

Projectvoorstel Waternet

IJzersuppletie in laagveenplassen (KRW08079)

Een mitigerende maatregel ter vervanging verdwenen ijzerrijke kwel

H1. Managementsamenvatting

Het halen van de KRW-doelen in Nederlandse meren wordt ernstig belemmerd door een te hoge belasting met de voedingsstof fosfaat. Hierdoor ontstaat algenbloei, blijft de vegetatie ontoereikend of matig en worden de doelen voor vis en macrofauna ook niet gehaald.

De komende jaren zullen de waterbeheerders zwaar investeren in maatregelen om de toevoer van fosfaat naar de meren te verminderen. Veel fosfaat is echter afkomstig uit de bodem van de meren zelf. Tot nu toe zijn er geen kosteneffectieve maatregelen voorhanden om deze toevoer te verminderen. De fosfaatbelasting in meren blijft daardoor vaak te hoog.

In het verleden werd fosfaat in de bodem van laagveenplassen gebonden aan het met het kwelwater aangevoerde ijzer en kwam er weinig of geen fosfaat vanuit de bodem in de plas. Door verdroging is deze toevoer gestopt en gedurende een periode van enkele decennia is het fosfaatbindend vermogen van de waterbodems verloren gegaan.

Met dit project wordt er een methode ontwikkeld om op eenvoudige wijze weer ijzer in de bodem te brengen en de toevoer van fosfaat uit de bodem te stoppen. Het project is bedoeld om het inzicht in de geschiktheid van de methode te vergroten en de methode toepassing gereed te maken. De methode sluit aan bij eerder onderzoek. Het ijzer zal met een mobiele doseringsinstallatie in opgeloste vorm anderhalf jaar lang in de plas worden gedruppeld. Via het water komt het ijzer in alle delen van de plas terecht, bezinkt en komt in de bodem terecht. Zo wordt de hele bodem geleidelijk weer met ijzer opgeladen en wordt het fosfaatbindend vermogen hersteld.

Gedurende twee jaar zal de installatie worden geoptimaliseerd, wordt het effect gemeten, wordt zonodig de methode van dosering aangepast om het effect te vergroten en wordt er een meet- en stuurprogramma ontwikkeld.

Naar schatting zal voor een bedrag van €150-200.000,-- de ecologische toestand fors toenemen; EKR-fytoplankton met 0.19 en EKR-vegetatie met 0.11. De fosfaatconcentratie zal dalen tot 0.04 mg/liter. Daarmee wordt een omslag naar een algeheel herstel en het volledig halen van de KRW-doelen waarschijnlijk. De methode zal, indien succesvol, toepasbaar zijn in vergelijkbare laagveenplassen.

Dit project sluit volledig aan bij het onderzoek naar laagveenwateren van het Overlevingsplan Bos en Natuur (OBN) van het ministerie van LNV.

H2. Probleemstelling en projectdoel

Laagveenplassen hebben sterk te lijden onder een te hoge aanvoer van de voedingsstof fosfaat (nutriëntenbelasting of eutrofiëring). Door deze eutrofiëring ontstaat algenbloei, blijft de vegetatie ontoereikend of matig en worden de doelen voor vis en macrofauna ook niet gehaald. Eutrofiëring wordt veroorzaakt door twee factoren:

1. aanvoer van buiten de plas via de inlaat van voedselrijk water etc.: externe eutrofiëring
2. het vrijkomen van fosfaat uit de waterbodem: interne eutrofiëring

Zowel externe als interne eutrofiëring zijn in het algemeen een recent (na 1930) en door de mens veroorzaakt verschijnsel. De externe eutrofiëring is het gevolg van de vele verschillende lozingen op het oppervlaktewater. De interne eutrofiëring wordt veroorzaakt doordat sinds 1930 een groot deel van de veenbodem is afgebroken, er fosfaatrijk slib in de plassen is opgehoopt en het fosfaatbindend vermogen van de bodem verloren is gegaan (zie Lamers red., 2006).

De waterbeheerders en diverse overheden werken aan maatregelen om de externe eutrofiëring van laagveenplassen terug te dringen. Deze maatregelen zijn kostbaar, maar ook effectief. Echter, in de Ex ante evaluatie Kaderrichtlijn Water wordt geconstateerd dat "de nutriëntbelasting van het regionale oppervlaktewater moeilijk terug te dringen is vanwege nalevering vanuit de voorraad die in de bodem is opgebouwd". Het zelfde blijkt uit het

onderzoek uitgevoerd in het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur (Lamers et al 2001). Zelfs als de externe belasting tot een minimum is teruggedrongen komt er in sommige meren vanuit bodem nog steeds voldoende fosfaat beschikbaar om algenbloei mogelijk te maken.

Maatregelen om kosteneffectief de interne belasting terug te dringen zijn echter nog niet beschikbaar. Baggeren kost vele miljoenen, levert veel overlast, kost veel ruimte en eventueel succes is niet altijd duurzaam. Daarom wordt er niet veel gebaggerd. Afdekken met zand is een optie die in ontwikkeling is. Er wordt ook geëxperimenteerd met het binden van fosfaat in de bodem met aluminium of lanthaan. Nadeel van deze methodes is dat het karakter van de plas sterk wordt veranderd of dat er "gebiedsvreemde" stoffen worden aangebracht. Voor specifieke toepassingen kunnen ze zeer geschikt zijn

Een langer bekende, maar nog niet in laagveenplassen toegepaste methode om de interne eutrofiëring terug te dringen is ijzeradditie in de bodem. De hoeveelheid ijzer in de bodem is vaak te laag, het OBN deskundigenteam Laagveenwateren noemt ijzeradditie in bodem als een mogelijk belangrijke maatregel. Zie BOX 1 (Lamers et al. 2001; Lamers, red. 2006).

Box 1. Over ijzeradditie als herstelmaatregel in laagveenwateren

Citaat uit OBN-Eindrapportage 2003-2006 (fase 1)

In laagveenwateren met een lage fosfaat- en sulfaatlast kan overwogen worden om het fosfaat bij te hoge interne concentraties binnen het gebied vast te leggen, door behandeling van de bodem met ijzerchloride of aluminiumchloride (Lamers *et al.*, 2001). Op korte termijn kan beijzering van veenbodems zeer succesvol zijn, zoals gedemonstreerd in een sloot in De Bruuk (Smolders *et al.*, 1995), maar het effect duurt meestal niet langer dan één seizoen, doordat de consumptie van dit metaal door binding aan fosfaat en sulfide erg hoog kan zijn. Voor het Uddelermeer, een relatief sterk geïsoleerde pingo-ruïne met een dikke veenbodem, is deze maatregel voorgesteld om de fosfaatconcentratie in de waterlaag te reduceren. Een enclosureexperiment liet zien dat dit een goede optie was (Witteveen + Bos, 2003). In principe is aluminiumchloride, dat in de Verenigde Staten veel meer gebruikt wordt voor fosfaatfixatie dan ijzerchloride, beter geschikt omdat het niet gevoelig is voor redoxveranderingen. Dit zal in de tweede fase verder onderzocht worden, waarbij ook het eventuele effect op bodemfauna bestudeerd zal worden. Aluminium is echter het meest algemene metaal op aarde, en het toedienen van ijzer bleek door verdringing tot hogere aluminiumconcentraties te leiden dan het toedienen van aluminium. Alleen bij sterke verzuring neemt de mobiliteit en toxiciteit van aluminium sterk toe. Zo lang de bodem voldoende gebufferd blijft, lijkt er geen bezwaar te zijn. In principe kan fixatie met ijzer- of aluminiumzouten ook gebruikt worden in fosfaatrijke kraggen en schraallanden, mits het in de bodem geïnjecteerd wordt. Dit is momenteel in onderzoek. Bevloeien met ijzerrijk water heeft geen zin, omdat de pH van (zuurstofhoudend) oppervlaktewater onverantwoord laag wordt. Bij neutrale pH (sterk gebufferd water) oxideert het ijzer tot roest (oranje vlokken) en zal het niet in de bodem treden.

