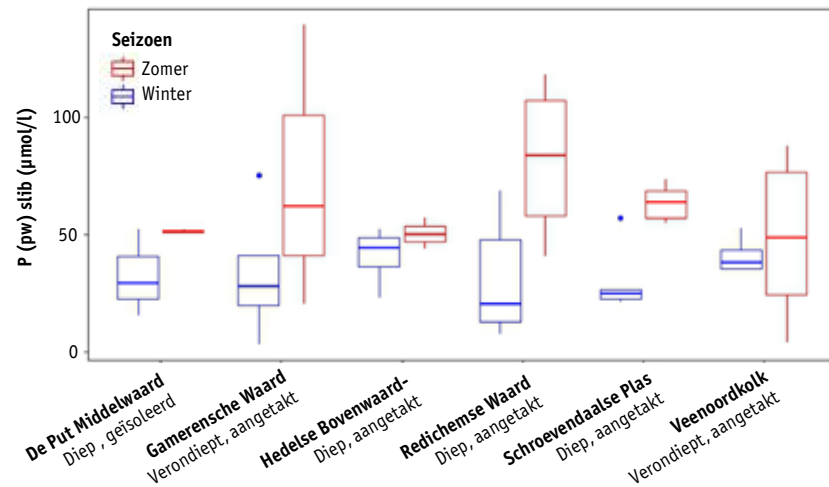
In de zomermetingen, inclusief de resultaten van de quickscan, werden geen significante verschillen gevonden tussen de fosforconcentraties in het oppervlaktewater van de verondiepte en de niet-verondiepte plassen, maar wél tussen die van de op de rivier aangetakte en de (meer) geïsoleerde plassen. De aangetakte plassen hadden door de instroom van rivierwater gemiddeld een hogere fosforconcentratie in het epilimnion. In de zomer heeft het hypolimnion hogere fosforconcentraties dan het epilimnion.

	Naam plas	Locatie (nabij stad/ dorp)	Riviertraject	Aangetakt (ja/ nee)	Verondiept (ja/ nee)
1	Veenoordkolk	Deventer	Zuidelijke IJssel	Ja	Ja
2	De Put Middelwaard	Vianen	Getijdenlek	Nee	Nee
3	Gamerensche Waard	Zaltbommel	Waal	Ja	Ja
4	Hedelse Bovenwaard	Den Bosch	Getijdenmaas	Ja	Nee
5	Schroevendaalse plas	Maaseik – Echt	Grensmaas	Ja	Nee
6	Redichemse Waard	Culemborg	Lek (gestuwd)	Ja	Nee

Tabel 1 De zes plassen die geselecteerd werden voor het vervolgonderzoek. Het kaartje geeft globaal de locaties weer.

Table 1 The six lakes that were selected for the follow-up study. The map shows locations in the Netherlands.





Figuur 2 Fosforconcentratie ($\mu\text{mol/l}$) in het poriewater van de slibbodem van de plassen (in winter en zomer).

Figure 2 Phosphorus concentration ($\mu\text{mol/l}$) in the pore water of the silt sediments of the lakes (in winter and summer).

