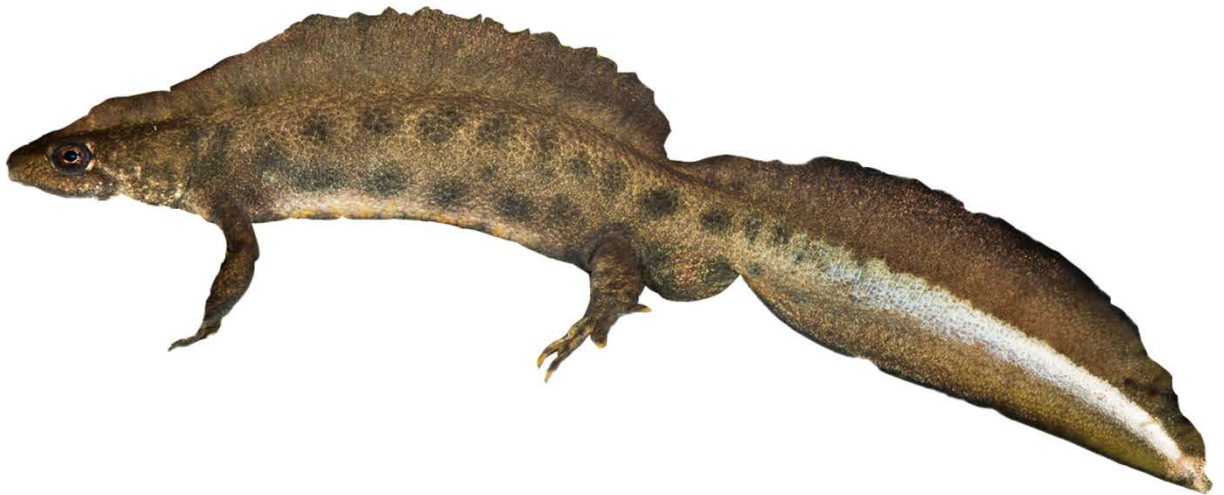




METHODEN VOOR BESTRIJDING VAN ONGEWENSTE UITHEEMSE AQUATISCHE GEWERVELDEN



H. van Kleef
N. van Kessel
B. Niemeijer
G. Hoogerwerf

In opdracht van:
Team Invasieve Exoten
Bureau Risicobeoordeling en Onderzoeksprogrammering (BuRO)
Nederlandse Voedsel en Warenautoriteit



METHODEN VOOR BESTRIJDING VAN ONGEWENSTE UITHEEMSE AQUATISCHE GEWERVELDEN

H. van Kleef
N. van Kessel
B. Niemeijer
G. Hoogerwerf



Colofon

Tekst en samenstelling: H. van Kleef¹
N. van Kessel²
B. Niemeijer²
G. Hoogerwerf²

¹ Stichting Bargerveen, Nijmegen

² Bureau Natuurbalans – Limes Divergens BV, Nijmegen

In opdracht van: ir. J.W. Lammers
Team Invasieve Exoten
Bureau Risicobeoordeling en Onderzoeksprogrammering (BuRO)
Nederlandse Voedsel en Waren Autoriteit
Geertjesweg 15
Postbus 9102 | 6700 HC | Wageningen

Foto's omslag: Amoergrondel, Italiaanse kamsalamander en Aziatische modderkruiper (Foto's: P. van Hoof; www.paulvanhoof.nl)

© 2015: Teksten mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

Inhoudsopgave

1. Inleiding	5
2. Het plannen van bestrijding	7
2.1. Inventarisatie en omgevingsscan.....	7
2.2. Keuze van meest geschikte bestrijdingsmaatregelen	9
2.3. Randvoorwaarden uitvoering	9
2.4. Effectief werken: combineer verschillende maatregelen	10
2.5. Vergunningen en ontheffingen	10
2.6. Veiligheid.....	10
2.7. Betrokkenheid van publiek: voorlichting en communicatie	11
2.8. Verwijderen van dode of gevangen dieren	11
2.9. Uitvoering bestrijding invasieve exoot in het veld: het veldprotocol	12
2.10. Effectmonitoring en nazorg	12
3. Fysieke bestrijdingsmethoden	13
3.1. Droogleggen.....	13
3.2. Elektrovisserij	17
3.3. Zegenvisserij.....	22
3.4. Fuiken.....	25
3.5. Valemers	30
3.6. Raster/ scherm	33
3.7. Afschieten.....	36
3.8. Kunstmatige schuilplaatsen	38
4. Chemische bestrijdingsmaatregelen	41
4.1. Rotenon	43
4.2. Antimycine A	47
4.3. 3-trifluoromethyl-4-nitrophenol (TFM)	50

4.4.	<i>Niclosamide</i>	53
4.5.	<i>Saponinen</i>	56
4.6.	<i>Ammonia</i>	59
4.7.	<i>Chloor</i>	62
4.8.	<i>Kalk</i>	64
4.9.	<i>Samenvatting chemische bestrijding</i>	66
5.	Exoten en Natuurwetgeving	69
5.1.	<i>Flora- en faunawet</i>	69
5.2.	<i>Exoten en Natuurbeschermingswet</i>	71
5.3.	<i>Natuurschade en/of effecten op beschermde soorten</i>	71
5.4.	<i>Visserijwet 1963</i>	72
5.5.	<i>Elektrovisserij</i>	73
5.6.	<i>Het doden van exoten</i>	73
6.	Conclusies	75
7.	Referenties	79

1. Inleiding

Invasies van uitheemse aquatische gewervelden (vissen, amfibieën en reptielen) kunnen grote schadelijke gevolgen hebben voor inheemse soorten en ecosystemen. Goed gedocumenteerde voorbeelden van ecologische schade zijn predatie op inheemse soorten door zonnebaars (*Lepomis gibbosus*) (Van Kleef et al. 2008), het verdringen van inheemse soorten door invasieve grondels (Van Kessel et al. 2014), kruising van Italiaanse kamsalamander (*Triturus carnifex*) met de inheemse kamsalamander (*Triturus cristatus*) (Maletzki et al. 2008), verstoring van stofkringlopen door karper (*Cyprinus carpio*) (Meijer 2000) en overdracht van pathogenen door blauwband (*Pseudorasbora parva*) (Gozlan et al. 2005). Het is daarom niet verwonderlijk dat er veel gebeurt om invasies van uitheemse soorten te voorkomen (beleidsnota Invasieve Exoten¹, EU Verordening 1143/2014²). Het gebeurt echter regelmatig dat preventie niet werkt en uitheemse soorten zich toch weten te vestigen. Inmiddels zijn er minstens 30 soorten exotische vissen aanwezig in de Nederlandse oppervlaktewateren. Daarnaast hebben zich al drie soorten amfibieën weten te vestigen en zijn al meerdere soorten uitheemse reptielen waargenomen, waarvan vooralsnog alleen de Russische rattenslang (*Elaphe schrenckii*) zich heeft weten voort te planten (Van de Koppel et al. 2012). Recente risicoanalyses hebben laten zien dat er nog diverse uitheemse soorten zijn, die zich mogelijk in Nederland gaan vestigen of al met kleine populaties aanwezig zijn (Spikmans et al. 2010, Matthews et al. 2014).

Effectieve bestrijding van uitheemse aquatische gewervelden is moeilijk. Dat komt doordat de dieren vaak moeilijk te vinden zijn, waardoor het lastig is om alle dieren te verwijderen. Uitheemse plaagsoorten zijn vaak in staat tot het produceren van veel nakomelingen. Onvolledige bestrijding zorgt daardoor vaak voor slechts een tijdelijke verlaging van de aantallen van de soort. Daarnaast is er onder water- en natuurbeheerders weinig ervaring met de bestrijding van aquatische gewervelde exoten en hebben zij vragen over de mogelijk toepasbare methodieken en over het maken van de juiste keuze daarin ten behoeve van effectieve bestrijding. De uitdaging ligt in het kiezen van de juiste methode. Dit is moeilijk omdat de toepasbaarheid en effectiviteit van vang- en bestrijdingsmethoden sterk afhankelijk zijn van de lokale omstandigheden en relatief weinig zijn toegepast met als doel om ongewenste soorten te bestrijden. De keuze van bestrijdingsmethodiek hangt ook af van ecologische neveneffecten die verwacht worden en de mogelijkheden om die tot een minimum te beperken.

In dit rapport staat een overzicht van de meest gangbare fysieke en chemische bestrijdingsmethoden die in Nederland en het buitenland worden gebruikt bij de bestrijding van exotische aquatische gewervelden. Daarbij worden twee vormen van bestrijding onderscheiden: beheersing en eliminatie. Onder beheersing wordt het klein houden van de populatieomvang door wegvangen of doden van dieren verstaan. Hierdoor blijft de populatie van de probleemsoort bestaan, echter zo klein dat de negatieve ecologische effecten van de betreffende invasieve exoot worden geminimaliseerd. Voor beheersing is het vaak nodig om met enige regelmaat opnieuw de exoot te bestrijden. Eliminatie betreft het volledig en permanent verwijderen of doden van alle dieren op een bepaalde locatie en

¹ <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/notas/2007/10/15/beleidsnota-invasieve-exoten.html>

² <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1417443504720&uri=CELEX:32014R1143>

betreft het eenmalig of hooguit enkele malen uitvoeren van de bestrijdingsmaatregelen. In dit rapport wordt vooral aandacht besteed aan praktische zaken die bij beheersing en eliminatie aan de orde komen, zoals keuze van de meest geschikte methodiek, verkleinen van ecologische risico's, veiligheid, wetgeving en betrokkenheid van publiek. Daarmee kan dit rapport gezien worden als een advies aan water- en natuurbeheerders over hoe om te gaan met alle zaken die te maken hebben met het bestrijden van exotische aquatische gewervelden.

2. Het plannen van bestrijding

Het bestrijden van invasieve aquatische gewervelden vereist een goede planning en voorbereiding, waarbij de volgende aandachtspunten van belang zijn:

- Inventarisatie en omgevingscan
- Keuze van meest geschikte bestrijdingsmaatregelen
- Randvoorwaarden uitvoering
- Vergunningen en ontheffingen
- Veiligheid
- Betrokkenheid publiek: voorlichting en communicatie
- Opvangen van levende en/of verwijderen van dode dieren
- Uitvoering bestrijding invasieve exoot in het veld; het veldprotocol
- Effectmonitoring en nazorg

In onderstaande paragrafen worden deze aandachtspunten besproken.

2.1. *Inventarisatie en omgevingscan*

Inventarisatie natuurwaarden

De eerste stap in het proces betreft een inventarisatie van de aanwezige invasieve aquatische soorten en de inheemse soorten die mogelijk in het geding kunnen komen. Hiervoor dienen de volgende stappen in acht te worden genomen:

- Om welke invasieve exoot gaat het? Hierbij is het van belang of de exoot een vis, amfibie (water- en landfase) of reptiel betreft en welke leefwijze de soort hanteert, bijvoorbeeld bentisch of pelagisch. Dichtheden en informatie over de opbouw van de populatie en de verspreiding geven daarbij een indicatie voor de omvang van het probleem.
- Welke (zeldzame/beschermde) inheemse soorten zijn ook aanwezig? Alvorens tot bestrijding over te gaan, dienen de aanwezige natuurwaarden op de betreffende locatie bekend te zijn. Hoewel het gewenst is een invasieve aquatische gewervelde soort te elimineren, is het verdwijnen van waardevolle (beschermde of zeldzame) inheemse soorten niet gewenst. Het betreft hier alleen die natuurwaarden die als gevolg van de beoogde maatregel aangetast kunnen worden. Hieronder vallen bijvoorbeeld ook niet aquatische gewervelde soorten, zoals beschermde en/of zeldzame plantensoorten, die als gevolg van de ingrijpende werkzaamheden in bijvoorbeeld de oever van een poel verloren kunnen gaan. Dichtheden en informatie over de opbouw van de populatie en de verspreiding geven daarbij een indicatie met betrekking tot de waarde van de betreffende populaties.
- Zijn er hybriden bekend of aanwezig van de betreffende invasieve exoot met één van de aanwezige inheemse soorten? Hybriden van beschermde inheemse soorten zijn eveneens beschermd in de Flora en Faunawet. Het is echter mogelijk dat hybriden morfologisch niet te

onderscheiden zijn van de betreffende beschermde inheemse soort. Voorafgaand aan het toepassen van een bestrijdingsmaatregel dient onderzoek plaats te vinden naar de (potentiële) aanwezigheid van hybriden, eventueel middels gebruik van DNA-technieken. Wegvangen van beschermde hybriden kan worden toegestaan indien dit positief of noodzakelijk is voor de gunstige staat van instandhouding van de hybridiserende inheemse soort. Degene die de bestrijding uitvoert moet vooraf vergunningen en ontheffingen aanvragen bij de provincie op grond van de Natuurbeschermingswet 1998 (NB-wet) en de Flora en Faunawet (artikel 67,1 of 68 Ffw). Ontheffingen op basis van artikel 68 Ffw worden uitsluitend aan Faunabeheereenheden verleend. Indien gekozen wordt voor een andere uitvoerder, dan heeft het de voorkeur dat provincies een aanwijzing op grond van artikel 67,1 Ffw verlenen. Dit kan pas als deze exoot bij ministeriële regeling is aangewezen in de Regeling beheer en schadebestrijding dieren.

Omgevingsscan

Het type systeem waarbinnen de betreffende invasieve exoot voorkomt is van groot belang voor de afbakening van de methodiek of combinatie van methodieken die toegepast dienen te worden. Het betreft hierbij niet alleen het watertype, maar ten aanzien van invasieve aquatische exoten met een landfase tevens het omliggende landbiotoop. Hiervoor dient een omgevingsscan uitgevoerd te worden, die onderverdeeld kan worden in twee stappen:

1) Watertype

Binnen watersystemen zijn een groot aantal watertypen te onderscheiden. Met betrekking tot de eliminatie van invasieve exoten spelen hierbij twee factoren een grote rol: dimensie van het water en de mate van connectiviteit met andere wateren.

Bij invasieve exoten waarvan de verspreiding beperkt is tot een geïsoleerd water, is de kans van slagen van een bestrijdingsmaatregel per definitie groter dan in een niet geïsoleerd water. Als deze geïsoleerde wateren klein zijn, zoals vennen, poelen, vijvers en kleine plassen, dan kunnen invasieve exoten relatief gemakkelijk bestreden worden. Bij grotere geïsoleerde wateren dienen grotere vangtuigen te worden gebruikt en wordt de intensiteit van het vangen hoger. De kans op volledige eliminatie neemt echter af.

Naast informatie over de mate van isolatie en dimensies van het betreffende water, dient ook informatie beschikbaar te zijn ten aanzien van de waterkwaliteit, (door)stroming, oeverstructuur, bodemsubstraat, temperatuur, zuurgraad, troebelheid, zuurstof, elektrische geleidbaarheid. Daarnaast dient het gebruik en toegepaste beheer in kaart gebracht te worden. De efficiëntie en toepasbaarheid van (tenminste een aantal van) de methodieken die worden besproken in voorliggend rapport zijn namelijk afhankelijk van één of meerdere van deze factoren.

2) Landhabitat

Met betrekking tot invasieve aquatische exoten met een landfase is tevens een gedegen omgevingscan van het omliggend landhabitat van belang aangezien de complexiteit van het probleem toeneemt. Het gaat hierbij niet alleen over amfibieën, maar ook over reptielen (b.v. schildpadden en slangen) met een watergebonden leefwijze. De volgende zaken zijn bij de omgevingscan landhabitat van belang:

- Welke delen van het omliggende landhabitat zijn van belang als leefgebied voor de soort?
- Hoe worden de afzonderlijke delen gebruikt (b.v. foerageergebied, overwinteringsgebied, corridor)?
- Door welke levensfase worden de afzonderlijke onderdelen van het landhabitat gebruikt?

2.2. *Keuze van meest geschikte bestrijdingsmaatregelen*

Na de inventarisatie en de omgevingscan zal op basis van de biologische, fysieke en chemische eigenschappen van het gebied en op basis van de biologie van de betreffende exoot een keuze moeten worden gemaakt ten aanzien van de toe te passen bestrijdingsmaatregelen. Voorlichting onder omwonenden en andere belanghebbenden kan het draagvlak van de gemaakte keuzes vergroten. Het kiezen van de juiste methodiek is altijd maatwerk, onder andere afhankelijk van de omgeving waarin de maatregel wordt toegepast (isolatie van het waterlichaam, diepte, omvang, hoeveelheid vegetatie), het wel of niet aanwezig zijn van beschermde soorten en de wensen van de terreineigenaar. Het kan nodig zijn om in verschillende delen van een waterlichaam andere methodieken toe te passen. De aspecten die hierbij belangrijk zijn worden in hoofdstukken 3 en 4 per bestrijdingsmethode besproken.

2.3. *Randvoorwaarden uitvoering*

Alvorens het bestrijdingsplan tot uitvoering te brengen, dient aan een aantal randvoorwaarden te worden voldaan, afhankelijk van onder andere de gehanteerde methodiek en de eventuele aanwezigheid van beschermde inheemse soorten. Aan de volgende randvoorwaarden dient te worden voldaan:

- Voorbereidende werkzaamheden ten behoeve van effectieve toepassing van gekozen bestrijdingsmaatregel zijn uitgevoerd, b.v. het verwijderen van vegetatie.
- Er zijn voldoende maatregelen getroffen om effecten van de bestrijdingsmaatregel op inheemse soorten te voorkomen of te mitigeren en/of is een aangepaste tijdsplanning noodzakelijk (zie hoofdstuk 5).
- Is de logistieke planning in orde, dat wil zeggen voldoende gekwalificeerd personeel en benodigde materialen?
- Heeft de terreineigenaar en/of visrechthebbende toestemming verleend?
- Zijn alle benodigde vergunningen en ontheffingen aanwezig? (zie paragraaf 2.5.)
- Is de veiligheid te allen tijde gewaarborgd? (zie paragraaf 2.6.)

Een meer gedetailleerde uitwerking van deze randvoorwaarden wordt gegeven in de volgende paragrafen, alsmede in de beschrijvingen van de bestrijdingsmethodieken in hoofdstuk 3 en 4). In hoofdstuk 5 wordt de Natuurwetgeving toegelicht.

2.4. Effectief werken: combineer verschillende maatregelen

Fysieke en chemische bestrijdingsmethoden worden effectiever naar mate het water een kleinere omvang en minder structuur heeft. Daarom is het in het geval van geïsoleerde wateren zinvol, om voorafgaand aan het wegvangen van de exoten of inbrengen van gifstoffen, het waterlichaam zover mogelijk leeg te pompen. Daarmee wordt voorkomen dat de dieren zich kunnen verschuilen in structuurrijke of rijkbegroeide oevers. Tevens zorgt dit voor een ruimtelijke concentratie van de probleemsoort, waardoor deze gemakkelijker te vangen is of waardoor veel minder chemicaliën nodig zijn. Daarnaast is het vaak nodig om vegetatie in het water en op de oevers te maaien opdat het waterlichaam toegankelijker wordt voor vistuig en/of chemicaliën.

Dit is ook het moment om bedreigde gevoelige gewervelden en grote ongewervelden weg te vangen en tijdelijk elders onder te brengen. Zorg er dan wel voor dat hiervoor de juiste voorzieningen zijn getroffen. Er is dus materiaal nodig om de dieren te bewaren en te vervoeren. Daarnaast is er bij gebruik van chemicaliën een plek nodig waar de inheemse dieren tijdelijk in gevangenschap gehouden kunnen worden.

2.5. Vergunningen en ontheffingen

Het in bezit hebben van de juiste vergunningen en ontheffingen is erg belangrijk. De bestrijding van uitheemse plaagsoorten wordt door de Nederlandse wetgeving namelijk niet gemakkelijk gemaakt (Schiphouwer et al. 2012). Het is dus van belang om op tijd aandacht te besteden aan het verkrijgen van de benodigde vergunningen en ontheffingen. Sommige ontheffingen zijn altijd nodig, andere zijn noodzakelijk afhankelijk van de gekozen bestrijdingsmaatregelen. Zorg vanwege de soms lange behandeling van een aanvraag ervoor dat voldoende tijd is ingepland om de benodigde ontheffingen te verkrijgen (zie ook hoofdstuk 5).

- Toestemming grondeigenaar, visrechthebbende en/of waterschap (altijd nodig);
- Ontheffingen gebruik verboden vistuigen ((fuike, elektro- en zegenvisserij);
- Ontheffing aalvangstverbod (periode september-oktober bij gebruik fuik en elektrovisserij);
- Ontheffing Flora- en faunawet (in alle situaties waarbij beschermde soorten in het geding komen).
- Vrijstelling op grond van artikel 65 van de Wet gewasbeschermingsmiddelen en biociden (ij chemische bestrijding).

2.6. Veiligheid

Het is van groot belang dat de veiligheid voor de mensen die de werkzaamheden uitvoeren, voor publiek en volksgezondheid te alle tijden gewaarborgd is. De volgende richtlijnen kunnen daar aan bijdragen:

- Zorg ervoor dat er ruim voldoende (gekwaliceerd) personeel aanwezig is om de werkzaamheden uit te voeren. In het geval van calamiteiten kan er dan adequaat worden gehandeld.
- Slechte apparatuur brengt onnodige risico's met zich mee. Onderhoud boten, netten en elektrovisapparatuur daarom goed.
- Houd publiek tijdens uitvoering van werkzaamheden op een veilige afstand. Dit geldt overigens ook voor vee en huisdieren.
- Heb een calamiteitenplan klaar in het geval er zich onverhoopt ongelukken voordoen. Daarin staat onder andere de locatie van een goed gevulde eerste hulp kit, de namen en telefoonnummers van betrokken hulpverleners, route naar het dichtstbijzijnde ziekenhuis, etc.
- Zorg voor persoonlijke beschermingsmiddelen bij bestrijdingsmethodieken waar dat van toepassing is, bijvoorbeeld bij het gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen en bij elektrovisserij.

2.7. Betrokkenheid van publiek: voorlichting en communicatie

Bestrijding van soorten is een onderwerp dat gevoelig ligt bij het publiek vanwege zorgen om natuur en dierenwelzijn. Bij de toepassing van gifstoffen komen nog andere argumenten kijken, zoals gevolgen voor volksgezondheid en drinkwatervoorziening. Elke vorm van exotenbestrijding dient dus gepaard te gaan met goede betrokkenheid van en informatievoorziening naar het publiek. Het betrekken van het publiek is wellicht niet noodzakelijk als het om exotenbestrijding in een klein poeltje gaat, maar mogelijk wel als er grote gebieden betrokken zijn. Het is zeer afhankelijk van de locatie waar het betreffende water is gelegen, het belang van het water voor omwonenden en welke draagkracht de aanwezigheid van een bepaalde exoot geniet. Ook hier geldt dus dat maatwerk mogelijk noodzakelijk is. Maak een planning voor informatievoorziening naar omwonenden, bijeenkomsten en momenten dat er beslissingen worden genomen. Zorg voor een lijst van contactpersonen van diverse belanghebbende groepen en lokale media.

