

ECOLOGISCHE SLEUTELFACTOR VERWIJDERING



2018
26



stowa

ECOLOGISCHE SLEUTELFACTOR VERWIJDERING



2018
26



INHOUDSOPGAVE

H1	INLEIDING	4
1.1	Aanleiding	6
1.2	Doel en randvoorwaarden van het project	6
H2	THEORETISCHE ACHTERGROND	8
2.1	Verwijdering en ecosysteemtoestanden	9
2.2	Intensiteit van verwijdering	11
2.3	Verwijderingswijzen	11
2.4	Beschadiging	14
2.5	Planteigenschappen	14
H3	METHODIEK	18
3.1	Grondslag van de instrumenten: relevante plant- en verwijderingseigenschappen	19 27
3.2	Beschrijving verwijderingsinstrument	29
3.3	Beschrijving verwijderingsquickscan	
H4	RESULTATEN VAN HET PROJECT	32
4.1	Verwijderingsinstrument	33
4.2	Beschrijving en korte gebruiksinstructiequickscan	34
H5	EVALUATIE PROJECT	38
5.1	Is het doel van het project behaald?	39
5.2	Aanbevelingen	39
5.3	Koppeling met PCLake/Ditch	40
H6	REFERENTIES	42
	BIJLAGEN	46
Bijlage I	Beschrijving van de verwijderingsmachines	47
Bijlage II	Beschrijving van de grazers	53
Bijlage III	Illustratie van biomassaveranderingen binnen een enkele tijdstap in het budgetmodel/het verwijderingsinstrument	58
Bijlage IV	Gebruikershandleiding verwijderingsinstrument	60
Bijlage V	Quickscan	68
Bijlage VI	Resultaten gebruikt voor het opstellen van de Quickscan	72

H1 INLEIDING

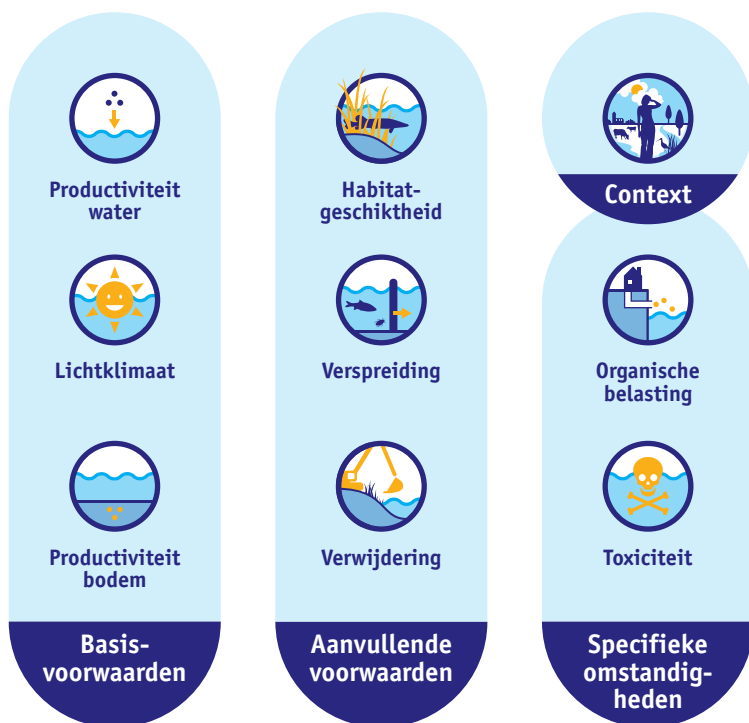


De Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) vraagt van EU-lidstaten om doelen voor de waterkwaliteit te formuleren die recht doen aan wat er ecologisch mogelijk is, rekening houdend met mogelijke andere functies die watersystemen vervullen. Het beschrijven van deze doelen en het vaststellen van effectieve maatregelen om die te bereiken, vereisen kennis van het watersysteem. De door STOWA ontwikkelde ecologische sleutelfactorensystematiek (ESFs) biedt een kapstok voor het ontsluiten, ordenen en delen van deze kennis (Fig. 1)

FIG 1 OVERZICHT VAN ECOLOGISCHE SLEUTELFACTOREN (ESFs)

Productiviteit water; Lichtklimaat; Productiviteit bodem; Habitatgeschiktheid; Verspreiding; Verwijdering; Organische belasting; Toxiciteit; Context.

ESF STILSTAANDE WATEREN



Deze ecologische sleutelfactoren vormen samen de basis voor het maken van watersysteemanalyses en geven een handvat voor het maken van verschillende functies die waterlichamen in Nederland vervullen. Deze analyses geven waterbeheerders inzicht in de huidige ecologische situatie van een watersysteem, helpen bij het stellen van reële doelen en ondersteunen waterbeheerders bij het afleiden van effectieve maatregelen ter verbetering van de ecologische waterkwaliteit.

1.1 AANLEIDING

De ecologische sleutelfactor verwijdering richt zich op het verwijderen van planten en dieren uit het watersysteem. Het gaat hierbij niet alleen om verwijdering vanwege schoningsbeheer (zoals maaien en baggeren) maar ook verwijdering die plaats vindt door begrazing (bijv. ganzen en kreeften). Door verwijdering kunnen specifieke soorten planten en dieren ontbreken of slechts in lage aantallen worden aangetroffen in het watersysteem, ondanks dat aan andere habitatvoorwaarden wordt voldaan. Bij verwijdering door onderhoudswerkzaamheden is de methode die wordt toegepast van belang. De hoeveelheid planten en dieren en de aanwezigheid van bepaalde soorten hangen af van het gebruikte materieel, het tijdstip in het jaar waarop de werkzaamheden plaatsvinden en hoe frequent het onderhoud wordt uitgevoerd. Bij verwijdering door dieren, is van belang welke (delen van) organismen worden weggegeten, hoe veel er wordt verwijderd en wanneer.

Voor het uitvoeren van een analyse naar de rol van verwijdering was nog geen duidelijk instrumentarium beschikbaar. Een dergelijk instrumentarium is echter wel noodzakelijk om de waterbeheerders te ondersteunen bij het opstellen van de derde generatie van stroomgebiedbeheerplannen.

1.2 DOEL EN RANDVOORWAARDEN VAN HET PROJECT

Stowa heeft het consortium van NIOO / AKWA en Roelf Pot gevraagd een instrumentarium te ontwikkelen dat de impact van verwijdering op de (her)groei van planten kwantificeert. STOWA heeft gekozen om verwijdering van waterplanten in het instrumentarium centraal te zetten, vanwege de sturende rol die waterplanten spelen in het ontstaan van ecosysteemtoestanden. Het te ontwikkelen instrumentarium zou uit twee onderdelen moeten bestaan:

- 1 Een instrument (verwijderingsinstrument) die in staat is om aan de hand van een aantal systeemeigenschappen en verwijderingsregime de impact van verwijdering op het voorkomen van planten te kwantificeren.

-
- 2 Een instrument (verwijderingsquickscan) die in staat is om aan de hand van een snelle inventarisatie van de plantengemeenschap een eerste indicatie te krijgen of verwijdering een mogelijke belemmering vormt.

De belangrijkste randvoorwaarde van het instrumentarium is dat het waterbeheerders gaat helpen in het krijgen van inzicht in de rol die verwijdering speelt in de toestand van hun waterlichamen. Het instrumentarium moet eenvoudig te bedienen zijn en op een transparante manier inzichten geven in de uitkomsten. De resultaten van de instrumenten moeten te interpreteren zijn voor een brede doelgroep: andere medewerkers waterbeheer (peilbeheerders, medewerkers onderhoud, waterkwaliteitsdeskundigen) en ook bestuurders, medewerkers van andere typen organisaties (gemeenten, provincie, terreinbeheerders).

H2 THEORETISCHE ACHTERGROND



Verwijdering van planten kan een duidelijke impact hebben op een watersysteem. Planten vormen een belangrijke structuur voor andere organismen (Thomaz *et al.*, 2008), consolideren zacht sediment en concurreren met algen om licht (Barko & James, 1998). Het hydrologische afvoersysteem kan echter verstopt raken door planten, waardoor verwijdering noodzakelijk is. Daarnaast is woekering van veelal monotone vegetaties/planten ook niet wenselijk vanuit ecologisch oogpunt. Verder kunnen te veel planten als vervelend ervaren worden door zwemmers en pleziervaart.

Naast geplande verwijdering via maaien en baggeren worden planten ook verwijderd via begrazing door verscheidene dieren. Dit kunnen watervogels zijn, maar ook muskusratten, rivierkreeften en slakken kunnen planten verwijderen uit het systeem. Deze vorm van verwijdering blijkt voor de waterbeheerder vaak lastig in te schatten en wellicht moeilijk controleerbaar. Om een goede diagnose van het watersysteem te maken is het zeer relevant om ook deze verwijderingsdruk te kwantificeren.

2.1 VERWIJDERING EN ECOSYSTEEMTOESTANDEN

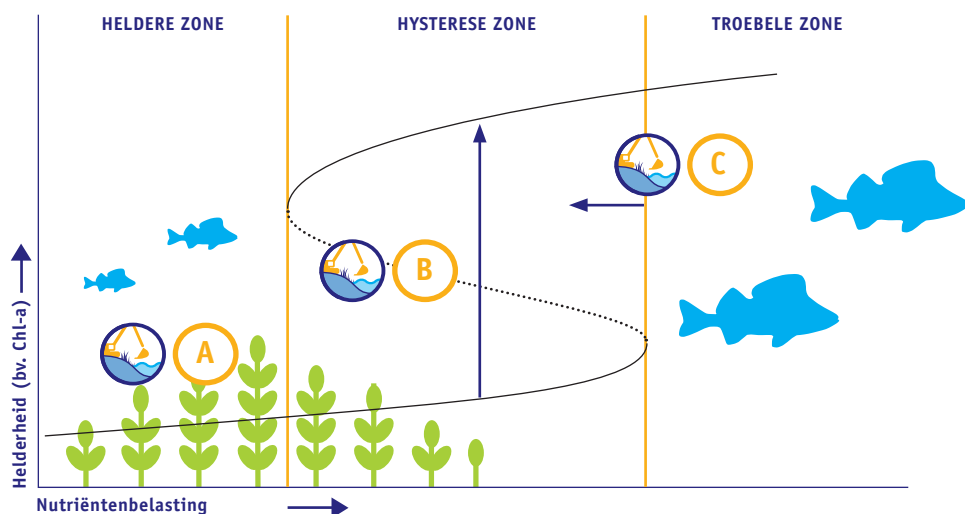
Verwijdering grijpt op drie wijzen aan op de toestand van het ecosysteem: (1) een verandering van vegetatiesamenstelling, (2) een omslag van een door vegetatie gedomineerde toestand naar een troebele toestand, (3) een verschuiving van de kritische grenzen van systeem (Fig. 2). Verwijdering speelt alleen een rol als planten ook daadwerkelijk in het watersysteem kunnen voorkomen. Als planten ontbreken kunnen knelpunten liggen bij een van de andere sleutelfactoren, zoals overmatige nutriëntenbelasting, afwezigheid van habitatstructuren of het ontbreken van een zaadbank.

Indien planten wel in staat zijn om in het systeem voor te komen wordt de samenstelling van de vegetatie relevant. Deze kan door verwijdering worden bepaald (Fig. 2, a). Doordat plantensoorten verschillend reageren op verwijdering kan dit de soortensamenstelling doen veranderen. Verschuivingen in vegetatiesamenstelling kunnen leiden tot een verandering in het ecologisch functioneren van het systeem, doordat bijvoorbeeld macrofauna of vissoorten die de vegetatie als habitat gebruiken niet meer kunnen voortkomen.

Als de verwijderingsdruk te hoog is kan het systeem omslaan van een planten

gedomineerd systeem naar een fytoplankton gedomineerd systeem (Fig.2, b). Dit is een vorm van biomanipulatie waarbij de stabiliserende factor, de vegetatie, wordt verwijderd en het systeem omslaat naar de troebele toestand. Het effect is direct tegengesteld aan de in het verleden uitgevoerde maatregelen waarbij d.m.v. biomanipulatie de bodemwoelende vis werd verwijderd en het systeem zo naar een heldere toestand werd gebracht (Van Donk & Gulati, 1995; Hosper, 1997; Kuiper *et al.*, 2017)

FIG 2 BELANG VAN VERWIJDERING VOOR DE TOESTAND VAN EEN ECOSYSTEEM



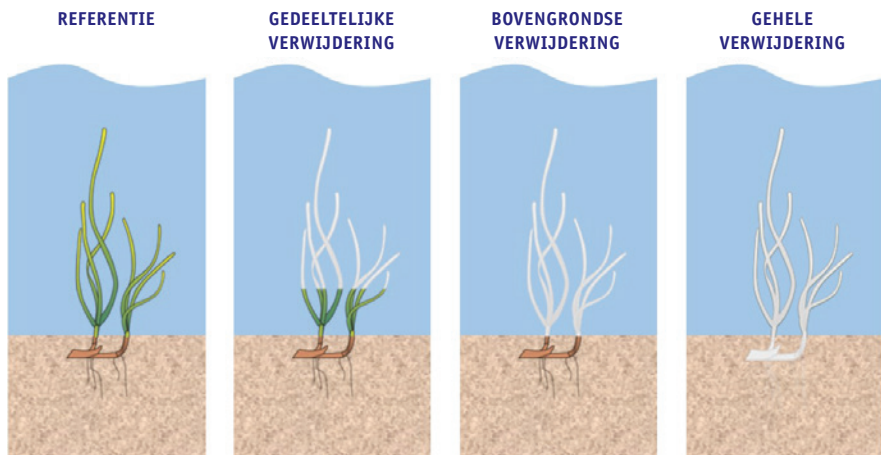
Naast een omslag naar een troebele toestand kunnen door verwijdering ook de kritische grenzen voor nutriëntenbelasting ook gaan verschuiven (Fig. 2, c). Dit is gemakkelijk voor te stellen in de context van begrazing van planten. Door de hoge nutriëntenbelasting is het voor de planten al lastig om de concurrentie om licht te winnen van het fytoplankton. Begrazing van de planten zorgt voor nog minder biomassa en leidt ertoe dat fytoplankton kan gaan domineren en een troebele toestand bij een lagere nutriëntenbelasting al wordt aangetroffen (van Altena *et al.*, 2016).

2.2 INTENSITEIT VAN VERWIJDERING

De mate, of intensiteit, van verwijdering speelt een belangrijke rol in het bepalen van de uitkomsten van verwijdering op de eindtoestand van het systeem. Hierin onderscheiden we als uitgangspunt drie verschillende situaties (Fig. 3). In de eerste situatie wordt een deel van de bovengrondse plant verwijderd, een deel van de fotosynthetisch actieve bovengrondse biomassa is dus nog aanwezig na verwijdering. Een tweede situatie ontstaat wanneer de gehele bovengrondse biomassa wordt verwijderd. In deze situatie blijft alleen de ondergrondse biomassa staan in het systeem. Een derde situatie is een situatie waarin de plant in zijn geheel verwijderd wordt, zowel de onder- als bovengrondse biomassa.

FIG 3 VERSCHILLENDE MATE VAN VERWIJDERING

Waarbij verwijdering wordt aangegeven als de witte delen van de plant.



2.3 VERWIJDERINGSWIJZEN

We onderscheiden twee categorieën van verwijdering wegens de grote verschillen in frequentie en intensiviteit: (1) mechanische verwijdering die één tot enkele keren per jaar wordt uitgevoerd en waarbij dan veel materiaal wordt verwijderd op één tijdstip, tegenover (2) begrazing, waarbij gedurende langere tijd elke dag een klein(er) deel van de begroeiing wordt verwijderd.

2.3.1 Mechanische verwijdering

De eigenschappen van de verwijderingsmethode spelen een belangrijke rol in het bepalen van de effecten van verwijdering op ecosysteem functioneren. Deze kunnen worden beschreven aan de hand van het type machine dat wordt gebruikt. Alle in Nederland veelgebruikte wijzen/methoden voor mechanische verwijdering worden daarbij meegenomen (Bijlage 1).

De intensiteit van verwijdering kan geclassificeerd worden in de drie categorieën van verwijdering zoals weergegeven in [Figuur 4](#). Gedeeltelijke verwijdering vindt plaats bij gedeeltelijk afmaaien van planten. De gehele bovengrondse verwijdering komt voor bij het volledig afmaaien van planten tot op de bodem. Ook het kapot trekken van planten waarbij wortels in het sediment achterblijven door bijvoorbeeld schonen kan onder deze situatie vallen. Gehele verwijdering van onder- en bovengrondse komt vooral voor bij het uitbaggeren van een systeem. De intensiteit kan per verwijderingsmethode worden geschat.

De timing van verwijdering is een keuze van de beheerder en geen eigenschap van de methode zelf. Het effect van de timing van verwijdering wordt sterk bepaald door al dan niet synchronisatie met de timing van de groei van de plant.

2.3.2 Begrazing

Het effect van begrazing op het ecosysteem-functioneren wordt vooral bepaald door de eigenschappen van de grazer. Hierin zijn een aantal veel voorkomende groepen grazers gedefinieerd voor deze opdracht ([Bijlage 2](#)).

