

2017

Hogeschool Van Hall
Larenstein

Kuijer, Lonneke
Dickhoff, Chris

03-07-2017

Lisdodde in paludicultuur

Onderzoek naar optimale groeicondities voor lisdodde teelt

Onderdeel van project Better Wetter



Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1 Inleiding.....	8
1.1 Achtergrond en probleemstelling	8
1.2 Doelstellingen	8
1.3 Onderzoeksvragen	9
1.4 Onderzoeksmethodologie.....	9
Hoofdstuk 2 Standplaatsfactoren	10
2.1 Ideale groeiomstandigheden en standplaatsfactoren.....	10
2.2 Conclusie	13
Hoofdstuk 3 Ideale groei.....	14
3.1 Waterstand bij kweek	14
3.2 Sliblaag.....	14
3.3 Zaaïen versus stekken	14
3.4 Kiemkracht van populaties lisdodden	15
3.5 Watertemperatuur en waterstand versus kieming	15
3.6 Conclusies	16
Hoofdstuk 4 Potentiële oogstopbrengst	18
4.1 Potentiële productie	18
4.2 Oogsten.....	21
4.3 Biomassa waarde	22
4.4 Conclusie	23
Hoofdstuk 5 Zouttolerantie	26
5.1 Zouttolerantie	26
5.2 Conclusie.....	27
Hoofdstuk 6 Lisdodde teelt bed.....	28
6.1 Het ideale teeltbed	28
6.2 Ontwerp.....	32
6.3 Stappenplan aanleg.....	33
6.4 Samenvatting	33
Hoofdstuk 7 Discussie	35
Literatuurlijst	38

Bijlage A Teeltaanwijzing lisdodde.....	41
Bijlage B Ontwerp teeltbed.....	42
Bijlage C Monitoringsplan	43

Samenvatting en conclusie

Dit onderzoek valt onder het programma Better Wetter, een samenwerking van het ecologische adviesbureau Altenburg & Wymenga, Kenniswerkplaats Noordoost Friesland en vele andere partners uit de regio. Het programma richt zich op vernieuwing in het waterbeheer en een versterking van de ecologie in de Friese boezem.

Dit rapport geeft een literatuurstudie weer met als onderzoeksvraag het ontwerp van het ideale teeltbed voor grote en kleine lisdodden. Om deze onderzoeksvraag goed te kunnen beantwoorden zijn een aantal deelvragen geformuleerd. Deelvragen in dit onderzoek zijn; De ideale groeicondities voor lisdodden, de standplaatsfactoren, de zouttolerantie en de potentiële oogstopbrengst in kwantitatieve zin.

Het Friese veenweide landschap zit klem in een vicieuze cirkel van bodemdaling en grondwaterdaling, de veenweideproblematiek. Het veen oxideert en gaat als koolstof (CO_2) de lucht in, het veen veraardt en de bodem daalt. De duurzaamheid van het gebied is hierdoor in gevaar. Paludicultuur met lisdodde is een mogelijke oplossing om de bodemdaling vertragen.

De grote lisdodde (*Typha latifolia*) en de kleine lisdodde (*Typha angustifolia*) zijn moerasplanten die goed groeien onder voedselrijke omstandigheden. Ze zijn allebei algemeen verspreid en groeien naast elkaar in sloten en vijvers. Lisdodden groeien in dikke pollen bij elkaar en hebben kruipende wortelstokken. De grote lisdodde heeft een kleinere niche met een gewenste waterdiepte tot 50 centimeter. De kleine lisdodde komt voor tot 80 centimeter. Gunstige omstandigheden zijn een losse, zandige tot kleiige, organische grond, zoet water, een waterdiepte van 10 tot 50 centimeter, en een (zeer) voedselrijke omgeving.

Hoewel beide onderzochte lisdodde soorten een vergelijkbare potentiële niche hebben en er een competitieve interactie tussen de twee soorten. Onder natuurlijke omstandigheden kan de grote lisdodde het best gekweekt worden op een waterdiepte variërend van – 10 tot 50 centimeter. Verschillende bronnen zijn hier niet eenduidig over. Ook de waterstand voor de kweek van kleine lisdodde varieert. Deze variatie loopt van -10 tot 80 centimeter.

Grote lisdodde is meer een pionier met een heel effectieve generatieve vermeerdering (r-selected), terwijl kleine lisdodde een meer competitieve strategie heeft ontwikkeld (k-selected).

Lisdodde kweek kan gestart worden door te zaaien, stekken of voorgetrokken zaailingen aan te planten. De vestiging van lisdodden verloopt sneller wanneer ze gepland worden maar dat is ook duurder dan zaaien. Met stekken is het kweekbed met een jaar gevuld met lisdodde. Wordt gezaaid, dan is het kweekbed binnen twee tot drie jaar gevuld met lisdodden, wanneer per vierkante meter twee voorgetrokken zaailingen gezet wordt. Grote lisdoddezaad kiemt gemiddeld beter dan kleine lisdoddezaad. Kieming wordt bevorderd door hogere temperaturen. Daarom is de beste zaaitijd vroeg in de zomer. Stekken kan vanaf medio maart of april, wanneer de vorstperiode voorbij is. Combinatie van stekken en zaaien is ook mogelijk. De vestiging van lisdodden verloopt sneller wanneer ze gepland worden, maar dat is ook duurder dan zaaien. Bij zowel zaaien alsook stekken is regulatie van de waterstand noodzakelijk. De waterstand wordt gelijk met de groei opgevoerd. Wanneer gezaaid wordt moet de waterstand bij grote lisdodde gereguleerd worden van een waterstand beginnend gelijk aan het maaiveld, naar 22 centimeter, tot maximaal 50 centimeter. Voor kleine lisdodde is regulatie van de waterstand nodig van 0 tot 12 centimeter bij zaaien, tot een waterstand bij volgroeide planten van 50 tot maximaal 80 centimeter. Een hogere waterstand bij de volgroeide planten verlaagd de onkruiddruk, maar heeft als nadeel dat licht en lucht de lagere

plantendelen minder goed bereiken, waardoor de ademhaling en fotosynthese nadelig beïnvloed kunnen worden. De ideale waterstand voor kweek van lisdodden varieert in verschillende bronnen en geeft aanleiding tot discussie.

De biomassa productie van lisdodden hangt sterk af van de beschikbare nutriënten. Tanaka et al. ontwikkelden een model voor de maximaal haalbare oogstopbrengst voor lisdodden bij de ideale NPK verhoudingen, variërende op breedtegraad.

Kleine lisdodden produceren minder biomassa dan grote lisdodden. Stikstof geldt als de belangrijkste factor voor groei. De biomassa neemt toe met verhoogde stikstofgift uit het oppervlaktewater. Hieruit volgt ook dat de pomp voor de aanvoer van het water op het teeltbed voldoende capaciteit moet hebben om de inhoud van het bassin, plus de verdamping en de wegzijging, aan te voeren.

Nauta deed experimenteel onderzoek (laboratorium) met grote lisdodden en variabele stikstofgiften. Geconcludeerd wordt dat het onderzoek van Nauta het meest representatief om de biomassa productie te indiceren voor het teeltbed dat Better Wetter aanlegt op de locatie Bûtefjild. Nauta deed op dezelfde locatie onderzoek. Variabelen zoals klimaat, temperatuur, licht, bodemsamenstelling, zuurgraad en nutriënten komen in zijn onderzoek het meest overeen. Het onderzoek van Nauta wordt daarom als leidend aangenomen in de voorspelling van de potentiële oogstopbrengst van het lisdodden teeltbed. Dit betekent dat een biomassa productie van ongeveer 60 ton per hectare grote lisdodde gerealiseerd kan worden op het teeltbed, bij kunstmatige toevoeging van nutriënten. Wanneer enkel de aanwezige voedingsstoffen uit het oppervlaktewater gebruikt worden kan een opbrengst van ongeveer 50 ton per hectare gerealiseerd worden. Dit kan wanneer een hoeveelheid oppervlaktewater van tenminste 3 maal de inhoud van het bassin, per jaar, door het kweekbed wordt gevoerd.

De zuurgraad op de locatie Bûtefjild kan een beperkende factor zijn voor de productie van biomassa op deze locatie. Naast stikstof kan kalium het limiterend nutriënt zijn. Monitoring van de nutriënten in de aanvoer, de afvoer en in de bodem het kweekbed moeten hier meer duidelijk over gaan geven. Stikstof, kalium en pH gelden dan als de belangrijkste waarden. Door eveneens de groei van de planten en biomassaproductie te monitoren kan, waar mogelijk, bijgesteld worden tijdens de groei.

De waarde van de droge biomassa werd in 2014 geïndiceerd op €100 tot €200 per ton droge stof en in 2016 op €80 tot €160 per ton droge stof.

De biomassa opbrengst wordt medebepaald door de frequentie en wijze van oogsten. Aangeraden wordt om alleen de bovengrondse en niet de ondergrondse plantdelen te oogsten. De bovengrondse delen kunnen in de winter en eventueel ook in de zomer geoogst worden. Zomeroogst benadeelt de oogstopbrengst in het volgend seizoen. Oogsten in de winter kan eventueel ook onder water, op 10 tot 20 centimeter boven het maaiveld. Oogsten in de zomer moet boven het wateroppervlak gebeuren.

Uit de verschillende bronnen blijken de grote en de kleine lisdodde weinig tolerant voor zout. De locatie Bûtefjild is, voor wat betreft het zoutgehalte in het grondwater, geschikt voor de teelt van lisdodden.

Uit deze literatuurstudie bleek; Er is geen ideaal teeltbed voor de lisdodde teelt. Het is afhankelijk van de doelstellingen voor de kweek. In de praktijk wordt lisdoddeteelt vaak toegepast als overgangszone naar natte natuur. In dergelijke toepassingen spelen naast doelen als productie en winstmaximalisatie ook doelen als het tegengaan van bodemdaling, waterzuivering of het creëren

van een overgangszone naar natte natuur. Afhankelijk van variabele doelen die geformuleerd worden bij de aanleg en inrichting van een teeltbed, en de praktische (on)mogelijkheden die daarmee samengaan, worden keuzen gemaakt tot een feitelijke inrichting. Om de bevindingen uit dit onderzoek zo praktisch toepasbaar mogelijk te maken zijn in dit rapport algemene richtlijnen/overwegingen geformuleerd voor de aanleg van een lisdodden teeltbed:

- Een teeltbed voor lisdodden moet het hele jaar door nat zijn.
- Een teeltbed kan ingezaaid worden alsook ingepland worden met stekken of opgekweekte zaailingen. Deze inrichtingskeuze is afhankelijk van omgevingsfactoren; In hoeverre kan de waterstand geregeld worden en is er sprake van concurrentiedruk. Wanneer de waterstand van 0 tot 20 centimeter gelijkmatig kan worden opgevoerd en er weinig concurrentiedruk is, kan gezaaid worden.
- Zaaïen kan het beste gebeuren in de maanden juni en juli, dan is de kieming maximaal.
- Wanneer men het kweekbed zo snel mogelijk volgroeid wil, verdient de aanplant van stekken of voorgetrokken zaailingen de voorkeur.
- Stekken of zaailingen aanplanten is duurder en arbeidsintensiever.
- Het opgroeien van zaailingen of stekken wordt eveneens door een gelijkmatige verhoging van de waterstand, afgestemd op de groei, bevorderd.
- Lisdodden groeien snel. Daarom is aanplant met 2 stekken of zaailingen per vierkante meter voldoende om het kweekbed snel dicht te doen groeien. Minder dicht aanplanten, met 0,5 of 0,25 plant per vierkante meter, is mogelijk.
- Het combineren van zaaïen en aanplanten is mogelijk door eerst te zaaïen en een volgend jaar op lege plekken in het kweekbed stekken of zaailingen aan te planten.
- Het ontwerp van het kweekbed moet aangepast zijn op de oogstmethode. Voor het oogsten met een boot moet de waterstand tijdelijk verhoogd kunnen worden tot minimaal 50 centimeter.
- Om de wortelstokken niet te beschadigen tijdens het oogsten kan gebruik gemaakt worden van een zeer lichte maaimachine. Dat kost echter meer tijd.
- Om met een zwaardere machine te kunnen oogsten kunnen paden ten behoeve van de (wielen) van de maaimachines in het ontwerp van het kweekbed worden opgenomen.
- Oogst dient zo vroeg mogelijk in de winter, of zo laat mogelijk in de zomer plaats te vinden. Latere oogst vermindert de kwaliteit, vroegere oogst vermindert de opbrengst in het volgend jaar.
- Het verdient de voorkeur alleen de bovengrondse biomassa te oogsten.
- Het bovengronds plantmateriaal wordt geoogst op 10 tot 20 centimeter boven de grond, zodat jonge scheuten niet beschadigd worden.
- Bij oogst in de winter hoeft geen rekening te worden gehouden met de oogsthoogte in verhouding tot het waterpeil. Een hoger waterpeil doet dan geen schade.
- Wanneer ook in de zomer geoogst wordt dient boven het wateroppervlak te worden gemaaid, anders sterven de planten af.
- Een tweede oogst in de zomer heeft nadelige invloed op de oogstopbrengst in het volgende jaar.
- Grote lisdodde levert meer biomassa dan kleine lisdodde.
- De aanvoer van nutriënten is cruciaal voor lisdodden teelt. Lisdodden hebben een zeer grote behoefte aan nutriënten en kunnen daarmee ook een rol van betekenis spelen als waterzuiveraars.
- Deze richtlijnen zijn concreet vertaald in het ontwerp voor een proef teeltbed, voor Better Wetter voor de locatie Bûtefjit. Dit ontwerp is bij dit rapport gevoegd als bijlage B.

Tot slot werden verschillen tussen grote en kleine lisdodden op een rij gezet om pragmatische keuzen bij teelt en teeltbed aanleg te vergemakkelijken;

- Kleine lisdodden kiemen bij een waterstand van gelijk met het maaiveld tot + 12 centimeter.
- Grote lisdodden kiemen bij een waterstand gelijk met het maaiveld en sterven af bij een waterstand hoger dan +50 tot +60 centimeter.
- Grote lisdoddenzaad kiemt beter dan kleine lisdoddenzaad.
- Grote lisdodde is meer een pionier, dit uit zich ook in de generatieve groei. Door het zetten van nieuwe wortelstokken verspreidt hij zich het snelst.
- Grote lisdodde is beter bestand tegen iets zure-, en tegen iets basische omstandigheden.
- Kleine lisdodde groeit goed in dieper water tot +80 centimeter.
- Grote lisdodde heeft een voorkeur voor ondieper water.

Vanuit bovengenoemde overeenkomsten en verschillen is een teeltaanwijzing voor lisdodden ontwikkeld. In deze teeltaanwijzing zijn algemene omstandigheden/voorwaarden op een rij gezet die voor beide soorten gelden bij de teelt. De teeltaanwijzing geeft daarmee handvatten bij de aanleg van een teeltbed. De teeltaanwijzing zet ook de verschillende omstandigheden die geprefereerd en/of getolereerd worden door grote of kleine lisdodden. De teeltaanwijzing geeft bijvoorbeeld aan welke waterdieptes bij zaaien, stekken en volgroeide planten van de beide soorten gehanteerd kunnen worden. De verschillen en overeenkomsten staan op een rij. De teeltaanwijzing kan helpen bij pragmatische keuzen in dilemma's die kunnen spelen bij de aanleg van een lisdodde teeltbed. In de praktijk zijn immers niet altijd alle omstandigheden manipuleerbaar. De teeltaanwijzing is te vinden in bijlage A.