2.8. Verwijderen van dode of gevangen dieren

Bij de bestrijding van uitheemse dieren worden meestal een groot aantal dieren gevangen. Maak een plan voor wat er nadien met deze dieren gebeurt. Bedenk een legale en diervriendelijke wijze om de dieren dood te maken en zorg ervoor dat voor het doden/transporteren de juiste papieren aanwezig zijn. Grote aantallen dode dieren dragen niet bij aan draagvlak voor bestrijdingsacties, dus het is raadzaam om deze te verwijderen. Waar gaan deze dieren naartoe? Inmiddels is bij diverse bestrijdingsprojecten in Nederland gebleken dat dierentuinen en vogelpensions gretig afnemer zijn van dode uitheemse vissen. Door de dode dieren een nuttige bestemming te geven, is het voor media en publiek gemakkelijker te accepteren dat er een groot aantal dieren wordt doodgemaakt. Echter bij het gebruik van gifstoffen is het verstandig om de dieren af te voeren naar een destructiebedrijf.

Op dit moment is het doden van gevangen uitheemse gewervelden een knelpunt bij bestrijdingsacties (Schiphouwer et al. 2012). Men wordt geacht om gevangen dieren op een diervriendelijke wijze (lees: zonder pijn, spanning of lijden) te doden. Voor vissen en amfibieën is een ferme tik op de kop een legale en voor de hand liggende methode. Na het afvissen van een waterlichaam waarbij 100-en of vaak zelfs 1000-den dieren zijn verzameld is dit een zeer onpraktische methode die door de lange verwerkingstijd veel stress onder de dieren zal veroorzaken. Chemische middelen voor euthanasie, die meer voor de hand liggen zoals rotenon, zijn allemaal verboden. Wel is het mogelijk om bij het Ministerie van Infrastructuur en Milieu een ontheffing aan te vragen.

2.9. Uitvoering bestrijding invasieve exoot in het veld: het veldprotocol

Het is aan te bevelen om bovenstaande aandachtspunten met betrekking tot het opzetten van een bestrijdingsplan op heldere wijze vast te leggen en uit te werken in een veldprotocol, zodat iedereen die aan een bestrijdingsactie meewerkt op de hoogte is van alle aspecten van de betreffende bestrijdingsactie en daardoor gedegen kan handelen.

2.10. Effectmonitoring en nazorg

Inmiddels is al meerdere malen gebleken dat het niet gemakkelijk is om populaties van uitheemse aquatische gewervelden te elimineren. Tevens is het mogelijk dat een soort na een succesvolle bestrijding opnieuw wordt uitgezet. In een aantal gevallen zal het daarom nodig zijn om opnieuw een bestrijdingsactie te ondernemen. Met een eenvoudige effectmonitoring kan geconstateerd worden of de bestrijdingsactie geslaagd is of dat een nieuwe ingreep nodig is.

Een eliminatieactie dient ook gepaard te gaan met een plan om nieuwe vestiging of introductie van de geëlimineerde soort tegen te gaan. Een belangrijke stap in dit proces betreft het tegengaan van de verkoop van ongewenste soorten (bronbestrijding), maar de verantwoordelijkheid daarvoor ligt bij de Rijksoverheid (wettelijke verboden) en handel (vrijwillige handelsbeperking). Terreinbeheerders kunnen het probleem wel aankaarten bij deze partijen. Daarnaast kunnen berichten in de lokale media en/of bijeenkomsten met groepen die in het gebied actief zijn ervoor zorgen dat omwonenden zich bewust worden van de schade die aangericht wordt bij het uitzetten van een uitheemse soort. Weeg de voordelen van een dergelijke mediacampagne wel af tegen het risico dat kwaadwillende personen op verkeerde ideeën worden gebracht.

Indien verspreiding van de probleemsoort mogelijk plaatsvindt via open verbindingen met andere wateren, dient onderzocht te worden of het mogelijk is om deze uitwisseling tegen te gaan. Daarbij valt bijvoorbeeld te denken aan het plaatsen van roosters (Van Duinhoven 2006) waarbij de spijlen dicht bij elkaar staan zodat de dieren er niet door kunnen of andere barrières om migratie te voorkomen (Rahel 2013).

3. Fysieke bestrijdingsmethoden

3.1. Droogleggen

Omschrijving

Het 'droogleggen' van een waterlichaam betreft het volledig watervrij maken van de betreffende locatie opdat het voor geen enkel aquatisch organisme met kieuwen nog mogelijk is om op de locatie te kunnen overleven (Foto 1).

Effectiviteit van de maatregel en praktische uitvoering

Deze maatregel is alleen effectief voor vissen en larven van amfibieën. Voor uitheemse soorten met luchtademhaling, zoals volwassen amfibieën, reptielen en sommige luchthappende vissen (darmademhaling) is droogleggen minder geschikt tot ongeschikt als bestrijdingsmaatregel.

Droogleggen werkt het beste in oppervlaktewateren die geen of slechts een geringe aanvoer van grond- of oppervlaktewater hebben. Indien er toch aanvoer is van oppervlaktewater, zoals bijvoorbeeld in veel laagveenwateren of slotenstelsels, dan zal de verbinding met andere wateren eerst afgesloten moeten worden.

De praktische uitvoerbaarheid is ook afhankelijk van de hoeveelheid water die moet worden afgevoerd. Actief droogpompen is eigenlijk alleen goed realiseerbaar in kleine wateren tot 1 ha. Dat werkt het beste als er in het waterlichaam een diep deel aanwezig is waarin de pomp tot op het laatste moment kan worden gebruikt. Grotere wateren zijn moeilijker droog te leggen vanwege de grote hoeveelheid water die moet worden afgevoerd.

Aandachtspunten en knelpunten bij de werkzaamheden

Het weg te pompen water dient op een locatie geloosd te worden waar het in de bodem kan infiltreren. Het water dient te allen tijde NIET in een ander oppervlaktewater geloosd te worden om besmetting van andere wateren met exemplaren van de betreffende te elimineren soort of pathogenen te voorkomen. Bij sterk vermeste waterlichamen of bij de aanwezigheid van een vervuilde sliblaag is het belangrijk dat het water, dat weggepompt wordt, niet op kwetsbare habitattypen wordt geloosd.

Combinaties van maatregelen

Het droogleggen in het kader van een bestrijdingsactie van een aquatische exoot met een landfase dient uitgevoerd te worden in combinatie met het afschermen van de poel doormiddel van een raster en valemms. Wanneer dieren dienen te worden afgevangen in het water, zal hiervoor de zegen (paragraaf 3.3.) of het elektrovisapparaat (paragraaf 3.2.) nodig zijn.

Vaak is het moeilijk om een waterlichaam geheel droog te pompen en blijft er in de diepste delen water achter. In die gevallen is het zinvol om de laatste poeltjes te dempen met zand uit de directe omgeving. Dit is o.a. succesvol toegepast bij de bestrijding van zonnebaars in het Rauwven (Bosman 2003).

Wanneer droogleggen niet haalbaar is, heeft het wegpompen van water altijd tot gevolg dat de aanwezige soorten worden geconcentreerd op een kleiner oppervlakte, op enige afstand van de veelal structuurrijke oevers. Hierdoor wordt het gemakkelijker om ze te vangen en af te voeren. Tevens is het deels droogleggen (verlagen van de waterspiegel) van een waterlichaam een goede voorbereiding op het gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen (hoofdstuk 4), omdat daarmee de benodigde hoeveelheid chemicaliën sterk wordt verkleind en hun effectiviteit vergroot.

Frequentie van toepassing maatregel

Het droogleggen van een water is een effectieve maatregel ter bestrijding van een invasieve aquatische gewervelde en hoeft maar eenmalig te worden uitgevoerd. Voorwaarde is wel dat droogval volledig en gedurende een voldoende lange periode wordt gerealiseerd.

Ecologische neveneffecten

Het droogleggen van een water heeft een sterk negatief effect op alle in het water voorkomende dieren, met name voor soorten met kieuwademhaling. Droogleggen leidt tot grote sterfte onder inheemse gewervelde en ongewervelde aquatische diersoorten. Hoewel voorafgaand aan het droogleggen in het geding zijnde inheemse soorten uit het water dienen te worden verwijderd, betreft dit feitelijk alleen de (bedreigde/beschermde) amfibieën en vissen en soorten als de zwanenmossel (*Anodonta cygnea*), die als gastheer dient voor de eitjes van de beschermde bittervoorn (*Rhodeus amarus*).

Bij sterk vermeste waterlichamen of bij de aanwezigheid van een vervuilde sliblaag is het belangrijk dat het water, dat weggepompt wordt, niet op kwetsbare habitattypen wordt geloosd.

Droogval geeft kansen voor verbetering van de waterkwaliteit en vestiging- en groeimogelijkheden van waterplanten. Veel plantensoorten (ook waterplanten) kiemen het beste op drooggevallen bodems. Droogval zorgt er ook voor dat zuurstof kan doordringen in onderwaterbodems die normaliter vrijwel zuurstofloos zijn. De doorluchting van de bodem stimuleert de afbraak van organisch materiaal, dat zodoende verdwijnt. Onder invloed van zuurstof wordt giftig ammonium omgezet in nitraat dat later als gasvormig stikstof kan ontsnappen naar de atmosfeer. Tevens zorgt zuurstof ervoor dat ijzerverbindingen in de bodem oxideren (roesten), waarna het geoxideerde ijzer

in staat is om fosfaat uit het water vast te leggen. Via deze processen kan droogval zorgen voor de daling van de concentraties van stikstof en fosfor, twee van de belangrijkste plantenvoedingstoffen. Hierdoor nemen in voedselrijke wateren de vestiging- en groeimogelijkheden van onderwaterplanten sterk toe.

'Natuurlijke' drooglegging als maatregel tegen exoten

Droogleggen is een effectieve maatregel om geïsoleerde wateren van invasieve aquatische gewervelden te ontdoen. Van de effectiviteit van deze maatregel kan goed gebruik gemaakt worden bij de aanleg van nieuwe geïsoleerde wateren. Door wateren zo aan te leggen dat ze periodiek droogvallen, kan de succesvolle vestiging van tal van aquatische gewervelden worden voorkomen. Naast soorten die aan permanent waterhoudende systemen zijn gebonden, wordt ook het kolonisatiesucces van semi-aquatische gewervelden met een meerjarige larvale fase beperkt. Dat geldt bijvoorbeeld voor de invasieve Amerikaanse brulkikker (Fuller et al. 2011, Cook and Heppel 2013).



Foto 1: Een poel in het dal van het Merkske waar achtereenvolgens water is weggepompt, zonnebaars is gevangen en zand is aangevoerd om de droogval frequentie te vergroten.

Ervaring met droogleggen in Nederland en in het buitenland

Het droogleggen van een waterlichaam ter bestrijding van aquatische gewervelde organismen is in Nederland reeds enkele keren succesvol uitgevoerd. In 2002 is het Rauwven in de gemeente Veghel drooggelegd op gezamenlijk initiatief van de gemeente Veghel, Waterschap Aa en Maas, IVN, poelen werkgroep Gemert en Bakel, HSV Erp en RAVON. De invasieve zonnebaars was ter plaatse verantwoordelijk voor het uitsterven van de bedreigde inheemse knoflookpad (*Pelobates fuscus*) (Bosman 2003). In 2010 is een particuliere tuinvijver in Baarlo door RAVON ontdaan van de invasieve brulkikker (*Lithobates catesbeianus*) (Creemers and Goverse 2010). Eveneens in 2010 is in Neede een stadsvijver drooggelegd door Waterschap Rijn en IJssel in samenwerking met RAVON om de aanwezige populatie dikkopelritsen (*Pimephales promelas*) te elimineren. Ook de invasieve zonnebaars bleek ter plaatse in groten getale aanwezig (Spikmans et al. 2011).

3.2. *Elektrovisserij*

Omschrijving

Elektrovisserij betreft het vangen van vissen middels het gebruik van elektriciteit om de vissen te verdoven (Foto's 2 en 3). De stroom die wordt opgewekt en van de anode naar de kathode loopt, induceert een galvanotaxis. Galvanotaxis betreft een ongecontroleerde spierbeweging waarbij het organisme zich richting de anode beweegt, waardoor het organisme gemakkelijk uit het water gehaald kan worden.

Effectiviteit van de maatregel

De maatregel wordt met name gebruikt voor het verwijderen van vissen, maar kan ook worden gebruikt voor het verwijderen van adulte en juveniele amfibieën. Over het algemeen wordt aangenomen dat de vangstefficiëntie 30% voor snoek (*Esox lucius*) en 20% voor de overige vissoorten betreft (Bijkerk 2010). De vangstefficiëntie betreft dat deel van een populatie dat bij een eenmalige bemonstering wordt gevangen. Ervaring leert echter dat de vangstefficiëntie sterk verschilt tussen vissoorten en watertypen. Bovendien ontbreken kwantitatieve gegevens ten aanzien van de vangstefficiëntie van invasieve vissoorten en met betrekking tot invasieve uitheemse amfibieën is helemaal niets bekend over de vangstefficiëntie van deze maatregel.

De effectiviteit is maximaal bij een matige bedekking van waterplanten. Als er weinig of geen waterplanten staan, dan kunnen organismen die de elektrische stroom aan voelen komen gemakkelijk wegvlugten. Bij een hoge bedekking van waterplanten raken verdoofde organismen in de vegetatie verstrikt. Deze dieren worden gemakkelijk over het hoofd gezien en komen na verloop van tijd weer bij bewustzijn.

Aangenomen wordt dat elektrovisserij alleen geschikt is als beheermaatregel om populaties in toom te houden (Britton et al. 2011) en het kan worden ingezet om voorafgaand aan een eliminatie van een soort middels een piscicide de nulsituatie vast te stellen (Britton et al. 2008). Hoewel het wegvangen van exemplaren ervoor kan zorgen dat een populatie in toom gehouden wordt (Cucherousset et al. 2006, Thuesen et al. 2011), dient in acht genomen te worden dat dit ook een averechts effect kan hebben. Het is namelijk bekend dat het gedeeltelijk verwijderen van een populatie vaak leidt tot een betere voortplanting omdat de overgebleven dieren minder onderlinge concurrentie om voedsel ervaren (Meyer et al. 2006, Thuesen et al. 2011). Indien dat het geval is zal een gedecimeerde populatie zich snel herstellen.



Foto 2: Een draagbare stroomregelaar met een accu zijn de basis elementen van elektrovisapparatuur.

Toepasbaarheid en typen elektrovisserij

Afhankelijk van het betreffende water waar elektrovisserij dient te worden toegepast, wordt het type elektrovisserij vastgesteld. Er kan gebruik gemaakt worden van draagbare elektrovisserij en van elektrovisserij vanaf een boot. Lijnvormige wateren (< 6 m breedte) en niet-lijnvormige wateren (< 100 m²) kunnen worden bevist middels met draagbare apparatuur, mits ze niet dieper zijn dan circa 80 cm. Er zijn in principe twee typen draagbare apparatuur beschikbaar, waarbij gebruik wordt gemaakt van pulserende en niet-pulserende gelijkstroom. Apparaten die gebruik maken van niet-pulserende gelijkstroom zijn extra geschikt voor vissen met een bodembewonende leefwijze.

Lijnvormige wateren (> 6 m breedte) en niet-lijnvormige wateren (> 100 m²) worden bij voorkeur bevist met behulp van elektrovisserij vanaf een boot, waarbij de niet-pulserende gelijkstroom wordt opgewekt door een aggregaat. Uiteraard dient de diepte van het betreffende water zich te lenen voor het gebruik van een vaartuig. Elektrovisserij is vooral geschikt voor het bevissen van oeverzones of wateren met een maximale diepte van 1,20 meter.

Aandachtspunten en knelpunten bij de werkzaamheden

Het belangrijkste aandachts- of knelpunt bij elektrovisserij is de geleidbaarheid van het water. De geleidbaarheid van het water geeft aan met welk gemak elektriciteit wordt doorgegeven. De geleidbaarheid wordt bepaald door opgeloste bestanddelen in het water. Zo heeft regenwater een zeer lage geleidbaarheid en zeewater een zeer hoge geleidbaarheid. Bij een te hoge of een te lage geleidbaarheid is het niet mogelijk elektrisch te vissen. Hoe lager de geleiding wordt, hoe meer stroom het kost om een goede stroomkring te creëren. Bij een lagere geleidbaarheid van het water (vaak regenwater gevoede wateren) is de stroomkring vaak zeer klein en zal vis minder goed reageren. In wateren met een hoge geleiding (o.a. zoute en brakke wateren) wordt de stroomkring meteen opgenomen door de hoge geleiding, waardoor er niet elektrisch gevist kan worden.

Elektrovisserij kan alleen uitgevoerd worden in wateren die een geringe diepte hebben of voor het bevissen van de oeverzone. Voor draagbare apparatuur is de maximale bevisbare diepte circa 0,8 meter en voor boot elektro maximaal bevisbare diepte van circa 1,20 meter.

Combinaties van maatregelen

Aangezien elektrovisserij op zichzelf niet geschikt is ten behoeve van de bestrijding met het oog op eliminatie van invasieve aquatische gewervelden, dient elektrovisserij altijd in combinatie met andere methodieken gebruikt te worden, zoals de zegen en de fuik. Vaak wordt elektrovisserij ook in combinatie gebruikt met het droogleggen van een water om de in het betreffende water aanwezige organismen weg te vangen. De effectiviteit van een combinatie van maatregelen is nauwelijks bekend en dient dan ook nader te worden onderzocht.

Frequentie van toepassing maatregel

In het algemeen wordt uitgegaan van een vangstefficiëntie van 30% voor snoek en 20% voor de overige vissoorten (Bijkerk 2010). De frequentie van toepassing is daarmee afhankelijk van de beoogde reductie van de populatie. Daarnaast leert de ervaring dat de vangstefficiëntie per watertype (substraattype) en per vissoort sterk varieert. De benodigde frequentie met betrekking tot het gebruik van elektrovisserij is dus ook afhankelijk van deze factoren.



Foto 3: Elektrische stroom in het water trekt grote aantallen vissen aan die vervolgens verdoofd raken.

Ecologische neveneffecten

Potentieel negatieve effecten van het gebruik van elektrovisserij op exoten zijn in het kader van voorliggende studie van ondergeschikt belang. Over het algemeen kan echter gesteld worden dat het gebruik van elektrovisserij een relatief veilige methodiek is om visonderzoek uit te voeren (Gatz and Linder 2008). Er zijn negatieve gevolgen op de voortplanting (mogelijk als indirect gevolg van ruggengraat beschadigingen) op vissen vastgesteld (Ainslie et al. 1998, Stewart and Lutnesky 2014).

Ervaring in Nederland en het buitenland

In Nederland is weinig ervaring opgedaan met het gebruik van elektrovisserij ten behoeve van het eliminatie van invasieve aquatische gewervelden. Op een locatie in Baarlo (Limburg) is elektrovisserij, tezamen met andere methodieken, gebruikt om Amerikaanse brulkickers weg te vangen (Crombaghs and Niemeijer 2014). De methodiek werd niet als succesvol ervaren met betrekking tot het wegvangen van larven, echter wel met betrekking tot (sub)adulten. Sinds 2012 wordt in de Tungalroyse beek (Limburg) middels onder andere elektrovisserij getracht Aziatische modderkruiper (*Misgurnus anguillicaudatus*) te beheersen/eliminieren (ongepubliceerde data Natuurbalans). Op verschillende locaties in het buitenland is elektrovisserij ingezet ten behoeve van het beheer/de eliminatie van uitheemse vissoorten (Cucherousset et al. 2006, Meyer et al. 2006, Thuesen et al. 2011). Over het algemeen wordt het gebruik van de methodiek als niet succesvol ervaren ten aanzien van het elimineren van soorten, echter wel ten aanzien van het beheersen van populaties van soorten.

3.3. Zegenvisserij

Omschrijving

Visserij met behulp van de zegen betreft het vangen van vissen middels het gebruik van een (zeer) groot half cirkelvormig net (Foto 4). De grootte van het te gebruiken net is afhankelijk van de grootte en diepte van het betreffende water waarin de methode wordt toegepast. De onderkant van de zegen sleept over de bodem, de bovenkant wordt met drijvers aan de oppervlakte gehouden. Hierdoor wordt in principe de hele waterkolom bevestigd.



Foto 4: Zegenvisserij, waarbij twee personen wadend een zegen door het water trekken.

Effectiviteit van de maatregel

De maatregel wordt met name gebruikt voor het verwijderen van vissen, maar kan ook worden gebruikt voor het verwijderen van de verschillende levensstadia van amfibieën (Crombaghs and Niemeijer 2014). Over het algemeen wordt aangenomen dat de vangstefficiëntie 100% betreft voor alle vissoorten (Bijkerk 2010). Een goede onderbouwing met betrekking tot deze vangstefficiëntie ontbreekt echter en 100% efficiëntie is onwaarschijnlijk. De vangstefficiëntie is afhankelijk van het type zegen dat wordt gebruikt, de omgevingscondities waarin het wordt toegepast en de soort die

weggevangen dient te worden (Bayley and Herendeen 2000). Zegenvisserij is het meest efficiënt in van obstakels vrije wateren met een vlakke bodem. Wanneer de bodem bestaat uit grof substraat, kan de zegen vast komen te zitten. De maaswijdte waarmee gevestigd wordt, dient te worden afgestemd op de soort die gevangen dient te worden. Een kleine maaswijdte is geschikt voor kleine soorten, een grote maaswijdte voor grote soorten. Ten behoeve van het wegvangen van dieren heeft het de voorkeur een zegen te gebruiken die de hele breedte van het water beslaat om ontsnappingsmogelijkheden te beperken. Met betrekking tot amfibieën is niets over vangstefficiëntie bekend. Zegenvisserij is daarmee in eerste instantie geschikt om aantallen van een ongewenste uitheemse vissoort (en eventueel amfibieënsoort) te beheersen en zal slechts sporadisch leiden tot eliminatie. Daarnaast is de methodiek geschikt om voorafgaand aan een eliminatie van een soort middels bijvoorbeeld een piscicide de nulsituatie vast te stellen (Britton et al. 2008). Hoewel het wegvangen van exemplaren ervoor kan zorgen dat een populatie in toom gehouden wordt (Cucherousset et al. 2006, Thuesen et al. 2011), dient in acht genomen te worden dat dit ook een averechts effect kan hebben. Het is namelijk bekend dat het gedeeltelijk verwijderen van een populatie vaak leidt tot een betere voortplanting omdat de overgebleven dieren minder onderlinge concurrentie om voedsel ervaren (Meyer et al. 2006, Thuesen et al. 2011). Indien dat het geval is zal een gedecimeerde populatie zich snel herstellen.

