

Proeven met natte teelten Better Wetter Fase 2

Eindrapportage van resultaten t/m 2021



A&W-rapport 3153-3

in opdracht van

Proeven met natte teelten Better Wetter Fase 2

Eindrapportage van resultaten t/m 2021

A&W-rapport 3153-3

I. Mettrop

Foto Voorplaat

Compilatie van lisdoddeteelt en veenmosteelt op een aantal verschillende onderzoekslocaties binnen Better Wetter.
Foto's door I. Mettrop, Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek

I. Mettrop 2021

Proeven met natte teelten Better Wetter Fase 2. A&W-rapport 3153-3. Eindrapportage van resultaten t/m 2021.
Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden

Opdrachtgever**Gemeente Dantumadiel**

Postbus 13
9290 AA Kollum
Telefoon 0519 29 88 88

Uitvoerder**Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek bv**

Suderwei 2
9269 TZ Feanwâlden
Telefoon 0511 47 47 64
info@altwym.nl
www.altwym.nl

© Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek bv. Overname van gegevens uit dit rapport is toegestaan met bronvermelding.

Projectnummer
3153

Projectleider
I. Mettrop

Status
Eindrapport

Autorisatie
Goedgekeurd

Paraaf
R. de Jong

Datum
16 december 2021



Kwaliteitscontrole
E. Oosterveld



Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Better Wetter	1
1.2	Achtergrond en aanleiding	1
1.3	Regionale transitie en inpassing van natte teelten	3
1.4	Deze rapportage	4
2	Natte teelten	5
2.1	Het concept van natte teelt	5
2.2	Grote en Kleine lisdodde: eigenschappen en groeiplaatscondities	5
2.3	Veenmossen: eigenschappen en groeiplaatscondities	9
2.4	Overige natte teeltgewassen	10
2.5	Ecosysteemdiensten	10
3	Proeflocaties, inrichting en methoden	20
3.1	Overzicht van alle proeflocaties	20
3.2	Aanleg en inrichting voor lisdoddeteelt	21
3.3	Aanleg en inrichting voor veenmosteelt	25
3.4	Methode van monitoring	26
4	Lisdoddeteelt: resultaten, conclusies en aanbevelingen	28
4.1	Lisdoddeveld nr. 1: inplant wortelstokken in het Bûtefjild (start 2017)	28
4.2	Lisdoddeveld nr. 2: inzaaien in het Bûtefjild (start 2017)	34
4.3	Lisdoddeveld nr. 3: inzaaien in het Bûtefjild (start 2020)	39
4.4	Lisdoddeveld nr. 4: inplant voorgekweekte pluggen in het Bûtefjild (start 2020)	41
4.5	Lisdoddeveld nr. 5: inplant voorgekweekte pluggen in Westergeest (start 2020)	44
4.6	Lisdoddeveld nr. 6 inplant voorgekweekte pluggen in Ryptsjerk (start 2020)	46
4.7	Natuurlijke lisdoddegroeiplaats in moerasstrook Hegewarren	49
4.8	Synthese algemene bevindingen lisdoddeteelt	50
4.9	Lisdoddeteelt in het veenweidelandschap: een win-win of niet?	58
4.10	Aanbevelingen voor nader onderzoek	59
5	Veenmosteelt: resultaten, conclusies en aanbevelingen	63
5.1	Resultaten 2018-2021	63
5.2	Synthese algemene bevindingen veenmosteelt	69
	Literatuur	72
	Appendix A	76

1 Inleiding

In onderhavige rapportage zijn de resultaten van Fase 2 (2019 t/m 2021) van het onderdeel Paludicultuur binnen Better Wetter uitgewerkt. Voor sommige proeven geldt dat de uitwerking voortborduurt op resultaten die reeds verkregen zijn in Fase 1 (vanaf begin 2017). Voorafgaand aan uitwerking van resultaten zijn in deze inleiding het kader en de doelen van Better Wetter kort toegelicht. Dit om de plaats van de verschillende deelprojecten in het grotere geheel van ANNO, de Feangreidefyzje en andere Nederlandse initiatieven inzichtelijk te maken.

1.1 Better Wetter

Better Wetter is een programma met de intentie om een ontwikkeling op gang te brengen naar een veenweidegebied in Fryslân met een duurzaam en toekomstbestendig waterbeheer, dat kansen biedt aan sociaaleconomische ontwikkeling in de regio. Dit wordt gedaan vanuit Noordoost Fryslân, waar in het kader van de gezamenlijke ANNO-agenda 'groen en blauw' belangrijke speerpunten zijn voor de toekomst van de regio. Binnen ANNO is Better Wetter één van de belangrijkste projecten onder het thema 'Toekomstbestendig waterbeheer' van de projectgroep Grien-Blau. Het programma speelt in op de veenweideproblematiek, regionale klimaatadaptatie en heeft een link met circulaire economie. Fase 2 wordt financieel mogelijk gemaakt vanuit de Veenweidevisie.

'Better Wetter' refereert aan een beter watersysteem: ecologisch vitaler, veerkrachtiger, gezonder en duurzamer. We vatten deze missie samen als: Better Wetter maakt werk van toekomstbestendig waterbeheer. Natte teelten, als alternatieven voor landgebruik onder natte omstandigheden, zijn een belangrijk onderdeel van Better Wetter, maar het programma in de regio is en wordt breder dan alleen het verkennen van natte teelten.

Onder de vlag van Better Wetter is in Noordoost-Friesland een breed samenwerkingsverband ontstaan. De samenwerking bestaat uit de gemeenten Noardeast-Fryslân, Dantumadiel, Provincie Fryslân, Wetterskip Fryslân, de onderwijsorganisaties Nordwin College en Hogeschool Van Hall Larenstein en maatschappelijke organisaties, waaronder het agrarisch collectief Noardlike Fryske Wâlden, It Fryske Gea, Staatsbosbeheer en de Friese Milieufederatie. De aanpak gaat in nauwe samenwerking met de Ondernemersfederatie Noordoost Fryslân, lokale ondernemers en de Kenniswerkplaats Noordoost Fryslân.

1.2 Achtergrond en aanleiding

In het verleden waren winterse perioden met overstromingen in het lage deel van Nederland eerder regel dan uitzondering. Ook in Fryslân was sprake van grote overstromingsgebieden met in de 19e eeuw nog zo'n 100.000 ha jaarlijks overstroomd boezemland. Onregelmatige overstromingen kwamen voor tot in de jaren vijftig van de vorige eeuw. Dergelijke overstromingen waren vroeger normaal in de Nederlandse delta en leverden vruchtbare grond. Om die vruchtbare grond te benutten heeft Nederland een lange geschiedenis van waterbeheer en landbouwkundige ontwikkeling. Jaarlijkse overstromingen zijn inmiddels lang verleden tijd en via een ingenieus systeem van polders en bemaling wordt het land tegenwoordig jaarrond ontwaterd. Op deze manier is in Nederland een zeer productieve landbouw ontwikkeld, waar we sterk van profiteren. Van de traditionele en unieke vorm van

waterbeheer, die geheel gericht is op de huidige landbouwkundige gebruiksfuncties, komen echter de grenzen in zicht.

In Fryslân is inmiddels zo'n 98% van de oorspronkelijk regelmatig ondergelopen weilanden bedijkt en bemalen. Deze vorm van landgebruik kent verschillende knelpunten. De sterke ontwatering en daarmee samenhangende verlaging van de grondwaterstand in het Friese veenweidegebied leidt tot inklinking en afbraak (oxidatie) van de onderliggende veenbodem. Het gevolg hiervan is voortdurende bodemdaling, uitstoot van broeikasgassen (o.a. Evans *et al.*, 2021) en nutriëntenbelasting in het oppervlaktewater. Naar schatting is de veendikte in de afgelopen 50 jaar in het Friese veenweidegebied met 50-80 cm afgenomen, en zullen er volgens het huidige regime van sterke ontwatering in het jaar 2100 haast geen veenbodems meer over zijn in de laagste veenpolders in Friesland (Verhoogt *et al.* 2013). Deze bodemdaling binnen ontwaterde polders heeft als gevolg dat het hoogteverschil tussen het polderpeil en het waterpeil in regionale waterlichamen van de Friese boezem steeds groter wordt. Hoe sterker wordt ontwaterd, hoe groter dit hoogteverschil, en hoe meer inspanning nodig is om nog verder te bemalen. Op lange termijn speelt bovendien het risico op verzilting van de laagste delen van het Lage Midden door diepe kwelstromen vanuit de Waddenzee, een risico dat als gevolg van de stijgende zeespiegel in de toekomst zal toenemen. Ook tast ontwatering funderingen aan. De kosten van funderingsherstel in de Friese veenweidegebieden worden geschat op zo'n 112,5 miljoen in 2050 en kunnen op termijn naar verwachting oplopen tot circa 200 miljoen euro (Verhoogt *et al.*, 2013).

Aanvullend vormt het gebrek aan capaciteit voor waterberging en waterretentie in het boezemstelsel in toenemende mate een probleem met het oog op klimaatverandering. Waar bij hoge waterstanden in het verleden boezemlanden en zomerpolders onderstroomden, beperken afgekoppelde polders nu de ruimte om piekbelasting op de boezem bij overvloedige regenval op te vangen. Recente pieken in de waterstanden laten zien dat er zonder verruiming van de boezem een risico bestaat op ongecontroleerde overstromingen. Andersom geldt dat in tijden van droogte in de ontwaterde veenpolders al snel sprake is van ver uitzakkende grondwaterstanden. Het systeem is hiermee kwetsbaar, terwijl juist extremen zoals hevige hoosbuien en langere perioden van droogte naar verwachting vaker zullen voorkomen (KNMI, 2015).

Samenhangend met het landgebruik en waterbeheer speelt een ingrijpend verlies aan biodiversiteit in de Friese veenweiden, onder meer merkbaar aan de teloorgang van de weidevogelgemeenschap (o.a. Postma, 2019; van der Velde *et al.*, 2020) en het verdwijnen van dotterbloemhooilanden en blauwgraslanden. De voormalige overstromingsgebieden, met inbegrip van de meren en restanten van natuurlijke waterlopen, herbergen niettemin nog belangrijke natuurwaarden. Ze bieden leefgebied voor verschillende bedreigde soorten zoals Groene glazenmaker, Grutto, Kemphaan, Watersnip, Noordse woelmuis en Meervleermuis. Het Lage Midden van Friesland omvat zeven Natura 2000-moerasgebieden, die in hoge mate te maken hebben met genoemde knelpunten. Een belangrijk punt in dat opzicht is het tegenwoordig ontbreken van seizoensgebonden waterdynamiek. Afkoppeling van de polders heeft geleid tot verlies van ecologische verbinding met de omliggende boezemwateren, wat in het bijzonder nadelig is voor vissen. Daarbij geldt dat de natuurgebieden door de sterke daling van omringende landbouwpolders zijn verworpen tot relatief hooggelegen eilanden in het omringende landschap, waarin het steeds lastiger wordt om water vast te houden. Deze hydrologische knelpunten, in combinatie met eutrofiëring, leiden tot achteruitgang in algemene zin in zowel aquatische als semi-aquatische biodiversiteit (o.a. Lamers *et al.*, 2018).

Bovengenoemde knelpunten in de Friese veenweiden en de wateropgaven die samenhangen met klimaatveranderingen, vragen een nieuwe oriëntatie op het waterbeheer van de lage delen van Fryslân. In een notendop kunnen we stellen, dat het huidige watersysteem in dit gebied (grofweg het Lage Midden van Fryslân en aanpalende lage delen) op lange termijn niet duurzaam genoemd kan worden en onvoldoende is toegerust op toekomstige klimaatveranderingen.

1.3 Regionale transitie en inpassing van natte teelten

Om economisch rendabel agrarisch gebruik ook in de toekomst te verzekeren is een watersysteem nodig dat wateroverschotten en watertekorten kan opvangen, en een landgebruik in kwetsbare delen van het veenweidegebied dat uit de voeten kan onder nattere omstandigheden. In het kader van de Feangreidefyzje (Provincie Fryslân, 2015) wordt om die reden ingezet op maatregelen die de maaiveldddaling vertragen en mogelijkheden om te anticiperen op nattere omstandigheden. Om te kunnen blijven werken in de laagste, of beter gezegd de natste, delen van het veenweidegebied zal in de toekomst op regionaal niveau een meer flexibel waterbeheer noodzakelijk zijn.

Aan de basis van een dergelijke regionale transitie in het veenweidegebied in Friesland liggen volgens Better Wetter een aantal belangrijke voorwaarden (Mettrop *et al.*, 2020). De eerste voorwaarde betreft een zogenaamde paradigmaverschuiving. Waar in het verleden de omgeving is aangepast aan de functie (landbouw) en het daarvan afgeleide landgebruik, zal in de toekomst de functie en het bijbehorende landgebruik juist meer moeten worden aangepast aan de omgeving. Deze paradigmaverschuiving vormt een belangrijke voorwaarde voor regionale transitie. Concreet betekent dit dat landgebruik in bepaalde gebieden zal moeten worden aangepast aan hogere of meer flexibele waterpeilen. Dit leidt tot ruimtelijke adaptatie. Niet overal, maar daar waar noodzakelijk vanuit het watersysteem. Gebieden die daarvoor met voorrang in aanmerking komen zijn de laagst gelegen delen van het veenweidegebied en/of die gebieden, waar waterberging en waterretentie noodzakelijk zijn om regionale klimaatextremen te mitigeren.

Maar hoe kan er in de praktijk naar regionale transitie toegewerkt worden? Maatregelen voor verandering zullen invloed hebben op lokaal niveau, zeker als gebieden daardoor van functie en landschappelijk karakter veranderen. Het is voor een regio een grote stap om dergelijke veranderingen te accepteren en in te passen binnen de sociaaleconomische context. Een regionale transitie heeft de grootste kans van slagen als lokale belanghebbenden vanaf het begin actief worden betrokken bij de ontwikkelingen en als de hieruit volgende innovaties direct ten gunste komen van de regionale economie. Deze koppeling van ruimtelijke adaptatie en gelijktijdige regionale economische ontwikkeling vormt een tweede belangrijke voorwaarde, en is dan ook een primair uitgangspunt van Better Wetter.

Binnen Better Wetter gaat veel aandacht uit naar de perspectieven van natte teelten. Natte teelten bieden interessante mogelijkheden voor enerzijds de laaggelegen delen van het boerenland die op termijn ongeschikt worden voor melkveehouderij, en anderzijds in of rond natuurgebieden. Er wordt op verschillende plekken in Nederland geëxperimenteerd met natte teelten (NKB, 2018). Uniek aan de aanpak binnen Better Wetter is het feit dat op regionaal niveau in noordoost Fryslân de gehele productieketen wordt betrokken. Door vanaf het begin de samenwerking te zoeken met lokale ondernemers, zoals boeren, loonwerkers, meubelmakers en bouwbedrijven, wordt geprobeerd brede steun te creëren voor regionale ontwikkeling van nieuwe producten uit natte teelten. Naast teelttechnische zaken gaat veel

aandacht uit naar regionale verdienmodellen. De verwachting is namelijk dat een sociaal omslagpunt in de regio pas kan worden bereikt wanneer alternatieve verdienmodellen in totaliteit zijn uitgewerkt. Daartoe zijn binnen Fase 2 van Better Wetter twee onderzoeksonderdelen onderscheiden: 'Natte teelten' en 'Veenmarktplaats'. Deze twee onderdelen hebben tijdens het project invulling gekregen in de vorm van twee afzonderlijke, gelijknamige werkgroepen.

Binnen het onderdeel Natte teelten worden teelttechnische, hydrologische en ecologische zaken onderzocht. Onderhavige rapportage is de eindrapportage van de resultaten van dit onderdeel. Binnen het project Veenmarktplaats, getrokken vanuit de gemeente Dantumadiel en Hogeschool Van Hall Larenstein, gaat de aandacht vooral uit naar oogst, productie, mogelijke verdienmodellen en vermarktingsopties. Vanuit Hogeschool Van Hall Larenstein wordt een aparte eindrapportage voor Veenmarktplaats opgeleverd (Van der Maas *et al.*, 2021).

1.4 Deze rapportage

De resultaten in deze eindrapportage van het onderdeel Natte teelten hebben hoofdzakelijk betrekking op de monitoringsjaren 2019, 2020 en 2021 van Better Wetter Fase 2. Bij sommige proeven zijn voor de volledigheid ook de resultaten uit de jaren 2017 en 2018 (Fase 1) meegenomen.

Hoofdstuk 2 van deze rapportage behandelt het concept van natte teelten en de gewassen die hiervoor in aanmerking komen. Ook worden overige ecosysteemdiensten van natte teeltvormen, naast de productie van biomassa ten behoeve van vermarkting, nader toegelicht. In hoofdstuk 3 worden de verschillende experimentele locaties binnen Better Wetter Fase 2 op een rij gezet, evenals de manieren van aanleg, teeltinrichting en inbreng van gewassen. Vervolgens worden in Hoofdstuk 4 en Hoofdstuk 5 per locatie de teelt- en oogstresultaten besproken voor respectievelijk lisdodde en veenmos. Het rapport sluit af met algemene conclusies en aanbevelingen in Hoofdstuk 6.

2 Natte teelten

Alvorens in te gaan op de resultaten van de verschillende teeltproeven wordt in dit hoofdstuk een algemene toelichting gegeven bij het concept van natte teelt. Er wordt besproken welke gewassen in aanmerking komen, welke vorm van inrichting en werkzaamheden gepaard gaan met natte teelt en welke overige ecosysteemdiensten er, naast de primaire productie van biomassa, in beeld komen.

2.1 Het concept van natte teelt

Natte teelt, ook wel paludicultuur genoemd wanneer de doelstelling expliciet is om veen te behouden ('palus' betekent moeras), is feitelijk niets anders dan landbouw bij een hoge waterstand. Er zijn verschillende gewassen die zich lenen voor teelt onder natte condities. De gewaskeuze wordt voor een groot deel bepaald door de locatie en het hoofddoel van de teelt (o.a. NKB, 2018). Natte teelt kan namelijk verschillende doelen dienen. Zo kan natte teelt primair worden ontplooid ten behoeve van productie van biomassa, om vervolgens te worden verwerkt in producten en te worden vermarkt. Een nat teeltbed kan tegelijkertijd dienst doen als bufferzone tussen landbouw en natuur, als waterberging- of waterretentiegebied, of voor verbetering van de waterkwaliteit. Ten slotte kunnen natte teeltbedden dienst doen als direct leefgebied voor moerasgebonden natuur (versterking biodiversiteit), of worden toegepast voor het onttrekken van voedingsstoffen uit de bodem ('uitmijning') voor natuurontwikkeling op de lange termijn. Deze verschillende functies kunnen tot op zekere hoogte worden gecombineerd, maar het gebiedsafhankelijke hoofddoel is bepalend voor de inrichting en de activiteiten (Mettrop, 2020a).

2.2 Grote en Kleine lisdodde: eigenschappen en groeiplaatscondities

Binnen Better Wetter is op verschillende proeflocaties gekozen voor de teelt en oogst van lisdodde. De aangelegde lisdoddeteeltbedden hebben als primaire doelstelling om zoveel mogelijk te winnen biomassa te genereren ten behoeve voor productie en vermarketing, maar aanvullende ecosysteemdiensten worden ook onderzocht. Het betreft zowel Grote als Kleine lisdodde (respectievelijk *Typha latifolia* en *Typha angustifolia*). Grote en Kleine lisdodde zijn inheemse moerasplanten die goed kunnen groeien onder natte en voedselrijke omstandigheden (o.a. Bansal *et al.*, 2019), zoals het geval is wanneer bijvoorbeeld voormalige landbouwgronden worden vernat. Maar dat is niet de enige reden waarom deze soorten zich goed lenen voor natte teelt in agrarische gebieden in Fryslân. De gewassen lijken een goed economisch rendement op te kunnen leveren, als aanvulling of op sommige plaatsen zelfs als nieuw economisch verdienmodel in het veenweidegebied. Het gaat hierbij om verwerking tot producten zoals isolatie- en constructiemateriaal, veevoer en bio-plastics (o.a. Fritz *et al.*, 2014; Wichtmann *et al.*, 2016; Colbers *et al.*, 2017; de Jong *et al.*, 2021). Met name toepassing van de poreuze lisdoddestengels als isolatiemateriaal in de circulaire bouw is interessant als het gaat om schaalvergroting en het toewerken naar regionale transitie. Regionale onderneming Bouwgroep Dijkstra Draisma is om die reden betrokken binnen het project. Maar ook decoratieve toepassingen van lisdoddestengels zijn interessant, bijvoorbeeld in de vorm van biolaminaat of meubelpanelen (Figuur 2.1). Deze decoratieve lijn heeft hoofdzakelijk een promotietechnisch doel, om het project Better Wetter en het achterliggende gedachtegoed op een aansprekende manier onder de aandacht te brengen.



Figuur 2.1 Er bestaan vele mogelijkheden voor decoratieve verwerking van lisdodde. Zo maakt Studio Tjeerd Veenhoven binnen Better Wetter biolaminaat, waar door verschillende regionale ondernemers meubels van gemaakt kunnen worden. De meubels op de foto zijn producten door Hindrik en Gjalt Wester.

Grote en Kleine lisdodde verschillen in de vorm en grootte van de bladeren. Grote lisdodde heeft kortere, maar bredere bladeren en een groter bladoppervlak dan Kleine lisdodde. De bladeren van de Grote lisdodde zijn 8-24 mm, terwijl die van de Kleine lisdodde overwegend smaller zijn dan 10 mm (Heinz, 2012). Ook zit er een verschil in dikte van de stam. Net onder de bloeiwijze is de stam van Grote lisdodde zo'n 3-7 mm dik, terwijl die van de Kleine lisdodde maar zo'n 2-3 mm dik is. Daarbij komt dat de bladeren van de Grote lisdodde worden gekenmerkt door een licht grijs-blauwe tint, die bij de bladeren van de Kleine lisdodde ontbreekt (Figuur 2.2).

Beide soorten bloeien in mei, juni en juli (Selbo & Snow, 2004). De planten zijn eenhuizig. Dit betekent dat de mannelijke en vrouwelijke bloemen op dezelfde plant groeien. De dunne mannelijke bloeiwijzen zitten bij allebei de soorten bovenaan in de sigaar en de vrouwelijke zitten in het bruine dikke gedeelte daaronder (Grace & Harrison, 1986). Bij de Kleine lisdodde worden de mannelijke en vrouwelijke aar door meer dan drie centimeter stengel gescheiden, terwijl bij de Grote lisdodde de mannelijke en vrouwelijke aar aan elkaar vastzitten (Figuur 2.2). Ook verschilt de hoogte waarop de bloeiwijze op de stengels wordt gevormd. Bij de Kleine lisdodde zit de bloeiwijze meestal halverwege de stengel, terwijl bij de Grote lisdodde de bloeiwijze boven het midden van de stengel wordt gevormd.



Figuur 2.2 Grote lisdodde heeft bredere bladeren dan Kleine lisdodde, die worden gekenmerkt door een licht grijs-blauwe tint, die bij de bladeren van de Kleine lisdodde ontbreekt. Bij de Kleine lisdodde worden de mannelijke en vrouwelijke aar door meer dan drie centimeter stengel gescheiden, terwijl bij de Grote lisdodde de mannelijke en vrouwelijke aar aan elkaar vastzitten (Figuur uit Weeda et al., 1994).

Kenmerkend voor helofyten zoals Grote en Kleine lisdodde is hun rhizomenstelsel, bestaande uit dikke, sponzige wortelstokken. In zowel de stengel als deze wortelstokken zitten luchtkanalen. Hierdoor kan zuurstof via de bladeren door de in het water staande stengels naar de wortels (rhizomen) worden vervoerd (Grime *et al.*, 1988). De planten kunnen op deze manier de zogenaamde rhizosfeer oxideren. De rhizosfeer is de bodemlaag in de onmiddellijke nabijheid van de plantenwortels, die onder invloed staat van de wortels. Op deze manier kunnen de toxische effecten van anaërobe processen tegen worden gegaan. Zuurstof wordt getransporteerd naar de wortels en worteluitlopers en in aanwezigheid van zuurstof worden toxische gereduceerde elementen geoxideerd. De laterale worteluitlopers in de rhizosfeer lopen ondergronds ver door. Ook in de vorm van de wortelstokken zitten verschillen tussen Grote en Kleine lisdodde. Grote lisdodde heeft een hoger aantal ondergrondse worteluitlopers dan Kleine lisdodde, die langer en smaller zijn gevormd dan die van de Kleine lisdodde (Grace & Wetzel, 1982; Smith, 1986). In vergelijking tot de Grote lisdodde investeert de Kleine lisdodde meer in opslag van voedselreserves in haar wortelstokken en minder in vegetatieve uitbreiding (Weeda *et al.*, 1994). Bij Kleine lisdodde ontspringen aan de spruitbasis slechts enkele korte, dikke nieuwe wortelstokken, die een langere levensduur hebben dan die van de Grote lisdodde, en veel dichter op elkaar staan waardoor een stevige kragge kan worden gevormd. De groei van rhizomen kent een piek in augustus (Holm *et al.*, 1997).

Verschillende experimentele veldstudies hebben aangetoond dat natuurlijke standplaatsen met Grote lisdodde (typische pioniersoort) worden gekenmerkt door relatief ondiep water, terwijl Kleine lisdodde voorkomt in iets dieper water. Tabel 2.1 geeft een overzicht van de resultaten uit verschillende studies. Voor beide soorten geldt dat de optimale waterstand boven het maaiveld ligt, waarbij de lagere delen van de planten onder water staan, maar de bladeren voor het grootste gedeelte boven het water uitkomen. Het gaat bij beide soorten om een brede range met een optimum. Bij waterstanden dieper dan het optimum kunnen de planten nog wel groeien, maar wordt de kans op bloeiwijzen lager en worden er minder worteluitlopers gevormd (Grace, 1989).

Voor Grote lisdodde worden voor standplaatsen voor volwassen planten in verschillende bronnen waterstanden genoemd binnen een range van 0 tot 80 cm boven maaiveld, met een optimale waterstand van rond de 20 centimeter (Tabel 2.1). Ook uit de veldinventarisatie van zo'n 50 natuurlijke groeiplaatsen in Fryslân (Mettrop *et al.*, 2017) komt naar voren dat de optimale waterstand voor Grote lisdodde ligt binnen een range rond de 20-30 centimeter. Standplaatsen met Kleine lisdodde worden volgens Grace & Wetzel (1981;1982) gekenmerkt door een waterstand binnen een nog bredere range van 50 tot 100 centimeter boven maaiveld, met een optimale waterstand rond de 70 centimeter. Weeda *et al.* (1994) noemen zelfs standplaatsen met Kleine lisdodde met 150 centimeter waterdiepte. De natuurlijke Kleine lisdodde-groeiplaatsen in Fryslân worden volgens een eerder uitgevoerde veldinventarisatie door mbo-studenten (Mettrop *et al.*, 2018) gekenmerkt door een waterstand van ongeveer 40-45 centimeter, overeenkomstig met het gemiddelde zoals beschreven door Aulio (2014) (Tabel 2.1).

Het verschil in waterstand op standplaats tussen de soorten heeft ermee te maken dat Kleine lisdodde met smallere, lichtere bladeren hoger kan groeien dan Grote lisdodde. Daarbij komt dat de bladeren van Grote lisdodde lager uitwaaiëren dan de bladeren van Kleine lisdodde, waardoor bij Grote lisdodde dus relatief meer bladgewicht laag bij de bodem aanwezig is (Grace & Wetzel, 1982). In minder diepe wateren kan Grote lisdodde de Kleine lisdodde wegconcurreren met grotere bladeren en betere schaduwtolerantie (Grace & Wetzel, 1981).

Tabel 2.1 Een overzicht van de optimale waterdiepte voor biomassa-productie van Grote en Kleine lisdodde, zoals naar voren gekomen uit verschillende bronnen en veldstudies. N.B. Het gaat hier niet om optimale omstandigheden voor kiemplantjes, maar voor volgroeide planten.

Bron	Grote lisdodde	Kleine lisdodde
Grace & Wetzel (1981;1982)	range van 15 tot 50 cm, optimum op ca. 20 cm	range van 50-100 cm, optimum op ca.70 cm
Grace (1989)	range van 5 tot 83 cm, optimum op ca. 22 cm	
Weeda <i>et al.</i> (1994)		maximaal 150 cm
Sharp (2002)	range van 0 tot 40 cm	
Aulio (2014)	gemiddeld 19 cm	gemiddeld 42 cm
Better Wetter 2016-2017 (Mettrop <i>et al.</i> , 2018)	range van 15 tot 40 cm, gemiddeld 28,9 cm	range van 20 tot 65 cm, gemiddeld 43,1 cm
VIC (2016)	range -10 tot 20 cm	

2.3 Veennossen: eigenschappen en groeiplaatscondities

Ook de teelt van veenmos biedt perspectieven. Veennossen groeien niet bijzonder goed onder eutrofe condities, en het is voor veennossen niet mogelijk om te groeien onder water. Dit biedt dus weinig mogelijkheden bij inundatie van voormalige landbouwgronden, bijvoorbeeld om de combinatie met waterberging in het agrarisch gebied mogelijk te maken. Echter, veennossen bieden onder plas-drasse condities in natuurgebieden andere mogelijkheden. Het vermogen om hun eigen habitat flink te verzuren draagt ertoe bij dat een interessant veenmos-habitat met bijbehorende flora en fauna blijft gewaarborgd, wat een meerwaarde is vanuit het perspectief van behoud van biodiversiteit. Daarbij komt dat de sterke 'sponswerking' van veennossen zorgt voor waterretentie. Ook kunnen veennossen zelf boven de waterspiegel uitgroeien en zodoende zelfs, zij het zeer traag, zorgen voor veenopbouw. Voor veenmosteelt geldt dat de broeikasgas-huishouding al redelijk in kaart is gebracht. Duidelijk is dat deze teelten netto koolstof vastleggen in plaats van uitstoten (Beyer & Höper, 2015).

In de veenmosteelbedden binnen Better Wetter zijn hoofdzakelijk Fraai veenmos (*Sphagnum fallax*) en Gewoon veenmos (*Sphagnum palustre*) ingebracht. Dit zijn twee soorten die zich binnen het totale scala aan veenmossoorten bevinden aan de relatief voedselrijke kant, en om die reden lenen deze soorten zich het best voor veenmosteelt voor productie in een agrarische omgeving. Over de productie, groeivoorwaarden, beheersvereisten en vermarktingsopties bestaan nog vragen. De toepassing van veennossen voor productiedoeleinden lijkt minder lucratief te zijn dan van bijvoorbeeld lisdodde. Dat heeft ermee te maken dat de groeisnelheid erg laag is en er om die reden niet jaarlijks kan worden geoogst, en ook met het feit dat de afzetmogelijkheden (voornamelijk als bijmenging in potgrond) niet erg groot zijn.



Figuur 2.3 Fraai veenmos (*Sphagnum fallax*) groeit het best onder plas-dras condities met grote invloed van regenwater.

2.4 Overige natte teeltgewassen

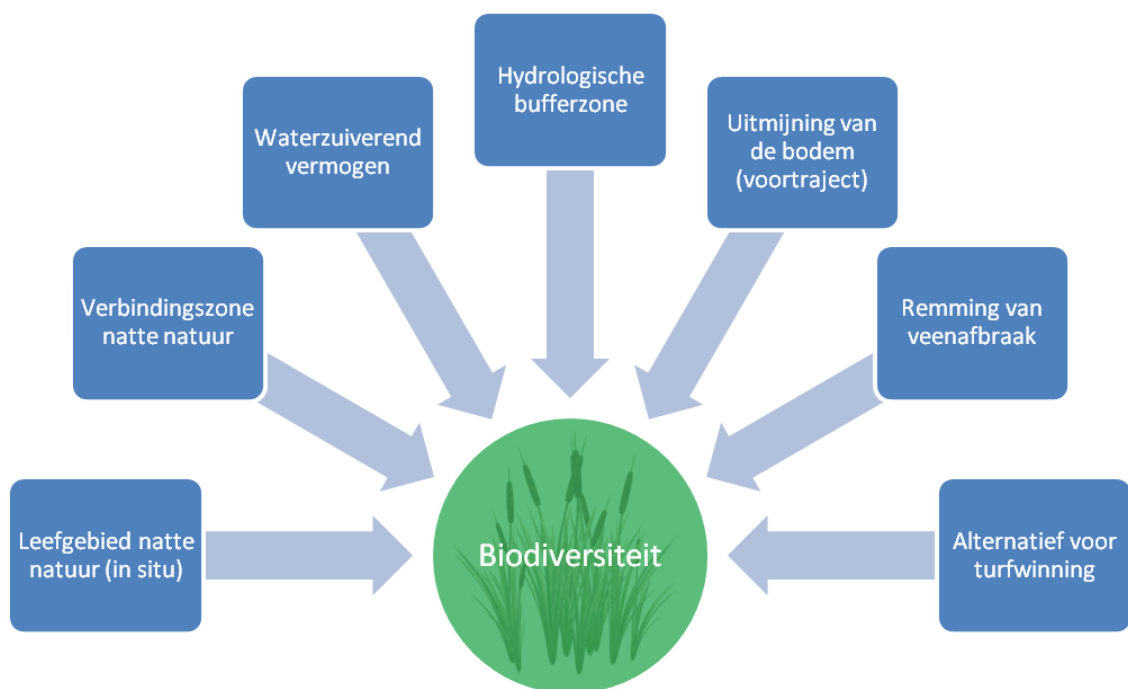
Naast Grote en Kleine lisdodde en veenmossoorten komen er andere gewassen in beeld als het gaat om natte teeltvormen. Interessante opties zijn bijvoorbeeld Azolla-soorten (Kroosvarens), Wilde rijst, Mattenbies, Cranberries of eventueel combinaties van verschillende natte gewassen. Sinds begin 2020 wordt vanuit Van Hall-Larenstein geëxperimenteerd met de combinatie van veenmos met Cranberries. De resultaten van deze teeltvariant zijn nog niet beschikbaar. Op heel kleine schaal wordt sinds 2020 in de demonstratiebedden bij het Brusplak in het Bûtefjild geëxperimenteerd met Mattenbies en Azolla. In 2021 hebben hier ook enkele rijsplantjes succesvol gekiemd (Nieuwe Oogst, 2021). Met het oog op het steeds warmer worden van het Nederlandse klimaat wordt de teelt van rijst steeds interessanter. Negatief aspect van rijsteelt is echter dat er ieder jaar opnieuw werkzaamheden moeten worden verricht, waarbij teeltbedden worden ontwaterd en de bodem wordt verstoord. Dit in verband met inzaaien dan wel inplanten van zaailingen. Met het oog op het behoud van de veenbodem is dit niet ideaal.

2.5 Ecosysteemdiensten

Natte teelten kunnen meerdere ecosysteemdiensten vervullen. Hierbij gaat het om vermindering van bodemdaling, reductie van broeikasgasemissie in veenweidegebieden, waterzuiverend vermogen, levering van hernieuwbare grondstoffen (Veenmarktplaats), buffering van weersextremen (bijv. waterberging) en bijdragen aan biodiversiteit. In deze paragraaf worden de ecosysteemdiensten van natte teelt van lisdodde en veenmos nader onder de loep genomen, waarbij de bijdrage aan biodiversiteit nadrukkelijk aandacht krijgt.

Met betrekking tot biodiversiteit kunnen verschillende (potentiële) effecten van natte teeltvormen in het veenweidegebied worden onderscheiden. De inrichting van natte teeltbedden kan direct een habitat of verbindingszone opleveren waar moerasgebonden

soorten (zowel flora als fauna) gebaat bij zijn. De inrichting van natte teeltbedden kan ook op een indirecte manier positief uitwerken op natuurwaarden. Natte teeltbedden kunnen in het landschap bijvoorbeeld dienst doen als bufferzone tussen het agrarische gebied en natuurgebieden. Ook kan de waterzuiverende werking van een teeltbed (als zogenaamd 'helofytenfilter') gunstige omstandigheden opleveren voor bepaalde moerasnatuur op groeiplaatsniveau of op regionaal niveau. Aanvullend geldt dat, wanneer er gedurende enkele jaren biomassa wordt geoogst zonder dat er sprake is van noemenswaardige externe nutriënteninput, het systeem kan worden 'uitgemijnd'. Dat wil zeggen dat er op de lange termijn een gunstiger Ausgangspositie, met minder voedingsstoffen in de bodem, ontstaat voor natuurontwikkeling. Op basis van deze verschillende uitgangspunten zijn de meerwaarden voor biodiversiteit en overige ecosysteemdiensten in deze paragraaf verder uitgewerkt.