Ijzer komt van nature in de bodem voor. Tot begin jaren vijftig van de vorige eeuw stroomde er vanuit de heuvelruggen een grote hoeveelheid ijzerrijke kwel naar de plassen. Het ijzer in het kwelwater bond aan het aanwezige fosfaat, waardoor het vrijkomen van fosfaat sterk beperkt werd. De voorraad ijzer in de bodem van sommige plassen was lange tijd zo hoog dat de externe aanvoer van fosfaat geneutraliseerd werd. De aanvoer van ijzerrijk kwelwater is inmiddels bijna geheel verdwenen en de bodem kan nu vaak geen fosfaat meer binden. Alle aanvoer komt daardoor onmiddellijk beschikbaar voor de algen. Herstel van de voormalige kwelstromen is niet mogelijk wegens onherstelbare schade. Een maatregel die er voor zorgt dat de bodem toch weer voldoende ijzer bevat kan als een mitigerende maatregel voor de verdwenen kwelstroom beschouwd worden. Bij voldoende vrij ijzer wordt op de grenslaag tussen bodem en water weer continue fosfaat gebonden aan geoxideerd ijzer (Lamers red., 2006).

Het hoofddoel van dit project is het ontwikkelen en evalueren van een praktisch toepasbare methode om op eenvoudige wijze weer ijzer in de bodem te brengen. De

methode moet aansluiten bij bestaande kennis en deze verbreden en verdiepen. De kennisontwikkeling moet brede toepasbaarheid in Nederland mogelijk maken. Doordat de methode op praktijkschaal wordt uitgevoerd en de effecten op de KRW kwaliteitselementen (fytoplankton, vegetatie, macrofauna en vis) nauwgezet worden gevolgd, kan worden beoordeeld hoe kosteneffectief de methode is. De resultaten van dit project moeten goed met andere waterbeheerders worden gedeeld en navolgbaar zijn.

H3. Aanpak, indicatoren voor het meten van effecten en projectresultaten.

3.1 Onderzoekslocatie

Het experiment zal worden uitgevoerd in de laagveenplas "Terra Nova". Deze plas van 85 ha wordt beheerd door Waternet en is al lange tijd onderwerp van studie en herstelexperimenten. Van 1987 tot 2004 was er een jaarrond blauwalgenbloei. In 2003/2004 is de aanwezige brasem afgevisd, verdween de blauwalgenbloei en werd de plas in winter en voorjaar helder. Opwerveling van bodemslib door wind speelt in deze plas door de vele legakkers geen rol van betekenis (ter Heerdt en Hootsmans 2007). Het herstel van een gevarieerde waterplantenvegetatie kan snel plaatsvinden (van de Haterd en ter Heerdt 2007). Helaas vindt er sinds 2005 's zomers een sterke bloei van een andere groep blauwalgen plaats. Deze bloei wordt veroorzaakt doordat de fosfaatconcentraties nog te hoog zijn; 0.09 mg/liter (Dionisio Pires, 2007).

De water- en nutriëntenbalans, inclusief het aandeel vanuit de bodem en vogels, is uitvoering onderzocht (Brouwer en Smolders 2006, Witteveen+Bos 2005, Schep 2007, Bakker 2008) zie tabel.

Fosfaatbelasting in gram/m ² /jaar	
neerslag	0,02
kwel	0,04
inlaat uit Loenderveense Plas	0,02
inlaat voor Terra Nova	0,01
afstroming land Terra Nova	0,01
vogels	0,01
bodem	0,1
totaal	0,22

Medio 2009 zal de externe nutriëntenbelasting door een aantal maatregelen worden beperkt. De interne belasting wordt daarmee de grootste post. Een uitgebreide ecologische modellering (Schep 2007) voorspelt dat de belasting nog steeds te hoog zal zijn om algenbloei te voorkomen. Herstel van de plas zou daarom lang kunnen duren. De grote overlast van de algenbloei en het uitblijven van het herstel van dit NatuurBescherming, Natura 2000 en KRW gebied maakt het uitvoeren van aanvullende fosfaatbeperkende maatregelen wenselijk. IJzeradditie in de bodem lijkt hiervoor een potentieel geschikte methode. Daarmee wordt Terra Nova een ideale onderzoekslocatie.

3.2 Methode van ijzeradditie

Toevoeging van ijzer als metaal of oxide heeft geen zin, het moet in opgeloste vorm om te werken. Een veel gebruikte verbinding is ijzerchloride. Om deze stof in de bodem te brengen bestaan meerdere opties. De stof zou via een schip met sproei-installatie op of in de bodem gebracht kunnen worden. Naar verwachting moeten we echter 615-1230 ton ijzerchlorideoplossing aanbrengen. Dat wordt een ingrijpende operatie, die in een Natuurbeschermingsgebied op bezwaren kan stuiten. Bij een zo grote dosering ineens bestaat ook de kans dat de pH onverantwoord laag wordt en het ijzer oxideert en zijn werk dan niet meer kan doen. Daarom wordt in dit project geëxperimenteerd met een meer geleidelijke toevoeging.

Voorgesteld wordt om in 2009 en 2010 met een mobiele doseringsinstallatie ijzerchloride aan het water toe te voegen vanaf een vast punt in de plas. Het ijzer zal zich deels aan het in het water aanwezige fosfaat binden en deels oxideren. De hierbij gevormde deeltjes zullen met de natuurlijke stroming over de hele plas worden verspreid en langzaam bezinken. Uiteindelijk zal het ijzer met het andere in de plas zwevende slib in alle uithoeken van de plas terechtkomen. Juist in die hoeken zet zich immers nu ook slib af en daarin ligt de voornaamste bron van interne eutrofiëring. Omdat de aanvoer over een perioden van 1.5 jaar verspreid is zal het afgezette ijzer door de natuurlijke menging (door gravende organismen) in de gehele aerobe toplaag verdeeld worden. De installatie staat op een ponton en kan eenvoudig verplaatst worden om te garanderen dat overal voldoende ijzer terecht komt. De snelheid waarmee ijzer wordt toegevoegd is laag, maar het gaat anderhalf jaar continue door. Hierdoor is de aanvoer van ijzer groot, maar de verstoring van de plas minimaal.

De dosering zal zo hoog zijn dat in anderhalf jaar de toplaag van de bodem weer voldoende ijzer bevat voor een periode van 10 jaar. Op de grenslaag van de bodem kan dan weer fosfaat gebonden worden. Fosfaat dat dieper in de bodem vrijkomt wordt dan weer vastgelegd en bereikt het water niet. Hierdoor is dus minder voeding voor de algen beschikbaar.

De hoeveelheid fosfaat in de bodem verandert naar verwachting niet, mits de methode wordt ingezet in meren waar de externe belasting gering is. In Terra Nova is die belasting laag. Bij hoge externe belasting kan zich fosfaat in de plas ophopen, hetgeen uiteraard ongewenst is.

De toegepaste techniek is eenvoudig en gebaseerd op vaak toegepaste technologieën;

- In een horizontale buis onder water wordt met een propeller een waterstroom opgewekt. Uit de plas en weer de plas in.
- In deze buis wordt continue een hoeveelheid ijzerchloride gedoseerd.
- De hele installatie is op/onder een ponton gemonteerd en dus mobiel.
- De pompen worden gevoed met zonne- en/of windenergie.
- Op de ponton staat een voorraad ijzerchloride voor een week, zodat er zo min mogelijk heen en weer gereden of gevaren moet worden.
- Kwetsbare en gevaarlijke onderdelen zitten veilig in een container. Aan alle veiligheidseisen voor mens, natuur en milieu zal worden voldaan. De hele installatie wordt bestand tegen vandalisme.

De hoeveelheid toe te voegen ijzer hangt af van de huidige hoeveelheid ijzer, fosfaat en sulfide in de bodem. Deze is in 2003 al uitgebreid door de Radboud Universiteit onderzocht (Brouwer en Smolders 2006). Een eerste raming gaat uit van 100-200 gram ijzer per vierkante meter. Er is een gedetailleerde water-, chloride- en nutriëntenbalans van het gebied beschikbaar (Witteveen+Bos 2005).

Op het eerste gezicht komt deze methode sterk overeen met de vaak toegepaste "coagulatiemethode". Daarbij wordt immers ook ijzerchloride aan water toegediend. De technologie komt inderdaad overeen, het principe is fundamenteel verschillend. In de eerste plaats wordt de coagulatiemethode toegepast om water dat vanaf buitenaf wordt aangevoerd te zuiveren. Het gaat dus om het terugdringen van de externe belasting, niet de interne. Het grote verschil is dat bij de coagulatiemethode de gevormde ijzerner slag in een bezinkbassin wordt opgevangen en afgevoerd. Er komt dus géén ijzer in de bodem van de plas terecht.