Aandachtspunten en knelpunten bij de werkzaamheden

Zoals hierboven vermeld dient zegenvisserij goed afgestemd te worden op de grootte van het betreffende waterlichaam en de soort die weggevangen dient te worden. Obstakels vormen een knelpunt bij de werkzaamheden, aangezien de zegen het meest optimaal werkt als deze continu in beweging is.

Combinaties van maatregelen

Zegenvisserij is op zichzelf niet geschikt ten behoeve van de eliminatie van invasieve aquatische gewervelden en dient altijd in combinatie met andere methodieken gebruikt te worden, zoals elektrovisserij en de fuik. De effectiviteit van een combinatie van maatregelen is nauwelijks bekend en dient dan ook nader te worden onderzocht.

Frequentie van toepassing maatregel

De ervaring leert dat de vangstefficiëntie per type zegen, watertype (substraattype) en per vissoort sterk varieert. Daarnaast is bekend dat vissen een 'leereffect' kunnen bewerkstelligen, in het Nederlands 'dressuur' genoemd (Beukema 1969, Askey et al. 2006). Zo is o.a. vastgesteld dat vissen die door sportvissers worden gevangen en weer worden vrijgelaten een tweede keer moeilijker te vangen zijn. Hoewel het bij bestrijding de bedoeling is geen vissen terug te zetten, kunnen er altijd vissen uit de zegen ontsnappen. Mogelijk geldt het 'leereffect' ook voor deze methodiek, waardoor dit van invloed is op de frequentie van het toepassen van deze maatregel. De benodigde frequentie

met betrekking tot het gebruik van zegenvisserij is dus sterk afhankelijk van deze factoren. Onder 'combinaties van maatregelen' wordt dan ook aangeraden zegenvisserij altijd in combinatie met andere methodieken te gebruiken.

Ecologische neveneffecten

Het gebruik van de zegen kan negatieve effecten hebben op inheemse vissoorten. Als gevolg van gebruik van het net kan schade aan de soorten optreden. Het vrijmaken van de oever en het water van (water)planten kan negatieve effecten hebben op beschermde plantensoorten. Tussen de vegetatie kunnen vogels broeden. In gebruik zijnde nesten van vogels zijn altijd beschermd.

Ervaring in Nederland en in het buitenland

De zegen is toegepast om zonnebaarzen weg te vangen in het Rauwven in 2002 alvorens het ven werd drooggelegd op gezamenlijk initiatief van de gemeente Veghel, Waterschap Aa en Maas, IVN, poelen werkgroep Gemert en Bakel, HSV Erp en RAVON (Bosman 2003). In 2010 is in Neede een stadsvijver drooggelegd door Waterschap Rijn en IJssel in samenwerking met RAVON om de aanwezige populatie dikkopelritsen te elimineren. Ook de invasieve zonnebaars bleek ter plaatse in grote getale aanwezig. De vissen zijn voorafgaand aan de ingreep weggevangen met behulp van de zegen (Spikmans et al. 2011). In Baarlo is in 2010 de aanwezigheid van Amerikaanse brulkikker in twee tuinvijvers vastgesteld. In één vijver is de zegen toegepast om de soort ter plaatse te elimineren. De zegen bleek daarbij effectief voor het wegvangen van de larven van de soort en in mindere mate voor de gemetamorfoseerde levensfasen (Crombaghs and Niemeijer 2014).

De zegen wordt in het buitenland met name gebruikt om populaties van uitheemse vissen te decimeren (Eilers et al. 2011) en/of de nulsituatie in kaart te brengen (Britton et al. 2008). De daadwerkelijke eliminatie vindt dan veelal plaats met behulp van piscicides (zie hoofdstuk 4). In Hoogstraten (België) is zegenvisserij in 2011 in combinatie met onder andere fuiken specifiek toegepast ter bestrijding van Amerikaanse brulkikker (Invexo 2011).

3.4. Fuiken

Definitie & omschrijving

Een fuik is een van netten gemaakte val voor vissen/amfibieën, waarin de dieren levend worden gevangen (foto 5 & 6). De meeste fuiken bestaan uit meerdere kamers gescheiden door in trechtersvorm geplaatste van net gemaakte tussenschotten. Door deze trechtersvormige tussenschotten, kan een dier wel naar binnen zwemmen, maar zeer lastig naar buiten.

Effectiviteit van de maatregel

Een fuik is een passief vangtuig dat in het water wordt gelegd (eventueel met lokaas) en na enige tijd eruit wordt gehaald. Van oudsher wordt de fuik gebruikt voor het oogsten van vis. Fuiken zijn echter geschikt voor het vangen van de meeste vis- én amfibiesoorten. In de loop der jaren zijn er allerlei typen fuiken ontwikkeld voor het vangen van verschillende soorten en voor gebruik bij verschillende omstandigheden en watertypen. De vangstefficiëntie lijkt afhankelijk van het type fuik dat wordt gebruikt, de omgevingscondities waarin het wordt toegepast en de soort die weggevangen dient te worden. In (kleine) geïsoleerde wateren is bijvoorbeeld het gebruik van de amfibieënfuik erg geschikt (foto 5), terwijl in lijnvormige wateren beter gewerkt kan worden met een staande fuik (foto 6). Met betrekking tot amfibieën is niets over vangstefficiëntie bekend. Crombaghs en Niemeijer (2014) beschrijven dat tijdens een bestrijdingsactie van Amerikaanse brulkikker 79.7% van de totaal aantal aangetroffen juvenielen en (sub)adulten kikkers zijn weggevangen met behulp van fuiken. Echter, de efficiëntie van fuiken binnen andere studies blijkt nogal te variëren (Louette et al. 2013, 2014). Op basis van de variërende vangstefficiëntie wordt ervan uitgegaan dat fuiken niet geschikt zijn om een soort te elimineren, maar wel om de aanwezige populatie van een aquatische exoot te beheersen en voor het in kaart brengen van de nulsituatie.

Belangrijk voor het behoud van een goede vangefficiëntie van een fuik, zeker in stromende wateren, is dat het net niet vervuild raakt. Dit beïnvloedt de doorstroming van het betreffende water, wat kan worden opgemerkt door vissen, waardoor deze niet meer de fuik inzwemmen.

Typen fuiken

Er bestaan veel verschillende typen fuiken. De volgende typen zijn relatief gangbaar:

Schietfuik/palingfuik/staande fuik

De schietfuik of palingfuik is een fuik waarbij in het midden van de opening één lange rechte vleugel is geplaatst (eenwieker) of aan iedere zijkant van de opening één lang rechte vleugel (tweewieker).



Foto 5: Een amfibieënfuik komt boven water uit zodat gevangen dieren kunnen ademen.



Foto 6: Staande fuik, in dit geval ten behoeve van een vistrapmonitoring. Vervuiling van netten, zoals op de foto, beïnvloedt de vangsteffectiviteit en dient zoveel mogelijk te worden voorkomen.

Kreeften/visfuiken

Een kreeftenfuik is een fuik in de vorm van een cilinder waar aan beide kapse kanten een keel is bevestigd. Voor het vangen van kreeften wordt in dit type fuik vaak aas gelegd om de kreeften te lokken. Dit type fuik kan ook goed gebruikt worden voor het vangen van vissen, eventueel in combinatie met aas.

Amfibiefuik

Een amfibiefuik is eigenlijk hetzelfde als een kreeftenfuik. Om ervoor te zorgen dat amfibieën niet verdrinken als ze erin terechtkomen, is de fuik voorzien van drijvers. Voor het vangen van amfibieën is in principe geen lokaas nodig.

Aandachtspunten en knelpunten bij de werkzaamheden

Ten behoeve van het vangen van amfibieën dient tenminste een deel van de fuik boven het wateroppervlak uit te steken, zodat ze kunnen ademhalen. Uiteraard is dit met name van belang bij de aanwezigheid van inheemse amfibieën.

Fuiken dienen goed bevestigd te worden, zodat ze door bijvoorbeeld stroming of scheepvaart niet worden meegevoerd. Het wordt daarnaast aangeraden om fuiken goed te markeren, zodat deze ten alle tijden terug te vinden zijn. Opzichtig liggende fuiken zijn echter zeer gevoelig voor diefstal.

Combinaties van maatregelen

De fuik kan worden gebruikt om de dichtheid vis te beheersen, maar dat vereist wel een voortdurende inspanning van de beheerder of eigenaar van het gebied. Het is geen op zichzelf staand vangtuig om soorten te kunnen elimineren. Fuiken zijn waarschijnlijk het beste in te zetten in combinatie met andere vangtuigen (Lorenzoni et al. 2010, Crombaghs and Niemeijer 2014), maar over de effectiviteit van deze combinaties is uit de praktijk nog maar weinig bekend.

Frequentie van toepassing maatregel

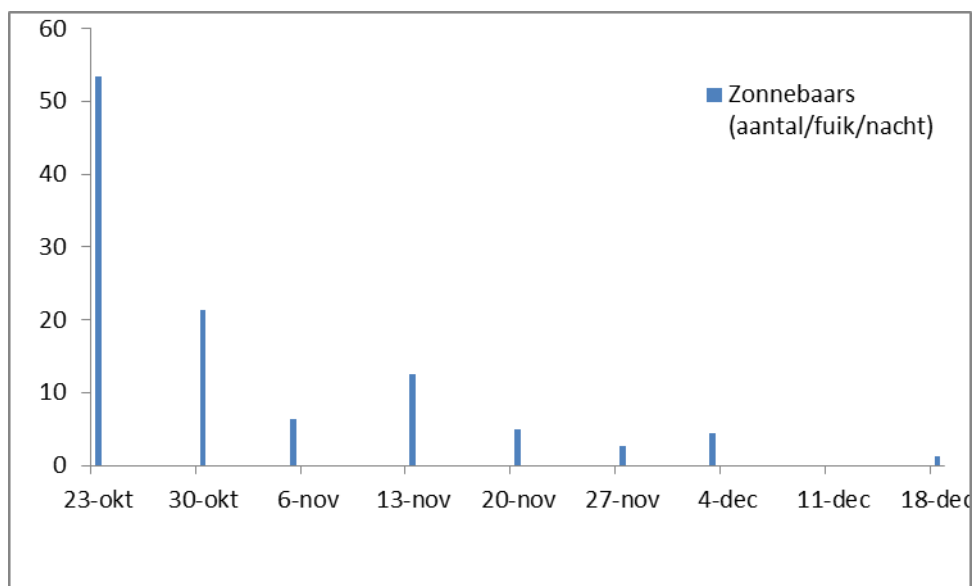
De frequentie is afhankelijk van de soort, aanwezige dichtheid en het tijdsbestek waarbinnen men een bepaald doel (i.e. beoogde dichtheid) ten aanzien van het beheersen van de betreffende populatie wil behalen. Het betreft in ieder geval een maatregel die gedurende een langere periode, 24 uur per dag, ingezet dient te worden. Regelmatige controle is nodig om bijvangst uit de fuiken te verwijderen en los te laten en om de fuiken schoon te maken. Het schoonmaken van fuiken is met name in stromend water van belang. Als gevolg van vervuiling stroomt het water steeds minder door het net van de fuik heen, met als gevolg dat de fuik gemakkelijker door vissen kan worden opgemerkt en hierdoor aan vangefficiëntie verliest. Hoewel het gebruik van fuiken een regelmatige controle (afhankelijk van de omstandigheden, echter zeker om de 4-5 dagen) van de vangsten vereist, is het een relatief kostenefficiënte maatregel (Louette et al. 2013). De fuiken hoeven namelijk alleen geleegd, geschoond en teruggeplaatst te worden.

Ecologische neveneffecten

Het belangrijkste neveneffect bij het gebruik van fuiken zijn ongewenste bijvangsten. Naast vissen en amfibieën kunnen natuurlijk ook vogels, bevers, otters en waterspitsmuizen in de fuik terechtkomen. Bij fuiken die geheel onder water liggen verdrinken deze dieren. Er kunnen echter maatregelen getroffen worden om ervoor te zorgen dat deze dieren de fuik niet inzwemmen, door bijvoorbeeld een rooster voor de ingang van de fuik te plaatsen waardoor bevers niet naar binnen kunnen zwemmen. Belangrijk is dat voorafgaand aan de bestrijdingsactie, gedurende de inventarisatie en omgevingscan, reeds duidelijk is of er soorten aanwezig zijn die onbedoeld in de fuiken terecht kunnen komen en welke aanvullende maatregelen dit behoeft.

Ervaring in Nederland en in het buitenland

Bij een brulkikker populatie in een tuinvijver in Baarlo is het gelukt om de populatie brulkikkers te elimineren met behulp van onder andere amfibiefuiken (Crombaghs and Niemeijer 2014). De auteurs geven aan dat amfibiefuiken uitstekend werken voor het wegvangen van adulte brulkikkers. In vennen in het Brabantse Mastbos is door Staatsbosbeheer met fuiken jacht gemaakt op uitheemse invasieve zonnebaars. Intensief vangen met 16 fuiken gepositioneerd langs de oever met een interval van ca. 25 m. leverde in 9 weken 7700 zonnebaarsen op (Figuur 1). Na deze periode was de dichtheid aan zonnebaarsen sterk gedaald in dit ven. Het afvissen van het ven vond plaats voorafgaand aan de introductie van snoeken in de vennen en was bedoeld om predatie op snoekeneieren door zonnebaars te minimaliseren.



Figuur 1: Dichtheden van zonnebaars in een Brabants ven zoals vastgesteld met fuikvangsten. Alle gevangen zonnebaarsen werden uit het ven verwijderd (Bron: Bart Weel, Staatsbosbeheer).

In het Trasimeense meer (Italië) zijn fuiken in combinatie met kieuwnetten en elektrovisserij gebruikt om een populatie goudvis (*Carassius auratus*) te beheersen, waarbij geconcludeerd werd dat de combinatie van methodieken effectief was in het vangen van grote aantallen goudvis, maar niet in het uitroeien ervan (Lorenzoni et al. 2010).

3.5. Valemmers

Definitie & omschrijving

Valemmers betreffen ingegraven emmers/potten, die wanneer dieren erin vallen, dienst doen als levende val (foto 7). Het is één van de weinige maatregelen in dit rapport die op het land worden uitgevoerd om soorten te vangen die een landfase kennen, zoals reptielen en amfibieën. Valemmers worden altijd in combinatie met een geleidend scherm/raster in het veld geplaatst om migrerende dieren te vangen (zie ook paragraaf 3.6.).

Effectiviteit van de maatregel en praktische uitvoering

Het plaatsen van valemmers is een effectieve methode om migrerende dieren te vangen (Sung et al. 2011). Met name voor het vangen van dieren die van en naar een waterlichaam migreren in verband met de voortplanting is de methodiek zeer geschikt, omdat de migratierichting op voorhand relatief goed is te bepalen. De methodiek is alleen efficiënt wanneer uitgevoerd in combinatie met geleidende schermen/rasters.

Aandachtspunten en knelpunten bij de werkzaamheden

Het belangrijkste aandachtspunt bij het gebruik van valemmers betreft ongewenste bijvangsten. Wat een ongewenste bijvangst is, is natuurlijk afhankelijk van het betreffende onderzoek. In het geval van het gebruik van valemmers voor amfibieënonderzoek betreft dit bijvoorbeeld kleine zoogdieren, zoals muizen, spitsmuizen en egels en reptielen, zoals hazelwormen. Kleine zoogdieren, met name de muizen/spitsmuizen, dienen zeer frequent te eten en sterven gemakkelijk een hongerige dood als ze lang in een valemmer vastzitten. De emmers dienen dus regelmatig gecontroleerd te worden. De controlefrequentie kan enigszins verminderd worden wanneer in de valemmers voor de dieren voedsel aanwezig is en/of ontsnappingsmogelijkheden voor inheemse soorten aanwezig zijn (iedere 3-4 dagen). Wanneer valemmers direct door de zon beschenen worden, is het wenselijk de valemmers dagelijks gedurende de ochtenduren te controleren op vangst.

Het is goed dat de dieren die in de emmers terechtkomen zich kunnen verschuilen. De mogelijkheid om zich te kunnen verschuilen beschermt gevangen dieren tegen predatie, reduceert stress bij het gevangen dier en beschermt tevens tegen eventuele directe zonbeschijning. Op de bodem van de emmers dienen zand, taken, bladeren en/of hooi geplaatst te worden.

Combinaties van maatregelen

Het gebruik van valemmers is geen opzichzelfstaande methode ten behoeve van eliminatie. Valemmers dienen altijd in combinatie met geleidende rasters/schermen gebruikt te worden.



Foto 7: Het gebruik van een valemmer in combinatie met een raster/scherm. Aan de andere zijde is tevens een houtplaat gebruik die dienst doet als kunstmatige schuilplaats. Een tak is gebruikt als vluchtmogelijkheid voor muizen.

Frequentie van toepassing maatregel

Valemmers betreffen een passieve vangmethodiek met een hoge mate van vangstefficiëntie. Ten behoeve van het minimaliseren van schade aan gevangen dieren, is het wenselijk de valemmeren dagelijks te controleren op vangst. Wanneer goede ontsnappingsmogelijkheden aanwezig zijn voor ongewenste bijvangst en/of voedselbronnen zijn aangebracht, kan de controle van de valemmeren eens per twee of drie dagen uitgevoerd worden.

Ecologische neveneffecten

De ecologische neveneffecten met betrekking tot het gebruik van valemmeren zijn nihil, mits acht genomen wordt dat dieren die (onbedoeld) in de valemmeren terecht komen geen schade ondervinden als gevolg van bijvoorbeeld verhongering (zie bovenstaande aandachtspunten).

Ervaring met valemmeren in Nederland en in het buitenland

Er zijn talrijke onderzoeken uitgevoerd waarbij gebruik is gemaakt van valemmeren. Vrijwel zonder uitzondering betreffen deze studies ten behoeve van het wegvangen van soorten in het kader van de Flora- en faunawet. Daarbij is het vaak noodzakelijk om beschermde soorten weg te vangen van een locatie waar een mogelijk schadelijke ruimtelijke ingreep gaat plaatsvinden. Ten behoeve van exotenbestrijding zijn valemmeren (nog) niet ingezet.

3.6. Raster/scherm

Definitie & omschrijving

Een raster of scherm betreft een opstaande rand van circa 30-40 cm hoog, die wordt geplaatst om dieren te geleiden, maar kan ook worden geplaatst rondom een water om een exoot in het betreffende water te isoleren (Foto 8). De hoogte van het scherm dient aangepast te worden al naar gelang het betreffende dier waarvoor het raster/scherm geplaatst wordt. Deze maatregel is uitsluitend geschikt voor amfibieën en reptielen met een terrestrische fase.



Foto 8: Met een scherm wordt migratie van dieren over het land voorkomen. Zodoende kan verspreiding van een exoot worden voorkomen. Door langs het scherm vangemmers te plaatsen, kunnen de dieren ook worden gevangen (zie ook foto 7).

Effectiviteit van de maatregel en praktische uitvoering

Het plaatsen van een raster/scherm rondom een water betreft een effectieve methode om invasieve amfibieën en/of reptielen die in het betreffende water aanwezig zijn te isoleren van de omgeving. Het dient echter wel in acht genomen te worden dat een eventuele landfase van de betreffende exoot zich bij het plaatsen van een raster/scherm mogelijk aan de buitenzijde (niet waterzijde) ervan

bevindt. Door bijvoorbeeld trechtersvormige openingen in het scherm te maken, kunnen deze dieren ten behoeve van de voortplanting nog wel bij het water komen, echter kunnen ze zich niet meer naar buiten het raster/scherm verplaatsen. Migrerende dieren van en naar het water kunnen ook worden opgevangen door valemms onder het raster te plaatsen.

Aandachtspunten en knelpunten bij de werkzaamheden

Er dient rekening mee gehouden te worden dat een gesloten scherm tevens de toegang van eventueel aanwezige (beschermd) inheemse soorten tot het voortplantingswater blokkeert. Bij de aanwezigheid van trechtersvormige openingen kunnen de soorten het voortplantingswater wel bereiken, maar zullen handmatig weer buiten het scherm gezet moeten worden om het landhabitat te kunnen bereiken.

Rasters/schermen dienen op een duurzame wijze te worden geplaatst (ingraven en afzonderlijke delen goed laten aansluiten), waarbij rekening gehouden dient te worden met de eventueel noodzakelijke toegang tot het water voor overige dieren en rekening houdend met bijvoorbeeld graafactiviteit van zwijnen.

Combinaties van maatregelen

Het raster/scherm wordt toegepast om het betreffende organisme te isoleren. De maatregel betreft geen op zichzelf staande maatregel ten behoeve van eliminatie, maar is wel geschikt om uitheemse soorten te beheersen door uitbreiding van het areaal tegen te gaan. Voor eliminatie dient de maatregel in combinatie met andere maatregelen toegepast. Dit kunnen valemms zijn om dieren op het land te vangen, maar ook diverse soorten vangmiddelen en chemische stoffen voor bestrijding van de organismen in het water.

Frequentie van toepassing maatregel

Het gebruik van een raster/scherm is passief. Bij duurzame plaatsing van een raster/scherm hoeft het in principe maar eenmalig geplaatst en aan het einde van de eliminatie verwijderd te worden.

Ecologische neveneffecten

De ecologische neveneffecten met betrekking tot het plaatsen van een raster zijn nihil. Bij de aanwezigheid van (beschermd) inheemse diersoorten met een landfase is het wenselijk dat de soorten het water kunnen bereiken om zich voort te planten en dat zij daarna terug richting het landhabitat kunnen. Eventueel kunnen valemms worden in gezet om de inheemse soorten te vangen en vervolgens aan de andere zijde van het raster te plaatsen.