Figuur 2.4 Natte teelten kunnen op verschillende manieren uitwerking hebben op de biodiversiteit (uit Mettrop, 2020a).

Lisdoddeteeltlocaties als geschikt leefgebied voor moerasgebonden soorten

Welke soorten zijn gebaat bij de hierboven omschreven condities en op welke manier? Hieronder wordt in grote lijnen, op het niveau van soortgroepen, een indicatie te geven van de manier waarop lisdoddeteelt voor moerasgebonden soorten naar verwachting een meerwaarde zou kunnen hebben ten opzichte van de huidige omstandigheden in het agrarische veenweidelandschap.

Aquatische macrofauna

Vanwege de relatief hoge tolerantie voor verschillende omstandigheden (waterstand, waterkwaliteit) vormt de groeiplaats van zowel Grote als Kleine lisdodde voor veel aquatische macrofauna een geschikt habitat. De relatief ondiepe waterkolom zorgt voor gunstige omstandigheden voor veel soorten. Het water kan door de relatieve ondiepte snel opwarmen. Verschillende aquatische macrofauna soorten gebruiken de planten om op - of tussen - te foerageren en/of eieren af te zetten. Hierbij is de vereiste dichtheid van de vegetatie zeer

bepalend en sterk soortafhankelijk. Sommige libellensoorten gebruiken Grote lisdodde bijvoorbeeld als habitat voor ei-afzetting en ontwikkeling van larven. Na het uitsluipen bieden de lisdoddeplanten goede mogelijkheden voor libellensoorten om te schuilen, foerageren en paren. Onder andere de Gevlekte witsnuitlibel (kwetsbaar) en soorten zoals Glassnijder, Vroege glazenmaker, Bruine glazenmaker en diverse moerasjuffers kunnen gebruik maken van lisdoddeplanten om eieren af te zetten (Lamers *et al.*, 2001).

De vele luchtkanalen in de stengels van met name Grote lisdodde kunnen daarnaast goede schuilplaatsen bieden voor allerlei insecten om te overwinteren. De bloeiwijzen van lisdodde zijn aantrekkelijk voor bepaalde bloemzoekende insectensoorten die in de reguliere graslanden niet voorkomen. Het stuifmeel van lisdodde is dusdanig aantrekkelijk dat hieromheen zelfs een nieuw verdienmodel in beeld komt. Zo is lisdoddestuifmeel essentiële voeding voor roofmijten die gekweekt en verkocht worden als natuurlijke plaagbestrijders. Goed ontwikkelde natte lisdoddeteeltbedden, met hoge en dichte vegetatie, zijn naar verwachting voor dagvlinders niet aantrekkelijk. Dagvlinders hebben immers open, zonbeschenen plekken nodig. Bovendien is de bloeiwijze van lisdoddeplanten voor vlinders niet interessant. De planten zijn voor bestuiving niet afhankelijk van vlinders, want bestuiving vindt hoofdzakelijk plaats door de wind. Voor de meeste sprinkhaansoorten, waaronder ook vochtminnende soorten als Moerassprinkhaan, Zompsprinkhaan en Gouden sprinkhaan geldt eveneens dat ze meer open vegetatie en zonbeschenen plekken nodig hebben (van Duinen *et al.*, 2018).

Een recent uitgevoerde studie van ten Dam en van Duinen (nog niet gepubliceerd) geeft meer inzicht in het gevolg van vernatting in het veenweidegebied voor de gemeenschap van geleedpotigen, waarbij gangbare productiegraslanden zijn vergeleken met paludicultuurpilots. Onder andere de Better Wetter teeltbedden met lisdodde in It Bûtefjild zijn in dit onderzoek meegenomen. Voor een eerdere Better Wetter-rapportage (Mettrop, 2020a) zijn de monitoringsgegevens uit het Bûtefjild vanuit Stichting Bargerveen beschikbaar gesteld. In het Bûtefjild was zowel het aantal als de biomassa-productie van geleedpotigen duidelijk hoger in de paludicultuurplots dan in een nabijgelegen graslandperceel. Een duidelijke uitkomst, maar hierbij moet wel vermeld worden dat deze bevinding niet in het algemeen geldt voor alle locaties die in het onderzoek van ten Dam en van Duinen zijn meegenomen. Wellicht speelt het verschil in nutriëntbeschikbaarheid tussen de locaties hierin een rol. Het Bûtefjild was in het onderzoek van ten Dam & van Duinen een relatief nutriëntarme locatie. Een resultaat met grotere zekerheid uit de studie van ten Dam & van Duinen was dat de soortensamenstelling en ook de grootteverdeling van de gemeenschap van geleedpotigen in het Bûtefjild noemenswaardig veranderde als gevolg van vernatting ten behoeve van paludicultuur. Tweevleugeligen (Diptera) waren in het Bûtefjild de meest talrijke taxonomische groep in zowel paludicultuur als grasland. In de paludicultuur plots waren binnen deze groep de Chironomidae (dansmuggen) aanzienlijk talrijker dan in de graslandpercelen. Grotere individuen waren voornamelijk kevers in graslanden en libellen in paludicultuur. Deze twee groepen waren dan ook het belangrijkste als het ging om totale biomassa in enerzijds grasland en anderzijds lisdoddeteelt (ten Dam & van Duinen, nog niet gepubliceerd). Figuren met specifieke resultaten voor het Bûtefjild van het betreffende onderzoek zijn te vinden in een uitwerking over natte teelten en biodiversiteit (Mettrop, 2020a).

Deze resultaten laten zien dat inpassing van lisdoddeteelt leidt tot een aanvulling op het palet aan soorten onder de geleedpotigen in het totale veenweidelandschap. De inpassing van paludicultuurpercelen in het huidige veenweidegebied zal zodoende op landschapsschaal een vergroting van de biodiversiteit betekenen. Hierbij gaat het niet alleen om een grotere variatie binnen de geleedpotigen, maar dit zal ook gevolgen hebben voor roofdieren, zoals insectenetende vogels; hun soortensamenstelling zal ook veranderen.

Overigens bestaat er nog een verschil tussen natte teeltbedden op/binnen agrarische percelen en lisdoddegroeiplaatsen in natuurgebieden. Het is de vraag of er in teeltbedden op landbouwlocaties op korte termijn sprake zal zijn van specialistische, kwetsbare of zelfs beschermde soorten. Uit een inventarisatie in en rond het Bûtefjild (Martens, 2016) werd duidelijk dat binnen groeiplaatsen met Grote lisdodde in het landbouwgebied weliswaar meer algemene soorten werden gevonden dan in locaties in het natuurgebied, en ook in hogere aantallen individuen. Maar voor zeldzame, kritische soorten zijn de voedselrijke omstandigheden op landbouwlocaties waarschijnlijk ongeschikt. Deze soorten werden enkel aangetroffen in groeiplaatsen met Grote lisdodde in natuurgebieden met lagere nutriëntenbeschikbaarheid. Dit zou kunnen betekenen dat, wanneer lisdoddeteeltbedden als primaire doelstelling hebben om maximale productie te halen onder voedselrijke omstandigheden met hoge stengelhoogte en dichtheden, er in principe weinig mogelijkheden zijn voor zeldzame, kritische soorten.

Vogels

De hoge waterstand, vereist voor lisdoddeteelt, draagt bij aan gunstige omstandigheden voor met name foerageergelegenheid voor diverse vogels. Vernatting in veengebieden tot een waterstand tussen de 0 en 30 cm, zoals vereist voor lisdoddeteelt, kan leiden tot een toename aan vogelsoorten zoals Watersnip, Porseleinhoen en Kievit (Wichtmann *et al.*, 2016). Rond de teeltbedden van het project Better Wetter was de aanwezigheid van met name hoge aantallen Kieviten in het voorjaar opvallend te noemen. Dit heeft te maken met de hoge voedselbeschikbaarheid voor deze soorten in vernatte veengebieden. Ook in andere projecten met paludicultuur is gebleken dat met name in de beginfase, wanneer er nog sprake is van veel open water met slikkige randen en kale dijkjes, pioniersoorten zoals Kluten, Scholeksters en Kleine plevieren profiteren van de omstandigheden (IPV, 2020). Als er open stukken in de lisdoddebedekking zitten, en de waterstand niet te hoog staat (plasdras), dan kan een lisdoddeteeltbed ook interessant zijn als foerageergebied voor andere weidevogels zoals Tureluur. Bij de veldexperimenten met lisdodde van het IPV in het Zuiderveen was er aanvullend sprake van grote aantallen zwaluwen in verband met de toename in insectenbeschikbaarheid (mondelinge meded. M. Korthorst, Landschap Noord-Holland). Naarmate de lisdoddeplanten groeien en de teeltbedden dichter begroeid raken, verdwijnen deze soorten en worden de omstandigheden interessant voor echte moerasvogels.

Wanneer sprake is van vlakdekkende vegetatie van Grote lisdodde, met stengels van minimaal 1,5 m hoog in minimaal ca 20 cm water (liefst hoger) in de maanden mei - juni of juni - juli, dan kan broedhabitat worden gecreëerd voor een kritische moerasvogelsoort als Roerdomp. Het teeltbed moet dan wel een schaal hebben van minimaal 25 m breed. Lisdoddevegetaties kunnen geschikte broedlocatie zijn voor de Roerdomp, maar kunnen ook prima dienst doen als foerageergebied mits de vegetatie halfopen is, of grenst aan beschut open water. In de Better Wetter-lisdoddeteeltbedden in het Bûtefjild zijn reeds meerdere keren Roerdampen waargenomen, vermoedelijk afkomstig vanuit de Houtwiel. Maar ook voor andere moerasvogels zijn lisdoddeteeltbedden in potentie interessant. Hierbij is het interessant om te kijken naar voorbeeldgebieden. In de Twiskepolder is na afplaggen en inundatie een natuurlijk veldje met lisdodde ontstaan van 1,1 ha. Hierin vestigden zich Waterral en Rietzanger als broedvogel (mondelinge meded. R. van der Hut, A&W). In en rond de lisdoddeteeltbedden van het IPV (Noord-Holland) zijn er ook foeragerende Lepelaars waargenomen (IPV, 2020).

Echter, voor veel (moeras)vogelsoorten worden lisdoddepercelen op termijn, wanneer sprake is van flinke productie van biomassa, onaantrekkelijk als broedbiotoop. Voor soorten zoals Porseleinhoen of Watersnip is een dicht lisdoddeveld, zelfs met waterstand rond of boven

maaiveld, toch ongeschikt, want de stengels zijn voor deze soorten te hoog en te dicht. De vegetatie dient open genoeg te zijn om onder of nabij dekking te foerageren in ondiep water en/of slik. Echter, de randen van percelen met natte teelt kunnen eventueel wel zodanig ingericht en beheerd worden dat ze geschikt zijn als foerageergebied voor deze soorten, en dan kan juist de combinatie van struweel en open plekken in de nabije omgeving, met de ontwikkeling van prooidieren in de dicht ontwikkelde paludicultuurpercelen, veel opleveren (van Duinen *et al.*, 2018). Voor moerasvogelsoorten die uitsluitend aan rietland gebonden zijn, zoals bijvoorbeeld Grote en Kleine karekiet, Rietzanger, Snor of Baardman, zijn dichte velden met lisdodde niet aantrekkelijk.

Amfibieën en reptielen

In de Better Wetter teeltbedden worden in de zomer veel amfibieën waargenomen. Het gaat hoofdzakelijk om verschillende kikkersoorten (vooral Meerkikkers en Heikikkers). De Heikikker is een strikt beschermde soort onder de Habitatrichtlijn. Amfibieën zijn voor hun voortplanting geheel afhankelijk van water. Hierbij is de vegetatiestructuur erg belangrijk. Naar verwachting hebben lisdoddeteeltbedden alleen echt betekenis voor amfibieën als er open stukken in aanwezig zijn. Meerkikkers, Heikikkers en Bruine kikkers zijn immers vooral te vinden op percelen met water op het maaiveld, lage en open moerasvegetatie met open plekken. Voor salamandersoorten geldt hetzelfde. Groene kikkers, en dan vooral de Meerkikker, blijven het hele seizoen in of aan de rand van water, waarbij jacht wordt gemaakt op insecten. Voor deze kikkers zou een nat teeltbed, met niet te hoge dichtheid, dus een prima foerageergebied kunnen zijn. Een soort als de Bruine kikker zoekt na de voortplantingstijd het land weer op om te foerageren.

Vanuit het perspectief van biomassaproductie zijn open plekken echter niet wenselijk. Een ideaal teeltbed met lisdodde betreft immers een gesloten, hoge monocultuur. Hier is dus sprake van tegenstrijdige belangen en om die reden is ontwikkeling van biodiversiteit voor wat betreft deze amfibieën naar verwachting per definitie niet goed te combineren met optimale productie van biomassa. Als het gaat om voortplantingsgebied is dit probleem wellicht minder groot. De open plekken met veel zon en warmte, die amfibieën nodig hebben om eieren af te zetten, zijn vroeg in het voorjaar (maart, april) wel aanwezig. Zeker in een productieteeltbed dat in de winter kort is afgemaaid zal dit niet snel een probleem vormen naar verwachting.

Natte teeltbedden met een waterstand boven maaiveld kunnen ook interessant zijn voor Ringslangen. Lisdoddeteeltbedden bieden in principe perspectieven voor de Ringslang als leefgebied (vooral jachtgebied), maar ook voor Ringslangen moet de stengeldichtheid niet te hoog worden. Met name langs randen van teeltbedden, waar sprake is van open plekken, kan sprake zijn van geschikt biotoop. Niet alleen als leefgebied, maar ook als doortrekgebied. Hiermee zijn de randen een prachtige uitvalsbasis, waarlangs de slangen zich kunnen verplaatsen. Wanneer natte teeltbedden goed worden gepositioneerd in de landschappelijke setting, kan zodoende een potentiële verbindingszone ('stepping stone') worden gecreëerd. Hierdoor zouden ringslangen in principe goed nieuwe leefgebieden kunnen koloniseren.

Vissen

In potentie zouden lisdoddeteeltbedden, die zijn gekoppeld aan de (binnen)boezem en waarin het mogelijk is om permanent hoge waterstanden te waarborgen, kunnen worden gebruikt als paaiplaats door vissen. Vergroting van het leefgebied met geschikte schuil- en paaiplaatsen vergroot de robuustheid van het systeem voor vissen. Voorwaarde is wel dat er binnen de teeltbedden voldoende rustige, diepe hoeken worden gewaarborgd, ook tijdens werkzaamheden, en dat de inlaat van voldoende formaat is voor vissen om ook weer de teeltbedden te verlaten.

Ook hier moet onderscheid gemaakt worden tussen verschillende soorten. Voor bepaalde vissoorten kan een teeltbed belangrijk zijn als paaiplaats, opgroeigebied en schuilplaats. Jonge snoeken bijvoorbeeld kunnen niet overleven zonder waterplanten als schuilplaats. Bovendien kunnen lisdoddeplanten voedsel opleveren in de vorm van insectenlarven, waterslakken en andere waterdierpjes voor bepaalde vissen. Maar niet alle vissoorten zijn afhankelijk van waterplanten voor het foerageren. Brasem en Snoekbaars bijvoorbeeld hebben geen waterplanten nodig. Voor de voortplanting kan een nat teeltbed zeker een betekenis hebben. De Baars bijvoorbeeld gebruikt voor het afzetten van zijn eieren onder andere lisdoddestengels die in het vroege voorjaar in het water groeien.

Ook voor vissen geldt dat de stengeldichtheid niet te hoog moet zijn. Hierdoor kunnen sterk wisselende zuurstofgehalten ontstaan, wat over het algemeen niet goed is voor vis. Een te dichte waterplantenbegroeiing kan ook een belemmering vormen bij het zoeken naar voedsel. Veel vissoorten zoeken hun voedsel het liefst op de overgang van open water naar begroeiing, en dat maakt een teeltbed aangesloten aan de (binnen)boezem wel weer interessant.

Kleine zoogdieren

Het biotoop dat wordt gecreëerd in een lisdoddeteeltbed is vooral geschikt voor dwergmuizen. De hoge waterstand is voor dwergmuizen geen belemmering en de dichte structuur is juist interessant voor dwergmuizen om in te nestelen (mondelinge meded. N. Beemster, A&W). Ook voor de kwetsbare Noordse woelmuis zouden natte lisdoddepercelen interessant kunnen zijn, maar dan dient de waterstand in de zomer wel wat te zakken. Verder kunnen lisdoddeteeltbedden interessant zijn voor Woelrat en Bruine rat. De oevers, zeker wanneer aangelegd met een gradiënt, kunnen bovendien interessant zijn voor Waterspitsmuis. Een toename aan natte oevers als gevolg van opschaling van natte teelten in het totale veenweidegebied zou daarmee een meerwaarde zijn op landschapsschaal. Voor muizenetende roofvogels heeft bevordering van condities voor dwergmuizen naar verwachting niet veel effect. De muizen zullen in een dicht teeltbed immers niet goed genoeg bereikbaar zijn.

Flora

Behalve lisdodde verschijnen er andere moerassoorten (zoals Wolfspoot, Gele lis, Moerasandoorn, Moerasvergeetmijnietje etc.) als 'onkruid' in de teeltbedden. Hoewel de biodiversiteit hierdoor wordt verhoogd, is dit vanuit productieperspectief niet de bedoeling. Met name grassoorten ontwikkelen snel wanneer de waterstand om praktische redenen niet hoog genoeg kan worden gehouden. In plasdras-situaties kan met name Pitrus zich hardnekkig vestigen. Maar ook bij inundatie kunnen soorten zoals liesgras en mannagras goed ontwikkelen binnen teeltbedden met lisdodde, zo is gebleken uit eerdere pilotproeven binnen Better Wetter (Mettrop & Oosterveld, 2019).

Veenmosteelt: geschikt leefgebied voor moerasgebonden soorten?

Veenmosteeltbedden vormen voor aquatische macrofauna een minder geschikt habitat dan lisdoddeteeltbedden, aangezien er geen sprake is van een vlakdekkende waterkolom boven het maaiveld. Wel vormt de sloot, die is gegraven rond de Better Wetter veenmosteeltbedden als regenwaterbuffer, een flinke waterkolom waarin helofyten groeien. Hier kunnen verschillende aquatische macrofauna soorten terecht om op of tussen te foerageren en/of eieren af te zetten. Dit voorjaar zijn o.a. de Gevlekte witsnuitlibel (kwetsbaar) en Vroege glazenmaker waargenomen in de Better Wetter veenmosbedden in het Ottema-Wiersma reservaat (Figuur 2.5). Onduidelijk is voortsnog of dit foeragerende, of ei-afzettende individuen waren. Dit is een belangrijk verschil, aangezien dat bepaalt of het teeltbed voor wat betreft

ligging interessant is (nabij het Ottema-Wiersma reservaat) of dat het teeltbed zelf interessant is als habitat voor voortplanting. De Gevlekte witsnuitlibel is een soort van soortenrijke verlandingen, en is dus niet een typische soort die je zou verwachten. Het zou kunnen zijn dat deze soort slechts langskwam vanuit het Ottema-Wiersma reservaat.



Figuur 2.5 In het voorjaar van 2020 is de Gevlekte witsnuitlibel waargenomen in de veenmosteelbedden in het Ottema-Wiersma reservaat. De Gevlekte witsnuitlibel is een zeldzame soort van laagveenmoerassen. De oudere, uitgekleurde exemplaren zijn goed herkenbaar aan de vlekken op de rug van het lijf, waarbij één segment helder geel blijft. Foto Doetje de Jong.

Aanvullend trekken de teeltbedden andere soortgroepen aan die specifiek van het veenmos habitat profiteren. Veenmosculturen kunnen hiermee bescherming bieden voor geleedpotigen die normaliter in hoogveengebieden voorkomen. Het is echter de vraag of de soorten van echte hoogveenhabitats in een beheerd veenmosteelbed, met in de zomer invloed van inlaatwater, kunnen voorkomen. Voor spinnen zoals Waterspin en Veenmoswolfspin en typische (loop)kevers van hoogveenhabitats voldoet het habitat naar verwachting niet, wat vooral te maken heeft met de vooralsnog variabele ontwikkeling in pH (zie hoofdstuk 5). Het is de vraag welke soortgroepen zich, ondanks de eutrofe en weinig zure condities, wel zouden kunnen redden in een productieteeltbed met veenmos.

Met het oog op productie laten optimale veenmosteelbedden een bedekking zien van uitsluitend veenmossen zonder al te veel overige vegetatie. Dit betekent impliciet dat de mogelijkheden voor veel moerasvogels, met name soorten van rietlanden, niet groot zijn. Vogelsoorten zoals Roerdomp, Waterral, Rietzanger, die in grootschalige lisdoddeteelbedden nog wel een plek kunnen vinden, hebben naar verwachting in goed ontwikkelde veenmosteelbedden weinig te zoeken.

De gracht rond de Better Wetter veenmosteelbedden in het Ottema-Wiersma vormt, samen met de relatief open vegetatiestructuur van de veenmosbedekking, wel een geschikte plek voor amfibieën. Deze gracht is dus niet alleen belangrijk als buffer voor het regenwater, maar ook voor interessante soorten. Er worden vooral erg veel kikkers waargenomen, welke zon- en warmte minnend zijn en dus een voorkeur hebben voor onbeschaduwde plekken. Het bijzondere is dat het naast Bruine kikkers en Meerkikkers ook vaak Heikikkers zijn die van de veenmospercelen profiteren, een strikt beschermde soort onder de Habitatrichtlijn. De aanwezigheid van deze soort is wel sterk afhankelijk van bronpopulaties in de omgeving, maar geeft tegelijkertijd ook aan dat op die wijze veenmosbedden het leefgebied van die soorten rond en in natuurgebieden kunnen versterken.

Voor wat betreft verscheidenheid aan plantensoorten biedt veenmosteel veel perspectief. De voedselarme, door regenwater gedomineerde omstandigheden zijn in potentie niet alleen geschikt voor verschillende soorten zeldzame veenmossen, maar ook voor andere kwetsbare soorten zoals bijvoorbeeld Witte snavelbies en Kleine en Ronde zonnedauw.

Waterzuiverend vermogen

Het sterke waterzuiverende vermogen van een lisdoddeteeltbed kan naar verwachting als ecosysteemdienst een grote positieve uitwerking hebben op de biodiversiteit van het watersysteem als geheel. De planten (met name Grote lisdodde) kunnen veel voedingsstoffen, waaronder stikstof (N) en fosfor (P) opnemen uit de bodem en het bodemvocht, wat een positieve doorwerking heeft op de waterkwaliteit (o.a. Vroom *et al.*, 2018). Wanneer veengronden worden vernat vindt doorgaans veel mobilisatie van P vanuit de bodem plaats. Dit heeft te maken met de reductieprocessen die plaatsvinden onder zuurstofarme condities. De sterke opname van deze voedingsstoffen door lisdoddeplanten kan ervoor zorgen dat het effect van P-mobilisatie wordt verminderd of zelfs wordt opgeheven.

Over het algemeen heeft een hoge beschikbaarheid aan voedingsstoffen tot gevolg dat het aantal soorten macrofauna afneemt vanwege de groei van algen en/of kroos, en daarmee verlaging van het zuurstofgehalte. Enkel de soorten die hiertegen bestand zijn, zullen overleven en in aantal toenemen, zoals bijvoorbeeld Borstelwormen en enkele soorten slakken. De variëteit in het systeem gaat hiermee verloren. Wanneer de voedselbeschikbaarheid laag is, bijvoorbeeld als gevolg van het waterzuiverende effect van lisdoddeteelt, bestaan er wel mogelijkheden voor meer specialistische soorten. De aanwezigheid en diversiteit van macrofaunasoorten kan daarom worden gezien als een indicator van de abiotische factoren (waaronder waterkwaliteit) en het functioneren van een ecosysteem (Keiper *et al.*, 2002). Met name vlindersoorten en libellen en juffers kunnen kieskeurig zijn in hun habitatkeuze in het laagveengebied, en zijn sterk afhankelijk van een specifieke combinatie van biotische en abiotische factoren om te kunnen overleven en voortplanten (Lamers *et al.*, 2001). De aanwezigheid van deze soorten is een indicatie van een relatief goede waterkwaliteit in Friese wateren (van Dam & Wanink, 2007). De ontwikkeling van lisdoddevegetaties draagt bij aan de verbetering van de waterkwaliteit. Op deze manier kan lisdoddeteelt op een indirecte manier een bijdrage leveren aan de biodiversiteit van macrofauna. Wanneer de samenstelling van macrofauna op deze manier wordt beïnvloed door het waterzuiverende vermogen van lisdoddeteelt, heeft dat ook consequenties voor andere taxa.

Hydrologische bufferwerking op landschapsschaal

Natte teelten kunnen, mits ontplooid op grote schaal, een ruimtelijke buffer vormen in het landschap, waarmee de hydrologische omstandigheden voor natuur kunnen worden verbeterd (Fritz *et al.*, 2014). In het veenweidelandschap kan het contrast tussen natte, hooggelegen natuurgebieden te midden van droge, laaggelegen landbouwgebieden als gevolg van grootschalige natte teelten kleiner worden. Hierbij gaat het om waterkwantiteit. De natuurgebieden in het veenweidelandschap, die in de huidige situatie over het algemeen onderhevig zijn aan hoge mate van wegzijging, kunnen door een landschappelijke buffer rondom deze gebieden gemakkelijker nat gehouden worden. Specifiek voor de teelt van veenmossen geldt dat de sterke 'sponswerking' van veenmossen zorgt voor goede mogelijkheden als het gaat om waterretentie.

Ook is er sprake van een landschappelijke bufferwerking op het gebied van waterkwaliteit. Lisdoddeteeltbedden kunnen, mits op grote schaal aangelegd, functioneren als filter. Dit zorgt voor verbetering op lokaal niveau, zoals beschreven in de vorige paragraaf, maar ook op landschappelijk niveau. Op landschappelijk niveau kunnen bufferzones ontstaan tussen landbouwgronden en waterlichamen, waarbij oppervlaktewateren beschermd worden tegen bronvervuiling met voedingsstoffen vanuit de landbouwgronden (Jabłońska *et al.*, 2020). Ook vanwege de resistentie van met name lisdoddesoorten tegen de meeste herbiciden is zo'n bufferzone rond waterlichamen in intensieve landbouwlandschappen interessant (Nordt *et al.*, 2020).

De keuze voor opschaling van natte teelten in het veenweidelandschap kan echter wel betekenen dat andere natuurwaarden van het open veenweidegebied (zoals weidevogels) hierdoor plaats zullen moeten maken voor moerasnatuur (Mettrop, 2020a).

Uitmijning als voortraject voor natuurontwikkeling

Paludicultuur kan ook ingezet worden als buffer in de tijd. Het gaat hierbij om een vorm van overgangsbeheer van voormalige landbouwgronden naar natuurontwikkeling (Fritz *et al.*, 2014). Het vermogen van zowel Grote als Kleine lisdodde om snel te groeien en in korte tijd veel nutriënten op te nemen maakt de plant zeer geschikt voor uitmijnen en daarmee biedt het dus kansen voor de ontwikkeling van relatief voedselarme natuurtypen op de langere termijn. Over de capaciteit van nutriëntopname zijn in de literatuur verschillende onderzoeksresultaten gepresenteerd. Fritz *et al.* (2017) schatten de orde grootte in vergelijkbaar met die van Riet, welke zo'n 350-500 kg stikstof (N) en 30-50 kg fosfor (P) per hectare per jaar bedraagt. Geurts *et al.* (2020) noemen dat de opnamecapaciteit van Grote lisdodde hoger ligt dan die van Riet en rapporteren waarden van 20-80 kg P per hectare wanneer goed ontwikkelde bovengrondse biomassa (> 10 ton droge stof per hectare) wordt geoogst. Naast de directe opname door planten is er in een (ver)nat teeltbed in vergelijking tot veenweide sprake van afvoer van N als gevolg van microbiële denitrificatie. In de zomermaanden kan dit oplopen tot 1-1.5 kg N per ha per dag (Fritz *et al.*, 2017). Vooral wanneer vitaal groeiende lisdoddeplanten worden geoogst in de zomer of het vroege najaar kunnen in relatief korte tijd de kansen voor hoogwaardige natuurontwikkeling verhoogd worden. Bovendien kunnen hiermee kosten worden bespaard op het (machinaal) verwijderen van nutriënten (Fritz *et al.*, 2014). Het principe van uitmijning als voortraject voor natuurontwikkeling heeft in de afgelopen jaren steeds meer aandacht gekregen in het kader van duurzame landschapsinrichting.

Veenbehoud en reductie van broeikasgasuitstoot

De sterke ontwatering en daarmee samenhangende verlaging van de grondwaterstand in het Friese veenweidegebied leidt tot inklinking en afbraak (oxidatie) van de onderliggende veenbodem. Het gevolg hiervan is voortdurende bodemdaling en aanmerkelijke uitstoot van CO₂. Naar schatting is de veendikte in de afgelopen 50 jaar in het Friese veenweidegebied met 50-80 cm afgenomen, en zullen er volgens het huidige regime van sterke ontwatering in het jaar 2100 haast geen veenbodems meer over zijn in de laagste veenpolders in Friesland (Verhoogt *et al.* 2013). Met het verdwijnen van het veen verdwijnen vanzelfsprekend ook de veengebonden soorten. Natte teelten zorgen via veenbehoud dus ook op indirecte manier voor soortbehoud en behoud van biodiversiteit. Dit geldt in het bijzonder voor veenmosteelt. Veenmossen kunnen immers zelf boven de waterspiegel uitgroeien en zodoende niet alleen veenafbraak tegengaan, maar zelfs, zij het zeer traag, zorgen voor veenopbouw.

Waterberging, waterretentie en ecologische verbinding

Afkoppeling van ontwaterde polders van de Friese boezem leidt in de huidige situatie tot knelpunten. Het gebrek aan capaciteit voor waterberging en waterretentie in het boezemstelsel vormt in toenemende mate een probleem met het oog op klimaatverandering. Waar bij hoge waterstanden in het verleden boezemlanden en zomerpolders onderstroomden, beperken afgekoppelde polders nu de ruimte om piekbelasting op de boezem bij overvloedige regenval op te vangen. Andersom geldt dat in tijden van droogte in de ontwaterde veenpolders al snel sprake is van ver uitzakkende grondwaterstanden. Met het uitzakken van de grondwaterstanden komen belangrijke natuurwaarden in de verdrukking, vooral in moerasnatuurgebieden. Leefgebied voor verschillende bedreigde soorten zoals Groene glazenmaker, Grutto, Kemphaan, Watersnip, Noordse woelmuis en Meervleermuis gaan hierdoor immers verloren. Het systeem, incl. de biodiversiteit, is hiermee kwetsbaar, terwijl juist

extremen zoals hevige hoosbuien en langere perioden van droogte naar verwachting vaker zullen voorkomen (KNMI, 2015). Wanneer paludicultuurpercelen, gekoppeld aan de boezem, waterberging en/of waterretentie beter mogelijk maken, kunnen deze extremen veel beter worden opgevangen.

Aanvullend is dit zeer gunstig voor de natuurwaarden. Natte teeltvormen, wanneer ingezet als bufferzone of als overgang van landbouw naar natuur, kunnen immers fungeren als ecologische verbindingszone tussen verschillende agrarische- en natuurgebieden, en zo bijdragen aan de uitwisseling van flora en fauna tussen gebieden. Aanvullend speelt het belang van waterstandsfluctuaties voor de natuur. Het tegenwoordig ontbreken van seizoensgebonden waterdynamiek heeft een negatieve uitwerking op de ontwikkeling van diverse soorten. In Friesland heeft de afkoppeling van polders van de Friese boezem geleid tot verlies van ecologische verbinding met de omliggende boezemwateren, welke in het bijzonder belangrijk zijn voor vissen.

Duurzaam alternatief voor turfwinning elders

Eén van de mogelijke toepassingen van veenmossen is verwerking tot substraat om te gebruiken in de kas- en tuinbouw. Veel hoogveenecosystemen in het buitenland worden aangetast als gevolg van het afgraven van turf voor toepassing als substraat. Veenmos kan als duurzaam alternatief voor turf worden geteeld. Hierdoor worden de nog intacte hoogveenecosystemen in het buitenland gespaard, wordt CO₂ emissie van afgegraven fossiel veen voorkomen en wordt bovendien de emissie die vrijkomt bij transport gereduceerd (Schepers, 2018). In Nederland wordt jaarlijks meer dan 4 miljoen m³ turf voor de productie van potgrond geïmporteerd. Op basis van de meest recente inschattingen bedraagt de biomassaproductie van veenmos gemiddeld tussen de 3 en 6 ton droge stof per hectare per jaar (Temminck *et al.*, 2017; Gaudig *et al.*, 2014). De oogst van in Nederland geteelde veenmos zou in potentie een duurzaam alternatief kunnen zijn voor turfwinning elders en import, waarmee de biodiversiteit in meer pristine, natuurlijk gevormde venen behouden kan blijven. Een belangrijke kanttekening bij het verdienmodel rondom veenmosteelt is wel dat het na het aanplanten van het veenmos 3 tot 4 jaar duurt voordat de mossen geschikt zijn om te oogsten.

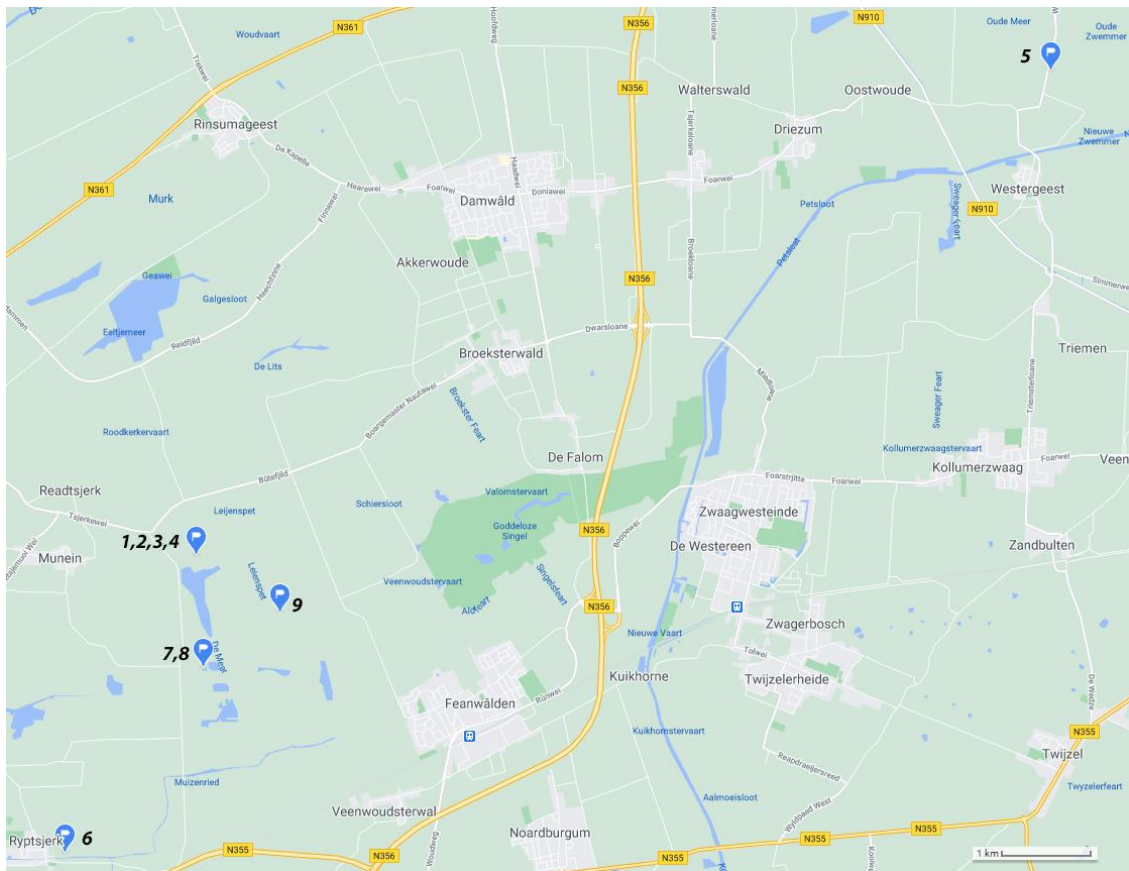
3 Proeflocaties, inrichting en methoden

3.1 Overzicht van alle proeflocaties

Tabel 3.1 toont een overzicht van alle experimentele teelt- en oogstlocaties binnen Fase 2 van Better Wetter. De ligging van de verschillende proeflocaties is weergegeven in Figuur 3.1. In het Bûtefjild zijn op het boerenland met veenondergrond van natuurboer Van der Ploeg drie verschillende proeflocaties met lisdodde ingericht (nrs. 1, 2 en 3) met verschillende manieren van inbreng van gewas, en verschillende waterdiepten. Op nabijgelegen boerenland in het Bûtefjild van boer Damstra zijn aanvullend vier plots aangelegd waarin Grote en Kleine lisdodde nadrukkelijk zijn onderscheiden en de teeltbedden diepere waterstanden kennen dan bij van der Ploeg. Op een perceel van boer Hania in Westergeest is een lisdoddeveld aangelegd op een ondergrond van klei-op-veen. Nabij Ryptsjerk is op boerenland van boer van Eijden een lisdoddeveld aangelegd op veen. In het Ottema-Wiersma reservaat in het Bûtefjild zijn twee teeltbedden ingericht, waarvan één voor de experimentele teelt van uitsluitend veenmos (Hoofdstuk 5) en de ander voor de teelt van veenmos in combinatie met cranberry, waarvan de resultaten zijn toegelicht in Van der Maas *et al.* (2021). In de Hegewarren is in een moerasstrook geëxperimenteerd met waterstandsverhoging ten behoeve van lisdoddeontwikkeling. In het Bûtefjild zijn bij de Brûsplak vier kleinschalige plots ingericht voor teeltexperimenten met verschillende natte gewassen. Tenslotte zijn er binnen het project twee grootschalige oogstlocaties op natuurlijke groeiplaatsen meegenomen in de Twijzelmieden en de Headamskampen (Alde Feanen). De verschillende kenmerken en resultaten van deze proeflocaties worden nader toegelicht in hoofdstuk 4.