Voorwoord

Voor u ligt het onderzoeksrapport; Lisdodde in paludicultuur, een onderzoek naar optimale groeicondities voor lisdoddeteelt. In de huidige situatie zit het Friese veenweide landschap klem in een vicieuze cirkel van bodemdaling en grondwaterdaling, waardoor de duurzaamheid van het gebied in gevaar is. Door de verschillende belangen die spelen in het gebied, is het vormgeven van passende en duurzame oplossingen een complex vraagstuk.

Dit onderzoeksrapport is gemaakt in opdracht van de Hogeschool Van Hall Larenstein, Better Wetter en Kenniswerkplaats Noordoost Friesland, Ecologisch onderzoeksbureau Altenburg & Wymenga.

Contactpersoon: Ivan Mettrop (Ecologisch onderzoeksbureau Altenburg & Wymenga).

Begeleider: Jelmer van Belle (Hogeschool Van Hall Larenstein).

Hoofdstuk 1 Inleiding

1.1 Achtergrond en probleemstelling

De Friese veenweidegebieden zijn unieke, landbouw gebonden, cultuurlandschappen. Om deze veenweidegebieden te onderhouden en te behouden is een duurzame toekomst voor de plaatselijke landbouw noodzakelijk. De veenweidegebieden zijn kwetsbare gebieden, door veenoxidatie kampen de gebieden met maaiveld daling. Door de landbouwkundige drooglegging dringt zuurstof de bodem in, oxideert het veen en gaat als koolstof (CO_2) de lucht in. Het veen veraardt en de bodem daalt. Deze veenweideproblematiek vraagt om een integrale aanpak met innovatieve oplossingen. Naast de bodemdaling moet rekening gehouden worden met de geringe draagkracht van de bodem, de zoutindringing en de noodzaak voor meer waterberging. Paludicultuur met lisdodde kan een oplossing zijn om de bodemdaling te vertragen, terwijl het land rendabel blijft en tevens waterberging gerealiseerd wordt (VIC, 2017).

Het Better Wetter programma is een samenwerking van het ecologische adviesbureau Altenburg & Wymenga, Kenniswerkplaats Noordoost Friesland en vele andere partners uit de regio. Het programma richt zich op vernieuwing in het waterbeheer en een versterking van de ecologie in de Friese boezem. Het Better Wetter programma is hiervoor op zoek naar duurzame oplossingen om het veenweidegebied te behouden (Venema, 2009).

De grote lisdodde (*Typha latifolia*) en de kleine lisdodde (*Typha angustifolia*) zijn moerasplanten die goed groeien onder voedselrijke omstandigheden. De biomassa productie en de mogelijkheid om nutriënten vast te leggen zijn relatief hoog (CIRIA & SOLANO, 2005). Daarbij zijn lisdodden tolerant tegen hoge metaalconcentraties (CHANDRA, 2010). Lisdodde kan hiermee ook goed ingezet worden voor het uitmijnen van nutriënten voor natuurontwikkeling en waterzuivering (SAYGDEGER & G., 2004).

1.2 Doelstellingen

Allereerst moet worden uitgezocht wat de beste groeicondities zijn voor lisdodde, hoeveel productie mogelijk is en hoe dit varieert met verschillen in de bodem en het water. Daaropvolgend wordt uitgezocht hoe het ideale teeltbed voor de lisdodde teelt eruitziet, met welke factoren rekening gehouden moet worden en hoe deze teeltbedden moeten worden gemonitord.

Doelstellingen:

- Onderzoeksrapport met beantwoording van de onderzoeksvragen
- Een ontwerp voor het “ideale” lisdodde teeltbed
- Monitoringplan voor het lisdodde teeltbed

1.3 Onderzoeksvragen

De hoofdvraag in dit onderzoek is een open vraag, welke met behulp van vier deelvragen beantwoord is.

De onderzoeksvragen in deze literatuurstudie zijn;

Hoofdvraag:

- Hoe zit het ideale ontwerp voor een lisdodde teeltbed eruit?

Deelvragen:

- Wat zijn de ideale omstandigheden (fysisch/chemisch in zowel ondergrond als water) voor lisdoddeteelt?
- Wat zijn de verschillen in standplaatsfactoren tussen de grote lisdodde en kleine lisdodde?
- Wat is de potentiële oogstopbrengst in kwantitatieve zin (droge biomassa/m²) van lisdoddeteelt?
- Hoe hoog is de zouttolerantie van de grote lisdodde en kleine lisdodde?

1.4 Onderzoeksmethodologie

Het onderzoek is verricht aan de hand van een literatuurstudie waarin in een scala aan relevante onderzoeken zijn nageslagen en vergeleken. Dit rapport is het verslag van deze literatuurstudie.

De literatuurstudie is opgebouwd uit verschillende fases;

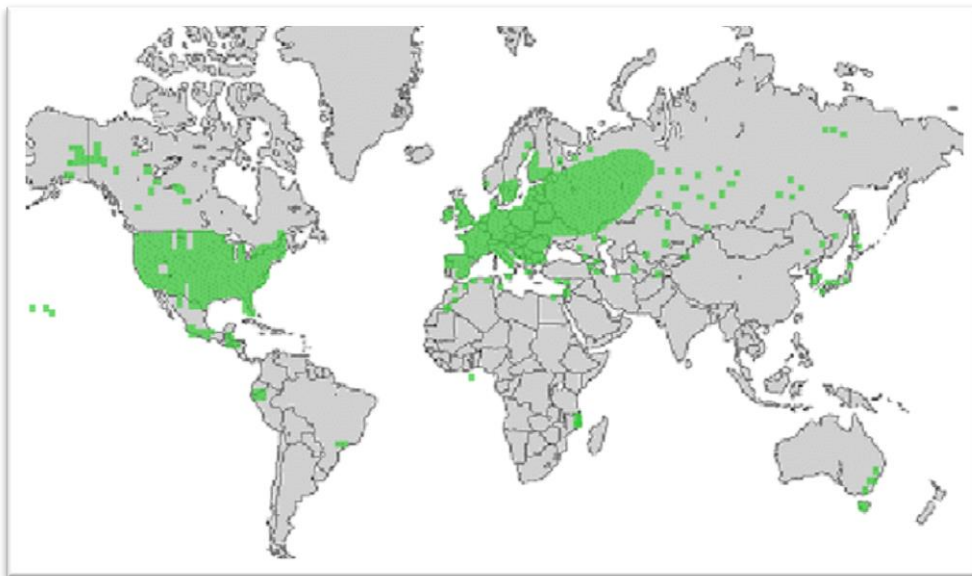
- Fase 1: Denk fase
 - Onderzoeksvraag formuleren
 - Probleemstelling verhelderen
 - Onderwerp afbakenen
 - Onderzoek structureren (inhoudsopgave opstellen)
- Fase 2: Lees fase
 - Relevante literatuur verzamelen
 - Literatuur structureren en verdelen
 - Literatuur bestuderen
- Fase 3: Schrijf fase
 - Hoofdstukken uitwerken
 - Literatuur indelen en rapporteren
 - Onderzoeksvragen beantwoorden
 - Conclusies trekken
- Fase 4: Afrondingsfase
 - Referenties, literatuurlijst maken
 - Rapportage afronden

Hoofdstuk 2 Standplaatsfactoren

2.1 Ideale groeiomstandigheden en standplaatsfactoren

Wat zijn de ideale omstandigheden (fysisch/chemisch in zowel ondergrond als water) voor lisdoddeteelt? Wat zijn de verschillen in standplaatsfactoren tussen de grote lisdodde en kleine lisdodde?

Om de ideale groeiomstandigheden voor de teelt van lisdodde te bepalen, is gekeken naar de standplaatsfactoren van de grote lisdodde en de kleine lisdodde. De twee varianten lijken veel op elkaar. Ze verschillen ook niet veel in grootte, de kleine lisdodde wordt zelfs iets hoger. Ze zijn allebei algemeen verspreid en groeien naast elkaar in sloten en vijvers. Lisdodden groeien in dikke pollen bij elkaar en hebben kruipende wortelstokken. Deze wortelstokken verankeren de plant in de losse waterbodem. De planten zijn eenhuizig, zowel de mannelijke als de vrouwelijke bloemen groeien op dezelfde plant. Ze zijn te determineren op basis van bloem- en blad eigenschappen. Kleine lisdodde heeft dunnere, langere balderen en heeft minder blad dan grote lisdodde. Beide soorten zijn zelf bestuivend, maar kruisbestuiving is mogelijk (Wetzel, 1981) (Weeda, 1994) (Better Wetter, 2015). In onderstaande afbeelding 1 is de verspreiding van de grote lisdodde en de kleine lisdodde te zien.



Afbeelding 1: verspreiding grote lisdodde en kleine lisdodde (Dijkstra, 2001).

De lisdodde soorten hebben een vergelijkbare potentiële niche. Hierdoor is er een competitieve interactie tussen de twee soorten. Er zijn slechts kleine verschillen, voornamelijk in de gewenste morfologie en groeivorm. Door deze kleine verschillen kunnen beide soorten op dezelfde locatie voorkomen. De grote lisdodde heeft een kleinere niche met een gewenste waterdiepte tot 50 centimeter. De kleine lisdodde komt voor tot 80 centimeter. Dit resulteert, op een natuurlijke standplaats waar beide soorten voorkomen, in een groeivorm van geconcentreerde ringen, met in de buitenring grote lisdodde en in de binnenring kleine lisdodde. Hierin heeft de grote lisdodde een hogere dichtheid dan kleine lisdodde. In de ondiepere brede buitenste ring (tot 50 centimeter waterdiepte) is de grote lisdodde dominant (Wetzel, 1981).

Uit experimenteel onderzoek van Grace (1989) kwam naar voren dat de waterdiepte bepalend is voor de vestiging van, en kolonisatie door, grote lisdodde. De optimale waterdiepte is een waterstand dusdanig hoog dat de lagere delen van de plant onder water staan, en laag genoeg dat de fotosynthese en ademhaling van de bladeren goed kunnen plaatsvinden. Uit het onderzoek bleek grote lisdodde het best groeit bij een waterdiepte van 22 centimeter (GRACE, 1989).

De ideale waterdiepte voor kleine lisdodde ligt tussen de 50 en 80 centimeter. Kleine lisdodde prefereert een pH boven de 5.5 en komt niet voor op meer zure bodems (GRACE, 1982). Grote lisdodde kan in verschillende bodemtypen groeien en is tolerant tegen zowel iets zure alsook iets basische omstandigheden (Gucker, 2008).

In de onderstaande tabellen 1 t/m 3 staan de standplaatsfactoren en planteigenschappen samengevat.

Tabel 1: Morfologie standplaats grote lisdodde en kleine lisdodde (M.J.H, 1986) (Better Wetter, 2015) (Weeda, 1994) (PBL, 2001).

	Grote lisdodde	Kleine lisdodde
Groeiplaats	Moeras/oever/ vennen/ sloten	Moeras/oever/ vennen/ sloten
Waterdiepte	10 tot 50 cm	15 tot 80 cm
Stroming	Stilstaand tot langzaam	Stilstaand tot langzaam
Bodemstructuur	Zandig, zandige leem en klei tot organische bodems	Zandig, zandige leem en klei tot organische bodems

Tabel 2: Operationele standplaatsfactoren grote lisdodde en kleine lisdodde (M.J.H, 1986) (Better Wetter, 2015) (Weeda, 1994) (PBL, 2001).

	Grote lisdodde	Kleine lisdodde
Voedselrijkheid	Voedselrijk tot zeer voedselrijk	Voedselrijk tot zeer voedselrijk
pH	5.5 – 8	6 – 8.5
Vochttoestand	Permanent nat	Permanent nat
Zoutgehalte	Zie hoofdstuk zouttolerantie	Zie hoofdstuk zouttolerantie
Waterhardheid	Zacht en matig hard water 1.0 < gg < 2.0 meq/1	Zacht en matig hard water 1.0 < gg < 2.0 meq/1
Ammoniakgehalten	<1.5 umol/1	<1.5 umol/1
Lichtbehoefte	Volle zon tot halfschaduw	Volle zon tot halfschaduw

Tabel 3: Plant eigenschappen grote lisdodde en kleine lisdodde (M.J.H, 1986) (Better Wetter, 2015) (Weeda, 1994) (PBL, 2001).

	Grote lisdodde	Kleine lisdodde
Hoogte	Tot 150 cm	Tot 200 cm
Bloeimaand	Juni – oktober	Juni – oktober
Voorplanting	Zaden/ wortelstokken	Zaden/ wortelstokken

Lisdodden veroveren nieuwe standplaats door de verspreiding van zaad. Zaailingen van beide soorten ontkiemen in vochtige plekken langs de waterkant. Nadat een locatie volledig is gekolonialiseerd zal het ontkiemen van nieuwe zaden worden verdrukt en blijft de standplaats behouden door vegetatieve reproductie ofwel het klonen vanuit de wortelstokken (Wetzel, 1981). Grote lisdodde kan zich door nieuwe wortelstokken te zetten het snelst verspreiden, in twee jaar tijd kan een plant 54 m² kolonialisieren en 480 meter wortelstok zetten (Holm L, 1997).

Grote lisdodde groeit (r-selected) sneller, heeft kleine wortelstokken en korte, brede bladeren. Hierdoor concurreert hij beter om het licht. Delen van de wortelstokken van grote lisdodde sterven vaak af na de bloei. De kleine lisdodde (k-selected) kan uitwijken naar dieper water en heeft grotere wortelstokken en lange bladeren (Wetzel, 1981).

Grote lisdodde en kleine lisdodde verschillen in hun voortplantingssucces. Onder optimale omstandigheden geeft grote lisdodde een tienfout aan nakomelingen in het eerste jaar na vestiging. Grote lisdodde is meer een pionier met een heel effectieve generatieve vermeerdering (r-selected), terwijl kleine lisdodde een meer competitieve strategie heeft ontwikkeld (k-selected). Deze verschillende strategieën komen overeen met hun beide verspreidingspatronen waarbij grote lisdodde de meest voorkomende soort is.

Studie suggereert dat kleine lisdodde beter in staat is in diep water te groeien dan grote lisdodde, vanwege zijn lange dunne bladeren en zijn grotere rizomen opslag vermogen. De grote lisdodde produceert een groter bladoppervlak, loopt eerder in het seizoen uit en kan meer schaduw verdragen. Deze eigenschappen dragen bij aan de reden waarom hij kleine lisdodde verdringt in ondieper water. (Wetzel, 1981).

Lisdodde komt van nature voor op natte voedselrijke veenbodems. Veenweidebodems die omgevormd worden tot moeras zijn qua voedselrijkdom en waterstand een geschikte biotoop, omdat grote hoeveelheden voedingsstoffen (geaccumuleerde meststoffen) door vernatting beschikbaar komen voor plantengroei (Van de Riet BP, 2013).