Ervaring met rasters / schermen in Nederland en in het buitenland

Rasters/schermen om dieren te geleiden worden zeer veel toegepast in zowel binnen- als buitenland, met name ten behoeve van het voorkomen van verkeersslachtoffers (Chardon et al. 1996, Jenkins et al. 2003, Struik 2010, Sung et al. 2011). Ten behoeve van onderzoek naar gewervelde aquatische organismen worden schermen veel gebruikt voor populatieonderzoek en onderzoek naar migratiebewegingen van bepaalde, vaak zeldzame soorten (Hoogerwerf and Van Hoof 2009, Van Hoof and Crombaghs 2011). Ten behoeve van de isolatie van een invasieve gewervelde exoot is het gebruik van rasters/schermen schaars. In Baarlo is een populatie van Amerikaanse brulkikker van de omgeving geïsoleerd door gebruik te maken van een brulkikker-proof raster, waarna de soort middels gebruik van traditionele vangtechnieken op de betreffende locatie is bestreden (Crombaghs and Niemeijer 2014).

3.7. Afschieten

Definitie & omschrijving

Afschieten betreft het doden middels het gebruik van een vuurwapen.

Effectiviteit van de maatregel en praktische uitvoering

Het afschieten van aquatische gewervelden is met name geschikt voor aquatisch gewervelde exoten zoals schildpadden en adulte kikkers, omdat zij zich ook boven het water ophouden. Dieren kunnen op een effectieve en diervriendelijke wijze worden gedood. Per schot kan één exemplaar van de betreffende soort worden gedood. Voor het elimineren van een grote populatie is de methodiek dan ook niet geschikt. Bij de aanwezigheid van slechts enkele exemplaren van een soort, bijvoorbeeld roodwangschildpad, kan afschieten wel een effectieve maatregel zijn om de eliminatie van de soort te bewerkstelligen (Bugter et al. 2011).

Aandachtspunten en knelpunten bij de werkzaamheden

Het gebruik van vuurwapens heeft extra risico's ten aanzien van mensen in de omgeving tot gevolg. Er dienen daarom aanvullende veiligheidsmaatregelen getroffen te worden. De schutter dient daarnaast een uitstekende kennis te bezitten ten aanzien van de herkenning en determinatie van de ter plaatse aanwezige fauna om de kans op het afschieten van een exemplaar van de verkeerde soort te minimaliseren.

Combinaties van maatregelen

Afschot is in de meeste gevallen geen opzichzelfstaande methode om een invasieve aquatische exoot te elimineren, behalve in het geval het enkele exemplaren betreft van een slecht benaderbare soort, zoals roodwangschildpad. Een gecombineerde uitvoering van maatregelen lijkt niet relevant, aangezien er minder arbeidsintensieve methodieken bestaan die een goed alternatief bieden voor afschieten, zoals bijvoorbeeld valemers.

Frequentie van toepassing maatregel

Uit een model van Doubledee *et al.* (2003) bleek dat er pas een groot effect op de brulkikkerpopulatie plaatsvindt wanneer elke 2 jaar minimaal 65% van de adulte brulkikkers wordt afgeschoten. Dit betekent dat afhankelijk van de grootte van de populatie en gebied er een behoorlijke inspanning geleverd moet worden en waarschijnlijk regelmatig opnieuw ingegrepen dient te worden.

Ecologische neveneffecten

Afhankelijk van het type munitie dat wordt gebruikt bestaat er kans op vervuiling van het betreffende water door de materialen waaruit de munitie bestaat, zoals bijvoorbeeld lood.

Ervaring met afschieten in Nederland en in het buitenland

In Nederland wordt het elimineren doormiddel van afschieten van dieren zoals beverrat en muskusrat gebruikt als aanvulling op de reguliere vangmethodes (www.muskusrattenbestrijding.nl). In het buitenland wordt afschieten wel gebruik om bijvoorbeeld populaties van Amerikaanse brulkikker te elimineren of in toom te houden, echter het is arbeidsintensief en veelal niet succesvol (Snow and Witmer 2010). In Californië (VS) worden Amerikaanse brulkickers beheerst door middel van het afschieten van adulte exemplaren (Adams and Pearl 2007). Er is in Nederland geen ervaring met het afschieten van (semi-)aquatische invasieve gewervelden.

3.8. Kunstmatige schuilplaatsen

Definitie & doel

Kunstmatige schuilplaatsen betreffen bijvoorbeeld tapijttegels, dakpannen, hout- of golfplaten die in het veld worden geplaatst zodat dieren zich hieronder schuil kunnen houden (Foto 9). Hierdoor wordt de trefkans op het vinden van een specifieke soort vergroot en kan er op een gecontroleerde wijze onderzoek gedaan worden naar deze soorten. Een kunstmatige schuilplaats is geen vangmethode op zich, maar wordt gebruikt om dieren te 'lokken', waarna ze handmatig gevangen kunnen worden.



Foto 9: Uitgelegde plaatjes (in dit geval tapijttegels) zijn aantrekkelijk voor organismen, die op zoek zijn naar een schuilplek en/of beschutte plaats om op te warmen, en kunnen gebruikt worden bij het vangen van de dieren.

Effectiviteit van de maatregel

De effectiviteit van de maatregel is sterk afhankelijk van de soort waarvoor het toegepast wordt, de omgeving waarin de schuilplaatsen worden geplaatst en het tijdstip waarop de controle van de schuilplaatsen plaatsvindt. Kunstmatige schuilplaatsen, zoals hierboven beschreven, zijn met name

geschikt voor amfibieën en reptielen. Deze soorten maken van de schuilplaatsen gebruik om zich ongezien te laten opwarmen door de zon. Om de 'vangst'efficiëntie te bevorderen dienen zoveel mogelijk natuurlijke schuilplaatsen te worden verwijderd, zodat de drang om de kunstmatige schuilplaatsen te gebruiken groter wordt. De kunstmatige schuilplaatsen dienen regelmatig gecontroleerd te worden, waarbij aangetroffen dieren kunnen worden gevangen.

Aandachtspunten en knelpunten bij de werkzaamheden

Voor het verhogen van de 'vangst'efficiëntie van de kunstmatige schuilplaatsen wordt het aangeraden het omliggende terrein zoveel mogelijk te ontdoen van natuurlijke schuilplaatsen en te isoleren van de omgeving middels een raster. Bij langdurige zonbeschijning wordt het onder kunstmatige schuilplaatsen vaak te warm, waardoor dieren er niet meer onder gaan liggen. Hiermee dient rekening gehouden te worden bij het kiezen van een tijdstip om de platen te controleren op de aanwezigheid van dieren.

Combinaties van maatregelen

Kunstmatige schuilplaatsen betreffen geen op zichzelf staande methode om dieren te bestrijden. Ze zijn echter zeer goed te combineren met andere methoden zoals fuiken, valemers, droogleggen en het plaatsen van een raster/scherm.

Frequentie van toepassing maatregel

De frequentie van de toepassing van de maatregel is sterk afhankelijk van de grootte van de populatie, grootte van het af te vangen gebied en het voorkomen van natuurlijke schuilmogelijkheden. Het plaatsen van de kunstmatige schuilplaatsen hoeft in principe maar eenmalig te worden uitgevoerd. Afhankelijk van het weer, wordt aangeraden om meerdere keren per week de kunstmatige schuilplaatsen te controleren. Bij hoge dichtheden van een soort kan tijdens geschikte weersomstandigheden zelfs meerdere keren per dag gecontroleerd worden.

Ecologische neveneffecten

Door het verwijderen van natuurlijke schuilplaatsen binnen het gebied waar dieren dienen te worden weggevangen, verdwijnen vanzelfsprekend ook schuilplaatsen van inheemse soorten. Door deze soorten echter buiten het af te vangen gebied te plaatsen ondervinden zij nauwelijks schade. Het verwijderen van vegetatie kan nadelige effecten hebben op de standplaatsen van beschermde flora en/of nesten van broedvogels. Hier dient bij de inventarisatie en omgevingsscan reeds rekening mee gehouden te worden.

Ervaring met kunstmatige schuilplaatsen in Nederland en in het buitenland

Kunstmatige schuilplaatsen worden zowel in Nederland als in het buitenland veelvuldig gebruikt ten behoeve van ecologisch onderzoek. Ten aanzien van het wegvangen van dieren met behulp van kunstmatige schuilplaatsen is in Nederland enige ervaring opgedaan. In de groeve 'l Ortey (Heerlen) is bijvoorbeeld in 2013 rugstreeppad (*Bufo calamita*) ten behoeve van een ruimtelijke ingreep weggevangen doormiddel van het gebruik van kunstmatige schuilplaatsen in de vorm van tapijttegels (ongepubliceerde data Natuurbalans). De schuilplaatsen bleken een zeer hoge aantrekkingskracht te hebben op zowel adulte als juveniele rugstreeppadden en salamanders, mede vanwege het feit dat de betreffende poel was gelegen te midden van een oude zandafgraving en nauwelijks alternatieve schuilplaatsen aanwezig waren. Ook zijn kunstmatige schuilplaatsen (tapijttegels) gebruikt om een populatie hazelwormen weg te vangen en te verplaatsen (Van Kessel et al. 2011). Het gebruik van de kunstmatige schuilplaatsen werd als succesvol beschouwd. Ten aanzien van het wegvangen van aquatische gewervelde exoten is echter nog geen ervaring opgedaan, maar er kan op basis van de hierboven genoemde onderzoeken van worden uitgegaan dat het gebruik van kunstmatige schuilplaatsen ook voor (een deel van) deze soorten werkt. Overigens heeft een Amerikaans onderzoek aangetoond dat onbehandelde houtplaten beter werken dan tapijttegels (MacNeil and Williams 2013), waarschijnlijk vanwege het gunstigere microklimaat (temperatuur- en vochtregulatie) onder de houtplaten. In bovenstaande studies werd het uitleggen van schuilplaatsen afgemeten aan het aantal gevangen dieren maar werd de maatregel niet geëvalueerd met het oog op eliminatie. Of het mogelijk is om met het aanbieden van kunstmatige schuilgelegenheid en vervolgens vangen van de dieren een uitheemse soort te elimineren is niet bekend.

4. Chemische bestrijdingsmaatregelen

Zoals in het voorgaande hoofdstuk uitgebreid is besproken, is in veel situaties het volledig elimineren van soorten met behulp van fysieke bestrijdingsmaatregelen niet realistisch. Anders dan het (langdurig) droogleggen van door uitheemse soorten geïnfecteerde wateren, zijn gifstoffen de meest kansrijke methode om ongewenste uitheemse vissen en andere gewervelden met kieuwademhaling uit te roeien. Gifstoffen in de context van chemische bestrijding van exotische aquatische gewervelden zijn geen stoffen die ingrijpen op de landfase die aquatische gewervelden kunnen bezitten, zoals amfibieën.

Chemische bestrijding kan negatieve consequenties hebben voor het ecosysteem. Maar dat geldt uiteraard ook voor de te bestrijden uitheemse aquatische gewervelden, die een enorme ecologische schade kunnen veroorzaken. De gevolgen van ingrijpende bestrijdingsmethoden moeten dan ook niet op de korte termijn worden beschouwd, maar juist op de (middel)lange termijn waarbij het getroffen ecosysteem de kans heeft gekregen om zich te herstellen. In dat licht kan chemische bestrijding in veel gevallen een adequate, kostenefficiënte en op termijn een wenselijkere aanpak tegen schadelijke exoten bieden dan niets doen of het periodiek inzetten van fysieke bestrijdingsmaatregelen om populaties van exoten te beheersen.

Er is een flink aantal stoffen bekend die voor chemische bestrijding gebruikt kunnen worden. In Nederland is op dit moment elke vorm van chemische bestrijding van uitheemse aquatische gewervelden verboden (Clearwater et al. 2008, Schiphouwer et al. 2012). Met de toenemende mate waarin exotische soorten in het aquatische milieu terechtkomen en ecologische schade veroorzaken, neemt de vraag voor toelating van het gebruik van deze middelen echter toe. Vooruitlopend op een eventuele toelating van het gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen wordt hier een overzicht gegeven van stoffen die in het buitenland worden ingezet bij het uitroeien van ongewenste aquatische exotische gewervelden.

Chemische bestrijdingsmiddelen zijn in te delen in drie hoofdgroepen. De meest gebruikte middelen zijn de echte pesticiden. Dit zijn stoffen die zijn ontwikkeld met het doel om zo gericht mogelijk bepaalde groepen van ongewenste organismen te bestrijden. Het betreft rotenon, antimycine, 3-trifluoromethyl-4-nitrophenol (TMF), saponinen en niclosamide. Deze stoffen worden in het buitenland voornamelijk ingezet om vissen te bestrijden, terwijl niclosamide ook wordt gebruikt tegen waterslakken.

Daarnaast is er een groep stoffen met een minder specifieke werking en die giftig is voor een breed scala aan organismen. Dit zijn relatief gangbare stoffen die gemakkelijk te verkrijgen zijn omdat zij ook voor andere doeleinden gebruikt worden. In het buitenland worden ammonia, chloor en kalk gebruikt in concentraties die giftig zijn voor o.a. vissen en amfibieën.

De derde groep van stoffen is op zichzelf niet giftig, maar zorgt ervoor dat de concentratie van zuurstof in het water sterk daalt waardoor vissen, amfibieën en andere waterdieren verstikken. Hiervoor zijn bijvoorbeeld kooldioxide in de vorm van koudijs, natriumsulfiet en organische stoffen (zoals suiker en melk) geschikt. Deze groep van stoffen wordt verder niet behandeld, omdat er weinig ervaring is met de toepassing ervan in de praktijk. Daarnaast zal het moeilijk zijn om gedurende lange tijd zuurstofloze omstandigheden te realiseren.

In de volgende paragrafen wordt de werking en toepassing van deze stoffen beschreven.

4.1. Rotenon

Beschrijving

Rotenon is een organische verbinding die wordt gewonnen uit tropische planten van de vlinderbloemenfamilie. Het wordt wereldwijd gebruikt als insecticide in tuinen en in de tuinbouw. Daarnaast wordt het ingezet voor de bestrijding van ongewenste uitheemse vissen.

Eigenschappen

Afbraak - Onder invloed van licht en warmte wordt rotenon gemakkelijk afgebroken. In zuur water verloopt het afbraakproces minder snel. Bij 0 °C duurt het ongeveer 3,5 dagen voordat de helft van de stof is afgebroken. Bij een watertemperatuur van 24 °C is na een halve dag al de helft verdwenen. Rotenon hoopt zich niet op in de organismen of in de bodem. En omdat het snel wordt afgebroken zitten er geen lange termijn risico's aan het gebruik ervan (Ling 2003, Ott Unknown-b). Rotenon bindt aan organische stof in het water en het sediment, waardoor in troebel water hogere concentraties nodig zijn om effectief in gezet te worden.

Giftigheid – Vissen zijn zeer gevoelig voor rotenon en 40 µg/l water is voldoende om de meeste vissoorten te doden. Visseneieren ondervinden geen effect van rotenon. De meeste ongewervelden zijn een stuk minder gevoelig dan vissen en sterven over het algemeen pas als de concentraties rotenon in het water 10 tot 100 keer hoger zijn. Echter, in het gebruik zal de toegepaste concentratie vaak hoger liggen dan de voor vissen giftige drempelconcentratie, waardoor een groot deel van de ongewervelden alsnog zal sneuvelen. Larven van amfibieën zijn iets minder gevoelig dan ongewervelden, maar ook zij lopen gevaar bij veldtoepassing (Ling 2003). Zoogdieren en vogels lopen geen gevaar bij het gebruik van rotenon.

Werking

Rotenon verstoort het transport van elektronen in de mitochondriën waardoor zuurstof niet meer kan worden gebruikt bij de ademhaling (Ling 2003, Ott Unknown-b). Hierdoor sterven cellen af en sterft het organisme. Voor de werking is het belangrijk dat de stof in de bloedbaan terecht komt. Dat zal bij zoogdieren, vogels en andere organismen zonder kieuwen niet snel gebeuren, aangezien rotenon in de darmen wordt afgebroken. Echter bij vissen, amfibieën en aquatische ongewervelden kan rotenon vanuit het water via de kieuwen direct in de bloedbaan terecht komen. Daardoor zijn deze aquatische organismen veel gevoeliger dan zoogdieren, vogels en reptielen.

Volksgezondheid

Rotenon is niet schadelijk voor de volksgezondheid (Ling 2003). De snelle afbraaksnelheid en binding aan bodemdeeltjes voorkomt dat de stof in het drinkwater terecht komt. Ook accumuleert het niet in

vis, waardoor het eten van vissen uit behandelde wateren niet schadelijk is. Daarnaast wordt de stof in ons maag-darmkanaal gemakkelijk afgebroken tot onschadelijke producten. Bij inademing is de stof wel giftig voor mensen. Het gevaar daarvoor is erg klein en doet zich uitsluitend voor gedurende het proces waarin rotenon wordt voorbereid voor visbestrijdingstoepassing. Het is daarom belangrijk dat op deze momenten passende beschermende ademhalingsapparatuur wordt gebruikt.

Chemische toevoegingen in vloeibare toepassingen van rotenon geven het water een vreemde geur en smaak, maar zijn niet giftig bij concentraties die geschikt zijn voor bestrijding van vissen (40 µg/l).

Soms wordt rotenon in verband gebracht met de ziekte van Parkinson, onder andere bij gebruik van rotenon in agrarische bedrijfsvoering (Tanner et al. 2011). Bij gebruik voor vissenbestrijding zijn de risico's verwaarloosbaar omdat inname via de luchtwegen niet optreedt en het bij inname via de mond niet in de bloedbaan kan komen (Finlayson et al. 2012).

Toepassing, aandachtspunten en knelpunten bij de werkzaamheden

In het buitenland zijn uitgebreide handleidingen beschikbaar voor het gebruik van rotenon (Finlayson et al. 2000). Daaruit blijkt dat een flink deel van de planning en werkzaamheden bij de toepassing van biociden wordt gedicteerd door wetgeving. Aangezien we die in Nederland op dit moment niet hebben, kunnen we momenteel slechts de meest voor de hand liggende werkzaamheden noemen. Deze zijn beschreven in hoofdstuk 2.

In het buitenland wordt rotenon gebruikt in poeder- of in opgeloste vorm. Als poeder is het slecht oplosbaar en vereist goede menging met het water. Opgelost rotenon heeft het voordeel dat het gemakkelijk te verspreiden is in de waterlaag. Een nadeel van de vloeibare variant is dat de vissen de gebruikte oplosmiddelen ruiken en kunnen vluchten. De opgeloste vorm kan niet doordringen in het hypolimnion dat in diepe wateren ontstaat als gevolg van grote verschillen in temperatuur (Ling 2003). Door een kleurstof toe te voegen is het duidelijk om bij te houden in hoeverre de stof zich door het water heeft verspreid.

Soms is het wenselijk om rotenon slechts op een deel van het waterlichaam toe te passen. Dit is bijvoorbeeld het geval bij toepassing in stromend water waarbij slechts een deel van de beek behandeld moet worden. Door de snelle afbraak van de stof onder invloed van warmte kan een tijdstip gekozen worden waarbij de watertemperatuur zo hoog is dat de concentratie rotenon bij het verlaten van het te behandelen beektraject zover gedaald is dat het zijn giftigheid verliest. Er zijn chemicaliën waarmee rotenon kan worden geneutraliseerd, bijvoorbeeld in het geval van een onvoorzien overmatig gebruik. Kaliumpermanganaat wordt daarvoor het meest toegepast (Finlayson et al. 2000). Een nadeel van deze stof is dat ze giftig is bij concentraties die iets hoger liggen dan de concentratie die nodig is voor neutralisatie van rotenon (Ling 2003). Voorzichtigheid is dus geboden bij gebruik.

De hoeveelheid benodigde rotenon is afhankelijk van de temperatuur, troebelheid en zuurgraad van het water (i.v.m. snelle afbraak) en de hoeveelheid organisch materiaal, omdat de stof zich daaraan bindt. Een gangbare concentratie is 40 µg/l (Ott Unknown-b). Maar in helder, zuur en koud water kan dus een lagere concentratie worden gebruikt.

De potentieel snelle afbraaksnelheid van rotenon kan een voordeel zijn als het maar gedurende korte tijd giftig mag zijn (bijv. in stromende wateren). Het kan ook een nadeel zijn, omdat het in grote wateren of wanneer er veel structuurvariatie is niet snel genoeg kan worden ingebracht om alle dieren te doden. Bij iedere toepassing van het middel dient daarom goed nagedacht te worden over de juiste tijd van het jaar (in verband met de watertemperatuur) en de benodigde concentratie van het middel.

Samengevat kan gesteld worden dat de effectiviteit van rotenon sterk afhankelijk is van de zorgvuldigheid die betracht wordt om het door gehele waterlichaam te verspreiden. Dit wordt lastiger naar mate de oppervlakte van het te behandelen waterlichaam of zelfs stroomgebied toeneemt. In diepe wateren is het moeilijk om de stof in de diepe delen te krijgen. Daarom is in het buitenland geëxperimenteerd met afgezonken pompinstallaties en modder en zand dat met rotenon behandeld is (Ling 2003). Ook de toepassing in sterk begroeide oeverzones is moeilijk omdat het lastig is om de stof voldoende tussen de waterplanten gemengd te krijgen. De meest geschikte wateren voor gebruik van rotenon zijn geïsoleerd, klein, ondiep met weinig plantengroei. Desalniettemin blijkt toepassing op grote oppervlakten in ongeveer de helft van de gevallen succesvol te zijn (Meronek et al. 1996).

Rotenon is niet schadelijk voor visseneieren. Het is dus belangrijk om met de timing van toepassing daarmee rekening te houden.

Frequentie van toepassing maatregel

Het is mogelijk dat rotenon onvoldoende doordringt in de kleine beschutte plekjes van een waterlichaam, waardoor een klein deel van de uitheemse dieren kan overleven. Daarom is het verstandig om een tweede keer na een korte periode van bijv. een maand de stof nogmaals in het water te verspreiden. Ook in buitenlandse projecten gebeurt dit vaak (Britton and Brazier 2006, Dean Impson et al. 2013).

Ecologische neveneffecten

Een concentratie van ca. 40 µg/l is voldoende om de meeste soorten vis te bestrijden en voor amfibieën is een hogere concentratie nodig. Echter, voor een effectieve toepassing zal over het algemeen een hogere dosering moeten worden gebruikt om ervoor te zorgen dat ook in de kleine hoekjes en tussen planten voldoende hoge concentraties worden gerealiseerd. Daarbij zullen ook voor de minder gevoelige soorten gemakkelijk dodelijke concentraties worden bereikt. Een hoge sterfte onder andere organismen is dan ook het belangrijkste te verwachten neveneffect. Een hoge sterfte van ongewervelden als gevolg rotenonbehandeling is ook in het buitenland waargenomen (Woodford et al. 2013).