Tabel 3.1 Een overzicht van de experimentele teelt- en oogstlocaties binnen Better Wetter Fase 2. In figuur 3.1 staan de verschillende teeltlocaties met overeenkomende nummers aangegeven op kaart. In Hoofdstuk 4 worden de verschillende teeltlocaties op basis van onderstaande nummering in verschillende paragrafen besproken.

Experimentele teeltlocatie	Gebiedstype	Nr. + specificatie	Oppervlakte
Gebied vd Ploeg (Bûtefjild)	Boerenland	1. Lisdoddeveld o.b.v. implant wortelstokken	450 m ²
		2. Lisdoddeveld o.b.v. inzaaien	450 m ²
		3. Lisdoddeveld o.b.v. inzaaien	540 m ²
Gebied Damstra (Bûtefjild)	Boerenland	4. Lisdoddeplots (4x) o.b.v. implant pluggen	900 m ²
Gebied Hania (Westergeest)	Boerenland	5. Lisdoddeveld o.b.v. implant pluggen	1600 m ²
Gebied Van Eijden (Ryptsjerk)	Boerenland	6. Lisdoddeveld o.b.v. implant pluggen	1600 m ²
Ottema-Wiersma reservaat	Natuurgebied	7. Veenmosveld	600 m ²
(It Fryske Gea, Bûtefjild)		8. Veenmosveld incl. cranberry	600 m ²
Demonstratieplots Brûsplak (Bûtefjild)	Boerenland	9. Plots met verschillende teelten (4x)	64 m ²
Moerasstrook vd Leij (Hegewarren)	Boerenland	10. Lisdoddeveld	1000 m ²
<i>Totaal</i>			<i>7804 m²</i>
Oogstlocatie	Gebiedstype	Specificatie	Oppervlakte
Twijzelmieden (Staatsbosbeheer)	Natuurgebied	Oogstlocatie lisdodde in natuurlijke groeiplaats	12.500 m ²
Headamskampen (It Fryske Gea)	Natuurgebied	Oogstlocatie lisdodde in natuurlijke groeiplaats	10.000 m ²
<i>Totaal</i>			<i>22.500 m²</i>

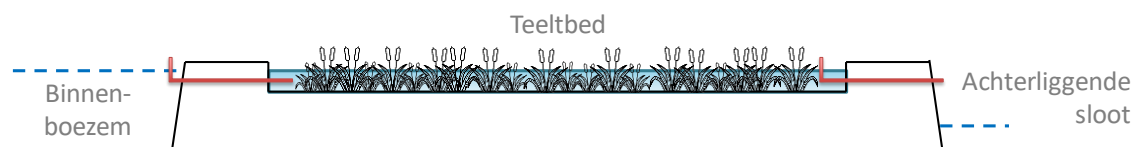


Figuur 3.1 Een overzicht van de experimentele teeltlocaties binnen Better Wetter, met nummers conform aangegeven in Tabel 3.1. De moerasstrook bij boer van der Leij (nr. 10), gelegen in de Hegewarren nabij de Alde Feanen, is omwille van leesbaarheid niet opgenomen in deze kaart.

3.2 Aanleg en inrichting voor lisdoddeteelt

Het doorstroomprincipe

Voor alle experimentele lisdoddeteeltbedden, behalve nr. 5 en nr. 10, geldt dat deze zijn aangelegd volgens een 'doorstroomprincipe'. Vanuit een binnenboezem, of een sloot welke hierop is aangesloten, wordt eenvoudig water ingelaten door gebruik te maken van het peilverschil. Via een achterliggende sloot met lager peil kan gemakkelijk water worden afgevoerd uit het gehele systeem. Een schematische weergave van het gehanteerde principe is weergegeven in Figuur 3.2.



Figuur 3.2 Een schematische doorsnede van het doorstroom model van de ingerichte teeltbedden. Op de met rood aangegeven PVC buizen zitten 'ellebogen' die kunnen worden gedraaid om water in dan wel uit te laten.

De in- en uitlaten kunnen eenvoudig tijdelijk worden afgesloten met behulp van pvc 'ellebogen'. Via deze constructie kan op eenvoudige, doch nauwkeurige wijze het waterpeil worden gecontroleerd, ook onder extreme weersituaties. Een meer gedetailleerd inrichtingsplan van de teeltbedden in het Bûtefjild is te vinden in eerdere verslaglegging (Mettrop & Oosterveld, 2019).

Inbreng van lisdoddeplanten

Er is geëxperimenteerd met drie verschillende manieren van inbreng van lisdodde. Er zijn wortelstokken vanuit een elders aanwezige natuurlijke groeiplaats ingebracht, er zijn zaaiproeven uitgevoerd, en er zijn zogenaamde pluggen (voorgekweekte stekjes) ingeplant. De resultaten van deze proeven worden in Hoofdstuk 4 nader besproken. Voorafgaand aan de praktijkproeven is de reeds beschikbare informatie op een rij gezet. Onderstaande paragrafen voorzien in een beknopt overzicht van de belangrijkste bevindingen, en de manier waarop wij van deze informatie gebruik hebben gemaakt bij de inrichting van de teeltbedden.

Inplanten van wortelstokken

Het inplanten van wortelstokken heeft volgens eerder onderzoek een hoge kans van slagen. Voorwaarde is dat er bij elke wortelstok een knop (of 'oogje') zit bij de basis van de oude stengel waaruit nieuwe scheuten kunnen opkomen (Figuur 3.3), en dat er nog zo'n 20 centimeter van de oude stengel boven de oppervlakte uitsteekt. Dubbe *et al.* (1988) beschreven een overlevingspercentage van 95% na transplantatie en inplant van wortelstokken. Het gegeven dat de wortelstokken relatief tolerant zijn voor verschillende vochtcondities biedt voordelen. Het inplanten zelf kan geschieden onder plasdrasse condities, waardoor efficiënt kan worden gewerkt. Vervolgens kan de waterstand al relatief vroeg na het inplanten boven het maaiveld worden gezet, waardoor onkruiden weinig kans krijgen in de beginperiode na aanplant. Het is hierbij belangrijk dat de stengeldelen niet onder water komen te staan, omdat er risico's bestaan tot rotting als er water in komt.

Ristich *et al.* (1976) rapporteerden goede resultaten wanneer wordt ingeplant in de maand mei. De ontwikkeling vanuit wortelstokken is minder gevoelig voor koude omstandigheden dan ontkieming uit zaad en ontwikkeling van kiemplanten. Daarom is binnen onze teeltexperimenten geëxperimenteerd met het veel eerder in het seizoen inplanten van wortelstokken, namelijk reeds eind maart. Dit heeft als voordeel dat het gehele groeiseizoen optimaal kan worden gebruikt met als gevolg een zo groot mogelijke opbrengst. Ook Nordt *et al.* (2020) spreken over mogelijke inplant in maart.



Figuur 3.3 Uit de knoppen aan de basis van oude stengels kunnen met rap tempo nieuwe scheuten opkomen na het inplanten van wortelstokken. De methode van het inplanten van wortelstokken is daarom erg efficiënt gebleken.

De ervaring binnen de Better Wetter proeven heeft geleerd dat de waterstand niet te vroeg moet worden opgezet na het inplanten van wortelstokken. De ingeplante wortelstokken bleken bij waterstanden van boven de 10 centimeter direct na het inplanten namelijk te komen opdrijven vanwege de hoge concentratie lucht in de plantweefsels. Na zo'n twee weken bleken de ingeplante wortelstokken wel stevig genoeg aan de bodem gehecht dat de waterstand kan worden verhoogd tot boven de 10 centimeter.

Inzaaien

Lisdoddeplanten kunnen zeer grote hoeveelheden zaden produceren. Naar schatting kunnen er per bloeiwijze ('sigaar') voor Kleine lisdodde zo'n 100.000 tot 200.000 zaden per seizoen worden geproduceerd, en voor Grote lisdodde zijn dit er zo'n 300.000 tot 400.000 (Coops & van der Velde, 1995). Deze zaden zijn relatief gemakkelijk te verzamelen. In theorie zou, uitgaande van 100% ontkieming, één plant genoeg zaad kunnen leveren om zo'n 0.4 hectare met een dichtheid van 50 planten per vierkante meter te kunnen verwezenlijken. Echter, het grote manco van inzaaien is dat lang niet alle zaden succesvol kiemen, en dat maakt de methode betrekkelijk onbetrouwbaar. De resultaten uit verschillende veldexperimenten zijn dan ook zeer gevarieerd, aangezien het succes van kieming uit lisdoddezaad sterk afhankelijk is van verschillende milieuomstandigheden (Dubbe *et al.*, 1988).

Voor beide soorten lisdodde geldt dat de optimale omstandigheden voor kieming en ontwikkeling uit zaden zijn terug te brengen tot een combinatie van drie belangrijke, interacterende factoren:

1. Relatief hoge temperaturen (Bonnewell *et al.*, 1983; Lombardi *et al.*, 1997; Ekstam & Forseby, 1999; Heinz, 2012; Ter Heerdt, 2016)
2. Lage zuurstofconcentraties in waterverzadigde, geïnundeerde toestand (Bedish, 1967; Bonnewell *et al.*, 1983; Coops & van der Velde, 1995; Heinz, 2012; Ter Heerdt, 2016)
3. Langdurige blootstelling aan voldoende licht (Bonnewell *et al.*, 1983; Lombardi *et al.*, 1997)

De waterdiepte is voor alle drie de bovengenoemde voorwaarden voor ontkieming zeer bepalend. Niet alleen bepaalt de waterstand immers de vochtigheid, maar ook worden de zuurstofbeschikbaarheid, de lichtbeschikbaarheid en de mate van temperatuurschommelingen mede door de waterstand bepaald. De optimale situatie voor ontkieming voor zowel Grote als Kleine lisdodde wordt beschreven als ondiepe inundatie met een waterstand vlak boven maaiveld (Yeo, 1964; Heinz, 2012; Nordt *et al.*, 2020). Heinz (2012) heeft in een experimentele studie, gericht specifiek op de verschillen tussen Grote en Kleine lisdodde uit groeiplaatsen in Duitsland en Hongarije, aangetoond dat ontkieming bij lichte inundatie van 4 centimeter water optimaal verloopt voor beide soorten. Onder drogere condities is ontkieming van lisdoddezaden beperkt en kunnen andere soorten gaan domineren, zoals bijvoorbeeld riet (Ter Heerdt, 2016).

Voor de zaailingen die uit de ingezaaide zaden ontstaan, geldt vervolgens dat de waterstand niet te hoog moet worden. De verdere ontwikkeling van kiemplanten geschiedt het best onder plasdrasse condities of lichte mate van inundatie (Dubbe *et al.*, 1988). Aangezien deze kiemplanten voor wat betreft energie niet worden gevoed vanuit wortelstokken hebben zij voldoende licht nodig om te kunnen groeien. Dit betekent dat de waterdiepte niet te groot mag zijn, en dat er bovendien sprake moet zijn van helder water (Heinz, 2012). Lisdodde-teeltexperimenten vanuit de Technische Universiteit van München hebben laten zien dat kiemplantjes bij een waterdiepte van meer dan 5 centimeter niet goed meer konden ontwikkelen en afstierven (Pfadenhauer & Wild, 2001). De beperkte energievoorziening uit de zaden is dan niet meer toereikend om nog verder te groeien tot de wateroppervlakte (Heinz, 2012).

Heinz (2012) liet zien dat voor beide soorten lisdodde geldt dat de kans op ontkieming het grootst is bij een dagelijks fluctuerende temperatuur tussen 10 en 25°C. Zowel hogere als lagere temperaturen dan binnen deze range lieten lagere kansen op ontkieming zien. Andere experimenten met Grote lisdodde uit Minnesota, Verenigde Staten (Bonnewell *et al.*, 1983) en Italië (Lombardi *et al.*, 1997) lieten een nog hogere optimale temperatuur zien voor kieming van zaden, respectievelijk een constante temperatuur van 32°C en dagelijks fluctuerend tussen 20 en 30°C. Uit alle experimentele studies komt in ieder geval naar voren dat er sprake moet zijn van warme, zomerse condities.

De tijdsduur vanaf inzaaien tot kieming is sterk afhankelijk van de temperatuur. Bij de meest geschikte temperatuur (tussen 10 en 25°C) kunnen de eerste zaden al binnen enkele dagen ontkiemen (Lombardi *et al.*, 1997; Ekstam & Forsby, 1999). Bij een lagere dagelijks fluctuerende temperatuur tussen 5 en 15°C is de tijd vanaf inzaaien tot kieming reeds ca. 3x zo lang (Heinz, 2012). Dit is een belangrijk gegeven, aangezien bij lage initiële waterstanden ten behoeve van kieming een grote kans bestaat op ontwikkeling van onkruid. Als de lage temperatuur dan ook nog ongunstig is voor ontkieming en het daardoor extra lang duurt tot er kiemplantjes opkomen, dan zal er vergrassing optreden waardoor de kiemplantjes het niet zouden kunnen redden.

De beste tijd om in te zaaien is volgens de literatuur dus niet al te vroeg in het voorjaar. We hebben daarom gewacht met inzaaien van de teeltbedden tot eind april, zoals ook beschreven door Nordt *et al.*, (2020). Het inzaaien zelf is handmatig gedaan, simpelweg door middel van het verspreiden van zaden, die in de voorafgaande winter zijn verzameld uit planten in de omgeving van het Bûtefjild. De zaden zijn handmatig in gedroogde plukjes van circa 40 gram in de grond gedrukt met een dichtheid van 4 plukken per vierkante meter.

Inplanten van pluggen

Aanvullend is geëxperimenteerd met de inplant van voorgekweekte stekken (zogenaamde 'pluggen'), geleverd en ingeplant door de firma Gebroeders Visscher uit Genemuiden. De pluggen zijn met een dichtheid van vier pluggen per vierkante meter ingeplant in een laag van 5-10 cm water (Figuur 3.4). De pluggen van Grote lisdodde hadden bij inplant een lengte van ca. 15 cm en de pluggen van Kleine lisdodde een lengte van ca. 40 cm.



Figuur 3.4 In teeltbed nr. 3 zijn voorgekweekte pluggen geleverd en ingeplant door Gebr. Visscher uit Genemuiden.

3.3 Aanleg en inrichting voor veenmosteelt

Aan het eind van de zomer van 2017 zijn in het Ottema-Wiersema reservaat (It Fryske Gea) in het Bûtefjild op een stuk grasland met veel pitrus twee grootschalige teeltbedden aangelegd voor veenmosteelt. Deze teeltbedden zijn 100 meter lang en 6 meter breed, omgeven door een greppel van 1 meter breed welke in contact staat met een naastgelegen meertje via afsluitschuiven. Dit naastgelegen meertje staat in verbinding met de Falomsterboezem. Een gedetailleerde uitwerking van het inrichtingsplan is te vinden in Mettrop & Oosterveld (2019). De bovenste 20 centimeter is afgegraven in de teeltbedden om plas-dras condities te creëren en de hiermee gewonnen grond is gebruikt voor ophoging van de randzone. Het plaggen van de bovenlaag van de bodem was nodig, niet zozeer omwille van het verwijderen van nutriënten, maar vooral om de voorradige zaadbank van vooral grassoorten en pitrus te verwijderen.



Figuur 3.5 De teeltbedden zijn gegraven eind augustus 2017, vervolgens zijn de grachten geleidelijk met water volgelopen en is eind september 2017 het maaimengsel met veenmossen ingebracht onder plasdrasse condities.

Vervolgens is eind september 2017 een lading maaisel met veenmossen ingebracht in een van de twee teeltbedden. Dit materiaal was afkomstig uit naastgelegen Ottema-Wiersma veenmosrietland en verkregen met de maaierwerkzaamheden aldaar. Er zat veel *Sphagnum squarrosum* en *Sphagnum palustre* (respectievelijk Haakveenmos en Gewoon veenmos) in dit materiaal, maar helaas ook een grote hoeveelheid grassoorten. Een betrouwbare bepaling van

de hoeveelheden en de verhouding aan soorten in het entmateriaal bleek in de praktijk niet goed mogelijk.

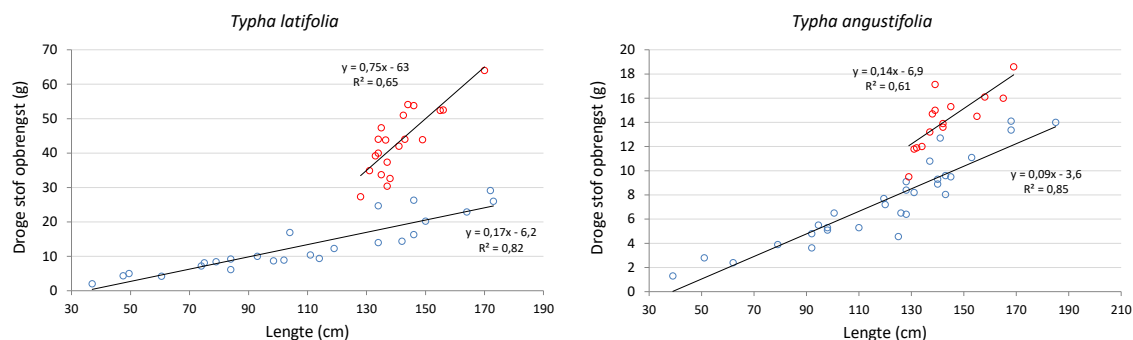
Het veenmos is vervolgens op twee verschillende manieren ingebracht. In ongeveer één derde deel van de teeltbedden is het maaimengsel met veenmossen netjes verspreid, waardoor een vlakdekkend laagje van een centimeter over de gehele oppervlakte is verwezenlijkt. In het overige twee derde deel is het materiaal in grote, losstaande plukken gedeponeerd. Groeieresultaten worden nader toegelicht in Hoofdstuk 5.

3.4 Methode van monitoring

Monitoring en schatting lisdoddeproductie

In de aangelegde lisdoddeteeltbedden is ieder jaar gedurende het groeiseizoen wekelijks gemeten: groeisnelheden van scheuten, dichtheid van scheuten, aanwezigheid van bloeiwijzen ('sigaren'), de waterstand, bedekking door 'onkruiden' en de aanwezigheid van ganzen of andere potentiële grazers op lisdodde. Voor de nrs. 1 t/m 3 in Tabel 3.1 zijn deze metingen gedaan sinds begin 2017. De teeltbedden nrs. 4 t/m 6 in Tabel 3.1 zijn later in gebruik genomen en worden sinds begin 2020 gemonitord.

Aanvullend zijn van de individuele lisdoddestengels de lengte en het drooggewicht bepaald. Wanneer de relatie tussen lengte en drooggewicht per stengel goed genoeg duidelijk is, kan deze in combinatie met de dichtheid aan stengels worden gebruikt als 'proxy' voor de inschatting van productie van bovengrondse biomassa per oppervlakte teeltbed, waarbij uitgegaan wordt van stengels in het najaar (september/oktober). Hierbij is onderscheid gemaakt tussen met en zonder bloeiwijze.



Figuur 3.6 De relatie tussen stengellengte en droge biomassa per stengel, afzonderlijk bepaald voor Grote lisdodde (*Typha latifolia*) en Kleine lisdodde (*Typha angustifolia*). De rode markering betekent inclusief bloeiwijze, en de blauwe markering betekent zonder bloeiwijze.

Figuur 3.6 laat deze relatie zien op basis van in totaal 90 metingen (45 voor grote lisdodde en 45 voor Kleine lisdodde). De richtingscoëfficiënten van de trendlijnen in deze scatterplots zijn vervolgens gebruikt om onderstaande formules op te stellen voor de inschatting van biomassa per oppervlakte eenheid in het najaar. Deze formules zijn in Hoofdstuk 4 gebruikt om inschattingen te maken van de biomassaproductie in de verschillende teeltbedden. Kanttekening bij deze inschattingen is dat de formules niet zijn vergeleken met veldgegevens van geoogste biomassa, omdat de oogst vanuit Veenmarktplaats niet afzonderlijk is gekwantificeerd voor de specifieke experimentele teeltbedden. Het zou mooi zijn als in vervolgonderzoek alsnog een validatie met veldgegevens kan worden gedaan. Wanneer deze

vergelijkingen goed overeenkomen met veldmetingen van oogst, dan zijn deze formules namelijk een interessante proxy voor de teeltpraktijk. Van een bepaald teeltbed met staande lisdodde vegetatie kan met deze proxy immers op willekeurig moment de biomassa worden ingeschat, ook tussentijds eventueel voor bijsturing van de ontwikkeling. De enige input die hiervoor nodig is, is de stengeldichtheid, de gemiddelde scheutlengte en de dichtheid aan bloeiwijzen.

Tabel 3.2 De formules die zijn gebruikt voor inschatting van de biomassa per experimenteel teeltbed.

<i>Typha latifolia</i> (Grote lisdodde)	
Exclusief bloeiwijze:	bovengrondse biomassa (g ds/m ²) = (0,17 * lengte(cm) – 6.2) * dichtheid (n/m ²)
Inclusief bloeiwijze:	bovengrondse biomassa (g ds/m ²) = (0,75 * lengte(cm) – 63.0) * dichtheid (n/m ²)
<i>Typha angustifolia</i> (Kleine lisdodde)	
Exclusief bloeiwijze:	bovengrondse biomassa (g ds/m ²) = (0,09 * lengte(cm) – 3.6) * dichtheid (n/m ²)
Inclusief bloeiwijze:	bovengrondse biomassa (g ds/m ²) = (0,14 * lengte(cm) – 6.9) * dichtheid (n/m ²)

Hoewel de formules niet zijn gevalideerd met veldgegevens, kunnen deze wel legitiem worden gebruikt om verschillen in lisdoddeproductie tussen de verschillende experimentele teeltbedden in deze studie te bepalen. Immers, de inschatting is voor iedere teeltlocatie op dezelfde manier uitgevoerd.

Monitoring veenmosontwikkeling

Voor wat betreft veenmosteelt (nr. 7 in Tabel 3.1) wordt sinds eind 2017 jaarrond regelmatig gemeten aan veenmosbedekking, waterkwaliteit (pH, EGV over een gradiënt van inlaatwater, water in de aanvoersloot, water in de omringende gracht, en porievocht in het teeltbed), bedekking door overige soorten, en veenaangroei onder de levende moslaag (de zogenaamde 'catotelm'). Aanvullend is in de zomer van 2021 een vegetatie opname gemaakt.

4 Lisdoddeteelt: resultaten, conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden de resultaten beschreven per teeltlocatie volgens de nummering zoals aangeduid in Tabel 3.1.

4.1 Lisdoddeveld nr. 1: implant wortelstokken in het Bûtefjild (start 2017)

Omschrijving locatie en uitgangssituatie

Binnen lisdoddeveld nr. 1 op het land van natuurboer van der Ploeg wordt sinds begin 2017 de ontwikkeling gemonitord. Tabel 4.1 geeft een samenvatting van beschikbare locatiegegevens en teelttechnische zaken.

Tabel 4.1 Algemene informatie over de teeltlocatie lisdoddeveld nr. 1. * gegevens afkomstig van de Radboud Universiteit Nijmegen (monsters genomen op 19-07 2017), # gegevens afkomstig van Wetterskip Fryslân (monsters genomen door mbo Life Science studenten in maart 2021).

Algemene locatiegegevens	
Naam locatie/eigenaar:	Bûtefjild/van der Ploeg
GPS coördinaten:	53.253646, 5.943044
Aantal jaren in gebruik:	5
Teeltoppervlakte:	10m*45m = 450 m ²
Water	
Bron inlaatwater:	Falomster (binnen)boezem
P (µmol L ⁻¹) inlaatwater:	1,50*, 6,45#
PO ₄ (µmol L ⁻¹) inlaatwater:	0,38*, 0,39#
P (µmol L ⁻¹) in waterkolom:	Gemiddeld 1,36 (n=3)*; 5,48#
PO ₄ (µmol L ⁻¹) in waterkolom:	Gemiddeld 0,29 (n=3)*; 0,23#
Bodem	
Bodemtype:	Veenlaag van gemiddeld 60 cm dik
Afgegraven toplaag t.b.v. aanleg:	20 cm
Organische stof op 0-10 cm diepte:	Gemiddeld 72% (n=5)*
Organische stof op 10-20 cm diepte:	Gemiddeld 68% (n=5)*
Olsen-P op 0-10 cm diepte (µmol L ⁻¹):	Gemiddeld 223,8 (n=5)*
Olsen-P op 10-20 cm diepte (µmol L ⁻¹):	Gemiddeld 168,9 (n=5)*
P _{totaal} op 0-10 cm diepte (mmol L ⁻¹):	Gemiddeld 6,9 (n=5)*
P _{totaal} op 10-20 cm diepte (mmol L ⁻¹):	Gemiddeld 6,0 (n=5)*
Teelttechnisch	
Ingebracht gewas:	Grote lisdodde en Kleine lisdodde
Aanleg teeltbedden:	begin maart 2017
Inbreng gewassen	eind maart 2017
Manier van inbreng:	inplant wortelstokken
Dichtheid inbreng:	4 wortelstokken per m ²
Gemiddelde waterstand:	In eerste drie groeiseizoenen ca. 10 cm ten opzichte van maaiveld (na afgraven), in groeiseizoen vier en vijf maximaal nog maar 5 cm
Timing en frequentie oogst:	Jaarlijkse oogst in de winter, start pas na tweede groeiseizoen

Op basis van metingen door de Radboud Universiteit is voor deze locatie inzicht verkregen in de chemische eigenschappen van het water en de bodem. Een gedetailleerd beeld van de exacte monsterlocaties van water en bodem is terug te vinden in Mettrop & Oosterveld (2019).

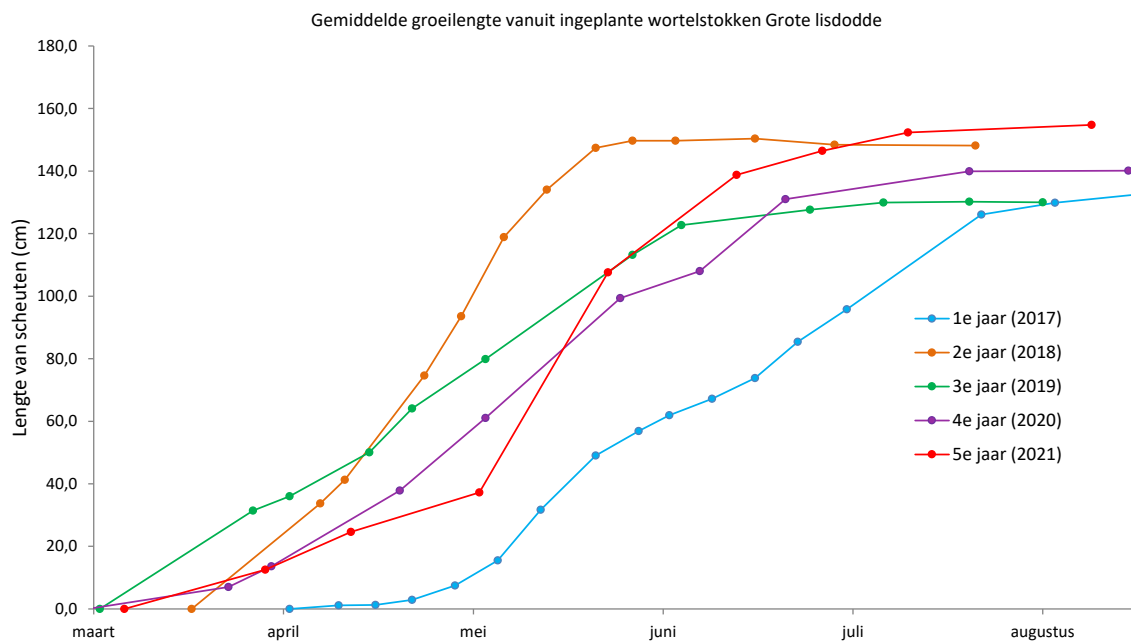
De Olsen-P concentratie per liter verse bodem is een goede maat voor de P-beschikbaarheid voor planten. Deze waarde wordt bepaald via een bicarbonaat-extractie van de bodem. Een bruikbare indicatieve grenswaarde voor P-deficiëntie van bodems is een Olsen-P concentratie van 200-300 micromol P per liter verse bodem (Smolders *et al.*, 2011). Voor soortenrijke vegetatietypen van voedselarme gronden liggen de Olsen-P concentraties van de bodem meestal onder of rond dit niveau, maar in de toplaag van landbouwgronden liggen de waarden voor P-Olsen meestal ver boven deze grenswaarde. Tabel 4.1 laat zien dat in de voormalige landbouwgronden waarin onze teeltbedden zijn aangelegd de P-beschikbaarheid, na afgraven, meevalt. Ook de totaal-P concentraties van de bodems zijn van belang. Uit deze totaalvoorraad kan door bodemprocessen tijdens inundatie (reductie als gevolg van afname van zuurstofbeschikbaarheid) immers weer P vrijkomen in de plantbeschikbare P-fractie. De concentraties P_{totaal} in de bodem op deze locatie laten zien dat er wel behoorlijk wat P in de organische veenbodem gebonden zit, wat op termijn kan vrijkomen als gevolg van verhoging van de waterstand. Het inlaatwater bevat niet bijzonder hoge concentratie aan fosfaat (PO_4) (Tabel 4.1), wat betekent dat de P-bemesting in het teeltbed via het inlaatwater niet bijzonder hoog is. Overigens valt er een verschil waar te nemen in totale P-concentratie in het inlaatwater en de staande waterkolom tussen de metingen van de Radboud Universiteit in 2017 en de metingen door Wetterskip Fryslân van monsters genomen door studenten mbo Life Science in maart 2021. Dit verschil kan voornamelijk niet worden verklaard.

Groeieresultaten eerste groeiseizoen (2017)

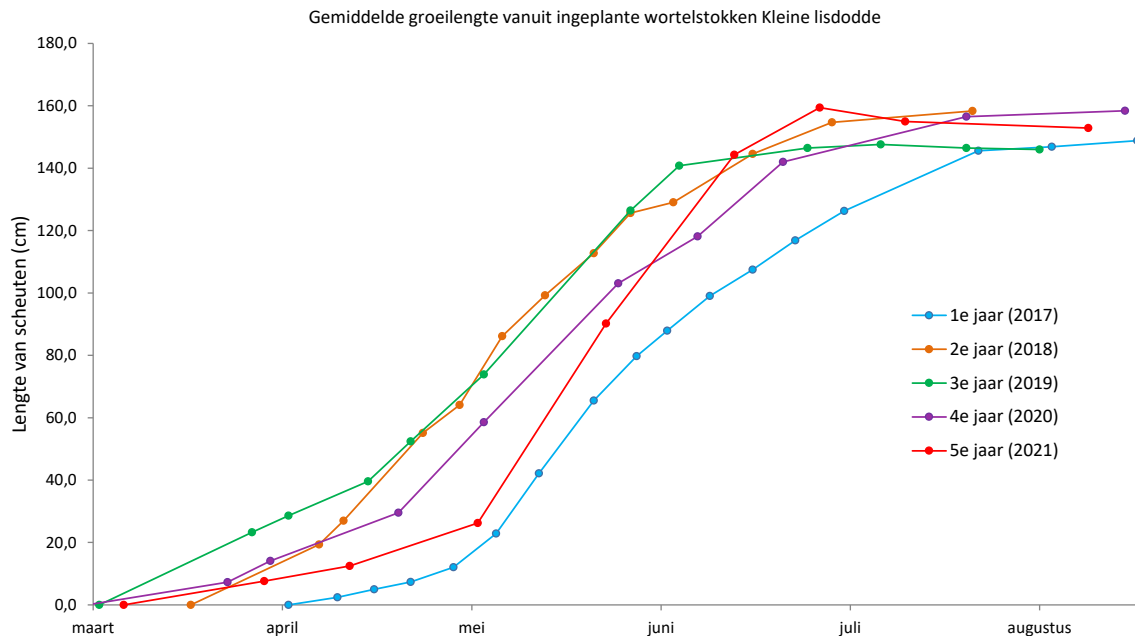
Hoewel eerdere onderzoeken rapporteerden over inplanten pas in mei (o.a. Ristich *et al.*, 1976) bleek het vroege inplanten van wortelstokken reeds eind maart 2017 geen problemen op te leveren. De groei van jonge scheuten vanuit wortelstokken kwam niet direct na inplant op gang. Pas na ongeveer 2 weken begonnen er jonge scheuten op te komen. Vanaf het moment waarop de gemiddelde dagtemperatuur begon toe te nemen, vroeg in mei 2017, liet de dagelijkse groei een flinke versnelling zien. Er bestaat zowel voor Grote als Kleine lisdodde een zeer duidelijke relatie tussen de opwarming in het voorjaar en de start van de groei (Postma, 2017). De snelheid van groei nam gedurende de maand mei enorm toe, tot maximaal 3 centimeter per dag. Na mei groeiden de individueel gemeten scheuten met zo'n 1,5 centimeter per dag door tot eind augustus. Nieuwe scheuten uit wortelstokken van Kleine lisdodde groeiden iets harder in de vroege zomer en werden uiteindelijk met een gemiddelde hoogte van bijna 1,5 meter iets hoger dan de scheuten van Grote lisdodde, die gemiddeld 1,3 meter hoog werden na het eerste jaar na inplant (Figuur 4.2 en 4.3).



Figuur 4.1 De groei van zowel Kleine lisdodde als Grote lisdodde was al in het eerste groeiseizoen (2017) na de inplant van wortelstokken succesvol in teeltbed nr.1. De ontwikkeling van het lisdoddeteeltbed over de gehele periode van vijf jaar is weergegeven in de tijdlijn van Appendix A.



Figuur 4.2 De lengte van nieuwe scheuten van Grote lisdodde uitgezet over de groeiseizoenen 2017, 2018, 2019, 2020 en 2021.



Figuur 4.3 De lengte van nieuwe scheuten van Kleine lisdodde uitgezet over de groeiseizoenen 2017, 2018, 2019, 2020 en 2021.

In dit eerste jaar kwamen uit 96% van de wortelstokken één of meer jonge scheuten tevoorschijn. Slechts 4% van de ingeplante wortelstokken was niet succesvol. Per ingeplante wortelstok Kleine lisdodde kwamen in de 12 weken na inplant gemiddeld zo'n 1.5 nieuwe scheuten omhoog. Voor Grote lisdodde lag dit gemiddelde iets lager op zo'n 1.25 scheuten per wortelstok. Echter, in juni 2017 was er sprake van een opmerkelijke opkomst van meer nieuwe jonge scheuten van beide soorten (Mettrop & Oosterveld, 2019). Het aantal scheuten voor beide soorten nam toe met een factor van ca. 2.5. Uit de wortelstokken van Kleine lisdodde kwamen uiteindelijk gemiddeld meer dan 4 scheuten per wortelstok, en uit wortelstokken van Grote lisdodde zo'n 3 scheuten per wortelstok. Uitgedrukt per oppervlakte eenheid kwam de bedekking van Grote en Kleine lisdodde aan het eind van het eerste groeiseizoen op gemiddeld respectievelijk 15 en 18 scheuten per vierkante meter. Op basis van de eerder genoemde formule (paragraaf 3.4) is een inschatting gemaakt van de bovengrondse biomassa-productie van ca. 3.1 en 1.8 ton droge stof per hectare voor respectievelijk Grote en Kleine lisdodde. Dit is niet een bijzonder hoge opbrengst. De inschatting valt nog redelijk hoog uit vergeleken met andere inschatting in hetzelfde teeltbed van 1,6 ton droge stof per hectare, waarbij Grote en Kleine lisdodde zijn samengenomen (berekend op basis van metingen van Zeepvat, 2018).