In de tabellen 4 en 5 staan de ecotooptypen van beide lisdodde soorten samengevat.

Tabel 4: Ecotooptypen grote lisdodde (Synbiosys, 2012).

Voorkomen binnen ecotooptypen op basis opnamenbestand Nederland					
Ecotooptypen		N	% Presentie	% bedekking	% verklaard
V18	Verlandingsvegetatie in zeer voedselrijk water	306,23	14	2,33	28,6
R28	Ruigte op natte zeer voedselrijke bodem	102,24	10,5	1,35	45,2
V17	Watervegetatie in matig voedselrijk water	422,3	15	0,81	55,2
bV10	Verlandingsvegetatie in brak water	31,8	11,9	0,59	62,4
R27	Ruigte op natte matig voedselrijke bodem	208,7	8,4	0,48	68,3
P28	Pioniervegatatie op natte zeer voedselrijke bodem	47,82	11,2	0,36	72,7
V18sa	Verlandingsvegetatie in zeer voedselrijk polysaproob water	18,49	6,2	0,34	76,8
P27	Pioniervegatatie op natte matig voedselrijke bodem	17,53	4,8	0,25	79,9
G28	Gesloten korte vegetatie op natte zeer voedselrijke bodem	31,49	2,8	0,14	81,6

Tabel 5: Ecotooptypen kleine lisdodde (Synbiosys, 2012).

Voorkomen binnen ecotooptypen op basis opnamenbestand Nederland					
Ecotooptypen		N	% Presentie	% bedekking	% verklaard
V18	Verlandingsvegetatie in zeer voedselrijk water	336,44	15,4	2,93	24,2
V17	Watervegetatie in matig voedselrijk water	694,37	24,7	2,48	44,6
bV10	Verlandingsvegetatie in brak water	40,44	15,1	1,68	58,5
R28	Ruigte op natte zeer voedselrijke bodem	102,95	10,6	1,47	70,6
bR20	Ruigte op brakke natte bodem	4,47	2,9	1,02	79
R27	Ruigte op natte matig voedselrijke bodem	375,19	15,1	0,93	86,6

2.2 Conclusie

Voor ideale groei blijken gunstige omstandigheden voor de groei van lisdodden een losse zandige tot kleiige, organische bodem en zoet water te zijn. Meest gunstige waterdiepte voor lisdodden varieert van 10 tot 50 centimeter. Lisdodden hebben graag een (zeer) voedselrijke omgeving.

Wanneer grote en kleine lisdodden samen worden aangetroffen, wordt de niche onderscheiden door waterdiepten. Grote lisdodde in de ondiepe delen kleine lisdodde in de diepere delen. Grote lisdodde is meer geneigd zich over een groter gebied door middel van kloning te verspreiden, terwijl kleine lisdodde meer compacte pollen vormt.

Grote lisdodde is meer een pionier met een heel effectieve generatieve vermeerdering (r-selected), terwijl kleine lisdodde een meer competitieve strategie heeft ontwikkeld (k-selected).

Beide onderzochte lisdodde soorten hebben een vergelijkbare potentiële niche. Er vindt een competitieve interactie plaats tussen de twee soorten onder natuurlijke omstandigheden grote lisdodde groeit onder natuurlijke omstandigheden bij een waterdiepte van -10 tot -50 centimeter. De ideale waterdiepte voor kleine lisdodde ligt tussen de -10 en -80 centimeter.

Hoofdstuk 3 Ideale groei

In verschillende onderzoeken is geëxperimenteerd met de kweek van lisdodden. Dit hoofdstuk beschrijft die onderzoeken, waarbij niet zozeer de natuurlijk standplaatsfactoren, maar veel meer de omstandigheden voor ideale kweek onderzocht werden. Zij leveren resultaten die vaak heel praktische toepasbaar zijn voor de cultivatie van lisdodden.

3.1 Waterstand bij kweek

Grace komt uit experimenteel onderzoek tot de conclusie dat bij het aanplanten van lisdodden een waterdiepte van 20 centimeter ideaal is. Hij ontwierp een schema voor verhoging van het waterpeil gedurende de groei. Naarmate de lisdodde groeit wordt het waterpeil verhoogd naar maximaal 50 centimeter (Grace, 1989). Hij constateerde dat lisdodde bij een waterdiepte van 0.9 tot 1.2 meter afsterft. De ideale waterdiepte zou uiteindelijk 50 centimeter zijn. Daarnaast constateerde hij dat bij deze waterdiepte de onkruiddruk minimaal is. Alleen water minnend onkruid zal dan nog een mogelijke bedreiging vormen (Apfelbaum, 1985).

Het Veenweide Innovatiecentrum adviseert een waterstand van -10 tot 20 centimeter voor de kweek van lisdodden. Het maakt hierbij geen onderscheid tussen grote en of kleine lisdodden. Het geeft aan dat fluctuaties in de waterstand binnen deze marge geen probleem zijn en dat onkruidbestrijding kan plaatsvinden door de waterstand tijdelijk op te voeren tot 20 centimeter (Veenweide innovatiecentrum, 2016).

3.2 Sliblaag

Uit onderzoek van Wildt komt dat voor de kweek de bodem het best voorbereid kan worden. De bodem wordt losgewerkt tot een diepte van 30 centimeter. De veraarde bovenlaag moet worden losgewerkt om als sliblaag te gaan functioneren. Lisdodde heeft een sliblaag van 10-30 centimeter nodig om de wortelstokken te laten wortelen. Deze wortelstokken verankeren de plant in de bodem (Wild, 2001).

Uit een persoonlijk gesprek met Dhr. I. Mettrop van het adviesbureau Altenburg en Wymenga, partner in Better Wetter komt de ervaring van Better Wetter met lisdoddeteelt naar voren. De ervaring van Better Wetter met lisdoddeteelt is dat deze voorbereiding van de grond niet noodzakelijk is voor het aanslaan dan wel de groei van lisdodden (Mettrop, 2017).

3.3 Zaaïen versus stekken

Dubbe heeft onderzoek gedaan naar drie methode voor de lisdodde teelt. Teelt uit zaden, herplanten van (delen van) wortelstokken en het inplanten met opgekweekte planten uit zaden. Hieruit blijkt dat het herplanten van wortelstokken en het inplanten met opgekweekte planten uit zaden de hoogste overlevingskansen hebben (Dubbe, 1988).

Heinz experimenteerde eveneens met zaaïen en stekken. Een lisdodde teeltbed kan worden ingezaaid of aangeplant. De vestiging van lisdodden verloopt sneller wanneer ze gepland worden, maar dat is ook duurder dan zaaïen. Met stekken is het kweekbed in een jaar gevuld met lisdodde, wanneer per vierkante meter 2 stekken gezet worden. Dit geldt ook voor een teeltbed dat is ingeplant met voorgetrokken zaailingen, wanneer in eenzelfde dichtheid van 2 voorgetrokken

zaailingen per vierkante meter aangeplant wordt. Wanneer er wordt gezaaid, dan is het kweekbed binnen twee tot drie jaar gevuld met lisdodden. (Heinz, 2010).

Wanneer stekken geplant worden bloeit 50% van de van de grote lisdodden het eerst jaar in juli, tegen slechts 12% van de kleine lisdodden. In het tweede seizoen neemt de dichtheid van de wortelstokken (klonen) verschillend per soort toe. De dichtheid van wortelstokken van de kleine lisdodde is hoger en bepalend voor het percentage bloeiende scheuten. De grote lisdodde heeft een lagere dichtheid in wortelstokken maar hoger percentage bloeiende scheuten. Grote lisdodde is meer geneigd zich over een groter gebied middels klonen te verspreiden, terwijl kleine lisdodde meer compacte pollen vormt (Heinz, 2010).

Kieming wordt bevorderd door hogere temperaturen. Daarom is de beste zaaitijd vroeg in de zomer (Zuid-Duitsland). De vorming van algen kan dan wel belemmerend werken op kieming en groei van zaailing. Grote lisdoddezaad kiemt gemiddeld beter dan kleine lisdoddezaad (Heinz, 2010).

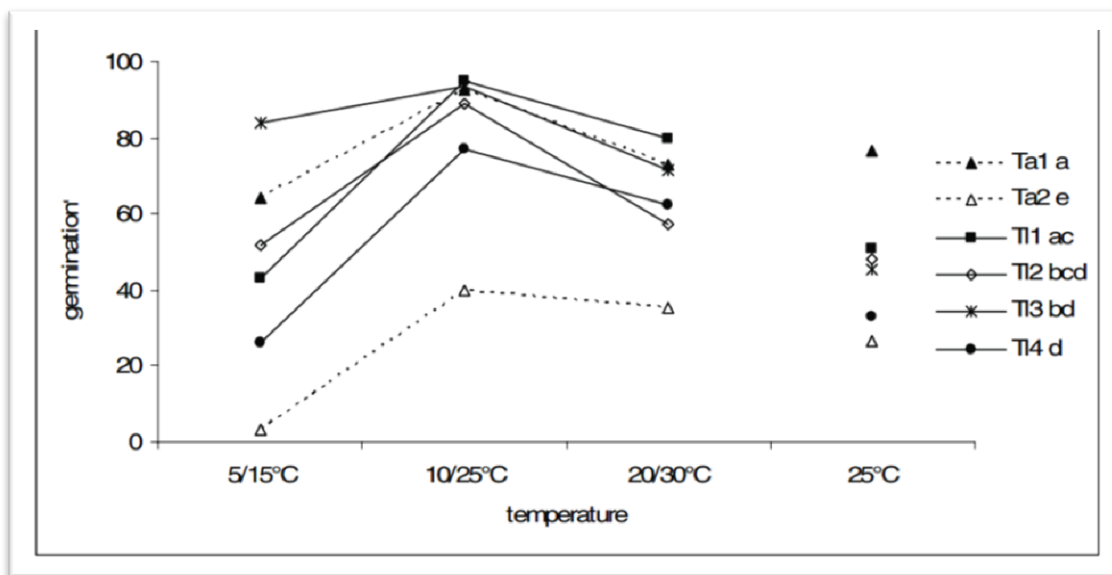
Stekken kan vanaf medio maart of april, wanneer de vorst periode voorbij is. Deze methode is duurder, doordat er meer arbeidstijd in gaat zitten maar er is sneller resultaat (Heinz, 2010).

3.4 Kiemkracht van populaties lisdodden

Verschillende Europese lisdodden populaties uit verschillende klimatologische gebieden variëren veel in kiemkracht. Tussen deze verschillende populaties zit veel verschil in zowel het percentage zaad dat kiemt alsook de snelheid van kiemen van het zaad. Elke populatie heeft zijn eigen primair kiemingspercentage. De verschillende populaties lijken zich hiermee te hebben aangepast aan lokaal verschillende habitatomstandigheden en klimaat regimes. Het lijkt dat deze populaties zich hebben aangepast langs klimatologische gradiënten. Mediterrane populaties kiemen sneller en meer dan oceanische populaties, die weer sneller en in grotere percentages kiemen dan door (sub-) continentale populaties. Het verdient daarom de voorkeur zaad van lokale lisdodden te gebruiken. (Heinz, 2010).

3.5 Watertemperatuur en waterstand versus kieming

Watertemperatuur en waterstand hebben een significant effect op de ontkieming van lisdodde zaad. Dit effect is er op zowel het percentage zaad dat ontkiemt als ook op de snelheid van ontkiemen. Waterdiepte heeft bij grote lisdodde het meest effect op het percentage zaad dat kiemt, temperatuur heeft vooral invloed op de snelheid van het ontkiemen. In vergelijk uit onderzoek blijkt dat fluctuerende temperaturen (waarin natuurlijke fluctuatie in dag- en nacht temperaturen nagebootst werden) in vergelijk tot constante temperaturen een betere kieming tot gevolg hebben. Grote lisdoddezaad kiemt gemiddeld beter dan kleine lisdoddezaad (Heinz, 2010). Onderstaande afbeelding 2 illustreert de effecten van waterdiepte en watertemperatuur op het ontkiemingsproces.



Ta1 a	---▲---	<i>T. angustifolia</i> Duitsland N48 40.000, E11 25.000
Ta2 e	---△---	<i>T. angustifolia</i> Hongarije N46 52.000, E20 0.000
Tl1 ac	—■—	<i>T. latifolia</i> Duitsland N48 42.000, E11 11 0.0
Tl2 bcd	—◇—	<i>T. latifolia</i> Duitsland N48 42.000, E11 11 0.0
Tl3 bd	—✱—	<i>T. latifolia</i> Duitsland N48 28 0.0, E11 37 0.0
Tl4 d	—●—	<i>T. latifolia</i> Hongarije N46 52.000, E20 0.000

Afbeelding 2: Effecten van waterdiepte en watertemperatuur op het ontkiemingsproces (Heinz, 2010).

Verschillende waterniveaus hebben ook effect op de ontwikkeling van lisdodde zaailingen. Zowel kleine als grote lisdodde zaailingen reageren op het verhogen van de waterstand door versnelde groei en de vorming van drijvende bladeren. Kleine lisdodde zaailingen zijn in staat hogere scheuten te zetten wanneer zij bij aanvang van experiment 12 centimeter onder water staan, terwijl grote lisdodde zaailingen door deze diepere waterstand niet meer groeien. De biomassa productie van grote lisdodde zaailingen is het grootst wanneer het waterniveau gelijk is aan het maaiveld. Kleine lisdodde daar in tegen geeft bij zaailingen een even grote biomassaproductie na de kieming bij een waterstand van 12 centimeter en bij een waterstand gelijk aan het maaiveld. Wanneer beide soorten concurreren, zal de waterstand bij de kieming en groei van de zaailingen bepalend zijn voor welke soort zich dominant vestigt (Heinz, 2010).

3.6 Conclusies

Verschillende bronnen spreken elkaar tegen over de ideale waterdiepte voor kweek. Onderzoeken en ook praktijkervaringen van vooraanstaande organisaties komen tot andere waterdiepten voor kweek en ideale groei dan onderzoeken beschreven in het voorgaande hoofdstuk, waarin de ideale groei onder meer natuurlijke omstandigheden aan de orde kwamen. De ideale waterdiepte voor kweek uit experimenten met kweek blijkt een waterdiepte van -10 tot maximaal 50 centimeter,

waarbij een waterdiepte van 20 of 22 centimeter het vaakst genoemd wordt. De ideale waterdiepte in relatie tot de biomassa opbrengst komt uit het vergelijk niet goed naar voren. Wel kan gesteld worden dat kleine lisdodde meer geschikt is om bij een grotere waterdiepte te kweken.

Ook over het al dan niet creëren van een sliblaag zijn verschillende bronnen verdeeld.