Ervaring in Nederland en in het buitenland

In Nederland is er geen ervaring met het gebruik van rotenon om uitheemse vissen of amfibieën te bestrijden. In het buitenland daarentegen wordt het middel veelvuldig toegepast. Het gaat te ver om alle voorbeelden van rotenontoepassing hier te bespreken, maar om een beeld te geven van de mogelijkheden worden enkele goed gedocumenteerde voorbeelden besproken. Een mislukte poging is beschreven voor de bestrijding van een kleine soort uit de familie van de Tandkarpers, *Phalloceros caudimaculatus* (Rayner and Creese 2006). Hiervoor werd een relatief kleine maar zeer dicht begroeide poel behandeld met rotenon. Door de dichte vegetatie bleek het niet mogelijk om de stof voldoende met al het water in de poel te laten mengen. Uitheemse regenboogforel (*Oncorhynchus mykiss*) is in enkele Australische beken succesvol uitgeroeid (Lintermans 2000). Op een grotere schaal is in Zuid-Afrika de invasieve grootbekbaars (*Micropterus dolomieu*) uitgeroeid in een rivier, waarna herkolonisatie van de rivier door inheemse soorten kon optreden (Dean Impson et al. 2013). Bestrijdingsprojecten op eilanden in de Stille oceaan bleken alleen succesvol als rotenon werd gebruikt (Nico and Walsh 2011). Andere methoden, zoals diverse vormen van afvissen waren niet succesvol. Iets dichterbij huis, in Engeland, is een populatie van blauwband (*Pseudorasbora parva*) uitgeroeid door tweemaal het besmette waterlichaam met rotenon te behandelen (Britton and Brazier 2006). Om schade aan andere vissoorten te voorkomen, zijn deze eerst weggevangen en later weer uitgezet. Een mislukte poging om de effecten van rotenon meer specifiek te maken voor vissen en minder voor andere organismen, werd ondernomen door vissen te voeren met voedsel dat behandeld was met rotenon (Mangan 2003). Karper (*Cyprinus carpio*) en kanaalmeerval (*Ictalurus punctatus*) bleken het voedsel echter snel uit te spugen.

Samengevat blijkt rotenon dus goed inzetbaar en effectief om uitheemse vissen te bestrijden. Voor zover bekend is er geen ervaring met bestrijding van uitheemse amfibieën.

4.2. Antimycine A

Beschrijving

Antimycine wordt geproduceerd door de bacterie *Streptomyces*. De stof is dodelijk voor schimmels en laat zich dan ook vertalen als "antischimmel" (Lennon 1966). Ook vissen zijn erg gevoelig voor de stof en sterven al bij zeer lage concentraties, terwijl het onschadelijk is voor andere aquatische organismen (Derse and Strong 1963). Antimycine wordt onder de naam Fintrol gebruikt voor de bestrijding van ongewenste vissoorten.

Eigenschappen

Afbraak - Antimycine breekt onder invloed van zuurstof af. Dat gebeurt binnen 14 dagen, maar meestal al in 3 - 7 dagen. In zuur of zacht water verloopt de afbraak langzamer dan in hard water. De afbraakproducten zijn niet giftig (Ott Unknown-a). In levende wezens wordt de stof gemakkelijk afgebroken waardoor er geen ophoping plaatsvindt in de voedselketen.

Gifigheid - De stof is zeer toxisch voor vissen. Karper, zonnebaars en forel behoren tot de meest gevoelige soorten en sterven bij een concentratie van 10 µg/l. Deze concentratie is gebruikelijk voor de toepassing van het middel en is bij 10 µg/l onschadelijk voor planten, amfibieën, reptielen, vogels en zoogdieren. Populaties van aquatische ongewervelden kunnen wel schade oplopen bij deze concentraties, maar de gevoeligheid varieert van soort tot soort en van plek tot plek (Ott Unknown-a). Dwergmeervallen en andere meervalsoorten zijn veel minder gevoelig en overleven concentraties van maar liefst 200 µg/l (Lennon 1966). In tegenstelling tot rotenon is antimycine ook giftig voor visseneieren. Vissen die gedood zijn met de stof zijn niet schadelijk voor de gezondheid van zoogdieren en vogels (Greselin and Herr 1974). Bij hogere temperatuur is de sterfte onder vissen als gevolg van antimycine hoger dan bij lage temperatuur. Ook neemt de werking snel af als het water veel kleipartikels bevat. Het is belangrijk dat het middel bij toepassing overal in het waterlichaam terechtkomt, zodat er geen dieren worden gemist.

Werking

Net als rotenon verstoort antimycine het elektronentransport in de mitochondriën, waardoor de zuurstofopname van cellen wordt verhinderd. De precieze werking is wel anders aangezien antimycine op een andere wijze aan de eiwitten in de cel bindt. Hierdoor heeft antimycine een specifiekere werking en een groter effect op vissen dan op andere organismen.

Volksgezondheid

Mensen zijn ongevoelig voor inname van met antimycine behandeld water (bij concentraties die geschikt zijn voor bestrijding van vis). Antimycine is een antibiotica. Daardoor bestaat er een mogelijkheid op de ontwikkeling van micro-organismen die resistent zijn voor antibiotica.

Toepassing, aandachtspunten en knelpunten bij de werkzaamheden

In het buitenland zijn uitgebreide handleidingen beschikbaar voor het gebruik van antimycine (Moore et al. 2008). Daaruit blijkt dat een flink deel van de planning en werkzaamheden bij de toepassing van biociden wordt gedicteerd door wetgeving. Aangezien we die in Nederland niet hebben, kunnen we momenteel slechts de meest voor de hand liggende werkzaamheden noemen. Deze zijn beschreven in hoofdstuk 2.

Er zijn verschillende methoden waarop antimycine gebruikt kan worden. In stilstaande wateren is het praktisch om een sproeier te gebruiken die op de rug wordt gedragen of in een boot staat. In stromend water kan een druppelinstallatie gebruikt worden, die geleidelijk de stof verspreidt (Moore et al. 2008). Door een kleurstof toe te voegen is het duidelijk om bij te houden in hoeverre de stof zich door het water heeft verspreid. Ten slotte is er voor diepe wateren een toepassing waarbij antimycine als coating op zandkorrels wordt aangebracht (Lennon 1966). Dit zand wordt uitgestrooid waarna het antimycine geleidelijk in het water terechtkomt naarmate het zand naar de bodem zinkt.

Antimycine kan ingezet worden om specifieke vissoorten uit te schakelen. Hiervoor kunnen paarplaatsen van de soort worden behandeld. Ook zijn er methoden om zand te coaten met de stof. Door deze vervolgens met cellulose te bedekken komt het antimycine pas vrij als het op de bodem van het water ligt. Zodoende kunnen bodembewonende vissoorten gericht bestreden worden (Schreier et al. 2008). Het bleek bij de bestrijding van karper weinig effectief om voedseldeeltjes te behandelen met antimycine (Rach et al. 1994).

Soms is het wenselijk om slechts een deel van het waterlichaam te behandelen. Dit is bijvoorbeeld het geval bij toepassing op paarplaatsen of in stromend water waarbij slechts een deel van de beek behandeld moet worden. Kaliumpermanganaat kan worden gebruikt om het antimycine te neutraliseren. Een zeer verdunde oplossing van 1 ppm is meestal voldoende (Ott Unknown-a).

Meervallen zijn weinig gevoelig voor deze stof. Voor de bestrijding van soorten uit deze familie (bijv. dwergmeervallen) is antimycine niet geschikt.

Frequentie van toepassing maatregel

Het is mogelijk dat antimycine onvoldoende doordringt in de kleine beschutte plekken van een waterlichaam, waardoor een klein deel van de uitheemse dieren kan overleven. Daarom is het verstandig om een tweede keer na een korte periode van bijv. een maand de stof nogmaals in het water te verspreiden.

Ecologische neveneffecten

Een concentratie van ca. 10 µg/l is voldoende om de meeste soorten vis te bestrijden. Voor amfibieën en sommige soorten ongewervelden is een veel hogere concentratie nodig om een hoge sterfte te veroorzaken. Echter, voor een effectieve toepassing zal over het algemeen een hogere dosering moeten worden gebruikt om ervoor te zorgen dat ook in de kleine hoekjes en tussen planten voldoende hoge concentraties worden gerealiseerd. Daarbij zullen ook voor diverse soorten ongewervelden dodelijke concentraties worden bereikt. Sterfte onder ongewervelden is dan ook het belangrijkste te verwachten neveneffect.

De stof breekt na behandeling snel af. Omdat de benodigde hoeveelheden erg klein zijn, zullen ongewenste effecten van de bijproducten niet optreden.

Ervaring in Nederland en in het buitenland

Het middel is niet toegestaan in Nederland. Daardoor is er hier geen ervaring met de toepassing ervan. In het buitenland wordt antimycine veel gebruikt voor de bestrijding van ongewenste vissen in natuur. Daarnaast wordt het middel veel gebruikt bij de kweek van meervallen. Omdat meervallen relatief ongevoelig zijn, kan antimycine zonder risico gebruikt worden om ongewenste andere vissoorten en ongewervelden te verdelgen.

De bestrijding van bronforel in een zijbeek van Yellowstone lake was succesvol (Gresswell 1991). Onder gunstige omstandigheden (warm weer) is met antimycine zee prik bestreden in Noord-Amerika met een effectiviteit van 90% sterfte onder larvale prikken (Clearwater et al. 2008). Dit betrof grote stroomgebieden. Vermoedelijk zal bij toepassing in kleinere gebieden de effectiviteit aanzienlijk hoger liggen en vergelijkbaar zijn met rotenon.

4.3. 3-trifluoromethyl-4-nitrophenol (TFM)

Beschrijving

3-trifluoromethyl-4-nitrophenol, afgekort als TFM, is een intens gele industriële stof. De stof is speciaal ontwikkeld voor de bestrijding van zeeprikken in Noord-Amerika.

Informatie over het gebruik van de stof is veelal gedateerd (jaren 60-70 van de vorige eeuw) en richt zich vooral op bestrijding van zeeprik in de Amerikaanse Great Lakes. Een vertaling naar de mogelijkheden van toepassing van de stof voor bestrijding van andere soorten is daardoor niet altijd gemakkelijk te maken.

Eigenschappen

Afbraak - Onder zuurstofarme of zuurstofloze omstandigheden wordt TFM redelijk snel omgezet naar onschadelijk gereduceerd TFM (Bothwell et al. 1973). Na ongeveer 2 dagen is de helft verdwenen. Dit gebeurt bijvoorbeeld in onderwaterbodems. De stof bindt ook aan bodempartikels. In het veld is de stof na 2-3 weken verdwenen doordat het in onderwaterbodems wordt afgebroken. Dit is overigens aanzienlijk langzamer dan de eerder besproken andere pisciciden. Onder zuurstofrijke omstandigheden breekt de stof langzamer af (Fathulla et al. 1995). Desalniettemin lijkt er geen alarmerende ophoping plaats te vinden in grote en diepe wateren waar de interactie tussen bodem en water gering is (Thingvold and Lee 1981). De afbraakproducten blijken niet giftig te zijn (Schnick 1972).

Giftigheid - TFM is vooral bijzonder schadelijk voor alle prikachtigen. Larvale zeeprikken sterven bij een concentratie van 3-10 µg/l (Applegate and King 1962). Bij lage temperatuur, rond het vriespunt, neemt de selectiviteit voor prikken t.o.v. andere vissoorten toe (Keller 1966). Daarnaast neemt de toxiciteit voor prikjarven af als het water minder zuur wordt (pH > 7.8) (LeMaire 1961) en bij toenemende elektrische geleidbaarheid. De troebelheid van het water kan de werking van TFM verminderen omdat de stof hieraan kan binden.

Andere vissoorten zijn minder gevoelig voor TFM dan prikken, maar de verschillen in dodelijke dosering zijn klein. Giftigheid voor andere vissen treedt op vanaf 3 µg/l voor de meest gevoelige soorten (Schnick 1972). Hierdoor is selectief gebruik tegen prikken mogelijk, maar is de kans op schade aan andere soorten aanzienlijk. In Nederland is deze eigenschap van TFM niet zo relevant omdat hier geen invasieve uitheemse prikken leven.

Amfibieën zijn net zo gevoelig voor TFM als vissen. Een dosering van 12 µg/l is geschikt om poelen vrij te maken van kikkervissen (Schnick 1972). Ook voor ongewervelden is het middel giftig (Smith 1967, Jeffrey et al. 1986, Kolton et al. 1986, Macmahon et al. 1987). Vanaf 3 µg/l treedt er schade op aan populaties van enkele soorten ongewervelden (mn. bloedzuigers), maar veel ongewervelden sterven pas vanaf ca. 10 µg/l (Schnick 1972).

Concentraties TFM die gebruikt worden voor bestrijding van vissen hebben geen effect op reptielen en zoogdieren.

Werking

TFM wordt al meer dan een halve eeuw ingezet voor bestrijding van uitheemse vissen. Toch is het werkingsmechanisme pas in 2011 ontrafeld (Birceanu et al. 2011). TFM verstoort de productie van ATP, een stof die zorgt voor de overdracht van energie bij het metabolisme in lichaamscellen.

Volksgezondheid

Eenmaal in verdunde vorm toegepast in oppervlaktewater is TFM niet schadelijk voor de volksgezondheid. Echter bij de voorbereiding van het middel worden geconcentreerde vormen gebruikt, die bij inname via de mond of contact met de huid schadelijk zijn. Het is dus belangrijk om een grote voorzichtigheid te betrachten bij het gebruik van het geconcentreerde middel en daarbij beschermende kleding, rubberen handschoenen en maskers te gebruiken (Applegate et al. 1961).

Toepassing, aandachtspunten en knelpunten bij de werkzaamheden

De meeste beschikbare literatuur over het gebruik van TFM is al vijftig jaar oud. Waarschijnlijk heeft de ontwikkeling naar de toepassingsmogelijkheden niet stilgestaan, maar de meest recente inzichten hebben we niet kunnen achterhalen. De juiste wijze van toepassing zal duidelijk worden indien toepassing in Nederland wordt overwogen en het product ter goedkeuring wordt voorgelegd aan het College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden. Standaard werkzaamheden voor het gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen zijn beschreven in hoofdstuk 2.

Net als bij andere bestrijdingsmiddelen is het belangrijk dat de stof op alle plekken van het waterlichaam terechtkomt zodat alle organismen ermee in aanraking komen. Daardoor neemt de benodigde inspanning toe naarmate de oppervlakte, structuurvariatie en begroeiing toeneemt. Daarnaast wordt de effectiviteit van TFM beïnvloed door de zuurgraad van het water. In zuur water neemt de giftigheid van de stof toe.

TFM wordt relatief langzaam omgezet in onschadelijke stoffen. Daarnaast hebben we tijdens het bestuderen van de beschikbare literatuur geen middelen gevonden waarmee TFM onschadelijk gemaakt kan worden. Deze eigenschappen maken TFM ongeschikt voor het behandelen van korte trajecten in stromend water.

Frequentie van toepassing maatregel

TFM is zeer toxisch en de kans is aanwezig dat een behandeling met de stof volledig effectief is. Echter als het middel onvoldoende doordringt in de kleine beschutte plekjes van een waterlichaam,

kan een klein deel van de uitheemse dieren overleven. Indien er twijfel bestaat over de effectiviteit van de maatregel in het uitroeien van alle ongewenste organismen, dan is het verstandig om na enige tijd (ongeveer een maand) een tweede maal het middel te gebruiken.

Ecologische neveneffecten

TMF wordt gepromoot als een zeer specifiek middel tegen prikken (GLFC 2000) met een lage kans op ongewenste neveneffecten. Echter tal van ongewervelden, vissen en amfibieën zijn gevoelig voor concentraties die niet heel veel hoger liggen dan gebruik tegen prikclarven. Indien het middel in Nederland gebruikt gaat worden, dan is het onwaarschijnlijk dat het ingezet wordt in de bestrijding van prikken en zal in veel gevallen al een hogere dosering nodig zijn. Significante bijwerkingen onder ongewervelden, vissen en amfibieën mogen dus verwacht worden.

Ervaring in Nederland en in het buitenland

Het middel is niet toegestaan in Nederland. Daardoor is er hier geen ervaring met de toepassing ervan. TFM wordt in Noord-Amerika op grote schaal toegepast om larven van zeeprik te bestrijden. Zo worden maar liefst ca. 250 stroomgebieden van de Great Lakes met enige regelmaat met het middel behandeld (GLFC 2000). Het middel is daarin zeer effectief en heeft de populatie zeeprikken in het gebied met 90% gereduceerd. Echter door de enorme omvang van de stroomgebieden is het niet mogelijk de soort volledig uit te roeien (Lawrie 1970, Schnick 1972).

4.4. Niclosamide

Beschrijving

Niclosamide wordt in Nederland gebruikt als geneesmiddel tegen lintworminfecties. De belangrijkste mondiale toepassing is de bestrijding van slakken, die tussengastheer zijn van schistosoma, een parasitaire platworm. Daarnaast wordt het gebruikt bij de bestrijding van ongewenste vissen. In het buitenland is het in de handel onder de naam Bayluscide.

Eigenschappen

Afbraak - Niclosamide wordt afgebroken onder invloed van licht, door bacteriën en bindt aan bodempartikels (Nettles et al. 2001). Hierdoor verdwijnt het relatief snel uit het water.

Giftigheid - Niclosamide is bijzonder giftig voor zeeprikken. Voor de bestrijding van deze soort in Noord-Amerika wordt de stof daarom vaak in combinatie met 3-trifluormethyl-4-nitrophenol (TFM) gebruikt. Zeeprikken bestrijding is effectief bij een concentratie van 0,15 mg/l (Nettles et al. 2001). De stof is giftig voor alle vissoorten bij een concentratie van 0,5 mg/l. Slechts enkele minuten contact met de stof is voldoende om dodelijk te zijn (Clearwater et al. 2008). Insectenlarven en kreeftachtigen zijn minder gevoelig en giftige concentraties variëren van 0,8 tot meer dan 50 mg/l. Kreeftensoorten van het genus *Procambarus* waren ongevoelig voor een concentratie niclosamide van 10 mg/l (FrancisFloyd et al. 1997). Slakken, wormen en bloedzuigers zijn relatief gevoeliger en sterven bij 0,03 tot 0,4 mg/l (Nettles et al. 2001). Amfibieën zijn behoorlijk gevoelig voor niclosamide. Vijftig procent sterfte van amfibieënlarven is waargenomen bij 0,2 mg/l (FrancisFloyd et al. 1997). Roodwangschildpadden waren aanzienlijk minder gevoelig en vertoonden 50% sterfte bij 5 mg/l.

De werking van niclosamide wordt beïnvloed door de waterkwaliteit. Als de temperatuur toeneemt, de pH daalt onder de 7, de hardheid afneemt of het zoutgehalte daalt, dan neemt de giftigheid van het middel toe (Tchounwou et al. 1992). Maar onder pH 7 neemt de oplosbaarheid van de stof tevens af wat de effectiviteit weer vermindert.

Werking

De werking van niclosamide is niet geheel bekend. Vermoedelijk heeft het een vergelijkbaar effect als TFM en verstoort het de productie van ATP (Nettles et al. 2001). Daardoor is er onvoldoende ATP in de lichaamscellen van vergiftigde vissen om het interne metabolisme in stand te houden.

Volksgezondheid

Niclosamide is onschadelijk voor mensen bij concentraties die gebruikt worden bij de bestrijding van ongewenste aquatische organismen. Het gebruik van het middel bij de bestrijding van lintwormen in menselijke ingewanden vereist een aanzienlijk hogere concentratie en leidt in het ergste geval tot buikpijn, misselijkheid, braken en diarree.

Toepassing, aandachtspunten en knelpunten bij de werkzaamheden

Standaard werkzaamheden voor bestrijding van uitheemse soorten zijn beschreven in hoofdstuk 2.

Niclosamide wordt in verschillende vormen (in het buitenland) verkocht als een emulsie, een oplosbaar poeder, in oplossing en als korrels (Clearwater et al. 2008). Daarnaast is het beschikbaar in korrels die de stof vertraagd loslaten, waardoor het kan worden ingezet om bodembewonende vissoorten gericht te bestrijden (Clearwater et al. 2008). In Noord-Amerika wordt niclosamide vaak in kleine hoeveelheden (2%) gebruikt in combinatie met TFM bij de bestrijding van zeeprikken. Deze toepassing vermindert de benodigde hoeveelheid TFM met 50%.

Omdat het middel niclosamide ook als geneesmiddel wordt gebruikt is het mogelijk gemakkelijker om het gelegaliseerd te krijgen in Nederland.

Net als bij andere bestrijdingsmiddelen is het belangrijk dat de stof op alle plekken van het waterlichaam terechtkomt zodat alle organismen ermee in aanraking komen. Daardoor neemt de benodigde inspanning toe naarmate de oppervlakte, structuurvariatie en begroeiing toeneemt. Daarnaast wordt de effectiviteit van niclosamide beïnvloed door de temperatuur, pH, hardheid van het water en het zoutgehalte.

We hebben tijdens het bestuderen van de beschikbare literatuur geen middelen gevonden waarmee niclosamide onschadelijk gemaakt kan worden. Deze eigenschap maakt de stof ongeschikt voor het behandelen van korte trajecten in stromend water.

Frequentie van toepassing maatregel

Niclosamide is erg giftig en de kans is aanwezig dat een behandeling met de stof volledig effectief is. Echter als het middel onvoldoende doordringt in de kleine beschutte plekken van een waterlichaam, kan een klein deel van de uitheemse dieren overleven. Indien er twijfel bestaat over de effectiviteit van de maatregel in het uitroeien van alle ongewenste organismen of als onvoldoende succes is aangetoond via monitoring, dan is het verstandig om na enige tijd (ongeveer een maand) een tweede maal het middel te gebruiken.

Ecologische neveneffecten

Veel aquatische organismen zijn gevoelig voor niclosamide concentraties die nodig zijn voor de bestrijding van vissen (0,5 mg/l). De kans dat onbedoeld soorten sterven die niet bestreden moeten worden is dus groot. Door deze soorten voorafgaand aan de toepassing weg te vangen en later weer terug te zetten, kunnen kwetsbare populaties gespaard worden.

De stof breekt na behandeling snel af. Omdat de benodigde hoeveelheden erg klein zijn, zullen ongewenste effecten van de bijproducten niet optreden.

Ervaring in Nederland en in het buitenland

Buiten de medische toepassing is er in Nederland geen ervaring met het gebruik voor bestrijding van plaagsoorten. In het buitenland wordt de stof op redelijk grote schaal toegepast bij de bestrijding van slakken en de daarvan afhankelijke parasitaire platwormen. Daarnaast wordt niclosamide vooral gebruikt bij de bestrijding van zeeprikken in de Noord-Amerikaanse Great Lakes.