Tabel 4.2 Groeiresultaten (gemiddelden) per jaar van Grote lisdodde (*Typha latifolia*) en Kleine lisdodde (*Typha angustifolia*) in teeltbed nr. 1. * inschatting oogst in het najaar op basis van de formule in tabel 3.2.

Jaar	1 ^e jaar (2017)		2 ^e jaar (2018)		3 ^e jaar (2019)		4 ^e jaar (2020)		5 ^e jaar (2021)	
Soort lisdodde	Grote	Kleine	Grote	Kleine	Grote	Kleine	Grote	Kleine	Grote	Kleine
Lengte (cm) (n=40):	133	149	148	158	129	149	140	158	155	151
Dichtheid stengels per m ² (n=5):	15	18	26	48	23	37	25	34	15	38
Dichtheid stengels excl. bloeiwijze per m ² (n=5):	12	18	22	38	18	32	20	29	8	31
Dichtheid stengels incl. bloeiwijze per m ² (n=5):	3	0	4	10	5	5	5	5	7	7
Inschatting biomassa* (ton d.s./ha)	3,1	1,8	6,1	5,6	4,5	3,8	5,6	3,8	5,3	4,1

Groeiresultaten tweede groeiseizoen (2018)

Vanuit de succesvolle wortelstokken van 2017 lieten zowel Grote als Kleine lisdodde in 2018 een aanzienlijk snellere groei zien dan in het jaar daarvoor. Door Grote lisdodde werd reeds eind mei een stabiele lengte van zo'n 1.50 meter bereikt. Deze stabiele situatie werd in het eerste jaar pas twee maanden later bereikt. De scheuten van Grote lisdodde werden in 2018 zo'n 20 centimeter hoger dan in 2017. De groei van Kleine lisdodde liep in het tweede jaar iets achter op die van Grote lisdodde, maar uiteindelijk werden de scheuten van Kleine lisdodde, net als in 2017, toch gemiddeld net wat hoger dan die van Grote lisdodde. De tropische temperaturen in de zomer van 2018 vormen een plausibele verklaring voor de snelle groei van beide soorten ten opzichte van 2017. Wellicht is ook het feit dat de wortelstokken waaruit de scheuten groeiden er al een jaar eerder succesvol stonden een verklaring voor de snellere groei in 2018. In het tweede jaar was het aantal uitlopers in de bodem, waaruit scheuten konden groeien, vele malen groter dan in het eerste jaar na inplant. Het aantal jonge scheuten per vierkante meter viel dan ook na het tweede groeiseizoen veel hoger uit (Tabel 4.2). De ingeschatte opbrengst na dit tweede groeiseizoen bedroeg 6,1 en 5,6 ton droge stof per hectare voor respectievelijk Grote en Kleine lisdodde. Deze resultaten komen redelijk overeen met de inschatting van ca. 5 ton droge stof per hectare door Paetzel (2018) in hetzelfde teeltbed, waarbij Grote en Kleine lisdodde zijn samengenomen.

Groeiresultaten derde groeiseizoen (2019)

In 2019 begonnen zowel Kleine als Grote lisdodde nog vroeger in het voorjaar met groeien dan in 2018. Dit heeft er waarschijnlijk mee te maken dat de maanden februari en maart in 2019 aanzienlijk warmer waren dan in 2018 (data KNMI). De groeisnelheden waren over het gehele groeiseizoen gezien wel overeenkomstig met voorgaande jaren. Wederom werden de stengels van Kleine lisdodde uiteindelijk iets langer dan die van Grote lisdodde. Over het algemeen genomen werden de lisdoddestengels in 2019 iets minder lang dan in 2018. De ingeschatte bovengrondse biomassa van ca. 4.5 en 3.8 ton droge stof per hectare voor respectievelijk Grote en Kleine lisdodde viel ook lager uit dan in 2018 (Tabel 4.2). Dit zou met de lagere waterstand in de teeltbedden te maken kunnen hebben, als gevolg van de droogte en de lagere waterstand in de aangesloten Falomster binnenboezem. Gedurende een periode van bijna een maand is de waterstand in de teeltbedden niet hoger geweest dan zo'n 5 tot 10 centimeter. Als gevolg van de drogere omstandigheden in 2019 is er veel meer onkruid ontstaan dan in voorgaande jaren. Met name de rappe ontwikkeling van Pitrus begon in 2019 problematisch te worden. De hogere waterstanden in de winter van 2019-2020 hebben niet gezorgd voor een afname van Pitrus ontwikkeling ten gunste van lisdodde. Om die reden zijn handmatig in het prille voorjaar van 2020 een aandeel van de Pitrus planten verwijderd.

Duidelijk is in ieder geval geworden dat het waarborgen van een continue waterstand van minimaal 20 centimeter in de teeltbedden belangrijk is om Pitrus dominantie te voorkomen, zeker gedurende de zomer.

Groeiresultaten vierde groeiseizoen (2020)

Het vierde groeiseizoen liet voor beide soorten geen opvallende ontwikkelingen zien. De groeisnelheden en timing waren over het gehele groeiseizoen bezien overeenkomstig met voorgaande jaren (Figuur 4.2 en 4.3). De stengels van Kleine lisdodde werden ook nu iets langer dan die van Grote lisdodde. De ingeschatte bovengrondse biomassa opbrengst was ook vergelijkbaar met eerdere seizoenen (Tabel 4.2). De grote hoeveelheid Pitrus en andere ongewenste soorten die zich in 2019 hebben ontwikkeld, zijn als gevolg van de relatief hoge waterstanden tijdens het groeiseizoen in 2020 niet verdwenen. Sterker nog, deze ontwikkeling is verder gegaan met als gevolg een nog grotere bedekking op schaal van het hele teeltbed. Gezien de beperking in peilopzet, vanwege de afhankelijkheid van het boezempeil, is het maar de vraag of deze ontwikkeling door middel van waterstandverhoging überhaupt kan worden teruggedraaid. Het lijkt erop dat de teeltbedden toch iets dieper hadden moeten worden afgegraven, om wanneer noodzakelijk, een hogere waterstand te kunnen waarborgen zonder gebruik te hoeven maken van een pompsysteem.

Groeiresultaten vijfde groeiseizoen (2021)

In het afgelopen groeiseizoen van 2021 was het aantal stengels per vierkante meter opvallend lager dan in eerdere jaren. Tegelijkertijd was de bedekking van overige soorten in het teeltbed aanzienlijk hoger. Deze ongunstige ontwikkeling doet vermoeden dat het pioniersstadium, waar met name lisdoddesoorten gebaat bij zijn, begint plaats te maken voor een meer dichte vegetatie met veel grassen en russen. De bedekking door Pitrus is ten opzichte van 2020 nog verder toegenomen. Dit heeft te maken met de lage waterstand op het maaiveld ten opzichte van eerdere jaren. Vanaf begin 2020, maar vooral in 2021 nagenoeg onmogelijk bleek om de vereiste waterstand van zo'n 20 cm boven maaiveld te waarborgen. Dit had enerzijds te maken met de lagere peilen in de boezem door een paar droge zomers, waardoor onvoldoende inlaat mogelijk was. Maar daarbij komt dat gedurende de proeven het maaiveld geleidelijk omhoog is gekomen. Uitgaande van een in 2017 ingeslagen referentiepaal kan worden geconcludeerd dat het maaiveld ca. 8 centimeter hoger is komen te liggen gedurende 5 jaar lisdoddeteelt. Gezien het feit dat de jaarlijks geoogste biomassa is afgevoerd, en er in verschillende gegraven bodemprofielen geen indicatie is van een nieuwe veenlaag, is het niet waarschijnlijk dat deze verhoging hoofdzakelijk kan worden toegeschreven aan nieuwe veenvorming. Waarschijnlijk speelt hier in hoge mate de sponswerking van de veenondergrond een rol. Na het afgraven van de top laag bij de aanleg van de teeltbedden is er immers gewicht verwijderd. Het zou goed kunnen zijn dat de ondergrond hierdoor als een spons is gaan uitzetten in verticale richting. Om hier meer inzicht in te krijgen zou toekomstig nader onderzoek naar dit proces van grote meerwaarde zijn.

De stengeldichtheid van Grote lisdodde viel in 2021 duidelijk lager uit dan in eerdere jaren, maar in de afname van de ingeschatte biomassa (zo'n 5,3 ton d.s./ha) was dit niet per se terug te zien. Dit heeft te maken met het relatief hoge aantal bloeiwijzen in 2021. De bloeiwijzen van met name Grote lisdodde kunnen zorgen voor flink wat massa. Mogelijk houdt de toename van de dichtheid aan bloeiwijzen verband met de verslechtering van de groeiplaatscondities voor lisdodde. De stengeldichtheid en biomassaproductie van Kleine lisdoddegroeiplaatsen was wel vergelijkbaar met eerdere jaren, maar ook in de groeiplaatsen van Kleine lisdodde is ieder jaar meer ontwikkeling van met name grassen waar te nemen. Ook (water)riet begint hier inmiddels te ontwikkelen.

Overige opmerkingen

Om ook iets te weten te komen over mogelijkheden en gevolgen van tussentijdse oogst is zowel in 2018 als 2019 van een selectie van planten in begin juni de biomassa boven water afgeknipt. Na het afknippen viel een opmerkelijk snelle groei waar te nemen van maximaal 5 centimeter per dag, waardoor na circa vier weken de afgeknipte planten wederom een vergelijkbare hoogte hadden als de niet afgeknipte planten. Dit zou kunnen betekenen dat tussentijdse oogst in juni zonder problemen aanvullende jaarlijkse oogst oplevert. Het lijkt niet zo te zijn dat de vitaliteit van deze planten op lange termijn lager uitvalt, of dat de productie van worteluitlopers bij deze planten lager is geweest door het afknippen, met als gevolg een lagere productie in het volgende jaar.

4.2 Lisdoddeveld nr. 2: inzaaien in het Bûtefjild (start 2017)

Omschrijving locatie en uitgangssituatie

Binnen lisdoddeveld nr. 2 op het land van natuurboer van der Ploeg wordt sinds begin 2017 de ontwikkeling gemonitord. Tabel 4.3 geeft een samenvatting van beschikbare locatiegegevens en teelttechnische zaken. Ook in dit tweede teeltbed bij van der Ploeg is op basis van metingen door de Radboud Universiteit in 2017 en Wetterskip Fryslân in samenwerking met studenten mbo Life Science studenten in 2021 inzicht verkregen in de chemische eigenschappen van het water en de bodem (Tabel 4.3). De biogeochemische eigenschappen verschillen niet noemenswaardig van teeltbed nr. 1.

Groeieresultaten eerste groeiseizoen (2017)

De ervaring met het opzetten van een teeltbed vanuit zaad is geen onverdeeld succes gebleken. Ten eerste duurde het erg lang voordat er überhaupt sprake was van kiemplantjes (Figuur 4.4). Op 18 april 2017 is er ingezaaid, maar pas in juni werden de eerste bosjes ondergedoken kiemplantjes zichtbaar volgens het raster waarin de zaadpluizen in de bodem waren gedrukt. Tegen het einde van juni pas kwamen de eerste plantjes boven het waterniveau uit. Helaas was er tegen deze tijd ook al een hoop Mannagras en Riet in het teeltbed terechtgekomen, wat een groeibelemming kan hebben gevormd voor de opkomende lisdodde kiemplantjes vanwege competitie om licht. Pas in juli 2017 kwamen de kiemplanten in een groeiversnelling en werden de lisdodde planten echt goed herkenbaar (Figuur 4.4). De kleine kiemplantjes die begin juni 2017 onder water opkwamen in de ingezaaide teeltbedden hadden kleine, fragiele bladeren die gedurende een week op het wateroppervlak dreven voordat de bladeren boven het water uit omhoog gingen groeien. Heinz (2012) constateerde dit eveneens bij kiemplantjes die onder water opkwamen voor beide soorten lisdodde. Deze vroege, drijvende bladeren zijn essentieel in het eerste stadium direct na kieming en kunnen slecht tegen droge condities (Coops & van der Velde, 1995). Op de plekken waar zaden tot ontkieming kwamen, ontstonden zeer grote hoeveelheden zaailingen, waarvan uiteindelijk maar een klein aantal uitgroeide tot kiemplanten die boven het water uitstaken. Ook in het onderzoek van Heinz (2012) werd dit waargenomen. Dichte bosjes van meer dan 100 zaailingen per vierkante meter stabiliseerden uiteindelijk tot zo'n 25 jonge scheuten per vierkante meter.

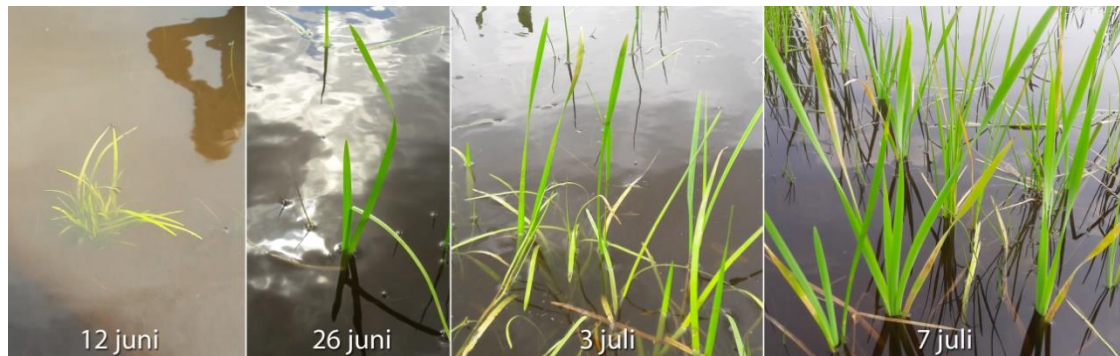
Tabel 4.3 Algemene informatie over de teeltlocatie lisdoddeveld nr. 2. * gegevens afkomstig van de Radboud Universiteit Nijmegen (monsters genomen op 19-07 2017), # gegevens afkomstig van Wetterskip Fryslân (monsters genomen door mbo Life Science studenten in maart 2021)

Algemene locatiegegevens	
Naam locatie/eigenaar:	Bûtefjild/van der Ploeg
GPS coördinaten:	53.253843, 5.943625
Aantal jaren in gebruik:	5
Teeltoppervlakte:	10m*45m = 450 m ²
Water	
Bron inlaatwater:	Lisdoddeveld nr.1, welke wordt gevoed vanuit de Falomster (binnen)boezem
P (µmol L ⁻¹) inlaatwater:	Gemiddeld 1,36 (n=3)*
PO ₄ (µmol L ⁻¹) inlaatwater:	Gemiddeld 0,29 (n=3)*
P (µmol L ⁻¹) in waterkolom:	Gemiddeld 1,39 (n=3)*; 10,97#
PO ₄ (µmol L ⁻¹) in waterkolom:	Gemiddeld 0,31 (n=3)*; 0,23#
Bodem	
Bodemtype:	Veenlaag van gemiddeld 60 cm dik
Afgegraven toplaag t.b.v. aanleg:	20 cm
Organische stof op 0-10 cm diepte:	Gemiddeld 68% (n=5)*
Organische stof op 10-20 cm diepte:	Gemiddeld 67% (n=5)*
Olsen-P op 0-10 cm diepte (µmol L ⁻¹):	Gemiddeld 278,2 (n=5)*
Olsen-P op 10-20 cm diepte (µmol L ⁻¹):	Gemiddeld 194,1 (n=5)*
P _{totaal} op 0-10 cm diepte (mmol L ⁻¹):	Gemiddeld 8,2 (n=5)*
P _{totaal} op 10-20 cm diepte (mmol L ⁻¹):	Gemiddeld 7,5 (n=5)*
Teelttechnisch	
Ingebracht gewas:	Grote lisdodde
Aanleg teeltbedden:	begin maart 2017
Inbreng gewas:	eind april 2017
Manier van inbreng:	inzaaien door gedroogde plukjes zaad van circa 40 gram in de grond te drukken
Dichtheid inbreng:	4 plukken per m ²
Gemiddelde waterstand:	11 cm ten opzichte van maaiveld (in eerste drie groeiseizoenen)
Timing en frequentie oogst:	Jaarlijkse oogst in de winter, start pas na tweede groeiseizoen

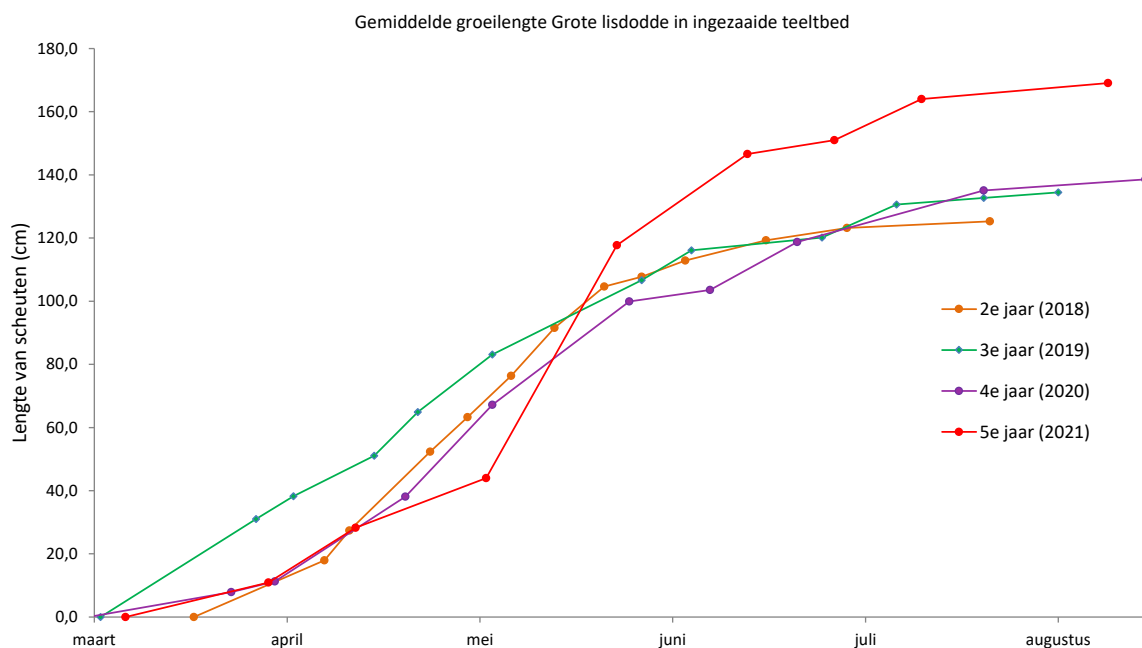
Groeieresultaten tweede groeiseizoen (2018)

In het tweede jaar na inzaaien groeiden de nieuwe scheuten in het ingezaaide teeltbed aanzienlijk sneller en vroeger dan in het eerste jaar (Figuur 4.5). Er was nu immers sprake van groei vanuit energierijke wortelstokken, die waren gevormd in het jaar daarvoor. De groeicurve vertoonde zeer veel gelijkenis met de groeicurve in het ingeplante teeltbed nr.1 in het eerste jaar (2017). Dit betekent in feite dat de methode van inzaaien, zijnde niet arbeidsintensief en dus goedkoper dan inplanten, als nadeel heeft dat men een geheel groeiseizoen achterloopt ten opzichte van het inplanten van wortelstokken. Deze resultaten worden bevestigd in andere veldstudies met lisdodde-teelt, zoals uitgevoerd door KTC Zegveld (Geurts *et al.*, 2017). Met de toename van dichtheid en groeisnelheid viel ook de bovengrondse biomassa hoger uit dan na het eerste groeiseizoen, maar net zoals in teeltbed nr. 1 viel de opbrengst tegen. Ook in dit teeltbed is er duidelijk sprake van een limiterende factor. De groeiende scheuten in het ingezaaide teeltbed lieten in het tweede jaar een interessante verspreiding zien. Op de diepste stroken van het ingezaaide teeltbed stonden de meeste lisdoddeplanten, en de minste overige soorten (Figuur 4.6). Dit zou kunnen betekenen dat inundatie echt noodzakelijk is voor succesvolle ontwikkeling via ontkieming van lisdodde uit zaad. Het zou ook te maken kunnen

hebben met het feit dat hier net wat meer bodem is afgegraven, waardoor minder sprake is van nalevering of concurrentie vanuit een zaadbank uit het verleden.



Figuur 4.4 Het inzaaien in de teeltbedden van Better Wetter vond plaats op 18 april 2017. Vervolgens duurde het lang voordat de eerste kiemplantjes kwamen en deze groeiden niet erg snel.



Figuur 4.5 De lengte van nieuwe scheuten van Grote lisdodde na inzaaien, uitgezet over het tweede, derde, vierde en vijfde groeiseizoen (2018-2021).

Groeiresultaten derde groeiseizoen (2019)

Het groeiseizoen van 2019 liet een vergelijkbare curve zien voor groeiresultaten in het ingezaaide teeltbed als in 2018, met een gemiddelde stengellengte van zo'n 1,4 meter (Figuur 4.5). Ook hier zagen we dat de scheuten opmerkelijk eerder in het seizoen begonnen met groeien dan in 2018, wat hoogstwaarschijnlijk te maken heeft met het feit dat de maand maart in 2019 aanzienlijk warmer was dan in 2018. De gemiddelde lengte van minder dan 1,5 meter

indiceert nog steeds suboptimale groeiomstandigheden. Grote lisdodde kan immers wel twee keer zo hoog worden. De duidelijke scheiding tussen het iets diepere deel en het drooggevalen deel ten tijde van inzaaien, zoals beschreven voor 2018, is ook in 2019 nog zichtbaar. De open ruimte die was ontstaan in het ondiepe gedeelte waar in 2018 geen lisdodde opkwam (rechts in de foto van figuur 4.6) was voor een groot gedeelte volgegroeid met hoofdzakelijk Pitrus.



Figuur 4.6 Teeltbed nr. 2, met ingezaaide Grote lisdodde, liet in het tweede jaar na aanleg (2018) in de diepere delen (links) een veel betere groei zien dan in de minder diepe delen (rechts).

Groeiresultaten vierde groeiseizoen (2020)

De groeicurve van het vierde groeiseizoen zag er vergelijkbaar uit met die van de eerdere jaren (Figuur 4.5). De planten werden niet hoger dan 1,4 meter, wat erop duidt dat de omstandigheden wederom niet optimaal waren. De verspreiding van planten liet wel een opmerkelijke ontwikkeling zien. De grote open plekken op de minder diepe delen van het teeltbed zijn in 2020 volgegroeid. Echter niet door de oorspronkelijk ingezaaide Grote lisdodde, maar voor een groot gedeelte door Kleine lisdodde met hoge dichtheid (Figuur 4.7, Tabel 4.4). Dit is een opmerkelijke ontwikkeling, die nog niet goed valt te verklaren. Er is echter ook nog steeds sprake van open plekken in het teeltbed, waardoor de totale bedekking niet hoog uitvalt.



Figuur 4.7 Waar teeltbed nr. 2, in de eerste drie jaren na aanleg grote open plekken liet zien tussen de Grote lisdodde planten in de minder diepe delen (Figuur 4.6), nam de bedekking met Kleine lisdodde op deze plekken vanaf het vierde groeiseizoen aanzienlijk toe.

Groeiresultaten vijfde groeiseizoen (2021)

In 2021 zag de ontwikkeling voor Grote lisdodde er vergelijkbaar uit als in teeltbed 1: de dichtheid van stengels was afgenomen, en er ontwikkelden steeds meer andere soorten binnen de groeiplaatsen van Grote lisdodde. Net zoals beschreven voor teeltbed nr. 1 is de belangrijkste oorzaak hiervoor de relatief lage waterstand ten opzichte van het maaiveld. Tegelijkertijd is de dichtheid aan bloeiwijzen toegenomen, waardoor de geschatte biomassa-productie per oppervlakte niet verminderd is. De biomassa-productie van Grote lisdodde valt zelfs hoger uit dan in eerdere jaren vanwege de relatief zware massa van de bloeiwijzen van Grote lisdodde. De uit zaad spontaan ontstane Kleine lisdodde groeiplaatsen lieten in 2021, net zoals in 2020, een zeer hoge dichtheid zien. Ook hier was de dichtheid van bloeiwijzen in 2021 hoger dan in eerdere jaren, wat resulteerde in een relatief hoge biomassa-productie (Tabel 4.4).

*Tabel 4.4 Groeiresultaten (gemiddelden) per jaar in teeltbed nr. 2. * inschatting oogst in het najaar op basis van de formule in paragraaf 3.4. #betreft de dichtheid allen in het gedeelte waarin Kleine lisdodde is opgekomen, dus niet gemeten over het gehele teeltbed.*

Jaar	2 ^e jaar (2018)	3 ^e jaar (2019)	4 ^e jaar (2020)		5 ^e jaar (2021)	
Soort lisdodde	Grote	Grote	Grote	Kleine	Grote	Kleine
Lengte (cm) (n=40):	125	134	135	148	169	159
Dichtheid stengels per m ² (n=5):	14	23	25	43 [#]	21	48 [#]
Dichtheid stengels excl. bloeiwijze per m ² (n=5):	14	18	20	38 [#]	14	40 [#]
Dichtheid stengels incl. bloeiwijze per m ² (n=5):	0	5	5	5 [#]	7	8 [#]
Inschatting biomassa* (ton d.s./ha)	2,1	4,9	5,3	4,4 [#]	7,6	5,5 [#]

Overige opmerkingen

Bij het inzaaien in 2017 is ook de optie van het inbrengen van zaden via vermenging in bagger toegepast, maar deze methode is niet succesvol gebleken. Dit heeft vermoedelijk te maken met de zeer lage lichtbeschikbaarheid wanneer het zaad via bagger wordt ingebracht.

4.3 Lisdoddeveld nr. 3: inzaaien in het Bûtefjild (start 2020)Omschrijving locatie en uitgangssituatie

Lisdoddeveld nr. 3 op het land van natuurboer van der Ploeg was in eerste instantie een proef met inplant van pluggen, maar sinds begin 2020 is hier een nieuwe zaaiproef gestart vanwege de slechte ontwikkeling in 2019. Het langwerpige teeltbed was in juli 2019 aangelegd en in augustus ingeplant met voorgekweekte pluggen (Mettrop & Oosterveld, 2019). Ondanks de goede groei in het eind van de zomer van 2019 hadden de plantjes niet genoeg tijd om groot en sterk genoeg te worden voor de winter. De lisdoddeplantjes zijn tijdens de winterperiode van eind 2019 dan ook volledig verdwenen, vermoedelijk als gevolg van een najaarsstorm met bijbehorende waterbeweging in het teeltbed. Maar er valt niet uit te sluiten dat (ganzen)vraat hierbij ook een rol heeft gespeeld. Hieruit is de belangrijke les geleerd dat het inplanten van pluggen vroeg in het jaar dient te gebeuren. In de nazomer is het hiervoor te laat.

Begin 2020 is in dit teeltbed dus een nieuwe proef gestart, waarvan in deze paragraaf de resultaten worden gepresenteerd. Het gaat hier niet meer om een proef met pluggen, maar om een inzaaioproef. Tabel 4.5 geeft een samenvatting van beschikbare locatiegegevens en teelttechnische zaken.

Tabel 4.5 Algemene informatie over de teeltlocatie lisdoddeveld nr. 3. * gegevens afkomstig van de Radboud Universiteit Nijmegen (monsters genomen op 19-07 2017), # gegevens afkomstig van Wetterskip Fryslân (monsters genomen door mbo Life Science studenten in maart 2021)

Algemene locatiegegevens	
Naam locatie/eigenaar:	Bûtefjild/van der Ploeg
GPS coördinaten:	53.253833, 5.943247
Aantal jaren in gebruik:	2
Teeltoppervlakte:	6m*90m = 540 m ²
Water	
Bron inlaatwater:	Falomster (binnen)boezem
P (µmol L ⁻¹) inlaatwater:	1,50*; 6,45#
PO ₄ (µmol L ⁻¹) inlaatwater:	0,38*; 0,39#
P (µmol L ⁻¹) in waterkolom:	3,55#
PO ₄ (µmol L ⁻¹) in waterkolom:	0,32#
Bodem	
Bodemtype:	Veenlaag van gemiddeld 60 cm dik
Afgegraven toplaag t.b.v. aanleg:	35 cm
Teelttechnisch	
Ingebracht gewas:	Grote lisdodde
Aanleg teeltbedden:	juli 2019
Inbreng gewas:	begin april 2020
Manier van inbreng:	inzaaien door middel van handmatige verstrooiing
Dichtheid inbreng:	circa 100 gram gedroogde plukjes zaad per m ²
Gemiddelde waterstand:	in 1 ^e jaar geleidelijk oplopend van 0 tot 10 cm, in 2 ^e jaar 23 cm
Timing en frequentie oogst:	Nog niet geoogst

Groeiresultaten eerste groeiseizoen (2020)

Net zoals in teeltbed nr. 2 duurde het na inzaaien lang voordat er sprake was van kiemplantjes. Begin april 2020 is er ingezaaid, maar pas eind mei/begin juni werden de eerste zaailingen zichtbaar. In juli kwamen de plantjes in een groeiversnelling, om in het najaar uit te komen op een gemiddelde hoogte van net boven de 80 centimeter (Figuur 4.9). De waterstand is gecontroleerd omhoog gebracht, waarbij rekening is gehouden met de ontwikkeling van de zaailingen. Vanaf het moment van inzaaien is een plasdras-situatie aangehouden (+/-1cm boven maaiveld). Vanaf het moment dat er kiemplantjes opkwamen is de waterstand heel geleidelijk over het groeiseizoen verhoogd naar 10 cm boven maaiveld met als resultaat een succesvolle opkomst met hoge dichtheid. Een nadere uitwerking van de gelijkmatige verhoging van de waterstand is te vinden in de tussenrapportage van 2020 (Mettrop, 2020b).

Groeiresultaten tweede groeiseizoen (2021)

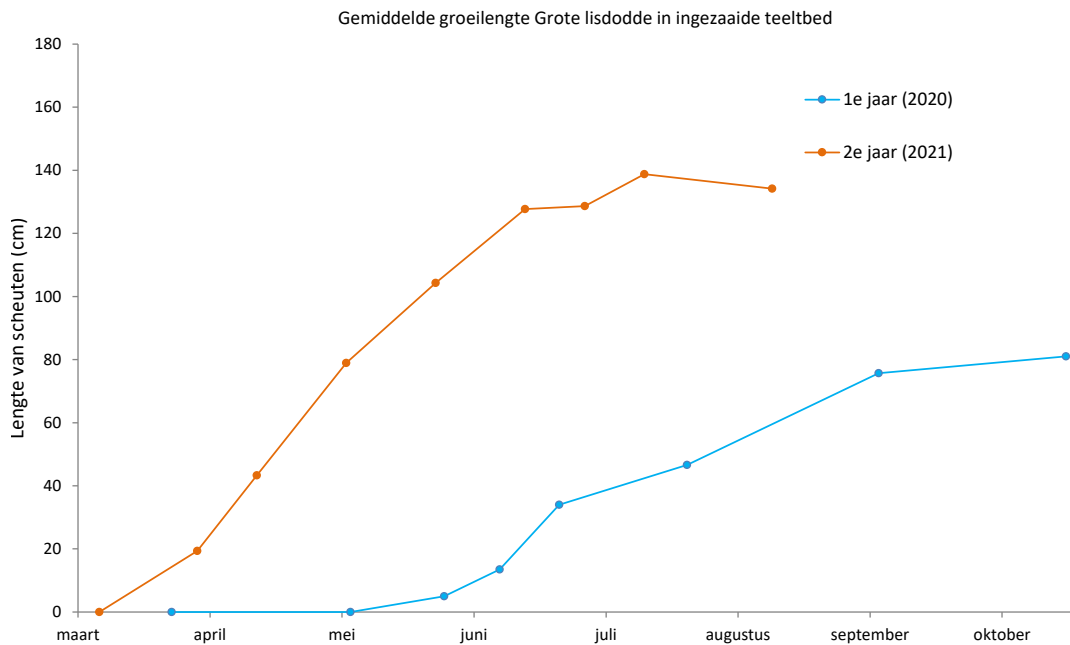
De zaailingen uit het eerste groeiseizoen hebben de winter overleefd, en de groeiresultaten in het tweede groeiseizoen na inzaaien (2021) lieten zien dat de Grote lisdodde planten met een gemiddelde lengte van 134 centimeter een stuk hoger groeiden dan in het jaar van inzaaien (Figuur 4.9). De ingeschatte biomassa in het najaar viel dan ook een stuk hoger uit (Tabel 4.6), maar was in vergelijking tot natuurlijke groeiplaatsen relatief laag. De dichtheid was in 2021 vergelijkbaar met het eerste jaar.

Tabel 4.6 Groeiresultaten (gemiddelden) per jaar van Grote lisdodde (*Typha latifolia*) in teeltbed nr. 3. * inschatting opbrengst in het najaar op basis van de formule in paragraaf 3.4

Jaar	1 ^e jaar (2020)	2 ^e jaar (2021)
Soort Lisdodde	Grote	Grote
Lengte (cm) (n=15):	81	134
Dichtheid stengels per m ² (n=10):	18	18
Dichtheid stengels excl. bloeiwijze per m ² (n=10):	18	16
Dichtheid stengels incl. bloeiwijze per m ² (n=10):	0	2
Inschatting biomassa* (ton d.s./ha)	1,4	3,4



Figuur 4.8 De inzaaioproef in lisdoddeveld nr. 3 was, in tegenstelling tot lisdoddeveld nr. 2, wel succesvol en leidde tot een hoge dichtheid van Grote lisdoddescheuten door de waterstand geleidelijk en gelijktijdig met de groei van zaailingen te verhogen. Foto genomen in september 2020.

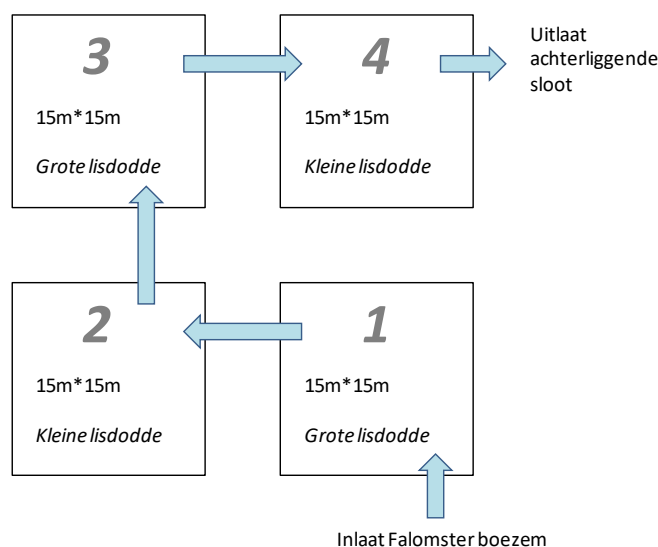


Figuur 4.9 De lengte van nieuwe scheuten van Grote lisdodde na inzaaien in het eerste groeiseizoen (2020) en het tweede groeiseizoen (2021).

4.4 Lisdoddeveld nr. 4: inplant voorgekweekte pluggen in het Bûtefjild (start 2020)

Omschrijving locatie en uitgangssituatie

Binnen lisdoddeveld nr. 4 op het land van boer Damstra, het perceel naast de proefvelden bij van der Ploeg, wordt sinds begin 2020 de ontwikkeling gemonitord. De teeltlocatie bestaat uit vier verschillende plots, die met elkaar in verbinding staan. Het ingelaten water uit de Falomster boezem stroomt in volgorde van de nummers in Figuur 4.10 door de plots. In twee plots is Grote lisdodde ingeplant (nrs. 1 en 3) en in twee plots is Kleine lisdodde ingeplant (nrs. 2 en 4). Tabel 4.7 geeft een samenvatting van beschikbare locatiegegevens en teelttechnische zaken.