Consumeerbaarheid van vegetatie door grazers

Net als bij maaien speelt de intensiteit van begrazing een belangrijke rol voor de toestand van het watersysteem (Bakker *et al.* 2016). Om graasintensiteit in te schatten is van belang om vast te stellen hoeveel een grazer aan biomassa van een plant eet. Dit is afhankelijk van de soort grazer; zowel grootte als efficiëntie waarmee de grazer plantenbiomassa eet en omzet in eigen biomassa verschilt sterk tussen grazers (Vanni & McIntyre 2016). De hoeveelheid biomassa van een plant die een individu per dag eet (consumptiesnelheid: gram/individu/dag) geeft een geïntegreerde maat voor de verwijdering door een grazer. Verschillen in deze consumptiesnelheid in verschillende levensstadia en andere variatie bin-

.....

nen soorten betrekken we niet bij de berekening. Op het niveau van het ecosysteem zijn deze waarschijnlijk klein ten opzichte van de verschillen tussen de soorten grazers.

Net als bij mechanische verwijding is het ook relevant welk deel van de plant wordt gegeten door de grazer. Dit hangt af van de bereikbaarheid en gewilligheid van de grazer om bepaalde plantendelen te eten. Zo zullen sommige vogels niet heel diep kunnen duiken en daarmee delen van planten altijd ongemoeid laten (Green 1998). Voor het dier zal het wel of niet eten van delen van planten altijd samenhangen met de energiebehoefte en de opbrengst. Sommige grazers zijn in staat om ander voedsel te eten en zullen als planten schaars worden overstappen op deze andere voedselbronnen. Dit betekent dat er altijd een deel van de vegetatie blijft staan zelfs onder hoge begrazingsdruk. Dit kan verschillen per deel van de vegetatie (toppen, hele planten, wortels, zaden en tubers).

De aantrekkelijkheid van plantensoorten als voedselbron voor de grazer hangt naast bereikbaarheid ook samen met de chemische samenstelling van de plant. Planten maken een breed scala aan graaswerende stoffen aan zoals terpenen en fenolen (Sotka *et al.* 2009). Daarnaast is de hoeveelheid eiwit (uit te drukken als C:N ratio) (Lodge 1991) relevant voor de voedingswaarde, net als de hoeveelheid energie die per gram van de plant verkregen kan worden door de grazer (Boyd 1970). Hoewel voor specifieke plantensoorten en grazers bepaalde combinaties van eigenschappen zijn onderzocht zijn generieke verbanden hierin lastig vast te stellen (zie bijv. Elger & Barrat-Segretain 2002; Grutters *et al.* 2017).

Moment van begrazing

Het moment in het seizoen waarin de begrazing plaats vindt is net als bij mechanische verwijding van cruciaal belang. In tegenstelling tot mechanische verwijdering is de verwijdering door begrazing per dag beperkt, maar doordat de verwijdering zich over enige tijd uitstrekt uiteindelijk wordt wel veel plantbiomassa verwijderd. Sommige grazers zijn jaarrond actief, terwijl andere slechts een deel van het seizoen begrazen. Koudbloedige dieren zoals vissen en kreeften zijn in de wintermaanden een stuk minder actief en zijn trekvogels slechts een deel van het seizoen aanwezig (bijv. Kleine zwanen).

2.4 BESCHADIGING

Naast verwijdering kan de wijze van verwijdering, zowel mechanische verwijdering als begrazing, een vorm van 'collateral damage' geven. Daarmee wordt schade aan de plant bedoeld terwijl de plant feitelijk niet wordt verwijderd. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de rivierkreeft die veel planten afknijpt maar slechts beperkte hoeveelheden hiervan werkelijk opeet (Anastácio *et al.* 2005). Door deze nevenschade per grazer te kwantificeren kan beter ingeschat worden wat het effect van de grazer op het systeem is. Bij mechanische verwijdering komt beschadiging nog veel meer voor. Machines zoals de veegboot verwijderen de planten weliswaar, in de zin dat ze worden afgemaaid, maar de plantendelen worden daarna achtergelaten. Eventueel kunnen de planten in een aparte werkgang alsnog verzameld worden met een verzamelboot.

Het verschil tussen het effect van verwijderen en (alleen) beschadigen zit in de hergroei-mogelijkheid van planten na beschadiging. Sommige plantensoorten zijn in staat tot hergroei vanuit verschillende beschadigde delen omdat zich daar actief meristeem bevindt (Barrat-Segretain *et al.* 1998). Als dat niet zo is, dan gaan deze beschadigde plantendelen dood en verdwijnen ze dus ook. Het verschil tussen het echt verwijderen uit het water en het laten bezinken als dood organisch materiaal naar de bodem wordt hier buiten beschouwing gelaten. Op termijn kan dat voor het systeem een verrijkend effect hebben, maar dat wordt onder een andere ecologische sleutelfactor beschreven.

2.5 PLANTEIGENSCHAPPEN

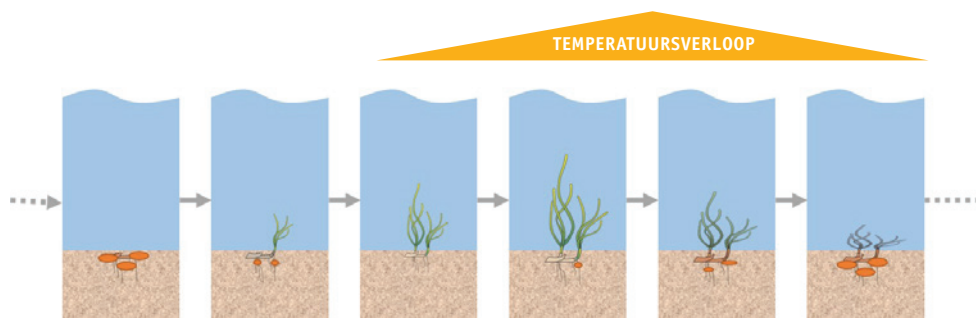
2.5.1 Timing van de plant

Timing van soorten in het opkomen gedurende het jaar (fenologie) en het aanmaken van overwinteringsorganen speelt een belangrijke rol in de ontwikkeling van planten (Wolkovich & Cleland 2011). Een globale levenscyclus van een plant is weergegeven in Figuur 4. De plant komt op in het voorjaar (begin groeiseizoen) vanuit rustorganen in/op de bodem (zaden, rizomen, tubers, sporen e.d.). De plant gebruikt reservevoeding uit deze rustorganen om te gaan groeien en de bovengrondse biomassa neemt toe. Op een bepaald moment tijdens de groei zal de plant wederom gaan investeren in rustorganen, bijvoorbeeld door zaadzetting na bloei of door investering in tubers. Hierna zal de plant uiteindelijk afsterven (einde groeiseizoen). Vanuit de geproduceerde rustorganen zal de plant het volgende jaar weer op kunnen komen. Het moment van opkomst, de fase waarin de plant veel

biomassa produceert en de fase waarin investering in rustorganen plaats vindt, verschilt tussen soorten. Dit heeft consequenties voor de timing van verwijdering. Verwijdering van jonge planten vroeg in het groeiseizoen kan de opkomst van plantensoorten die dan al groeien tegenhouden, terwijl latere soorten daardoor niet worden beïnvloed.

FIG 4 LEVENSCYCLUS VAN EEN PLANT

Levenscyclus van een plant gedurende een jaar waarbij de plant opkomt uit rustorganen (oranje), vervolgens bovengrondse biomassa opbouwt en uiteindelijk weer in rustorganen investeert voor de winterperiode.



2.5.2 Groeiratio

De basale eigenschap die mogelijkheid tot ontwikkeling van de plant bepaalt is de maximale snelheid waarmee biomassa wordt aangemaakt. Die snelheid is in de praktijk afhankelijk van de reeds bestaande biomassa, temperatuur, voedselrijkdom, lichtbeschikbaarheid en concurrentie met andere soorten. Over deze zogeheten groeiratio zijn in literatuur waarden te vinden voor de meeste relevante soorten (bijv. Sand-Jensen & Vindbaek Madsen 1991; Barko & Smart 1986). Binnen soorten varieert de groeiratio gedurende het jaar. In de winterperiode is de groei vaak (bijna) nul. In het zomerseizoen is deze maximaal en zodra de plant over gaat tot het aanmaken van overwinteringsorganen neemt de groeiratio van vegetatieve delen af. Daarnaast is de productiviteit van het systeem direct van bepalend voor de plantengroei. Lage bodemproductiviteit leidt tot een verlaagde groeiratio. De groei op de verschillende momenten in het jaar en de verminderde groei door lage bodemproductiviteit verschilt sterk tussen plantensoorten.

2.5.3 Overwinteringsstrategie

Tijdens de winterperiode is het gros van de biomassa van planten opgeslagen in de overwinteringsorganen. De hoeveelheid biomassa die opgeslagen wordt verschilt sterk tussen soorten. Daarnaast overwinteren soorten in verschillende type organen; zaden, tubers, wortelstokken, sporen, turionen en stengels. Deze verschillende overwinteringsorganen zijn relevant in de context van verwijdering omdat ze zich op een verschillende locatie in het watersysteem bevinden (bovengronds of ondergronds). Daarnaast is onderscheid te maken tussen planten die investeren in kwetsbare, vaak energierijke overwinteringsorganen (wortelstokken, tubers) en planten die investeren in veel kleine en weinig kwetsbare overwinteringsorganen (zaden, turionen, sporen). Soorten met grote opslagorganen (wortelstokken, tubers) hebben een snelle start in het voorjaar als de plant begint te groeien, maar de organen zijn wel kwetsbaar tijdens de winterperiode voor begrazing en verwijdering. De zaadvormende planten hanteren een andere strategie, door een overvloed aan zaden te produceren is altijd voldoende aanwezig om het volgende jaar weer op te komen, zelfs als een deel wordt verwijderd. Echter, de plant heeft weinig energiereserves in de overwinteringsorganen waardoor de groei in het voorjaar langzamer op gang komt.

2.5.4 Hergroeicapaciteit van de plant na beschadiging

Bovenstaande scenario's van verwijdering zijn relevant aangezien de capaciteit van de plant om terug te groeien na verwijdering verschilt tussen soorten. Planten kunnen vanuit gespecialiseerde onderdelen (groeipunten, meristemen) verder groeien, maar die bevinden zich niet bij alle soorten op dezelfde plekken (Barrat-Segretain *et al.* 1998). Soorten die vanuit de wortel kunnen groeien zullen een verwijdering van alle bovengrondse biomassa kunnen overleven, terwijl soorten met hun groeipunten in de top een sterk verminderde overlevingskans hebben bij verwijdering van de bovengrondse biomassa (Bal *et al.* 2006). Dit kan het verschil maken tussen wel of geen teruggroei van een bepaalde soort (figuur 1). Naast de directe teruggroei uit overgebleven biomassa speelt ook de teruggroei uit beschadigde, maar niet uit het systeem verwijderde plantendelen een rol. Een soort die in staat is om na beschadiging terug te groeien uit die beschadigde delen kan daarna de biomassa nog doen toenemen en kan zich opnieuw te vestigen (Riis *et al.* 2009).

2.5.5 Laterale groei

Planten kunnen zich ook zijdelings uitbreiden en hieraan is voor elke soort een

maat te geven, de laterale groeisnelheid. Dit is van belang bij het herstellen van de begroeiing na baanmaaïen in lijnvormige wateren en patches maaïen in meren. Bij het modelleren hiervan ontstaan echter een paar fundamentele problemen.

De laterale groeisnelheid is weliswaar goed voor alle soorten te benoemen, deels uit literatuur of anders te herleiden vanuit andere soorten, maar alleen als de planten op een vaste plaats blijven. Laterale groei is niet te implementeren voor soorten die los drijven of zich via fragmenten kunnen verspreiden. Ook voor zaadvormende soorten is er inherent geen maat voor deze parameter. Laterale uitbreiding van los drijvende soorten en zaadplanten wordt benoemd onder de ecologische sleutelfactor verspreiding. Er bestaat echter een vaag onderscheid tussen laterale uitbreiding op korte afstand en echte verspreiding.

In meren is de patchgrootte van de verwijdering meestal zo groot dat laterale groei volledig ondergeschikt is aan hergroei uit de resterende planten. In zulke gevallen kan men beter de gemaaide en niet-gemaaide delen als aparte systemen beoordelen. Verspreiding uit patches die zijn blijven staan moet dan worden beschouwd als herkolonisatie, maar meestal is dat niet nodig omdat van compleet lokaal uitroeien door verwijdering vrijwel nooit sprake is.

Bij lijnvormig wateren waarin in banen wordt gemaaid is de hergroei vanuit de resterende planten in de gemaaide baan niet goed te onderscheiden van die in de niet-verwijderde randen. Hier kan beter het percentage van de vegetatie dat wordt gemaaid worden gebruikt om het effect van gedeeltelijk maaïen te onderzoeken. Voor soorten die bij baanmaaïen altijd worden ontzien omdat ze in ondiep water groeien, kan aanvullend, net als bij meren, eventueel met twee aparte systemen worden gerekend.

H3 METHODIEK



3.1

GRONDSLAG VAN DE INSTRUMENTEN:

RELEVANTE PLANT- EN VERWIJDERINGSEIGENSCHAPPEN

Het verwijderingsinstrument is een budgetmodel dat een voorspelling berekent voor de soortensamenstelling na 5 jaar. In dat model wordt elke toestand berekend uit die van de vorige dag met een groot aantal parameters. Die parameters zijn relevante eigenschappen van plantensoorten en verwijderingsmethoden, een ingestelde vorm van verwijdering en enkele systeemeigenschappen. Er wordt steeds onderscheid gemaakt tussen lagen in de begroeiing (ondergronds, onderste laag submers, bovenste laag submers, drijvend, emergent) waarbij de begrenzing van die lagen voor alle parametergroepen hetzelfde is.

3.1.1

Relevante mechanische verwijderingseigenschappen

Een verwijderingsmethode (maaimethode) wordt altijd gedefinieerd als een machine en een werkhoogte. De werkhoogte is meegenomen in het model omdat de effecten van de machine op de begroeiing afhankelijk zijn van de (veronderstelde) hoogte waarop wordt gewerkt. Bij de meeste machines is er maar één werkhoogte. Indien hoog en laag gewerkt kan worden met een machine wordt verondersteld dat de bij hoogwerkend de machine ten minste 50cm boven de waterbodem blijft. Van alle machines is aangegeven welk deel van de begroeiing erdoor wordt verwijderd uit elke vegetatielaag én welk deel alleen wordt beschadigd. Het deel dat wordt beschadigd blijft alleen een rol spelen als de soort meristemen heeft in de vegetatielaag die wordt beschadigd. Planten zonder meristemen in die vegetatielaag verdwijnen uit de berekening alsof ze worden verwijderd (in werkelijkheid sterft deze biomassa af en zakt naar de bodem; de beschadigde biomassa zou in het echt ook nog kunnen worden begraasd. Bij machines die alleen beschadigen, zoals een veegmes, kan de (beschadigde) biomassa alsnog uit het systeem worden verwijderd met een andere machine, bijvoorbeeld een verzamelboot, die er direct achteraan komt (of 1 dag later).

De eigenschappen van mechanische verwijderingsmethoden zijn per methode beschreven zoals die gangbaar in Nederland voorkomen. Een overzicht van methoden is weergegeven in [tabel 1](#) en [bijlage 1](#).

De eigenschappen van mechanische verwijderingsmethoden die in het model worden gebruikt zijn weergegeven in [tabel 2](#). Daarin worden percentages aangegeven van de verschillende vegetatielagen die door de machine per keer worden verwijderd of beschadigd.

TABEL 1 MECHANISCHE VERWIJDERINGSMETHODEN*Voor maaihoogte: zie tekst.*

DOEL	MACHINE	HOOGTE	OPMERKING
Maaïen	Korfmaaier	H	
Maaïen	Korfmaaier	L	
Maaïen	Korfmaaier	B	op zachte bodems
Maaïen	Slootbak	B	in veenweidegebieden
Maaïen	Rotorreiniger (H)	L	horizontaal werkend
Maaïen	Bandhark	H	voor waterplanten
Maaïen	Veegmes	L	aan ketting achter boot
Maaïen	Veegmes + verzamelboot	L	in twee werkgangen
Maaïen	Flexibodemmaaier	L	aan trekker of boot
Maaïen	Flexibodemmaaier + verzamelboot	L	in twee werkgangen
Maaïen	Maaiboot	H	T-messenbalk op front
Maaïen	Maaiboot	L	T-messenbalk op front
Maaïen	Maaiboot + verzamelboot	H	in twee werkgangen
Maaïen	Maaiboot + verzamelboot	L	in twee werkgangen
Maaïen	Maaiverzamelboot	H	frontmaaier met innameband
Maaïen	Maaiverzamelboot	L	
Maaïen	Verzamelboot	H	zonder voorafgaand maaiwerk
Maaïen	Boomkormaaier	H	zoals gebruikt op grote meren
Maaïen	Boomkormaaier	L	
Maaïen	Hydroventuri	B	
Maaïen	Hydroventuri + verzamelboot	B	in twee werkgangen
Maaïen	Harkboot	B	
Maaïen	Harkboot + verzamelboot	B	in twee werkgangen
Baggeren	Baggerpomp	B	al dan niet met hulpschuif
Baggeren	Open bak	B	
Baggeren	Gesloten bak	B	'knijperbak'
Baggeren	Schuif	B	

TABEL 2 MECHANISCHE VERWIJDERINGSEIGENSCHAPPEN (VERWIJDERINGSPERCENTAGES)

Met voorbeelden van twee machines en werkhogtes

GROEP	PARAMETER		KORFMAAIER	VEEGMES
		WERKHOOGTE	H	L
Verwijderen	E	emergente plantendelen	10	0
	LD	losdrijvende planten/plantendelen	25	0
	D	drijfbladen van wortelende planten	75	0
	H	submerse planten bovenste deel	95	0
	L	submerse planten onderste 50 cm	0	0
	O	ondergronds	0	0
Beschadigen	E	emergente plantendelen	0	50
	L	losdrijvende planten/plantendelen	0	0
	D	drijfbladen van wortelende planten	0	95
	H	submerse planten bovenste deel	0	60
	L	submerse planten onderste 50 cm	0	90
	O	ondergronds	0	5

3.1.2 Relevante grazerseigenschappen

In het verwijderingsinstrument zijn de meest relevante groepen van grazers opgenomen, zie tabel 3. Voor al deze groepen is aan de hand van wetenschappelijke en grijze literatuur en expertkennis vastgesteld hoeveel ze eten (consumptie) en waar ze eten. Daarnaast is vastgesteld wat de activiteit van de verschillende grazers is en hoeveel biomassa ze naast het daadwerkelijk consumeren nog beschadigen. De gebruiker moet zelf de hoeveelheid grazers die maximaal voor komen op/in het watersysteem op te geven.