4.5. Saponinen

Beschrijving

Saponinen behoren tot een diverse groep van stoffen die gewonnen worden uit planten. Ze komen voor in minstens 400 plantensoorten behorend tot 60 families (George 1965). Saponinen hebben tal van toepassingen waaronder cosmetica, zoetmakers en piscicide. In de bestrijding van vissen worden “teaseed cake” en “mahua oilcake” het meest gebruikt.

Eigenschappen

Afbraak - In aquacultuur wordt beschreven dat teaseed cake en mahua oilcake snel afbreken, maar wetenschappelijke literatuur ontbreekt (Clearwater et al. 2008). Na toepassing van beide stoffen wordt 10 dagen aangehouden, voordat kweekvijvers opnieuw in gebruik worden genomen. Echter sommige auteurs melden dat enkele dagen wachttijd volstaan (Kanaujia et al. 1981, Clearwater et al. 2008).

Giftigheid - De giftigheid van saponinen is minder goed bestudeerd dan bij andere pisciciden. Gebruik van saponinen bij een concentratie van 0,5 mg/l is geschikt om ongewenste vissen te doden (ICAAE 2003). Saponinen worden echter nooit in pure vorm toegediend maar als verwerkte plantaardige materialen, zoals teaseed cake en mahua oilcake. Deze bevatten slechts een klein percentage (tot 15%) saponine. In de praktijk wordt dus een grotere hoeveelheid gebruikt. Bij een gift van 25 mg/l teaseed cake trad in een periode van 24 uur een sterfte van 28-65% op (Chiayvareesajja et al. 1997). Voor mahua oilcake wordt een dosering van 100 tot 150 mg/l aanbevolen (Clearwater et al. 2008). Garnalen zijn veel minder gevoelig voor saponinen dan vissen. Daarom worden saponinen veel gebruikt in Aziatische garnalenkwekerijen om ongewenste vissen te verwijderen. Over de giftigheid van saponinen voor andere organismen zoals ongewervelden, amfibieën, reptielen is niets bekend.

De werking van saponinen wordt bevorderd door een stijging van de watertemperatuur, een afname van de zuurstofconcentratie en stijging van het zoutgehalte (Clearwater et al. 2008).

Werking

Rode bloedcellen worden door saponinen kapot gemaakt. Daardoor neemt de opnamecapaciteit van het bloed voor zuurstof af en stikken organismen (Homechaudhuri and Banerjee 1991).

Volksgezondheid

Inname van saponinen via de mond is voor mensen onschadelijk. Daardoor is toepassing van het middel bij bestrijding van organismen niet gevaarlijk voor de volksgezondheid.

Toepassing, aandachtspunten en knelpunten bij de werkzaamheden

Standaard werkzaamheden voor bestrijding van uitheemse soorten zijn beschreven in hoofdstuk 2.

Saponinen worden vooral gebruikt in Aziatische garnalenfarms en zijn daardoor slecht verkrijgbaar.

Net als bij andere bestrijdingsmiddelen is het belangrijk dat de stof op alle plekken van het waterlichaam terechtkomt zodat alle organismen ermee in aanraking komen. Daardoor neemt de benodigde inspanning toe naarmate de oppervlakte, structuurvariatie en begroeiing toeneemt. Daarnaast wordt de effectiviteit van saponinen vergroot door de temperatuur, zuurstoftekort en het zoutgehalte.

We hebben tijdens het bestuderen van de beschikbare literatuur geen middelen gevonden waarmee saponinen onschadelijk gemaakt kunnen worden. Deze eigenschap maakt de stof ongeschikt voor het behandelen van korte trajecten in stromend water.

In de aquacultuur worden zeer uiteenlopende doseringen gebruikt. Tea seed cake behandeling variëren van 15 tot 200 mg/l (Clearwater et al. 2008). Aanvullend op de giftige werking van dergelijke doseringen wordt er ook een bemestende werking aan toegeschreven. In veel natuurlijke wateren waar uitheemse vissen een probleem zijn, is bemesting een ongewenste bijwerking.

Er kunnen problemen optreden bij de toelating van saponinen door het College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden. Dat komt doordat het product meerdere stoffen bevat, die niet allemaal bekend zijn. Daarnaast worden saponinen geproduceerd als een weinig bewerkt plantaardig product waardoor er mogelijk risico's zijn met betrekking tot de import van uitheemse soorten.

Frequentie van toepassing maatregel

Uit evaluaties in de literatuur blijkt dat bij gebruik van saponinen slechts een deel van de vissen sterft (Chiayvareesajja et al. 1997). Voor een volledige bestrijding zullen dus waarschijnlijk meerdere behandelingen nodig zijn.

Ecologische neveneffecten

Saponinen zijn giftig voor vissen. Het is niet bekend in hoeverre andere organismen gevoelig zijn en er ongewenste sterfte daaronder optreedt.

Gebruik van saponinen zal in veel wateren een vermestend effect hebben, wat leidt tot andere levensgemeenschappen.

Ervaring in Nederland en in het buitenland

We hebben geen informatie van toepassingen in natuurlijke wateren kunnen vinden. Ervaringen met het gebruik van saponinen beperken zich tot het visvrij maken van kweekvijvers. Gebruik van het middel blijkt niet altijd te zorgen voor 100% sterfte (Chiayvareesajja et al. 1997) en daardoor is het minder geschikt voor het uitroeien van problematische vispopulaties dan andere gifstoffen.

4.6. Ammonia

Beschrijving

Ammonia is een eenvoudige verbinding van stikstof en protonen. Het wordt in wateropgeloste vorm gebruikt als meststof. Het is ook beschikbaar als vaste stof in een verbinding met sulfaat.

Eigenschappen

Afbraak - ammonia wordt samen met zuurstof door micro-organismen omgezet naar nitraat. Nitraat wordt door planten en algen opgenomen als voedingsstof. Daarnaast wordt nitraat in zuurstofloze onderwaterbodems omgezet naar gasvorming stikstof dat kan ontsnappen naar de atmosfeer. De omzetting van ammonium verloopt zeer traag onder zure omstandigheden (pH <4). In een veldexperiment bleef een verhoogde concentratie ammonia 3 maanden meetbaar (Champ et al. 1973).

Giftigheid - bij gebruik van ammonia sterven alle vissen. Bij concentraties onder 30 mg/l nemen overlevingskansen voor vissen toe (Ward et al. 2013). Om ook grote vissen te bestrijden zijn waarschijnlijk hogere concentraties nodig tot wel 200 mg/l. Daarnaast treedt er sterfte op van amfibieën, ongewervelden, zoo- en fytoplankton en waterplanten. Schildpadden blijken ongevoelig voor ammoniabehandeling.

Ammonia (NH₃) is giftiger dan ammonium (NH₄⁺). Echter, ammonia reageert in water met protonen (zuur) en wordt daarbij omgezet naar ammonium. Om dit proces te stoppen kan kalk worden toegevoegd, waardoor de pH stijgt en er minder protonen zijn om het omzettingsproces te voltooien. Daarmee neemt de giftigheid van ammonia toe bij hoge pH.

Werking

Ammonia verstoort de osmoregulatie en chemische processen in het bloed (Clearwater et al. 2008). Als ammonia (NH₃) in het water komt wordt het omgezet naar ammonium (NH₄⁺), waarbij het water basisch wordt (Champ et al. 1973). Ook deze hoge pH kan giftig zijn voor organismen. Daarnaast verstoort de hoge pH het koolstofevenwicht in het water omdat kooldioxide (CO₂) wordt omgezet naar bicarbonaat (CO₃²⁻). Dit is schadelijk voor waterplanten aangezien die koolstof nodig hebben voor de fotosynthese en daarbij meestal koolstof maar in één vorm op willen nemen.

Volksgezondheid

Pure ammonia is een kleurloos gas met een scherpe geur en irriterende werking. Het kan al bij lage concentratie zorgen voor brandende ogen, neus en keel. Inademen van een hoge dosis kan leiden tot

opgezwollen en verbranden van de keel en verstikking. Contact met de ogen kan leiden tot oogschade en blindheid.

De vaste verbinding van ammonia met sulfaat is minder gevaarlijk voor de gezondheid. Het zorgt voor irritatie van de luchtwegen en huid. Daarom is het verstandig om bij gebruik contact met de huid en inademing te voorkomen.

Toepassing, aandachtspunten en knelpunten bij de werkzaamheden

Standaard werkzaamheden voor bestrijding van uitheemse soorten zijn beschreven in hoofdstuk 2.

Gebruik van in wateropgeloste pure ammonia is effectief in het verdelgen van organismen, maar het gebruik ervan is gevaarlijk. Daarom is het niet raadzaam om deze stof te gebruiken. Gebruik van ammoniumsulfaat is gemakkelijker en minder gevaarlijk. Nadeel van deze stof is dat het, het water verzuurd waardoor de giftigheid afneemt. Daarom kan ammoniumsulfaat het beste gecombineerd worden met toediening van kalk. Voor een effectieve bestrijding van ongewenste soorten wordt een Bekalking van 0,1 - 0,3 kg/m³ geadviseerd en een toediening van 100 - 200 gr/ m³ ammonium (Clearwater et al. 2008).

Net als bij andere bestrijdingsmiddelen is het belangrijk dat de stof op alle plekken van het waterlichaam terechtkomt zodat alle organismen ermee in aanraking komen. Daardoor neemt de benodigde inspanning toe naarmate de oppervlakte, structuurvariatie en begroeiing toeneemt.

Er zijn geen geschikte middelen gevonden waarmee ammonia onschadelijk gemaakt kan worden. Deze eigenschap maakt de stof ongeschikt voor het behandelen van korte trajecten in stromend water.

Frequentie van toepassing maatregel

De kans bestaat dat dieren in staat zijn om schuilplekken te vinden waar dodelijke concentraties ammonia niet gerealiseerd worden. In dat geval is een tweede behandeling nodig. Echter het gebruik van ammonia gaat gepaard met serieuze bijwerkingen (sterfte van niet-doelsoorten en vermesting). Daarom is meermalige toepassing eigenlijk niet gewenst. Als het vermoeden bestaat dat een tweede behandeling nodig kan zijn, is het verstandig om te overwegen om een ander bestrijdingsmiddel in te zetten dat minder bijwerkingen heeft.

Ecologische neveneffecten

Ammonia is weinig selectief in haar werking en doodt niet alleen alle fauna maar ook waterplanten. Daarnaast wordt het omgezet in nitraat, wat een belangrijke plantenvoedingstof is. Het water wordt door toediening van ammonia bemest. In veel natuurlijke wateren is dit niet wenselijk.

Het vermestende effect is nog groter als het in de vorm van ammoniumsulfaat wordt gebruikt. Sulfaat stimuleert namelijk de afbraak van organische stof. Daarbij komen voedingsstoffen vrij. In wateren waar sprake is van hoogveenontwikkeling is het zeer schadelijk omdat het kan leiden tot het zinken en verdrinken van hoogveendrijftillen.

Ervaring in Nederland en in het buitenland

Ammonia werd in India gebruikt om waterplanten te bestrijden. Daarbij werd geconstateerd dat het mogelijk ook geschikt is als piscicide (Ramachandran 1960). Sindsdien hebben diverse studies de toepassing van ammonia onderzocht (Ward et al. 2013), maar van toepassing in het veld hebben we geen documentatie gevonden.

4.7. Chloor

Beschrijving

Chloor is beschikbaar als natriumhypochloriet (NaOCl) ook wel bekend als bleekmiddel. Het wordt o.a. in zwembaden gebruikt om het zwembadwater te ontsmetten. Een chloorverbinding met een vergelijkbare werking is calciumhypochloriet (Ca(OCl)₂).

Eigenschappen

Afbraak - Chloorverbindingen kunnen met organische verbindingen reageren waarbij persistente verbindingen ontstaan. Deze stoffen kunnen kankerverwekkend zijn, al hoewel bij een eenmalige toepassing als bestrijdingsmiddel het onwaarschijnlijk is dat er schadelijke bijwerkingen optreden. Chloor verdwijnt snel uit het water en na 1 dag is het niet meer giftig (Clearwater et al. 2008). Om chloor sneller onschadelijk te maken kan natriumsulfiet worden toegevoegd.

Giftigheid - 5 - 10 mg/l chloor is voldoende om alle organismen te doden.

Werking

Over de precieze werking van chloor bij de bestrijding van aquatische gewervelden hebben we geen informatie kunnen vinden.

Volksgezondheid

Werken met chloor is niet zonder risico's. Bij het gebruik van natrium- of calciumhypochloriet kunnen kleine hoeveelheden giftig chloorgas vrijkomen. De oplossing van de stoffen werkt bijtend op de huid, ogen en luchtpijp. Bij langdurige blootstelling aan kleine hoeveelheden kunnen huidproblemen ontstaan of klachten met de luchtwegen. Gebruik van deze stoffen dient dan ook te gebeuren met de nodige voorzorgsmaatregelen en gebruik van beschermende kleding.

Toepassing, aandachtspunten en knelpunten bij de werkzaamheden

Standaard werkzaamheden voor bestrijding van uitheemse soorten zijn beschreven in hoofdstuk 2.

Net als bij andere bestrijdingsmiddelen is het belangrijk dat het chloor op alle plekken van het waterlichaam terechtkomt zodat alle organismen ermee in aanraking komen. Daardoor neemt de benodigde inspanning toe naarmate de oppervlakte, structuurvariatie en begroeiing toeneemt.

De giftigheid van de stof en de vorming van persistente organische chloorverbindingen kan leiden tot onrust bij omwonenden.

Vanwege de risico's aan het gebruik van de stoffen is er een goede ervaring vereist van de mensen die de werkzaamheden uitvoeren. Die deskundigheid zal moeilijk te vinden zijn, aangezien deze toepassing geen dagelijkse praktijk is in Nederland.

Frequentie van toepassing maatregel

De kans bestaat dat dieren in staat zijn om schuilplekken te vinden waar dodelijke concentraties chloor niet gerealiseerd worden. In dat geval is een tweede behandeling nodig. Echter het gebruik van chloor heeft enkele nadelen (sterfte van niet-doelsoorten, gezondheidsrisico's en overlast). Daarom is meermalige toepassing eigenlijk niet gewenst. Als het vermoeden bestaat dat een tweede behandeling nodig kan zijn, is het verstandig om te overwegen om een ander bestrijdingsmiddel in te zetten dat minder bijwerkingen heeft.

Ecologische neveneffecten

Chloor is zeer giftig voor alle aquatische organismen. Sterfte van soorten anders dan de invasieve uitheemse soort die bestreden wordt is dus een reëel gevaar.

Ervaring in Nederland en in het buitenland

Chloor wordt in de aquacultuur gebruikt om kweekbakken te desinfecteren. Van veldtoepassingen voor de bestrijding van ongewenste aquatische gewervelden hebben we geen documentatie gevonden.

4.8. Kalk

Beschrijving

Kalk wordt vooral gebruikt in wateren om de waterkwaliteit en productiviteit te beïnvloeden. Het kan ook worden ingezet bij de bestrijding van ongewenste soorten, doordat het geschikt is om de pH van het water zo sterk te verhogen dat het giftig wordt voor organismen.

Eigenschappen

Het beste kan gebluste (Ca(OH)_2) of ongebluste kalk (CaO) worden gebruikt. Deze stoffen lossen namelijk veel beter in water op dan gewone kalksteen (CaCO_3).

Afbraak - De afbraakproducten van kalk zijn natuurlijke mineralen. Terugkeer naar de oorspronkelijke condities (zuurgraad, hardheid, buffercapaciteit) kan een hele poos duren, zelfs tot meerdere maanden (Clearwater et al. 2008).

Giftigheid - Gebruik van kalk bij de bestrijding van invasieve gewervelden exoten vereist dat er in het water een pH van 12 wordt gerealiseerd voor minstens 24 uur. Deze pH is giftig voor vrijwel alle aquatische organismen inclusief waterplanten. Ook watervogels kunnen last hebben van een dergelijke behandeling. Kreeftachtigen zijn bestand tegen een pH onder de 12.

Werking

De grote verandering in waterchemie die door een zware kalkbehandeling wordt veroorzaakt, beschadigt de kieuwen van aquatische organismen en verstoort de interne regulatie van ionen. Daarnaast zorgt een sterke pH verandering voor een verstoring van de koolstofhuishouding. Daardoor zijn veel planten niet meer in staat om koolstof op te nemen voor de fotosynthese en sterven zij af.

Volksgezondheid

Ongebluste kalk kan irritatie van de huid en slijmvliezen veroorzaken. Gebluste kalk heeft eenzelfde maar mildere werking en is daardoor beter geschikt voor bekalking. Beschermende kleding is nodig als er met beide vormen van kalk wordt gewerkt.

Toepassing, aandachtspunten en knelpunten bij de werkzaamheden

Standaard werkzaamheden voor bestrijding van uitheemse soorten zijn beschreven in hoofdstuk 2.

Net als bij andere bestrijdingsmiddelen is het belangrijk dat alle plekken van een waterlichaam in de kalkbehandeling worden meegenomen. Daardoor neemt de benodigde inspanning toe naarmate de oppervlakte, structuurvariatie en begroeiing toeneemt.

De giftigheid voor ongewenste organismen neemt sterk toe als er gelijktijdig met de bekalking een kleine hoeveelheid ammoniumsulfaat wordt gebruikt. Door daarnaast niet meer kalk te gebruiken dan absoluut noodzakelijk is, kan de snelheid van ecosysteemherstel worden vergroot. Een nauwkeurige afstemming is mogelijk doordat directe meting van de zuurgraad gebruikt kan worden om de juiste dosering te bepalen.

Een voordeel aan het gebruik van kalk is dat het door het publiek niet wordt beschouwd als een gifstof.

Bekalking kan leiden tot een afname van fosfaatconcentraties in het water doordat calcium met fosfaat neerslaat. Anderzijds, stimuleert bekalking de afbraak van organisch materiaal. Dit zorgt voor vermesting van het waterlichaam en een verhoogde kans op algenbloei.

Veel Nederlandse natuurlijke wateren hebben een relatief lage pH (< 7). Sterke bekalking van deze wateren kan voor lange tijd het natuurlijke functioneren ontwrichten. Bekalking ter bestrijding van uitheemse gewervelden wordt voor natuurlijke wateren daarom afgeraden.

Frequentie van toepassing maatregel

Aangezien herstel van water- en bodemchemie na bekalking toch al traag verloopt, is het geen probleem om de behandeling nogmaals uit te voeren indien uit monitoring gebleken is dat ongewenste soorten hebben overleefd.

Ecologische neveneffecten

De giftigheid van kalk is weinig selectief en de kans is aanwezig dat er ongewenste soorten verdwijnen.

Bekalking leidt in natuurlijke wateren tot een langdurige verstoring van buffercapaciteit, zuurgraad en koolstofhuishouding. Daarnaast kan in wateren met veel organisch materiaal op de bodem vermesting optreden. Hierdoor zal zich in veel gevallen een andere levensgemeenschap gaan ontwikkelen.

Ervaring in Nederland en in het buitenland

Er is weinig gedocumenteerde ervaring met het gebruik van kalk bij de bestrijding van uitheemse plaagsoorten. In Australië en Nieuw Zeeland is kalk met succes gebruikt bij de bestrijding van goudvis (*Carrasius auratus*), muskietenvvis (*Gambusia*), riviergrondel (*Gobio gobio*), blankvoorn (*Scardinius erythrophthalmus*) en diverse soorten karpers.

4.9. Samenvatting chemische bestrijding

Er zijn nogal wat chemicaliën die gebruikt kunnen worden bij de bestrijding van uitheemse gewervelden. Deze middelen verschillen in specificiteit, impact op het ecosysteem, afbraaksnelheid en zijn slechts beperkt in Nederland verkrijgbaar (Tabel 2).

De giftige stoffen zijn onder te verdelen in echte pesticiden en in een groep van stoffen die voor een groot aantal dieren giftig is. Tot de pesticiden behoren rotenon, antimycine, TMF, saponinen en niclosamide. Pesticiden die als bestrijdingsmiddel worden gebruikt zijn in Nederland op dit moment echter niet voor regulier gebruik toegestaan. Alhoewel deze middelen vooral ontwikkeld zijn om ongewenste vissen te bestrijden, zijn sommige van hen ook giftig voor ongewenste uitheemse amfibieën en reptielen (Tabel 2). Het zijn stoffen die al bij een kort contact in een lage concentratie (minder dan 1 mg/l) zeer giftig zijn voor plaagsoorten. Voordeel van de stoffen is dat ze veel effectiever zijn in de bestrijding van uitheemse gewervelden dan conventionele bestrijdingsmethoden. De stoffen verdwijnen snel uit het milieu en hebben geen risico's voor de volksgezondheid. De bijwerkingen beperken zich meestal tot onbedoelde sterfte van ongewervelden of amfibieën. Uitzondering is saponine dat ook een vermestend effect heeft op het water.

Tabel 2: Eigenschappen van stoffen, die in potentie in gezet kunnen worden voor de bestrijding van ongewenste uitheemse gewervelden. Niet alle stoffen zijn uitvoerig beschreven in de literatuur en dit overzicht zal daarom niet geheel compleet zijn.

	Specificiteit	Ongevoelige taxa	Ecologische bijwerkingen	Toxische concentratie (mg/l)	Afbreekbaar	Gevaar volksgezondheid	Verkrijgbaar in NL	Legaal in NL
Rotenon	Vi, AL, O	AA?, R, Z, Vo	O	0,04	+	-	-	-
Antimycine	Vi, O	A, R, O, Z, Vo, Mv	O, AR	0,01	+	-	-	-
TMF	Vi, A, O	R, Z, Vo	O	0,01	-	-	-	-
Niclosamide	Vi, A, Oz	R, Oh, Vo, Z	O	0.2 - 0.5	+	-	-	-
Saponine	Vi	?	M, G	0,5	+	-	-	-
Ammonia	Vi, A, O, P, Vo, Z	R	O, P, Vo, Z, M, G	30 - 200	±	-	+	-
Chloor	Vi, A, O, R?, Vo, Z		O, Vo, Z	5 - 10	+	+	+	-
Bekalking	Vi, A, O, P, Vo, R?	Z	O, P, Vo, pH, M, G	veel	-	-	+	-

Toelichting gebruikte codes: A – amfibieën; AA – adulte amfibieën; AL – larvale amfibieën; AR – antibiotica-resistentie; G – ontwikkeling van andere levensgemeenschap; M – vermesting; Mv – meervallen; O – ongewervelden; Oh – ongewervelden met harde lichamen; Oz – ongewervelden met zachte lichamen; P – planten; pH – verandering zuurgraad; R – reptielen; Vi – vis; Vo – vogels; Z – zoogdieren; + – ja; ± – matig; - – nee.