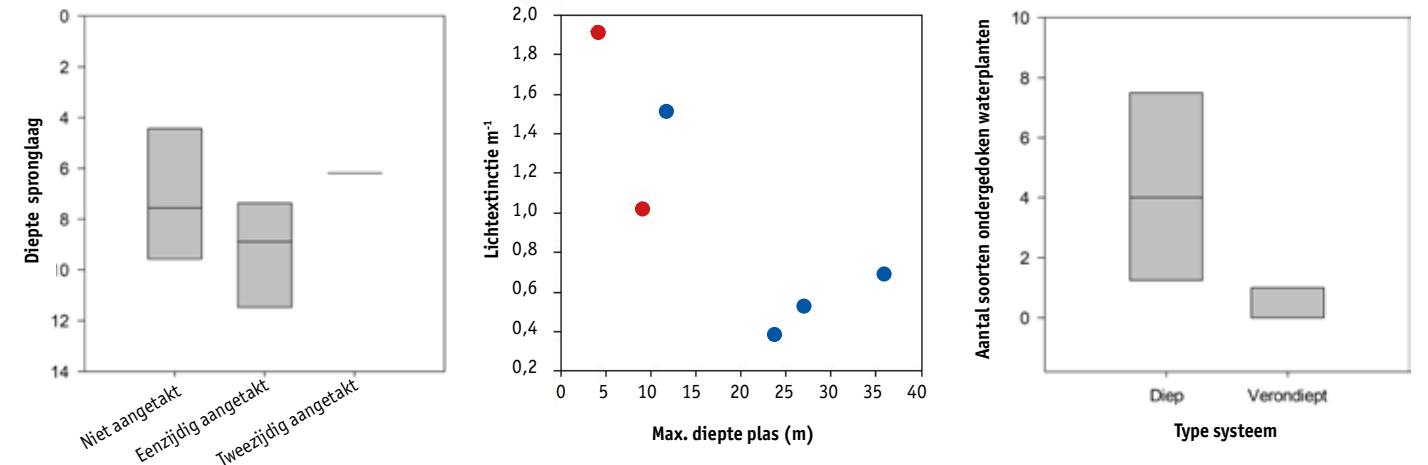
Voor de diepe aangetakte uiterwaardplassen kan dit mede bepaald worden door het 'ingevangen' fosforrijke water uit de winterperiode. Voor de verondiepte plassen - die niet stratificeren - is de fosforconcentratie in de zomer hoger in het diepere water dan in het ondiepere water. Hierin speelt nalevering vanuit de waterbodem waarschijnlijk een rol, in combinatie met de aangetroffen lage algenconcentraties en de geringe aanwezigheid van plantengroei.

Algen en waterplanten

De samenstelling van het oppervlaktewater en de waterbodem, en het al dan niet optreden van stratificatie, zijn belangrijke milieufactoren voor soorten. Voor de ontwikkeling van waterplanten is het lichtklimaat ook een belangrijke voorwaarde. Deze wordt voor een belangrijk deel bepaald door de aanwezigheid van algen en gesuspenderde deeltjes, die op hun beurt weer worden beïnvloed door de beschikbaarheid van nutriënten en de aanvoer en/of (re)suspensie van slibdeeltjes.

Tijdens de zomerbemonstering zijn verschillende indicatoren voor het lichtklimaat gemeten. Deze laten allemaal hetzelfde patroon zien: met toenemende diepte van de plas neemt de kwaliteit van het lichtklimaat toe (figuur 4). Met uitzondering van de Schroevendaalse plas voldoet de Secchidiepte (maat voor lichtdoorlatendheid en daarmee voor troebelheid van water) in de diepe plassen aan de KRW-maatlat en zou niet limiterend moeten zijn voor plantengroei. Het lichtklimaat in de ondiepe plassen is matig en zeer waarschijnlijk wel limiterend voor plantengroei. Het is opvallend dat in de ondiepe plassen het chlorofyl-a-gehalte wel voldoet aan de KRW-maatlat voor goede ecologische kwaliteit. Dit wijst erop dat het slechte lichtklimaat hier veroorzaakt wordt door zwevend materiaal; waarschijnlijk (re)suspensie van bezonken slibdeeltjes door wind of door brasems, die in hoge dichtheden in ondiepe uiterwaardplassen kunnen voorkomen (Grift *et al.*, 2006; Roozen *et al.*, 2007). De maximale chlorofyl-a-gehaltenes die in de onderzochte uiterwaardplassen gevonden zijn duiden in tegenstelling tot de voedselrijkdom van de waterbodems op laagproductieve systemen (figuur 4). Waar het voor de diepe plassen aannemelijk is dat nutriënten limiterend zijn voor de algengroei, lijkt in de onderzochte ondiepere plassen juist licht limiterend te zijn. Het aantal soorten waterplanten is in de diepe uiterwaardplassen gemiddeld hoger dan in de verondiepte plassen (figuur 5). De aangetroffen soorten zijn over het algemeen eutrafent, zoals smalle waterpest (*Elo-dea nuttallii*) en aarvederkruid (*Myriophyllum spicatum*). Alleen in de Put Middelwaard werden kranswieren aangetroffen die kenmerkend zijn voor minder voedselrijke wateren.