Een risicoanalyse is onderdeel van het project. Uit een korte inventarisatie komen voornamelijk geen grote problemen naar voren. We onderzoeken echter alle mogelijkheden.

- Toename van de chlorideconcentratie zal geen probleem zijn (net zo min als bij de coagulatiemethode). De extra toevoer is gering ten opzichte van de huidige concentratie, en het water van de plas wordt voldoende ververs, waardoor chloride weer verdwijnt.
- IJzer kan toxisch zijn boven 6 mg/liter. Hier gaan we ruim onder blijven.

- Vervuiling van het ijzerchloride (Nikkel en Koper) wordt voorkomen door gebruik te maken van KIWA-kwaliteit. Onderdeel van het project is dat er gezocht wordt naar een product dat voldoende schoon is.
- Als de externe belasting laag is, hoopt zich geen fosfaat op.
- IJzerchloride is een gevaarlijke stof. Waternet heeft echter veel ervaring met het veilig werken er mee.
- Geluidsoverlast en vervuiling wordt voorkomen door gebruik te maken van zonne- en windenergie.

Een mogelijk knelpunt is wel dat onder dichte vegetaties in theorie fosfaat kan vrij komen. Vegetatieontwikkeling is het doel van dit project. Succes ervan kan dan de werking van de ijzeradditie weer teniet doen. Dit aspect zal uitgebreid worden onderzocht.

3.3 Toepassingsgereed maken van de methode

Hoofddoel van dit project is het toepassinggereed maken van een methode om kosteneffectief de interne eutrofiering sterk te verminderen. Dat betekent een proces van experimenteren, meten, terugkoppelen en aanpassen. Dit proces richt zich op vier onderdelen.

- De technische installatie.
Er wordt een prototype gebouwd met verschillende componenten die in de praktijk worden getest. Het uiteindelijke ontwerp moet robuust en eenvoudig inzetbaar zijn. Dat betekent ongetwijfeld dat er aan gesleuteld moet worden (arbeidsintensief) en dat er nieuwe onderdelen moet worden aangebracht (kostbaar). Dat maakt het proefmodel aanzienlijk duurder dan de uiteindelijke toepassinggerede uitvoering. Op basis van deze ervaring zal een realistische kostenraming van de installatie worden gemaakt.
- De verspreiding van ijzer over/in de plas.
Onderzocht wordt hoe en hoever het ijzer zich in het water verspreid. Vlokvorming en bezinkselnelheid zijn belangrijke parameters. Komt het in het gehele gebied? Mengt het voldoende snel in de bodem? Op basis hiervan kan beoordeeld worden of de installatie moet worden aangepast en of en hoe vaak de installatie moet worden verplaatst.
- Het gedrag van ijzer in de bodem en ontwikkeling fosfaatbindend vermogen.
Onderzocht wordt of het fosfaatbindend vermogen inderdaad toeneemt en of dit leidt tot een voldoende grote afname van de interne belasting. Daarnaast wordt gekeken in hoeverre de voorspelde verbetering van de natuurkwaliteit invloed heeft op het vrijkomen en beschikbaar zijn van fosfaat. Deze kennis is noodzakelijk om te beoordelen of de methode breed inzetbaar is. De hiervoor benodigde expertise wordt verkregen door samenwerking met de Radboud Universiteit Nijmegen.
- De reactie van planten en dieren in de plas.
De vergroting van de concentratie ijzer en de afname van fosfaatbeschikbaarheid in de bodem en het water zal leiden tot een cascade aan ecologische reacties. Kennis hierover is noodzakelijk om te beoordelen of de methode breed inzetbaar is. De hiervoor benodigde expertise wordt verkregen door samenwerking met Centrum voor Limnologie van het NIOO/KNAW.

3.4 Indicatoren van effecten en projectresultaten

- De technische installatie.
 - De installatie kan voldoende ijzer toevoegen
 - De installatie draait langdurig zonder onderhoud op afgelegen locaties
 - De energie wordt ter plaatse gegenereerd
 - De installatie is eenvoudig te verplaatsen
 - Aanvoer van ijzerchloride kan kleinschalig met standaard materiaal
 - De installatie is vandaalbestendig
 - De kosten zijn acceptabel
 - De installatie bestaat uit standaard componenten
- De verspreiding van ijzer over/in de plas

- In alle uithoeken wordt voldoende ijzer aangetroffen
- Het ijzer komt tot op voldoende diepte in de bodem
- De installatie hoeft slechts enkele malen te worden verplaatst
- Er is een eenvoudige methode beschikbaar om ijzer in de bodem te meten
- Het gedrag van ijzer in de bodem en ontwikkeling fosfaatbindend vermogen
 - De verhouding tussen opgelost ijzer en opgelost fosfaat in het anaerobe bodemvocht is een goede indicator voor de mate van fosfaatmobilisatie naar de waterlaag. Deze verhouding moet uiteindelijk lager liggen dan 10 mol Fe / mol PO₄ (Lamers, red 2006).
 - Er is een eenvoudige methode beschikbaar om het vrijkomen van fosfaat uit de bodem te bepalen.
 - Er komt een rekenmethode voor waterbeheerders om te bepalen of en hoe de methode in andere plassen ingezet kan worden.
 - Op basis van de resultaten wordt de nieuwe interne belasting bepaald. Deze moet zo laag zijn dat een substantiële verbetering van de vier KRW-kwaliteits-elementen kan worden verwacht.
 - De concentratie sulfaat is een belangrijke regulator voor het vrijkomen van fosfaat uit de bodem. Onder zuurstofloze omstandigheden wordt sulfaat in veenbodems omgezet in sulfide. Deze stof is giftig en ruikt naar rotte eieren. Omdat sulfide sterk gebonden wordt door opgelost ijzer, zal op plaatsen met een hoge ijzerconcentratie in de bodem geen vrij sulfide ophopen. Dit is zeer gunstig voor de natuur in de plas. Echter, het hierdoor “verbruikte” ijzer is niet meer beschikbaar om fosfaat te binden.
 - De pH mag niet te laag worden omdat het ijzer dan oxideert tot roest en minder werkzaam is.
- De reactie van planten en dieren in de plas.
 - De huidige blauwalgenbloei zal sterk afnemen.
 - De productie van microcystine zal afnemen
 - Het aandeel watervlooien in het zoöplankton neemt toe
 - De bedekking en het soortenaantal van de waterplanten neemt toe.
 - De macrofauna verbetert fors van samenstelling
 - De visstand verbetert fors van samenstelling
 - Er is een eenvoudige methode beschikbaar om de samenstelling van de algenpopulatie te bepalen.

H4. Kosten en effecten, opschaalbaarheid en eventuele aanvullende effecten

4.1 De verwachte waterkwaliteitsverbetering

De verbetering van de water- en natuurkwaliteit is in grote lijnen te voorspellen aan de hand van vergelijkingen met andere plassen en correlaties met biotische en abiotische parameters. Deze methode is gebruikt voor het bepalen van de KRW-maatlatten en KRW-doelen. Waternet hanteert een eenvoudig model om de doelen te bepalen, dat vergelijkbaar is met de KRW-verkenner. Daarnaast beschikt Waternet over gedetailleerde nutriëntenbalansen, kennis van de bodem en een op de plas toegesneden model (zie boven). Hiermee kunnen de projectresultaten worden vertaald in veranderingen op de KRW-maatlatten.

Indien de interne eutrofiëring inderdaad sterk wordt teruggebracht, zal de fosfaatconcentratie in Terra Nova naar verwachting dalen van 0.08 tot 0.04 mg/liter. Het “KRW-model” van Waternet voorspelt op basis hiervan een toename van de EKR-fytoplankton met 0.19 en de EKR-vegetatie met 0.11. Het ecologische model voorspelt dat in Terra Nova de fosfaatbelasting zo laag komt te liggen dat een toename van troebel naar helder water te verwachten is. In dat geval zal de verbetering nog sterker zijn en mag worden aangenomen dat alle KRW-doelen worden gehaald. In andere plassen kan de situatie

anders zijn, zie box 2. Voor de berekening van de kosteneffectiviteit gaan we uit van een gemiddelde EKR-toename van 0.1.