TABEL 3 OVERZICHT GRAZERS

Overzicht grazers met basisindicatie van methodiek voor het inschatten van aantallen. Voor ideale telmomenten zie bijlage 2.

GRAZER	METHODIEK BEPALING AANTALLEN
Eenden	Tellingen op telmoment
Meerkoeten	Tellingen op telmoment
Ganzen	Tellingen op telmoment
Knobbelzwanen	Tellingen op telmoment
Kleine Zwanen	Tellingen op telmoment
Rivierkreeften/Wolhandkrabben	Inschatting op telmoment (bijv. vangst-terugvangst)
Graskarpers	Vangst bij visbemonstering
Overige vis	Vangst bij visbemonstering
Bevers/muskusratten	Telling of vangst-terugvangst
Grote grazers op de oever	Grote grazers met directe toegang tot de oeverzone, aantal delen door wateroppervlak analysegebied. Consumptie is reeds gecorrigeerd voor beperkte consumptie van waterplanten.
Poelslakken	Inschatting op telmoment (bijv. vangst-terugvangst)

TABEL 4 VERWIJDERINGSEIGENSCHAPPEN MET VOORBEELDEN VOOR DE MEERKOET

GROEP	PARAMETER	WAARDE	EENHEID
Mogelijke verwijdering	E emergente plantendelen	10	%
	LD losdrijvende planten/plantendelen	0	%
	D drijfbladen van wortelende planten	15	%
	H submerse planten bovenste deel	100	%
	L submerse planten onderste 50 cm	100	%
	O ondergronds	0	%
Consumptie	Maximale consumptie van plantenbiomassa	52.3	g/indiv/dag
Beschadiging	Beschadiging als deel van consumptie	0.1	-
Activiteit	Jan	1.0	fractie
	Feb	0.50	fractie
	Maart	0.33	fractie

Consumeerbaarheid door grazers

De mogelijke verwijdering door grazers is op een zelfde manier opgezet als de mechanische verwijdering. Per vegetatielaag wordt vastgesteld of de grazer deze kan verwijderen en tot welk niveau. 100% verwijdering betekent hier dus dat alle biomassa kan worden verwijderd, maar niet dat dat ook daadwerkelijk gebeurt. Als de waarde lager dan 100% ligt betekent dit dat de grazer altijd een deel zal laten staan, de grazer geeft het dus vroegtijdig op om deze vegetatielaag weg te eten. Hierin is meegenomen dat grazers bepaalde delen niet kunnen bereiken, overschakelen op ander voedsel of bepaalde type plantendelen nooit eten (bijv. de meerkoet in tabel 2 eet nooit kroos, dus LD=0%). Deze verwijderingspercentages zijn vastgesteld aan de hand van expertkennis. Hoewel zeker wenselijk is de eetbaarheid/voorkeur voor plantendelen is niet op het niveau van plantensoorten uitgewerkt. Hierin bestaat op dit moment een kennislacune. Generieke relaties tussen chemische samenstelling van planten en graasvoorkeur die voor alle grazergroepen gelijkend geldig zijn, zijn in de literatuur niet terug gevonden. De specifieke voorkeur van de verschillende grazers voor een brede set plantensoorten is alleen op structurele wijze onderzocht voor slakken (Elger & Barrat-Segretain 2002), waardoor ook deze aanpak niet kansrijk werd geacht om toe te voegen in het instrument.

De werkelijke verwijdering door grazers hangt af van de consumptie (gram plant/individu/dag) van de individuele grazer. Als een grazer meer eet zal de vegetatie sneller verwijderd worden. De consumptie is vastgesteld aan de hand van wetenschappelijke literatuur.

Activiteit

De parameter grazeractiviteit geeft aan in welke mate de grazers ook werkelijk vegetatie verwijderen in verhouding tot de maximale activiteit. Een deel van de grazergroepen zijn slechts periodiek aanwezig of actief. Activiteit is een combinatie van aanwezigheid en fysiologische activiteit. Deze waarden zijn ontleend aan studies over aanwezigheid (voor trekvogels en kreeften), aan de hand van temperatuurcurves (vissen), aan de hand van gedragsbeschrijvingen (bevers) en aan de hand van expertkennis.

Beschadiging

Naast consumptie beschadigen de meeste grazers ook een deel van de biomassa. De hoeveelheid biomassa die de grazer beschadigt maar niet consumeert is uitge-

.....

drukt in verhouding tot de consumptie. Meer consumptie leidt automatisch dus tot meer beschadiging. Het totaal van consumptie en beschadiging kan niet groter worden dan de verwijderbare biomassa.

3.1.3 Relevante plant eigenschappen

De planteneigenschappen die in het model worden gebruikt zijn weergegeven in tabel 5.

.....

TABEL 5 PLANTENEIGENSCHAPPEN

Overzicht van planteneigenschappen die in het model worden gebruikt, met de waarden van Callitriche obtusangula (stomphoekig sterrenkroos) als voorbeeld

GROEP	PARAMETER	WAARDE	EENHEID
Locatie	emergent	0	%
	drijvend	9	%
	hoog submers	60	%
	laag submers	30	%
	ondergronds	1	%
	overwinterend equivalent	2	%
	meristeem locatie	hl	categorie
	winterbiomassa locatie	o	categorie
Groeï	groeiratio	0,022	/dag
	afname in reproductie periode	50	%
	afname in rust periode (winter)	95	%
	afname bij lage trofie	20	%
	groeï van beschadigd materiaal	0	%
Reproductie	veiligheid reproductieorganen	50	%
Timing	start groei	60	dagnummer
	start repro	136	dagnummer
	start rust	213	dagnummer

.....

De planten eigenschappen zijn ingedeeld in vier groepen, d.w.z. locatiegerelateerde planteigenschappen (Locatie), groeigerelateerde planteigenschappen (Groeï) , reproductie gerelateerde planteigenschappen (Reproductie) en timing gerelateerde planteigenschappen (Timing).

Locatie

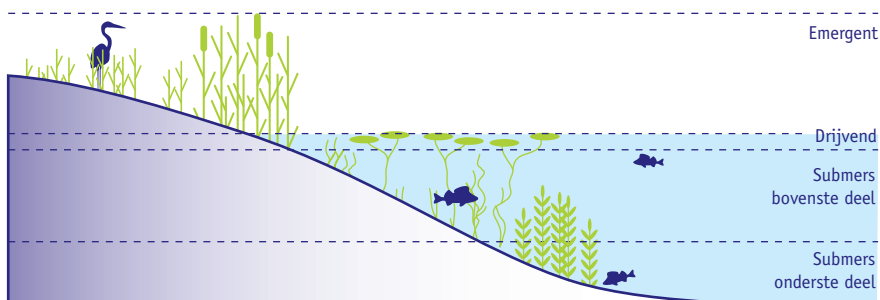
Dit beschrijft welk deel van de biomassa van de soort zich bevindt in welke vegetatielaag, zie [figuur 5](#), onder optimale omstandigheden voor de plant. Het effect van verwijdering wordt hierdoor sterk bepaald omdat de mate van verwijdering per vegetatielaag verschillend kan zijn.

We onderscheiden hierbij vijf vegetatielagen:

- 1 Emergent (e)
- 2 Drijvend (d)
- 3 Submers hoog, vanaf 50 cm boven de bodem tot het wateroppervlak (h)
- 4 Submers laag, van bodem tot 50 cm boven de bodem (l)
- 5 Ondergronds (o)

FIG 5 VERSCHILLENDE VEGETATIELAGEN

Overzicht van de verschillende vegetatielagen waarin begrazing plaatsvindt.



De *overwinterend equivalent* geeft het percentage van de zomerbiomassa dat als winterbiomassa maximaal kan overblijven. Hierin is al meegenomen dat overwinterende biomassa meestal in gespecialiseerde organen zit met een hogere energiedichtheid dan vegetatieve biomassa. De overwinteringsbiomassa zorgt voor een versnelde start bij begin van het groeiseizoen.

Daarnaast is de locatie van het *meristeem* gegeven. De beschadigde plantendelen groeien alleen terug als ze afkomstig zijn uit een hier aangegeven laag waar de

soort meristemen heeft. De locatie van de *winterbiomassa* geeft aan waar de winterbiomassa zich bevindt. Alleen verwijdering van deze vegetatiela(a)g(en) zorgt voor een reductie van de overwinterende biomassa.

Groei

In het model hebben we een aantal groeigerelateerde parameters opgenomen:

- *Relatieve groeisnelheid*: dagelijkse toename van de biomassa van de soort dagelijks tijdens de vegetatieve periode.
- *Afname in reproductieve periode*: reductie van de groei na de start reproductie.
- *Afname in winterperiode*: reductie van de groei na de start winterperiode.
- *Afname bij lage trofie*: reductie van de groei onder nutriëntarme bodemomstandigheden
- *Groei van beschadigd materiaal*: mate waarin beschadigd materiaal nog kan groeien (N.B. geldt alleen voor delen met meristemen, anders verdwijnt het meteen na beschadiging).

Timing

Er worden drie perioden onderscheiden, de start ervan is gedefinieerd met een dagnummer.

- *Vegetatieve periode*: de groei is maximaal.
- *Reproductieve periode*: de groei is trager dan tijdens de vegetatieve periode en de biomassa gaat over in reproductieve biomassa.
- *Winterperiode* (overwintering): de groei is trager dan tijdens de vegetatieve periode (staat stil indien groei reductie van een soort in rustperiode is 100%).

Reproductie

Deze planteneigenschap beschrijft:

- *Veiligheid reproductieorganen*: het percentage van overwinterend equivalent dat beschermd is tegen verwijdering en beschadiging door grazers en mechanische methoden.

Data over groeiratio

De waarden voor groeiratio zijn uit de literatuur verzameld. Daarbij deed zich het probleem voor dat het begrip groeiratio niet in alle publicaties op dezelfde manier wordt gehanteerd. Groeiratio wordt wel altijd uitgedrukt in relatieve biomassa toename per dag of is daarin te berekenen als de publicatie het anders presenteert.

De groeiratio varieert echter over het seizoen, en de verschillende onderzoekers publiceren altijd over de groei in een gedeelte van de gehele levenscyclus. Om soorten met elkaar te vergelijken in een levensfase die cruciaal is voor hun onderlinge concurrentie wordt meestal een kort deel van de cyclus onderzocht, bijvoorbeeld 30-daagse zaailingen (Shipley & Peters, 1990). Anderen presenteren groeicurves door het gehele seizoen en daaruit is dan een gemiddelde af te leiden (van den Brink & van der Velde, 1993). Sommige auteurs vergelijken juiste de hoogste groeiratio's door het seizoen, dat zijn de steilste delen uit de groeicurve (Driever 2005). Om al deze data beter vergelijkbaar te krijgen zijn sommige wat bijgesteld met het oog op zo goed mogelijk het gemiddelde in de vegetatieve periode te benaderen.

Timing van de groei

De dagnummers die de *perioden voor de groei* van de plantensoorten definiëren zijn voor een belangrijk deel afgeleid uit het werk van Hoogers en collegae (Hoogers , 1966; Hoogers & Van der Weij, 1971), aangevuld met aanduidingen van bloeitijden in plantenboeken zoals Heukels' Flora (Van der Meijden, 2005).

Overige data

Alle overige data zijn vooralsnog op basis van expert judgement ingevuld. Het instrument biedt echter de mogelijkheid om voor elke waarde een 'gebruikerswaarde' in te voeren die in plaats van de opgeleverde waarde wordt gebruikt.

3.2 BESCHRIJVING VERWIJDERINGSINSTRUMENT

3.2.1 Budgetmodel

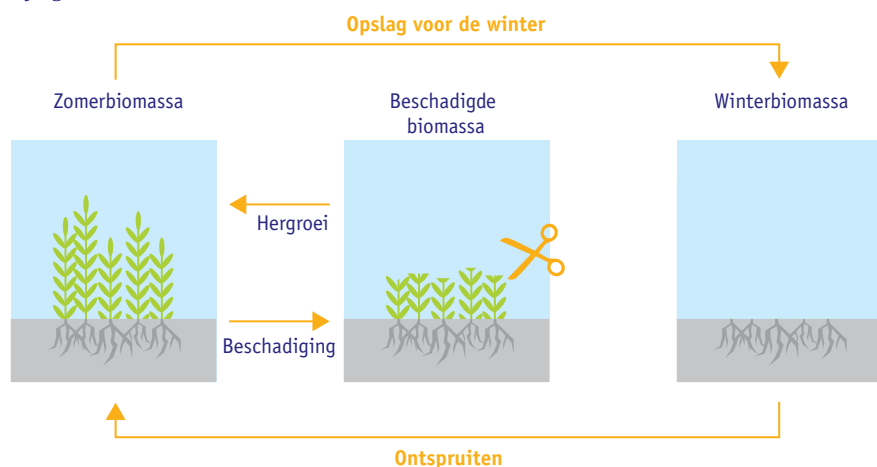
De basis voor het verwijderingsinstrument is een zogenaamd budgetmodel. Bij een budgetmodel kan energie of - zoals bij het verwijderingsinstrument - biomassa zich bevinden in verschillende via processen aan elkaar gerelateerde compartimenten; figuur 6 geeft een conceptuele weergave van dit budgetmodel. De biomassa van een plant zich kan bevinden in drie compartimenten: (1) zomerbiomassa, (2) beschadigde biomassa en (3) winterbiomassa. Groei vindt plaatst binnen elk compartiment, en er kan ook verwijderd worden uit elk compartiment. Biomassa kan overgeheveld worden van het ene compartiment naar het andere compartiment via (1) hergroei, (2) beschadiging, (3) opslag voor winter, en het volgende voorjaar weer door (4) ontspruiten. Deze processen worden bepaald door de hierboven beschreven relevante planteigenschappen, mechanische verwijderingseigenschappen, en grazerseigenschappen. Omdat compartimenten niet in gelijke mate

verwijderd en beschadigd worden wordt voor elk compartiment de biomassa per vegetatielaag bijgehouden. De biomassaverdeling tussen lagen veranderd onder invloed van verwijdering. Via selectieve groei in de meer verwijderde delen wordt na een verwijdering langzaam de plantverdeling over vegetatielagen hersteld.

Belangrijk is dat het budgetmodel wordt doorgerekend voor elke soort apart, en dat soorten geen invloed op elkaar hebben door bijvoorbeeld competitie.

FIG 6 CONCEPTUELE WEERGAVE VAN DE OPZET VAN HET BUDGETMODEL.

Voor een detailweergave van biomassatransport tussen de compartimenten per tijdsstap zie bijlage 3.



3.2.2 Implementatie verwijderingsinstrument

De implementatie van het verwijderingsinstrument bestaat uit een aantal componenten. Een database met daarin de invoer van de gebruiker en de datatabellen met verwijderingseigenschappen en planteigenschappen. Deze database is opgesteld in MS-Excel zodat de waterbeheerder in een vertrouwd platform invoer kan opgeven en de tabellen met eigenschappen kan inzien en waar gewenst kan aanpassen. Het rekenwerk gebeurt buiten Excel om door een R script. R is een open source programmeer omgeving die gratis beschikbaar is (<https://cran.r-project.org>). De uitkomsten van de berekeningen in R worden direct in een Excel bestand uitgevoerd waardoor de gebruiker in een vertrouwde omgeving kan werken met de

uitkomsten van het instrument. Een uitgebreide gebruikershandleiding (bijlage 4) wordt met het instrument meegeleverd en kan tussentijds geüpdatet worden bij wijzigingen.

3.2.3 Resultaat van het verwijderingsinstrument

Uit het verwijderingsinstrument volgen een drietal kernresultaten. Allereerst wordt de kwetsbaarheid van de verschillende soorten voor verwijdering bepaald. Dit gebeurt aan de hand van het verschil tussen de maximaal haalbare biomassa van de soorten in het model als geen verwijdering op treedt en de werkelijke biomassa gegeven de door de gebruiker gedefinieerde verwijdering. De kwetsbaarheid van een soort is hoog als de soort sterk afneemt in zomerbiomassa door verwijdering t.o.v. de maximaal haalbare biomassa en laag wanneer de soort weinig terug loopt in zomerbiomassa. De evaluatie hiervan vindt plaats over het gehele groeiseizoen (vegetatieve en reproductieve periode). De variatie van de kwetsbaarheid wordt weergegeven in 95% betrouwbaarheidsintervallen. Dit geeft informatie over de variatie in het verschil tussen maximale en behaalde biomassa gegeven de verwijdering. Naast de kwetsbaarheid wordt ook de biomassa in de verschillende compartimenten (zomerbiomassa, beschadigde biomassa, winterbiomassa) door de tijd weergegeven per soort. Per soort wordt ook de verdeling van de biomassa in de verschillende lagen door de tijd getoond. Deze informatie helpt de beheerder om patronen in kwetsbaarheid in meer detail te analyseren.