De andere groep van giftige stoffen, waartoe ammonia, chloor en kalk behoren, is giftig bij hogere concentraties (meerdere mg/l) (Tabel 2). Ook zijn deze stoffen weinig specifiek en daardoor giftig voor een groot aantal organismen waaronder zelfs planten. Naast een grote sterfte onder organismen die voor bestrijding in aanmerking komen, hebben deze stoffen ook andere grote bijwerkingen. Vermesting en blijvende verandering van de oorspronkelijke levensgemeenschap zijn de belangrijkste ongewenste effecten. De stoffen verdwijnen langzamer uit het milieu dan echte pesticiden. Ook van deze stoffen is het niet legaal om ze als bestrijdingsmiddel in te zetten. Omdat deze middelen ook voor andere doeleinden worden gebruikt zijn ze gemakkelijk te verkrijgen.

Uit dit overzicht van potentiële chemische bestrijdingsmiddelen kunnen we concluderen dat echte pesticiden de voorkeur hebben boven de andere stoffen. Zowel Rotenon, antimycine, TMF als niclosamide zijn geschikt voor bestrijding van vissen, terwijl TMF ook ingezet kan worden tegen amfibieën. Voor bestrijding van ongewenste vissen kan het beste rotenon of antimycine worden gebruikt. Beide stoffen zijn enigszins specifiek voor vissen en hebben het grote voordeel dat er wereldwijd bijzonder veel ervaring mee is en er goede handleidingen beschikbaar zijn.

5. Exoten en Natuurwetgeving

Bij bestrijding van exoten dient rekening te worden gehouden met verplichtingen in het kader van natuurwetgeving. Realisatie van ingrepen kan leiden tot overtreding van verbodsbepalingen, waarbij de volgende twee wetten van belang zijn:

1. De Flora- en faunawet (in het vervolg Ffw), die de bescherming regelt van plant- en diersoorten. Overtreding van de Ffw ten aanzien van streng beschermde soorten vereist mogelijk een ontheffing ad artikel 75.
2. De Natuurbeschermingswet 1998 (in het vervolg Nbw), die de bescherming regelt van natuurgebieden. Indien de voorgenomen ingreep in strijd is met de instandhoudingdoelstellingen van een Natura 2000-gebied, is mogelijk een vergunning Nbw noodzakelijk.

Wanneer uit de inventarisatie en omgevingsscan (zie paragraaf 2.1) blijkt dat op de betreffende locatie beschermde soorten of hybriden van exoten en beschermde soorten voorkomen en de uit te voeren ingreep (eliminatie / beheer van de exoot) mogelijk schadelijke effecten heeft op deze beschermde soorten, dan dienen vervolgstappen te worden genomen om de natuurschade te voorkomen en te mitigeren zodat de functionaliteit van het leefgebied van de beschermde soort niet in gevaar komt.

Is natuurschade niet of niet volledig te mitigeren, dan dient een ontheffing te worden aangevraagd. Hierbij zijn dan compenserende maatregelen noodzakelijk. Bij de beoordeling of natuurschade optreedt spelen ook andere activiteiten, bijvoorbeeld de aan- en afvoer van materieel door leefgebied van beschermde soorten. In de hierna volgende paragrafen wordt nader op de natuurwetgeving ingegaan.

5.1. Flora- en faunawet

De Flora- en faunawet regelt de bescherming van dier- en plantensoorten in Nederland. Het uitgangspunt van de wet is dat schadelijke effecten op beschermde soorten in principe verboden zijn, tenzij uitdrukkelijk toegestaan: het “nee, tenzij”-principe.

Onder bepaalde voorwaarden kan op grond van artikel 75 ontheffing worden verleend voor de verbodsbepalingen van de Ffw. Deze ontheffingen worden slechts verleend wanneer er geen afbreuk wordt gedaan aan een gunstige staat van instandhouding van de soort.

Voorkom overtreding van de Ffw door middel van mitigerende maatregelen

Overtreding van de Ffw kan worden voorkomen door mitigerende maatregelen te treffen. Hiermee worden negatieve gevolgen van de activiteit voorkomen. Door mitigerende maatregelen wordt de functionaliteit van de voortplantings- en/of vaste rust- en verblijfplaats van aanwezige beschermde

soorten gehandhaafd. Het betreft hier de functies van het leefgebied die ervoor zorgen dat een soort succesvol kan rusten of voortplanten, bijvoorbeeld behoud van migratieroutes en foerageergebied. Veiligstellen ervan kan betekenen dat mogelijk geen ontheffing meer nodig is. Om hiervan zeker te zijn kunnen de mitigerende maatregelen voorgelegd worden aan het Bevoegd Gezag. Door middel van een reguliere ontheffingsaanvraag Ffw worden de maatregelen door de Rijksdienst RVO (Rijksdienst voor ondernemend Nederland, voorheen de Dienst Regelingen) beoordeeld. Na goedkeuring ontvangt men een 'Positieve afwijzing Flora- en faunawet'. Voor het verkrijgen van een goedkeuring dient rekening gehouden te worden met een looptijd die overeenkomt met een ontheffingsaanvraag. Deze looptijd bedraagt momenteel (nov 2014) minstens 26 weken.

Exoot en EU-CITES

Eén van de activiteiten waarvoor een ontheffing ex. artikel 75 van de Ffw kan worden aangevraagd betreft beheer en schadebestrijding, voor het gebruik van verboden vangmiddelen, voor de opvang van wilde dieren of voor de ringplicht van gefokte dieren. In dit geval gaat het om de aangegeven handelingen (beheer, schadebestrijding, vangst) aan de beschermde soorten conform de CITES-bijlagen. In geval de te bestrijden soort staat vermeld op een van de bijlagen van de EU-CITES lijst, dan dient voor deze exoot (ook) een ontheffing te worden aangevraagd.

Wettelijk belang bij exotenbestrijding

Wanneer bij de bestrijding van een exoot natuurschade aan strikt beschermde soorten van de Ffw of aan vogels kan ontstaan, dan kan een ontheffing worden verkregen als voldaan wordt aan een wettelijk belang. Bij een Ffw ontheffingsaanvraag dienen de wettelijke belangen te worden onderbouwd.

Ten aanzien van exotenbestrijding liggen de volgende wettelijke belangen het meest voor de hand:

- bescherming van flora en fauna
- ook dwingende redenen van groot openbaar belang, met inbegrip van redenen van sociale of economische aard, en voor het milieu wezenlijke gunstige effecten kan van toepassing zijn; dit belang is echter niet van toepassing op vogels, omdat de Vogelrichtlijn dit belang niet onderscheid.
- De uitvoering van werkzaamheden in het kader van ruimtelijke inrichting of ontwikkeling kan ook een geldend belang zijn. Dit is echter geen wettelijk belang ten aanzien van vogels en soorten van Bijlage IV van de Habitatrichtlijn.

Zorgplicht

In de Ffw is een algemene zorgplicht opgenomen. De zorgplicht geldt altijd en voor alle planten en dieren, of ze beschermd zijn of niet, ongeacht vrijstelling of ontheffing. Op grond hiervan dienen

dieren en planten zoveel als redelijkerwijs mogelijk is te worden verplaatst, teneinde schade aan deze soorten zo veel mogelijk te voorkomen.

5.2. Exoten en Natuurbeschermingswet

Wanneer de exotenbestrijding plaatsvindt in of binnen de invloedssfeer van een Natura 2000 gebied dan dient op voorhand getoetst te worden of er een kans is op negatieve effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van het Natura 2000 gebied ten aanzien van de kwalificerende habitats en soorten. Afhankelijk hiervan dient wel of geen ontheffing te worden aangevraagd.

Er zijn drie mogelijke scenario's:

- 1 Er is zeker geen negatief effect. In dit geval is er geen vergunning op de Nbwet nodig.
- 2 Er is kans op een negatief effect, maar het effect is zeker niet significant. Vergunningverlening is aan de orde.
- 3 Er is kans op een significant negatief effect. Vergunningaanvraag is aan de orde. Voor de toetsing dient een passende beoordeling te worden uitgevoerd.

5.3. Natuurschade en/of effecten op beschermde soorten

Welke natuurschade en/of effecten op bijvoorbeeld beschermde soorten te verwachten zijn, is afhankelijk van de lokale situatie en zal door nader ecologisch onderzoek moeten worden vastgesteld. Ten aanzien van het bestrijden van invasieve aquatische gewervelden zullen de volgende situaties relatief veel voorkomen:

- In een water waar de invasieve exoot voorkomt, komen tevens beschermde inheemse amfibieën en/of vissen voor;
- Om de effectiviteit van een vangmiddel te vergroten, is het aan te bevelen bomen, struiken en moerasvegetatie in en rond een oppervlaktewater waarin een invasieve exoot zit te verwijderen. In de bomen, struiken en in bijvoorbeeld oeverwallen kunnen vogels broeden, zoals riet- en watervogels. Bij uitvoering van de werkzaamheden dient rekening te worden gehouden met het broedseizoen van vogels, dat globaal loopt van half maart tot half juli. Echter, in gebruik zijnde nesten zijn altijd beschermd, dus ook buiten het broedseizoen.
- Door het verwijderen van vegetatie worden standplaatsen van beschermde plantensoorten aangetast.
- Binnen de invloedssfeer van de werkzaamheden op de ingreeplocatie is een jaarrond beschermd nest van een vogel aanwezig, bijvoorbeeld van buizerd (*Buteo buteo*) of grote gele kwikstaart (*Motacilla cinerea*).

- Binnen de invloedssfeer van de werkzaamheden op de ingreeplocatie zijn vaste rust- en verblijfplaatsen van vleermuizen aanwezig.
- Er is een verblijfplaats van bever (*Castor fiber*) of otter (*Lutra lutra*) aanwezig en/of het water maakt deel uit van het foerageergebied van de soorten.
- Alleen door toepassing van een chemisch bestrijdingsmiddel kan een exotische vissoort in een oppervlaktewater worden uitgeroeid. De toepassing van het chemische bestrijdingsmiddel doodt ook alle overige inheemse vissoorten.

In het kader van de algemene zorgplicht (paragraaf 5.1) dienen eerst voldoende maatregelen getroffen te worden om schade aan soorten te minimaliseren alvorens de ingreep uit te voeren.

5.4. Visserijwet 1963

In de visserijwet 1963 staan voorwaarden en regels met betrekking tot het vangen, het in bezit hebben van vis en het gebruik van vistuigen. Deze voorwaarden staan uitgewerkt in het Reglement voor de binnervisserij 1985, het Reglement minimummaten en gesloten tijden 1985 en de Uitvoeringsregeling visserij. Ten behoeve van onderzoek en monitoring is een ontheffing van het Ministerie van Economische Zaken noodzakelijk.

Met betrekking tot het definitief verwijderen van exoten en de hiervoor benodigde ontheffingen/vergunningen heerst bij het Ministerie van Economische Zaken onduidelijkheid. Vooralsnog wordt er binnen voorliggende studie vanuit gegaan dat een ontheffing ten behoeve van onderzoek en monitoring voor de Nederlandse binnenwateren op artikel 2, 4, 5 en 7a van het Reglement voor binnervisserij 1985, artikel 1 t/m 3 van het Reglement minimummaten en gesloten tijden 1985 en artikel 5b, 5c en 28b van de Uitvoeringsregeling visserij, afdoende is voor het verwijderen van exoten.

Gesloten tijd aalbeheerplan

Van 1 september tot en met 30 november is de gesloten tijd van aalbeheerplan van kracht. Deze gesloten tijd is ingevoerd ter bescherming van de zorgwekkende aalstand in Nederland. In deze periode is het verboden de volgende (beroeps)vangtuigen te gebruiken of voorhanden te hebben in de nabijheid van de Nederlandse wateren (zee-, kust- en binnenwateren):

- Aaldogger
- Aalfuik
- Aalhoekwand
- Aalkistje
- Aalzegen
- Ankerkuil

- Elektrovisapparaat
- Peur
- Visfuij
- Enig ander vistuig, niet zijnde een hengel, dat in hoofdzaak gebruikt wordt of bestemd is voor de vangst van aal.

Deze verbodsbepaling staat beschreven in artikel 32a van de Uitvoeringsregeling Visserij. Op dit artikel is vrijstelling te krijgen door dit aan te vragen bij Uitvoering Visserijregelingen van het ministerie van Economische Zaken. Dit kan door een de aanvraag te mailen naar VR@minez.nl. In deze aanvraag dient ten minste te bevatten:

- Doel van de bevissing (nut en noodzaak van bevissing in gesloten tijd)
- Toe te passen vangtuigen en aantallen
- Het tijdbestek van het onderzoek
- Of er beroepsvissers worden ingehuurd, en zo ja wie/welke
- Een kaartje met daarop aangegeven het water/onderzoeksgebied

5.5. *Elektrovisserij*

Het certificaat voor het gebruik van het elektrovisapparaat is tegenwoordig niet meer vereist. Het elektrovisapparaat wordt behandeld zoals alle overige vistuigen die door de beroepsvisserij mogen worden gebruikt. Op grond hiervan wordt de verantwoordelijkheid voor de deugdelijkheid van het apparaat en de kundigheid van de gebruiker neergelegd bij de producent van de betreffende apparatuur en bij de (werkgever van de) gebruiker ervan. De Arbowedgeving gaat ervan uit dat sectororganisaties zelf de voorlichting aan hun leden verzorgen ten aanzien van de veiligheid en het deskundig gebruik van betreffende apparaten. Voor de daadwerkelijke uitvoer van elektrovisserij in een water is echter wel een ontheffing op de visserijwetgeving noodzakelijk alsmede een schriftelijke toestemming van de visrechthebbende.

5.6. *Het doden van exoten*

Het doden van exoten is wettelijk complex. Schiphouwer et al. (2012) geven hiervoor een mooi overzicht van alle betrokken wetgeving. Samengevat komt dit erop neer dat het doden van vissen, amfibieën en reptielen op een humane wijze moet gebeuren. Dat wil zeggen op een wijze die de dieren zo min mogelijk pijn, spanning en lijden toebrengt. Een praktische en schone methode is om de dieren te euthanaseren met een biocide. Voor het gebruik van een biocide kan bij het ministerie van Infrastructuur en Milieu een ontheffing aangevraagd worden. Een andere methode is ze te vermalen in een krachtige blender. Hiervoor is geen ontheffing nodig.

6. Conclusies

Bestrijding van uitheemse aquatische gewervelden in Nederland - de stand van zaken

De bestrijding van invasieve aquatische gewervelden is gewenst in verband met de negatieve effecten die exoten hebben op inheemse soorten en/of ecosystemen. Hoewel uit de internationale literatuur blijkt dat chemische bestrijding de meeste kansen biedt ten aanzien van de bestrijding van exoten, zijn er in Nederland geen mogelijkheden voor chemische bestrijding aangezien dat voornamelijk bij wet is verboden (Schiphouwer et al. 2012).

Over het algemeen is er in Nederland nog relatief weinig praktijkervaring opgedaan met het bestrijden van invasieve aquatische gewervelden met behulp van fysieke bestrijdingsmiddelen. De uitgevoerde bestrijdingsacties hebben voornamelijk betrekking op relatief kleine geïsoleerde wateren die middels drooglegging zijn ontdaan van de aanwezige aquatische exoten en in slechts enkele gevallen zijn andere fysieke maatregelen getroffen om te trachten een exoot te elimineren. Niet alle uitgevoerde bestrijdingsacties waren succesvol.

De keuze van maatregelen is afhankelijk van de lokale situatie en de betrokken soort. Vanwege het ontbreken van ervaring en gedocumenteerde evaluaties van bestrijding ten aanzien van de effectiviteit van een fysieke bestrijdingsmaatregel zijn uitspraken over effectiviteit van maatregelen veelal gebaseerd op expert judgement. Om toch een houvast te bieden bij de keuze van bestrijdingsmaatregelen is in tabel 3 een overzicht gegeven van omgevingscondities en hun verwachte invloed op de effectiviteit van bestrijdingsmaatregelen. In de voorgaande hoofdstukken wordt het belang van de omgeving op de effectiviteit van maatregelen in meer detail besproken en wordt tevens aandacht besteed aan zinvolle combinaties van maatregelen. De eliminatie van invasieve aquatische exoten met behulp van fysieke bestrijdingsmaatregelen lijkt het meest kansrijk in (kleine) geïsoleerde wateren met een oppervlakte tot 1 ha. Daarbij is drooglegging de meest kansrijke optie. Op locaties waar drooglegging niet tot de mogelijkheden behoort, in niet-geïsoleerde systemen en/of waar zich invasieve aquatische exoten met een landfase bevinden, is eliminatie van een soort waarschijnlijk het meest kansrijk door een combinatie van maatregelen te treffen. In veel gevallen zal uitroeien met de huidige beschikbare methoden niet realistisch zijn en leidt bestrijding in het beste geval (tijdelijk) tot kleinere populaties en een kleinere impact op natuurwaarden.

Knelpunten

Juridische problemen bij chemische bestrijding en doden van dieren

Exotenbestrijding en -beheer heeft te kampen met een groot aantal juridische obstakels (Schiphouwer et al. 2012). Deze knelpunten maken het moeilijk om effectief, snel en daadkrachtig in te grijpen op het moment dat een schadelijke exoot wordt ontdekt. De twee belangrijkste knelpunten zijn het niet mogen gebruiken van chemische bestrijdingsmiddelen en de beperkte toegestane methoden om gevangen dieren op een diervriendelijke wijze te elimineren (zie ook paragraaf 2.8.).

Tabel 3: Enkele belangrijke terrein- en soorteigenschappen die van invloed zijn op de effectiviteit van bestrijdingsmethoden.

Diergroep	droogleggen		elektrovissersrij		zegenvissersrij		fuik		scherpiet		chemisch		afschieten		ultrasteren en valenners		schuiplaatsen							
	V	A	V	A	V	A	V	A	V	A	V	A	A	R	A	R	A	R						
Isolatie																								
Geïsoleerd of isoleerbaar	+												+											
Niet geïsoleerd	0 0		-		-		-		-		-		+		-									
Oppervlakte																								
Zeer klein (< 0.01 ha)	+												+											
Klein (0.01 - 0.05 ha)	+		-		-		+		-		-		-		+		+							
Middelgroot (0.05 - 1 ha)	+		-		-		-		-		0 0		+		0		-		-					
Groot (> 1 ha)	-		0 0		-		-		-		0 0		-		0		-		0 0					
Diepte																								
Ondiep (< 1,5 m)	+												n.v.t.											
Diep (> 1,5 m)	+		-		-		-		-		-		n.v.t.											
Helofyten langs oever																								
Geen	+		-		+		+		+		-		+		-		+		+					
Aanwezig met open structuur	+		+		-		-		-		+		+		+		+		+					
Aanwezig met dichte structuur	+		-		0 0		-		-		-		-		-		-		0		-			
Helofyten in open water	+		-		0 0		-		-		0 0		-		-		-		n.v.t.					
Structuur onderwaterbodem																								
Vlak	+												n.v.t.											
Grillig (bijv. door puin, greppels)	+		+		-		+		+		-		-		-		-							
Electrische geleidbaarheid van het water																								
Laag (regenwatergevoed)	n.v.t.		n.v.t.		-		-		n.v.t.		n.v.t.		n.v.t.		n.v.t.		n.v.t.		n.v.t.					
Matig	n.v.t.		n.v.t.		+		+		n.v.t.		n.v.t.		n.v.t.		n.v.t.		n.v.t.		n.v.t.					
Hoog (brak tot zout)	n.v.t.		n.v.t.		0 0		n.v.t.		n.v.t.		n.v.t.		n.v.t.		n.v.t.		n.v.t.		n.v.t.					
Grootte van de dieren																								
Kleine soort	n.v.t.		n.v.t.		+		+		n.v.t.		n.v.t.		+		+		n.v.t.		n.v.t.					
Grote soort	n.v.t.		n.v.t.		+		+		n.v.t.		n.v.t.		-		-		n.v.t.		n.v.t.					
Realistisch resultaat	E		E		B		B		B		B		B?		B?		E		E					
Kans op ecologische neveneffecten	groot		klein		matig		klein		klein		groot		klein		klein		klein							

Gebruikte afkortingen en codes: +: bevorderend voor de effectiviteit van ingreep, -: ongunstig voor de effectiviteit van ingreep, 0: zeer ongunstig voor de effectiviteit van ingreep, n.v.t.: geen invloed op de effectiviteit van ingreep, V: vissen, A: amfibieën, R: reptielen, E: eliminatie, B: beheersing.

Kansen voor een efficiënter exotenbestrijding en -beheer in Nederland

- De beste kansen voor bestrijding van uitheemse aquatische gewervelden liggen in het vlak van chemische bestrijding. Doordat de dieren zich veelal onderwater ophouden zijn ze moeilijk op zicht te vangen en fysieke vangmethoden zijn zelden 100% effectief. Indien het in de toekomst mogelijk wordt om chemische bestrijdingsmiddelen in te zetten, dan is er nog wel een gebrek aan ervaring met het gebruik van deze stoffen in Nederland. Daarnaast is er zo goed als niets bekend over de mogelijkheden voor deze stoffen om andere soorten dan vissen te bestrijden, zoals bijvoorbeeld de Amerikaanse brulkikker.