Doel van dit project is na te gaan of bovengenoemde aannames kloppen.

4.2 Kosten

In de huidige situatie worden er in de meeste meren geen kosten gemaakt om de interne eutrofiëring terug te dringen. Baggeren wordt door de hoge kosten en geringe effectiviteit niet gedaan. IJzersuppletie is dus kostenverhogend, maar ook effectief. De behandeling moet, naar verwachting, om de tien jaar herhaald worden. Dat maakt de kosten per jaar relatief gering.

Doel van dit project is te bepalen wat de kosten van deze maatregel zullen zijn. De kosten van het project zijn door het bijbehorende onderzoek aanzienlijk hoger dan die van de uiteindelijke maatregel. Het onderzoek is echter eenmalig en noodzakelijk om een breed toepasbare methode te ontwikkelen. Hieronder worden de projectkosten kort samengevat, een verdere detaillering wordt gegeven in H7; Activiteiten/kostenplan.

Een behandeling duurt twee jaar. We gaan er vanuit dat de installatie drie keer (dus zes jaar) gebruikt kan worden. Naar verwachting moet de behandeling niet vaker dan een keer per tien jaar herhaald worden.

De investeringskosten worden afgeschreven over 6 jaar (drie behandelingen). Een min of meer vergelijkbare installatie kostte ooit €50.000. Daarbij komen dan de kosten voor de wind- en zonne-energie, opslagtanks en beveiliging. Bij dit praktijkexperiment gaan we er van uit dat er heel wat aan het prototype aangepast zal moeten worden. (zie onderstaande tabel)

De kosten voor beheer en onderhoud worden telkens voor een periode van twee jaar gemaakt. De belangrijkste posten zijn de huur van de pontons, personeelskosten, monitoring en ijzerchloride (zie onderstaande tabel).

De grote hoeveelheid extra menskracht is enerzijds nodig voor het beheer, onderhoud en de aanpassingen aan de installatie, anderzijds voor het borgen van de kwaliteit van het praktijkonderzoek. Er moeten folders en brochures gemaakt en verzonden worden en bijeenkomsten georganiseerd. De basis-monitoring bestaat uit een groot aantal componenten die tezamen een goed beeld van het aquatische ecosysteem geven. Vooral de noodzakelijke fyto- en zoöplanktontellingen zijn kostbaar.

De kosten van de twee partners bestaan vooral uit het voor twee jaar in dienst nemen van twee onderzoekers. Deze zullen gezamenlijk het gehele onderzoek voor hun rekening nemen, inclusief de wetenschappelijke publicaties. De kosten voor materialen en dergelijke zijn als lumpsum opgenomen, gebaseerd op vergelijkbaar eerder onderzoek.

Investeringskosten en beheer + onderhoud

Kosten maatregel	investerings kosten	kosten voor beheer en onderhoud	jaarlijkse kosten	Per behandeling van twee jaar	Om de tien jaar, per jaar
Container met pomp en doceringsapparatuur (per zes jaar)	€ 50.000		€ 8.333	€ 16.667	€ 1.667
Zonne- en windenergie installatie (per zes jaar)	€ 20.000		€ 3.333	€ 6.667	€ 667
Tanks (per zes jaar)	€ 10.000		€ 1.667	€ 3.333	€ 333
Hekwerk (per zes jaar)	€ 5.000		€ 833	€ 1.667	€ 167
Vervanging en aanpassing (per zes jaar)	€ 15.000		€ 2.500	€ 5.000	€ 500
Huur pontons (per twee jaar)		€ 25.000	€ 12.500	€ 25.000	€ 2.500
Ijzerchloride (per twee jaar)		€ 100.000	€ 50.000	€ 100.000	€ 10.000
Personeel voor onderhoud (per twee jaar)		€ 20.000	€ 10.000	€ 20.000	€ 2.000
Monitoring (per twee jaar)		€ 10.000	€ 5.000	€ 10.000	€ 1.000
Totalen	€ 100.000	€ 155.000	€ 94.167	€ 188.333	€ 18.833
Extra onderzoekskosten praktijkexperiment (2 jaar)					
Extra menskracht		€ 66.000	€ 33.000		
Extra meetnet		€ 340.000	€ 170.000		
Voorlichting		€ 10.000	€ 5.000		
Voedselwebonderzoek		€ 200.000	€ 100.000		
Bodemonderzoek		€ 200.000	€ 100.000		
Totalen		€ 816.000	€ 408.000		
Totale kosten van dit praktijkexperiment		€ 1.071.000			

4.3 Opschaalbaarheid en kosteneffectiviteit

De methode wordt onderzocht op praktijkschaal; een middelgrote plas van 85 ha. De structuur van de plas is gecompliceerd door de vele legakkers. Er worden daarom geen grote problemen met opschaling verwacht. De te ontwikkelen installatie is mobiel, robuust, maakt gebruik van standaardcomponenten en kan overal worden ingezet.

Er zal een instrumentarium worden ontwikkeld om relatief eenvoudig de hoeveelheid ijzer, fosfaat en de fosfaatbeschikbaarheid in een plas te meten en te beslissen of de methode ingezet kan worden of niet (zie ook box 2).

Als alle Nederlandse meren (40.000 hectare) zouden worden behandeld zou dat €63.027.000,- kosten (zie tabel); €6.302.700 per jaar. Van de 40.000 ha meren in Nederland is ongeveer 12.650 ha laagveenplas M27 (zie bijlage 3). Daarvan zal ongeveer 4000 ha potentieel in aanmerking komen voor IJzersuppletie omdat verwacht wordt dat na type-één maatregelen de externe belasting voldoende laag zal zijn (zie bijlage 3). Bij 2750 ha is dat onwaarschijnlijk. Van 5900 ha weten we het nog niet, het lijkt veilig aan te nemen dat daarvan 500 ha voldoende laag belast is om van de methode te profiteren. In totaal gaat het dan om 4.500 ha. Behandeling daarvan kost €724.000 per jaar.

Box 2. Enige voorbehouden

IJzersuppletie dient om de belasting terug te dringen. Maar dat is niet per definitie voldoende om de KRW-doelen te halen. In de eerste plaats moet de externe belasting door een aantal Type-één maatregelen (P-maatregelen of isolatie) voldoende worden verlaagd. Pogingen om met deze methode een hoge externe belasting te compenseren kunnen leiden tot een ophoping van fosfaat in de bodem. Dat kan weer leiden tot een toename van de interne eutrofiëring. Voor de meeste meren is grofweg, maar nog niet in voldoende detail, bekend of de externe belasting laag genoeg zal zijn.

Als de belasting wel voldoende laag is kunnen Type-drie maatregelen (zoals visstandsbeheer) nodig zijn om een omslag te bewerkstelligen. Dit zal per meer verschillen.

Een mogelijk risico is het creëren van een fosfaatbom. Als in de huidige situatie veel fosfaat in de bodem aanwezig in de vorm van stabiel organisch materiaal, kan dat na ijzersuppletie gebonden worden aan ijzer. Als dan, bijvoorbeeld door een goede vegetatieontwikkeling, de bodem zuurstofloos wordt, kan dat leiden tot het plotseling vrijkomen van een grote hoeveelheid fosfaat. Op dit moment is hierover van de meeste meren nog weinig bekend.

IJzersuppletie moet dus altijd onderdeel zijn van een samenhangend pakket aan maatregelen en onderbouwd worden met voldoende gebiedsspecifieke kennis. De bodem vraagt daarbij om speciale aandacht.

Het effect op de behandelde meren zal, naar schatting, groot zijn; een EKR-toename van 0.1. Een landelijke EKR-toename van 0.01 kost daarmee €643.600 per jaar. Als we uitgaan van een kortere werkingsduur (5 jaar) en een geringere effectiviteit (EKR-toename 0.005), komen de kosten voor een toename van 0.01 landelijk op €2.574.000 per jaar (Tabel). IJzersuppletie lijkt daarmee een zeer kosteneffectieve maatregel te zijn, vergelijkbaar met visstandsbeheer (zie ook Ex ante evaluatie Kaderrichtlijn Water). Kosten en effecten worden beide bepaald door het behandelde oppervlak. De kosten per 0.01 EKR landelijk zijn daardoor niet afhankelijk van het oppervlak.