Lisdodde kweek kan gestart worden door te zaaien alsook door stekken of voorgetrokken zaailingen aan te planten. De vestiging van lisdodden verloopt sneller wanneer ze gepland worden maar dat is ook duurder dan zaaien. Met stekken is het kweekbed met een jaar gevuld met lisdodde. Wordt gezaaid, dan is het kweekbed binnen twee tot drie jaar gevuld met lisdodden, wanneer per vierkante meter 2 voorgetrokken zaailingen gezet wordt. Grote lisdodde zaad kiemt gemiddeld beter dan kleine lisdoddezaad. Kieming wordt bevorderd door hogere temperaturen. Daarom is de beste zaaitijd vroeg in de zomer. Het best kan gezaaid worden met zaad van lokale lisdodden. Stekken kan vanaf medio maart of april, wanneer de vorst periode voorbij is. Combinatie van stekken en zaaien is ook mogelijk. De vestiging van lisdodden verloopt sneller wanneer ze gepland worden maar dat is ook duurder dan zaaien. Bij zowel zaaien alsook stekken is regulatie van de waterstand noodzakelijk. De waterstand wordt gelijk met de groei opgevoerd. Wanneer gezaaid wordt moet de waterstand bij grote lisdodde gereguleerd worden, van een waterstand van beginnend gelijk aan het maaiveld, tot 20 centimeter, maximaal 50. Voor kleine lisdodde is regulatie van de waterstand nodig van 0 tot 12 centimeter bij zaaien, tot 50 centimeter bij volgroeide planten. Een hogere waterstand bij de volgroeide planten beschermd tegen onkruidruk, maar heeft als nadeel dat licht en zuurstof de lagere plantendelen minder goed bereiken, waardoor de ademhaling en fotosynthese nadelig beïnvloed kunnen worden. De hierboven genoemde minimale maximale waterstanden worden daarom aangeraden voor de teelt.

Hoofdstuk 4 Potentiële oogstopbrengst

4.1 Potentiële productie

Wat is de potentiële oogstopbrengst in kwantitatieve zin (droge biomassa/m²) van lisdodde teelt?

Literatuuronderzoek naar de potentiële biomassa productie van lisdodden leidt tot verschillende onderzoeken. Pratt et al. Concludeerden allereerst naar voren dat grote lisdodde een grotere biomassa productie kent dan kleine lisdodde in zowel de natuurlijke als de gecultiveerde standplaats (Pratt, et al., 1988).

De potentiële biomassa productie van grote, kleine lisdodde, en de hybride *Typha x glauca*, een kruising van *Typha latifolia* en *Typha angustifolia*, werd ook onderzocht door Dubbe et.al., in 1988. In het onderzoek werd onderscheid gemaakt naar de bovengrondse- en ondergrondse (wortelstokken) droge biomassa en wordt een vergelijk gemaakt naar gecultiveerde en natuurlijke standplaatsen (Dubbe, 1988).

Het onderzoeksresultaat in tabel 6 voor de grote en kleine lisdodde ziet er als volgt uit:

Tabel 6: Biomassa productie kleine en grote lisdodde (Dubbe, et al., 1988).

Soort	Onderzoeklocatie	Bovengronds (droge massa in ton/ha)	Ondergronds (droge massa in ton/ha)
Typha latifolia	Natuurlijke standplaats- Noord-Centraal VS	4,3 – 14,8	4,9 – 9,2
	Gecultiveerde standplaats Minnesota VS	4,7 – 8,2	4,4 – 5,4
Typha angustifolia	Natuurlijke standplaats- Noord-Centraal VS	12,3 – 21,2	Geen onderzoeksresultaat
	Gecultiveerde standplaats Minnesota VS	2,2 – 13,9	6,6 – 25,3

Uit onderzoek van Heinz blijkt eveneens dat grote lisdodden een grote productie kunnen bereiken. Uit het onderzoek komt een productie naar voren van 6.5 – 15 ton droge stof per hectare per jaar. Meer gedetailleerd weergegeven is de biomassa productie, in het derde jaar, dat naar voren kwam uit haar onderzoek, in tabel 7 weergegeven.

Tabel 7: Biomassa productie derde jaar (Heinz, 2010).

	Bovengrondse biomassa	Ondergrondse biomassa
Typha latifolia	7 ton/ha	33 ton/ha
Typha angustifolia	13 ton/ha	33 ton/ha

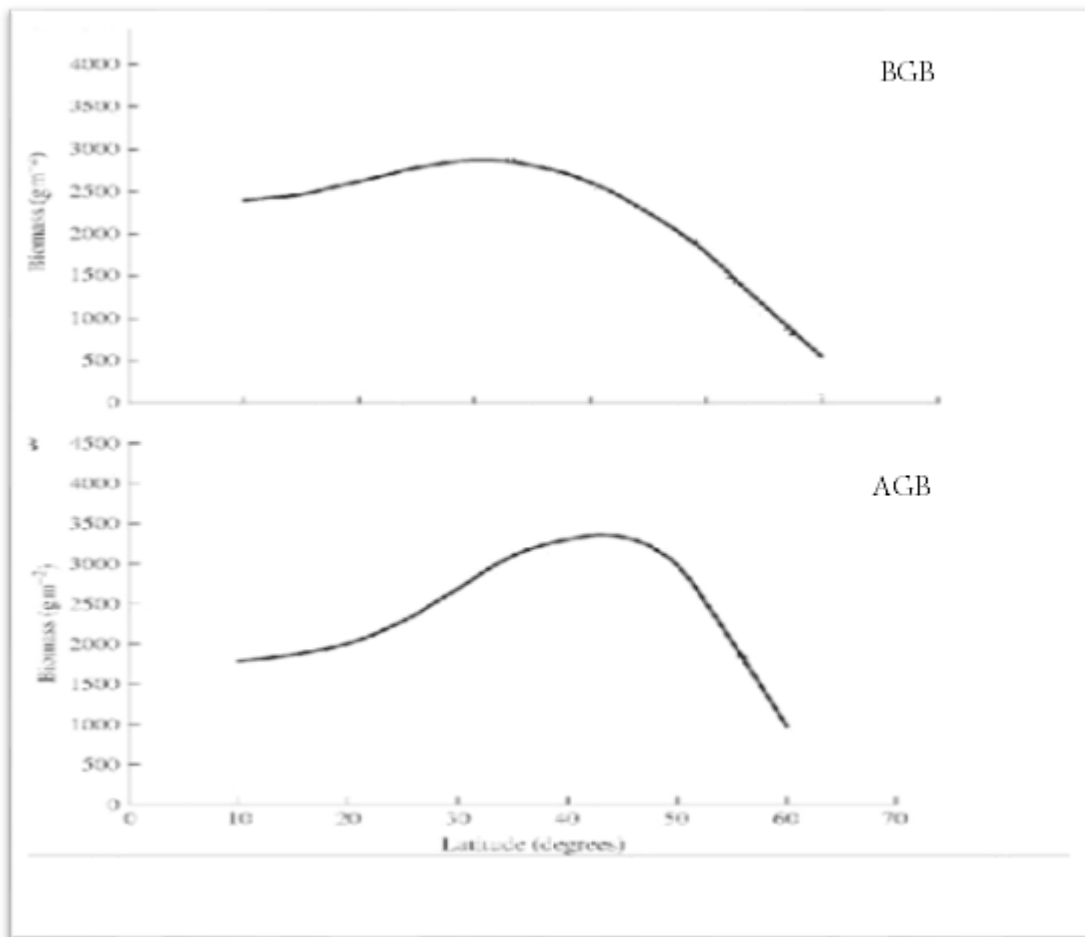
Opvallend is dat Heinz een hogere productie behaalt met kleine lisdodde.

Het Veenweiden Innovatiecentrum doet ook onderzoek naar natte teelt waaronder de teelt van lisdodden. Het Veenweiden Innovatiecentrum stelt dat de teelt van Lisdodden per hectare in de vorm van ruwvoeder 10 tot 25 ton droge stof per hectare produceert en in de vorm van vezels 15 tot 20 ton droge stof per hectare. In natuurgebieden en bij winteroogst indiceren zij een opbrengst van

4 tot 16 ton droge stof per hectare. De cijfers van het Veenweiden Innovatiecentrum zijn gebaseerd op onderzoek dat door hen werd gedaan en waarbij gekeken is naar de teelt van lisdodden in o.a. Duitsland, Zwitserland, Canada en de Verenigde Staten (VIC, 2017).

Grace kwam door onderzoek tot de conclusie dat de biomassa opbrengst van lisdodden hangt sterk af van de beschikbare nutriënten (GRACE, 1988).

Tanaka et al. ontwikkelden een model voor de maximaal haalbare biomassa productie voor lisdodde. Het model geeft de maximale oogstopbrengst op verschillende breedte gradiënten, bij ideaal NPK. Zijn model omhelst een formule waarmee voor elke breedtegraad de oogstopbrengst geïndiceerd kan worden. Ter informatie bij het interpreteren het model, dat is weergegeven in afbeelding 3, voor het proef kweekbed; Leeuwarden ligt op de 53^{ste} breedtegraad (TANAKA, et al., 2004). In Leeuwarden zou volgens het model ongeveer 24 ton/ha bovengrondse biomassa en 19 ton/ha ondergrondse biomassa geproduceerd moeten kunnen worden bij ideaal NPK.



Leeuwarden 53 ^{ste} breedtegraad, grote lisdodde	
Biomassa bovengronds (AGB)	24 ton per hectare
Biomassa ondergronds (NGB)	15 ton per hectare

Afbeelding 3: Model voor maximale biomassa lisdodde Tanaka et al (TANAKA, et al., 2004).

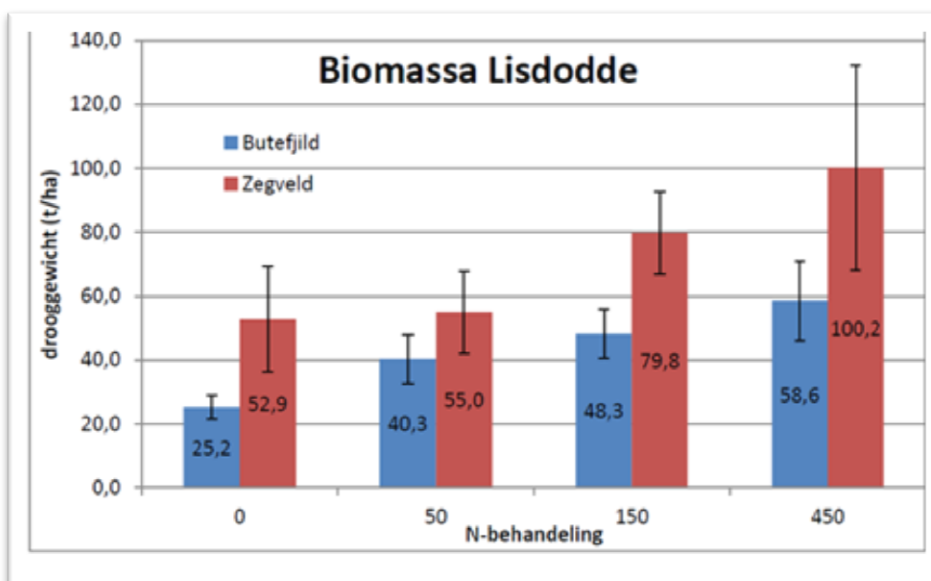
De biomassa opbrengsten uit voornoemde onderzoeken zijn een indicatie van de potentiële biomassa productie.

De meest betrouwbare oogstopbrengst voor het beoogde kweekbed in dit onderzoek kan gedaan worden vanuit het onderzoek van R. Nauta. Het teeltbed van Better Wetter, waar dit onderzoek op gericht is, wordt aangelegd op de locatie Bûtefjild. R. Nauta (2016) deed in samenwerking met Better Wetter onderzoek naar de invloed op van stikstofrijk oppervlaktewater op de biomassa productie bij riet en (grote) lisdoddeteelt op vernatte veengrond, en naar het effect hiervan op de nutriëntengehalten in de bodem en het oppervlaktewater. Zijn onderzoek richtte zich op twee locaties, Zegveld en Bûtefjild. Variabelen zoals klimaat, bodem zijn daarmee meest gelijk in zijn onderzoek in vergelijking met het kweekbed van Better Wetter. Kanttekening hierbij is wel dat het onderzoek geen veldexperiment betreft en het geeft dan ook geen absolute zekerheid over de productie op de feitelijke locatie. Nauta stelde een mesocosmos experiment op; twee bodemkernen uit de beide pilotgebieden Zegveld en Bûtefjild werden gestoken met pvc-buizen (35 cm x 15 cm). Deze buizen werden van de onderkant afgestoken en vervolgens in een waterbad in een kas geplaatst. In een waterbad werd de lisdodde met respectievelijk 0; 50; 150; 450 kg N/ha/jr. behandeld. Gedurende 95 dagen werd de totale stikstofbehandeling uitgevoerd.

Uit het onderzoek van Nauta werd geconcludeerd dat lisdoddeteelt gebaat is bij stikstofrijk oppervlaktewater. De biomassa productie neemt in zijn onderzoek toe met de toename van de stikstofgift. Opvallend, want in het vergelijking met riet nam de curve van groei versus nutriënten af als in een logaritmische curve. Bij lisdodden maar leek er een veel meer lineair verband (of was de piek van de curve nog niet bereikt met de maximale hoeveelheid aangeboden nutriënten). Als limiterende factoren bij lisdoddeteelt kwam allereerst de zuurgraad in het onderzoek van Nauta naar voren. In Bûtefjild is de ph lager dan in Zegveld, 3,7 versus 4,9. Deze conclusie (Ph is limiterend) kwam ook uit eerder onderzoek door Brix in 2002 (Brix, 2002).

Bij een ph lager dan 5 is de groei van de lisdodde minder. Als tweede limiterende factor kwam Kalium uit het onderzoek van Nauta naar voren (Nauta, 2016).

Het onderzoek van Nauta leverde de volgende biomassa productie op bij de verschillende stikstofbehandelingen, zie afbeelding 3.



Afbeelding 4: Biomassa gemiddelde per behandeling lisdodde Zegveld en Bûtefjild (Nauta, 2016).

Vanuit het onderzoeksresultaat van Nauta kan de biomassaproductie van de locatie Bûtefjild geïndiceerd worden, mits de waterkwaliteit bekend is. De waterkwaliteit van Bûtefjild wordt periodiek gemeten door het Friese waterschap. De gemiddelde gemeten N-totaal waarde over 2016 (gemeten 12 maal in 11 maanden) is 2,9 mg/L stikstof (Wetterskip Fryslân, 2016). Met deze waarde als gegeven kan vanuit het onderzoek van Nauta de potentiële oogstopbrengst geïndiceerd worden, op basis van de N-toevoeging vanuit het oppervlaktewater.

Nauta behandelt met respectievelijk 0; 50; 150; 450 kg N/ha/jr. Nauta hanteert hierbij de volgende uitgangspunten:

- De verschillende toegediende stikstofgehalten in zijn onderzoek zijn gebaseerd op stikstofconcentratie in het boezemwater van Bûtefjild. De N0 (Ntotaal= 0 kg N/ha) is een nagenoeg stikstofvrije controle waarbij de nutriënten enkel uit de bodem komen.
- N50 (50 kg N/ha) is de boezemwater gevoede situatie, het boezemwater in Bûtefjild bevat ± 50 kg N/ha bij een waterkolom van 1m (4,4 mg/l; Wetterskip Fryslân).
- De behandeling met 150 kg N/ha in zijn onderzoek is de situatie waarbij er driemaal per jaar boezemwater wordt ingelaten als “verversing”.
- De hoogste behandeling (N450) is de situatie waarbij er sterke nutriëntenbronnen (bijv. slootwater, erfafspoeling of kunstmest) worden toegepast.
- Atmosferische stikstof depositie is in zijn onderzoek buiten beschouwing gelaten.