- Door een goede evaluatie en documentatie van de vangefficiëntie van afzonderlijke en combinaties van fysieke maatregelen krijgen we meer grip op de optimale toepassing van deze methodieken ten behoeve van eliminatie en beheersing.
- Veel invasies van uitheemse soorten vinden plaats in ecosystemen die verstoord zijn, vaak als gevolg van menselijke handelen. Uitheemse soorten profiteren in deze ecosystemen van een afname van de interacties met inheemse soorten. Ingrepen in de abiotiek en soortensamenstelling van het ecosysteem waarin een invasieve exoot zich heeft gevestigd, die leiden tot herstel van de omstandigheden van voor de fatale verstoring kunnen gebruikt worden om de dichtheden van de uitheemse soort te minimaliseren. Voordeel van dit type “systeemmaatregelen” is dat ze zich enerzijds lenen om leefomstandigheden van inheemse soorten te verbeteren en anderzijds aantallen van uitheemse soorten te beperken. Op dit moment is er nog maar bijzonder weinig ervaring met dergelijke systeemgerichte maatregelen, maar de eerste resultaten zijn veel belovend. Een voorbeeld betreft het uitzetten van een natuurlijke inheemse predator, bijvoorbeeld snoek, in geïsoleerde wateren om de dichtheden van kleinere invasieve exotische vissen en amfibieën te onderdrukken (Louette 2012).
- Er zijn diverse innovatieve maatregelen die alternatieven bieden voor fysieke of chemische bestrijding. Het betreft o.a. het gebruik van feromonen of lokdieren om vangefficiëntie van fuiken te vergroten en diverse genetische en chemische sterilisatie methoden (Thresher et al. 2014). Momenteel zijn deze methoden nog ongetoetst en niet geoptimaliseerd voor toepassing in de praktijk.
- Het wegnemen van enkele juridische obstakels biedt mogelijkheden voor een efficiëntere aanpak van invasieve aquatische exoten (zie ook: Schiphouwer et al. 2012):
 - Het wegvangen van exoten wordt in bepaalde gevallen bemoeilijkt door onduidelijkheden met betrekking tot de terugzetverplichting van soorten in het geval van monitoring en verspreidingsonderzoek.
 - Onderzoek (lees: dierproeven) aan exoten ten behoeve van kennis voor bijvoorbeeld een efficiëntere eliminatie wordt bemoeilijkt door de uitgebreide eisen die worden gesteld aan de uitvoering van dergelijk onderzoek. Daarnaast neemt een aanvraag hiervoor veelal een langdurige periode in beslag.
 - Voor het (humaan) doden van dieren op locatie zijn nog geen methoden toegelaten.
 - Stoffen die worden gebruikt om dieren te doden worden volgens de Wet gewasbeschermingsmiddelen en biociden (WGB) als biocide beschouwd en het gebruik ervan is verboden. Volgens de internationale literatuur is het gebruik van dergelijke stoffen in veel gevallen echter de meest effectieve methode om populaties te elimineren. Er kan vrijstelling op grond van artikel 65 WGB voor bepaalde stoffen worden verleend, echter er zijn een aantal (beperkende) voorwaarden aan verbonden.

7. Referenties

- Adams, M. J., and C. A. Pearl. 2007. Problems and opportunities managing invasive Bullfrogs: is there any hope? Gherardi F., 2007. Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution, and threats. 2007 Springer.
- Ainslie, B. J., J. R. Post, and A. J. Paul. 1998. Effects of pulsed and continuous DC electrofishing on juvenile rainbow trout. *North American Journal of Fisheries Management* **18**:905-918.
- Applegate, V. C., J. H. Howell, J. W. Moffet, B. G. H. Johnson, and M. A. Smith. 1961. Use of 3-trifluoromethyl-4-nitrophenol as a selective sea lamprey larvicide. Great Lakes Fishery Commission, Technical Report **1**:1-35.
- Applegate, V. C., and E. L. King. 1962. Comparative toxicity of 3-trifluoromethyl-4-nitrophenol (TFM) to larval lampreys and eleven species of fishes. *Transactions of the American Fisheries Society* **91**:342-345.
- Askey, P. J., S. A. Richards, J. R. Post, and E. A. Parkinson. 2006. Linking angling catch rates and fish learning under catch-and-release regulations. *North American Journal of Fisheries Management* **26**:1020-1029.
- Bayley, P. B., and R. A. Herendeen. 2000. The efficiency of a seine net. *Transactions of the American Fisheries Society* **129**:901-923.
- Beukema, J. J. 1969. Angling experiments with carp: decreased catchability through one trial learning. *Netherlands Journal of Zoology* **20**:81-92.
- Bijkerk, R. 2010. Handboek Hydrobiologie. Biologisch onderzoek voor de ecologische beoordeling van Nederlandse zoete en brakke oppervlaktewateren. STOWA.
- Birceanu, O., G. B. McClelland, Y. X. S. Wang, J. C. L. Brown, and M. P. Wilkie. 2011. The lampricide 3-trifluoromethyl-4-nitrophenol (TFM) uncouples mitochondrial oxidative phosphorylation in both sea lamprey (*Petromyzon marinus*) and TFM-tolerant rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comparative Biochemistry and Physiology C-Toxicology & Pharmacology* **153**:342-349.
- Bosman, W. 2003. Het Rauwven, een 'exotisch' ven in het beekdal van de Aa. *RAVON* **15**:33-36.
- Bothwell, M. L., A. M. Beeton, and J. J. Lech. 1973. Degradation of lampricide 3-trifluoromethyl-4-nitrophenol by bottom sediments. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* **30**:1841-1846.
- Britton, J. R., and M. Brazier. 2006. Eradicating the invasive topmouth gudgeon, *Pseudorasbora parva*, from a recreational fishery in northern England. *Fisheries Management and Ecology* **13**:329-335.
- Britton, J. R., M. Brazier, G. D. Davies, and S. I. Chare. 2008. Case studies on eradicating the Asiatic cyprinid *Pseudorasbora parva* from fishing lakes in England to prevent their riverine dispersal. *Marine and Freshwater Ecosystems* **18**:867-876.
- Britton, J. R., R. E. Gozlan, and G. H. Copp. 2011. Managing non-native fish in the environment. *Fish and Fisheries* **12**:256-274.
- Bugter, R., F. Ottburg, I. Roessink, H. Jansman, E. Van der Grift, and A. Griffioen. 2011. Invasion of the turtles? Exotic turtles in the Netherlands: a risk assessment. Alterra, Wageningen.
- Champ, M. A., J. T. Lock, C. D. Bjork, W. G. Klussmann, and J. D. McCullough. 1973. Effects of Anhydrous Ammonia on a Central Texas Pond, and a Review of Previous Research with Ammonia in Fisheries Management. *Transactions of the American Fisheries Society* **102**:73-82.
- Chardon, P., C. Vos, and P. De Vries. 1996. Het gebruik van amfibieëntunnels bij wegen. *De Levende Natuur* **97**:110-115.
- Chiayvareesajja, S., J. Chiayvareesajja, N. Rittibhonbhun, and P. Wiriyachitra. 1997. Toxicity of the Thai piscicidal plant, *Maesa ramentacea*, to freshwater fishes in ponds. *Asian Fisheries Science* **9**:261-267.

- Clearwater, S. J., C. W. Hickey, and M. L. Martin. 2008. Overview of potential piscicides and molluscicides for controlling aquatic pest species in New Zealand.
- Cook, M. T., and S. S. Heppel. 2013. Invasive bullfrog larvae lack developmental plasticity to changing hydroperiod. *The Journal of Wildlife Management* **77**:655-662.
- Creemers, R., and E. Goverse. 2010. Succesvolle wegvangactie Baarlose brulkikker. *Natuurbericht* **20-04-2011**.
- Crombaghs, B. H. J. M., and B. Niemeijer. 2014. Eliminatie van een populatie brulkickers *Lithobates catesbeianus* in een particuliere parktuin in Baarlo. Eindverslag fase I, II en III. *Natuurbalans – Limes Divergens BV, Nijmegen*.
- Cucherousset, J., J. Paillisson, and A. Carpentier. 2006. Is mass removal an efficient measure to regulate the North American catfish *Ameiurus melas* outside of its native range? *Journal of Freshwater Ecology* **21**:699-704.
- Dean Impson, N., B. W. Van Wilgen, and O. L. F. Weyl. 2013. Coordinated approaches to rehabilitating a river ecosystem invaded by alien plants and fish. *South African Journal of Science* **109**:1-4.
- Derse, P. H., and F. M. Strong. 1963. Toxicity of antimycin to fish. *Nature* **200**:600-&.
- Eilers, J. M., H. A. Truemper, L. S. Jackson, B. J. Eilers, and D. W. Loomis. 2011. Eradication of an invasive cyprinid (*Gila bicolor*) to achieve water quality goals in Diamond Lake, Oregon (USA). *Lake and Reservoir Management* **27**:194-204.
- Fathulla, R. N., A. R. Conteh, and A. I. Pogosyan. 1995. Aquatic metabolism of 3-trifluoromethyl-4-nitrophenol. *Abstracts of Papers of the American Chemical Society* **209**:63-AGRO.
- Finlayson, B. J., R. A. Schnick, R. L. Cailteux, L. DeMong, W. D. Horton, W. McClay, C. W. Thompson, and G. J. Tichacek. 2000. Rotenone Use in Fisheries Management: Administrative and Technical Guidelines.
- Finlayson, B. J., R. A. Schnick, D. Skaar, J. Anderson, L. Demong, D. Duffield, W. D. Horton, J. Steinkjer, and C. VanMaaren. 2012. Rotenone Use in Fish Management and Parkinson's Disease: Another Look. *Fisheries* **37**:471-474.
- FrancisFloyd, R., J. Gildea, P. Reed, and R. Klinger. 1997. Use of bayluscide (Bayer 73) for snail control in fish ponds. *Journal of Aquatic Animal Health* **9**:41-48.
- Fuller, T. E., K. L. Pope, D. T. Ashton, and H. H. Welsh Jr. 2011. Linking the distribution of an invasive amphibian (*Rana catesbeiana*) to habitat conditions in a manage driver system in Northern California. *Restoration Ecology* **19**:204-213.
- Gatz, A. J., and R. S. Linder. 2008. Effects of repeated elektroshocking on condition, growth, and movement of selected warmwater stream fishes. *North American Journal of Fisheries Management* **28**:792-798.
- George, A. J. 1965. Legal status and toxicity of saponins. *Food and Cosmetics Toxicology* **3**:85-91.
- GLFC. 2000. TFM and sea lamprey control - A success story. Great Lakes Fishery Commission. http://www.glfc.org/pubs/FACT_4.pdf.
- Gozlan, R. E., S. St-Hilaire, S. W. Feist, P. Martin, and M. L. Kent. 2005. Disease threat to European fish. *Nature* **345**.
- Greselin, E., and F. Herr. 1974. Further toxicity studies with antimycin - fish eradicator. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **22**:996-998.
- Gresswell, R. E. 1991. Use of antimycin for removal of brook trout from a tributary of Yellowstone Lake. *North American Journal of Fisheries Management* **11**:83-90.
- Homechaudhuri, S., and S. Banerjee. 1991. Scanning elektron microscopic observations on the blood cells of common carp (*Cyprinus carpio*) and catfish (*Heteropneustes fossilis*) under piscicide toxicity. *Asian Fisheries Science* **4**.
- Hoogerwerf, G., and P. Van Hoof. 2009. Onderzoek knoflookpad gemeente Deurne 2009. *Natuurbalans – Limes Divergens BV*.

- ICAAE. 2003. Eliminating unwanted fish and harmful insects from fish ponds. Water Harvesting and Aquaculture for Rural Development Series Number 7. International Centre for Aquaculture and Aquatic Environments, Auburn University, Auburn.
- Invexo. 2011. http://www.invexo.be/nl-BE/Probleemsoorten/Stierkikker/SKResultaten_2011.aspx#SKMonitoring2011.
- Jeffrey, K. A., F. W. H. Beamish, S. C. Ferguson, R. J. Kolton, and P. D. Macmahon. 1986. Effects of the lampricide 3-trifluoromethyl-4-nitrophenol (TFM) on the macroinvertebrates within the hyporheic region of a small stream. *Hydrobiologia* **134**:43-51.
- Jenkins, C. L., K. McGarigal, and L. R. Gamble. 2003. Comparative effectiveness of two trapping techniques for surveying the abundance and diversity of reptiles and amphibians along drift fence arrays. *Herpetological Review* **34**:39-42.
- Kanaujia, D. R., S. Jena, and A. N. Mohanty. 1981. Note on the effect of mahua oilcake on zooplankton. *Indian Journal of Animal Sciences* **51**:257-260.
- Keller, E. 1966. War against the sea lamprey. *Chemistry* **39**:10-16.
- Kolton, R. J., P. D. Macmahon, K. A. Jeffrey, and F. W. H. Beamish. 1986. Effects of the lampricide 3-trifluoromethyl-4-nitrophenol (TFM) on the macroinvertebrates of a hardwater river. *Hydrobiologia* **139**:251-267.
- Lawrie, A. H. 1970. The sea lamprey in the Great Lakes. *Transactions of the American Fisheries Society* **99**:766-775.
- LeMaire, H. E. 1961. Experiments to determine the effect of pH on the biological activity of two chemicals toxic to ammocoetes. Fisheries Research Board of Canada, Manuscript Report Series (Biological) **690**:1-3.
- Lennon, R. E. 1966. Antimycin A a new fisheries tool.
- Ling, N. 2003. Rotenone a review of its toxicity and use for fisheries management.40.
- Lintermans, M. 2000. Recolonization by the mountain galaxias *Galaxias olidus* of a montane stream after the eradication of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Marine and Freshwater Research* **51**:799-804.
- Lorenzoni, M., R. Dolciemi, L. Ghetti, G. Pedicillo, and A. Carosi. 2010. Fishery biology of the goldfish *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758) in Lake Trasimeno (Umbria, Italy). *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* **369**:1.
- Louette, G. 2012. Use of a native predator for the control of an invasive amphibian. *Wildlife Research* **39**:271-278.
- Louette, G., S. Devisscher, and T. Adriaens. 2013. Control of invasive American bullfrog *Lithobates catesbeianus* in small shallow water bodies. *European Journal of Wildlife Research* **59**:105-114.
- Louette, G., S. Devisscher, and T. Adriaens. 2014. Combating adult invasive American bullfrog *Lithobates catesbeianus*. *European Journal of Wildlife Research* **60**:703-706.
- Macmahon, P. D., K. A. Jeffrey, F. W. H. Beamish, S. C. Ferguson, and R. J. Kolton. 1987. Effects of the lampricide 3-trifluoromethyl-4-nitrophenol (TFM) on the macroinvertebrates of Wilmot Creek. *Hydrobiologia* **148**:25-34.
- MacNeil, J. E., and R. N. Williams. 2013. Effectiveness of two artificial cover objects in sampling terrestrial salamanders. *Herpetological Conservation and Biology* **8**:552-560.
- Maletzki, A., P. Mikulicek, M. Franzen, A. Goldschmid, H. Gruber, A. Horak, and M. Kyek. 2008. Hybridization and introgression between two species of crested newts (*Triturus cristatus* and *T. carnifex*) along contact zones in Germany and Austria: morphological and molecular data. *The Herpetological Journal* **18**:1-15.
- Mangan, B. P. 2003. A field evaluation of the efficacy of rotenone-laced fish food for removing fish from a small artificial impoundment. *Journal of Freshwater Ecology* **18**:299-303.
- Matthews, J., R. Beringen, R. Creemers, H. Hollander, N. Van Kessel, H. Van Kleef, S. Van de Koppel, A. J. J. Lemaire, B. Odé, G. Van der Velde, L. N. H. Verbrugge, and R. S. E. W. Leuven. 2014.

- Horizonscanning for new invasive non-native species in the Netherlands. Rapport NVWA, Utrecht.
- Meijer, M. L. 2000. Biomanipulation in the Netherlands. 15 years of experience. Thesis, Wageningen University.
- Meronek, T. G., P. M. Bouchard, E. R. Buckner, T. M. Burri, K. K. Demerly, D. C. Hatleli, R. A. Klumb, S. H. Schmidt, and D. W. Coble. 1996. A review of fish control projects. *North American Journal of Fisheries Management* **16**:63-74.
- Meyer, K. A., J. A. Lamanski Jr, and D. J. Schill. 2006. Evaluation of an unsuccessful brook trout elektrofishing removal project in a small rocky mountain stream. *North American Journal of Fisheries Management* **26**:849-860.
- Moore, S., M. Kulp, B. Rosenlund, J. Brooks, and D. Propst. 2008. A field manual for the use of Antimycin A for restoration of native fish populations.
- Nettles, D. C., N. R. Staats, B. D. Chipman, and L. J. Nashett. 2001. Supplemental Environmental Impact Statement. A long-term program of sea lamprey control in Lake Champlain. US Fish & Wildlife Service, Vermont Department of Fish & Wildlife, and New York State Department of Environmental Conservation.
- Nico, L. G., and S. J. Walsh. 2011. Non-indigenous freshwater fishes on tropical Pacific islands: a review of eradication efforts.
- Ott, K. C. Unknown-a. Antimycin. A brief review of it's chemistry, environmental fate, and toxicology.
- Ott, K. C. Unknown-b. Rotenone. a brief review of its chemistry, environmental fate, and the toxicity of rotenone formulations.
- Rach, J. J., J. A. Luoma, and L. L. Marking. 1994. Development of an antimycin-impregnated bait for controlling common carp. *North American Journal of Fisheries Management* **14**:442-446.
- Rahel, F. J. 2013. Intentional fragmentation as a management strategy in aquatic systems. *BioScience* **63**:362-372.
- Ramachandran, V. 1960. Observations on the use of ammonia for the eradication of aquatic vegetation. *Journal of Scientific and Industrial Research* **19C**:284-285.
- Rayner, T. S., and R. G. Creese. 2006. A review of rotenone use for the control of non-indigenous fish in Australian fresh waters, and an attempted eradication of the noxious fish, *Phalloceros caudimaculatus*. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* **40**:477-486.
- Schiphouwer, M., R. S. E. W. Leuven, J. Van Delft, and F. Spikmans. 2012. Wettelijke haken en ogen aan exotenonderzoek en -beheer. *Journaal Flora en Fauna* **42**:95-105.
- Schnick, R. A. 1972. A review of literature on TFM (3-trifluoromethyl-4-nitrophenol) as a Lamprey larvicide. *Investigations in fish control*.
- Schreier, T. M., V. K. Dawson, and W. Larson. 2008. Effectiveness of piscicides for controlling round gobies (*Neogobius melanostomus*). *Journal of Great Lakes Research* **34**:253-264.
- Smith, A. J. 1967. Effects of the lampricide 3-trifluoromethyl-4-nitrophenol on selected aquatic invertebrates. *Transactions of the American Fisheries Society* **96**:410-&.
- Snow, N. P., and G. Witmer. 2010. American bullfrogs as invasive species: a review of the introduction, subsequent problems, management options, and future directions. *Proceedings of the 24th Vertebrate Pest Conference*:86-89.
- Spikmans, F., M. De Vos, and J. Vos. 2011. Dikkopelrits bestreden in Neede. *H2O* **4**:22-23.
- Spikmans, F., N. Van Kessel, M. Dorenbosch, J. Kranenbarg, J. Bosveld, and R. S. E. W. Leuven. 2010. Plaag Risico Analyses van tien exotische vissoorten in Nederland. Rapport NVWA, Utrecht.
- Stewart, C. T., and M. M. F. Lutnesky. 2014. Retardation of reproduction in the red shiner due to elektroshock. *North American Journal of Fisheries Management* **34**:463-470.
- Struik, R. P. J. H. 2010. Rasters voor reptielen. Een verkennende studie. Stichting RAVON, Nijmegen.
- Sung, Y., N. E. Karraker, and B. C. H. Hau. 2011. Evaluation of the effectiveness of three survey methods for sampling terrestrial herpetofauna in South China. *Herpetological Conservation and Biology* **6**:479-489.

- Tanner, C. M., F. Kamel, G. Wenster Ross, J. A. Hoppin, S. M. Goldman, M. Korell, C. Marras, G. S. Bhudhikanok, M. Kasten, A. R. Chade, K. Comyns, M. B. Richards, C. Meng, B. Priestley, H. H. Fernandez, F. Cambi, D. M. Umbach, A. Blair, D. P. Sandler, and J. W. Langston. 2011. Rotenone, Paraquat, and Parkinson's Disease. *Environmental Health Perspectives* **119**:7.
- Tchounwou, P. B., A. J. Englande, and E. A. Malek. 1992. The influence of selected environmental parameters on the toxicity of Bayluscide to *Schistosoma mansoni* miracidia. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* **23**:223-229.
- Thingvold, D. A., and G. F. Lee. 1981. Persistence of 3-(trifluoromethyl)-4-nitrophenol in aquatic environments. *Environmental Science & Technology* **15**:1335-1340.
- Thresher, R. E., K. Hayes, N. J. Bax, J. Teem, T. J. Benfey, and F. Gould. 2014. Genetic control of invasive fish: technological options and its role in integrated pest management. *Biological Invasions* **16**:1201-1216.
- Thuesen, P. A., D. J. Russell, F. E. Thomson, M. G. Pearce, T. D. Vallance, and A. E. Hogan. 2011. An evaluation of electrofishing as a control measure for an invasive tilapia (*Oreochromis mossambicus*) population in northern Australia. *Marine and Freshwater Research* **62**:110-118.
- Van de Koppel, S., N. Van Kessel, B. H. J. M. Crombaghs, W. Getreuer, and H. J. R. Lenders. 2012. Risk analysis of the Russian Rat Snake (*Elaphe schrenckii*) in the Netherlands. *Natuurbalans – Limes Divergens*, Nijmegen / ReptielenZoo SERPO, Delft / Radboud University, Nijmegen.
- Van Duinhoven, G. 2006. Willie Wortel in het natuurbeheer. *Vakblad natuur bos landschap* **3**:18-21.
- Van Hoof, P., and B. H. J. M. Crombaghs. 2011. Reddingsplan knoflookpad Limburg 2011. Kweek en herintroductie in 2011. *Natuurbalans – Limes Divergens* BV.
- Van Kessel, N., B. H. J. M. Crombaghs, and J. Beekman. 2011. Compensatie voor leefgebied en verplaatsing van een populatie hazelwormen. *RAVON* **40**:32-37.
- Van Kessel, N., M. Dorenbosch, J. Kranenbarg, G. Van der Velde, and R. S. E. W. Leuven. 2014. Invasieve grondels in de grote rivieren en hun effect op de beschermde Rivierdonderpad. *De Levende Natuur* **115**:122-128.
- Van Kleef, H., G. Van der Velde, R. Leuven, and H. Esselink. 2008. Pumpkinseed sunfish (*Lepomis gibbosus*) invasions facilitated by introductions and nature management strongly reduce macroinvertebrate abundance in isolated water bodies. *Biological Invasions* **10**:1481-1490.
- Ward, D. L., R. Morton-Starnes, and S. J. Hedwall. 2013. An Evaluation of Liquid Ammonia (Ammonium Hydroxide) as a Candidate Piscicide. *North American Journal of Fisheries Management* **33**:400-405.
- Woodford, D. J., H. M. Barber-James, T. A. Bellingan, J. A. Day, F. C. de Moor, J. Gouws, and O. L. F. Weyl. 2013. Immediate impact of piscicide operations on a Cape Floristic Region aquatic insect assemblage: a lesser of two evils? *Journal of Insect Conservation* **17**:959-973.

Geraadpleegde websites

<http://www.muskusratbestrijding.nl/WP/bestrijding/> (bezocht op 18-11-2014)