Figuur 4.10 Een schematische weergave van het doorstromingsprincipe van de plots binnen lisdoddeveld nr. 4.

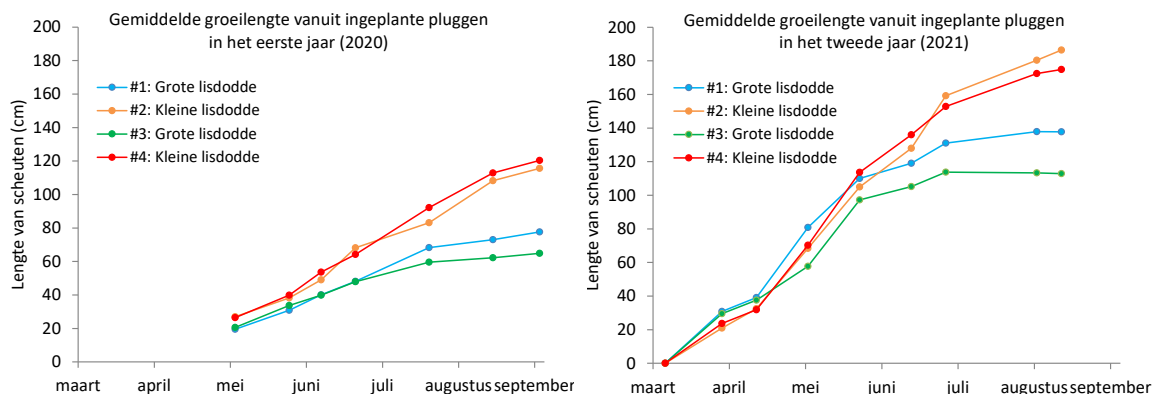
Tabel 4.7 Algemene informatie over de teeltlocatie lisdoddeveld nr. 4. * gegevens afkomstig van de Radboud Universiteit Nijmegen (monsters genomen op 19-07 2017), # gegevens afkomstig van Wetterskip Fryslân (monsters genomen door mbo Life Science studenten in maart 2021).

Algemene locatiegegevens	
Naam locatie/eigenaar:	Bûtefjild/Damstra
GPS coördinaten:	53.253669, 5.941924
Aantal jaren in gebruik:	2
Teeltoppervlakte:	4*(15m*15m) = 900 m ²
Water	
Bron inlaatwater:	Falomster (binnen)boezem
P (µmol L ⁻¹) inlaatwater:	1,50*, 6,45#
PO ₄ (µmol L ⁻¹) inlaatwater:	0,38*, 0,39#
Bodem	
Bodemtype:	Veenlaag van gemiddeld 60 cm dik
Afgegraven toplaag t.b.v. aanleg:	20 cm
Teelttechnisch	
Ingebracht gewas:	Grote lisdodde en Kleine lisdodde (afzonderlijke vakken)
Aanleg teeltbedden:	eind maart 2020
Inbreng gewas:	begin mei 2020
Manier van inbreng:	voorgekweekte pluggen, handmatig ingeplant
Dichtheid inbreng:	4 pluggen per m ²
Gemiddelde waterstand:	In het eerste groeiseizoen 7.5 cm t.o.v. maaiveld (na afgraven) i.v.m. inplant pluggen, in het tweede groeiseizoen 20 cm t.o.v. maaiveld (na afgraven)
Timing en frequentie oogst:	Nog niet geoogst

Groeiresultaten eerste groeiseizoen (2020)

Op het moment van inplant waren de pluggen van Grote lisdodde zo'n 20 cm en de pluggen van Kleine lisdodde zo'n 27 cm lang. Gedurende het groeiseizoen werd duidelijk dat de Kleine lisdoddepluggen met een uiteindelijke lengte van gemiddeld 118 centimeter hoger groeiden dan de pluggen van Grote lisdodde. De scheuten uit pluggen van Grote lisdodde werden niet

langer dan 80 centimeter. De algemene verwachting was dat de lisdoddescheuten sneller en hoger uit zouden groeien al in het eerste jaar na inplant. De groeieresultaten waren in dat opzicht licht teleurstellend te noemen. Naar alle waarschijnlijkheid zijn de groeiomstandigheden hier, net zoals bij het naastgelegen perceel van Van der Ploeg (paragraaf 4.1 t/m 4.3), niet ideaal. Vermoedelijk speelt ook hier de beperkte beschikbaarheid van nutriënten een rol.



Figuur 4.11 De gemiddelde lengte van nieuwe scheuten in de verschillende plots van lisdoddeveld nr. 4.

Een groter probleem bleek de bedekking gedurende het eerste groeiseizoen. In eerste instantie groeide het merendeel van de pluggen uit en ontstond een aaneengesloten bedekking van lisdoddeplanten. Maar in de maand juli begonnen de eerste gaten te ontstaan, hoofdzakelijk in de plots met Grote lisdodde. Het is onduidelijk of hier sprake was van vraat, of dat de windwerking, en daarmee waterbeweging, ervoor gezorgd heeft dat de ingeplante pluggen losgeraakt zijn. De uiteindelijke bedekking viel vooral tegen in de plots met Grote lisdodde na het eerste groeiseizoen. Hierdoor was ook de bovengrondse opbrengst aan biomassa vooral in de plots met ingeplante pluggen van Grote lisdodde erg laag (Tabel 4.8).

Tabel 4.8 Groeieresultaten (gemiddelden) in het eerste jaar (2020) en het tweede jaar (2021) in teeltbed nr. 4. * inschatting opbrengst in het najaar op basis van de formule in paragraaf 3.4.

2020	Plot nr. 1	Plot nr. 2	Plot nr. 3	Plot nr. 4
Soort lisdodde	Grote	Kleine	Grote	Kleine
Lengte (cm) (n=10):	78	116	65	120
Dichtheid stengels per m ² (n=5):	16	16	7	13
Dichtheid stengels excl. bloeiwijze per m ² (n=5):	11	16	7	13
Dichtheid stengels incl. bloeiwijze per m ² (n=5):	5	0	0	0
Inschatting biomassa* (ton d.s./ha)	0,6	1,4	0,3	1,1
2021	Plot nr. 1	Plot nr. 2	Plot nr. 3	Plot nr. 4
Soort lisdodde	Grote	Kleine	Grote	Kleine
Lengte (cm) (n=10):	138	186	113	175
Dichtheid stengels per m ² (n=5):	12	14	11	23
Dichtheid stengels excl. bloeiwijze per m ² (n=5):	6	14	8	23
Dichtheid stengels incl. bloeiwijze per m ² (n=5):	6	0	3	0
Inschatting biomassa* (ton d.s./ha)	3,2	2,1	1,5	3,2

Groeiresultaten tweede groeiseizoen (2021)

De ingeplante stengels, die wél zijn blijven staan na inplant in 2020, werden in het tweede jaar langer dan in het eerste jaar (Figuur 4.11). De lengtes, zowel van Grote als van Kleine lisdodde, waren echter nog steeds niet echt hoog te noemen in vergelijking tot natuurlijke groeiplaatsen. Ook de dichtheid van stengels, als resultaat van uitgroei van nieuwe scheuten uit de ingeplante pluggen, nam niet toe in de mate zoals vooraf verwacht. De biomassaproductie in de teeltbedden was, hoewel toegenomen in 2021, zeker niet hoog.

4.5 Lisdoddeveld nr. 5: inplant voorgekweekte pluggen in Westergeest (start 2020)

Omschrijving locatie en uitgangssituatie

Binnen lisdoddeveld nr. 5 op het land van boer Hania wordt sinds begin 2020 de ontwikkeling gemonitord. Op deze locatie is sprake van een kleilaag van 20-30 cm met daaronder een veenlaag van ca. 1,5 meter. Er wordt water ingelaten vanuit de naastliggende sloot op het land van boer Hania. Tabel 4.9 geeft een samenvatting van beschikbare locatiegegevens en teelttechnische zaken.

Tabel 4.9 Algemene informatie over de teeltlocatie lisdoddeveld nr. 5. # gegevens afkomstig van Wetterskip Fryslân (monsters genomen door mbo Life Science studenten in maart 2021).

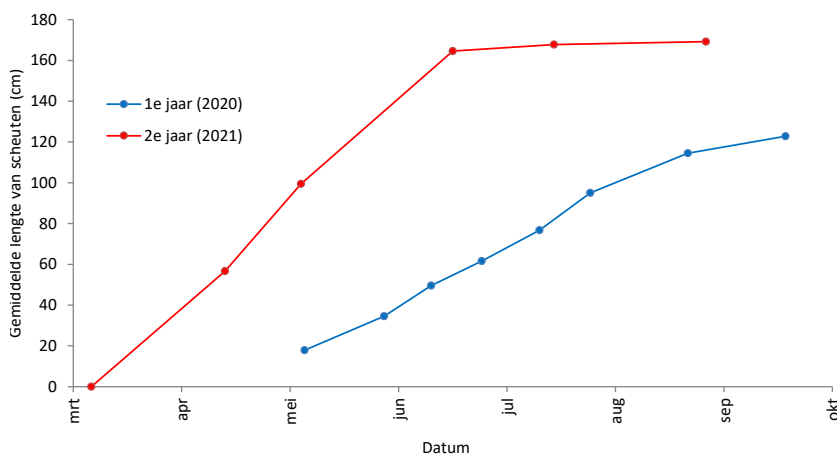
Algemene locatiegegevens	
Naam locatie/eigenaar:	Westergeest/Hania
GPS coördinaten:	53.302922, 6.088688
Aantal jaren in gebruik:	2
Teeltoppervlakte:	40m*40m = 1600 m ²
Water	
Bron inlaatwater:	Naastgelegen sloot op land van Hania, ingebracht met pomp
P (μmol L ⁻¹) inlaatwater:	22,90 [#]
PO ₄ (μmol L ⁻¹) inlaatwater:	0,52 [#]
P (μmol L ⁻¹) in waterkolom:	3,87 [#]
PO ₄ (μmol L ⁻¹) in waterkolom:	0,16 [#]
Bodem	
Bodemtype:	20-30 cm kleilaag op veenlaag (na afgraven), onderliggende veenlaag ca. 1,5 m dik
Afgegraven toplaag t.b.v. aanleg:	30 cm
Teelttechnisch	
Ingebracht gewas:	Grote lisdodde
Aanleg teeltbedden:	april 2020
Inbreng gewas:	begin mei 2020
Manier van inbreng:	voorgekweekte pluggen, handmatig ingeplant
Dichtheid inbreng:	4 pluggen per m ²
Gemiddelde waterstand:	In het eerste jaar 11 cm t.o.v. maaiveld i.v.m. inplant pluggen, in het tweede jaar 18 cm t.o.v. maaiveld (na afgraven)
Timing en frequentie oogst:	In het eerste jaar nog niet geoogst, in het najaar van 2021 zal Bouwgroep Dijkstra Draisma hier biomassa oogsten ten behoeve van productie van isolatiemateriaal

Groeiresultaten eerste groeiseizoen (2020)

De ingeplante pluggen van Grote lisdodde groeiden vanaf begin mei in het eerste groeiseizoen geleidelijk uit tot een gemiddelde lengte van zo'n 123 cm (Figuur 4.12). Eind september stagneerde de groei, en was de uiteindelijke dichtheid in het teeltbed ca. 18 planten per

vierkante meter (Tabel 4.10). Dit betekent een schatting van zo'n 2,6 ton droge stof per hectare per jaar. Deze resultaten zijn vergelijkbaar met de opbrengst na het eerste jaar bij inplant van wortelstokken in lisdoddeveld nr.1. De opbrengst viel daarmee niet tegen.

Opmerkelijk was dat nagenoeg alle ingebrachte plantjes overeind zijn blijven staan, terwijl dezelfde pluggen in het Bûtefjild bij Damstra (lisdoddeveld nr. 4) en in Ryptsjerk bij van Eijden (lisdoddeveld nr. 6) voor een groot gedeelte zijn verdwenen. Het grote verschil tussen lisdoddevelden nrs. 4 en 6 en deze locatie, is dat er hier klei in de ondergrond aanwezig is. De structuur/textuur van de ondergrond lijkt dus erg belangrijk te zijn bij deze methode van inbreng. Wellicht zorgt de harde kleilaag ervoor dat de plantenwortels na inplant sterker kunnen hechten met een toplaag van klei. Dit in tegenstelling tot een pure, drassige veenbodem, waar de pluggen gemakkelijk los kunnen raken.



Figuur 4.12 De gemiddelde lengte van uitgegroeide stengels uit pluggen van Grote lisdodde in lisdoddeveld nr. 5 in het eerste jaar na inplant (2020) en in het tweede jaar (2021).

Groeiresultaten eerste groeiseizoen (2021)

Vanaf maart 2021 ontwikkelden nieuwe scheuten, welke een hoge groeisnelheid kenden (Figuur 4.12). Het kan goed zijn dat de hoge nutriëntbeschikbaarheid van de kleilaag hierin een rol speelde. De dichtheid van stengels was in het tweede jaar ook behoorlijk hoger dan in het eerste jaar, inclusief een hoog gehalte aan bloeiwijzen (Figuur 4.13). Deze ontwikkelingen leidden tot een hoge inschatting van biomassa in het najaar (Tabel 4.10). Hiermee is dit teeltbed veruit het meest productieve teeltbed van alle experimentele teeltlocaties die in Fase 2 zijn meegenomen.

Tabel 4.10 Groeiresultaten (gemiddelden) per jaar van Grote lisdodde (*Typha latifolia*) in teeltbed nr. 5. * inschatting opbrengst in het najaar op basis van de formule in paragraaf 3.4

Jaar	1 ^e jaar (2020)	2 ^e jaar (2021)
Soort Lisdodde	Grote	Grote
Lengte (cm) (n=25):	123	170
Dichtheid stengels per m ² (n=15):	18	26
Dichtheid stengels zonder bloeiwijze per m ² (n=15):	18	16
Dichtheid stengels met bloeiwijze per m ² (n=15):	0	10
Inschatting biomassa* (ton d.s./ha)	2,6	10,0



Figuur 4.13 Linker foto (genomen in september 2020): de groei van Grote lisdodde was in het eerste groeiseizoen na de inplant van pluggen redelijk succesvol in lisdoddeveld nr.5. De planten bleven nog relatief laag, maar lieten een hoge dichtheid zien. Rechter foto (genomen in oktober 2021): in het tweede jaar was er sprake van een hogere vegetatie met aanzienlijk meer bloeiwijzen.

4.6 Lisdoddeveld nr. 6 inplant voorgekweekte pluggen in Ryptsjerk (start 2020)

Omschrijving locatie en uitgangssituatie

Binnen lisdoddeveld nr. 6 op het land van boer van Eijden wordt sinds begin 2020 de ontwikkeling gemonitord. Op deze locatie is sprake van een pure veenbodem, waarin pluggen van Grote lisdodde zijn ingeplant. Er wordt water ingelaten vanuit de Ryptsjerker Feart. Tabel 4.11 geeft een samenvatting van beschikbare locatiegegevens en teelttechnische zaken.

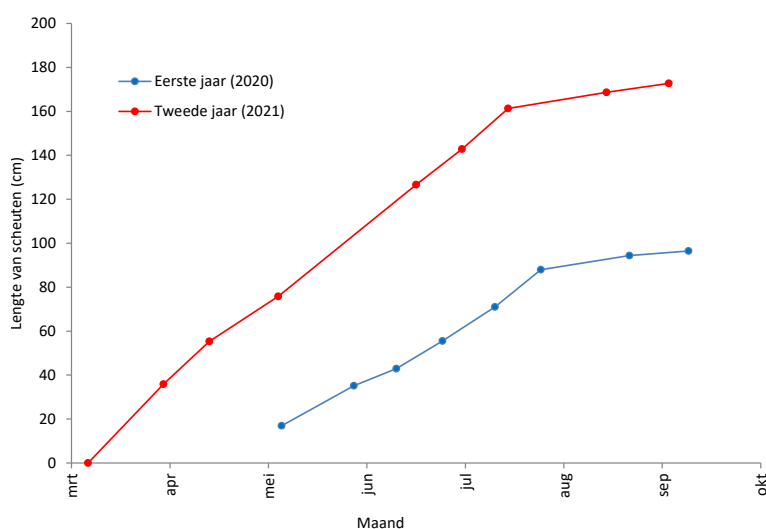
Groeiresultaten eerste groeiseizoen (2020)

Ook de ingeplante pluggen van Grote lisdodde in lisdoddeveld nr. 6 groeiden al snel uit na inplant. Deze scheuten werden met een gemiddelde lengte van 96 cm (Figuur 4.14) echter minder lang dan in lisdoddeveld nr.5. Eind september stagneerde de groei, en was de uiteindelijke dichtheid in het teeltbed gemiddeld 10 planten per vierkante meter (Tabel 4.12). Dit betekent een schatting van de magere opbrengst van zo'n 1,0 ton droge stof per hectare per jaar. Deze tegenvallende resultaten komen enerzijds voort uit de beperkte groei, maar belangrijker nog is dat er veel ingeplante pluggen gedurende het groeiseizoen zijn verdwenen. Het leek erop dat de ingeplante pluggen in de slappe veenondergrond na vernatting simpelweg geen houvast hebben kunnen vinden. Voordat de jonge plantjes de kans kregen om met uitgroei van wortels stabiliteit te creëren, leken ze al te zijn uitgespoeld. Dit is voornamelijk gebeurd na heftige weersomstandigheden, wat zou kunnen betekenen dat het, ondanks de

laag gehouden waterstand, toch vooral waterbeweging is geweest die de pluggen heeft losgetrokken. Er kan echter niet worden uitgesloten dat aanvullend vraat, wellicht door ganzen, hier een rol heeft gespeeld. De structuur/textuur van de ondergrond lijkt dus een belemmering te zijn bij deze methode van inbreng, zeker aangezien deze problemen in Westergeest, met kleiondergrond, niet zijn ondervonden.

Tabel 4.11 Algemene informatie over de teeltlocatie Iisdoddeveld nr. 6. #gegevens afkomstig van Wetterskip Fryslân (monsters genomen door mbo Life Science studenten in maart 2021).

Algemene locatiegegevens	
Naam locatie/eigenaar:	Ryptsjerk/van Eijden
GPS coördinaten:	53.223234, 5.920789
Aantal jaren in gebruik:	2
Teeltoppervlakte:	40m*40m = 1600 m ²
Water	
Bron inlaatwater:	Ryptsjerkster Feart
P (μmol L ⁻¹) inlaatwater:	10,65 [#]
PO ₄ (μmol L ⁻¹) inlaatwater:	1,81 [#]
P (μmol L ⁻¹) in waterkolom:	25,8 [#]
PO ₄ (μmol L ⁻¹) in waterkolom:	2,61 [#]
Bodem	
Bodemtype:	veenbodem
Afgegraven toplaag t.b.v. aanleg:	30 cm
Teelttechnisch	
Ingebracht gewas:	Grote Iisdodde
Aanleg teeltbedden:	april 2020
Inbreng gewas:	begin mei 2020
Manier van inbreng:	voorgekweekte pluggen, handmatig ingeplant
Dichtheid inbreng:	4 pluggen per m ²
Gemiddelde waterstand:	in het eerste jaar 7 cm t.o.v. maaiveld i.v.m. inplant pluggen, in het tweede jaar 28 cm t.o.v. maaiveld (na afgraven)
Timing en frequentie oogst:	nog niet geoogst



Figuur 4.14 De gemiddelde lengte van stengels uit pluggen van Grote Iisdodde in Iisdoddeveld nr. 6 in het eerste jaar na inplant (2020) en in het tweede groeiseizoen (2021).

Groeiresultaten tweede groeiseizoen (2021)

Het gat zonder vegetatie in het midden van het teeltbed is ook in 2021 aanwezig gebleven. In de gedeelten hieromheen zijn de planten vanuit wortelstokken uit het eerste jaar opgegroeid tot een uiteindelijke hoogte van zo'n 170 cm. Ook de dichtheid van de groeiplaatsen van Grote lisdodde is goed hoog. Maar vanwege het kale middengedeelte in het teeltbed valt de dichtheid met gemiddeld 10 stengels per vierkante meter even laag uit als in 2020. Met een ingeschatte biomassa van 3,5 ton d.s./ha is dit teeltbed in 2021 wederom niet productief gebleken. Opvallend is dat het ontstane gat in het midden niet werd geherkoloniseerd door lisdodde (dan wel via zaad dan wel via uitgroei van wortelstokken), maar ook andere soorten vestigden zich hier niet. De structuur van de ondergrond in het gehele teeltbed, maar met name in het middengedeelte is erg slap. Het betreft hervernat, veraard veen, wat in de praktijk het meest wegheeft van een baggerlaag. Wellicht dat dit gebrek aan bodemstructuur een rol speelt bij de belemmering van groei.

Tabel 4.12 Groeiresultaten (gemiddelden) per jaar van Grote lisdodde (*Typha latifolia*) in teeltbed nr. 6. * inschatting opbrengst in het najaar op basis van de formule in paragraaf 3.4

Jaar	1 ^e jaar (2020)	2 ^e jaar (2021)
Soort Lisdodde	Grote	Grote
Lengte (cm) (n=25):	96	168
Dichtheid stengels per m ² (n=15):	10	10
Dichtheid stengels zonder bloeiwijze per m ² (n=15):	10	7
Dichtheid stengels met bloeiwijze per m ² (n=15):	0	3
Inschatting biomassa* (ton d.s./ha)	1,0	3,5



Figuur 4.15 De groei van Grote lisdodde was in het eerste groeiseizoen na de inplant van pluggen vooral in het middengedeelte van lisdoddeveld nr.6 niet succesvol. Er is gedurende de zomer geleidelijk een groot gat ontstaan, waaruit de jonge plantjes zijn verdwenen. Langs de randen is de ontwikkeling wel op gang gekomen. Deze foto is genomen eind september 2020.

4.7 Natuurlijke lisdoddegroeiplaats in moerasstrook Hegewarren

Omschrijving locatie en uitgangssituatie

In de noordelijke, laagst gelegen hoek van een perceel van gangbare melkveehouder van der Leij in de Hegewarren ligt een moerasstrook met gedeeltelijk een Grote lisdodde groeiplaats, en voor een gedeelte (water)riet. Het gaat om de strook ten zuidwesten van de Headams Kampen, aan de overkant van de Aldheadamsleat. Hier bevindt zich nog een flinke veenlaag van meer dan 1,5 meter dik. De laagte in dit deel van het perceel is ontstaan doordat de naastgelegen dijk aan de noordzijde moest worden versterkt. Het water in de moerasstrook stroomt vrij af richting het gemaal aan de Grytmansrak. In het gebied geldt een zomerpeil van -1,50 NAP en een winterpeil van -1,60 NAP.

In deze strook is in de vroege zomer van 2020 een damwand en een pompsysteem geplaatst, waarmee de waterstand over de volle breedte van de strook, inclusief sloot, 25 centimeter hoger is komen te staan. De gedachte achter dit experiment is dat de Grote lisdodde planten, die hoofdzakelijk in de diepere delen van de sloot aanwezig zijn, bij verhoging van de waterstand zouden kunnen gaan domineren ten opzichte van de rietstengels. Een 'natuurlijke' ontwikkeling als gevolg van waterstandsverhoging dus, zonder dat er graafwerkzaamheden en inplant aan te pas komen. Wel is de strook met riet voor de peilverhoging grondig gemaaid.

Tabel 4.13 Algemene informatie over de teeltlocatie lisdoddeveld nr. 10.

Algemene locatiegegevens	
Naam locatie/eigenaar:	Hegewarren/van der Leij
GPS coördinaten:	53.106390, 5.938233
Aantal jaren in gebruik:	2
Teeltoppervlakte:	110m*10m = 1100 m ²
Bodem	
Bodemtype:	veenbodern
Teelttechnisch	
Gewas:	Grote lisdodde (natuurlijke groeiplaats)
Aanleg damwand en pompsysteem:	juni 2020
Gemiddelde waterstand:	In de sloot 30-40 centimeter, in de geïnundeerde oeverstrook 10-20 cm.
Timing en frequentie oogst:	niet geoogst

Groeieresultaten

De waterstandsverhoging had geen noemenswaardig effect op de lengte van de stengels van Grote lisdodde. In het eerste jaar (2020) en tweede jaar (2021) na de verhoging van de waterstand bleef de lengte van de stengels circa 140 cm, vergelijkbaar met de 0-meting in 2019 (Tabel 4.14). De bedekking van Grote lisdodde nam echter wel aanzienlijk af na de waterstandsverhoging. Waar de verhouding tussen riet en lisdodde in de strook in 2019 nog zo'n 1:1 was, met riet op de droge delen en Grote lisdodde in de delen onder water en in de sloot, nam het aandeel (water)riet in 2020 en 2021 rap toe. In 2021 is in bijna de gehele strook riet gaan domineren, en is er enkel in de diepere sloot langs de rand nog sprake van een lisdoddegroeiplaats. Als gevolg van deze afname in bedekking valt de dichtheid, gezien over de gehele moerasstrook, in 2021 tegen (Tabel 4.14). Er kan worden geconcludeerd dat peilverhoging hier een tegengesteld effect heeft gehad ten opzichte van de verwachtingen. Het was de bedoeling om lisdoddedominantie ten opzichte van riet te stimuleren, maar het tegenovergestelde is gebeurd. De moerasstrook is in de huidige staat niet interessant (meer) als productieve oogstlocatie voor lisdoddebiomassa. Enkel waterstandsverhoging is dus niet

voldoende om aan de voorwaarden voor een pioniersoort zoals Grote lisdodde te voldoen, althans, niet als er andere moerasvegetatie, zoals riet, aanwezig is.



Figuur 4.16 In 2019 (0-meting; linker foto) was de bedekking met Grote lisdodde zichtbaar hoger dan in 2021 (het tweede jaar na waterstandsverhoging; rechter foto). In tegenstelling tot de verwachting is het aandeel waterriet in de moerasstrook juist aanzienlijk toegenomen als gevolg van de waterstandsverhoging.

Tabel 4.14 Groeieresultaten (gemiddelden) per jaar van Grote lisdodde (*Typha latifolia*) in de moerasstrook als natuurlijke groeiplaats in de Hegewarren. N.B. dichtheden zijn gezien over de gehele oppervlakte van de strook waarin de waterstand is verhoogd, dus niet alleen in het gedeelte waarin van origine al Grote lisdodde aanwezig was.

Jaar	0-meting (2019)	1 ^e jaar (2020)	2 ^e jaar (2021)
Soort Lisdodde	Grote	Grote	Grote
Lengte (cm) (n=10):	141	143	138
Dichtheid stengels per m ² (n=5):	11	8	3
Dichtheid stengels excl. bloeiwijze per m ² (n=5):	8	5	3
Dichtheid stengels incl. bloeiwijze per m ² (n=5):	3	3	0

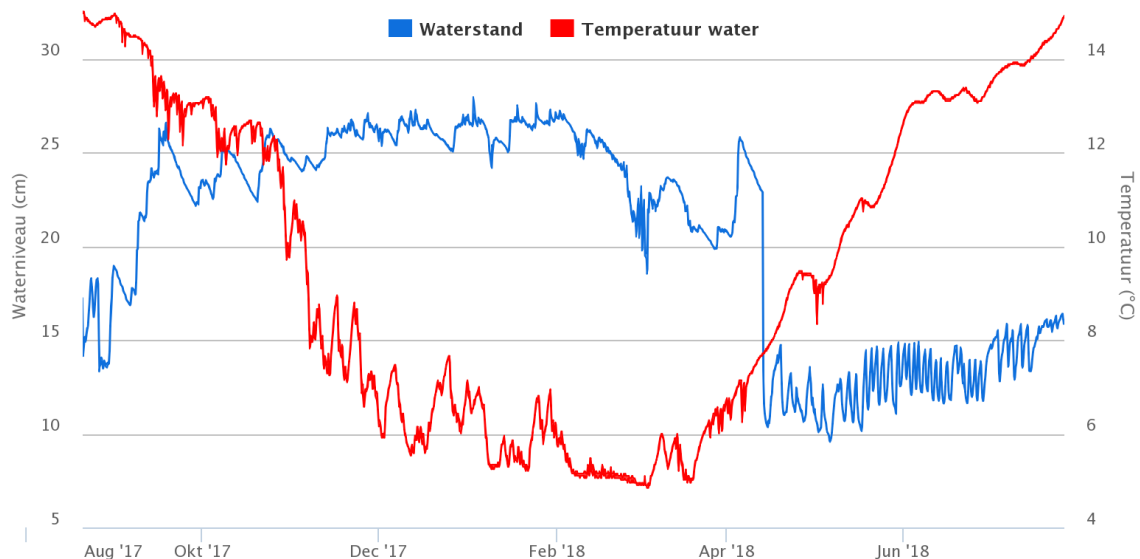
4.8 Synthese algemene bevindingen lisdoddeteelt

4.8.1 Teelttechnische overwegingen

De waterstand

Het voordeel van de doorstroom-constructie in de lisdoddeteeltbedden is dat er in tijden van droogte boezemwater voorhanden is en in natte perioden gemakkelijk kan worden afgewaterd. Echter, het boezempeil is niet constant over het jaar, en het maximale waterpeil in de teeltbedden is sterk afhankelijk van fluctuaties in het boezempeil. Figuur 4.17 toont, ter indicatie van deze fluctuatie, de waterstand ten opzichte van het maaiveld en de watertemperatuur in de lisdoddeteeltbedden bij van der Ploeg in het Bûtefjild in de beginperiode van de teeltexperimenten (augustus 2017 t/m juni 2018). Het is duidelijk te zien dat in de wintermaanden het boezempeil, en daarmee de waterstand in de teeltbedden, hoger staat dan in de zomermaanden. In de zomers van 2017 en 2018 schommelde het waterniveau in de teeltbedden bij van der Ploeg tussen de 10 en 15 cm, terwijl in de winter de waterstand lange tijd boven de 25 cm heeft gestaan. In de zomer van 2019 heeft de waterstand in deze

teeltbedden echter een tijd onder de 10 centimeter gestaan, wat niet gunstig heeft uitgepakt voor de lisdoddeproductie. In die periode heeft de eerste ontwikkeling van onkruid plaatsgevonden, zoals toegelicht paragraaf 4.1.



Figuur 4.17 De waterstand ten opzichte van het maaiveld en de watertemperatuur in de teeltbedden bij van der Ploeg over de periode van augustus 2017 t/m juni 2018 (bron: meetgegevens Radboud Universiteit Nijmegen).

De waterstanden dienen eenvoudig te kunnen worden gecontroleerd, aangezien de waterstand voor productiedoelinden bijgesteld moet kunnen worden tijdens het teeltproces. Dit verschilt per manier van inbreng. Tijdens het inplanten van wortelstokken moet de waterstand iets onder maaiveld zijn, tijdens het inplanten van pluggen is een waterstand van 5-10 cm boven maaiveld juist prima. Voor de methode van inzaaien geldt dat een nauwkeurig gereguleerd verloop van de waterstand essentieel is, zoals nader toegelicht in de volgende alinea. Voor volgroeide planten is een waterstand van ca. 20-25 cm ideaal gebleken. Tijdelijk verhoogde waterstanden tot max. 50 centimeter lijken geen problemen op te leveren. Ook tijdelijke daling van waterstanden tot maaiveld lijken niet problematisch te zijn, mits dit niet te lang duurt in verband met de ontwikkeling van 'onkruiden'. Voor het oogsten moet het waterpeil terug op maaiveld worden gezet ten behoeve van de begaanbaarheid met oogstmachinerie, en na het oogsten is het van belang dat de wortelstokken niet onder water komen te staan in verband met kans op rotting.

Aanvullende kanttekeningen en adviezen bij de methode van inzaaien

De enigszins tegenvallende resultaten van het eerst ingezaaide teeltbed (lisdoddeveld nr.2) zouden er mee te maken kunnen hebben dat de condities toch niet nat genoeg zijn geweest voor de zaden om tot ontkieming te komen. We hebben hier ingezaaid onder plasdrasse condities, maar uit onderzoek van Heinz (2012) is gebleken dat jonge kiemplanten van zowel Grote als Kleine lisdodde, ingeplant na drie weken voorkweek, in het algemeen het hoogst groeien onder een laagje water, zowel als het gaat om groeihoogte maar vooral als het gaat om biomassa-productie. Opmerkelijk is de herhaaldelijke constatering in literatuur dat juist op plekken in moerasgebieden, waar sprake is geweest van langzame, geleidelijke uitzakking van de waterstand, vooral Grote lisdodde met zeer hoge dichtheden uit zaad kan opkomen (o.a.; Ristich *et al.*, 1976; Ter Heerdt, 2016). Dit heeft ermee te maken dat de hoge snelheid van kieming en vestiging van zaailingen van met name Grote lisdodde de soort een enorm

competitief voordeel geeft ten opzichte van andere plantensoorten onder een laagje water (Grace, 1987; Shipley *et al.*, 1989; Heinz, 2012). Dit heeft waarschijnlijk alles te maken met het vermogen van lisdoddezaden om te ontkiemen bij zuurstofarme condities. Deze theorie wordt bevestigd door de sterke opkomst van Grote lisdodde in een baggerdepot nabij Oudega, waar bagger wordt gedeponeerd vanuit natuurgebied de Alde Feanen. Ook hier is sprake geweest van een laag water die langzaam en geleidelijk uitzakte met als resultaat een monocultuur met Grote lisdodde over grote oppervlakten. Ook in delen binnen het natuurgebied de Alde Feanen is sprake geweest van massale opkomst van Grote lisdodde op plekken die zeer geleidelijk droogvielen (meded. W. Altenburg, A&W). Ook Dubbe *et al.* (1988) benoemen het belang van het geleidelijk laten zakken van de waterstand gedurende een periode van zo'n drie weken na het inbrengen van zaden. Waarborging van een klein laagje water is dus het best voor kieming van zaden. Hierbij komen echter teelttechnische, praktische bezwaren om de hoek kijken. Zeer nauwkeurige regulering van de waterstand is cruciaal. Een tijdelijk net te lage waterstand kan al snel zorgen voor te droge omstandigheden, waarbij onkruiden gaan domineren. Vooral vergrassing vormt al heel snel een probleem, zoals gebleken is in het in 2017 ingezaaide teeltbed (lisdoddeveld nr. 2). Ook soorten als egelskop, liesgras en pitrus kwamen op in lisdoddeveld nr.2, vermoedelijk vanwege te droge condities in de weken na inzaaien. De diepste stroken van deze ingezaaide teeltbedden lieten de meeste lisdodde kiemplantjes zien uit zaad, en de minste overige soorten. Dit bevestigt nogmaals de theorie dat een lichte inundatie noodzakelijk is voor succesvolle ontwikkeling via ontkieming van lisdodde uit zaad.

Inundatie met een paar centimeter water bleek dus om verschillende redenen noodzakelijk voor succesvolle ontkieming en groei van zaailingen van zowel Grote als Kleine lisdodde. Hiertoe is in lisdoddeveld nr.3 een laagje waterstand gewaarborgd, en kieming verliep inderdaad goed (paragraaf 4.3). Echter, er kunnen zich naar verwachting praktische problemen voordoen. Zaden kunnen wegspoelen en accumuleren in de hoeken van het teeltbed als de waterstand te hoog wordt, waardoor de homogene verdeling van zaden over het teeltbedoppervlak in het geding komt (Dubbe *et al.*, 1988). Inzaaien lijkt dus een bruikbare (en goedkope) manier van inbreng, maar er gaan wel veel risico's mee gepaard. Tijdelijke waterstandsverlaging of verhoging van een paar centimeter kan al zorgen voor respectievelijk overgroei door onkruid of wegspoelen van zaden.

Onkruid

Voor beide soorten lisdodde golden riet en pitrus als een belangrijke concurrent, vooral in de ingezaaide teeltbedden. Rietzaden kunnen beter kiemen onder zuurstofrijke omstandigheden dan lisdodde, dus het is belangrijk om droogval helemaal te voorkomen. Pitrus liet zich in zowel de ingeplante als in de ingezaaide teeltbedden zien, maar bleek vooral in ingezaaide teeltbedden een probleem. Waarschijnlijk heeft dit ermee te maken dat er vanwege de trage groei van lisdodde uit zaad bij te geringe waterdieptes, langdurig veel ruimte voor pitrus beschikbaar was om te ontwikkelen onder plas-dras condities. Verder zijn in de teeltbedden waar is ingezaaid egelskop, liesgras en mannagras veelvuldig soorten gebleken die, bij geringe waterdieptes de concurrentie kunnen aangaan met zowel Grote als Kleine lisdodde. Deze soorten bleken ook niet gemakkelijk uit de teeltbedden te verdrijven door tijdelijke verhoging van de waterstand. Concluderend geldt voor al deze soorten onkruid dat in de fase van ontkieming, of na inplanten, moet worden voorkomen dat deze soorten überhaupt tot ontwikkeling komen door continue inundatie van minimaal een centimeter of tien te waarborgen.