Het aantal locaties binnen een plas waar waterplanten



werden gevonden (een maat voor abundantie) was in de diepe uiterwaardplassen hoger dan in de verondiepte plassen (figuur 5). Door de beperkte steekproef kon dit niet statistisch onderbouwd worden, maar deze bevindingen komen wel overeen met de resultaten van een groot veldonderzoek van circa 200 ondiepe uiterwaardplassen langs de Nederlandse Rijntakken (Van Geest *et al.*, 2002). In dat onderzoek waren ondergedoken waterplanten vrijwel beperkt tot plassen met een oppervlak kleiner dan 2-3 ha. Deze resultaten suggereren dat het verondiepen van een grote, diepe uiterwaardplas naar een grote, ondiepe plas niet leidt tot de vestiging van ondergedoken waterplanten.

Vissen en vogels

De onderzochte uiterwaardplassen vertonen een soortenrijke visgemeenschap, waarbij baars (*Perca fluviatilis*) en blankvoorn (*Rutilus rutilus*) als generalist veelal de visgemeenschap domineerden. In de zomer van 2020 lag de nadruk op het vaststellen van de aanwezigheid

Figuur 3 (links) De relatie tussen mate van aantakking aan de rivier en de diepte van de spronglaag. N=3 voor niet directe aantakking, n=8 voor eenzijdige aantakking, n=1 voor tweezijdige aantakking). In de boxplots geeft de bovenste lijn het 75^e percentiel weer, de onderste lijn het 25^e percentiel en de middelste lijn de mediaan.

Figure 3 (left) Relationship between connectivity with the river and the depth of the thermocline. N=3 for non-connected quarry lakes, n=8 for quarry lakes that are connected with the river at one side, n=1 for quarry lakes that are connected at two sides. The upper line of the boxplots represent the 75th percentile, the lower the 25th percentile and the middle line the median.

Figuur 4 (midden) Maximale diepte van de onderzochte plassen versus maximaal gevonden gemiddelde lichtextinctie. Rode punten: ondiepe plassen; blauwe punten: diepe plassen. Door de geringe monster-grootte is deze relatie niet statistisch getoetst.

Figure 4 (middle) Maximum depth versus maximum observed light extinction in the study sites. Red dots: shallow lakes; blue dots: deep lakes. The lack of sample size did not allow for statistical testing of this relationship.

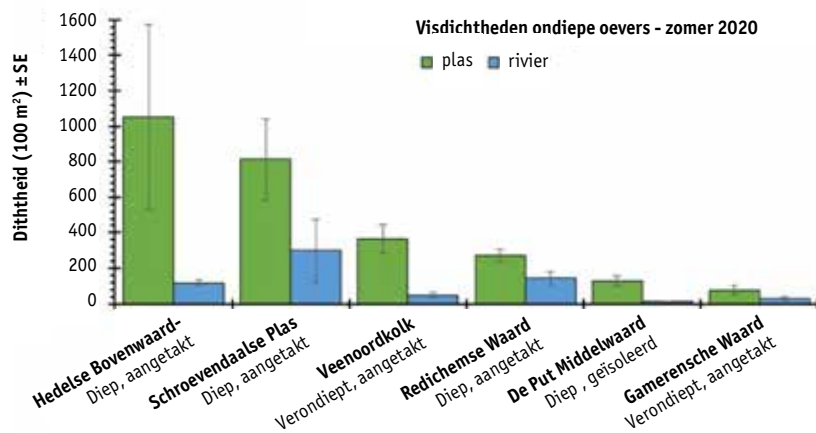
Figuur 5 (rechts) Soortenrijkdom waterplanten in diepe (n=4) versus verondiepte plassen (n=2). In de boxplots geeft de bovenste lijn het 75^e percentiel weer, de onderste lijn het 25^e percentiel en de middelste lijn de mediaan.

Figure 5 (right) Macrophyte species richness in deep quarry lakes (n=4) versus shallow lakes (n=2). The upper line of the boxplots represent the 75th percentile, the lower line the 25th percentile and the middle line the median.

van juveniele vissen in de ondiepe oeverzones van de plassen. Over het algemeen was de totale productie van juveniele vis in alle plassen hoog en aanzienlijk hoger dan in de oeverzone van de nabijgelegen rivier (figuur 6). In de plassen werden gemiddeld hogere dichtheden aan rheofiele vissoorten (o.a. kopvoorn (*Squalius cephalus*), alver (*Alburnus alburnus*) en winde (*Leuciscus idus*) aangetroffen. Er waren grote verschillen tussen de plassen: totaal-dichtheden in de Hedelse Bovenwaard waren tot tienmaal hoger dan in de Gamerensche Waard, dat de laagste productie had van de onderzochte plassen. Er is echter geen duidelijke relatie te vinden tussen de totale productie van juveniele vissen en de diepte of het al dan niet aangetakt zijn van de plas. Opvallend is dat de verondiepte plas Gamerensche Waard een relatief lage visproductie heeft. Het grote areaal ondiep water resulteert dus niet per definitie in een hoge visproductie, mogelijk door het gebrek aan waterplanten of andere milieufactoren die in deze studie niet onderzocht zijn.