Kosten en opschaalbaarheid			
meren totaal ha	40.000	40.000	40.000
% toepasbaar	100	11	11
ha toepasbaar	40.000	4.500	4.500
kosten ijzer per ha	€ 1.242	€ 1.242	€ 1.242
totaal ijzerchloride	€ 49.694.118	€ 5.590.588	€ 5.590.588
ha per installatie	200	200	200
keren hergebruik	3	3	3
aantal installaties	66,7	7,5	7,5
aanschaf per installatie	€ 110.000	€ 110.000	€ 110.000
onderhoud per installatie	€ 20.000	€ 20.000	€ 20.000
totaal onderhoud	€ 4.000.000	€ 450.000	€ 450.000
totaal installaties	€ 7.333.333	€ 975.000	€ 975.000
monitoring	€ 2.000.000	€ 225.000	€ 225.000
totale kosten	€ 63.027.451	€ 7.240.588	€ 7.240.588
duur werking jaar	10	10	5
kosten per jaar	6.302.745	724.059	1.448.118
Toename EKR toepassing	0,10	0,10	0,05
Toename EKR gemiddeld 40.000 ha	0,1000	0,0113	0,0056
voor het hele nederlandse merenoppervlak:			
bedrag per 0,01	€ 6.302.745	€ 6.436.078	€ 12.872.157
bedrag per 0,01 per jaar	€ 630.275	€ 643.608	€ 2.574.431
per ha	€ 15,76	€ 16,09	€ 64,36

Een nog onbekend deel van de plassen met minerale bodem (M14) stond vroeger ook onder invloed van ijzerrijke kwel en heeft de laatste 50 jaar een dikke sliblaag opgebouwd. Mogelijk komen ook deze plassen in aanmerking voor ijzersuppletie. Het Naardermeer is hiervan een goed voorbeeld.

Waternet stelt de gegevens vrij beschikbaar. We willen de collega waterbeheerders goed informeren. Daarom is er een ruim budget voor communicatie in de begroting opgenomen. De resultaten worden zo gepresenteerd dat anderen dit na kunnen volgen. Ook minder gunstige resultaten zullen goed worden omschreven, zodat verbetering mogelijk is. Het communicatieplan zal de volgende onderdelen omvatten:

- Demonstraties en rondleidingen in het veld
- Een minisymposium
- Drie workshops
- Publicaties in nationale (vak)tijdschriften
- Presentaties tijdens symposia
- Stukken in de landelijke pers
- Internationale wetenschappelijke publicaties

4.5 Aanvullende effecten

Voor het ontdekken van aanvullende effecten is het onderzoek mede bedoeld. Op basis van het OBN-onderzoek (Lamers red., 2006) kan het volgende worden verwacht:

- IJzerchloride staat er om bekend dat het ook als flocculant kan werken. Veenpartikels klonteren aaneen en bezinken. Dat kan leiden tot een extra verbetering van de waterkwaliteit m.b.t. lichtklimaat.
- IJzer kan eventueel in de bodem aanwezig sulfide binden. Sulfide heeft een negatieve invloed op veel moerasplanten en –dieren.
- Er zijn aanwijzingen uit de literatuur dat meer ijzer in het water tot minder toxineproductie van de blauwalgen zal leiden.

H5. In welke mate is deze aanpak vernieuwend ten opzichte van gangbare maatregelen?

5.1 *Stand van de techniek mate van volwassenheid en vernieuwing*

IJzeradditie wordt internationaal al toegepast in zandplassen, in Nederland weinig. De methode wordt niet of nauwelijks in veenplassen toegepast. Het OBN-laagveenplassen beschouwd deze methode dan ook als experimenteel. Een werkende en uitvoerbare methode om met ijzeradditie de interne belasting in laagveenplassen terug te dringen is dus echt iets nieuws.

De voorgestelde methode is ook vernieuwend omdat gebruik gemaakt wordt van de natuurlijke processen in de plas. Er wordt niet met groot materiaal grof ingegrepen. Het ijzer wordt met de natuurlijke stroming door de plas verspreid en geleidelijk door de natuurlijke bodembewegingen in de bodem opgenomen. Het ijzer zal op de zelfde manier functioneren als het voorheen door kwelwater aangevoerde ijzer. Het gaat daarom om een mitigerende maatregel voor de verdwenen kwel.

De methode is waarschijnlijk duurzaam. De installatie is eenvoudig en produceert zijn eigen energie. Alleen de productie van het ijzerchloride kan mogelijk een forse "footprint" opleveren. Aan de andere kant: het wegvallen van de kwel en de achteruitgang van de natuur in de plassen deed dat ook. Naar verwachting is het effect van ijzeradditie langdurig, maar dat moet uiteraard nog worden onderzocht.

De noodzakelijke technologie is goed bekend. Bij drinkwaterbedrijven en waterbeheerders als Waternet wordt veel ijzerchloride toegepast en weet men daar alles van het bouwen en beheren van de bijbehorende installaties.

5.2 Onderbouwing oplossingsrichting

In het voorgaande is al uitgebreid omschreven waarom voor deze aanpak is gekozen. Er zijn echter wel alternatieven overwogen. De belangrijkste reden om daar niet voor te kiezen is dat de het door vele deskundigen op dit gebied zeer wenselijk wordt geacht om ijzeradditie eindelijk eens in de praktijk toe te passen. Het hoofddoel van het project is niet het herstel van Terra Nova maar het ontwikkelen van een methode om kosteneffectief de interne belasting in een laagveenplaat terug te dringen. Daarnaast zijn er nog enkele redenen om niet voor alternatieven te kiezen:

- Baggeren. Deze methode is bijzonder kostbaar en verstorend. De hele plas wordt overhoop gehaald. De plas wordt aanzienlijk dieper, met negatieve effecten op de waterkwaliteit. En de werking is twijfelachtig, als niet al het slib wordt verwijderd blijft het proces van interne eutrofiëring actief. Er zijn situaties bekend waarbij de nieuwe bodem die vrij komt meer fosfaat nalevert dan de oude.
- Binding van fosfaat met Phoslock of aluminium. Met deze methodes wordt elders al geëxperimenteerd. Alvorens hier voor te kiezen moet toch eerst blijken dat het met de plas-eigen stof ijzer niet gaat.
- Afdekken met zand. Dit is een veelbelovende maatregel. In tegenstelling tot ijzeradditie kan deze methode wel toegepast worden als de externe belasting hoog is. De methode is zeer veel belovend als niet alleen fosfaat, maar ook andere stoffen in de bodem een probleem vormen. Het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard zal al met deze methode gaan experimenteren. Waternet stelt een of meerdere locaties ter beschikking voor vergelijkende experimenten.

H6. Samenwerkingsverband en projectmanagement

6.1 Kennis, kunde en werkzaamheden van de projectpartners

6.1.1 Waternet

Waternet is een bedrijf dat drinkwater produceert, rioolwater zuivert en waterschapstaken uitvoert. Waternet voert alle taken op dit gebied uit voor de Gemeente Amsterdam en het Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht. Daarom heeft het bedrijf een grote hoeveelheid ervaring op het gebied van de watertechnologie, zuivering, toepassing van ijzerchloride, hydrologie en ecologie. Waternet is zowel bedreven in ontwerp, uitvoering als onderzoek. Voor het laatste is er een grote onderzoeksafdeling aanwezig.

Waternet zal de volgende onderdelen van het project op zich nemen:

- Penvoerder en Projectleider
- Ontwerp, bouw, exploitatie en onderhoud van de installatie
- Borging van de wetenschappelijke kwaliteit
- Voorlichting en communicatie
- Opzet en uitvoering van het basis-meetprogramma. Dit programma volgt op een aantal vaste punten de ontwikkeling van de belangrijkste biotische en abiotische parameters. Daarnaast wordt op een groot aantal punten een beperkt aantal parameters gemeten om de ruimtelijke ontwikkelingen te volgen. De eerste twee jaar dienen voor de korte termijn evaluatie. Het is de bedoeling dat het daarna nog enkele jaren wordt voortgezet (mogelijk als onderdeel van het STOWA-watermozaïek). Het basis-meetprogramma zal worden uitgevoerd door Het WaterLaboratorium (HWL), een organisatie met zeer veel ervaring en kunde op dit gebied.