Gezien enerzijds het tijdelijk lage peil in de boezem, waar de teeltbedden van afhankelijk waren voor aanvoer van water, en anderzijds de geleidelijke verhoging van het maaiveld in de teeltbedden 1 en 2, die er het langst liggen, is deze waarborging van tien centimeter op termijn

onmogelijk gebleken. Hierdoor is er in de afgelopen twee jaar met name in deze teeltbedden heel veel onkruid ontstaan. Met het oog op toekomstige experimenten is het dus belangrijk om hiermee rekening te houden. Dat zou kunnen door de experimentele teeltbedden nog verder uit te graven, maar dit is niet wenselijk in verband met het gewenste behoud van de veenbodem. Beter zou zijn om toekomstige teeltbedden te isoleren, bijvoorbeeld door middel van damwanden, zodat de waterstand goed hoog kan worden gehouden. Hiertoe is eventueel, afhankelijk van het niveau van het inlaatwater, een pompsysteem nodig.

Algenontwikkeling

Algenontwikkeling kan, vooral in het stadium van jonge kiemplanten die licht nodig hebben, zorgen voor potentiële negatieve effecten in verband met overschaduwning. Echter, in geen enkel van de teeltbedden bleek algenontwikkeling een noemenswaardig probleem. Lichte doorstroming van de teeltbedden kan helpen om gezonde groeiplaatsen in stand te houden, en te voorkomen dat er algenontwikkeling optreedt in de teeltbedden. Wellicht heeft de opzet met doorstroming in de teeltbedden hiervoor gezorgd.

Vraat

Vraat kan een noemenswaardig probleem vormen, vooral bij jonge kiemplanten of ingebrachte pluggen. De jonge scheuten, inclusief wortelstokken, zijn voor diverse diersoorten, waaronder Grauwe ganzen (o.a. Koridon *et al.*, 1979) en Muskusratten zeer aantrekkelijk. Dit kan voor problemen zorgen, zeker wanneer er zich graslanden met ganzen in de directe omgeving bevinden. In de teeltbedden met ingeplante wortelstokken is geen sprake geweest van vraatschade. Er zijn in ieder geval geen sporen van vraat aangetroffen en ook beelden van permanent geïnstalleerde camera's gedurende het groeiseizoen van 2018 lieten geen vraat zien door ganzen. Ganzen foerageerden wel in de omliggende graslanden. Een oorzaak zou kunnen zijn dat na inplant van wortelstokken direct een dicht en slecht begaanbaar terrein ontstaat, waarin ganzen of andere watervogels niet al zwemmend maar ook niet gemakkelijk lopend lisdoddeplanten kunnen bereiken. Vooral het feit dat zwemmen lastig wordt gemaakt zou kunnen meespelen. In natuurgebieden is wel vaak spraak van ganzenvraat van hele lisdoddevelden, waarbij de ganzen vanuit grotere oppervlaktewaterlichamen al zwemmend de planten kunnen bereiken.

In de teeltbedden met inplant van pluggen zou vraat wel een rol kunnen hebben gespeeld, al is dit niet waargenomen in het veld of op camerabeelden. In een vroegtijdig stadium, niet lang na inplant, zijn in meerdere proeven de ingeplante pluggen losgeraakt en zonder wortels naar de hoek van de teeltbedden gedreven. Het zou kunnen zijn dat dit een gevolg was van ganzenvraat, evt. in combinatie met slechte weersomstandigheden en waterbeweging in de teeltbedden. Grauwe ganzen grazen immers vooral op jonge plantjes en wortelstokken (Koridon *et al.*, 1979). Dit probleem deed zich overigens alleen voor in de teeltbedden op puur veen. Bij de teelt op klei-op-veen is dit fenomeen niet waargenomen. Wellicht stonden de pluggen met klei in de ondergrond steviger dan in de slappe veenbodem, en waren ze daardoor minder aantrekkelijk voor ganzen. Dit zou een belangrijk gegeven zijn, en een interessant en belangrijk onderwerp voor nader onderzoek. Natte teelt als maatregelen voor vermindering van broeikasgasemissie en bodemdaling kent op pure veenondergrond immers een hogere urgentie dan op klei-op-veen ondergrond.

Als maatregel tegen vraat kan het waterpeil enkele weken worden verlaagd tot 0-10 cm onder maaiveld, om de omstandigheden onaantrekkelijk te maken voor watervogels die graag in staand water foerageren. Deze maatregel bevordert echter ontwikkeling van flora van drogere omstandigheden die de groei van lisdodde zou kunnen remmen. Een andere maatregel is het spannen van linten of netten. Dit heeft echter als gevolg dat de teeltbedden minder goed

bereikbaar en begaanbaar worden, wat een grote belemmering is voor onderhoud en oogst. Het valt aan te bevelen om in ieder geval na inplant van pluggen en tijdens de groei van jonge zaailingen de teeltbedden af te rasteren tegen vraat, of tenminste linten te spannen tegen ganzen.

Ten slotte leken herbivore insecten weinig negatieve invloed te hebben op de opbrengsten.

4.8.2 Oogst

Praktische overwegingen en advies

Zowel Kleine als Grote lisdodde zijn na inplant van wortelstokken in het eerste jaar reeds met een zeer hoge dichtheid ontwikkeld, en er is reeds een zodanig grote hoeveelheid biomassa ontstaan dat er in september/oktober kon worden geoogst. Het is belangrijk om in het eerste jaar niet eerder dan in de herfst te oogsten om de volgende reden. Tijdens de weken met snelle groei in het voorjaar en het begin van de zomer vindt er veel opname van nutriënten plaats, die via de rhizomen in de bladeren terecht komt. In het najaar worden veel nutriënten uit de bladeren weer terug naar de rhizomen getransporteerd voor productie van nieuwe scheuten in het daaropvolgende jaar (Garver *et al.*, 1988; Dubbe *et al.*, 1988). Het is daarom aan te raden om bij inplant van wortelstokken in ieder geval in het eerste jaar te wachten met oogsten tot na het moment dat de nutriënten naar de wortelstokken zijn verplaatst. Dit om een goede groei in de hierop volgende jaren vanuit de wortelstokken te waarborgen.

In het geval van inplant van pluggen of inzaaien valt zeker niet aan te raden om reeds na één groeiseizoen te oogsten. Zaailingen of ingeplante pluggen hebben veel minder energie beschikbaar voor de groei dan nieuwe scheuten uit bestaande, energierijke wortelstokken. Om die reden is er sprake van tragere groei in het eerste groeiseizoen. Naar verwachting kan oogst na één groeiseizoen in dit geval een funeste doorwerking hebben op de productie in het volgende seizoen. Beter kan worden gewacht met oogst tot na het tweede teeltjaar. Nordt *et al.* (2020) spreken zelfs over een periode van twee tot drie jaar voordat er kan worden geoogst.

Oogst is overigens niet alleen ten behoeve van de opbrengst van bladmateriaal voor verkenning van vermarktingsopties. Oogst is ook belangrijk als beheersmaatregel. Resultaten uit proeven van het Veenweide Innovatie Centrum laten zien dat als gevolg van maaien in de winter de productie in het volgende jaar noemenswaardig wordt bevorderd (mededeling J. Geurts, Radboud Universiteit Nijmegen).

Tussentijdse oogst in juni lijkt geen problemen op te leveren voor de planten, althans in het geval dat er geen abiotische beperkingen ontstaan zoals bijvoorbeeld nutriëntentekorten. Onder natte en nutriëntrijke omstandigheden zou twee keer oogsten per jaar vermoedelijk mogelijk moeten zijn, waarbij twee verschillende doeleinden van oogst kunnen worden onderscheiden. Vroeg in het jaar, voordat de planten bloeiwijzen gaan vormen, worden de meeste nutriënten opgenomen (Garver *et al.*, 1988). Hierdoor zijn de scheuten rijk aan proteïnen, en dus geschikt als veevoer (Pijlman *et al.*, 2019) of als gewas ten behoeve van uitmijning. Nadat er later in het jaar op grotere planten bloeiwijzen zijn gevormd, kan er meer biomassa worden geoogst (november tot januari). Dit materiaal is niet meer zo geschikt als veevoer, maar kan wel worden toegepast voor andere doeleinden, bijvoorbeeld als isolatiemateriaal (Colbers *et al.*, 2017). Het lijkt goed mogelijk dat voor beide doeleinden kan worden geoogst in één jaar, wat de jaarlijkse productiviteit van de lisdoddeteeeltbedden aanzienlijk kan opschroeven. Deze bevinding komt ook naar voren uit proeven van het VIC in Zegveld. Het is echter nog onduidelijk hoe een maairegime van twee keer per jaar op lange termijn uitwerkt ten opzichte van één keer per jaar. Deze lange termijneffecten dienen nader te

worden onderzocht. We zien na vijf jaar al een terugloop in biomassaontwikkeling per oppervlakte, vermoedelijk vanwege beperking in nutriëntbeschikbaarheid. Er wordt niet bemest, dus de beschikbaarheid van nutriënten loopt met de jaren alleen maar verder af. In het geval dat er twee maal per jaar wordt geoogst zal deze mate van uitmijning nóg verder toenemen.

Oogstresultaten in natuurlijke groeiplaatsen

In het najaar van 2018, 2019 en 2020 is er, in samenwerking met Staatsbosbeheer, It Fryske Gea en Van Hall Larenstein, lisdodde geoogst vanuit natuurlijke aquatische groeiplaatsen. Hieronder volgt een korte toelichting op de resultaten. Een uitgebreidere toelichting, inclusief de resultaten van een laatste oogstronde in de huidige winterperiode (2021-2022), is te vinden in de rapportage van het Better Wetter-onderdeel Veenmarktplaats (van der Maas et al., 2021).

In de Twijzelerrieden (Staatsbosbeheer) is er jaarlijks geoogst in verschillende petgaten met een gezamenlijke oppervlakte van ca. 12.500 m². De oogst van lisdodde vanuit deze natuurlijke groeiplaatsen biedt op verschillende vlakken perspectieven. Ten eerste gaat het om noemenswaardige hoeveelheden, die relatief gemakkelijk geoogst kunnen worden vanaf de legakkers langs de petgaten voor verkenning van productie en verdienmodellen. Daarbij komt dat de afvoer van vegetatie uit de petgaten indirect zorgt voor uitmijning van de onderwaterbodem. De planten nemen immers voedingsstoffen op uit de bodem, die vervolgens uit het systeem worden verwijderd middels de afvoer van de biomassa. Dit is een welkome ontwikkeling vanuit het natuurbeheersperspectief van Staatsbosbeheer, aangezien de meest interessante laagveen natuur zich ontwikkelt onder relatief voedselarme condities. Een interessante functie-combinatie dus. Oogst vond plaats door middel van een rupskraan met maaikorf vanaf de legakkers, waarna het materiaal naar een grasdrogerij is gebracht. De hoeveelheid droge stof in het materiaal was beter dan verwacht (droge stofgehalte van 56%), en het materiaal was relatief gemakkelijk te snijden, te drogen en zelfs tot pakjes te persen. Uiteindelijk is in 2018 een oogst behaald van maar liefst 18 ton droge stof per hectare (mondelinge meded. T. Veenhoven). Ook in 2020 is in de Twijzelerrieden lisdodde geoogst. De gemaaide oppervlakte was 0,229 ha en de opbrengst bedroeg 9,6 ton droge stof per hectare (data Jesse Wagenaar, Van Hall Larenstein). Het onderscheid tussen Grote en Kleine lisdodde is bij deze metingen niet gemaakt.

Het gebied Headamskampen in de Alde Feanen (It Fryske Gea) heeft ook dienst gedaan als oogstlocatie van lisdodde uit natuurlijke groeiplaatsen. Het gaat hier niet om een petgatensysteem, maar om een grootschalig lisdoddemoeras. In het kader van natuurherstel is de bovengrond van een voormalig perceel extensief grasland met veel pitrus gefreesd. Het frezen van de bovengrond met daaropvolgend een peilopzet gedurende geheel 2018 heeft geleid tot de ontwikkeling van een monocultuur van Grote lisdodde over een grote oppervlakte van ca. 45.000 m². De planten hebben zich vervolgens in korte tijd zeer goed weten te ontwikkelen. Dit maakte deze locatie uitermate geschikt om te experimenteren met machinale oogst uit natuurlijke groeiplaatsen. De oogstwerkzaamheden zijn uitgevoerd in het najaar van 2019 in een zuidelijke hoek van ca. 10.000 m². Het te oogsten gedeelte was goed bereikbaar met rijplaten vanaf de verharde weg, en de kennis en machinale expertise die It Fryske Gea in huis heeft voor wat betreft oogsttechnieken, was voor Better Wetter een grote meerwaarde. Voor resultaten wordt verwezen naar de rapportage van Veenmarktplaats (van der Maas et al., 2021). In 2020 en 2021 is niet meer geoogst in de Headams Kampen, omdat er inmiddels te veel andere soorten tussen de Grote lisdodde voorkwamen voor een geschikt product bij toepassing als isolatiemateriaal (meded. Jesse Wagenaar, Van Hall Larenstein).

Potentiële ecologische impact van oogstwerkzaamheden

De oogst van biomassa uit een ecosysteem heeft in het algemeen altijd gevolgen voor de soorten die hierin voorkomen. Deze gevolgen kunnen enerzijds positief, of zelfs noodzakelijk, zijn voor het behoud van bepaalde soorten. Maar de gevolgen kunnen anderzijds ook negatief uitpakken voor bepaalde soorten die gevoelig zijn voor verstoring. Soorten kunnen door teeltwerkzaamheden immers in aantal achteruitgaan, of zelfs verdwijnen.

Maaierwerkzaamheden kunnen bijvoorbeeld behoorlijke impact hebben op vogelpopulaties in veengebieden, waarbij de timing in het jaar bepalend is. Wanneer in de winter wordt gemaaid, wanneer de lisdoddestengels verhouten en de biomassa om die reden het meest geschikt is voor verwerking in meubels of als bouwstof, kan dit een positief effect hebben op bepaalde moerasvogelsoorten. Het nieuw gecreëerde open landschap kan op geoogste percelen tijdelijk een interessante voedselbron zijn, bijvoorbeeld voor reigerachtigen, rallen en watersnippen. Er zijn meerdere studies uitgevoerd over het effect van maaierwerkzaamheden op moeras- en watervogelpopulaties zoals Roerdomp, Waterrietzanger en steltlopers. Deze studies hebben hoofdzakelijk betrekking op rietteelt, over lisdoddeteelt is veel minder te vinden. Dit heeft ermee te maken dat rietteelt een veel langere geschiedenis kent en lisdoddeteelt pas sinds kort als natte teeltvorm wordt onderzocht. Winteroogst kan naar verwachting in lisdoddeteeltbedden een positief effect hebben op de populatie van Roerdomp, aangezien de moerasvegetatie van lisdodde wordt uitgedund (Poulin *et al.*, 2005). Het is een bekend gegeven dat de aanwezigheid van overjarige helofytenvegetatie belangrijk is voor een soort als de Roerdomp. Het is daarom in teeltbedden, die voor de Roerdomp qua schaal interessant genoeg zijn, verstandig om óf om het jaar te maaien, óf een rotatieschema aan te houden, waarbij ieder jaar een gedeelte van het natte teeltbed niet wordt gemaaid (Poulin *et al.*, 2009). Voor andere soorten dan Roerdomp, zoals Bruine kiekendief, Baardman en Snor wordt eveneens vermeld dat oogstwerkzaamheden niet per se een negatieve uitwerking hoeven te hebben, zolang niet de gehele oppervlakte ieder jaar wordt afgemaaid (Bibby & Lung, 1982). Hierbij gaat het zowel om foerageerfunctie als om broedhabitat. Een studie met betrekking tot oogst van riet (Graveland, 1999) laat zien dat er een negatief effect bestaat van jaarlijkse winteroogst op Kleine karekiet en Rietzanger. Concluderend kan worden gesteld dat, wanneer in grootschalige teeltbedden in de winter wordt geoogst, de aanwezige moerasvogels erbij gebaat zijn als er jaarlijks delen van het teeltbed worden uitgesloten van de maaierwerkzaamheden (gefaseerd maaibeheer). Vooral voor de vroeg in het jaar broedende soorten (Roerdomp, Rietzanger, Snor) is dat essentieel om voldoende broedhabitat ter beschikking te hebben.

De effecten van maaien van riet op geleedpotigen lopen uiteen (Wichtmann *et al.*, 2016). Winteroogst van riet kan een positief effect hebben op organismen die voeden op plantensappen zoals cicaden en bladluizen. Vlinders, spinnen en pissebedden kunnen echter negatief worden beïnvloed. Dit betekent dat geleedpotigen, net zoals moerasvogels, erbij gebaat zijn als er jaarlijks delen van het teeltbed worden uitgesloten van de maaierwerkzaamheden. Verschillende successiestadia binnen een teeltbed herbergen immers specifieke samenstellingen van geleedpotigen (Hardman *et al.*, 2012). Naar verwachting geldt dit principe binnen natte rietpercelen ook voor natte teeltbedden met lisdodde.

Ook voor kleine zoogdieren die gebaat zijn bij grote dichtheden in verband met dekking, zoals Dwergmuizen, geldt dat winteroogst een drastische uitwerking kan hebben. Naast het uitmaaien van overwinterende individuen, speelt dat de kale teeltbedden die zo in de winter ontstaan niet snel dichtgroeien, waardoor er geen dekking meer is voor deze soorten. Voor sommige salamanders, kikkers (onder andere de beschermde Heikikker) en padden geldt dat deze in de winter op het droge zullen zijn. Voor deze soorten zal winteroogst in natte teeltbedden naar verwachting niet veel drastische gevolgen zal hebben. Wel is het om die

reden belangrijk dat er nabijgelegen droge stukken zoals natuurlijk grasland aanwezig zijn waar amfibieën terecht kunnen in de winter. Voor soorten zoals Bruine kikker en Groene kikker geldt dat deze overwinteren onder water in de modder. Winteroogst kan voor deze soorten dus wel degelijk zeer negatieve gevolgen hebben.

Voor sommige doeleinden, zoals bijvoorbeeld toepassing van lisdodde als veevoer (Pijlman *et al.*, 2019), moet er juist in de zomer worden gemaaid. Dan hebben de jonge scheuten lisdodde immers de hoogste voedingswaarde en zijn ze het meest aantrekkelijk voor vee. Wanneer er in de zomer wordt gemaaid ontstaan er vermoedelijk directe problemen voor de moerasvogels die met natte teelt gepaard kunnen gaan. Nesten en kuikens kunnen verloren gaan, terwijl juist tijdens de zomeroogst het hoogste aantal bedreigde vogelsoorten voorkomt. Ook insecten zitten dan in een levensfase die niet toelaat dat de opgaande vegetatie verdwijnt (in tegenstelling tot de wintersituatie wanneer ze vaak in een niet actieve winterstand zijn).

Daarbij komt dat, net zoals bekend bij rietteelt, de grote hoeveelheid beschikbaar licht na oogstwerkzaamheden in de zomer leidt tot het voorkomen van kleinere, minder competitieve plantensoorten. Hierdoor zijn in de zomer geoogste teeltbedden meer (planten)soortenrijk en herbergen ook vaker zeldzame soorten dan teeltbedden die worden geoogst in de winter. Hiermee vormen de in de zomer geoogste teeltbedden in potentie een beter habitat voor amfibieën en diverse insecten, juist vanwege de open plekken.

Ten slotte is zomeroogst zinvoller dan winteroogst als het gaat om het verlagen van de nutriëntenrijkdom binnen een bepaald gebied, bijvoorbeeld als voortraject voor natuurontwikkeling. Vroeg in het jaar, voordat de planten bloeiwijzen gaan vormen, worden immers de meeste nutriënten opgenomen (Garver *et al.*, 1988). In het najaar worden veel nutriënten uit de bladeren weer terug naar de rhizomen getransporteerd voor productie van nieuwe scheuten in het daaropvolgende jaar (Dubbe *et al.*, 1988). Als het gaat om uitmijning als voortraject voor natuurontwikkeling is het dus juist veel lucratiever om in de zomer te maaien dan in de winter.

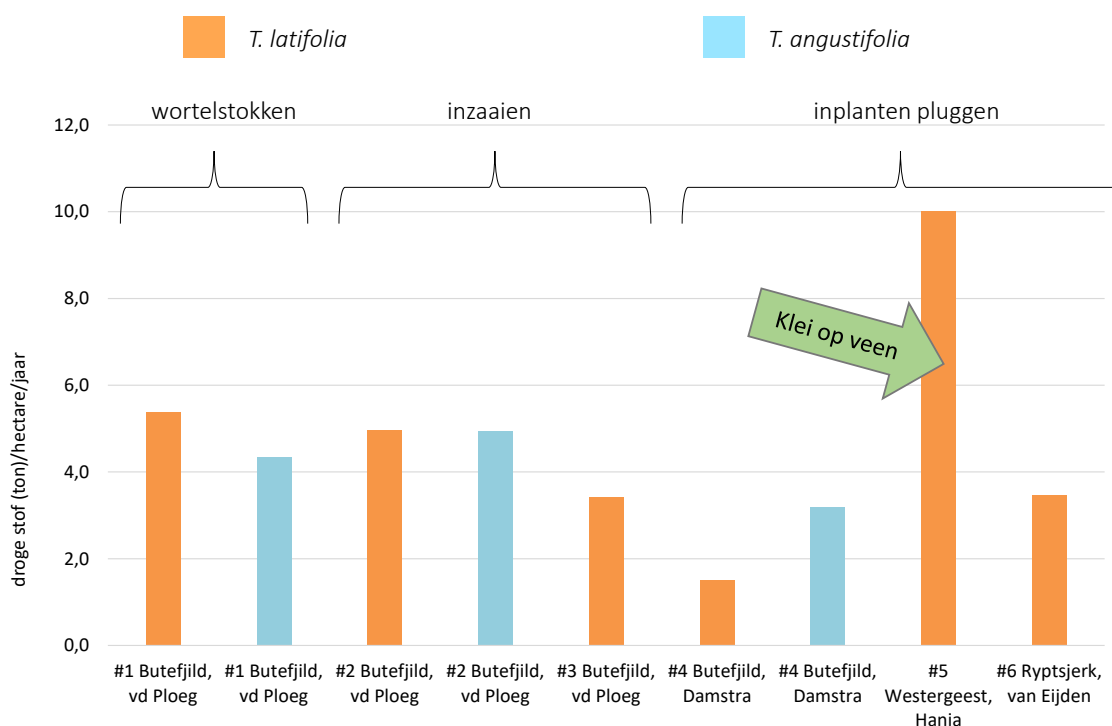
4.8.3 Opbrengst

De opbrengst is hoofdzakelijk afhankelijk van de timing in het jaar, het waterpeil, de beschikbaarheid van nutriënten (op termijn), het risico op vraat, maar ook van de manier van inbreng. Over het algemeen was de opbrengst uit de lisdoddevelden lager dan verwacht. In Figuur 4.18 is voor de verschillende teeltbedden, met verschillende methoden van inbreng (inplanten van wortelstokken, inzaaien, en inplanten van pluggen), verschillende soorten (Grote en Kleine lisdodde), en verschillende ondergronden (puur veen of klei-op-veen) de opbrengst inzichtelijk gemaakt. Hierbij is de gemiddelde opbrengst per hectare per jaar getoond vanaf het tweede jaar na aanleg en inbreng van het gewas.

Inplant van wortelstokken uit natuurlijke groeiplaatsen leidde met een jaarlijkse opbrengst van gemiddeld 5,4 en 4,3 ton droge stof per hectare per jaar voor respectievelijk Grote en Kleine lisdodde tot de grootste opbrengst. Inplant van pluggen leidde op pure veenbodems tot aanzienlijke lagere opbrengst, wat vooral te maken heeft met het feit dat er veel pluggen in een vroeg stadium verdwenen, vermoedelijk als gevolg van ganzenvraat van jonge planten inclusief wortelstokken in combinatie met waterbeweging tijdens slechte weersomstandigheden. Op veenbodems met een kleidek op veen (nr. 5 in Westergeest) was dit probleem niet aan de orde, en bedroeg de ingeschatte opbrengst maar liefst 10 ton droge stof per hectare per jaar. Dit teeltbed was veruit het meest productief, vermoedelijk vanwege de hogere stabiliteit van het kleidek, waardoor de pluggen niet snel uitspoelen, maar vermoedelijk speelt ook de hoge

nutriëntbeschikbaarheid van de kleilaag een rol. Inzaaien leidde tot een opbrengst van zo'n 3,4-5,9 en ca. 5 ton droge stof van respectievelijk Grote en Kleine lisdodde.

In het algemeen kan worden gesteld dat, gebaseerd op opbrengsten uit andere proeven met paludicultuur, de productie onder andere omstandigheden hoger kan uitvallen. Nordt *et al.* (2020) rapporteren opbrengsten van tussen de 4,3–22,1 ton droge stof per hectare. Ook de opbrengsten uit natuurlijke groeiplaatsen (paragraaf 4.8.2) laten zien dat in principe een hogere biomassa productie mogelijk moet zijn. Eén van de oorzaken van de tegenvallende opbrengst in de experimentele teeltplots is wellicht de beperkte nutriëntenbeschikbaarheid in de veenbodem, maar aanvullende metingen daaraan ontbreken vooralsnog (zie paragraaf 4.10).



Figuur 4.18 De ingeschatte opbrengst per teeltlocatie, met onderscheid tussen methode van gewasinbreng en lisdoddesoort. Getoond zijn de opbrengsten per hectare per jaar vanaf het tweede jaar na aanleg en inbreng van het gewas. Voor #1-2 zijn dat gemiddelden over vier groeiseizoenen, voor #3-6 betreft dat enkel 2021. Alle teeltlocaties betroffen pure veenbodems als ondergrond, behalve nr. 5 in Westergeest; hier ging het om een ondergrond van klei-op-veen.

4.9 Lisdoddeteelt in het veenweidelandschap: een win-win of niet?

Natte teelt en overige ecosysteemdiensten

In eerste instantie is Better Wetter opgezet met als doel enerzijds een oplossing te vinden voor de verschillende landschappelijke knelpunten in het Friese veenweidelandschap, en tegelijkertijd lucratief landgebruik te waarborgen (Hoofdstuk 1). Via de verschillende experimentele pilots is tot dusver vooral onderzocht op welke manier natte teelt van lisdodde zoveel mogelijk biomassa kan opleveren. Het is echter de vraag of bij optimale productie ook de overige ecosysteemdiensten, die met natte teelt gepaard kunnen gaan, optimaal tot hun recht komen. In de praktijk kunnen productie en overige ecosysteemdiensten namelijk niet altijd

optimaal worden benut. Mogelijke tegenstellingen worden hieronder geïllustreerd middels een aantal voorbeelden op basis van de opgedane ervaringen in ons onderzoek.

Vanuit het perspectief van productie is het wenselijk om een lisdoddegroeiplaats te creëren met een zo hoog mogelijke dichtheid met zo hoog en dik mogelijke stengels. Deze situatie is voor specifieke moerasgebonden soorten, waaronder diverse zeldzame moerasvogels of amfibieën, juist niet wenselijk (zie paragraaf 2.5). Zodoende gaan optimale productie en biodiversiteit dus niet per se hand in hand.

Een ander voorbeeld is de combinatie met uitmijning als voortraject voor natuurontwikkeling. In de teeltbedden zien we dat de productie over de jaren terugloopt. Vermoedelijk speelt hierbij een achteruitgang in nutriëntbeschikbaarheid. Deze uitmijning kan gewenst zijn als er op termijn plannen zijn voor natuurontwikkeling, omdat een lage beschikbaarheid van nutriënten interessantere natuur kan opleveren. Maar vanuit het oogpunt van productie is het gewenst dat de jaarlijkse opbrengst maximaal blijft en zouden de voedingsstoffen dus juist niet uit het systeem moeten worden onttrokken.

Op pure veenbodems zagen we een lagere productie dan op klei-op-veen, naar alle waarschijnlijkheid vanwege een lagere nutriëntenbeschikbaarheid en lagere stabiliteit in de betrokken veenbodems. Voor productiedoeleinden zijn klei-op-veenbodems voor natte teelt dus aantrekkelijker dan pure veenbodems. Maar vanwege het sterkere effect van bodemdaling en broeikasgasemissie op puur veen heeft natte teelt als maatregel tegen die effecten, op veen meer prioriteit dan op klei-op-veen. Hier gaat een productiedoel en vermindering van bodemdaling en broeikasgasemissie dus niet optimaal samen.

Voor optimale productie zou op de in de pilots betrokken veenbodems bemesting op termijn gewenst zijn. Afgezien van het feit dat bemesting in natte gebieden verboden is, is het ook vanuit de ecosysteemdienst van waterzuivering ongewenst. Lisdoddeteeltbedden kunnen in principe prima dienst doen als 'filtering fens', om water te zuiveren bijvoorbeeld voor de inlaat naar natuurgebieden. Aanrijking van voedingsstoffen is dan vanzelfsprekend ongewenst.

Natte teelt op landschapsschaal

Wanneer op termijn op landschapsschaal sprake zou zijn van grootschalige natte teelt, dan kan dat in ruimtelijke zin betekenen dat andere natuurwaarden van het Friese open veenweidegebied plaats moeten maken voor moerasnatuur. Dat geldt in het bijzonder voor weidevogels die gebonden zijn aan vochtig tot natte, open graslanden. Een dergelijk effect heeft vooral te maken met de schaal waarop natte teelten worden geëxploiteerd en de ruimtelijke keuzen die daarin worden gemaakt. Dit zou kunnen leiden tot een dilemma. Dit rapport gaat niet op dat aspect in, maar het is wel een belangrijk aspect bij het maken van keuzen omtrent de grootschalige inzet van natte teelten in het veenweidegebied.

4.10 Aanbevelingen voor nader onderzoek

Biogeochemie bodem en water

Het is voornamelijk niet goed duidelijk hoe het komt dat de lisdoddescheuten in de experimentele teeltbedden op pure veenbodem, ongeacht de manier van inbreng, een geringe groeihoogte laten zien. Vermoedelijk speelt beperkte nutriëntbeschikbaarheid een rol. Het valt daarom aan te bevelen om de verschillende locaties voor wat betreft chemische onderling nader te vergelijken in relatie tot de biomassaopbrengsten. Ook is het interessant om de biogeochemische eigenschappen en biomassaopbrengsten van de Better Wetter teeltbedden

te vergelijken met lisdoddepilots op andere locaties. Vooralsnog zijn alleen een beperkte hoeveelheid biogeochemische gegevens van de lisdoddevelden in het Bûtefjild beschikbaar, en enkel uit het eerste jaar na aanleg. Van de overige lisdoddevelden is voor wat betreft biogeochemie in de bodem te weinig bekend. In het bijzonder zou het interessant zijn om beter inzicht te krijgen in de invloed van de kleilaag op de veenbodem in Westergeest, waar de opbrengsten veruit het hoogst zijn. Nader onderzoek naar de relatie van de eigenschappen van de ondergrond (biogeochemisch, fysisch, en landbouwkundige achtergrond) en opbrengsten zou enorm waardevol zijn.

Ook als het gaat om de waterzuiverende werking van teeltbedden valt nog een hoop nader te onderzoeken. Hoeveel voedingsstoffen kunnen de planten opnemen uit het ingelaten boezemwater, voordat het water wordt geloosd in het slotenstelsel van de achterliggende weilanden? Hoeveel voedingsstoffen komen er als gevolg van vernatting vrij uit de voormalige landbouwbodem? En worden deze voedingsstoffen ook opgenomen door de planten, of spoelen deze juist weg?

Beheer en inrichting

Voor wat betreft beheer van de teeltbedden is het belangrijk om te weten te komen of met hogere waterstanden dan gehanteerd binnen de uitgevoerde pilots (permanent hoger dan 20 cm) de ontwikkeling van onkruiden beter kan worden voorkomen. Daarnaast is relevant om te onderzoeken of met (tijdelijk) verhoogd peil veronkruiding weer kan worden teruggedrongen, bijvoorbeeld na een periode met te lage peilen. Ook zou het interessant zijn om te onderzoeken of met het dieper inplanten van pluggen in pure veenbodems losraken van de pluggen kan worden voorkomen. Ten slotte is het niet geheel duidelijk of (ganzen)vraat een rol heeft gespeeld in het losraken van de pluggen in het eerste jaar na inplant. Afrastering of afzetten met linten van pilots zou een interessante behandeling voor nader onderzoek kunnen zijn.

Mechanisatie

Het inplanten van wortelstokken is een effectieve methode gebleken als het gaat om productie opbrengst. Ook inzaaien lijkt perspectieven te hebben, mits wordt voldaan aan de juiste eisen van het verloop van de waterstand. Maar om een uitspraak te kunnen doen over de mate waarin deze methoden in de praktijk onder natte condities en op grote schaal lucratief kunnen zijn, dienen aanvullende zaken te worden onderzocht. Is mechanische inplant mogelijk bij waterstanden rond maaiveld? Er is behoefte aan nader onderzoek naar mechanische mogelijkheden, waardoor opschaling mogelijk zou kunnen worden gemaakt. Pas dan kan goed worden ingeschat welke methode uiteindelijk het meest lucratief is op grote schaal.

Meerdere oogstmomenten per jaar

Het is nog niet genoeg duidelijk hoe een maairegime van twee keer per jaar op lange termijn uitwerkt ten opzichte van één keer per jaar. Twee keer per jaar maaien kan in principe zeer lucratief zijn, bijvoorbeeld ten behoeve van veevoer in het voorjaar (Pijlman *et al.*, 2019) en later in het jaar ten behoeve van de winning voor bijvoorbeeld isolatiemateriaal. Maar de effecten hiervan op lange termijn dienen te worden onderzocht. Het zou bijvoorbeeld kunnen zijn dat de planten op termijn niet standhouden, of dat er op deze manier te snel voedingsstoffen aan de bodem worden onttrokken.

Langdurige teelt

Een belangrijke vraag is: hoe lang blijft natte teelt van lisdodde op een bepaalde locatie mogelijk? Kan het pioniersstadium van lisdodde worden behouden door jaarlijks te oogsten en kan ontwikkeling van andere soorten worden voorkomen? De natuurlijke verhoging van het maaiveld na vijf jaar, zoals beschreven in paragraaf 4.1, is hierbij een belangrijke factor, aangezien het in teeltbed nr. 1 steeds lastiger wordt om een waterstand boven maaiveld te waarborgen en de ontwikkeling van onkruid hierdoor steeds verder toeneemt. Maar ook de afname van de nutriëntbeschikbaarheid speelt hier een rol. Het gehanteerde doorstroomprincipe, wat zorgt voor een continue aanvoer van nutriënten via voedselrijk inlaatwater, heeft hierbij een positieve uitwerking. Maar het lijkt erop dat de aanvoer van voedingsstoffen op de proeflocaties niet voldoende is om nutriëntlimitatie te voorkomen. Om een goede inschatting te maken van de duur waarin rendabele teelt in een nat teeltbed met lisdodde mogelijk is, kunnen langdurige experimenten meer duidelijkheid bieden. Het valt dan ook sterk aan te raden om de huidige experimenten nog een aantal jaar te continueren.

Uitstoot broeikasgassen

Ook voor wat betreft de effecten van lisdoddeteelt op de uitstoot van broeikasgassen bestaan er nog onderzoeksvragen en hypothesen voor nader onderzoek. Duidelijk is in ieder geval dat lokale verschillen, zoals ondergrond en waterstand(fluctuaties) hierbij van groot belang zijn. Günther *et al.* (2014) presenteren de broeikasgasuitstoot (hoofdzakelijk methaan) vanuit drie verschillende vegetaties na vernatting in vergelijking tot de gedraineerde situatie, met en zonder biomassa oogst. Zij komen uit op een gemiddelde reductie van de uitstoot bij paludicultuur van 17 ton CO₂-equivalenten per hectare per jaar ten opzichte van de gedraineerde situatie. Het gaat hierbij echter voornamelijk om gegevens uit (ver)natte natuurgebieden en hervernatte voormalige landbouwgronden zonder paludicultuur. Van primaire paludicultuur-locaties, waarbij de planten worden ingeplant of ingezaaid en de biomassa frequent wordt geoogst, zijn nog erg weinig meetresultaten beschikbaar. Dit is dan ook een belangrijk onderwerp voor nader onderzoek. Tussentijdse resultaten vanuit de RUN laten zien dat teelten met lisdodde hoe dan ook netto wel koolstof blijven uitstoten in een veenweideperceel (med. J. Geurts). Een belangrijke vraag is hoeveel emissiereductie nou precies kan worden behaald met natte lisdoddeteelt (waterstand boven maaiveld) ten opzichte van licht vernatte of gedraineerde veenweide en welke rol lokale omgevingsfactoren en beheer daarbij spelen. In de Friese teeltbedden met lisdodde zijn hiervan vooralsnog geen meetgegevens beschikbaar.