Figuur 6 Overzicht van de gemiddelde totaal-dichtheden (\pm standaardfout) juveniele vissen in de zes onderzochte plassen en nabijgelegen riviertrajecten.

Figure 6 Summary of mean total densities (\pm standard error) of juvenile fish in the six lakes and nearby river sections studied.



Sonarmetingen in de winter gaven aan dat vissen zich concentreren in de diepere lagen van de plas. Dit treedt op in zowel ondiepe plassen (Gamerensche Waard – 4 m diepte) als in diepe plassen (Hedelse waard – 14 m diepte). Voor overwintering zijn vissen gebaat bij een constante watertemperatuur. In diepe plassen is veel verticale ruimte beschikbaar voor overwinterende vissen om deze constante laag te volgen. In ondiepe plassen is de watertemperatuur door continue menging waarschijnlijk minder constant dan in diepe plassen.

De veldmetingen lieten zien dat de zomerstratificatie van diepe plassen (> 15 m diepte) resulteert in een relatief koele middenzone (ca 8-12 m diepte). Hier is de watertemperatuur enkele graden lager dan het wateroppervlak, dat in de zomer kan opwarmen tot ver boven de 20°C, terwijl er wel nog voldoende zuurstof aanwezig is voor respiratie (> 6 mg L⁻¹). Theoretisch gezien kunnen koudeminnende vissen de koele middenzone van diepe plassen tijdens warme zomers gebruiken als thermoregulum (Dorenbosch *et al.*, 2022). Diepe plassen hebben daarmee mogelijk in de toekomst een belangrijke functie voor koudeminnende vissoorten, vooral als een plas aangetakt is aan de rivier.

In het veldonderzoek zijn vogels niet kwantitatief meegenomen. Voor de analyse is een selectie gemaakt van 32 telgebieden uit het Meetnet Watervogels die voor een groot deel bestaan uit uiterwaardplassen (Verstijnen *et al.*, 2022). Uit deze analyse konden vogelaantallen niet worden gerelateerd aan de diepte van een plas. Hoewel sommige soorten gebonden lijken te zijn aan ondiepe plassen, zoals wilde zwaan (*Cygnus cygnus*), tureluur (*Tringa totanus*) en pijlstaart (*Anas acuta*), is het niet waarschijnlijk dat dit komt door waterdiepte. De belangrijkste factoren die het voorkomen van vogelsoorten in uiterwaardplassen verklaren

lijken niet gemeten te zijn. Sturende factoren zouden bijvoorbeeld voedselbeschikbaarheid, nestgelegenheid, de aanwezigheid van slikranden (voedsel) en/of en de aanwezigheid van eilanden (veiligheid) kunnen zijn. Soortspecifieke analyses zouden hierin meer duidelijkheid kunnen brengen.

Ecologische meerwaarde?

Op basis van de resultaten van de OBN-studie (Verstijnen *et al.*, 2022) lijkt het beeld van diepe putten, waarin nauwelijks soorten voorkomen en waaraan door verondiepen altijd wat te verbeteren valt (Grondbank GMG, 2018), niet houdbaar als vertrekpunt. In diepe uiterwaardplassen blijkt de water- en bodemkwaliteit niet slechter dan in de onderzochte verondiepte plassen en soms zelf beter. Mogelijke verontreinigingen uit slib zijn hierin echter niet meegenomen.

Uit het onderzoek bleek dat in de diepe uiterwaardplassen relatief veel ondergedoken waterplanten voorkomen, ten opzichte van de verondiepte uiterwaardplassen. De visgemeenschappen van de diepe en verondiepte plassen zijn vergelijkbaar. Ook uit de analyse van bestaande vogeldata kon niet worden afgeleid dat verondiepte plassen een beter habitat bieden dan diepe uiterwaardplassen. Het verondiepen van een grote diepe plas naar een grote ondiepe plas zal daarom naar verwachting weinig ecologische winst opleveren, omdat ondergedoken waterplanten door het slechte lichtklimaat in dergelijke grote ondiepe plassen vrijwel achterwege blijven zodat de basis voor een goed functionerend ecosysteem in het water ontbreekt.