Verschillende afdelingen van Waternet zullen aan het project bijdragen:

- Drinkwater; beheerder van het proefgebied en formele trekker van het project.
- Watersysteembesturing; verantwoordelijk voor de waterkwaliteit en ervaring met gebruik ijzerchloridedosering
- Procestechnologie; brede onderzoekskennis op het gebied van waterzuivering. Ervaring met ontwerpen van en onderzoek naar ijzerdosering

- Projecten; het ingenieursbureau dat de installatie bouwt
- Hydrologie en Ecologie; ervaring met onderzoek naar oppervlakte- en grondwater en aquatische ecologie. Ervaring met berekeningen voor hoeveelheid te doseren ijzer.
- Planvorming; maakt o.a. gebiedsplannen en kan beoordelen waar de methode al dan niet voor inzetbaar is
- Communicatie en voorlichting

6.1.2 Radboud Universiteit Nijmegen

Het Department of Aquatic Ecology & Environmental Biology, Institute for Water and Wetland Research (IWWR) van de Radboud Universiteit Nijmegen verricht met name fundamenteel onderzoek aangaande water in de natuur. Het IWWR speelt een belangrijke rol in het onderzoek naar laagveenplassen in Nederland en is, mede, gespecialiseerd in bodemprocessen en fosfaatbeschikbaarheid. Het instituut is een van de belangrijkste trekkers van het OBN-laagveenwateren. Hierdoor wordt zowel de kwaliteit van het onderzoek als aansluiting bij de landelijke kennisbehoefte gegarandeerd.

De projectleider bij de Radboud Universiteit zal Dr Leon P.M. Lamers zijn.

Hieronder volgt de opzet van het onderzoek door de Radboud Universiteit Nijmegen bij ijzeradditie Terra Nova. Deze opzet vormt tevens het framework waarbinnen de bijdragen van Waternet en het NIOO worden geïntegreerd. Zie voor meer detail bijlage 2.

Hoofdvragen:

1. Werkt ijzeradditie als maatregel om de natuurlijke 'ijzerval' op het grensvlak waterbodem (van nature door aanvoer van anaeroob, ijzerrijk grondwater) met fosfaatverwijdering uit de waterlaag en fosfaatbinding in de waterbodem op een *duurzame wijze* te herstellen in laagveenplassen?
2. Aan welke kwaliteit (naast nutriënten o.a. alkaliniteit, sulfaat) moet het oppervlaktewater voldoen voor duurzaam herstel?
3. Aan welke kwaliteit moet de waterbodem voldoen voor duurzaam herstel (o.a. in relatie tot baggeren slib vooraf)?
4. Leidt dit tot afdoende verbetering van de water- en waterbodemkwaliteit met betrekking tot de fosfaatbeschikbaarheid (van eutroof naar mesotroof)?
5. Leidt deze verbetering van de waterkwaliteit tot voldoende lage dichtheden van algen en cyanobacteriën?
6. Leiden deze verbeteringen tot herstel van de onderwatervegetatie?
7. Is hierbij duurzaam herstel van de biodiversiteit mogelijk (o.a. ook in relatie tot ijzerconsumptie door fosfaat en zwavel)?
8. Zijn er ongewenste bijwerkingen te verwachten voor de vegetatie, vis en macrofauna door ijzerophoping en/of mobilisatie van ammonium of metalen uit de bodem?
9. Welke dosering en methodiek is voor ijzeradditie in laagveenplassen nodig?
10. Welke eenvoudig te bepalen factoren bepalen de werkzaamheid en duurzaamheid?
11. Op welke wijze kan de werkzaamheid gevolgd en bijgestuurd worden aan de hand van eenvoudig te meten parameters (monitoring en stuurknoppen)?
12. In hoeverre kan de maatregel geëxtrapoleerd en op landelijke schaal toegepast worden in laagveenplassen?
13. Welke eenvoudig te bepalen karakteristieken zijn belangrijk voor de opschaling en maatwerk in andere laagveenplassen?

Bijkomende vragen:

1. Hoe is de ontwikkeling van de vegetatie; het is bekend dat snelgroeiende soorten als Grof hoornblad en Smalle waterpest dat deze kunnen gaan woekeren in fosfaatarm water met een fosfaatrijke bodem (lopend onderzoek RU Nijmegen), waardoor de biodiversiteit na herstelmaatregelen na enkele jaren toch weer sterk afneemt.
2. Leidt een hoge fosfaatconcentratie in de bodem (voor een groot deel aan ijzer gebonden), via afstervende biomassa van sterke groeiers als Smalle waterpest en

Grof hoornblad, na enkele jaren toch tot mobilisatie van fosfaat naar de waterlaag, met ongewenste gevolgen? Uit lopend onderzoek (RU Nijmegen) blijkt dat juist het wortelloze Grof hoornblad in staat is om grote hoeveelheden fosfaat te mobiliseren uit de bodem in helder, relatief fosfaatarm water.

3. Welke rol speelt windwerking en opwerveling van bodemslib bij de werkzaamheid van ijzeradditie?

Onderzoeksopzet en –methoden:

- Analyses aan anaerobe bodem (anaerobe monsternamen noodzakelijk i.v.m. artefacten als ijzeroxidatie, pH-verandering en verandering van de fosfaatbinding), waterlaag, vegetatie en (in samenwerking met NIOO) algen, cyanobacteriën bij de verschillende behandelingen. Kwaliteit en stroming oppervlakte- en grondwater, voor zover van invloed op de plas.
- Berekenen totale aanvoerfluxen aan P, S i.v.m. snelheid Fe-consumptie en inschatting duurzaamheid.
- Profielmetingen oppervlaktewater, grensvlak water bodem: onderste cm oppervlaktewater, bovenste cm waterbodem, 5, 10, 25, 50, 100, 200 cm onder grensvlak m.b.t. fosfaat, ijzer
- Meting interne mobilisatie (interne eutrofiëring) en immobilisatie P.
- Rol vegetatie en soortensamenstelling hiervan bij P-consumptie en –mobilisatie (opname, fotosynthese en pH, anaerobie, exudaten).
- Rol benthische algen bij P-mobilisatie (anaerobie) danwel immobilisatie (door zuurstofproductie).
- Testen eventuele negatieve bijwerkingen (toxiciteit voor planten, macrofauna, vissen).

6.1.3 NIOO KNAW

Het NIOO Centrum voor Limnologie (CL) bestudeert de levensgemeenschappen in het voor Nederland zo karakteristieke ondiepe zoete water. De drie werkgroepen van het centrum verdiepen zich in de interacties tussen soorten onderwater en de invloed van die organismen op bijvoorbeeld kringlopen van voedingsstoffen.

De werkgroep Aquatisch Voedselweb Onderzoek bestudeert de sturingsmechanismen van de dynamiek en structuur van voedselwebben in meren. Er wordt onderzoek gedaan aan bijvoorbeeld giftige blauwwieren, chemische communicatie tussen aquatische organismen en parasitaire schimmelinfecties. Ook wordt bestudeerd hoe milieuveranderingen, zoals klimaatverandering en overbemesting, voedselwebben in meren beïnvloeden. De verkregen kennis is onder meer van belang voor de restauratie van meren. De projectleider bij het NIOO zal Prof. dr. Ellen van Donk zijn.

Het Centrum voor Limnologie zal de ontwikkelingen in het veld voor en tijdens de ijzeradditie nauwlettend volgen, ondermeer door analyse van de resultaten van het basis-meetprogramma. Op basis van het onderzoek van het CL ontstaat een beeld van de cascade aan effecten die we kunnen verwachten. Om te garanderen dat de waargenomen veranderingen aan de ijzeradditie toe te schrijven zijn zal de situatie in het veld worden nagebootst op verschillende schalen: proefvakken van 0.5 ha, vijvers van 25 m², mesocosms, naargelang het proces dat moet worden bestudeerd. Door hierbij ook de omstandigheden in andere meren na te bootsen kan worden bepaald of en hoe de methode ook elders toepasbaar is. De evaluatie van de methode volgt meerdere sporen:

- Rechtstreekse effecten van verhoogde ijzerconcentraties op het plankton
 - Mesocosm-proefen met zoö- en fytoplankton uit Terra Nova moeten laten zien wat het gevolg is van ijzeradditie op het planktonsaamenstelling
 - Veranderingen in de planktonsaamenstelling kunnen leiden tot verandering in de eetbaarheid ervan. Dit heeft weer gevolgen voor andere soortsgroepen die van het plankton afhankelijk zijn.