3.3 BESCHRIJVING VERWIJDERINGSQUICKSCAN

De quickscan is bedoeld om op basis van eenvoudig waar te nemen verschijnselen en snelle eerste conclusie te kunnen trekken. Een quickscan voor verwijdering gaat uit van de samenstelling van de begroeiing. Op basis van de mate waarin de aangetroffen soorten gevoelig zijn voor verwijdering wordt ingeschat of verwijdering een bepalende rol zou kunnen spelen in het systeem.

3.3.1 Meta-analyse met het verwijderingsinstrument

De gevoeligheid voor verwijderen is het product van een aantal verschillende eigenschappen van planten en verwijderingswijzen waarvan de uitkomst gemiddeld wordt in de globale analyse. Daarom zijn de uitkomsten van de globale analyse gebruikt om de quickscan vorm te geven. Dit is gebeurd door de globale analyse met een groot aantal combinaties van parameters van de verwijderingswijzen door te rekenen en de resultaten daarvan nader te ordenen.

Het resultaat is uitgedrukt in relatieve biomassa ten opzichte van maximaal haalbare, dat is het complement van de kwetsbaarheidsscores die normaal worden gegeven. Daarna zijn alle scores per verwijderingsscenario opgeschaald. De soort met de hoogste score werd 100, die met de laagste score werd 0 en de andere soorten werden daar naar verhouding tussen berekend. Het resultaat is een waarde voor hoe goed een soort het doet ten opzichte van andere soorten in dit scenario. Dat maakt ook de scenario's onderling beter vergelijkbaar.

Die beoordeling van de resultaten is gebeurt op drie manieren

- 1 Door van soorten te onderzoeken bij welk scenario's ze de hoogste en laagste waarden krijgen, en hoe dat in verhouding staat met andere soorten. Sommige soorten blijken het bij andere typen van verwijdering beter of slechter te doen dan andere. Dit levert vooral veel anekdotische resultaten op omdat er geen vaste systematiek aan deze analyse ten grondslag ligt. Deze informatie is heel bruikbaar om te toetsen of allerlei hypothesen rond verwijdingen kunnen worden bevestigd en om opvallende nieuwe verbanden te vinden.
- 2 Cluster-analyse met Twinspan (Hill & Milauer 2005). De soortscores werden in 9 klassen opgesplitst met grenzen bij 5%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 85% en 100%. De vier hoogste klassen werden 3x zwaarder gewogen. Dat leverde een verdeling op van soorten in (hiërarchische) clusters die vergelijkbaar 'gedrag' vertonen in de verschillende verwijdering-scenario's.
- 3 Ordinatie-analyse met Canoco, optie CCA (Ter Braak & Milauer, 2002). De soortscores werden ruimtelijk gespreid in een multi-dimensionele ruimte, waarvan projecties op vlakken in eerste drie kunnen worden geplot. De verwijderingsparameters werden gekoppeld aan de uitkomst van de ordinatie. De vectoren en zwaartepunten van deze parameters werden in dezelfde plots gepresenteerd zodat ze als verklarende factoren voor de spreiding van de soorten kunnen worden beoordeeld. De lengte van de vectoren of de afstand tussen de zwaartepunten en de oorsprong van het assenstelsel is indicatief voor de sterkte van de verklaring. Soorten die in dezelfde omgeving van de zwaartepunten liggen of aan de kant van de puntenwolk liggen die de vectoren aangeven worden, worden beschouwd als in verband te staan met die verklarende parameters.

3.3.2 Omzetting naar een beslisboom

De quick scan bestaat uit een beslisboom in de vorm van een ‘determinatietabel’, dat is een lijst met vragen die hiërarchisch geordend is. Het beantwoorden van elke vraag leidt steeds tot een subset van vragen. Dit eindigt bij een conclusie.

De vragen en conclusies zijn gebaseerd op de meeste opvallende zaken die naar voren kwamen uit meta-analyse, aangevuld met expert judgement. De ordening van de laagste niveaus van de vragen volgt de indeling van de ecosysteemtoestanden die recent zijn gemaakt (Hermans *et al.*, 2018).



H4 RESULTATEN VAN HET PROJECT

4.1 VERWIJDERINGSINSTRUMENT

4.1.1 Beschrijving verwijderingsinstrument

Met de globale analyse kan het effect van alle in Nederland voorkomende manieren van verwijdering worden berekend. De uitslag van die berekening is een lijst van soorten die in volgorde worden gezet van kwetsbaarheid voor de opgegeven verwijderingsdruk. Hieruit is een te verwachten soortensamenstelling af te leiden, al zal die meestal niet exact overeenkomen met de werkelijke soortensamenstelling onder die omstandigheden. Dat komt doordat een aantal factoren die een grote rol spelen bij de totstandkoming van een begroeiing uitdrukkelijk niet worden meegenomen in de berekening. Daaronder zijn concurrentie tussen soorten, historische soortensamenstelling en de meeste andere milieufactoren. Het effect op de berekeningen van deze factoren is te verminderen door het instrument alleen met een selectie van soorten te laten rekenen die ook daadwerkelijk in de onderzochte wateren voorkomen.

De beste informatie kan men met het instrument verkrijgen uit vergelijking van uitkomsten met steeds iets andere parameterinstellingen. De resultaten geven dan aan welke verschuivingen gaan optreden als de invloed verwijdering groter of kleiner wordt, of anders van aard wordt.

Het instrument bestaat uit een R-script en een database. De database is een Excel-bestand met een aantal tabbladen met kenmerken van plantensoorten, verwijderingsmethoden en grazers. Deze bevatten kolommen waarin de gebruiker zelf waarden kan invullen om het model naar eigen inzicht of ervaring verder te kalibreren. Daarnaast bevat het bestand een aantal tabbladen die alleen als hulpmiddel worden gebruikt en niet moeten worden veranderd.

4.1.2 Toetsing verwijderingsinstrument

Vooralsnog is het verwijderingsinstrument getoetst op basis van expert judgement. Bij een set van instellingen werd een bepaald resultaat verwacht in de soortenscores. Wanneer deze niet uit het model kwamen werd gezocht naar een verklaring uit verkeerde instellingen van de eigenschappen van soorten, verwijderingsmethoden en grazers en werden deze eventueel aangepast, of het model zelf werd aangepast. Dat laatste is tijdens de ontwikkeling van het instrument een vaak aan de orde geweest. De meta-analyse die werd uitgevoerd ten behoeve van de quickscan maakte het ook mogelijk nog een extra toetsing uit te voeren. Hierbij

werden vooral verhoudingen tussen scores tegen de verwachtingen afgezet. Doordat lang niet alle verwijderingsmethoden en grazers en ook niet alle mogelijke combinaties konden worden berekend is deze toetsing niet uitputtend geweest.

Definitieve toetsing kan pas plaatsvinden door concrete situaties door te rekenen. Het model staat toe om gebruikers-waarden voor de eigenschappen van soorten en verwijderingsmethoden in te vullen, zodat het model door een gebruiker zelf kan worden geoptimaliseerd.

Er wordt aan gebruikers ook uitdrukkelijk gevraagd met verschillende instellingen te experimenteren, niet alleen als onderdeel van de systeemanalyse, maar ook als toetsing en onverwachte resultaten terug te melden aan de ontwikkelaars.

4.2 BESCHRIJVING EN KORTE GEBRUIKSIINSTRUCTIEQUICKSCAN

4.2.1 Meta-model analyse voor de quickscan

Ten behoeve van de quickscan hebben we 218 keer het verwijderingsinstrument gedraaid met zoveel mogelijk situaties die duidelijk van elkaar verschillen in verwijderingseigenschappen. Het aantal mogelijke combinaties aan verwijderingseigenschappen loopt in de miljoenen waardoor keuzes gemaakt moesten worden. Het criteria voor opname in deze set was dat enerzijds het technieken en situaties betreft die in het veld voorkomen. Anderzijds is ook gekeken naar variatie in verwijderingsscenario's die verwacht tot grote verschillen kunnen leiden in het succes van verschillende soorten.

- 1 in methode van maaien en hoeveelheid verwijderen; hier zijn een beperkt aantal machines gebruikt die samen de uitersten weergeven
 - a maaikorf,
 - i hoog maaien
 - ii laag maaien
 - b veegmes
 - i alleen vegen
 - ii ook verzamelen
 - c harkboot + verzamelen
 - d baggerpomp
- 2 wanneer weghalen en hoe vaak (baggerpomp alleen varianten 1x)
 - a 1x eind mei (dag 151)
 - b 1x begin juli (dag 182)

-
- c 1x begin september (dag 244)
 - d 1x eind oktober (dag 304)
 - e 2x eind mei + begin september
 - f 2x begin juli + eind oktober
 - g 3x eind mei + begin september + eind oktober
- 3 hoe veel verwijderen
- a 100%
 - b 50%
- 4 bodemrijkdom
- a rijk
 - b arm
- 5 begrazing met (dichtheden / ha)
- a Eenden (50, 25, 13, 8, 2)
 - b Meerkoeten (80, 40, 20, 13, 2)
 - c Ganzen (50, 25, 13, 8, 2)
 - d Knobbelzwanen (4, 2, 1)
 - e Overige vis (1000, 500, 250, 167, 10)
 - f Rivierkreeften/Wolhandkrabben (2000, 1000, 500, 333, 10)

Alle combinaties van de eerste 4 parameters én alle combinatie van parameters 4 en 5 met de aangegeven dichtheden zijn onderzocht. Er zijn geen combinaties van maaien én grazen onderzocht.

Resultaten van de clustering en de ordening zijn bijgevoegd in [bijlage 6](#).

4.2.2 Conclusies

De belangrijkste conclusies die hieruit en uit de directe analyse van de data kunnen worden getrokken zijn de volgende (niet uitputtend):

Cluster- en CCA-analyse:

- Het tijdstip van de eerste maaibeurt is veel belangrijker dan de maaifrequentie: 1, 2 of 3 x keer maaien waarbij de eerste maaibeurt op dezelfde datum vroeg in het seizoen valt geven allemaal vrijwel hetzelfde effect. Alleen midden in het seizoen maaien of laat maaien geven heel andere effecten. Ook 1 of 2 x maaien waarbij de eerste maaibeurt in het midden van het seizoen valt levert dezelfde effecten op.
- Laat in het seizoen maaien heeft een positief effect op *Callitriche obtusangula*

- Midden in het seizoen maaïen is het nadeligst voor de ondergedoken soorten.
- Ganzen hebben een negatief effect op helofyten.
- Meerkoeten hebben een negatief effect op ondergedoken waterplanten.
- Vissen bevorderen vooral los drijvende soorten.
- Veel vis en hoge nutriënten hebben veelal vergelijkbare effecten.
- Het effect van gedeeltelijk maaïen op de soortensamenstelling is minder sterk dan alle andere factoren.
- Van de onderzocht grazers heeft de knobbelzwaan het minste effect op de soortensamenstelling.
- Kroos (*Lemna*, *Azolla*) en grote waternavel reageren vergelijkbaar op verwijderen.
- *Callitriche*, *Ranunculus* en *Utricularia* reageren vergelijkbaar op verwijderen.
- *Potamogeton lucens*, *P. mucronatus*, *P. obtusifolius* en *P. perfoliatus* reageren vergelijkbaar op verwijderen.
- *Chara* en *Crassula helmsii* reageren vergelijkbaar met eenjarige hogere planten, maar zijn vooral weinig kwetsbaar bij hoog maaïen.

Direct uit de tabel met resultaten:

- *Elodea nuttallii* verdwijnt alleen bij meerdere keren per jaar volledig maaïen met verzamelen en onder lage nutriënten-omstandigheden, en bij hoge vissendichtheid (zelfs ongeacht nutriënten-omstandigheden).
- Eenjarige soorten doen het relatief goed bij zeer intensieve schoning, vooral als die niet te vroeg in het seizoen is en ook bij begrazing.
- *Berula*, *Glyceria fluitans*, *Rorippa*, *Nasturtium*, lijken zich niet veel aan te trekken van begrazing.
- *Nuphar* is alleen echt kwetsbaar bij verwijdering van planten uit de bodem, zoals baggeren of harken; laag maaïen met korfmaaier en veegmes kan laat in seizoen ook effect hebben. Grazers hebben geen effect op deze soort (behalve zeer veel vis of kreeften).
- Voor *Nymphaea* geldt hetzelfde als *Nuphar*; voor *Nymphoides* en *Potamogeton* natans geldt dat ook, maar moet de verwijderingsintensiteit veel sterker zijn.
- Overige vissen en rivierkreeften kunnen vrijwel alle submerse soorten doen verdwijnen bij zeer hoge dichtheid; met maaïen is dat lastiger te realiseren.
- Eenjarige soorten zoals *Najas* en *Zannichellia* doen het soms relatief beter dan andere ondergedoken soorten bij begrazing.
- *Chara* lijkt in vergelijkbare mate als andere submerse soorten kwetsbaar te zijn

voor verwijderen. Dat ze in werkelijkheid weinig voorkomen in vaak gemaaide systemen heeft vermoedelijk te maken met het ontbreken van concurrentie in het model; dat komt in systemen met veel waterplanten, en dus grote kans op regelmatig verwijderen, wel veel voor.

Deze conclusies zijn verwerkt in de beslisboom. De beslisboom is beschikbaar als interactieve html pagina en is opgenomen in [bijlage 5](#).

4.2.3 Toetsing quickscan

Vooralsnog is de quickscan alleen getoetst op basis van expert judgement. In de praktijk zullen er situaties voorkomen die niet kunnen worden herkend met de quickscan. Dat komt deels doordat lang niet alle soorten waterplanten die in Nederland voorkomen zijn opgenomen. Dat valt in eerste instantie op te vangen door ervan uit te gaan dat ecologisch verwante soorten mogelijk wel worden genoemd in de quickscan en daarmee verder te gaan.

Toetsing zal voornamelijk in het gebruik moeten plaatsvinden. De ontwikkelaars nodigen gebruikers uitdrukkelijk uit om situaties te melden waarmee de quickscan niet overweg kan.

Indien noodzakelijk wordt de html-versie van quickscan regelmatig geüpdatet.

H5 EVALUATIE PROJECT

A vertical green plant stem is the central focus, showing several leaves. Some leaves are healthy and green, while others are torn, shredded, or have missing tips, suggesting damage from insects or mechanical stress. The background is a soft-focus landscape with green bushes and a clear blue sky.

5.1 IS HET DOEL VAN HET PROJECT BEHAALD?

De nadruk van dit project lag op het ontwikkelen van een verwijderingsinstrument en een verwijderingsquickscan. De quickscan is ontwikkeld met behulp van het verwijderingsinstrument en aangevuld met expertkennis. Daarnaast is het verwijderingsinstrument aan een aantal uiteenlopende situaties geverifieerd. Om tot de instrumenten te komen is kennis verzameld en vastgelegd over de meest relevante eigenschappen van planten en verwijderaars. Het instrument maakt het mogelijk om een goede indruk te kunnen krijgen of verwijdering een rol van betekenis speelt voor een watersysteem. Daarnaast geeft het variëren met de parameters bij deze analyse levert bruikbare informatie over of een verandering van beheer kan leiden tot andere soorten. De quickscan vult dit aan door beheerders een snelle methode te bieden om in het veld een eerste inschatting te krijgen van het belang van verwijdering aan de hand van de aanwezige plantensoorten.

5.2 AANBEVELINGEN

5.2.1 Aanscherpen instrumenten

De huidige instrumenten zijn een goede eerste stap in het invullen van de ESF verwijdering. Echter, een aantal kanttekeningen dienen hierbij geplaatst te worden. De quickscan en verwijderingsinstrument zijn gedeeltelijk gebaseerd op expert inschattingen van verscheidenen verwijderings- en planteigenschappen. Of deze inschattingen in alle gevallen de waarheid benaderen zal in de praktijk moeten blijken door inzet van de instrumenten bij de waterbeheerders. Het is aannemelijk dat met verder gebruik een deel van de ingeschatte waarden voor soorten en machines aangescherpt dienen te worden. Verder is set van 46 soorten opgenomen in het verwijderingsinstrument en daarmee ook in de quickscan. Dit is een startpunt, maar in sommige gevallen zal deze set niet toereikend zijn voor het watersysteem. Het toevoegen van aanvullende soorten is wenselijk, hierbij dienen soorten die in de praktijk gewenst of juist ongewenst zijn prioriteit te krijgen.

5.2.2 Gebruiksvriendelijkheid instrument

Om de uitkomsten van het instrument toegankelijk te houden en vanwege beperkte tijd is gekozen om het instrument te ontwikkelen in een excelomgeving gelinkt aan een R toepassing voor rekenwerk. Deze koppeling heeft als voordeel dat de gebruiker in een bekende interface met uitkomsten en invoer kan werken. Nadeel ervan is echter wel dat deze koppeling te wensen kan overlaten in gebruikersgemak en dat de rekentijd sterk kan oplopen. Verdere ontwikkeling van een

web-interface waar de gebruiker zijn excel database kan uploaden als invoer is dan ook zeker wenselijk. Daarmee wordt ook het probleem weggenomen van installatie van het instrument, wat potentieel problematisch kan zijn als waterschappers geen toegang hebben tot bijv. R.

5.3 KOPPELING MET PCLAKE/DITCH

Het huidige instrument geeft een detaillistische inschatting van de effecten van verwijdering op individuele plantensoorten. Voor nadere analyse zou het script aangesloten kunnen worden bij of ingebouwd in bestaande instrumenten zoals de ecosysteemmodellen PCLake en PCDitch. Dat maakt dat die instrumenten rekening kunnen gaan houden met verwijdering, maar ook dat verschijnselen die nu niet zijn opgenomen, zoals concurrentie en diverse milieuv variabelen, ook kunnen worden meegewogen in de ecosysteemanalyse. Een integratie van de hier ontwikkelde kennis en ideeën in een ecosysteemmodel is dan ook wenselijk, om zo op meer integrale wijze systeemanalyses uit te kunnen voeren.