Het veldonderzoek werd uitgevoerd in slechts zes van de enkele honderden verschillende buitendijkse uiterwaardplassen die er in Nederland zijn. Hoewel de



Figuur 7 Schematische weergave van het handelingsperspectief.

Figure 7 Decision support scheme.

resultaten van de quickscan (24 plassen) vaak aansluiten bij het vervolgonderzoek in de zes plassen, is dit wel van belang bij het interpreteren en extrapoleren van de resultaten. Een andere kanttekening betreft de opzet van het vergelijkend onderzoek. Om de effecten van verondiepen van een diepe buitendijkse plas te onderzoeken zou bij voorkeur onderzoek moeten worden gedaan in dezelfde plas, waarbij de situatie voor en de situatie na het verondiepen met elkaar worden vergeleken. Dit was in dit onderzoek echter niet mogelijk, waardoor het beeld van verstoring en ontwikkeling van een ecosysteem in de tijd beperkt blijft.

Hoe nu verder? Een handelingsperspectief

Uit dit onderzoek blijkt niet dat het toepassen van baggerslib voor het verondiepen van diepe plassen zonder meer voldoet aan de voorwaarde van 'nuttige toepassing ten behoeve van natuur/waterkwaliteit', zoals geformuleerd in het Besluit Bodemkwaliteit. De vraag naar bergingsmogelijkheden voor baggerslib (en grond) blijft in Nederland echter bestaan. De

afweging om dit slib te gebruiken om diepe plassen te verondiepen in het kader van natuurherstel blijft daarom relevant (Heusden *et al.*, 2021; Van der Sluis, 2021). Als de ingreep wordt voorgenomen om de ecologie te verbeteren, moet worden uitgegaan van de doelen of opgaven van Natura 2000, KRW, Nationaal Natuurnetwerk en/of PAGW. Of herinrichting vervolgens tot een verbetering kan leiden moet worden ingeschat aan de hand van de huidige situatie (figuur 7). Die huidige situatie moet dan wel - boven en onder water - goed in beeld worden gebracht (Verstijnen *et al.*, 2022). Met het maken van grote ondiepe plassen wordt naar verwachting weinig meerwaarde gecreëerd. Mogelijk leiden andere maatregelen wel

Summary

Reducing depth of deep quarry lakes in floodplains: does ecology benefit from filling with slightly contaminated soils?

Yvon Verstijnen, Piet-Jan Westendorp, Fons Smolders, Lisette de Senerpont Domis, Sven Teurlincx, Gerben van Geest, Mark Groen, Martijn Dorenbosch & Paul van Els
Deep quarry lakes, reshaping lakes, floodplains, nature development, water quality

Nature managers and policy makers increasingly need knowledge about the ecology and functioning of deep quarry lakes in floodplains in order to make evidence-based decisions about filling lakes with slightly contaminated sludge or soil to reduce depth. Our field study (2019-2021) showed that temperature stratification does occur in these deep floodplain lakes, even when they are permanently connected to rivers. The deep systems in these floodplains

tot meer natuurwaarde, zoals het verder uitbreiden van de oeverzone(s), het creëren van meerdere kleine ondiepe plassen of het maken van een moerasachtig systeem. Het inrichten van verschillende typen pilots, in combinatie met enkele jaren onderzoek, kan hierin meer inzicht geven.

Dit onderzoek werd mogelijk gemaakt door het OBN-programma en Rijkswaterstaat. Wij danken de Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren (VBNE) en het Deskundigenteam Rivierenlandschap voor de begeleiding van het onderzoek. Ook danken wij alle beheerders van de onderzochte plassen voor de samenwerking.

provided a better habitat for macrophytes than their shallow counterparts, resulting in a higher macrophyte abundance. All studied lakes showed a diverse fish community with no clear relationship between total juvenile fish production and the depth of the lake. A similar observation was true for birds, where no clear relationship was found between bird abundance and lake depth. Based on these results, it is not to be expected that reducing depth of quarry lakes in floodplains will result in a higher biodiversity and better ecosystem functioning.

In order to help nature managers and policy makers make decisions, we provide a decision support scheme. Possibly other types of landscaping deep quarry lakes in floodplains could bring about an improvement of ecological (water) quality. This, however, must be further investigated.