De N-uitgangswaarde van 4,4 mg/l, die Nauta hanteert in zijn onderzoek, is hoger dan de N-waarde gemeten door het Wetterskip Fryslân in 2016. Het waterschap meet over 2016 een gemiddeld N-totaal van slechts 2,9. Om de aanvoer van nutriënten en de direct daaraan gerelateerde biomassa productie, conform Nauta te realiseren zal daarom meer oppervlaktewater moeten worden aangevoerd op het kweekbed, dan Nauta in zijn onderzoek aangeeft.

In de aanleg van het kweekbed is het daarbij van belang een pomp te installeren met voldoende capaciteit. Zoals beschreven de oppervlaktewater aanvoer op het kweekbed is de bepalende factor voor de oogstopbrengst. In principe geldt; Hoe groter de doorstroom hoe groter de opbrengt. Om de maximale oogstopbrengst zonder toevoeging van meststoffen anders dan uit het oppervlaktewater te behalen moet de pomp:

Langte x Breedte x Diepte kweekbed x (minimaal) x 3 (plus de verdamping en minus neerslag) liter/jaar water op het kweekbed doorvoeren.

Een pomp met een hogere capaciteit levert in principe een hogere oogstopbrengst op en wordt daarom aanbevolen.

I. Mettrop geeft aan dat Better Wetter in het bijzonder geïnteresseerd is in gebruik van aanwezige meststoffen in het oppervlaktewater en niet op zoek is naar cultivatie waarbij extra meststoffen worden toegevoegd. Dat betekent dat de maximale oogstopbrengst van de teelt herleid wordt uit de stikstofgift N50 uit Nauta's experiment (Mettrop, 2017).

4.2 Oogsten

De biomassa opbrengst wordt medebepaald door de frequentie en wijze van oogsten. Om die reden wordt in deze paragraaf nader ingegaan op het oogsten van lisdodden.

Tijdens het groeiseizoen in de zomer kan Lisdodde geoogst worden. De plant moet dan boven het water gesneden worden, anders wordt de hergroei negatief beïnvloed. De zuurstofverzorging voor de wortelstokken wordt dan verstoord (BOERS & VELTMAN, 2007).

Nadeel van deze zomerse oogst is dat voedingsstoffen die die door de wortelstokken zouden worden opgenomen in de herfst, dat dan niet worden, wat de groei in het volgende voorjaar negatief beïnvloed (SALE, 1983). Door oogsten in de zomer sterven er in de winter meer rizoemen af (DICKERMAN, 1985) (WILD, et al., 2002) (MANDER, 2004).

Oogsten in de winter heeft geen effect op de hergroei en biomassa productie in het volgende jaar. Oogsten in de winter kan met lichte machines op bevroren grond. De planten worden gemaaid op 10 tot 20 centimeter hoogte boven de grond. Hiermee worden jonge scheuten boven de grond die in het voorjaar uitlopen gespaard. Wortelstokken mogen niet kapot gereden worden. Dit gebeurt wanneer gebruik wordt gemaakt van conventionele machines. Wanneer de wortelstokken kapot gereden worden heeft dit negatief gevolg voor de opbrengst in het volgende jaar (Heinz, 2010).

De oogstmethode op bevroren grond met conventionele machines op bevroren grond is afhankelijk weersomstandigheden. Vorst in de winter waarbij de grond bevriest lijkt te onzeker om voor toepassing in Friesland met als gevolg dat de wortelstokken te veel beschadigd worden bij het oogsten. Als mogelijk alternatief kan een kleinere, minder zware maaimachine worden ingezet. Gevolg hiervan is wel dat het oogsten arbeidsintensiever wordt en meer tijd kost. Andere alternatieven op de methode van oogsten zijn aanpassingen in het kweekbed ontwerp. Te denken is een kweekbed met verhoogde paden/sporen voor een maaimachine. Een andere optie is een kweekbed waarin het waterpeil gereguleerd kan worden (Heinz, 2010).

Wanneer lisdodden geheel onder water komen te staan sterven zij af. Lisdodden ondervinden geen schade wanneer zij tijdelijk onder water worden gezet (SALE, 1983).

Oogst kan met behulp van een boot wanneer het waterpeil in het kweekbed tijdelijk verhoogd kan worden. Een boot heeft een waterdiepte van tenminste 50 centimeter nodig.

Uit onderzoek van Toet et al. (2005) bleek dat oogsten het best kan gebeuren aan het eind van het groeiseizoen, eind juli tot oktober. Wanneer later geoogst wordt neemt de kwaliteit van de het geoogste product af (Toet, 2005).

Van de lisdodden kunnen de bovengrondse (het blad) en/of de ondergrondse delen (de wortelstokken) geoogst worden. Wanneer de wortelstokken ook geoogst worden wordt 15 tot 20 procent meer opbrengst behaald. Nadeel hiervan is echter dat de opbrengst heel erg fluctueert per jaar, daar de cyclus weer helemaal opnieuw opgestart moet worden. Het oogsten van de wortelstokken is daarbij veel moeilijker dan het oogsten van het blad. De beperkte meer opbrengst van de oogst van ook de wortelstokken weegt niet op tegen de zojuist genoemde nadelen (Dubbe, 1988).

4.3 Biomassa waarde

Wanneer de potentiële oogstopbrengst ingeschat kan worden is een schatting van de financiële opbrengst van deze biomassa mogelijk, met andere woorden; Wat is de geproduceerde lisdodden biomassa waard?

In Duitsland en Oostenrijk zijn twee fabrieken die lisdoddemateriaal zouden willen afnemen als grondstof. Een ton droge biomassa zou (in 2014) €100 - €200 opleveren als ruwe stof; na de bewerking, het splitsen van de vezels, zou deze opbrengst €300 - €500 per ton droge stof bedragen. De opbrengst is afhankelijk van de kwaliteit van de vezels. Levering van het halffabricaat heeft als voordeel dat de transportkosten lager zijn doordat het volume afneemt. Met deze opbrengsten is per hectare gemiddeld een potentiële omzet te genereren van €2.000 en €4.800 per jaar, bij de

levering van ruwe biomassa respectievelijk het halffabricaat van gesplitste vezels. Een gebied met 500 - 1.000 hectare lisdoddemoeras levert voldoende biomassa om de productie van isolatieplaten in een zelfstandige productiefaciliteit te overwegen (B vd Riet, 2014). In de tabel hieronder (9) is deze potentiële oogstopbrengst weergegeven.

Tabel 8: Kengetallen van lisdodde: biomassaproductie, opbrengst en potentiële jaaromzet per hectare (Heinz, 2010) (Schaefer, 2007) (B vd Riet, 2014).

Lisdodde t.b.v isolatie	
Biomassaproductie	6.5 – 15 (-22) ton DS ha ⁻¹ jaar
Opbrengst ruw (a/d poort)	€100 – 200 per ton DS
Potentiële jaarlijkse omzet (ha ⁻¹)	€2.000 gemiddeld
Opbrengst halffabricaat (a/d poort)	€300 – €500 per ton DS
Potentiële jaarlijkse omzet (ha ⁻¹)	€4.800 gemiddeld

Het Veenweiden Innovatiecentrum publiceerde de potentiële oogst en opbrengst van lisdoddenteelt op 30 september 2016 als volgt (tabel 8):

Tabel 9: Biomassa productie en opbrengst lisdodden Veenweiden Innovatiecentrum (VIC, 2017).

Biomassa Productie	Biomassa	Opbrengst
Ruwvoeders	10-25 ton droge stof/ha	€90 – 160 per ton droge stof
Vezels	15-20 ton droge stof/ha	€80 – 120 per ton droge stof

Het Veenweiden Innovatiecentrum indiceert niet direct de omzet, maar wel de benodigde investeringen voor de teelt van Lisdodden. Zij stellen dat de intensiteit van de teelt bepalend is voor de kosten van de teelt. De kosten bestaan uit het inzaaien/aanplanten van de lisdodden en het verwijderen van de wortelmat. De kosten hiervan zijn €1.500 tot €4.000. De teelt specifieke kosten voor beheer en onderhoud indiceren zij op €250 tot €1.500. Ook deze kosten zijn afhankelijk van de intensiteit van de teelt.

4.4 Conclusie

De verschillende onderzoeken naar biomassa productie zijn in onderstaande tabel 9 overzichtelijk weergegeven.

Tabel 10: overzicht onderzoeksresultaten biomassaopbrengst lisdodden.

Onderzoeker	Locatie en bijzonderheden	Soort Lisdodde	Bovengrondse Biomassa ton/ha	Ondergrondse Biomassa ton/ha	Totaal Biomassa ton/ha
Dubbe	Minnesota VS Natuurlijke standplaats- versus gecultiveerde standplaats	Grote Lisdodde	4,7 – 8,2 4,3 – 14,8	4,4 – 5,4 4,9 – 9,2	
	Minnesota VS Natuurlijke standplaats- versus gecultiveerde standplaats	Kleine Lisdodde	2,2 – 13,9 12,3 – 21,2	Geen onderzoeksresultaat 6.6 – 25,3	
Heinz	Zuid Duitsland gecultiveerde standplaats	Grote Lisdodde	7 ton/ha	33 ton/ha	
	Zuid Duitsland gecultiveerde standplaats	Kleine Lisdodde	13 ton/ha	33 ton/ha	
Veenweiden Innovatie Centrum	Nederland In de vorm ruwvoeder Als vezels	Geen onderscheid naar groot of klein	10 tot 25 15 tot 20		
Tanaka	Nederland Model bij ideaal NPK	Grote lisdodde	25	19	
Nauta	Nederland locatie Bûtefjild nagebootst in een laboratorium experiment Stikstofgift N50 (gebruik van enkel voedingsstoffen oppervlaktewater)	Grote Lisdodde			52,9
Nauta	Nederland locatie Bûtefjild laboratorium experiment Stikstofgift N450	Grote Lisdodde (kunstmatige bemesting)			100

De variatie in potentiële oogstopbrengst uit deze verschillende bronnen is groot, de biomassa productie van lisdodden hangt sterk af van de beschikbare nutriënten. Tanaka et al. ontwikkelde een model voor de maximaal haalbare oogstopbrengst voor lisdodden bij ideaal NPK, op variërende breedtegraad. De vertaling hiervan naar Leeuwarden is ook in tabel 10 weergegeven.

Geconcludeerd wordt dat het onderzoek van Nauta het meest representatief is om de biomassa productie te indiceren voor het teeltbed dat Better Wetter aanlegt op de locatie Bûtefjild, immers, Nauta deed ook op deze locatie onderzoek. Variabelen zoals klimaat, temperatuur, licht, bodemsamenstelling, zuurgraad of nutriënten komen in zijn onderzoek meest overeen. Het onderzoek van Nauta wordt daarom als leidend aangenomen in de voorspelling van de potentiële oogstopbrengst van de lisdodden op het aan te leggen kweekbed. Dit betekent dat een en biomassa productie van ongeveer 60 ton per hectare grote lisdodde gerealiseerd kan worden op het

kweekveld, bij kunstmatige toevoeging van nutriënten. Wanneer enkel de aanwezige voedingsstoffen uit het oppervlaktewater gebruikt worden kan een opbrengst van ongeveer 50 ton per hectare gerealiseerd worden. Dit kan wanneer de doorvoer van oppervlaktewater tenminste 3 maal de inhoud van het bassin, per jaar, door het kweekbed voert. Kleine lisdodden produceren minder biomassa. Stikstof geldt als de belangrijkste factor voor groei. De biomassa neemt toe met de stikstofgift uit het oppervlaktewater.

De pomp die de aanvoer op het bassin verzorgt moet voldoende capaciteit te hebben voor minimaal 3 maal de inhoud van het bassin plus de verdamping. De lage zuurgraad (op de locatie Bûtefjild), geldt als een beperkende factor voor de productie van biomassa. Naast Stikstof kan Kalium limiterend zijn. Uit bovenstaande volgt dat monitoring op het kweekbed meting van nutriënten in de aanvoer, de afvoer en de bodem van afvoeroppervlaktewater op het kweekbed omvat. Stikstof, Kalium en de pH gelden dan als de belangrijkste waarden. Door eveneens de groei van de planten en biomassaproductie te monitoren kan dan, waar mogelijk, bijgesteld worden tijdens de groei.

De waarde van de droge biomassa werd in 2014 geïndiceerd op €100,- tot €200,- en in 2016 op €80,- tot €160,- per ton droge stof.

De biomassa opbrengst wordt medebepaald door de frequentie en wijze van oogsten. Aangeraden wordt om alleen de bovengrondse –, en niet de ondergrondse plantdelen te oogsten. De bovengrondse delen kunnen in de winter en eventueel ook in de zomer geoogst worden. Zomeroogst benadeelt de oogstopbrengst in het volgend seizoen. Oogsten in de winter kan eventueel ook onder water, op 10 tot 20 centimeter boven het maaiveld. Oogsten in de zomer moet boven het wateroppervlak gebeuren.

Hoofdstuk 5 Zouttolerantie

5.1 Zouttolerantie

Hoe hoog is de zouttolerantie van de grote lisdodde en kleine lisdodde?

Water en oeverplanten zijn in meer of in mindere mate gevoelig voor zout (natriumchloride). Het effect van zout op water- en oeverplanten werd onderzocht door Bonnie Hale. In haar onderzoek 'plant versus zout test' werd zout toegevoegd aan planten in waterbassins. Tweewekelijks werd de concentratie natriumchloride met 0,1 % (0,1 gram/liter) verhoogd en vervolgens werd geregistreerd wanneer de planten afstierven. De concentratie zout werd verhoogd van 0,1 tot 0,6 % (gram/liter). Verminderde groei of het optreden van gebreken als gevolg van het zout werd niet geregistreerd. Een van de onderzochte planten door Hale was de grote lisdodde. De onderzoek uitslagen kunnen niet als absolute waarden worden beschouwd. Het onderzoek werd in Michigan gedaan. Veel andere waarden zoals grond, temp of licht variëren. Wel geeft het onderzoek een indicatie van zouttolerantie en een relatieve score ten opzichte van de 43 andere onderzochte soorten water- en oeverplantensoorten. Grote lisdodde stierf in het onderzoek af bij een zoutconcentratie van 0,4 %. De relatieve zouttolerantie van grote lisdodde in dit onderzoek is daarmee net iets boven gemiddeld, ten opzichte van de overige onderzochte plantensoorten. Kleine lisdodde werd niet onderzocht. De voor ons exotische soort dwerglisdodde (*Typha minima*) werd wel onderzocht en stierf af bij een concentratie van 0,3 % (Hale, 2001).

Onderzoek naar de zouttolerantie van lisdodden werd ook gedaan door Choudhuri. Uit zijn onderzoek blijkt grote lisdodde weinig tolerant te zijn voor zout. Met namen tijdens de ontkieming is de grote lisdodde gevoelig voor zout (Choudhuri, 1968).