Voordelen van het ontwikkelde instrument

Het ontwikkelde instrument is sterk in het onderscheiden van vegetatielagen en dynamisch laten variëren van graasdruk en mechanische verwijdering door de tijd. De huidige implementatie van PCLake en PCDitch zijn hier minder geschikt voor. Daarnaast bevat het instrument een breed scala aan soorten die allemaal hun eigen eigenschappen hebben. PCLake bevat slechts één plantensoort en PCDitch een 5-tal.

Voordelen PCLake/PCDitch

PCLake en PCDitch zijn jarenlang ontwikkeld en gebruikt in toegepaste setting. Daarnaast zijn het modellen waarin plantengroei op een procesmatige wijze is gevangen. Planten groeien op nutriënten en licht en deze kunnen beperkend zijn. In het verwijderingsinstrument zit dit verband impliciet meegenomen, maar is dit niet inzichtelijk te maken. Daarnaast is concurrentie tussen planten en fytoplankton essentieel in de systeemanalyse. Het is immers ecologisch niet wenselijk dat vegetatie weggemaaid wordt en vervangen wordt door een algenbloei.

Mogelijkheden tot integratie

Om de hier vergaarde kennis over te zetten in PCLake en PCDitch is een uitbreiding van de modellen noodzakelijk. Wat volgt zijn de belangrijkste zaken die hierin meegenomen dienen te worden:

- 1 Het toevoegen van meer plantengroepen aan PCLake. Om concurrentie tussen plantensoorten als onderdeel van de systeemanalyse mee te nemen is deze uitbreiding wenselijk. Zoals het ontwikkelde instrument laat zien reageren planten verschillend op verwijdering en dit kan tot een verschillende uitkomst in PCLake leiden. Het werk van Luuk van Gerven laat zien dat meerdere plantensoorten samen kunnen voorkomen in PCDitch en legt daarmee een goede basis voor een PCLake uitbreiding.
- 2 Opdelen van vegetatie in lagen. PCLake en PCDitch kennen geen ruimtelijke differentiatie in vegetatie. Ons werk laat zien dat dit voor begrazing en mechanische verwijdering echter wel duidelijke meerwaarde kan bieden om dit onderscheid wel te maken.
- 3 Het toelaten van dynamische maairegimes, baggerregimes en verwijderingsdruk door de tijd. De huidige modellen hebben hierin beperkte functionaliteit en deze zou wat opgerekt moeten worden.
- 4 Koppeltabel tussen plantensoorten en PCLake en PCDitch vegetatiegroepen. Het is onaannemelijk dat 45 plantensoorten tegelijk opgenomen worden in de ecosysteemmodellen. Dit zou qua rekentijd maar ook technisch tot een onwerkbaar model leiden. Dit is echter ook niet noodzakelijk voor het doorrekenen van verschillende scenario's. Door een tabel op te stellen waarbij de in het verwijderingsinstrument opgenomen soorten gekoppeld worden aan de parameters van PCLake en PCDitch en geschikte waardes voor de parameters worden gegeven kan de gebruiker snel met verschillende soorten gaan rekenen in deze modellen. Aangezien zelden het volle scala aan 45 soorten aannemelijk tegelijk voor kan komen levert dit al vele mogelijkheden voor nadere analyse. Om de verschillende soorten te koppelen aan parametersets voor PCLake/PCDitch zou een vergelijking tussen vegetatie uitkomsten uit de modellen en eigenschappen uit de hier aangeleverde database mogelijkheden bieden.

H6 REFERENTIES



-
- Anastácio, P.M., Correia, A.M. & Menino, J.P., 2005. Processes and patterns of plant destruction by crayfish: effects of crayfish size and developmental stages of rice. *Archiv für Hydrobiologie*, **162**, pp.37–51.
- Bakker, E.S. *et al.*, 2016. Herbivory on freshwater and marine macrophytes: A review and perspective. *Aquatic Botany*, **135**, pp.18–36.
- Bal, K.D. *et al.*, 2006. The Re-growth Capacity of Sago Pondweed Following Mechanical Cutting. *Journal of Aquatic Plant Management*, **44**, pp.139–141.
- Barko, J.W. & James, W.F. (1998) Effects of Submerged Aquatic Macrophytes on Nutrient Dynamics, Sedimentation, and Resuspension. *The Structuring Role of Submerged Macrophytes in Lakes* (ed. by E. Jeppesen, M. Søndergaard, M. Søndergaard and K. Christoffersen), pp. 197-214. Springer New York, New York, NY.
- Barko, J.W. & Smart, R.M., 1986. Sediment-related mechanisms of growth limitation in submersed macrophytes. *Ecology*, **67** (5), pp.1328–1340.
- Barrat-Segretain, M.-H., Bornette, G. & Hering-Vilas-Bôas, A., 1998. Comparative abilities of vegetative regeneration among aquatic plants growing in disturbed habitats. *Aquatic Botany*, **60** (3), pp.201–211.
- Boyd, C., 1970. Amino Acid , Protein , and Caloric Content of Vascular Aquatic Macrophytes. *Ecology*, **51** (5), pp.902–906.
- Elger, A. & Barrat-Segretain, M.-H., 2002. Use of the pond snail *Lymnaea stagnalis* (L.) in laboratory experiments for evaluating macrophyte palatability. *Archiv für Hydrobiologie*, pp.669–683.
- Green, A.J., 1998. Comparative feeding behaviour and niche organization in a Mediterranean duck community. *Canadian Journal of Zoology*, **76** (3), pp.500–507.
- Grutters, B.M.C. *et al.*, 2017. Plant traits and plant biogeography control the biotic resistance provided by generalist herbivores. *Functional Ecology*, **31** (6), pp.1184–1192.
- Hendriks, P.; Schollema, P.P.; Pot, R.; Ottens, H.J.; Querner, E. & Verdonchot, R., 2016: Ruimte voor natuur bij onderhoud aan watergangen. H2O-Online / 15 februari 2016. <https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/497-ruimte-voor-natuur-bij-onderhoud-aan-watergangen>
- Hermans, A., C. Cusell & S.A. Schep (2018) Ecosysteemtoestanden voor stilstaande wateren. Witterveen+Bos, Stowa. In ontwikkeling 22-3-2018
- Hill, M.O. & Smilauer, P. (2005): TWINSPAN for Windows version 2.3. Centre for Ecology and Hydrology & University of South Bohemia, Huntingdon & Ceske Budejovice.

- Hoogers, B.J., 1966: De groeicyclus van waterplanten. Jaarb. I.B.S., Wageningen, 1966: 31-40.
- Hoogers, B.J. & H.G. van der Weij, 1971: The development cycle of some aquatic plants in the Netherlands. Proc. Eur. Weed Res. Coun. 3rd Symp. Aquatic Weeds 1971, Oxford, England. 3-18.
- Hosper, S.H. (1997) *Clearing lakes: An ecosystem approach to the restoration and management of shallow lakes in the Netherlands*. Wageningen University, Wageningen.
- Kuiper, J.J., Verhofstad, M.J.J.M., Louwers, E.L.M., Bakker, E.S., Brederveld, R.J., van Gerven, L.P.A., Janssen, A.B.G., de Klein, J.J.M. & Mooij, W.M. (2017) Mowing Submerged Macrophytes in Shallow Lakes with Alternative Stable States: Battling the Good Guys? *Environmental Management*, **59**, 619-634.
- Lodge, D.M., 1991. Herbivory on freshwater macrophytes. *Aquatic Botany*, **41** (1-3), pp.195-224.
- Meijden, R.van der, 2005: Heukels' flora van Nederland. 23^e druk, Wolters-Noordhoff, Groningen.
- Riis, T., Madsen, T. V. & Sennels, R.S.H., 2009. Regeneration, colonisation and growth rates of allofragments in four common stream plants. *Aquatic Botany*, **90** (2), pp.209-212.
- Sand-Jensen, K. & Madsen, T.V., 1991. Minimum Light Requirements of Submerged Freshwater Macrophytes in Laboratory Growth Experiments. *Journal of Ecology*, **79** (3), pp.749-764.
- Sotka, E.E. *et al.*, 2009. The emerging role of pharmacology in understanding consumer-prey interactions in marine and freshwater systems. *Integrative and Comparative Biology*, **49** (3), pp.291-313.
- Ter Braak, C.J.F. & Smilauer, P. (2002): CANOCO software for Canonical Community Ordination, version 4.5. Microcomputer Power, Ithaca.
- Thomaz, S.M., Dibble, E.D., Evangelista, L.R., Higuti, J. & Bini, L.M. (2008) Influence of aquatic macrophyte habitat complexity on invertebrate abundance and richness in tropical lagoons. *Freshwater Biology*, **53**, 358-367.
- van Altena, C., Bakker, E.S., Kuiper, J.J. & Mooij, W.M. (2016) The impact of bird herbivory on macrophytes and the resilience of the clear-water state in shallow lakes: a model study. *Hydrobiologia*, **777**, 197-207.
- Van Donk, E. & Gulati, R.D. (1995) Transition of a lake to turbid state six years after biomanipulation: Mechanisms and pathways. *Water Science and Technology*, pp. 197-206

-
- Vanni, M.J. & McIntyre, P.B., 2016. Predicting nutrient excretion of aquatic animals with metabolic ecology and ecological stoichiometry: A global synthesis. *Ecology*, **97** (12), pp.3460–3471.
- Wolkovich, E.M. & Cleland, E.E., 2011. The phenology of plant invasions: A community ecology perspective. *Frontiers in Ecology and the Environment*, **9** (5), pp.287–294.

BIJLAGEN



BIJLAGE I

BESCHRIJVING VAN DE VERWIJDERINGSMACHINES

Bij de waterbeheerders zijn een aantal onderhoudsmachines in zwang, veelal in combinaties. De meeste van deze machines zijn al decennia geleden ontwikkeld. Hier volgt een kort beschrijving en een inschatting van de belangrijkste effecten op de begroeiing.

KORFMAAIER, MAAIKORF AAN GIEK

Een maaikorf is een spijlenbak waaraan een messenbalk is gemonteerd en die meestal wordt bediend met een giek aan een trekker of een hydraulische kraan op de kant langs een watergang. De werkbreedte is maximaal 5-8 meter bij een trekker op luchtbanden, tot 20 meter bij een hydraulische kraan op rupsbanden. De maaikorf wordt al knippend over de bodem getrokken terwijl de planten in de bak worden verzameld. Het water loopt door de spijlen uit de bak en daarmee ook veel vissen en macrofauna, voor zover deze niet verstrikt raken tussen de planten. De verzamelde plantenmassa wordt op de kant gelegd door de bak te kantelen. Een werkgang omhelst een traject van 3 tot 5 meter, afhankelijk van de grootte van de bak, en maximaal van insteek tot insteek van de watergang. Er kan echter ook worden gekozen voor een minder brede werkbaan, bijvoorbeeld van waterlijn tot waterlijn of zelf daar maar een gedeelte van (baanmaaien, zoals beschreven in Hendriks et al., 2014). Doorgaans ‘voelt’ de machinist de bodem en sleept de bak ongeveer over de bodem, maar hoger dan de bodem maaien kan ook. Daartoe is er tenminste één merk kranen op de markt die een elektronische hoogte-instelling gebruik maken. Er kan echter ook zo diep mogelijk als de kracht van de machine toelaat door de bodem worden gemaaid, met de bedoeling om ook zo veel mogelijk slib mee te nemen. Dit wordt wel toegepast in de veronderstelling dat daarmee de slibaanwas wordt vertraagd.

SLOOTBAK

In sommige gebieden wordt nog wel eens gewerkt met een losse, gesloten bak die met behulp van een trekker door de sloot wordt getrokken. Feitelijk is dit meer een baggermethode dan een maaimethode, maar met de verwijdering van slib worden ook de meeste ondergedoken waterplanten verwijderd. Kroos wordt nauwelijks

verwijderd omdat het uit de bak spoelt en daarna bij afwezigheid van andere planten en opgewerveld slib een sterk concurrentievoordeel heeft gekregen.

ROTORREINIGER

Dit is een machine die met een draaiende schijf door de sloot wordt getrokken. Er zijn twee uitvoeringen: horizontaal en verticaal. De horizontale draaiende schijf maait zoals een cyclomaaier, vlak over de bodem en hakt de planten los van de bodem. De verticaal draaiende schijf heeft meestal lange tanden die vooral bedoeld zijn om los maaisel op de kant te werken, maar als deze onder water wordt gebruikt dan beschadigt de machine de ondergedoken waterplanten vooral. Beide machine hebben een werkhoogte vlak boven de bodem, maar hebben een lage verwijderingsefficiëntie.

De verticaal werkende rotorreiniger wordt in het model niet geïmplementeerd omdat het niet meer serieus wordt gebruikt voor het schonen van watervoerende sloten.

BANDHARK

Een bandhark is afgeleid van een hooimachine en bedoel om losdrijvend maaisel naar en op de kant te werken. De machine wordt meestal in combinatie met een maaibalk gebruikt, die hetzij aan een andere trekker eerst langs komt, hetzij aan dezelfde trekker is gemonteerd zodat het maaisel geen tijd heeft om te bezinken. Soms wordt de bandhark echter ook gebruikt om de waterplanten te verwijderen zonder voorafgaande maaiwerking. Dan is de machine vooral selectief in het verwijderen van zwevende of nauwelijks wortelende waterplanten zoals waterpest, hoornblad en blaasjeskruid. Wortelende waterplanten met lijnvormige bladeren profiteren hiervan het meest omdat die nauwelijks worden beschadigd. Meestal lukt het niet om de waterplanten stak over de bodem te verwijderen. In ondiep water zou dat nog kunnen, maar daar domineren helofyten al snel zodat er geen te verwijderen ondergedoken waterplanten meer kunnen groeien.

VEEGMES, VEEGBOOT

Achter een veegboot wordt een veegmes schoksgewijs aan een ketting over de bodem voortgetrokken. Zo'n veegmes is in feite een grote schoffel, bestaand uit twee smalle metalen platen die in een hoek van 100-120 graden met elkaar zijn verbonden. Op het verbindingspunt is een oog gemonteerd waaraan het over de bodem wordt voortgetrokken. De platen zijn soms met extra dwarsmessen uitgevoerd om

planten die langs het mes glijden alsnog af te snijden. Een veegmes glijdt over de bodem. In wateren met een zeer slappe bodem sleept het mes ook iets door de bodem en woelt deze dan op, maar snijdt de planten met een stevig wortelstelsel toch vrijwel altijd boven de wortels af. De werkbreedte is, afhankelijk van de lengte van de messen, tot ca. 5 meter.

VEEGMES AAN GIEK

Een veegmes wordt soms aan een giek aan een trekker gehangen. Een waterloop kan zo rijdend op de kant worden geschoffeld. De werkhoogte is over de bodem. Als de bodem zeer slibrijk is kan er ook door de bodem worden gewerkt, maar dat komt in de praktijk niet voor. De methode werkt snel en is alleen interessant in genormaliseerde stromende wateren op zandgronden met een werkp pad omdat er anders niet snel gewerkt kan worden. Het snelle werken en niet verzamelen leidt tot een hoge maaifrequentie en een dominantie van zwevende en nauwelijks wortelende soorten zoals waterpest. Daardoor ontstaat ook geen dikke sliblaag.

BOOT MET FLEXIBODEMMAAIER

Een flexibodemmaaier werkt als een veegmes, maar dan met een hydraulisch aangedreven messenbalk in plaats van een passief snijmes. Anders dan een veegmes wordt een flexibodemmaaier niet schoksgewijs, maar met een constante snelheid gesleept. De werkbreedte is ook geringer dan een veegmes. De efficiëntie van het afsnijden van een flexibodemmaaier is hoger dan van een passief veegmes.

Een flexibodemmaaier wordt meestal achter een boot toegepast, maar wordt soms aan een giek aan een trekker gehangen.

MAAIBOOT MET T-FRONTMAAIER

De meeste maaiboten zijn tegenwoordig uitgerust met een messenbalk die aan een hydraulische bediende hoogte-instelling aan de voorkant van een boot is gemonteerd. Dwars op de horizontale messenbalk is in het midden meestal ook een verticale messenbalk gemonteerd om een bevaarbare baan in de begroeiing te knippen.

De werkhoogte is instelbaar van vlak over de bodem tot enkele decimeters onder het wateroppervlak. Het maaien vlak over de bodem gebeurt meestal op de 'tast'. De hoogte bodem de bodem zou ook, gestuurd door een sonar, elektronisch kunnen worden ingesteld. Een voordeel van hoog maaien is het verminderde opwerke-

len van bodemslib, wat bij een veegboot vaak als problematische wordt gezien. De voortstuwing van de boot vergt echter meestal zo veel vermogen dat ook daardoor veel bodemslib opwervelt.

MAAIVERZAMELBOOT

Dit is een boot waarmee tegelijk wordt gemaaid en verzameld. Er bestaan twee basisuitvoeringen. De meest gangbare uitvoering in Nederland is een boot met een maaikorf op de voorkant. De hoeveelheid materiaal die kan worden verzameld is niet zo groot. Deze methode is vooral geschikt voor het verwijderen van voorname-lijk drijvende begroeiing die op korte afstand op de kant kan worden gezet, zoals van grote waternavel, parelvederkruid en waterteunisbloem. De machine morst gemakkelijk fragmenten die in een aparte werkgang met de messenbalk buiten werking (of met een aparte verzamelboot) moeten worden verzameld of die met de hand worden verzameld.