- Effecten van beperking fosfaat op het ecosysteem
 - Kunnen we de veranderingen in fytoplankton relateren aan veranderingen in de fosfaatconcentratie/flux? Hiervoor is een combinatie van veldwaarnemingen en mesocosm-experimenten nodig.
 - De ontwikkeling van visstand zal gedurende het experiment worden gevolgd. Vooral de conditie en rekrutering is een aandachtspunt.
 - De veranderingen in de macrofauna worden gevolgd
 - De vegetatieveranderingen worden in het veld gedetailleerd gevolgd. Een serie mesocosm-experimenten moet laten zien in hoeverre vegetatie veranderingen zijn toe te schrijven aan een veranderde bodemsamenstelling en/of fosfaatbeschikbaarheid.
- De vier KRW-kwaliteitselementen worden op de KRW-maatlatten beschreven
- effecten van vegetatie en biofilm op fosfaatnalevering van de bodem
 - Ontwikkeling bij verschillende P-concentraties in de bodem.
 - Effect verschillende biofilms en vegetatiedichtheden op zuurstofloosheid toplaag en P-mobilisatie (samen met de Radboud Universiteit)
- het effect van ijzer op toxineproductie van blauwalgen
 - Parallel aan de basismonitoring wordt de toxineconcentratie gemeten
 - Zijn er rechtstreekse effecten van verhoogde ijzerconcentraties in het water te verwachten? Aquariumproef om dit te bevestigen met Terra Nova populatie.
- Voorspellingen en opschaalbaarheid
 - Welke voorspelling kunnen we doen over de populatieontwikkeling van fytoplankton de tien jaar na het experiment op basis van het nieuwe evenwicht bij de nieuwe P-belasting? Hiervoor wordt het ecologische model PCLake ingezet.
 - Hoe zouden andere planktonpopulaties reageren? Er komen verschillende algenpopulaties in meren voor. Voor de opschaalbaarheid is het van belang te weten hoe deze zullen veranderen.
- het ontwikkelen van een eenvoudig meetinstrument om algen(bloei) te kwantificeren. Parallel met de basismonitoring wordt met de FytoPAM gemeten. Op basis van deze reeks wordt het apparaat gekalibreerd. Ook uit te voeren in andere plassen om opschaalbaarheid mogelijk te maken.

6.2 het projectmanagement

Het projectmanagement wordt gevoerd door Waternet volgens de daar gangbare methode en normen.

Cruciaal is een goed contact, afstemming en kennisuitwisseling tussen de partners en de toekomstige gebruikers. Voorgesteld wordt om hier een projectgroep voor in te stellen. Deze zou de volgende samenstelling kunnen hebben

Project/stuurgroep voorstel):

- Leon Lamers (Radboud Universiteit)
- Ellen van Donk (NIOO KNAW)
- Marcel Klinge (Witteveen+Bos)
- Eddie Yedema (Drinkwater)
- Alko Bolding (Watersysteembesturing)
- Gerard ter Heerdt (H&E)
- Joost Kappelhof (procestechnologie)
- Maarten Ouboter / Winnie Rip (Planvorming)

Als klankbordgroep zou het OBN deskundigenteam laagveenwateren gevraagd kunnen worden. Er wordt aansluiting gezocht bij het STOWA project "watermozaïek".

6.3 activiteitenplanning met mijlpalen

Direct na toekenning: start vergunningaanvragen

	Start ontwerp methode
1-1-2009	Start bouw installatie Start basismeetprogramma Start bodemonderzoek Start voedselwebonderzoek Eerste laboratoriumexperimenten met bodemmateriaal Inrichting 0.5 ha proefvakken
1-4-2009	Beperkende maatregelen externe nutriëntenbelasting in uitvoering Workshop 1 GO/NO GO beslissing Start ijzerdosering
1-10-2009	eerste tussenevaluatie workshop 2
1-4-2010	tweede tussenevaluatie Workshop 3
1-10-2010	derde tussenevaluatie Symposium
1-12-2010	eindrapport
1-10-2013	einde basismeetprogramma
1-12-2013	definitief eindrapport

Eind ijzeradditie: als doel is bereikt of niet haalbaar blijkt

Niet op datum te zetten, maar belangrijke mijlpalen:

- Eerste verhoging ijzerconcentratie aangetroffen in bodem
- IJzer toename in de uiterste hoek aangetroffen
- IJzer / Fosfaat ratio doel behaald

Niet te plannen:

- Tussentijdse aanpassingen aan de installatie
- Aanpassingen dosering

Als op 1-10-2009 wordt geconstateerd dat de methode niet werkt, en dat directe dosering boven de bodem wel werkt, wordt de methode aangepast.

H7. Activiteiten/kostenplan

Activiteiten/kostenplan

Activiteiten Waternet	Kosten Onderbouwing			
Bouw aanpassing en onderhoud doseringsinstallatie	100.000			
				50.000
				20.000
				10.000
				5.000
				15.000
huur pontons	25.000	100 weken	€250 per week	25.000
IJzerchloride afgerond	100.000	880 m ³	à € 120,-/m ³	105.600

Eigen menskracht waternet	86.000	uren	uurtarief	totaal
projectleiding, publicaties		200	122	24400
kwaliteitsborging, projectgroep		50	122	6100
ontwerp, onderhoud en aanpassing installatie		150	89	13350
controle en dagelijks onderhoud		100	89	8900
dagelijks onderhoud en aanvoer chemicaliën		300	56	16800
kwaliteitsborging, projectgroep		50	89	4450
kwaliteitsborging, projectgroep		50	122	6100
bruchures, persberichten, symposium		50	122	6100
totaal afgerond				86000

Basismetprogramma Water net	aantal monsters	€ per analyse	Tijdreeks		Ruimtelijk	
			4 plaatsen, 2 wekelijks	kosten	14 plaatsen, 4 wekelijks	kosten
	25,2		192	4.838	336	8.467
Gesuspendeerde stoffen						
Chlorophyl	40,95		192	7.862	336	13.759
Algen in oppervlakter. Aantal en biov	302,4		192	58.061		
Zoöplankton gefractioneerd. Aantal ei	252		192	48.384		
Totaal fosfaat	4,725		192	9.072	336	15.876
Ortho-fosfaat	18,9		192	3.629	336	6.350
Kjeldahl stikstof	37,8		192	7.258	336	12.701
Nitraat	22,05		192	4.234	336	7.409
Nitriet	15,75		192	3.024	336	5.292
Ammonium	22,05		192	4.234	336	7.409
Silicaat	22,05		192	4.234	336	7.409
Temperatuur	3,15		192	605	336	1.058
Zuurstof	18,9		192	3.629	336	6.350
Zuurstof verzadiging	3,15		192	605	336	1.058
Zuurgraad	12,6		192	2.419	336	4.234
Chloride	12,6		192	2.419	336	4.234
Ijzer	18,9		192	3.629	336	6.350
Natrium	18,9		192	3.629		
Kalium	18,9		192	3.629		
Calcium	18,9		192	3.629		
Magnesium	18,9		192	3.629		
Carbonaat	3,15		192	605	336	1.058
Waterstof carbonaat	12,6		192	2.419	336	4.234
Sulfaat	22,05		192	4.234	336	7.409
Ionenbalans	3,15		192	605	336	1.058
Destructie zware metalen	4,725		192	9.072		
Subtotaal				199.584		121.716
tijdreeks afgerond	200.000					
ruimtelijk afgerond	125.000					
diversen	25.000					

Voorlichting en communicatie **10.000**

Activiteiten NIO

Voedselwebonderzoek loonkosten **150.000** 3,300 uur à €32,05 + 40%
Idem materiaalkosten **50.000**

Activiteiten Radboud Universiteit **160.000** 3,300 uur à €32,05 + 50%
Bodemonderzoek loonkosten **40.000**
Idem materiaalkosten