Vermarketing

Ten slotte spelen er diverse vragen aangaande vermarktingsopties en verdienmodellen binnen het onderdeel 'Veenmarktplaats' van Better Wetter. Inzicht in de mogelijkheden voor productie, zoals beschreven in onderhavig rapport, is vanzelfsprekend niet genoeg om een stap verder te komen in de transitie richting een toekomstbestendige boezem en veenweidegebied. Onderzoek naar de (regionale) afzetmogelijkheden en de vraag om lisdodde biomassa vanuit de markt is onmisbaar om tot een integraal verdienmodel te komen. Resultaten en aanbevelingen voor nader onderzoek op dit vlak zijn nader toegelicht in de rapportage van Veenmarktplaats (van der Maas *et al.*, 2021).

Nader onderzoek aan meerwaarde voor biodiversiteit

Een belangrijke fundamentele vraag die nog niet goed genoeg beantwoord is: welke soorten kunnen profiteren van het biotoop dat ontstaat als gevolg van inrichting van natte teelt in het veenweidelandschap? Hier kan meer inzicht in worden verkregen door binnen de huidige pilots, en eventueel ook in de andere landelijke pilots die momenteel worden uitgevoerd, structurele soorteninventarisaties uit te voeren, aanvullend op de metingen ten behoeve van

productie. De beschikbare gegevens tot dusver zijn vooral anekdotisch. Wanneer van zowel flora als fauna op gezette tijden volgens een structureel meetprogramma inventarisaties worden uitgevoerd kunnen kwantitatieve gegevens worden gegenereerd, en vervolgens zekere uitspraken worden gedaan.

Met het oog op biodiversiteit is opschaling ook een interessante factor. Een van de doelstellingen voor het vervolg van Better Wetter, evenals in de andere experimentele initiatieven in Nederland, is opschaling. Opschaling van de teeltbedden en productiecapaciteit is vanuit productietechnisch oogpunt noodzakelijk om verdienmodellen met grote hoeveelheden biomassa inzichtelijk te maken. Maar met opschaling van teeltbedden komen ook andere soorten in beeld dan in de kleine pilots die tot dusver zijn aangelegd. Hierover bestaat nog veel onduidelijkheid.

Maar niet alleen is het belangrijk om op lokaal niveau binnen de teeltbedden te monitoren op biodiversiteit. Ook op landschapsschaal dienen ontwikkelingen te worden gevolgd. Zijn natte teeltbedden als hydrologische bufferzone rond laagveenmoerassen werkelijk effectief op landschappelijk niveau? Ook voor de verdeling van verschillende typen natuur op landschapsniveau bestaan vragen. Welke rol kunnen lisdoddevelden spelen binnen (de ontwikkeling van) een natuurlijk moerassysteem? Alleen als helofytenfilter of ook als eigenstandige natuurwaarde? En wanneer bijvoorbeeld natuurwaarden van het open veenweidegebied op termijn plaats maken voor moerasnatuur, dan moet ook de specifieke ontwikkeling in de overblijvende vochtig tot natte, open graslanden worden bijgehouden. Wanneer de ene natuur namelijk plaats zou maken voor andere natuur, dan moet binnen het veenweidedebat goed worden uitgezocht of deze ruimtelijke keuzes leiden tot netto verhoging en versterking van de biodiversiteit op landschapsschaal.

5 Veenmosteelt: resultaten, conclusies en aanbevelingen

5.1 Resultaten 2018-2021

Aan het eind van de zomer van 2017 is in het Ottema-Wiersema reservaat begonnen met veenmosteelt. Het teeltbed is omgeven door een greppel van 1 meter breed welke in contact staat met een naastgelegen meertje via afsluitschuiven. Dit naastgelegen meertje staat in verbinding met de Falomsterboezem. Een gedetailleerde uitwerking van het inrichtingsplan is te vinden in Mettrop & Oosterveld (2019). De bovenste 20 centimeter is afgegraven in de teeltbedden om plas-dras condities te creëren (paragraaf 3.3). Tabel 5.1 geeft een overzicht met algemene informatie van de veenmosteeltlocatie.

Tabel 5.1 Algemene informatie over de veenmos teeltlocatie in het Ottema Wiersma reservaat.

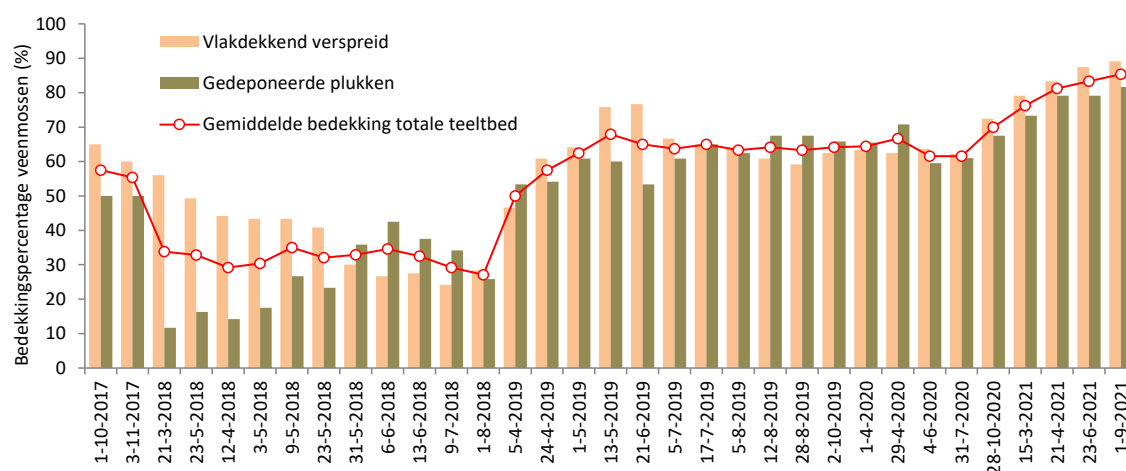
Algemene locatie gegevens	
Naam locatie/eigenaar:	Ottema Wiersma reservaat/IJ Fryske Gea
GPS coördinaten:	53.242281, 5.944384
Aantal jaren in gebruik:	4
Teeltoppervlakte:	100m*6m = 600 m ²
Water	
Bron inlaatwater:	Falomster (binnen)boezem
Waterkwaliteit inlaatwater:	Voor pH, EGV zie Figuren 5.3 en 5.4. Nutriëntengehalten zullen nog worden bepaald.
Bodem	
Bodemtype:	Veen
Afgegraven toplaag t.b.v. aanleg:	20 cm
Teelttechnisch	
Ingebracht gewas:	
Aanleg teeltbedden:	Eind zomer 2017
Inbreng gewas:	Eind september 2017
Manier van inbreng:	Entmateriaal is vlakdekkend verspreid, en in plukken gedeponeerd
Gemiddelde waterstand:	Plas-dras (rond maaiveld)
Timing en frequentie oogst:	Niet geoogst vooralsnog

Bedekking door veenmossen

In het veenmosteeltbed is gedurende vier groeiseizoenen (2018-2021) de ontwikkeling van de bedekking door veenmossen bijgehouden. Binnen een raster van één vierkante meter zijn op meerdere momenten gedurende het groeiseizoen bedekkingspercentages ingeschat. Dit is gedaan op zes vaste plekken in een gedeelte waarin het entmateriaal vlakdekkend verspreid is, en op zes vaste plekken in het gedeelte van het teeltbed waarin losstaande plukken entmateriaal zijn gedeponeerd. Direct na inbreng van het entmateriaal in het najaar van 2017 was de bedekking vanzelfsprekend nog erg hoog, vooral in het vlakdekkend verspreide stuk van het teeltbed. In het voorjaar van 2018 ging de bedekking echter flink achteruit, vooral in het gedeelte met los gedeponeerde veenmosplukken (Figuur 5.1). Later in het voorjaar van 2018 begonnen de veenmossen uit de los gedeponeerde plukken zich toch wel te verspreiden, maar echt hoge bedekkingspercentages werden in 2018 niet gehaald. Ook in het gedeelte waarin de veenmossen netjes waren verspreid liet het bedekkingspercentage een geleidelijke achteruitgang zien over 2018. Het gemiddelde bedekkingspercentage over het totale teeltbed was na de zomer van 2018 dan ook niet meer dan een schamele 30%. Vermoedelijk speelt hierbij de invloed van het harde boezemwater een rol, wat noodzakelijkerwijs moest worden ingelaten in verband met de intense droogte in de zomer van 2018. Recent onderzoek laat zien

dat *S. palustre*, maar ook andere veenmossoorten, daar erg gevoelig voor zijn (Koks *et al.*, 2019).

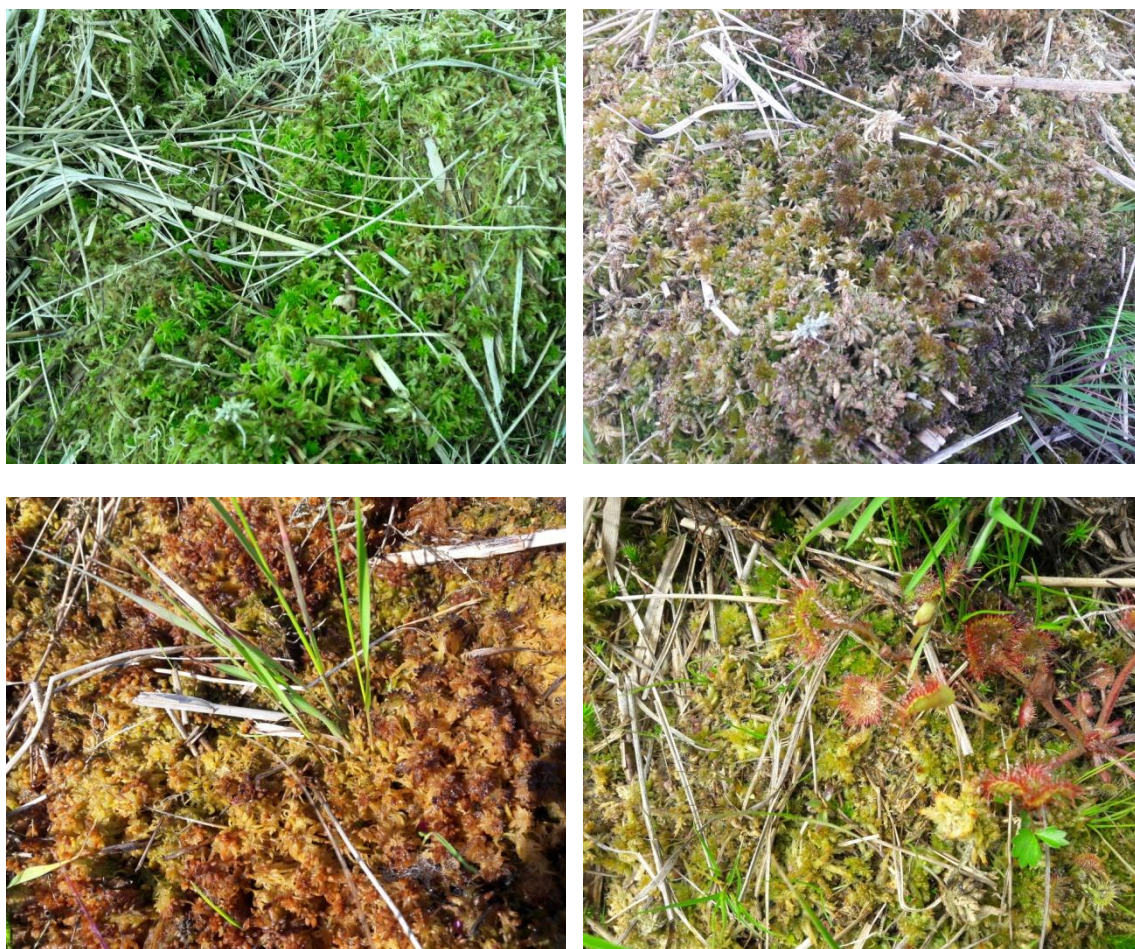
De winter van 2018-2019 had duidelijk een goede uitwerking op de veenmosontwikkeling. In het voorjaar van 2019 bleek het bedekkingspercentage in beide delen van het teeltbed te zijn gegroeid naar circa 50% (Figuur 5.1). Gedurende het voorjaar van 2019 liep de bedekking door veenmossen nog wat hoger op, vooral in het gedeelte waarin het entmateriaal netjes was verspreid. In de zomer van 2019 bleef de gemiddelde bedekking door veenmossen redelijk stabiel rond de 65%, en was er eigenlijk geen verschil meer waarneembaar tussen de twee verschillende methoden van inbreng. En gedurende geheel 2020 bleef deze situatie min of meer onveranderd. De winter van 2020-2021 heeft de bedekking door veenmossen vervolgens weer positief beïnvloed (Figuur 5.1). In 2021 is uiteindelijk een situatie ontstaan waarin de veenmossen haast overal in het teeltbed vlakdekkend aanwezig zijn. Het belang van opvang van neerslag in de winterperioden met als gevolg een hoge regenwaterinvloed in de veenmoslaag lijkt hieruit goed naar voren te komen.



Figuur 5.1 Het bedekkingspercentage van veenmossen liet vooral over het eerste groeiseizoen variatie zien tussen de twee methoden van inbreng.

Inventarisatie van soorten

De veenmosontwikkeling betrof hoofdzakelijk Fraai veenmos (*Sphagnum fallax*) en in mindere mate Gewoon veenmos (*Sphagnum palustre*) (Tabel 5.2). Opvallend in de zomer van 2018 was de veelvuldige opkomst van Ronde Zonnedaauw (*Drosera rotundifolia*), een soort van de Nederlandse Rode lijst van planten. Ronde Zonnedaauw is een soort die alleen voorkomt in regenwater gevoede systemen, waar ook veenmossen overwegend voorkomen. Ook andere typische soorten van dit milieu waren aanwezig in 2018, zoals Zompzegge (*Carex curta*) en Sterzegge (*C. echinata*). Het feit dat deze bijzondere soorten zich goed konden ontwikkelen, betekent dat de omstandigheden in het teeltbed in 2018 geschikt waren voor het habitat dat we wilden creëren. In de periode 2019-2021 zijn deze soorten helaas nagenoeg niet meer verschenen (Tabel 5.2), wat een gevolg zou kunnen zijn van het harde, eutrofe boezemwater dat noodzakelijkerwijs in de zomer van 2018 moest worden ingelaten. Het feit dat een soort als Hoge cyperzegge, zijnde een indicatorsoort van relatief voedselrijke milieus, in 2021 vooral voorkwam bij de inlaat van het veenmosteeltbed komt hiermee overeen. Aanvankelijk breidde de storingssoort Pitrus zich sterk uit tot een bedekking van circa 50% in 2018 en 2019. Het is opvallend dat de bedekking van de soort in 2021 weer flink is afgenomen ten gunste van een hoge bedekking van veenmos.



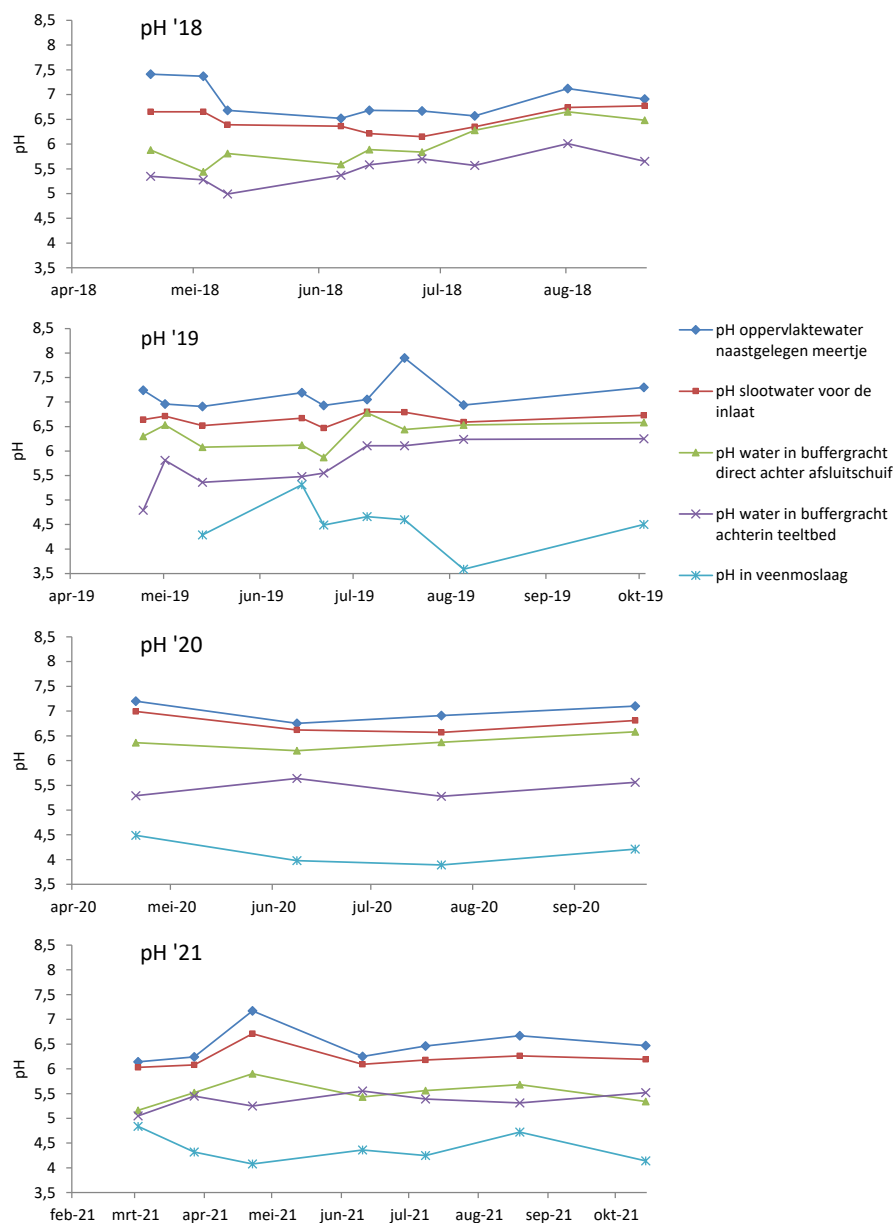
Figuur 5.2 Wanneer de ontwikkeling van veenmossoorten goed op gang komt, kunnen deze soorten een homogene, vlakdekkende vegetatie vormen. De kleur van een veenmospakket kan per moment verschillen, afhankelijk van de vochtigheid en het seizoen. Rechtsonder is aanvullend weergegeven Ronde Zonnedaauw.

Tabel 5.2 Resultaten van een inventarisatie van soorten in het veenmosteeltbed in de zomer van 2021.

Soort	Bedekking (%)
Biezenknop	20
Pitrus	15
Moerasstruisgras	2
Grote lisdodde	2
Hoge cyperzegge	1
Waterscheerling	1
Zwarte zegge	1
Zompzegge	1
Paddenrus	1
Veldrus	1
Ronde zonnedaauw	1 exemplaar
<i>Veenmossen:</i>	
Fraai veenmos	60
Gewoon veenmos	25
Waterveenmos	2

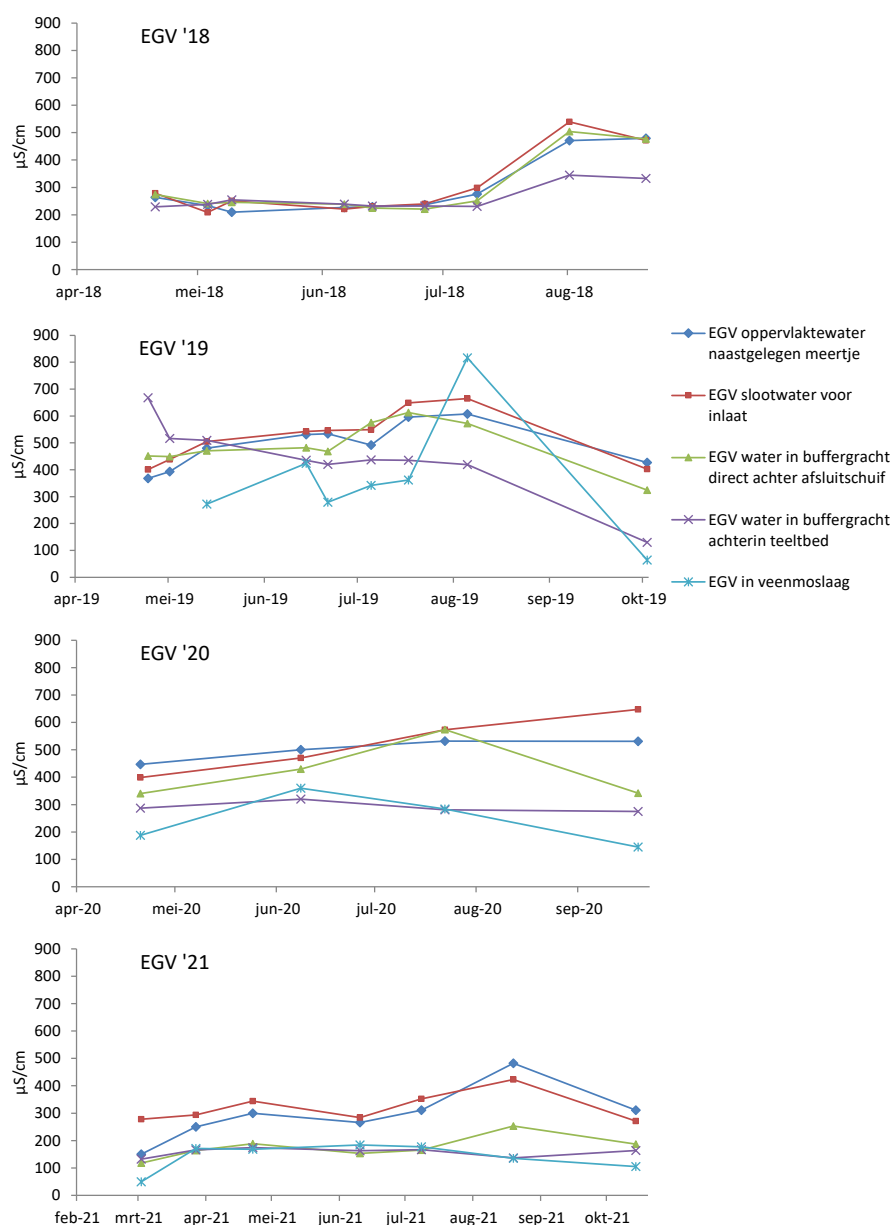
Waterkwaliteit

Aanvullend zijn watermetingen uitgevoerd op verschillende plaatsen in de aanvoerroute en de greppels rondom het veenmosteelbed over de tijd (figuren 5.3, 5.4 en 5.5), om een beter inzicht te krijgen in de kwaliteit van het water binnen het teeltbed en het aanvoerwater. Er zijn per moment van monsternamen steeds vier monsters genomen van de waterkolom; 1. van het oppervlaktewater in het meertje van waaruit water ingelaten kan worden, 2. van het slootwater in de sloot tussen dit meertje en de inlaat naar het teeltbed, 3. van de waterkolom in de greppel binnen het teeltbed direct achter de afsluitschuif, en 4. van de waterkolom in de greppel aan de uiterste achterzijde van het teeltbed. Aanvullend zijn monsters genomen van het bodemvocht in de veenmoslaag zelf.



Figuur 5.3 pH in de watermonsters die gedurende de groeiseizoenen van 2018-2021 zijn genomen van verschillende plekken in de aanvoerroute, de greppels rondom het teeltbed en de veenmoslaag zelf.

Veenmosontwikkeling gaat het best onder door regenwater gevoede omstandigheden. Dat betekent een lage pH waarde en minimale aanvoer van basen. De pH en het EGV (elektrisch geleidend vermogen) geven informatie over de regenwaterinvloed. Beide waarden dienen zo laag mogelijk te zijn. Zoals te zien in figuur 5.3 was er over alle jaren gezien op locatie 4. (achterin het teeltbed) het meest sprake van geschikte omstandigheden in de waterkolom met een pH van om en nabij 5-5,5, maar dit is aan de hoge kant voor veenmossen. Het meertje liet de hoogste pH waarden zien, wat betekent dat dit water bepaald niet ideaal is als inlaatwater voor veenmosteelt. Deze inlaatmogelijkheid is dan ook slechts een 'backup-bron' onder extreem droge condities geweest. Een 'noodoplossing', om te zorgen dat de waterstand niet te ver uitzakt in de zomer.



Figuur 5.4 Het elektrisch geleidend vermogen (EGV, uitgedrukt in $\mu\text{S cm}^{-1}$) in de watermonsters die gedurende de groeiseizoenen van 2018-2020 zijn genomen van verschillende plekken in de aanvoerroute, de greppels rondom het teeltbed, en in de veenmoslaag zelf.

In de zomer van 2018, en dan vooral in augustus, was er al meteen sprake van zulke extreem droge en warme omstandigheden en is er dus relatief veel invloed geweest van dit niet ideale inlaatwater. Dit is direct terug te zien in de waterkwaliteit met verhoogde waarden voor pH en EGV in de greppel (figuren 5.3 en 5.4). Vanaf voorjaar 2019 is aanvullend ook de pH en EGV in het bodemvocht van de veenmoslaag zelf gemeten. Hieruit wordt goed duidelijk dat de veenmossen, wanneer ze goed aanslaan, in staat zijn om hun eigen habitat te verzuren. Met een pH van 4-4,5 in de moslaag waren de omstandigheden voor wat betreft zuurgraad goed genoeg voor verdere ontwikkeling in de volgende jaren. Opvallend is wel de uitschieter van de EGV-waarden in de veenmoslaag in maand augustus van 2019, welke vooralsnog niet goed kan worden verklaard. In 2020 was er sprake van meer stabilisatie van de pH- en EGV-waarden. Wellicht heeft de aangroei van veenmossen en de hierdoor toegenomen 'sponswerking' geleid tot een bufferend effect. Tijdens de vroege zomer van 2020, welke werd gekenmerkt door langdurige droogte, is er sprake geweest van inlaatwater om de hoge mate van verdamping te compenseren. De invloed van het inlaatwater is echter niet terug te zien in de gemeten waarden, wat wel het geval was in het eerste jaar (2018) na aanleg. Dit lijkt te bevestigen dat het zelfregulerend vermogen van het systeem is vergroot naarmate de aangroei door veenmossen beter en verder is ontwikkeld. Over het afgelopen seizoen 2021 zien we weinig verschil in de ontwikkeling van pH en EGV-waarden. In de veenmoslaag blijft de zuurgraad goed laag, en er is niet veel variatie. In de aanvoerroute lijkt wel tijdelijk een grote invloed van basenrijk water te zijn, maar aangezien het in die periode niet nodig was om extern water in te laten is dit niet terug te zien in het veenmosteelbed. Ook de EGV-waarden in het teeltbed en de veenmoslaag waren over het jaar redelijk stabiel.



Figuur 5.5 De dikte van de laag met afgestorven biomassa onder de levende moslaag (lichtbruin) kan worden gezien als de laag van veenaangroei. Deze laag afgestorven mosbiomassa (de 'catotelm') bedroeg na vier volledige seizoenen (in 2021) gemiddeld 10 centimeter.

Dikte van catotelm

In het najaar van 2020 en 2021 is binnen vijf vlakken, waarin ook de bedekking wordt bepaald, aanvullend de dikte van de laag afgestorven mosbiomassa (de 'catotelm') gemeten. Dit is de laag die zich bevindt onder de levende moslaag (de 'acrotelm') (Figuur 5.5). Deze dikte

bedroeg na drie volledige groeiseizoenen (2020) gemiddeld 6 centimeter en na vier volledige seizoenen (2021) gemiddeld 10 centimeter (Tabel 5.3). Dit zou betekenen dat er in de eerste drie jaar na aanleg sprake is van een toename in dikte van de catotelm van zo'n 2 centimeter per jaar. En in het vierde jaar ging deze aangroei sneller, namelijk met 4 centimeter per jaar. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat het stabiliseren van de lage zuurgraad en de hoge bedekkingsgraad in 2021 de aangroei heeft gestimuleerd.

Deze toename van de catotelm kan niet worden geïnterpreteerd als de directe snelheid van veenaangroei. Met het dikker worden van de catotelm zal er immers ook steeds meer sprake zijn van samendrukking van de bodem. Bovendien is het in de praktijk erg lastig om de aangroei ten opzichte van de ondergrond goed te meten, gezien de sponswerking van de gehele veenbodem. Maar deze voorlopige resultaten lijken erop te wijzen dat de ontwikkeling van een veenmosteeltbed zo'n drie jaar nodig heeft om goed op gang te komen, en dat de aangroei van veenmosveen daarna in een versnelling komt.

Tabel 5.3 De aangroeidikte van de catotelm in de verschillende plots in 2020 en 2021.

Datum	Plot nr. 1	Plot nr. 2	Plot nr. 3	Plot nr. 4	Plot nr. 5	Gemiddeld
28-10-2020	7	5	6	7,5	5,5	6,2
27-10-2021	12	10	10,5	10	9,5	10,4

5.2 Synthese algemene bevindingen veenmosteelt

De waterstand en waterkwaliteit

De vereiste waterstand voor veenmossen varieert van -10 cm tot 0 cm ten opzichte van het maaiveld. Het bleek goed mogelijk om met de constructie in de teeltbedden een waterstand binnen deze marges te waarborgen. Vooral in de winter was het goed mogelijk om de teeltbedden nat genoeg te houden, maar het waarborgen van de juiste waterkwaliteit (grote invloed van regenwater) bleek vooral in de beginjaren lastig. In het eerste voorjaar leek de veenmosbedekking geleidelijk aan toe te nemen en de aanwezigheid van Ronde Zonnedaauw indiceerde goede condities. Echter, tijdens de warme en vooral zeer droge zomer van 2018 deden zich problemen voor. In deze zomer heeft de waterstand een tijd (te) laag gestaan in de teeltbedden. Tijdelijke droogval van een paar dagen kan door veenmossen weliswaar worden overbrugd, maar de kans op vergrassing/dominantie door andere vegetatie zoals Pitrus kan als gevolg hiervan sterk worden vergroot. Het is in die periode dan ook nodig geweest om de afsluitschuiven regelmatig open te zetten en relatief basenrijk binnenboezemwater in te laten. Dit inlaatwater heeft voor veenmossen niet de meest gunstige kwaliteit. Zolang dit water vooral in de omringende greppels blijft en er geen langdurige inundatie van het veenmosdek plaatsvindt hoeft dit niet een groot probleem te zijn voor de veenmossen zelf, maar de kans bestaat wel dat andere soorten gaan domineren zodra de regenwater invloed kleiner wordt en het relatief eutrofe en harde boezemwaterinvloed steeds groter wordt. In combinatie met het feit dat het ingebrachte maaimengsel naast veenmossen reeds een boel grassoorten bevatte, is er gedurende de zomer van 2018 veel vergrassing opgetreden. Gelukkig heeft in de winter van 2018-2019 de regenwaterinvloed duidelijk weer een goede uitwerking gehad op de veenmosontwikkeling. Tijdens de droge periode van de zomer van 2020 is eveneens veel invloed geweest van inlaatwater, maar dit heeft geen negatieve effecten gehad op de veenmosontwikkeling. Wel is Pitrus in het najaar van 2020 sterk tot ontwikkeling gekomen. Dat lijkt een flinke veenmosbedekking niet in de weg te hoeven staan, maar wel de ontwikkeling van meer typische hoogveensoorten zoals Ronde zonnedaauw, Snavelbies en kleine zeggen. Bovendien kan de ontwikkeling van Pitrus in de praktijk de oogst van veenmossen in de weg staan. In 2021 was de pitrusbedekking weer teruggelopen ten gunste van het veenmos.

De aanleg en inrichting

De greppels rondom de teeltbedden hebben ervoor gezorgd dat de waterkwantiteit gewaarborgd bleef tijdens droge zomerperioden. Verder bleek dat er tussen de twee verschillende methoden van inbreng, namelijk netjes homogeen verstrooien versus in aparte hopen inbrengen, na twee groeiseizoenen nagenoeg geen verschil meer waarneembaar was.

Kanttekeningen bij beheer

Ondank de hoge bedekkingsgraad door veenmossen, is er in de loop der jaren best veel Pitrusvegetatie ontwikkeld. De veenmossen lijken zich onder deze vegetatie opmerkelijk goed te handhaven. De vraag is of het veenmos op den duur de Pitrusvegetatie weet te onderdrukken. Op dit moment onderdrukt de Pitrusvegetatie wel de eerder vastgestelde hoogveenplanten. De hoge pitrusbedekking, vooral in de eerste twee jaren na aanleg, heeft mogelijk te maken met resterende P-voorraden in de bodem na afgraven. Nadere bodemanalyses kunnen daar meer duidelijkheid over geven. De huidige bedekking van 15% is niet meer bijzonder hoog. Met een bedekking van 20% Biezeknoppen, tezamen 35%, zou er voor wat betreft ontwikkeling van botanische waarden inmiddels geen probleem hoeven te zijn. Voor botanisch beheer van veenweiden wordt in het pitrus-signaleringssysteem met een kritische grens van 30-40% gewerkt. Dit neemt niet weg dat deze bedekking met het oog op oogst en opbrengst niet gewenst is.

Het is algemeen bekend dat veenmosteeltbedden relatief veel onderhoud vergen om te zorgen dat de begroeiing van met name grassoorten niet te dicht en te hoog wordt. De Duitse referentie-veenmosteeltbedden, die in de afgelopen jaren zijn aangelegd en beheerd vanuit de Universiteit van Greifswald, hebben al laten zien dat frequente maaiwerkzaamheden zijn vereist. De veenmosteeltbedden op de voormalige afgraving in het Hankhausermoor bij Oldenburg bijvoorbeeld vergden zelfs een maaifrequentie van 2x per maand, weliswaar bij wateraanvoer van relatief voedselrijk oppervlaktewater in de greppels (meded. J. Schröder, Universiteit Greifswald). De groei van grassen in het Better Wetter veenmosteeltbed viel mee in het voorjaar van 2018. Pas vanaf de droge periode in de zomer begonnen hoofdzakelijk grassoorten te domineren en begon de ontwikkeling van Pitrus. Het zou goed kunnen zijn dat de huidige maaifrequentie te laag is om ontwikkeling van deze soorten te voorkomen. De ongewenste soorten zijn ieder jaar in het najaar met een bosmaaier weggemaaid en het maaisel is niet afgevoerd. Omwille van het beperken van verdamping, vooral in de zomer, kan het geen kwaad om het maaisel te laten liggen, zo is de ervaring in het Hankhausermoor.

Ondanks deze negatieve Ausgangssituatie laat de ontwikkeling van veenmossen tussen de Pitruspollen dus inmiddels wel een positieve trend zien. Het is de hoop dat de veenmoslaag zich in de komende jaren nog verder zal ontwikkelen, en dat de verzuring die hiermee gepaard gaat, zal zorgen voor een remming van de ontwikkeling van soorten zoals Pitrus.

Aanbevelingen voor nader onderzoek

Biogeochemie bodem en water

Er zijn, naast metingen van de EGV en pH, geen biogeochemische gegevens beschikbaar van het veenmosteeltbed. Het valt daarom aan te bevelen om aanvullende metingen te doen van zowel de waterkwaliteit als van de bodem. De nutriëntbeschikbaarheid in het inlaatwater, het bodemvocht en de bodem waarop de veenmossen groeien kan meer inzicht geven in de mate van externe eutrofiëring, nutriëntenbeschikbaarheid en -mobilisatie uit de bodem en daarmee de risico's op overgroeiing door opgaande vegetatie op termijn, met name door Pitrus. Maar belangrijker nog is het zuurbufferend vermogen, dat door de aangroeiende veenmossen zelf wordt beïnvloed. Zijn de veenmossen in staat om op termijn zelf te zorgen voor de gewenste

zure en voedselarme condities die ze nodig hebben? Alleen in dat geval bestaat er kans op uitbreiding tot een dik, zelfregulerend veenmospakket dat verder boven de waterspiegel uit kan stijgen. Om hier meer inzicht in te krijgen is continuering van de monitoring van de uitbreiding van veenmossen, maar ook groeicondities (zuurbufferend vermogen, eutrofiëgraad) in de komende jaren zeer belangrijk.