Voor situaties waarbij meer verzamelcapaciteit nodig is, is er een uitvoering met een bunker aan boord of met een aparte beunbak. Achter de maaibalk is dan over de volle maaibreedte een afvoerband aanwezig die het maaisel naar de bunker of de beunbak transporteert.

VERZAMELBOOT

Een verzamelboot heeft in feite dezelfde constructie als een maaiverzamelboot, maar dan zonder messenbak. Een verzamelboot die niet knipt kan meestal zorgvuldiger verzamelen dan een boot die ook nog knipt, althans als de planten volledig drijven. Planten die de neiging hebben te gaan afzinken kunnen efficiënter in één werkgang worden gemaaid én verzameld.

BOOMKORMAAIER

Dit is een vissersboot die (tijdelijk) is omgebouwd. Op de boomkor die naast de boot over de bodem wordt gesleept is een maaibalk aangebracht zodat waterplanten worden afgeknipt. Het net achter de kor wordt gebruikt om de waterplanten te verzamelen. Deze worden net als bij visvangst aan boord gehesen als het net vol is. De hoogte is instelbaar, de kor kan ook op een halve meter boven de bodem worden voortgesleept waarmee de onderste begroeiingslaag wordt gespaard. De methode is goed vergelijkbaar met een maaiverzamelboot, maar dan veel groter.

HYDROVENTURI

Dit is een omgebouwde baggerboot, oorspronkelijk gemaakt om bagger op te zuigen. Hierbij is de pomprichting omgedraaid zodat de lans water spuit in plaats van bagger opzuigt. De lans is uitgerust met een sproeikop om het water in een horizontaal vlak breed in de bodem te spuiten. Waterplanten raken ontworteld omdat de bagger wordt weggespoten en komen (vrijwel) intact boven drijven. Verwijdering is daarna mogelijk met een verzamelboot, in smalle wateren eventueel met maaikorf.

HARKBOOT

Dit is een omgebouwde ploegboot, oorspronkelijk bedoeld om bagger uit moeilijk toegankelijk plaatsen te verplaatsen naar dieper water. De boot is uitgerust met een grote hark in plaats van een bak. De hark wordt door de bodem getrokken. Waterplanten raken ontworteld en komen (afhankelijk van de soort al dan niet grotendeels) intact boven drijven. Verwijdering is daarna mogelijk met een verzamelboot, in smalle wateren eventueel met maaikorf.

BAGGERPOMP

Dit is een pomp die bagger direct van de bodem zuigt en via een slang of buis afvoert. Op een boot toegepast is de pomp aan boord geplaatst en wordt de bagger opgezogen met een stuurbare buis die voor de boot uitsteekt (lans). De pomp kan ook aan een trekker zijn gemonteerd en dan worden toegepast in (smallere) sloten. De bagger wordt dan meteen over het aanliggende land gespoten.

OPENBAK

Hierbij wordt elke graafmachine bedoeld die wordt ingezet om bagger te verwijderen. Doordat de bak open is wordt vooral de dikkere bagger verwijderd. De bovenste dunne laag, die goed met een baggerpomp kan worden weggezogen, kan in een open bak juist nauwelijks verzameld worden.

GESLOTEN BAK

Dit is een graafbak die onder water kan worden gesloten, meestal uitgevoerd als knijperbak: twee bakken die hydraulisch bedoeld naar elkaar toe bewegen, waardoor de bagger er tussen wordt opgesloten. Net als met een open bak wordt vooral de stevige bagger ermee verwijderd, maar er spoelt iets minder van de dunnere bagger terug dan uit een open bak.

SCHUIF

Soms wordt bagger niet ter plaatse uit het water gehaald, maar eerst naar een dieper gedeelte geschoven of naar een gedeelte dat voor een baggerboot of kraan beter bereikbaar is. Het effect van verwijderen kan over het grootste deel van het watersysteem worden bepaald door zo'n schuif, als het daadwerkelijk verwijderen uit het systeem slechts zeer lokaal plaatsvindt. Als de schuif als hulpmiddel direct aan een baggerpomp is gemonteerd dan is de uitwerking vergelijkbaar met die van een baggerpomp alleen, maar vaak wat efficiënter.

BIJLAGE II

BESCHRIJVING VAN DE GRAZERS

Voor bepaling van de grazers is uitgegaan van groepen grazers die de waterbeheerders veelal aan kunnen treffen in hun watersystemen. Deze grazers kunnen daardoor relevant zijn voor het verwijderen van plantensoorten en het bepalen van de plantengemeenschap die in het veld wordt aangetroffen. Voor elke groep wordt een maand aangegeven waarin de aantallen en activiteit maximaal geacht wordt en het aantal individuen dus het best kan worden ingeschat (telmoment).

EENDEN

Eenden zijn veelvoorkomend in de watersystemen in Nederland. De meeste eenden soorten zijn niet strikt herbivoor maar juist omnivoor. Daarnaast eten ze niet alleen in het water maar ook veelal op het land. Hierbij worden veelal zaden en landplantendelen gegeten. De eend graast veelal in de bovenste waterlaag waarbij de losdrijvende en hoge vegetatie wordt opgegeten samen met waterdiertjes. De gewone eend is geen goede duiker en zal het gros van de lage plantendelen en ondergrondse delen ongemoeid laten. De eenden populatie in Nederland wordt tijdens de wintermaanden aangevuld met individuen uit de meer noordelijke landen terwijl in de zomermaanden uit zuidelijkere landen eenden naar Nederland trekken

Telmoment: november-december

MEERKOETEN

De meerkoet is een van de meest voorkomende strikt herbivore watervogels die primair leeft op waterplanten. Deze soort kan in grote getalen voorkomen op plas- en meren waarbij de emergente zone als broedplaats dient. De meerkoet eet vooral van de ondergedoken planten en is een goede duiker die ook de lagere delen van de vegetatie gemakkelijk kan weg grazen. Hoewel de meerkoet meestal niet gezien wordt als een trekvogel wordt de Nederlandse populatie vooral tijdens de wintermaanden sterk aangevuld met meerkoeten uit noordelijker landen.

Telmoment: september

GANZEN

Nederland kent vele soorten ganzen die allemaal hun eigen trekgedrag en eetgedrag vertonen. Over het algemeen zijn ganzen niet uit op waterplanten, maar eten ze van de graslanden in de buurt van het water. Vooral de emergente delen van planten worden vanuit de veiligheid van het water wel sterk begraast. Dit leidt tot kenmerkende ‘rietstoppels’, afgekloven stengels van riet of andere emergente soorten die tot vlak boven het water zijn afgekloven door ganzen. Naast boven het water uitstekende delen worden ook wortelstokken door ganzen begraast als voedsel schaars is. Een groot deel van de ganzen in Nederland trekt in het voorjaar weg, waardoor de zomerpopulatie een stuk kleiner is dan de winterpopulatie.

Telmoment: november-januari

KNOBBELZWANEN

Hoewel de knobbelzwaan door zijn territoriumgedrag vaak niet in hele hoge getallen voor komt is dit wel een van de grootste watervogels in Nederland. Door zijn grootte graast deze soort dan ook een stuk meer dan de andere watervogels per individu. De knobbelzwaan is in staat om zowel emergente als ondergedoken planten sterk weg te grazen en ook wortelstokken willen zo nu en dan nog wel eens gegeten worden. Tijdens zachte winters blijven knobbelzwanen vaak in hun territorium, maar tijdens strengere winters vindt trek richting het zuiden wel plaats. Grote groepen onvolwassen dieren kunnen tijdens het voorjaar in grote groepen samen voorkomen.

Telmoment: september-januari

KLEINE ZWANEN

De kleine zwaan is het schoolvoorbeeld van een wintergast in Nederland. Deze vogel komt uitsluitend in de wintermaanden voor in Nederland en is op zijn piek in november tot januari. De kleine zwaan eet tijdens deze periode van akkers, maar ook van ondergrondse delen van planten. De tubers van de fonteinkruiden zijn hiervan een veel bestudeerd voorbeeld. Deze soort kan ondergrondse delen voor een groot deel weg eten.

Telmoment: november-januari

RIVIERKREEFTEN

Bijna alle rivierkreeften die in Nederlandse wateren gevonden worden zijn exoten. Deze groep is vooral bekend van de Amerikaanse rivierkreeft die bij nat weer over velden, tuinen en straten rent. De rivierkreeft is relatief klein en eet per individu niet veel maar kan wel in grote getalen voorkomen. Deze groep eet voornamelijk ondergedoken vegetatie en brengt daarbij veel nevenschade aan waterplanten. Veel planten worden afgeknipt zonder dat deze geconsumeerd worden door de kreeft. De rivierkreeft is koudbloedig en is hierdoor tijdens de wintermaanden slechts beperkt actief. De rivierkreeft is qua gewicht en waarschijnlijk qua graaseigenschappen redelijk vergelijkbaar met de wolhandkrab.

Telmoment: augustus-september

GRASKARPERS

De graskarper is een vissoort die historisch als biologisch beheer is ingezet om overlast door planten te beperken. Het is echter gebleken dat dit niet altijd het gewenste effect met zich mee heeft gebracht aangezien de graasdruk van de karpers erg hoog kan liggen en ze in staat zijn om planten volledig weg te grazen. Hoewel niet strikt herbivoor bestaat een groot deel van het dieet van de graskarper uit planten als deze aanwezig zijn. Bij gebrek aan planten door overbegrazing is de soort echter goed in staat om zich lange tijd te handhaven in het watersysteem, waardoor opkomende planten onmiddellijk weer weggegeten kunnen worden. Zoals alle vissen zijn graskarpers koudbloedig waardoor ze in de wintermaanden minder actief zijn.

Telmoment: juni-september

OVERIGE VIS

De meeste vissen zijn omnivoor, waarbij het aandeel aan planten in het dieet sterk afhankelijk lijkt te zijn van temperatuur. Dit betekent voor het Nederlandse klimaat dat planten niet het hoofdbestanddeel van het dieet van de meeste vissoorten vormt. Bij het zoeken naar voedsel zullen de meeste vissen echter wel planten beschadigen. Zeker de benthivore vis zal door zijn woelgedrag grote schade kunnen toebrengen aan planten door ontworteling van waterplanten. De mate van beschadiging varieert hierbij sterk tussen vissoorten. Vissen zijn koudbloedig waardoor ze in de wintermaanden minder actief zijn.

Telmoment: augustus-september

BEVERS

Hoewel lang gezien als een natuurdoel heeft de bever in delen van Nederland een dichtheid bereikt dat zijn graasgedrag effect gaat hebben op plantengroei in het watersysteem. Daarnaast zijn de beverrat en muskusrat, nauwe verwanten van de bever, al jarenlang een probleem in de Nederlandse wateren. De bever is in staat om grote hoeveelheden emergente drijvende en ondergedoken waterplanten weg te eten. Echter, doordat de bever zich tijdens de winterperiode schuil houdt in zijn burcht komt deze begrazing het meest tot uiting tijdens de zomerperiode. De grazeigenschappen van de bever verschilt beperkt van die van de beverrat en muskusrat waardoor de bever bruikbaar is als modelsoort voor deze andere soorten. Hierbij dient wel rekening gehouden worden met het gewichtsverschil tussen de soorten; het gewicht van één bever (20 kg) is het equivalent van 3 beverratten (6 kg) en 14 muskusratten (1.5 kg).

Telmoment: juli-september

GROTE GRAZERS OP DE OEVER

Begrazing vanaf de oever door grote grazers (schapen, koeien, paarden) is vooral voor emergente planten een probleem. Deze oevervegetatie wordt soms volledig weggegeten. Ook drijvende en tot dicht onder het wateroppervlak rijkende ondergedoken planten kunnen incidenteel begraasd worden. Het gros van de consumptie van de grote grazers vindt plaats op de het land, waardoor de consumptie per dag aan waterplanten relatief gezien laag ligt t.o.v. hun energiebehoefte. Echter, doordat dit vaak grote dieren zijn kan dit nog steeds een aanzienlijke impact hebben op de oevervegetatie. Dit is echter sterk afhankelijk van de toegang van de grazers tot de oever en het water. Aanwezigheid van hekken kan deze begrazing tot een minimum beperken. De activiteit van deze groep is sterk afhankelijk van het gehanteerde beweidingsregime. In natuurgebieden zou jaarrond beweide kunnen worden terwijl in de meeste agrarische bedrijven beweiding alleen in de lente en zomerperiode plaats vindt.

Telmoment: dichtheid opvragen bij landeigenaar samen met beweidingsregime

POELSLAKKEN

De poelslak komt in bijna alle wateren in Nederland voor. Het is niet de eerste soort waar vaak aan gedacht wordt bij begrazing, maar de poelslak is in staat om

de meeste ondergedoken planten te begrazen. Volledige verwijdering van planten is echter niet aannemelijk. De poelslak zal op zichzelf dan ook niet snel leiden tot gehele verwijdering van een soort. In combinatie met andere grazers of mechanische verwijdering kan de aanwezigheid van deze grazer echter wel limiterend worden voor bepaalde soorten. Als een groot aantal poelslakken gevonden wordt op locatie kan het zinvol zijn om deze soort in analyses op te nemen. De poelslak is koudbloedig en daardoor zeer beperkt actief in de winterperiode.

Telmoment: mei-september

INSECTEN

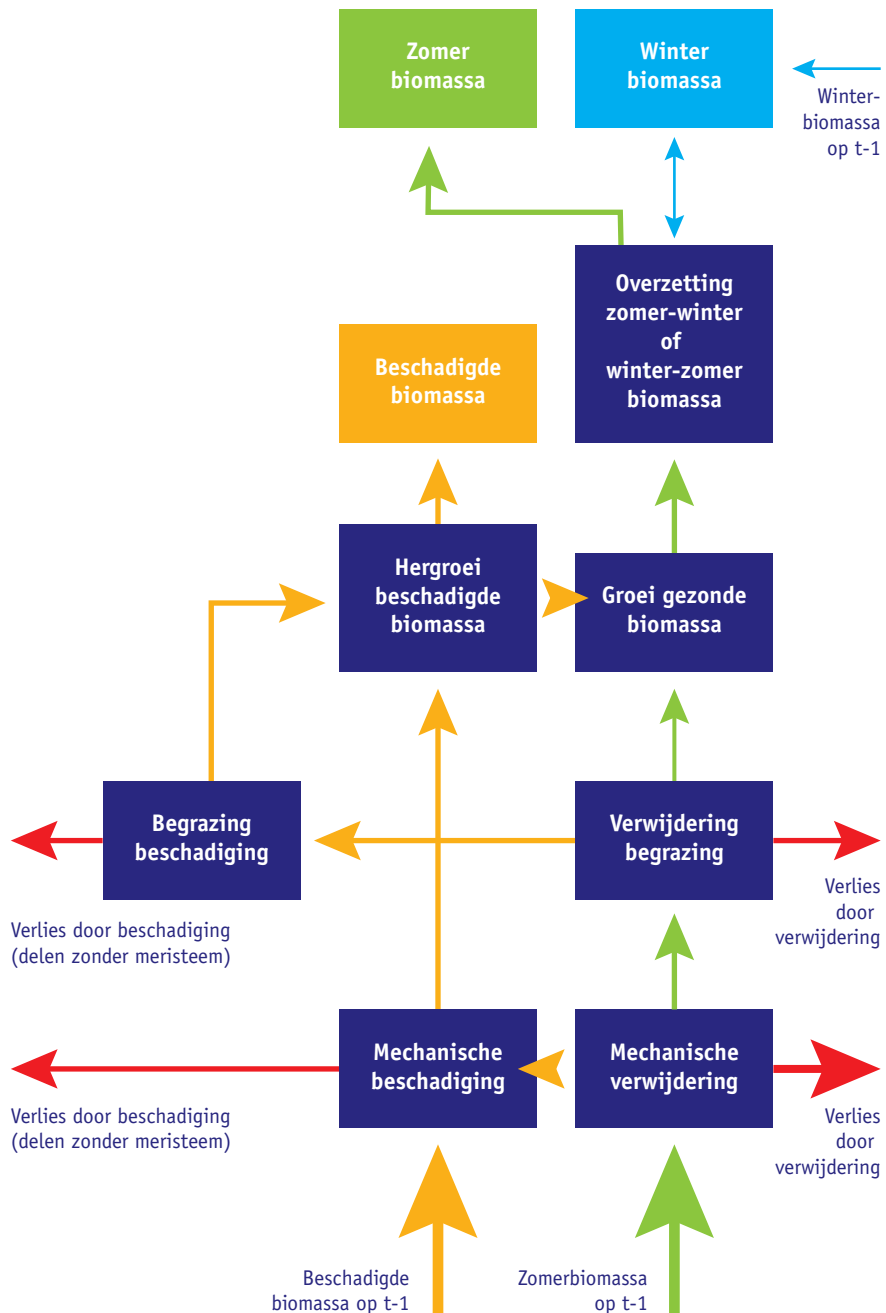
Hoewel insecten niet direct in het instrument zijn opgenomen is het voor sommige plantensoorten en sommige systemen waardevol om deze groep in ogenschouw te nemen. De meeste insecten zijn specifieke grazers op één of enkele soorten. Als voorbeeld kan het Waterleliehaantje (*Galerucella nymphaeae*) genomen worden, deze eet enkel van waterlelies (*Nymphaea alba*) en gele plomp (*Nuphar lutea*). Als deze soort aanwezig is kan dit dus leiden tot een watersysteem waar gele plomp terwijl andere soorten hier geen hinder van ondervinden. Hoewel deze specialistische grazers niet direct in het instrument zijn opgenomen kan het in sommige situaties waardevol zijn om ze in de interpretatie van gegevens uit het veld wel mee te nemen in het bepalen van de ESF.