Totale Kosten **1.071.000**

Bijlage 1 Literatuur

1. Bakker, L. Nutriënten input door watervogels op Terra Nova, de Waterleidingplas en Loenderveen Oost in 2007. 2008.
2. Brouwer, E. and Smolders, A. P. J. Nutriëntenhuishouding in de veenplas Terra Nova en mogelijkheden tot herstel. Nijmegen: B-ware; 2006; Rapport nummer 2006.01.
3. Dionisio Pires, L. M. Cyanobactereën in Terra Nova. Literatuuronderzoek naar oorzaken van en maatregelen tegen de opkomst en dominantie van cyanobacteriën. Nieuwersluis: NIOO; 2007.
4. Lamers, L., ed. Onderzoek ten behoeve van het herstel en beheer van Nederlandse laagveenwateren. Eindrapportage 2003-2006. Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit; 2006; DK nr. 2006/057-O.
5. Lamers, L.; Klinge, M., and Verhoeven, J. OBN Preadvies laagveenwateren. Wageningen: Expertisecentrum LNV Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij; 2001.
6. Schep, S. A. gevolgen van afsluiting van het noordelijk en zuidelijk deel van Terra Nova op de toekomstige waterkwaliteit en ecologische kwaliteit in het gebied. Deventer: Witteveen+Bos; 2007.
7. ter Heerdt, G. N. J. and Hootsmans, M. Why biomanipulation can be effective in peaty lakes. *Hydrobiologia*. 2007; 585:305-316.
8. van de Haterd, R. J. W. and ter Heerdt, G. N. J. Potential for the development of submerged macrophytes in eutrophicated shallow lakes after restoration measures. *Hydrobiologia*. 2007; 584:277-290.
9. Witteveen+Bos. Ecologische modellering Loenderveense Plas en Terra Nova. Deel 1: Water- en nutriëntenbalans. CONCEPT. Deventer: Witteveen+Bos; 2005.

Bijlage 2 Details bodemonderzoek

Bodem:

- P-fractionering: labiele P-fractie, fosfaatbinding aan ijzerverbindingen, aluminiumverbindingen, calciumverbindingen en organische stof over diepteprofiel (water-bodem)
- Kwaliteit veen, afbraaksnelheid met mineralisatie van fosfaat, ammonium, koolstof
- Kwaliteit anaerobe bodemvocht (o.a. Fe (2+/3+), sulfide, fosfaat, totaal opgelost P, pH, alkaliniteit, CO₂, humuszuren, zuurstof, redoxpotentiaal, Ca, Mg, Al, Na, K, Cl en potentieel toxische metalen als Zn, Cd, etc.)

Waterkwaliteit:

- Meting diepteprofiel waterkwaliteit water-bodem
- Aanvulling op metingen Waternet en NIOO indien nodig

Vegetatie, algen, cyanobacteriën:

- biomassa
- C, N, P concentratie

Basismetingen in Terra Nova (vijftien sublocaties):

1. Opbouw veenbodem
2. Beschikbaarheid van fosfaat voor planten over dit diepteprofiel (water-bodem);
3. P-fractionering (ijzer, aluminium, calcium organisch) waterbodem profiel;
4. Meting basisvariabelen met betrekking tot beschikbaarheid van fosfaat en stikstof (ammonium, nitraat) in bodem en bodemvocht;
5. Waterkwaliteit: o.a. hardheid water, sulfaatconcentratie.

Aquariumexperimenten onder gecontroleerde omstandigheden (veertig aquaria):

1. Gebruik van slib- en onderliggend veen Terra Nova met waterkwaliteit Terra Nova;
2. Testen benodigde dosering en werkwijze (verschillen bij toepassing twee- of driewaardig ijzer, toediening aan waterlaag of (net boven) waterbodem);
3. Meten van de snelheid van mobilisatie en immobilisatie van fosfaat onder basisomstandigheden en na verschillende maatregelen;
4. Rol waterkwaliteit (o.a. hardheid, zuurstof, sulfaat) hierbij;
5. Onderzoeken van de rol van waterbeweging hierbij;
6. Meting van fosfaat- en ijzerprofiel vanuit waterlaag naar bodem;
7. Meten biobeschikbaarheid fosfaat en stikstof in relatie tot groei waterplanten;
8. Mobilisatie van fosfaat via groei en afsterven planten;
9. Rol veenafbraak en mineralisatie nutriënten;
10. Rol ijzerchloriden (en eventueel andere stoffen als aluminiumchloride) bij flocculatie algen en organische partikels;
11. (Optioneel) testen aluminiumchloriden als P-binder;
12. Testen eventuele toxiciteit bij macrofauna /vegetatie;
13. Evaluatie: keuze beste methode voor opschaling naar veld-enclosures.

Experimenten in met dammen afgesloten delen van Terra Nova:

1. Testen meest optimale maatregelen uit aquariumproeven;
2. Experimenten met alternatieve methode van ijzerdosering
3. Rol windwerking;
4. Gedrag ijzer over diepteprofiel (o.a. door menging slib) en effect op P-binding;
5. Meten parameters genoemd bij bij aquariumproeven met betrekking tot waterbodem, waterlaag en vegetatie;
6. Testen eventuele toxiciteit voor vegetatie, macrofauna, vis;
7. Monitoring en bijsturing;
8. Evaluatie: keuze methode voor opschaling plas Terra Nova.

Enclosure-experimenten met (15) polycarbonaat cilinders (doorsnede 1m):

1. Testen extra maatregelen uit aquariumproeven onder halfgecontroleerde omstandigheden in het veld (enclosures) in aanvulling op voorgaande;
2. Gedrag ijzer over diepteprofiel (o.a. door menging slib) en effect op P-binding;
3. Meten parameters als bij aquariumproef met betrekking tot waterbodem, waterlaag en vegetatie;
4. Profielmetingen in vegetatie (o.a. zuurstofprofiel, pH);
5. Testen eventuele toxiciteit voor vegetatie, macrofauna, vis;
6. Monitoring en bijsturing;
7. Evaluatie: keuze methode voor opschaling plas Terra Nova.

Opschaling naar de hele plas, monitoring en bijsturing:

1. Testen effectiviteit en duurzaamheid ijzeradditie op veldschaal, volgens beste methode uit voorgaande;
2. Meten parameters als eerder genoemd met betrekking tot waterbodem, waterlaag en vegetatie;
3. Testen eventuele toxiciteit voor vegetatie, macrofauna, vis;
4. Monitoring en bijsturing;
5. Evaluatie.

Handvatten voor het waterbeheer en extrapolering:

1. Definitie van stuurvariabelen (stuurknoppen voor het waterbeheer) P-problematiek en beijzering in laagveenplassen;
2. Definitie van *diagnostic tools* (analyse veenplas, haalbaarheid, keuze maatregel, eventuele aanvullende maatregelen);

Opstellen van een eenvoudig monitoringsplan voor beijzering van laagveenplassen (evaluatie en optimalisering).

Bijlage 3 Overzicht meren M27 in Nederland

	verwachte situatie	oppervlakte (ha) geschikt voor ijzersuppletie		
		ja	nee	onbekend
Waterschap Noorderzijlvest				
Paterswoldermeer	geïsoleerd	275		
Waterschap Hunze en Aa's				
Foxholstermeer	hoge externe belasting		100	
Zuidlaardermeer	hoge externe belasting		600	
Wetterskip Fryslân				
De Deelen	uit zandplas	195		
Oude vener Izakswijd	geïsoleerd	26		
Fjirtig Mêd	geïsoleerd	10		
Tusken Sleatten	geïsoleerd	11		
Waterschap Reest en Wieden				
Boezem van NW-Overijssel	schatting 1000 ha geïsoleerd	1000	2000	
Duinigermeer	geïsoleerd	30		
Amstel Gooi en Vecht				
Terra Nova	na P-maatregelen	85		
Loenderveense Plas	geïsoleerd, al in orde			210
Molenpolder en Tienhoven	na P-maatregelen	207		
Kortenhoefse plassen	na P-maatregelen	246		
Stichts Ankeveense Plassen	na P-maatregelen	140		
Hollands Ankeveense Plassen	na P-maatregelen	100		
Ster en Zodden				140
Loosdrechtse plassen	na P-maatregelen	1400		
Hoogheemraadschap van Rijnland				
Langeraarse Plassen				
Geerplas	hoge externe belasting		28	
Nieuwkoopse Plassen				2000
De Haeck	na P-maatregelen	67		
Reeuwijkse Plassen				700
Klein Vogelenzang	sterk opgeladen bodem		16	
Groot Vogelenzang	hoge externe belasting		18	
Amstelveense Poel	Na isoleren	130		
Braassemermeer				425
Kagerplassen				425
Westeinderplassen				2000
Schieland				
Bergse Plassen	geïsoleerd en P-maatregelen	80		
Totalen		4002	2762	5900 12664