De zouttolerantie van de kleine lisdodde werd onderzocht door Crain et al (2004). Kleine lisdodde blijkt uit dit onderzoek weinig tolerant voor zout. Licht brak water wordt door de plant getolereerd (Crain, 2004).

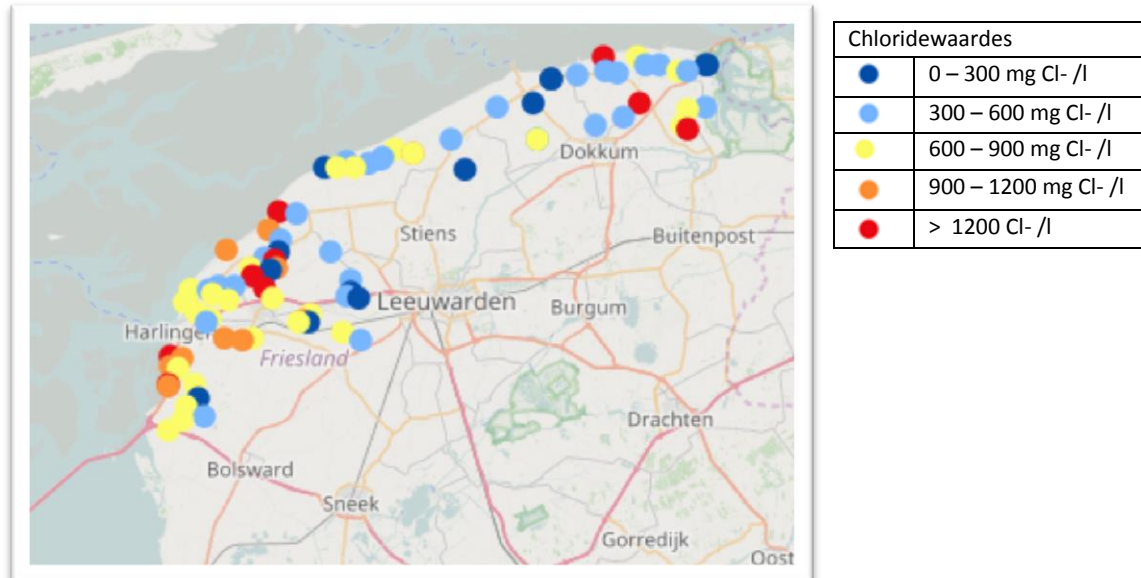
Kleine lisdodde heeft een lage zouttolerantie volgens H. De Lange, M. Paulissen en P. Slim 2012. Het tolereert niet meer dan 25% zeewater (H. De Lange, 2012). In de verschillende literatuur worden verschillende eenheden en aanduidingen gebruikt met betrekking tot de zoutwaarden. Ter vergelijking zijn in tabel 10 meerdere zoutgehalten uitgezet tegen verschillende landbouwgewassen.

Tabel 11: Zouttolerantie van landbouwgewassen (Bakel, 2011).

Chloride	NaCl	Aanduiding	Gebruikerswaarde
0 - 300	0 - 0.48	Zoet	Geschikt voor beregening van gewassen in de volle grond
300 - 600	0.48 – 0.96	Eningszins brak	Geschikt voor beregening van alle gewassen behalve erwten en bonen in droge zomers. Geschikt voor alle groentegewassen in de volle grond, behalve sla, stam en stokbonen, augurken en dopertwen
600 – 900	0.96 – 1.44	Licht brak	Geschikt voor beregening van matig gevoelige gewassen zoals aardappelen, vlas, uien, bloemkool, knolselderij, peen en prei
900 – 1200	1.44 – 1.92	Matig brak	Geschikt voor weinig gevoelige gewassen zoals granen, bieten, spinazie, spruitkool, witlof, boerenkool, radijs en kroot
1200 – 2000	1.92 – 3.2	Brak	Met de stijging van het zoutgehalte in toenemende mate ongeschikt voor beregening van gewassen in volle grond. Nog wel geschikt voor infiltratie, ziektebestrijding en drenking vee
2000 - 5000	3.2 – 8.0	Zeet brak	Ongeschikt voor beregening, twijfelachtig voor drenking van vee
> 5000	> 8	Zout	Onbruikbaar voor land en tuinbouwdoeleinden

Uit de verschillende bronnen blijken de grote en de kleine lisdodde weinig tolerant voor zout.

De chloridekaart van het waterschap Friesland geeft zoutwaarden weer en is hieronder weergegeven in afbeelding 6. Alle gebieden met een gemeten verhoogde zoutwaarde zijn minder geschikt voor lisdodden teelt. Gebieden met een hogere waarde dan 600 – 900 mg Cl-/l (geel) zijn niet geschikt voor lisdodden teelt. De locatie Bûtefjild is, voor wat betreft het zoutgehalte in het grondwater, geschikt voor de teelt van lisdodden.



Afbeelding 5: chloride kaart Friesland (Wetterskip Fryslan, 2012).

5.2 Conclusie

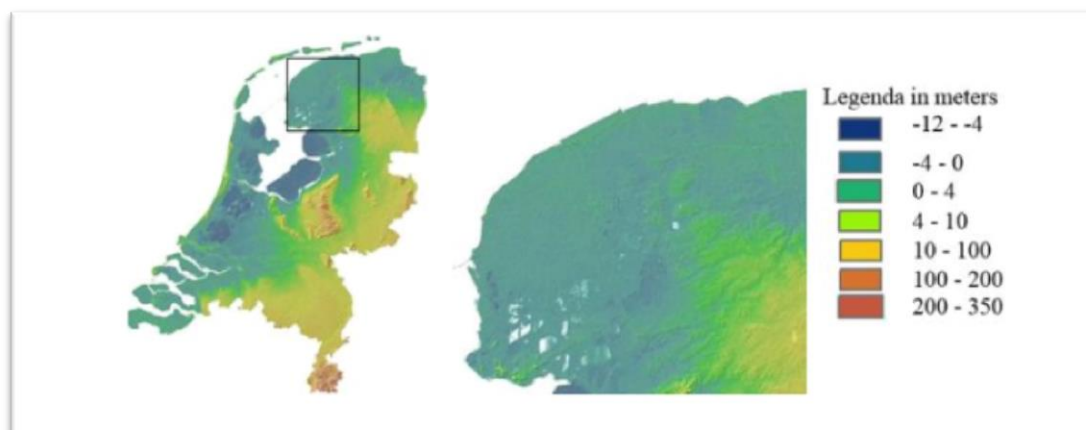
Uit de verschillende bronnen blijken de grote en de kleine lisdodde weinig tolerant voor zout. De locatie Bûtefjild is, voor wat betreft het zoutgehalte in het grondwater, geschikt voor de teelt van lisdodden.

Hoofdstuk 6 Lisdodde teelt bed

6.1 Het ideale teeltbed

Hoe zit het ideale ontwerp voor een lisdodde teeltbed eruit?

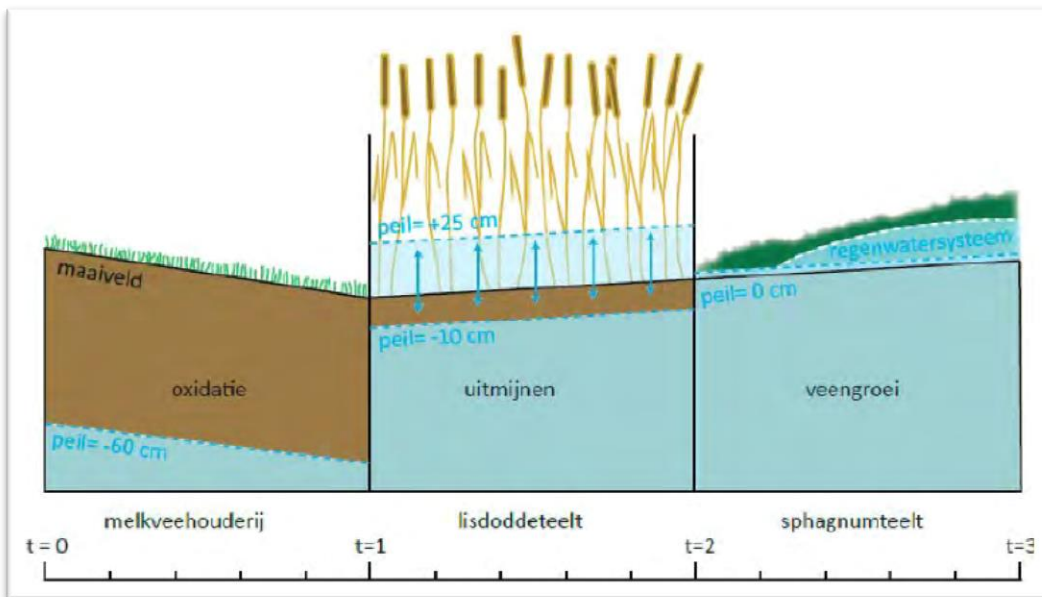
Het teeltbed op de locatie Bûtefjit is gelegen in het Friese veenweidegebied. Het Friese veenweidegebied is een laaggelegen gebied. Afbeelding 6, toont het actuele hoogte bestand van Nederland. Hierin is zichtbaar dat het gebied van 0 tot -4 meter onder NAP ligt (PDOK, 2015) .



Afbeelding 6: actueel hoogte bestand Nederland, Friesland (PDOK, 2015).

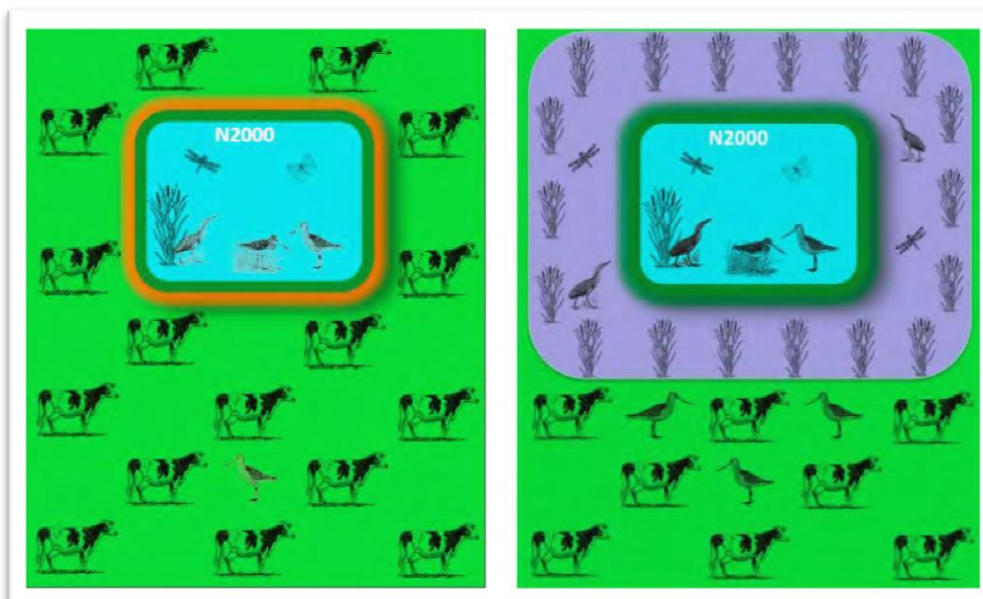
Natuur en productie staan niet tegenover elkaar, maar bevinden zich op een glijdende schaal, waarbij het traject tussen 100% natuur en 100% productie interessant kan zijn. Veel natte teelten zitten in dit traject, waarbij het verdienmodel is gebaseerd op een deel inkomsten uit de markt en een deel uit ecosysteemdiensten (Fritz & Lamers, 2016).

Dergelijke teelt is in afbeelding 7 weergegeven. De afbeelding verbeeldt de mogelijke transitie van melkveehouderij in veenweiden naar vormen van natte landbouw. In de eerste fase van transitie, wanneer veel voedingsstoffen na vernatting vrijkomen, is lisdoddeteelt een geschikte vorm van natte landbouw; door uitmijnen (afvoer van voedingsstoffen via oogsten van biomassa) en eventuele veenvorming zou op de langere termijn veenmosteelt mogelijk zijn. Melkveehouderij leidt tot voortgaande bodemdaling en emissie van broeikasgassen, terwijl bij lisdoddeteelt een veenmosteelt bodemdaling stopt, emissiereductie wordt gerealiseerd en eventueel zelfs veenvorming zou kunnen plaatsvinden.



Afbeelding 7: Mogelijke transitie naar vormen van natte landbouw (Van de Riet BP, 2013).

Natte teelt kan ook als buffer of overgangszone gebruikt worden op natte natuur. De hieronder weergegeven afbeelding 8, is een schematische weergave van de transitie van de melkveehouderij (weidegang, grasland) een overgangszone, naar natte natuur (Fritz & Lamers, 2016).



Afbeelding 8: Schematische weergave transitie melkveehouderij naar natte landbouw (Fritz & Lamers, 2016).

In gesprek geeft I. Mettrop aan dat Better Wetter in het bijzonder geïnteresseerd is in toepassingen van lisdoddenteelt bij transitie naar natte landbouw en/of transitie naar natte natuur (Mettrop, 2017).

Dit onderzoek beoogt een teeltbed voor lisdodden te ontwerpen. Het ontwerp en de inrichting van een teeltbed voor lisdodden is sterk afhankelijk van de doelstellingen die gelden bij het teeltbed. Voor het teeltbed van Better Wetter geldt de doelstelling een teeltbed te ontwerpen voor de experimentele groei van lisdodde, met een oppervlak van slechts 2000 vierkante meter. Wanneer lisdodden op grote schaal gekweekt worden en de doelstelling is bijvoorbeeld het maximaliseren van de opbrengst tegen minimale kosten, en/of er geldt als (neven)doelstellingen de kweek te integreren

in waterberging of natuurdoelstellingen, dan gelden andere keuzen in het ontwerp. Om handvatten te bieden voor deze zeer variërende teeltbedden formuleren wij eerst een aantal concrete aanbevelingen bij een teeltbed voor lisdodden. Vervolgens doen wij een voorstel voor het proef teeltbed voor Better Wetter.