BIJLAGE III

ILLUSTRATIE VAN BIOMASSAVERANDERINGEN BINNEN EEN ENKELE TIJDSTAP IN HET BUDGETMODEL/HET VERWIJDERINGSINSTRUMENT

Schematische weergave van veranderingen in biomassa in de verschillende compartimenten en doorlopen processen binnen een enkele tijdstap van het verwijderingsinstrument. Veranderingen in de totale poel aan biomassa zijn weergegeven in groen voor gezonde zomerbiomassa, in geel voor beschadigde biomassa weergegeven, in blauw voor winterbiomassa en in het rood zijn verliesposten van biomassa uit het model weergegeven. Uitwisseling tussen zomer en winterbiomassa kan beide kanten op verlopen (dubbele blauwe peil) afhankelijk van de groeiperiode (start vegetatieve groei; winterbiomassa >> zomerbiomassa, reproductieve periode: zomerbiomassa >> winterbiomassa).

.....



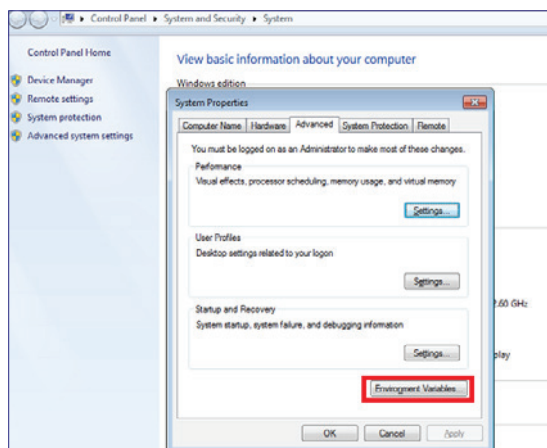
BIJLAGE IV GEBRUIKERSHANDLEIDING VERWIJDERINGSINSTRUMENT

INSTALLATIE

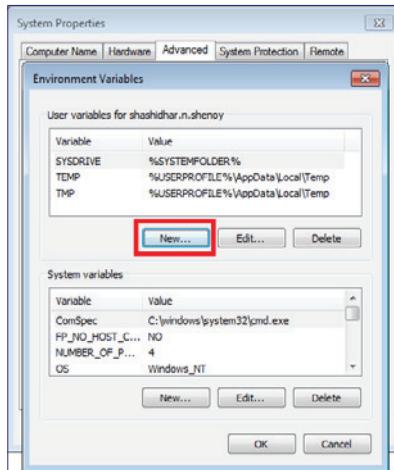
Het instrument bestaat uit een tweetal scripts (*.R bestanden) en een database (.xslm bestand). Deze drie bestanden dienen in dezelfde map bij elkaar geplaatst te worden. Voorafgaand aan gebruik dient eerst de softwareomgeving R op de computer te worden geïnstalleerd. Deze is vrij beschikbaar voor iedereen van: <https://cran.r-project.org/bin/windows/base/>.

Om R aan te kunnen roepen vanuit excelmacro's is het noodzakelijk dat het pad naar R opgenomen is in het systeem pad. Bij installatie wordt gevraagd of R aan het systeem pad (system path) moet worden toegevoegd. Als dit is aangevinkt werkt het instrument meteen. Als dit niet is gebeurd moet de gebruiker dit handmatig toevoegen aan het systeem pad. Volg daarvoor instructies zoals hier beschreven:

- 1 Zoek de directory op waarin R is geïnstalleerd en R.exe en Rscript.exe worden gevonden (bijv. C:\Program Files\R\R-2.15.3\bin\x64). Kopieer deze directory naar het klembord.
- 2 Ga naar: Control panel -> Sytem and Security -> System -> Advanced system settings (linker kant van het scherm)
- 3 Ga naar de tab Advanced en klik op Environmental Variables



- 4 Voeg een nieuwe variabele toe onder 'User variables' door op 'New' te klikken
- 5 Tik in het veld 'Variable Name' de tekst 'PATH'
- 6 In het veld 'Variable Value' plak je de locatie van stap 1 (bijv. C:\Program Files\R\R.2.15.3\bin\x64)



- 7 Klik ok totdat alle dialogovensters gesloten zijn
- 8 Als test: open command prompt en tik Rscript en druk op ENTER. Je ziet dan:

```
C:\windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Version 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\shashidhar>Rscript
Usage: /path/to/Rscript [-options] [-e expr] file [args]

options accepted are
--help           Print usage and exit
--version       Print version and exit
--verbose       Print information on progress
--default-packages=list
Where 'list' is a comma-separated set
of package names, or 'NULL'
or options to R, in addition to --save --no-restore, such as
--save          Do save workspace at the end of the session
--no-environ    Don't read the site and user environment files
--no-site-file  Don't read the site-wide Rprofile
--no-init-file  Don't read the user R profile
--restore       Do restore previously saved objects at startup
--vanilla       Combine --no-save, --no-restore, --no-site-file
--no-init-file and --no-environ

'file' may contain spaces but not shell metacharacters
```

Na installatie van R dient de database zelf geopend te worden. Dit excel bestand dient als de user interface waar op het control tabblad de instellingen opgegeven dienen te worden. Bij het openen van het bestand wordt, afhankelijk van excel instel-

.....

lingen, in een balk bovenaan het scherm aangegeven dat het bestand macro's bevat en deze zijn uitgeschakeld. Schakel de macro's in voor gebruik van het instrument.

GEbruikersinvoer

Nadat installatie instructies zijn doorlopen kan het instrument worden ingevuld. Dit begint op het 'Control' tabblad. Dit tabblad bevat een aantal instellingen die via drop down menu's en directe invoer van getallen door de gebruiker worden gespecificeerd.

Het eerste tabblad (control, [figuur B4.1](#)) van het Excel-spreadsheet bevat alle mogelijkheden tot instellen van de berekeningen:

- enkele algemene systeemkenmerken zoals bodemrijkdom en waterbreedte.
- welke plantensoorten bij de berekeningen moeten worden betrokken.
- welke mechanische verwijderingsmethoden op welke tijdstippen worden ingezet
- welke grazers aanwezig zijn in welke dichtheden

Stap 1: De bodemrijkdom kan 'hoog' en 'laag' zijn; dat werkt door in de groeisnelheid van de plantensoorten. Het aantal rekenkernen heeft invloed op de snelheid van het rekenen (de processor van de pc moet wel over zo veel rekenkernen beschikken). Snelheid gaat ten koste van de mogelijkheid andere programma's op dezelfde pc te gebruiken. Bij gebruik van meerdere rekenkernen kan de Windows firewall vragen om toestemming om R meerdere processen te laten openen. Klik als deze melding verschijnt op 'ja'.

Stap 1a: Selecteer de soorten die meegenomen worden in de analyse door 'ja' aan te geven achter de soort. Neem bij voorkeur alleen de soorten die daadwerkelijk in het watersysteem voorkomen of worden verwacht mee in de analyse. Meer soorten selecteren gaat ten koste van de rekensnelheid.

Stap 2: Het is mogelijk tot 4 verschillende machine verwijderingsmethoden in te stellen op een willekeurig aantal dagen per jaar. Een niet-repeterende methode wordt alleen het eerste jaar uitgevoerd. De opgenomen verwijderingsmethoden staan in detail beschreven in [bijlage 1](#) van het verslag behorende bij dit instrument.

Stap 3: Vul het maximaal aantal individuen in dat per hectare in het watersysteem

aanwezig was. Hiervoor is aan te raden om het aantal individuen in te schatten op het telmoment dat is aangegeven in [bijlage 2](#) van het verslag behorende bij dit instrument.

Stap 4: Gebruik de knop om het script te starten. Het spreadsheet wordt dan gesloten, het r-script wordt gestart en het resultaat wordt in Excel geopent.

FIG B4.1 INSTELLINGEN IN HET TABBLAD 'CONTROLE'

STAP 1A BASISSETTINGS MODEL

Voer hier de basisinstellingen van het systeem in

BODEMRIJKDOM	HOOG
Aantal jaren door te rekenen	5
Aantal rekenkernen	4

STAP 1B SELECTIE VAN SOORTEN

Laat alleen onderstaande soorten berekenen

ACORUS CALAMUS	KALMOES	NEE
Azolla filiculoides	Grote kroosvaren	nee
Berula erecta	Kleine watereppe	nee
Callitriche obtusangula	Stomphoekig sterrenkroos	ja
Ceratophyllum demersum	Grof hoornblad	ja
...etc.		

STAP 2 MECHANISCHE VERWIJDERING TIJD SERIES

Voer hier de momenten in waarop de mechanische verwijdering plaats

Selecteer in onderstaande cellen de verwijderingsmethode en verwijderingshoogte (H=hoog (50 cm in de waterkolom), L=laag (vlak boven de bodem) , B=bodem (door de bodem heen, waarbij ook wortels worden geraakt)

Geef vervolgens het dagnummer aan waarop dit beheer plaats vindt en zet een 1 bij de betreffende maaimethode

Repetierend beheer		ja	nee
Percentage beheerd gebied		75	99
DATUM	DAG	MAAIEN: KORFMAAIER B	BAGGEREN: BAGGERPOMP B
30-jan	30		
19-feb	50		
11-apr	101	1	
30-mei	150		
29-jun	180	1	
7-okt	280		1
15-mei	500		

STAP 3 GRAZERS IN HET WATERSYSTEEM

Voer hier het aantal grazers in het watersysteem

Eenden	0,00	# individuen/ha
Meerkoeten	0,00	# individuen/ha
Ganzen	0,00	# individuen/ha
Knobbelzwanen	0,00	# individuen/ha
Kleine Zwanen	0,00	# individuen/ha
Rivierkreeften/Wolhandkrabben	0,00	# individuen/ha
Graskarpers	0,00	# individuen/ha
Overige vis	0,00	# individuen/ha
Bevers/muskusratten	0,00	# individuen/ha
Grote grazers op de oever	0,00	# individuen/ha
Insecten	0,00	# individuen/ha
Poelslakken	0,00	# individuen/ha

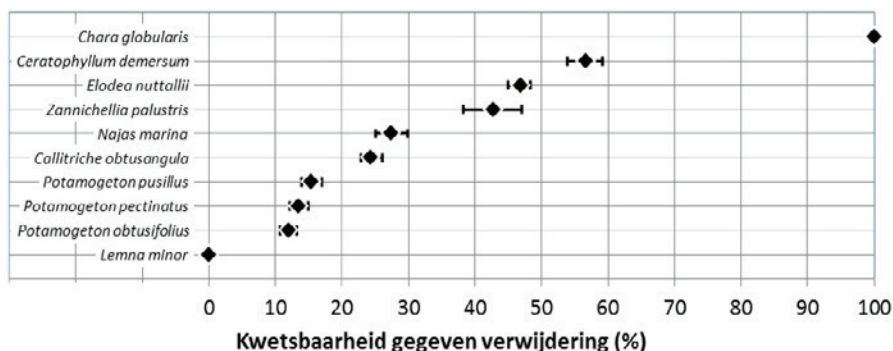
RESULTATEN

Resultaten van het instrument worden weergegeven in een nieuw aangemaakt excelbestand. Dit bestand heeft de naam van de inputdatabase met daarachter ‘_Output’. De outputdatabase bevat ter referentie het ‘Control’ tabblad zodat de gebruiker de instellingen kan nalopen die tot het gevonden resultaat hebben geleid.

Als eerste resultaat wordt op het ‘Control’ tabblad de kwetsbaarheid van geselecteerde soorten voor de gekozen verwijderingsdruk getoond (figuur B4.2). Het diagram met kwetsbaarheid van de soorten geeft een punt weer en een betrouwbaarheidsbalk. De punten worden berekend als de gemiddelde biomassa in het laatste jaar ten opzicht van de maximaal haalbare biomassa van de soort. Dat wordt per dag uitgerekend, de groeicurves die de soorten vertonen worden dus vergeleken met de groeicurves van dezelfde soort bij geen verwijdering. De betrouwbaarheidsbalk geeft de 95% betrouwbaarheid aan van de afwijking van de groeicurve bij geen verwijdering. Bij éénmalige ingrepen kan de ontwikkeling dus flink lager liggen dan zonder verwijdering (hoge kwetsbaarheid), terwijl het ontwikkelingspatroon wel het zelfde is (korte betrouwbaarheidsbalken). Bij wisselde verwijdering en bij begrazing kan het ontwikkelingspatroon juist heel sterk afwijken van die bij geen verwijdering.

FIG B4.2 KWETSBAARHEID VAN VERSCHILLENDE SOORTEN

Voorbeeld van de weergave van de kwetsbaarheid van verschillende soorten op het ‘Control’ tabblad van de output database.



Op het tabblad 'SoortResultaten' vindt de gebruiker een draaitabel met figuren over de biomassaontwikkeling door de tijd. Deze draaitabel laat de gebruiker toe om gemakkelijk verschillende soorten te bekijken via een filter (figuur B4.3). Het diagram met de ontwikkeling per soort geeft veel informatie waarom een soort wel of geen hoge kwetsbaarheid heeft. In het diagram is duidelijk te zien op welk tijdstip de effecten het grootst zijn en hoe veel mogelijkheden de soort heeft om te herstellen. Daarnaast is op het tabblad ook te zien hoe de biomassa verdeling van de soort veranderd door de tijd (figuur B4.4). Door deze verdeling te bestuderen wordt duidelijk welke plantendelen bovengemiddeld worden verwijderd.

FIG B4.3 TIJDSERIE VAN BIOMASSA IN DE VERSCHILLENDE COMPARTIMENTEN

Voorbeeld van een tijdserie van biomassa in de verschillende compartimenten. Met het rode vak is de filterknop aangeduid waarmee de gebruiker in staat is om verschillende soorten te selecteren.

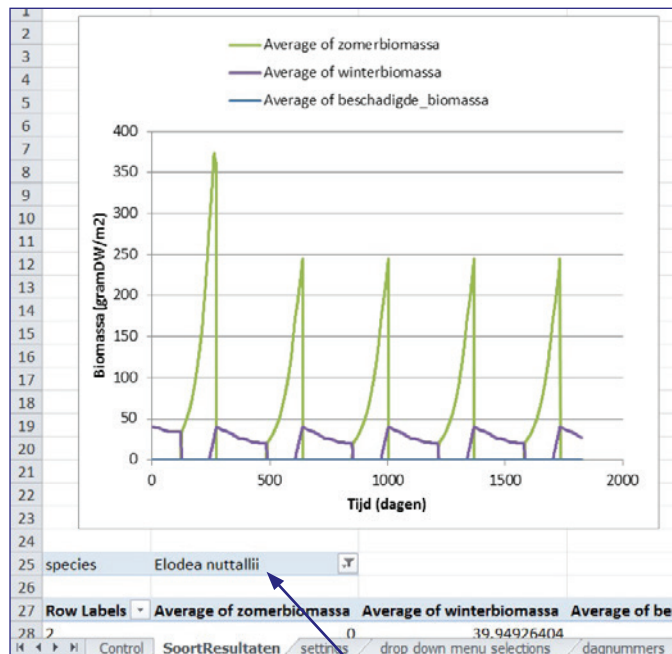
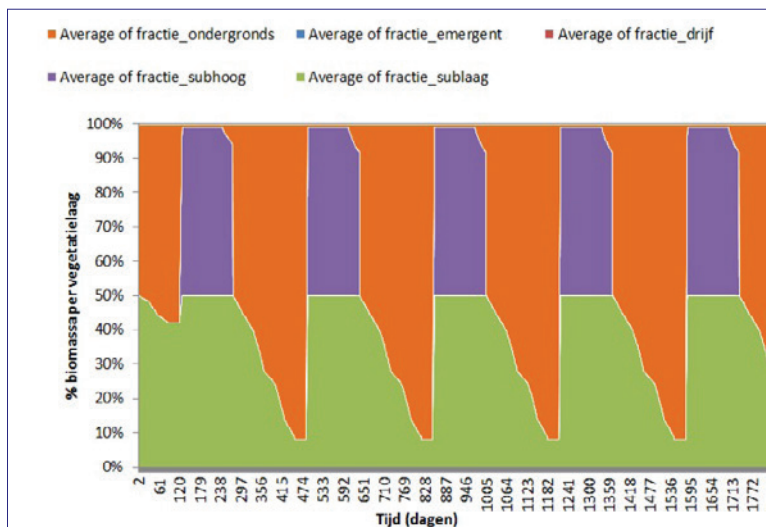


FIG B4.4 BIOMASSA IN DE VERSCHILLENDE PLANTENLAGEN

Voorbeeld van een tijdserie die toont hoe de biomassa in de verschillende plantenlagen verandert onder invloed van verwijdering.



DISCLAIMER

Deze handleiding is apart beschikbaar bij het instrument en kan in de tussentijd zijn geüpdatet. Het verwijderingsinstrument is met grote zorgvuldigheid door NIOO-KNAW, AKWA en Roelf Pot Advies gebouwd. De brondata van de applicatie is gebaseerd op wetenschappelijke literatuur, grijze literatuur en expertkennis zoals aangegeven in de database. NIOO-KNAW, AKWA en Roelf Pot Advies zijn niet verantwoordelijk voor eventuele fouten bij de implementatie. Bij vragen of problemen kunt u contact opnemen met Sven Teurlincx (s.teurlincx@nioo.knaw.nl) of Roelf Pot.