Literatuur

Anoniem, 2009. Burgers meer betrekken bij herinrichting diepe plassen. H2O 24:10.

Dorenbosch, M., M. de la Haye, R. van de Haterd *et al.*, 2022. Klimateffecten op riviernatuur. Driebergen. Kennisnetwerk OBN. Rapportnummer OBN-2020-121-RI.

Grift, R.E., A.D. Buijse & G.J. van Geest, 2006. The status of limnophilic fish and the need for conservation in floodplains along the lower Rhine, a large regulated river. Archiv für Hydrobiologie, supplement Large Rivers 16: 623-648.

Grondbank GMG, 2018. De meerwaarde van verondiepen. Hoe hergebruik van grond en bagger bijdraagt aan natuurontwikkeling. Andelst. Grondbank GMG.

Heusden, W. van, H. Sluiter, M. Tijnagel *et al.*, 2021. Ecologische Systeemopgave PAGW-Rivieren – Naar klimaatbestendige robuuste riviernatuur in 2050. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, Rijkswaterstaat en Staatsbosbeheer.

I&M, 2010. Handreiking voor het inrichten van diepe plassen. Implementatieteam Bbk (Rijksoverheid, IPO, VNG, Unie van Waterschappen).

Lucassen, E.C.H.E.T., A.J.P. Smolders, A.L. van der Salm & J.G.M. Roelofs, 2004. High groundwater nitrate concentrations inhibit eutrophication of sulphate-rich freshwater wetlands. Biogeochemistry 67: 249-267.

Osté, A., N. Jaarsma & F. van Oosterhout, 2010. Een heldere kijk op diepe plassen. Kennisdocument diepe meren en plassen: ecologische systeemanalyse, diagnose en maatregelen. Amersfoort. STOWA rapport 2010-38.

Rozen, F. C., M. Lürting, H. Vlek *et al.*, 2007. Resuspension of algal cells by benthivorous fish boosts phytoplankton biomass and alters community structure in shallow lakes. Freshwater Biology, 52(6): 977-987.

Schep S., N. Jaarsma & G. van Ee, 2008. Verbetering waterkwaliteit bij verondiepen van ontgrondingsplassen in Hollands Noorderkwartier. H2O 17: 2008.

Seelen, L.M.S., T. Huismans & L.N. De Senerpont Domis, 2019. Geheimen van diepe plassen ontsluit. De Levende Natuur 120: 22-27.

Seelen, L.M.S., S. Teurlincx, J. Bruinsma *et al.*, 2021. The value of novel ecosystems: Disclosing the ecological quality of quarry lakes. Science of the Total Environment 769: 144294.

Sluis, T. van der, G.J. Maas, E. van Elburg *et al.*, 2021. Robuuste en klimaatbestendige riviernetwerken: Hotspots voor natuurontwikkeling langs de grote rivieren. Landschap 38(1): 59-67.

Tweede Kamer, 2018. Importeren en dumpen van vervuilde grond uit het buitenland. Tweede Kamer der Staten-Generaal. Handeling 2017-2018, nr. 94, item 6.

Van Geest G.J., F.C.J.M. Roozen, H. Coops *et al.*, 2002. Vegetation abundance in lowland floodplain lakes determined by surface area, age and connectivity. Freshwater Biology 48: 440-454.

Vermeule W., M. Maessen & J. Reijerink 2001. Fosfor en het toepassen van baggerspecie in diepe plassen. H2O 23: 2010.

VROM, 2010. Circulaire herinrichting van diepe plassen. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Staatscourant van het Koninkrijk der Nederlanden 2010, 20128 (24-12-2010).

Verstijnen, Y., A.J.P. Smolders, P.J. Westendorp *et al.*, 2022. Diepe uiterwaardplassen: verondiepen of niet? Driebergen. Vereniging van Bos- en Natuureigenaren (VBNE). Rapportnummer 2022/OBN252-RI.

Vink J.P.M. & L. Osté, 2022. Afdeling kwaliteitsnormen voor grond en bagger Achtergronden en overwegingen bij het Milieuhygiënisch Toetsingskader en de inbedding in de Regeling Bodemkwaliteit. Deltares. Rapport 11208090-000-BGS-0001.

Wetzel, R.G., 2001. Limnology. Lake and river ecosystems, 3rd edition. San Diego (USA). Academic Press.