Algemene aanwijzingen voor een lisdodden teeltbed:

- Een teeltbed voor Lisdodden moet het hele jaar door nat zijn.
- Een teeltbed kan ingezaaid worden alsook ingepland worden met stekken of opgekweekte zaailingen. Deze inrichtingskeuze is afhankelijk van omgevingsfactoren; In hoeverre kan de waterstand geregeld worden en de concurrentiedruk. Wanneer de waterstand van 0 tot 20 centimeter gelijkmatig kan worden opgevoerd en er weinig concurrentiedruk is, kan gezaaid worden.
- Zaaïen kan het beste gebeuren in de maanden juni en juli, dan is de kieming maximaal.
- Wanneer men het kweekbed zo snel mogelijk volgroeid wil, verdient de aanplant van stekken of voorgetrokken zaailingen de voorkeur.
- Stekken of zaailingen aanplanten is duurder en arbeidsintensiever.
- Het opgroeien van zaailingen of stekken wordt eveneens door een gelijkmatige verhoging van de waterstand, afgestemd op de groei, bevorderd.
- Lisdodden groeien snel. Daarom is aanplant met 2 stekken of zaailingen per vierkante meter voldoende om het kweekbed snel dicht te doen groeien. Minder dicht aanplanten, met 0,5 of 0,25 plant per vierkante meter, is mogelijk.
- Het combineren van zaaïen en aanplanten is mogelijk door eerst te zaaïen en een volgend jaar op lege plakken in het kweekbed stekken of zaailingen aan te planten.
- Het ontwerp van het kweekbed moet aangepast zijn op de oogstmethode. Voor het oogsten met een boot moet de waterstand tijdelijk verhoogd kunnen worden tot minimaal 50 centimeter.
- Om de wortelstokken niet te beschadigen tijdens het oogsten kan gebruik gemaakt worden van een zeer lichte maaimachine. Dat kost echter meer tijd.
- Om met een zwaardere machine te kunnen oogsten kunnen paden ten behoeve van de (wielen) van de maaimachines in het ontwerp worden opgenomen
- Oogst dient zo vroeg mogelijk in de winter, of zo laat mogelijk in de zomer plaats te vinden. Latere oogst vermindert de kwaliteit, vroegere oogst vermindert de opbrengst in het volgend jaar.
- Het verdient de voorkeur alleen de bovengrondse biomassa te oogsten.
- Het bovengronds plantmateriaal wordt geoogst op 10 tot 20 centimeter boven de grond, zodat jonge scheuten niet beschadigd worden.
- Bij oogst in de winter hoeft geen rekening te worden gehouden met de oogsthoogte in verhouding tot het waterpeil. Een hoger waterpeil doet dan geen schade.
- Wanneer ook in de zomer geoogst wordt dient boven het wateroppervlak te worden gemaaid, anders sterven de planten af.
- Een tweede oogst in de zomer heeft nadelige invloed op de oogstopbrengst in het volgende jaar.
- Grote lisdodde levert meer biomassa dan kleine lisdodde.
- De aanvoer van nutriënten is cruciaal voor lisdodden teelt. Lisdodden hebben een zeer grote behoefte aan nutriënten en kunnen daarmee ook een rol van betekenis spelen als waterzuiveraars.
- Zaaïen kan het best gedaan worden met zaad van lokale lisdodden. Die hebben zich het best aangepast aan lokale variatie zoals klimaat e.a.

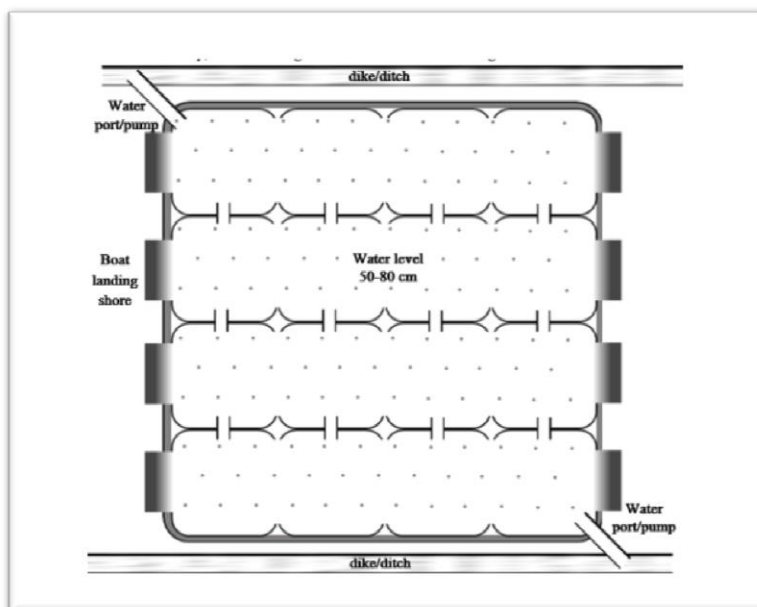
Het proef teeltbed op de locatie Bûtefjit;

Het teeltbed voor lisdoddenteelt op de locatie Bûtefjit is bedoeld als proeftuin voor in het begin van dit hoofdstuk beschreven toepassingen. Het teeltbed kent een oppervlak van slechts 2000 vierkante meter. In het teeltbed zal allereerst een kunstmatig verhoogd waterpeil gerealiseerd moeten worden. Water wordt aangevoerd vanuit de aanliggende sloot ten zuidwesten van het perceel. Dit nutriëntrijk oppervlaktewater is zeer geschikt voor de teelt (Wild, 2001).

Voor het ontwerpen van grote velden met lisdodde teelt moet rekening gehouden worden met oogst methode en machines of boten. Omdat het beoogde teelt bed een beperkt oppervlak heeft is dit in het ontwerp niet meegenomen. Stekken of het aanplanten van voorgetrokken zaailingen is relatief duur en arbeidsintensief. Om grotere gebieden te laten koloniseren heeft zaaien daarom de voorkeur. Het beoogde teelt bed is een beperkt oppervlakte van 2000 vierkante meter en daarom is gekozen voor de methode herplanten van wortelstokken en een deel zaaien.

Eerder in deze literatuurstudie kwam naar voren dat grote en kleine lisdodden in natuurlijke standplaats 50 centimeter waterdiepte ideaal vinden. Uit studies met kweek kwamen lagere waterstanden als naar voren. Verschillende bronnen komen tot verschillende conclusies met betrekking tot de ideale waterdiepte voor de kweek. Een eenduidig antwoord voor ideale waterdiepte is er vooralsnog niet. Vergelijk van deze bronnen leidt tot de conclusie dat 20 tot 22 centimeter waterdiepte voor de lisdodden meest gehanteerd wordt is bij de kweek, en dat kleine lisdodde meer geschikt is om bij een grotere waterdiepte te kweken.

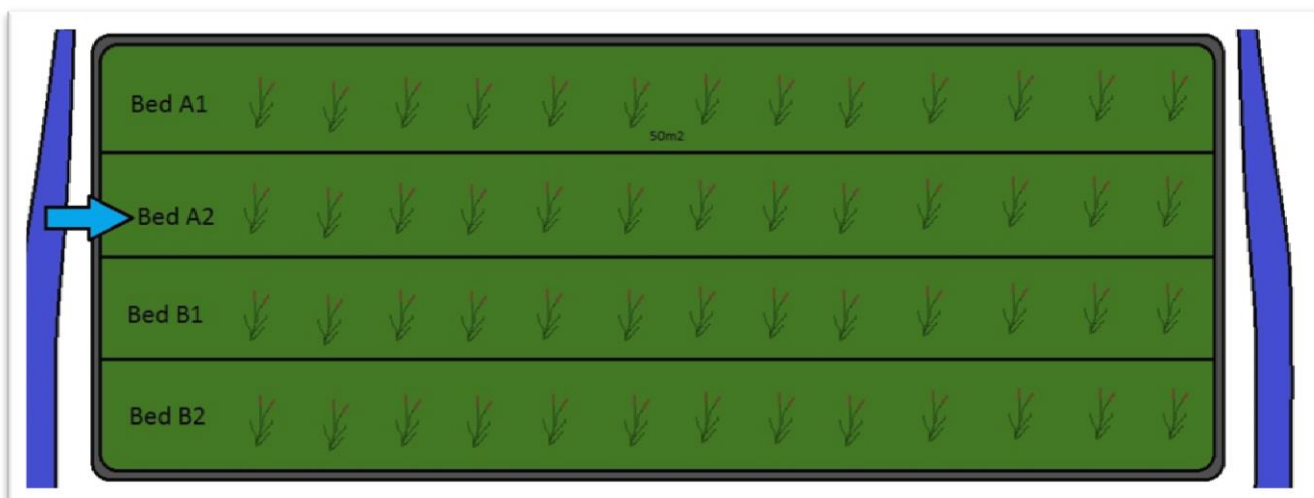
Wymenga ontwierp een teeltbed voor grootschalige teelt. Voedingsstoffen accumuleren vaak in de zuidwesthoek van een waterpartij. Door het gebruik van verschillende vakken (communicerende vaten) wordt het water en de voedingsstoffen door het gehele veld geleid, afbeelding 9 (Wymenga, 2015).



Afbeelding 9: teeltbed opzet met communicerende vaten (Wymenga, 2015).

Omdat het beoogde proefveld een beperkt oppervlakte heeft van 2000 vierkante meter, is deze niet geschikt voor het realiseren van verschillende vakken. Er wordt verwacht dat het water en de voedingsstoffen door middel van de pomp en overloop door het gehele veld vloeien.

6.2 Ontwerp



Tabel 12: Verschillende dichtheden van stekken aanplanten en zaaien.

Bed A1	<i>Typha latifolia</i>	Dichtheid 1: 4 per m ² = 200 wortelstokken
Bed A2	<i>Typha latifolia</i>	Dichtheid 2: 2 per m ² = 100 wortelstokken
Bed B1	<i>Typha latifolia</i>	Dichtheid 3: 1 per m ² = 50 wortelstokken
Bed B2	<i>Typha latifolia</i>	Dichtheid 4: 1 per 2 m ² = 25 wortelstokken

Ter voorbereiding wordt de bodem van het teeltbed losgewerkt tot een diepte van 30 centimeter. Deze veraarde bovenlaag wordt gehomogeniseerd en kan als sliblaag gaan functioneren. Met een goede sliblaag zullen de wortelstokken zich goed ontwikkelen. De wortelstokken verankeren de plant in de bodem (Wild, 2001).

In het experimentele teeltbed is gekozen te experimenteren met verschillende dichtheden van stekken aanplanten, zie tabel 12 voor de dichtheden.

In het teeltbed is een kunstmatig verhoogd waterpeil gerealiseerd. Hiervoor zijn kunststofdamwanden van 150 centimeter aangelegd. De damwanden zitten 90 centimeter in de grond en steken 60 centimeter boven de grond uit. Water wordt aangevoerd vanuit de aanliggende sloot ten zuidwesten van het perceel. In deze zuidwestelijke sloot is een pomp op zonne-energie geplaatst, aan de noordoost kant van het teeltbed is een overloop. Hierdoor is het waterpeil in het teeltbed flexibel en controleerbaar. Daarnaast moet voor de aanvoer van nutriënten steeds nieuw water door het hele teelt bed vloeien. Het nutriëntrijk oppervlaktewater uit de aanliggende sloot is zeer geschikt voor de teelt.

Voor het proefteeltbed wordt gekozen voor een waterdiepte van 22 centimeter bij het aanplanten. Naarmate de lisdodde groeit wordt het waterpeil verhoogd naar maximaal 50 centimeter. Zie het stappenplan aanleg in hoofdstuk 6.3 voor het schema van de waterpeil verhoging.

In het midden van het teeltbed wordt ten behoeve van de monitoring een peilbuis geplaatst.

6.3 Stappenplan aanleg

- 1) Aanleg damwanden
 - 2) Aanleg pomp en overloop
 - 3) Bodem homogeniseren
 - 4) Bodem los werken tot 30 cm
 - 5) Waterdiepte +20 cm
 - 6) Wortelstokken poten
 - 7) Na circa 2 weken, waterdiepte +25 cm
 - 8) Na circa 4 weken, waterdiepte +30 cm
 - 9) Na circa 5 weken, waterdiepte +35 cm
 - 10) Na circa 6 weken, waterdiepte +40 cm
 - 11) Na circa 7 weken, waterdiepte +45 cm
 - 12) Na circa 8 weken, waterdiepte +50 cm
 - 13) Monitoring
- (GRACE, 1989) (Wild, 2001) (Dubbe, et al., 1988) (Heinz, 2010).

6.4 Samenvatting

Bij ontwerp en aanleg van een lisdodden teeltbed gelden als belangrijkste richtlijnen;

- Een teeltbed voor lisdodden moet het hele jaar door nat zijn.
- Een teeltbed kan ingezaaid worden alsook ingepland worden met stekken of opgekweekte zaailingen. Deze inrichtingskeuze is afhankelijk van omgevingsfactoren; In hoeverre kan de waterstand geregeld worden en de concurrentiedruk. Wanneer de waterstand van 0 tot 20 centimeter gelijkmatig kan worden opgevoerd en er weinig concurrentiedruk is, kan gezaaid worden.
- Zaaïen kan het beste gebeuren in de maanden juni en juli, dan is de kieming maximaal.
- Wanneer men het kweekbed zo snel mogelijk volgroeid wil, verdient de aanplant van stekken of voorgetrokken zaailingen de voorkeur.
- Stekken of zaailingen aanplanten is duurder en arbeidsintensiever.
- Het opgroeien van zaailingen of stekken wordt eveneens door een gelijkmatige verhoging van de waterstand, afgestemd op de groei, bevorderd.
- Lisdodden groeien snel. Daarom is aanplant met 2 stekken of zaailingen per vierkante meter voldoende om het kweekbed snel dicht te doen groeien. Minder dicht aanplanten, met 0,5 of 0,25 plant per vierkante meter, is mogelijk.
- Het combineren van zaaïen en aanplanten is mogelijk door eerst te zaaïen en een volgend jaar op lege plakken in het kweekbed stekken of zaailingen aan te planten.
- Het ontwerp van het kweekbed moet aangepast zijn op de oogstmethode. Voor het oogsten met een boot moet de waterstand tijdelijk verhoogd kunnen worden tot minimaal 50 centimeter.
- Om de wortelstokken niet te beschadigen tijdens het oogsten kan gebruik gemaakt worden van een zeer lichte maaimachine. Dat kost echter meer tijd.
- Om met een zwaardere machine te kunnen oogsten kunnen paden ten behoeve van de (wielen) van de maaimachines in het ontwerp worden opgenomen

- Oogst dient zo vroeg mogelijk in de winter, of zo laat mogelijk in de zomer plaats te vinden. Latere oogst vermindert de kwaliteit, vroegere oogst vermindert de opbrengst in het volgend jaar.
- Het verdient de voorkeur alleen de bovengrondse biomassa te oogsten.
- Het bovengronds plantmateriaal wordt geoogst op 10 tot 20 centimeter boven de grond, zodat jonge scheuten niet beschadigd worden.
- Bij oogst in de winter hoeft geen rekening te worden gehouden met de oogsthoogte in verhouding tot het waterpeil. Een hoger waterpeil doet dan geen schade.
- Wanneer ook in de zomer geoogst wordt dient boven het wateroppervlak te worden gemaaid, anders sterven de planten af.
- Een tweede oogst in de zomer heeft nadelige invloed op de oogstopbrengst in het volgende jaar.
- Grote lisdodde levert meer biomassa dan kleine lisdodde.
- De aanvoer van nutriënten is cruciaal voor lisdodden teelt. Lisdodden hebben een zeer grote behoefte aan nutriënten en kunnen daarmee ook een rol van betekenis spelen als waterzuiveraars.
- Zaaïen kan het best gedaan worden met zaad van lokale lisdodden. Die hebben zich het best aangepast aan lokale variatie zoals klimaat e.a.

Hoofdstuk 7 Discussie

In opdracht van Better Wetter deden wij literatuuronderzoek naar het ideale teeltbed voor de kweek van Lisdodden. Om tot dit ontwerp te komen werden zoveel mogelijk bronnen op een rij gezet.