BIJLAGE V QUICKSCAN

De vragenlijst van deze quickscan is deels gebaseerd op een groot aantal runs met het verwijderingsinstrument waarbij veel voorkomende scenario's en uitersten werden berekend. Alle uitkomsten van de runs zijn geclusterd en geordend, maar ook zijn er door directe vergelijking van de verschillende scenario's conclusies getrokken. Aanvullend is expert judgement toegepast. De eerste vragen die de gebruiker worden voorgelegd zijn opgesteld om direct aan te sluiten bij de recent ontwikkelde ecosysteemtoestanden (Stowa, 2018). Vragen op hetzelfde niveau zijn alternatieven en sluiten elkaar uit, bij bevestiging van een alternatief verdergaan met de direct eronder aangegeven vraag. Indien de gebruiker een driehoekje aantreft is een einduitkomst bereikt.

De betekenis van de codes achter de uitkomst is als volgt:

0 = verwijdering nvt,

1 = verwijdering komt voor maar niet van belang

2 = verwijdering mogelijk oorzaak van geringe kwaliteit begroeiing

3 = verwijdering waarschijnlijk oorzaak van geringe kwaliteit begroeiing

VRAGENREEKS

- **Geen waterplanten of zeer spaarzaam**
 - Troebel water
 - >> ESF Productiviteit water, ESF Lichtklimaat, ESF Habitatgeschiktheid, ESF Organische belasting en/of ESF Toxiciteit zijn waarschijnlijk beperkend (0)
 - Helder water
 - Grote aantallen watervogels of rivierkreeften aanwezig
 - >> begrazing waarschijnlijk reden voor (vrijwel) ontbreken van waterplanten (3)
 - Geen grazers bekend
 - >> verwijdering is niet van belang, mogelijk ESF Toxiciteit (0)

- **Een of enkele soorten samen meer dan 50% bedekking**

- Kroosdek (Lemna of Azolla)
 - Verder geen of nauwelijks waterplanten
- Rivierkreeften of wolhandkrabben aanwezig
 - >> begrazing mogelijk reden voor schaarste aan waterplanten (2)
- Geen grazers bekend, eventueel wel veel bentivore vis
 - >> ESF Productiviteit water en ESF Lichtklimaat zijn waarschijnlijk beperkend (1)
- Onder het kroosdek ook waterpest of grof hoornblad
 - >> twee keer per jaar of vaker volledig slootschonen, eventueel in combinatie met regelmatig baggeren, beperkt de soortenrijkdom (3)
- Sporadisch ook kleine watereppe, mannagras, gele waterkers
 - >> jaarlijks laat in het seizoen slootschonen beperkt de soortenrijkdom, grazers zijn mogelijk aanwezig maar waarschijnlijk niet relevant, maar ESF Productiviteit water en ESF Lichtklimaat zijn waarschijnlijk mede beperkend (2)
- Drijfbladplanten domineren
 - Gele plomp, Witte waterlelie, Krabbenscheer
 - >> Verwijdering kan reden zijn voor beperkte soortenrijkdom omdat andere soorten kwetsbaarder zijn daarvoor(2); er wordt waarschijnlijk niet gebaggerd of door de bodem gemaaid
 - Drijvend fonteinkruid, Watergentiaan
 - >> Verwijderen is waarschijnlijk geen reden voor beperkte soortenrijkdom (1)
 - Sterrenkroos, waterranonkel, groot blaasjeskruid
 - >> Laat schonen (3)
 - Kikkerbeet
 - >> Vermoedelijk soortenarm door meermaals per jaar maaien of baggeren (3)
- Submerse soorten domineren
 - Smalle waterpest, tener fonteinkruid, haarfonteinkruid, ongelijkbladig vederkruid, waterwaaier
 - >> regelmatig maaien is waarschijnlijk de reden voor soortenarmoede, of houd deze in stand (3)
 - Aarvederkruid, schedefonteinkruid, glanzig fonteinkruid, gekroesd

fonteinkruid, zannichellia, grof hoornblad

>> mogelijk is matige verwijderingsdruk oorzaak voor soortenarmoede (2)

- Groot nimfkruid of zannichellia

>> verwijdering van andere soorten door watervogels kan een reden zijn voor dominantie van deze soorten (2)

- Kranswieren

>> verwijdering speelt waarschijnlijk geen rol van betekenis, maar als er verwijderd wordt dan waarschijnlijk hoog maaiend (2)

- Draadalgen

>> intensieve verwijderingen door watervogels in de winter kan een reden zijn, in combinatie met ESF Lichtklimaat en ESF Organische belasting (2)

- Amfibische soorten domineren

- Pijlkruid, kleine egelskop

>> regelmatig maaien in het verleden heeft deze soorten in het verleden mogelijk kansen gegeven te vestigen, regelmatig matig verwijderen leidt tot instandhouding van deze soorten (3)

- Grote waternavel, parelvederkruid, watercrassula, waterteunisbloem

>> verwijding kan een sleutelfactor zijn, deze soorten zijn zeer goed bestand tegen regelmatig verwijderen (2)

- Veenwortel, Witte waterkers

>> over de bodem maaien en baggeren bevordert deze soorten, maar ook andere factoren kunnen de oorzaak van het dominant voorkomen zijn. (2)

- Helofyten soortenarm tot in het water

- Riet of lisdodden

>> Verwijdering is waarschijnlijk geen relevante factor (1)

- Rietgras of grote egelskop

>> Rond de waterlijn maaien, eens per jaar, beperkt mogelijk de soortenrijkdom (2)

- Liesgras, waterteunisbloem

>> Rond de waterlijn maaien, minstens 2 x per jaar, beperkt de soortenrijkdom, terwijl deze soorten goed tegen maaien kunnen (3)

- Andere soorten

>> Verwijdering is waarschijnlijk geen relevante factor (1)

-
- **Gevarieerde begroeiing met waterplanten**
 - Geen ruimtelijke patronen
 - Rijke bodem
 - >> Verwijdering draagt mogelijk bij aan instandhouding van soortenrijkdom (2)
 - Arme bodem
 - >> Verwijdering speelt geen rol van betekenis (1)
 - Zonering naar diepte
 - >> Beschouw de zones apart

De quickscan is ook als HTML-pagina beschikbaar en aangepast voor gebruik op een smartphone. Deze versie kan worden geüpdatet indien noodzakelijk.

BIJLAGE VI RESULTATEN GEBRUIKT VOOR HET OPSTELLEN VAN DE QUICKSCAN

CCA AFKORTINGEN

Overzicht van soorten en codering die in de plots van de CCA analyse wordt gebruikt.

Acorus calamus	ACORCALA
Azolla filiculoides	AZOLFILI
Berula erecta	BERUEREC
Callitriche obtusangula	CATROBTU
Ceratophyllum demersum	CEHYDEME
Chara globularis	CHARGLOB
Crassula helmsii	CRASHELM
Eleocharis acicularis	ELEOACIC
Elodea nuttallii	ELODNUTT
Glyceria fluitans	GLYCFLUI
Glyceria maxima	GLYCMAXI
Hottonia palustris	HOTTPALU
Hydrocharis morsus-ranae	HYROMORA
Hydrocotyle ranunculoides	HYCORANU
Juncus articulatus	JUCUARTI
Lemna minor	LEMNMINO
Ludwigia grandiflora	LUDWGRAN
Myriophyllum aquaticum	MYIOAQUA
Myriophyllum heterophyllum	MYIOHETE
Myriophyllum spicatum	MYIOSPIC
Najas marina	NAJAMARI
Nasturtium microphyllum	NASTMICR
Nuphar lutea	NUPHLUTE

Nymphaea alba	NYMPALBA
Nymphoides peltata	NYHOPELT
Persicaria amphibia	PERSAMPH
Phalaris arundinacea	PHALARUN
Phragmites australis	PHRAAUST
Potamogeton crispus	POTACRIS
Potamogeton lucens	POTALUCE
Potamogeton mucronatus	POTAMUCR
Potamogeton natans	POTANATA
Potamogeton obtusifolius	POTAOBTU
Potamogeton pectinatus	POTAPECT
Potamogeton perfoliatus	POTAPERF
Potamogeton pusillus	POTAPUSI
Potamogeton trichoides	POTATRIC
Ranunculus circinatus	RANCCIRC
Ranunculus peltatus	RANCPELT
Sagittaria sagittifolia	SAITSAGI
Sparganium emersum	SPGAEMER
Stratiotes aloides	STRAALOI
Typha angustifolia	TYPHANGU
Typha latifolia	TYPHLATI
Utricularia vulgaris	UTRIVULG
Zannichellia palustris	ZANNPALU

CLUSTERING VAN SOORTEN IN DE TWINSpan ANALYSE

CLUSTER	SOORTNAAM	NEDERLANDSE NAAM
*1	Potamogeton perfoliatus	Doorgroeid fonteinkruid
*1	Potamogeton obtusifolius	Stomp fonteinkruid
*1	Potamogeton mucronatus	Puntig fonteinkruid
*1	Potamogeton lucens	Glanzig fonteinkruid
*011	Potamogeton trichoides	Haarfonteinkruid
*011	Hottonia palustris	Waterviolier
*011	Eleocharis acicularis	Naaldwaterbies
*010111	Utricularia vulgaris	Groot blaasjeskruid
*010110	Typha latifolia	Grote lisdodde
*010110	Typha angustifolia	Kleine lisdodde
*010110	Potamogeton pusillus	Tenger fonteinkruid
*010110	Phragmites australis	Riet
*010110	Ludwigia grandiflora	Waterteunisbloem
*010110	Acorus calamus	Kalmoes
*010101	Sparganium emersum	Kleine egelskop
*010101	Ranunculus peltatus	Grote waterranonkel
*010101	Ranunculus circinatus	Stijve waterranonkel
*010101	Potamogeton natans	Drijvend fonteinkruid
*010101	Potamogeton crispus	Gekroesd fonteinkruid
*010101	Nymphaea alba	Witte waterlelie
*010101	Nymphoides peltata	Watergentiaan
*010101	Nuphar lutea	Gele plomp
*010101	Nasturtium microphyllum	Slanke waterkers
*010101	Myriophyllum spicatum	Aarvederkruid
*010101	Myriophyllum heterophyllum	Ongelijkbladig vederkruid
*010101	Juncus articulatus	Zomprus
*010101	Elodea nuttallii	Smalle waterpest
*010101	Callitriche obtusangula	Stomphoekig sterrenkroos
*010101	Berula erecta	Kleine watereppe
*010100	Sagittaria sagittifolia	Pijlkruid
*010100	Persicaria amphibia	Veenwortel
*010100	Hydrocharis morsus-ranae	Kikkerbeet
*01001	Potamogeton pectinatus	Schedefonteinkruid

.....

CLUSTER	SOORTNAAM	NEDERLANDSE NAAM
*01001	Myriophyllum aquaticum	Parelvederkruid
*01001	Ceratophyllum demersum	Grof hoornblad
*01000	Zannichellia palustris	Zannichellia
*01000	Najas marina	Groot nimfkruid
*0011	Crassula helmsii	Watercrassula
*00101	Stratiotes aloides	Krabbenscheer
*00101	Phalaris arundinacea	Rietgras
*00101	Azolla filiculoides	Grote kroosvaren
*00100	Lemna minor	Klein kroos
*00100	Hydrocotyle ranunculoides	Grote Waternavel
*00100	Glyceria maxima	Liesgras
*00100	Glyceria fluitans	Mannagras
*000	Chara globularis	Breekbaar kransblad

ORDINATIEPLOTS

De ordinatieplots voortkomend uit de CCA analyse gedraaid in Canoco geven informatie over de verschillen tussen soorten in relatie tot een aantal verwijderings-eigenschappen. Deze analyse is gedraaid op uitkomsten van de een groot aantal runs (218) van het globale instrument. Onder worden worden drie projecties van de ordinatieruimte op een plat vlak weergegeven, gedefinieerd door de assen 1 en 2 , assen 1 en 3 en assen 2 en 3.

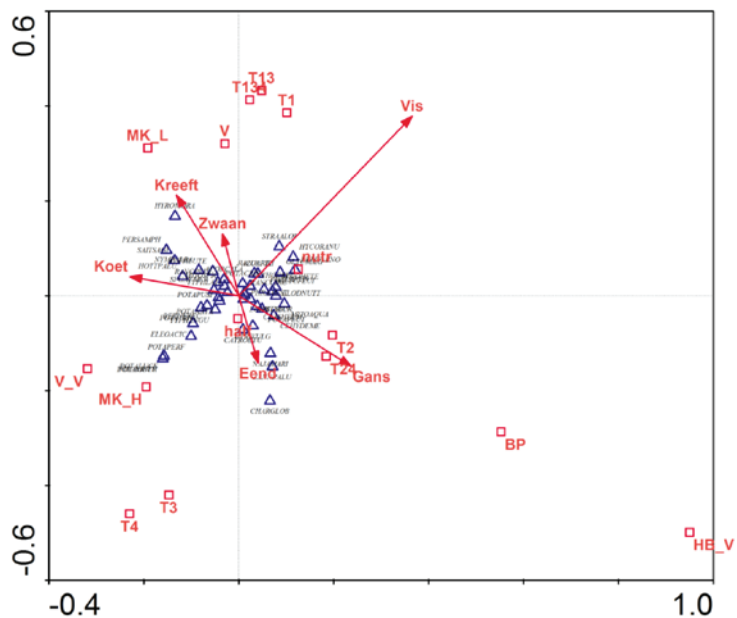
Elke plot wordt twee keer weergegeven, één keer met zowel de soorten als de parameters en één keer met alleen de soorten, ingezoomd.

Verklaring van de codes voor de parameters:

CODE	VERKLARING
MK_H	Maaien: Korfmaaier H
MK_L	Maaien: Korfmaaier L
V	Maaien: Veegmes L
V_V	Maaien: Veegmes + verzamelboot L
HB_V	Maaien: Harkboot + verzamelboot B

.....

CODE	VERKLARING
BP	Baggeren: Baggerpomp B
T1	dagnummer 151 = 31 mei
T2	dagnummer 182 = 1 juli
T3	dagnummer 244 = 1 september
T4	dagnummer 304 = 31 oktober
T13	T1 en T3
T24	T2 en T4
T134	T1 en T3 en T4
nutr	nut
half	Percentage beheerd gebied 50% (t.o. 100%)
Eend	Eenden
Koet	Meerkoeten
Gans	Ganzen
Zwaan	Knobbelzwanen
Vis	Overige vis
Kreeft	Rivierkreeften/Wolhandkrabben



STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie.

Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' - de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft - om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoekslijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede van alle waterschappen.

De grondbeginselen van STOWA zijn verwoord in onze missie:

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.



STOWA

Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

Bezoekadres

Stationsplein 89, vierde etage
3818 LE Amersfoort

t. 033 460 32 00
e. stowa@stowa.nl
i. www.stowa.nl

COLOFON

Amersfoort, Juni 2018

Uitgave

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer | Postbus 2180 | 3800 CD Amersfoort

Auteurs

Sven Teurlincx (Akwa, Nioo-Knaw), Roelf Pot (Onderzoek- en adviesbureau), Liesbeth Bakker (Nioo-Knaw), Lisette de Senerpont Domis (Akwa, Nioo-Knaw)

Begeleidingscommissie

Nikki Dijkstra (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden), Jack Hemelraad (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard), Judith Westveer (Universiteit van Amsterdam), Jeffrey Samuels (Waterschap Brabantse Delta), Peter Heuts (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden), Danneke Verhagen-Bakker (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden), Miriam Collombon (Wetterskip Fryslân), Fred Kuipers (Waterschap Hollandse Delta), Harry Boonstra (Wetterskip Fryslân), Jan Wanink (Waterschap Noorderzijlvest), Bart Brugmans (Waterschap Aa en Maas), Martijn Hokken (Waterschap Zuiderzeeland), Gerben van Geest (Deltares), Ben Eenkhoorn (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier), Renske Diek (Waternet), Wim Twisk (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard), Bert Hidding (Hoogheemraadschap van Delfland), Peter Paul Schollema (Waterschap Hunze en Aa's), Maarten Ouboter (Waternet), Gert van Ee (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier), Hanneke Maandag (Waterschap Hollandse Delta), Winnie Rip (Waternet), Guido Waajen (Waterschap Brabantse Delta), Marit Meier (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard), Bert Moonen (Waterschap Drents Overijsselse Delta).

Referaat

De ecologische sleutelfactoren vormen een denkkader voor het uitvoeren van een ecologische watersysteemanalyse. Ze geven inzicht in het ecologisch functioneren van een watersysteem. Deze kennis is cruciaal voor het bepalen van realistische waterkwaliteitsdoelen en het vaststellen van effectieve maatregelen. De ecologische sleutelfactor verwijdering geeft inzicht in de gevoeligheid van verschillende soorten planten voor verwijdering. Hiermee kan worden bepaald hoe verwijdering gecontroleerd toegepast kan worden. De analyse brengt ook de mogelijke vraag door dieren in kaart. Wanneer deze ecologische sleutelfactor 'op groen' staat, is verwijdering, mechanisch of door vraag, geen beperkende factor in de ontwikkeling van planten.

Trefwoorden

Verwijdering, planten, mechanisch, baggeren, maaien, vraag, gevoeligheid, ecologische sleutelfactoren, stilstaande wateren, watersysteemanalyse, waterkwaliteitsdoelen, maatregelen, hydrologische omstandigheden.

STOWA 2018-26

ISBN 978.90.5773.794.7

Vormgeving Shapeshifter.nl | Utrecht

Druk DPP | Houten

Fotografie

Vildafoto (cover en blz. 8)

Copyright

De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor publicaties in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

Disclaimer

Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijd kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

stowa

STICHTING
TOEGEPAST ONDERZOEK WATERBEHEER

stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 033 460 32 00 FAX 033 460 32 01
Stationsplein 89 3818 LE AMERSFOORT
POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