Beheer

Er dient naar verwachting ook in de komende seizoenen nog frequent te worden gemaaid in de veenmosteelbedden. Eenmaal per jaar in het najaar is op termijn naar verwachting niet voldoende. Op basis van resultaten in Duitsland is een maaifrequentie van minstens iedere maand vereist. Een belangrijke vraag is of en in hoeverre de maaifrequentie geleidelijk aan terug kan worden geschroefd naarmate de veenmoslaag en daarmee de verzuring verder ontwikkelt.

Oogst

Er dient aanvullend onderzoek te worden uitgevoerd naar oogstmogelijkheden in de praktijk. Hierbij staan vragen centraal als: hoe kan er op een duurzame manier worden geoogst zonder de opbrengst in de toekomst te verliezen? Hierbij is de groeisnelheid zeer bepalend, want om regeneratie van de mossen te waarborgen dient er pas te worden geoogst als er sprake is van een dik pakket. Als het pakket niet dik genoeg is om alleen de bovenste 12 cm te kunnen verwijderen, dan zal hergroei nagenoeg niet op gang komen na de oogst, en bestaat er bovendien kans voor andere soorten om te domineren (Diaz & Silva, 2012). De groeieresultaten tot nu toe laten zien dat oogst van het hele teeltbed op korte termijn nog niet mogelijk is. Ook bestaat de optie om een perceel slechts gedeeltelijk te oogsten in verschillende afzonderlijke plots, zodat er altijd plots aanwezig zijn waaruit hergroei kan plaatsvinden. Machinerie is in een veenmosteelbed vermoedelijk uit den boze in verband met de beperkte draagkracht. Waarschijnlijk is manuele oogst hier onvermijdelijk, maar hier dient ook aanvullend onderzoek naar te worden gedaan. Een bijkomend probleem vormt het veelvuldig voorkomen van Pitrus en Biezeknoppen in de kruidlaag. Hierdoor lijkt het vrijwel onmogelijk om het veenmos te oogsten zonder veel russen in de opbrengst te krijgen.

Vermarkting

Voor wat betreft vermarktingsopties van veenmossen liggen er ook nog een boel vragen open. Vooralsnog wordt verondersteld dat de verdienmodellen betreffende veenmos minder lucratief zijn dan van lisdoddeteelt. Het gaat bij veenmosteel hoofdzakelijk om verwerking in potgrond, terrarium-vulling en andere decoratieve toepassingen, en verwerking in luiers. De mogelijke opbrengsten, toepassingen, (regionale) verdienmodellen en openstaande onderzoeksvragen worden binnen het project Veenmarktplaats nader in beeld gebracht.

Meerwaarde voor natuurherstel

Op de proeflocatie vervangt het teeltbed tamelijk soortenarm en 'verpitrust' grasland met een veenmosvegetatie. In potentie kan zich hier een soort veenmosrietland ontwikkelen en op den duur hoogveen. Ook als oogst uiteindelijk niet haalbaar of niet lucratief blijkt, dan is dit gegeven op zich een belangrijke meerwaarde in het betreffende natuurgebied. Om te zien of de ontwikkeling naar hoogveenvegetatie daadwerkelijk op gang komt, dient de vegetatieontwikkeling langdurig, en meer gestructureerd dan op dit moment, gemonitord te worden.

Literatuur

- Aulio, K., 2014. Shoot growth in *Typha angustifolia* L. and *Typha latifolia* L. in the Kokemäenjoki River delta, western Finland. *International Letters of Natural Sciences* 28, pp. 34-46.
- Bansal, S., Lishawa, S.C., Newman, S., *et al.*, 2019. *Typha* (Cattail) invasion in North American wetlands: biology, regional problems, impacts, ecosystem services, and management. *Wetlands* 39: pp. 645-684.
- Bedish, J.W., 1967. Cattail moisture requirements and their significance to marsh management. *The American Midland Naturalist* 78, pp. 288-300.
- Beyer, C., Höper, H., 2015. Greenhouse gas exchange of rewetted bog peat extraction sites and a *Sphagnum* cultivation site in northwest Germany. *Biogeosciences* 12, pp. 2101–2117.
- Bibby, C.J., Lunn, J., 1982. Conservation of reed beds and their avifauna in England and Wales. *Biological Conservation* 23: pp. 167-186.
- Bonnewell, V., Koukkari, W.L., Pratt, D.C., 1983. Light, oxygen, and temperature requirements for *Typha latifolia* seed germination. *Canadian Journal of Botany* 61, pp. 1330-6.
- Coops, H., Van der Velde, G., 1995. Seed dispersal, germination and seedling growth of six helophyte species in relation to water-level zonation. *Freshwater Biology* 34, pp. 13-20.
- Colbers, B., Cornelis, S., Geraets, E., Gutiérrez-Valdés, N., Tran, L. M., Moreno-Giménez, E., Ramírez-Gaona, M., 2017. A feasibility study on the usage of cattail (*Typha* spp.) for the production of insulation materials and bio-adhesives. *Eindrapport Academic Consultancy Training, Wageningen Universiteit*.
- Díaz, M., Silva, W., 2012. Improving harvesting techniques to ensure *Sphagnum* regeneration in Chilean peatlands. *Chilean journal of agricultural research* 72(2), pp. 296-300.
- Dubbe, D.R., Garver, E.G., Pratt, D.C., 1988. Production of cattail (*Typha* spp.) biomass in Minnesota, USA. *Biomass*, 17(2), pp. 79-104.
- Ekstam, B., Forsbey, A., 1999. Germination response of *Phragmites australis* and *Typha latifolia* to diurnal fluctuations in temperature. *Seed Science Research* 9, pp. 157-163.
- Evans, C.D., Peacock, M., Baird, A.J., *et al.*, 2021. Overriding water table control on managed peatland greenhouse gas emissions. *Nature*, doi.org/10.1038/s41586-021-03523-1.
- Fritz, C., Lamers, L., van Dijk, G., Smolders, F., Joosten, H., 2014. Paludicultuur – kansen voor natuurontwikkeling en landschappelijke bufferzones op natte gronden.
- Fritz, C., Geurts, J., Weideveld, S., Temmink, R., Bosma, N., Wichern, F., Smolders, F., Lamers, L. 2017. Effect van peilbeheer en teeltkeuze op CO₂-emissies en veenoxidatie: Meten is weten bij bodemdaling-mitigatie. *Bodem* 2: pp. 20-22.
- Garver, E.G., Dubbe, D.R., Pratt, D.C., 1988. Seasonal patterns in accumulation and partitioning of biomass and macronutrients in *Typha* spp. *Aquatic Botany* 32, pp. 115-127.
- Gaudig, G., Fengler, F., Krebs, M., Prager, A., Schulz, J., Wichmann, S., Joosten, H., 2014. *Sphagnum* farming in Germany – a review of progress. *Mires and Peat* 13(8): 1–11.
- Geurts, J., Vroom, R., Fritz, C., Pijlman, J., Bestman, M., van Eekeren, N., van Houwelingen, K., Lenssinck, F., 2017. Natte teelten: plant- en zaaimethoden van lisdodde. *V-focus december 2017*.
- Geurts, J.J.M. *et al.*, 2020. Nutrient removal potential and biomass production by *Phragmites australis* and *Typha latifolia* on European rewetted peat and mineral soils. *Science of the Total Environment* 747, 141102.
- Grace, J.B., Wetzel, R.G., 1981. Habitat partitioning and competitive displacement in cattails (*Typha*): experimental field studies. *Am. Nat.* 118, pp. 463-474.
- Grace, J.B., Wetzel, R.G., 1982. Niche differentiation between two rhizomatous plant species: *Typha latifolia* and *Typha angustifolia*. *Canadian Journal of Botany* 60, pp. 46-57.

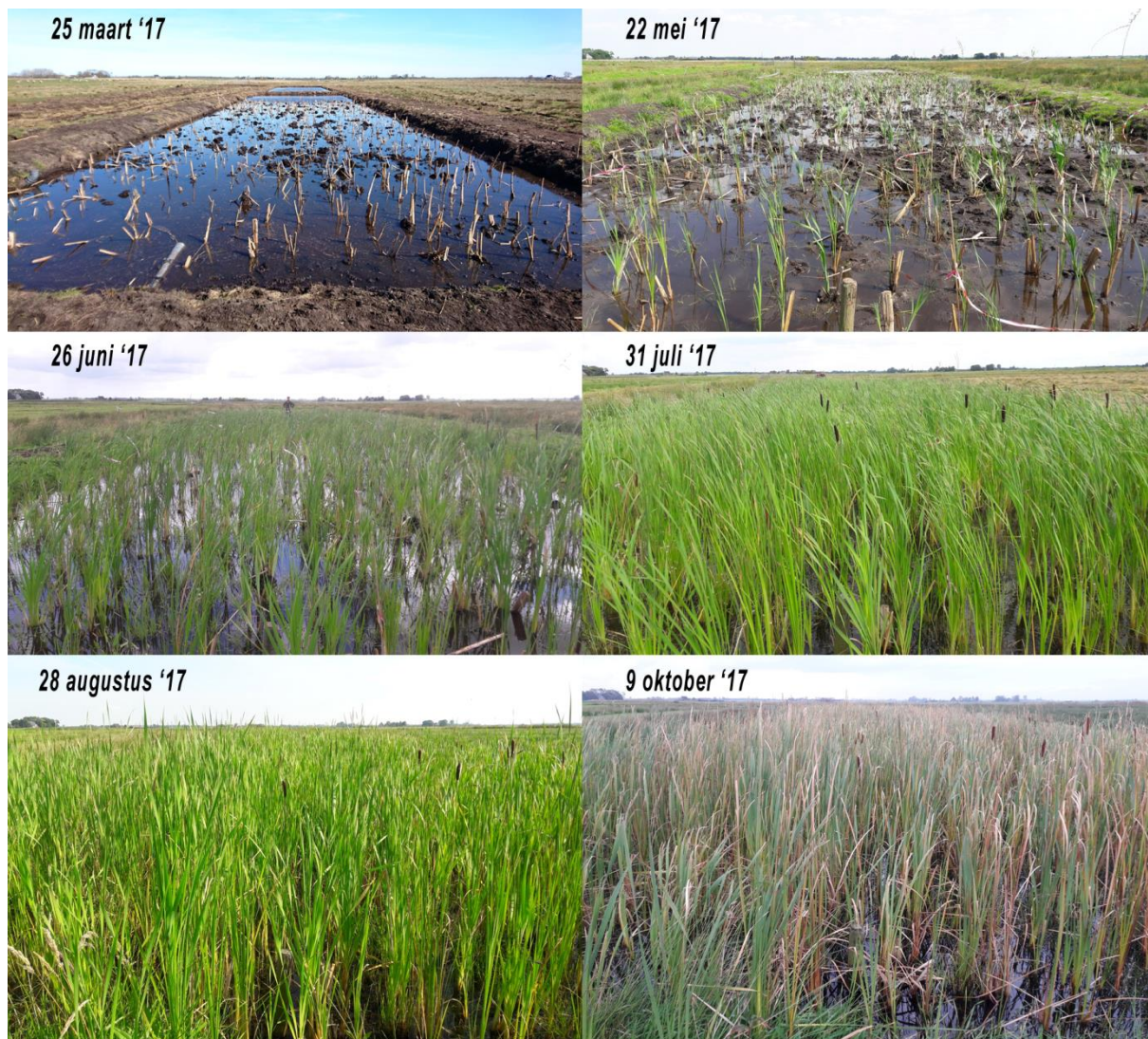
- Grace, J.B., Harrison, J.S., 1986. The biology of Canadian weeds 73: *Typha latifolia* L., *Typha angustifolia* L., and *Typha x glauca* Godr., Canadian Journal of Plant Science 66(2), pp. 361-380.
- Grace, J.B., 1987. The impact of preemption on the zonation of two *Typha* species along lakeshores. Ecological Monographs 57, pp. 283-303.
- Grace, J.B., 1989. Effects of water depth on *Typha latifolia* and *Typha domingensis*. American Journal of Botany 76, pp. 762-768.
- Graveland, J., 1999. Effects of reed cutting on density and breeding success of reed warbler *Acrocephalus scirpaceus* and sedge warbler *A. Schoenobaenus*. Journal of Avian Biology 30: pp. 469-482.
- Grime, J.P., Hodson, J.G., Hunt, R., 1988. Comparative plant ecology. Unwin Hyman, London, 742 pp.
- Günther, A., Huth, V., Jurasinski, G., Glatzel, S., 2014. The effect of biomass harvesting on greenhouse gas emissions from a rewetted temperate fen. *GCB Bioenergy*, doi: 10.1111/gcbb.12214.
- Hardman, C.J., Harris, D.B., Sears, J., Droy, N., 2012. Habitat associations of invertebrates in reedbeds, with implications for management. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 22, pp. 813-826.
- Heinz, S., 2012. Population biology of *Typha latifolia* L. and *Typha angustifolia* L.: establishment, growth and reproduction in a constructed wetland. Doctoral dissertation, München, Technische Universität München.
- Holm, L., Doll, J., Holm, E., Pancho, J.V., Herberger, J.P., 1997. World weeds: natural histories and distribution. John Wiley & Sons.
- Innovatie Programma Veen (IPV), 2020. Een gewaagd initiatief. Tussenrapportage Innovatieprogramma Veen 2017-2019.
- Jabłońska, E., Winkowska, M., Wiśniewska, M., Geurts, J., Zak, D., Kotowski, W., 2020. Impact of vegetation harvesting on nutrient removal and plant biomass quality in wetland buffer zones. *Hydrobiologia*, DOI: 10.1007/s10750-020-04256-4.
- Jong, M. de, van Hal, O., Pijlman, J., van Eekeren, N., Junginger, M., 2021. Paludiculture as paludifuture on Dutch peatlands: An environmental and economic analysis of *Typha* cultivation and insulation production. *Science of the Total Environment* 792, 148161.
- Keiper, J., Walton, W., Foote, B., 2002. Biology and ecology of higher Diptera from freshwater wetlands. *Annual Review of Entomology* 47, pp. 207-232.
- KNMI, 2015. KNMI'14 - klimaatscenario's voor Nederland; Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie. KNMI, De Bilt.
- Koks, A.H.W., van Dijk, G., Smolders, A.J.P., Lamers, L.P.M., Fritz, C., 2019. The effects of alkalinity and cations on the vitality of *Sphagnum palustre* L.. *Mires and Peat* 24.
- Koridon, A.H., Polman, G.K.R., Poorter, E.P.R., Ven, G.A., Zijlstra, M., 1979. De Oostvaardersplassen: ontwikkeling en onderzoek van een nieuw natuurgebied in Flevoland, Flevovericht nr. 169. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders.
- Lamers, L.P.M., Klinge, M., Verhoeven, J., 2001. Pre-advies laagveenwateren. Expertisecentrum LNV, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Wageningen.
- Lamers, L., Lucassen, E., Tomassen, H., Smolders, A., Roelofs, J., 2009. 'Verpitrussing' bij natuurontwikkeling: voorkomen is beter dan genezen. *De Levende Natuur* 110(1), pp. 43-46.
- Lamers, L.P.M., Geurts, J.G.M., van Schie, J.M., van Dijk, G., Barendregt, A., Mettrop, I.S., Moria, L., Fritz, C., Roelofs, J.G.M., Smolders, A.J.P., Rip, W., 2018. Waterkwaliteit en biodiversiteit in het laagveenlandschap. *Landschap* 35/2, pp. 95-103.
- Lombardi, T., Fochetti, T., Bertacchi, A., Onnis, A., 1997. Germination requirements in a population of *Typha latifolia*. *Aquatic Botany* 56: pp. 1-10.

- Martens, S., 2016. Biodiversiteit van aquatische macrofauna in verschillende Grote lisdodde (*Typha latifolia*) standplaatsen in landbouw- en natuurgebied in een laagveensysteem. Afstudeerrapport Van Hall Larenstein.
- Mettrop, I., Oosterveld, E., Wymenga, E., Vos, R., 2017. Proeven met natte teelten Better Wetter Fase 1: rapportage 2016 en 2017. A&W-rapport 2371, Altenburg & Wymenga, Feanwâlden.
- Mettrop, I., Oosterveld, E., 2019. Proeven met natte teelten Better Wetter Fase 2; tussentijdse rapportage van resultaten t/m 2019. A&W-rapport 2574, Altenburg & Wymenga, Feanwâlden.
- Mettrop, I.S., Wymenga, E., Oosterveld, E., 2020. Better Wetter maakt werk van klimaatadaptatie; over toekomstbestendig waterbeheer en regionale aanpassingen in het Friese veenweidelandschap. Landschap 37/2: pp. 81-85.
- Mettrop, I., 2020a. Natte teelten en biodiversiteit; een kennisoverzicht met speciale aandacht voor lisdodde- en veenmosteelt. A&W-rapport 20-118, Altenburg & Wymenga, Feanwâlden.
- Mettrop, I., 2020b. Proeven met natte teelten Better Wetter Fase 2; tussentijdse rapportage van resultaten t/m 2020. A&W-rapport 2574, Altenburg & Wymenga, Feanwâlden.
- Nationaal Kennisprogramma Bodemdaling (NKB), 2018. Factsheet natte teelten, opgesteld door de deelexpeditie Natte Teelten. Nationaal Kennisprogramma Bodemdaling.
- Nieuwe Oogst, 2021. Rijst op Fries proefveld groeit 'verrassend goed'.
- Nordt, A., Abel, S., Eberts, J., Hoffmann, T., Kost, A., Lampe, M., Peters, J., Wichtmann, W., 2020. Machbarkeitsstudie Aufwuchsverwertung und Artenvielfalt in der Leader-Region "Kulturlandschaften Osterholz". Michael Succow Stiftung/Greifswald Moor Centrum.
- Paetzel, C., 2018. The first steps of paludiculture in Bûtefjild; a report on the development and growing conditions of cattail and peat moss at the pilot sites in Bûtefjild, Province of Fryslân, the Netherlands. Studentenrapport Van Hall Larenstein, Leeuwarden.
- Pfadenhauer, J., Wild, U., 2001. Rohrkolbenbau in Niedermooren. Abschlussbericht zum DBU-Projekt Nr. 10628, 111 pp.
- Pijlman, J., Geurts, J., Vroom, R., Bestman, M., Fritz, C., van Eekeren, N., 2019. The effects of harvest date and frequency on the yield, nutritional value and mineral content of the paludiculture crop cattail (*Typha latifolia* L.) in the first year after planting. Mires and Peat 25(04), pp. 1-19.
- Pijlman, J., Roelen, S., van Eekeren, N., 2020. Klimaatmaatregelen in het veenweidegebied in relatie tot biodiversiteit, bodem- en waterkwaliteit. Publicatie Louis Bolk Instituut.
- Postma, S., 2017. Rapportage lisdodde teeltbedden. Verslag van stageperiode bij Altenburg & Wymenga onderzoek bv.
- Postma, J., 2019. ANLb-monitoring weide- en akkervogels Friesland, verslag 2018. Sovonrapport 2019. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- Poulin, B., Lefebvre, G., Methevet, R., 2005. Habitat selection by booming bitterns *Botaurus stellaris* in French Mediterranean reed-beds. Oryx 39: pp. 265-274.
- Poulin, B., Lefebvre, G., Allard, S.K., Mathevet, R., 2009. Reed harvest and summer drawdown enhance bittern habitat in the Camargue. Biological Conservation 142: pp. 689-695.
- Provincie Fryslân, 2015. Veenweidevisie, een duurzame toekomst voor het Friese Veenweidegebied.
- Ristich, S.S., Fredrick, S.W., Buckley, E.H., 1976. Transplantation of *Typha* and the distribution of vegetation and algae in a reclaimed estuarine marsh. Bull. Torrey Botanical Club 103, pp.157-64.
- Schepers, J., 2018. Pilot paludicultuur; Advies omtrent de inrichting van een paludicultuurbufferzone aangrenzend aan het Natura 2000-gebied Bargerveen.
- Selbo, S.M., Snow, A.A., 2004. The potential for hybridization between *Typha angustifolia* and *Typha latifolia* in a constructed wetland. Aquatic Botany 78(4), pp. 361-369.

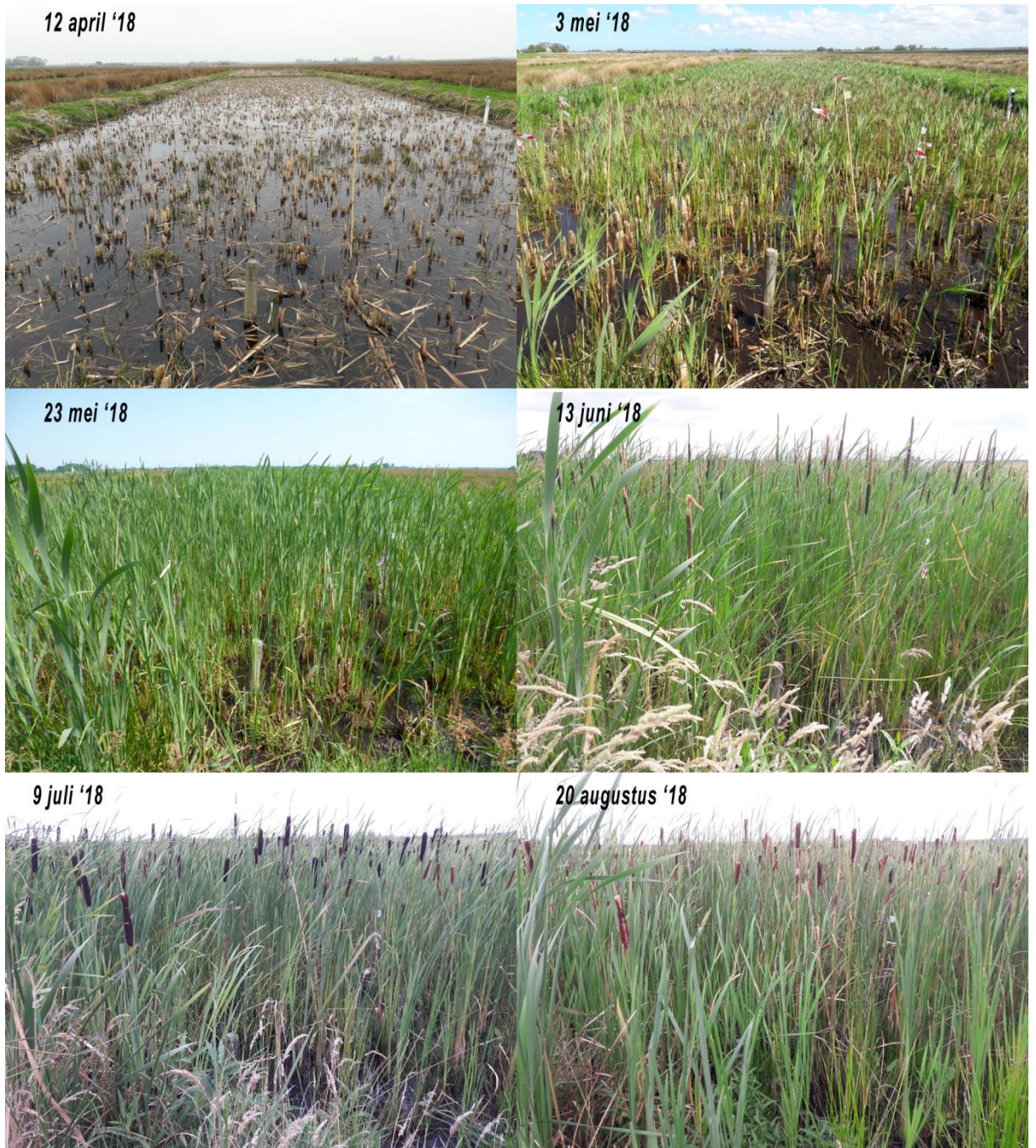
- Sharp, J.L., 2002. Managing Cattail (*Typha latifolia*) Growth in Wetland Systems, MSc thesis University of North Texas.
- Shipley, B., Keddy, P.A., Moore, D.R.J., Lemky, K., 1989. Regeneration and establishment strategies of emergent macrophytes. *Journal of Ecology* 77, pp. 1093-1110.
- Smith, 1986. The Cattails (*Typha*): interspecific ecological differences and problems of identification. *Lake and reservoir management* 2:1, pp. 357-362.
- Smolders, F., Roelofs, J., Lucassen, E., 2011. Goede grond voor natuur; abiotische bodemcondities sturen vegetatieontwikkeling in natuurgebieden. *Bodem* 2 (2011), pp. 11-13.
- Temmink, R.J.M., Fritz, C., van Dijk, G., Hensgens, G., Lamers, L., Krebs, M., Joosten, H., 2017. Sphagnum farming in a eutrophic world: The importance of optimal nutrient stoichiometry. *Ecological Engineering* 98: 196–205.
- Ten Dam, S., G.-J. van Duinen, *nog niet gepubliceerd*. The value of paludiculture as a source of arthropods in the Dutch agricultural peat landscape.
- Ter Heerdt, G.N.J., 2016. Establishment of different riparian plant communities from the same soil seed bank. Proefschrift Universiteit Groningen.
- Van Dam, H., Wanink, J.H., 2007. Trendanalyse hydrobiologische gegevens Friesland. Grontmijrapport 210455, Grontmij | AquaSense & Koeman en Bijkerk B.V.
- Van der Maas, P., van Belle, J., Wagenaar, J., 2021. Ontwikkeling van alternatieve productieketens en verdienmodellen voor natte veenbodems. Eindrapportage Better Wetter Fase 2, Hogeschool Van Hall Larenstein.
- Van Duinen, G.-J., Fritz, C., de Hullu, E., 2018. Perspectieven voor natte landbouw in het Internationale Natuurpark Veenland; Pilot Paludicultuur. Kenmerk: Be00254, Stichting Bargerveen, Nijmegen.
- Velde, E. van der, Kentie, R., Piersma, T., Rakhimberdiev, E., Hooijmeijer, J.C.E.W., 2020. De Grutto Monitor 2012-2019. Onderzoeksrapport Conservation Ecology Group, Groningen Institute for Evolutionary Life Sciences (GELIFES), Rijksuniversiteit Groningen.
- Verhoogt, H., M. van Houten, M. Schaafsma-Tilstra *et al.*, 2013. Factsheets Veenweidevisie Fryslân. Royal Haskoning DHV.
- Vroom, R.J.E., Xie, F., Geurts, J.J.M., Chojnowska, A., Smolders, A., Lamers, L., Fritz, C., 2018. *Typha latifolia* paludiculture effectively improves water quality and reduces greenhouse gas emissions in rewetted peatlands. *Ecological Engineering* 124: pp. 88-98.
- Weeda, E.; Westra, R.; Westra, C.; Westra, T., 1994. Nederlandse Oecologische Flora, wilde planten en hun relaties, deel 5. IVN/Vara/Vewin.
- Wichtmann, W., Schröder, C., Joosten, H., 2016. Paludiculture - productive use of wet peatlands: climate protection - biodiversity - regional economic benefits. Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart, Duitsland.
- Yeo, R.R., 1964. Life history of common cattail. *Weeds* 12(4), pp. 284-288.
- Zeephath, G., 2018. Biomassa productie lisdoddes 2017 - Better Wetter project locatie Bûtenfjild. Hogeschool van Hall Larenstein, Leeuwarden.

Appendix A

Een beeldverslag van de lisdodde teelt bij van der Ploeg van 2017 t/m 2020.



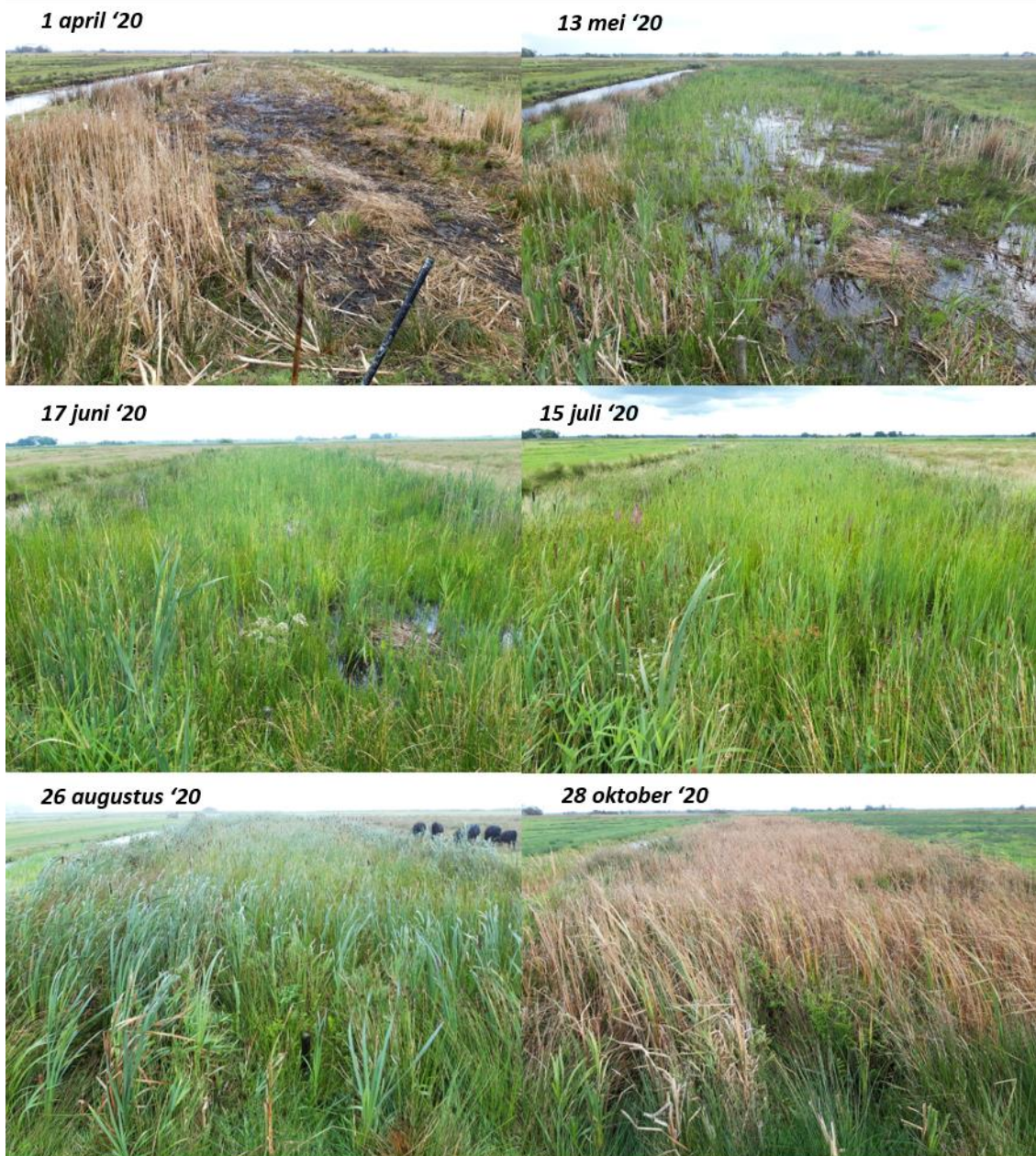
Appendix A.1. 2017: De Better Wetter-teeltbedden leverden binnen vier maanden na inplant met 4 wortelstokken per vierkante meter in het eerste jaar reeds een hoge en dichte productie.



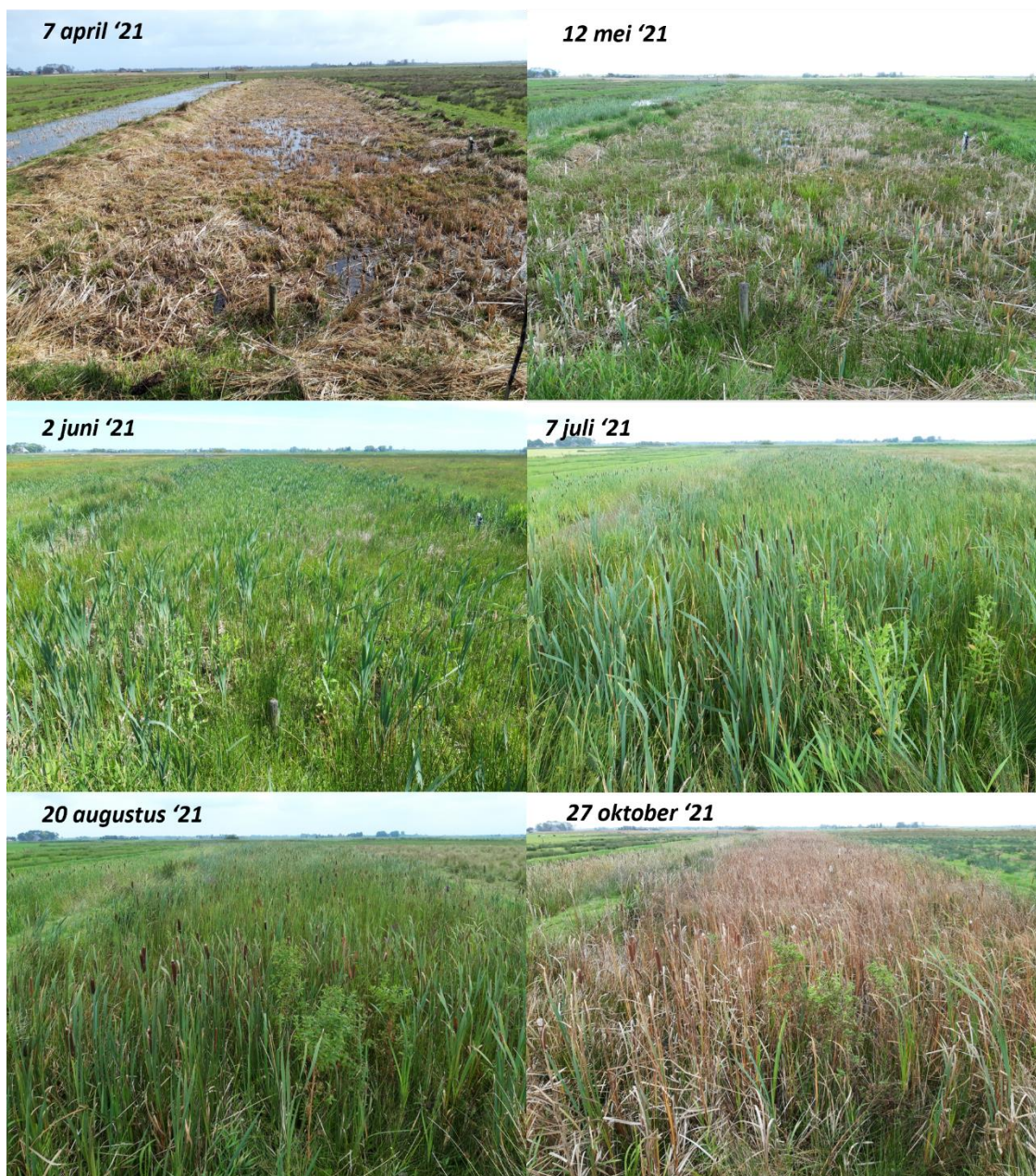
Appendix A.2. 2018: De lisdoddeteeltbedden leverden ook in het tweede jaar na inplant van wortelstokken een hoge en dichte productie.



Appendix A.3. 2019: In het derde jaar na inplant groeiden de planten niet verder dan gemiddeld 1,5 meter hoog, en was er meer sprake van ontwikkeling van onkruid dan in de jaren daarvoor.



Appendix A.4. 2020: In het vierde jaar na inplant kwamen de Grote lisdodde stengels niet boven de 1,5 meter uit, en was er wederom meer sprake van ontwikkeling van onkruid dan in de jaren daarvoor.



Appendix A.5. 2021: ook in het vijfde jaar na inplant kwamen de Grote lisdodde stengels amper boven de 1,5 meter uit, was vooral bij Grote lisdodde de dichtheid verder verlaagd, en was er wederom meer sprake van ontwikkeling van onkruid dan in de jaren daarvoor.

A man with brown hair, wearing a dark jacket, is standing in a field of tall, green grass. He is looking down at a small device in his hands. The background is a soft-focus landscape with rolling hills under a bright sky.

Adres

Suderwei 2
9269 TZ Feanwâlden

Telefoon 0511 47 47 64
info@altwym.nl

www.altwym.nl

Adres Amsterdam

Gebouw Matrix II,
Science Park 400/K1.08/1.09
1098 XH Amsterdam