Een eerste constatering of discussiepunt uit dit onderzoek is: Het ideale teeltbed voor lisdodden bestaat niet.

Wat wordt hiermee bedoeld? Het ideale teeltbed is in feite een laboratoriumopstelling waarvan de realisatie in het veld ongewenst is. Tanaka et al. ontwikkelde een model voor maximaal mogelijke productie. Om maximale productie in de praktijk te realiseren moeten alle omstandigheden naar ideaal gemanipuleerd worden. Als praktijkvoorbeeld; de locatie Bûtefjit, het proef teeltbed van Better Wetter, kent te zure omstandigheden voor ideale groei. Om maximale productie te bewerkstelligen, zouden maatregelen getroffen moeten worden (kalk toevoegen) om de zuurgraad positief te beïnvloeden. Ook zouden op de locatie Bûtefjit nutriënten aan het oppervlaktewater moeten worden toegevoegd om de productie te maximaliseren. Dergelijke manipulaties zijn echter dusdanig ingrijpend op het milieu dat zij onwenselijk zijn. Wanneer lisdoddenteelt grootschalig wordt toegepast, met als nevensdoelstelling transitie naar natte landbouw en/of natte natuur, wordt deze tegenstrijdigheid alleen maar groter. Waar bodemdaling wordt gecontroleerd zou dan gelijktijdig milieuschade aan natuur gedaan worden. Bij natuurdoelstellingen passen dergelijke ingrepen in het huidige denken niet. Het ene milieuprobleem wordt dan aangepakt en het volgende wordt precies in die oplossing gecreëerd.

De conclusie dat het ideale teeltbed in feite niet bestaat impliceert dat pragmatische keuzen gemaakt moeten worden. Om die pragmatische keuzen te vergemakkelijken en Better Wetter handvatten te bieden voor lisdoddenteelt zijn de overeenkomsten en de verschillen, voor zover relevant voor de teelt, van beide lisdodde soorten op een rij gezet.

De overeenkomsten in de teelt hebben als onderzoeksresultaat een lijst met algemene aanwijzingen voor de teelt van lisdodden opgeleverd. Deze lijst is weergegeven in Hoofdstuk 5 van dit onderzoeksverslag. De lijst in hoofdstuk 5 geeft handvatten om de teelt van lisdodden pragmatisch te realiseren. Naast overeenkomsten relevant voor de teelt van beide soorten leverde deze studie ook een lijst met opvallende verschillen tussen de beide soorten lisdodden op. Ook deze lijst is bruikbaar voor de teelt, het teeltbed ontwerp en de teeltbed aanleg. De volgende verschillen tussen grote en kleine lisdodden kwamen naar voren;

- Lisdodden kiemen bij een waterstand gelijk met het maaiveld en sterven af bij een wat hogere waterstand
- Grote lisdodden zaad kiemt beter dan kleine lisdodden zaad
- Grote lisdodde is meer een pionier, dit uit zich ook in de generatieve groei. Door het zetten van nieuwe wortelstokken verspreidt hij zich het snelst
- Grote lisdodde is iets beter bestand tegen iets zure-, en tegen iets basische omstandigheden
- Kleine lisdodde groeit goed in dieper water tot +80 cm
- Grote lisdodde heeft een voorkeur voor ondieper water

Bovengenoemde verschillen tussen grote en kleine lisdodden hebben gevolgen voor de inrichting van het teeltbed. Vooral wanneer naar toepassingen van lisdoddenteelt in de overgang naar natte landbouw en natte natuur wordt gezocht kunnen vaak niet alle omstandigheden naar ideaal gemanipuleerd worden. Wanneer bijvoorbeeld de waterstand maar beperkt gemanipuleerd kan worden, kunnen bovenstaande verschillen in standplaats en ideale groei tussen grote en kleine lisdodden bepalende factoren zijn om te kiezen voor de teelt van grote of juist kleine lisdodden. Kan de waterstand bijvoorbeeld niet terug gebracht worden tot het maaiveld en wil op een groot oppervlak tegen weinig kosten telen, dan zou het inzaaien van kleine lisdodden de voorkeur verdienen. Is er sprake van meer zure omstandigheden dan is de teelt van grote Lisdodde de meest voor de hand liggende keuze. De lijst met verschillen kan zo helpen bij verschillende pragmatische keuzen.

Tot slot levert deze literatuurstudie een aantal tegenstrijdigheden op vanuit de onderzochte bronnen die hier als opties voor vervolg (experimenteel) onderzoek worden neergelegd.

Wildt komt uit experimenteel onderzoek tot de conclusie dat de bodem het best voorbereekt kan worden. De bodem wordt losgewerkt tot een diepte van 30 cm om als sliblaag te functioneren. Dit zou de beworteling positief beïnvloeden. De ervaring van Better Wetter leert dat dit niet noodzakelijk is.

Mogelijke experiment: Teelt in al dan niet voorbereekte grond. Onderzoek naar het (percentage) aangeslagen stekken en uiteindelijk behaalde productie.

Doel: effect van voorbereken van de grond inzichtelijk maken.

Verschillende bronnen leidden tot verschillende waterdiepten als ideaal voor de kweek van Lisdodden. Bij het ontwerp en de inrichting van het experimenteel teeltbed voor Better Wetter (hoofdstuk 5) wordt uitgegaan van de aanname dat 22 centimeter de meest geschikte diepte is voor de teelt. Echter: Apfelbaum komt uit experimenteel onderzoek tot de conclusie dat beide soorten lisdodden liefst groeien bij 50 centimeter waterdiepte. Grace (1989) kwam uit experimenteel onderzoek tot een ideale waterstand van 22 centimeter voor de kweek van grote Lisdodden. Uit ander onderzoek van Grace kwam een ideale waterstand voor de kweek van kleine lisdodden variërend van 50 tot 80 centimeter. Het Veenweiden Innovatiecentrum adviseert – 10 tot 20 centimeter waterdiepte voor lisdoddenteelt. De ideale waterdiepte voor maximale productie blijft daarmee in dit onderzoek onduidelijk.

Mogelijk experiment: Teelt met verschillende waterdiepten. Onderzoeksvragen gericht op ideale waterdiepte voor ideale groei.

Doel: Uitsluitsel geven over de ideale waterdiepte voor lisdoddenkweek.

Uit deze literatuurstudie komt ook naar voren dat de waterdiepte effect heeft op algengroei, onkruidruk en de ademhaling en assimilatie van de lisdodden, versus productie.

Mogelijk experiment: Teelt met verschillende waterdiepten. Onderzoeksvragen gericht algengroei en onkruidruk, in relatie tot ideale waterdiepte voor ideale groei.

Doel: Effect van algengroei en onkruidruk verduidelijken. Middels waterstand (manipuleren), uitsluitsel geven over de ideale waterdiepte voor lisdoddenkweek en de effecten van waterstand op onkruidruk, algen versus ademhaling en assimilatie en groei van de lisdodden.

Dit literatuuronderzoek leidde niet tot een bruikbaar bestaand schema voor het verhogen van de waterstand gedurende de groei van zaailingen en/of stekken. Het schema dat bij het teeltbed is weergegeven berust op eigen schattingen.

Mogelijk experiment: Verhogen van de waterstand gedurende de groei ten behoeve van ideale groei bij zaailingen en of lisdodden stekken.

Doel: Ontwikkelen van een schema 'verhogen waterstand bij lisdoddenteelt'.

Een kweekbed kan ingezaaid en of gepoot worden met stekken of voorgetrokken zaailingen. De arbeidsintensiteit en daarmee de kosten van de aanleg variëren daarmee enorm.

Mogelijk experiment: Aanplant met verschillende dichtheden, al dan niet gecombineerd met zaaien.

Doel: Meest kosten efficiënte methode ontwikkelen voor het beplanten/inzaaien van een grootschalig teeltbed.

Deze laatste mogelijke onderzoeksvraag werd uitgewerkt in dit verslag (hoofdstuk 5) voor het experimentele teeltbed van Better Wetter op de locatie Bûtefjit.

De conclusie dat lokale variaties in klimaat, bodem, water, nutriënten bepalend zijn voor de feitelijk lokaal maximaal haalbare opbrengst impliceert dat bij alle bovengenoemde potentiële onderzoeksvragen de onderzoeksvraag naar het maximaliseren van de oogstopbrengst, binnen het bij aanvang van dit hoofdstuk geschetste kader, in het onderzoek op de locatie Bûtefjit mee dient te worden genomen. Met dergelijk experiment kan een zo reëel mogelijk oogstopbrengst voorspelt worden naar lokale partijen. Hoe duidelijker is welke oogstopbrengst lokaal met lisdoddenteelt behaald kan worden, hoe beter risico's kunnen worden ingeschat. Dat nodigt uit tot daadwerkelijk ondernemen in lisdoddenteelt.

Literatuurlijst

- Apfelbaum, S. I., 1985. *Cattail (Typha spp.) Management*, Brodhead, Wisconsin: Applied Ecological Services.
- B vd Riet, R. v. G. H. G. N. H., 2014. *Vernatting voor veenbehoud, Casbon credits & kansen voor palidicteuur en natte natuur in Noord-Holland, interview pers. meded. R. Schwemmer, Naporo Klima Dämmstoff GmbH*, sl: Landschap noord Holland.
- Bakel, P. v., 2011. *Actualisering van de kennis van de zouttolerantie van landbouwgewassen*, sl: Alterra.
- Better Wetter, 2015. *Cattail Production Chain Development in Northeast Friesland*, sl: sn
- BOERS, A. & VELTMAN, R. & Z. J., 2007. *Typha x glauca dominance and extended hydroperiod constrain restoration of wetland diversity*, sl: Ecological Engineering 29.
- Brix, H. D.-j. K. & L. B., 2002. *Root-zone acidity and nitrogen source affects Typha latifolia L. growth and uptake kinetics of ammonium and nitrate*, sl: sn
- CHANDRA, R. & Y. S., 2010. *Potential of Typha angustifolia for phytoremediation of heavy metals from aqueous solution of phenol and melanoidin.*, sl: Ecological Engineering 36.
- Choudhuri, 1968. *Effect of soil salinity on germination and survival of some steppe plants in washington*, sl: sn
- Choudhuri, G. N., 1968. *Effect of Soil Salinity on Germination and Survival of Some Steppe Plants in Washington. Ecology*, sl: sn
- CIRIA, M. P. & SOLANO, M. & S. P., 2005. *Role of macrophyte Typha latifolia in a constructed wetland for wastewater treatment and assessment of its potential as a biomass fuel.*, sl: Biosystems Engineering 92(4): 535-544..
- Crain, C. M. S. B. R. B. S. L. & B. M. D., 2004. *Physical and biotic drivers of plant distribution across estuarine salinity gradients.*, sl: Ecology, 85(9), 2539-2549..
- DICKERMAN, J. & W. R., 1985. *Clonal growth in Typha latifolia: Population dynamics and demography of the ramets*, sl: Journal of Ecology 73.
- Dijkstra, K., 2001. *Wilde planten*. [Online]
Available at: <https://wilde-planten.nl/grote%20lisdodde.htm>
[Geopend 20 april 2017].
- Dubbe, D. R., Garver, E. G. & Pratt, D. C., 1988. *Production of Cattail (Typha spp.) Biomass in Minnesota, USA. Elsevier Science Publishers.*
- Fritz, C. & Lamers, L., 2016. *Lezing op het 1e Veldcongres 'Natte teelten in het veengebied*, sl: Radboud universiteit.
- GRACE, J. & W. R., 1982. *Niche differentiation between two rhizomatous plant species: Typha latifolia and Typha angustifolia*, sl: Can. J. Bot. 60.

- GRACE, J., 1988. *The effects of nutrient additions on mixtures of Typha latifolia L. and Typha domingensis Pers. along a water-depth gradient.*, sl: Aquatic Botany.
- GRACE, J., 1989. *Effect of water depth on Typha latifolia and Typha domingensis*, sl: American Journal of Botany 76.
- Gucker, C., 2008. *Typha latifolia. Fire Effects Information System*, sl: .S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory.
- H. De Lange, M. P. e. P. S., 2012. *Halophyte filters as saline treatment Wetlands*, sl: Alterra .
- Hale, B., 2001. *Bonniesplants*. [Online]
Available at: http://www.bonniesplants.com/how_to/salt_vs.html
[Geopend 10 febuari 2017].
- Heinz, S. I., 2010. *Population biology of Typha latifolia L. and Typha angustifolia L.: establishment, growth and reproduction in a constructed wetland*, MÜNCHEN : TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN .
- Holm L, D. J. H. E. P. J. H. J., 1997. *World weeds: natural histories and distribution*, sl: Wiley-Blackwell,.
- It Fryske Gea, 2016. *Meetresultaten waterkwaliteit Butenffilt*. [Online]
Available at:
<https://outlook.office.com/owa/?viewmodel=AttachmentViewModelPopoutFactory&wid=54&ispopout=1&path=>
[Geopend 10 februari 2017].
- M.J.H, d. L. J. R., 1986. *wur.nl*. [Online]
Available at: <http://edepot.wur.nl/386719> M.J.H, de Lyon J.G.M. Roelofs
[Geopend januari 2017].
- MANDER, Ü. & J. P., 2004. *Natural wetlands for wastewater treatment in cold climates*, sl: Ashurst (Wit Pres): 101-125..
- Mettrop, I., 2017. *Persoonlijk gesprek adviesbureau Altenburg en Wymenga, partner in Better Wetter* [Interview] (13 april 2017).
- Nauta, R., 2016. *Paludicultuur; natte, duurzame vorm van conventionele landbouw? Studie naar het effect van stikstofrijk oppervlaktewater op de biomassaproductie en nutriëntenbalans in de bodem*, Leeuwarden: Thesis Hogeschool van Hall Larenstein Leeuwarden & Radboud universiteit.
- PBL, 2001. *Bepaling ecotypen en toetsing indeling in ecologische soortgroepen van vegetaties*, Bilthoven: RIVM.
- PDOK, 2015. *Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN). 5 meter resolution Digital Elevation Model of the Netherlands*. [Online]
Available at: <http://geodata.nationaalgeoregister.nl>
[Geopend 10 december 2017].
- Poelsema, B., 2014. *Bemesting lisdodde* [Interview] (17 juni 2014).
- Pratt, D., Dubbe, D., Garver, E. & Johnson, 1988. *biomass production: Stand Management and sustainable yields: Final report, 1984-1988*, sl: sn

SALE, P. & W. R., 1983. *Growth and metabolism of Typha species in relation to cutting treatments*, sl: Aquatic botany 15:.

SAYGDEGER, S. & G., D. M. & K., 2004. *Effects of lead and pH on lead uptake, chlorophyll and nitrogen content of Typha latifolia L. and Ceratophyllum demersum L.*, sl: International Journal of Agriculture and Biology .

Schaefer, W. &, 2007. *Wetlands Monitoring modellig and marketing*, Polen: Taylor and Francis group.

Synbiosys, 2012. *Synbiosys ecotopen*. [Online]

Available at: <https://www.synbiosys.alterra.nl/ecotopen/soort.aspx?indexnr=1474>

[Geopend 3 februari 2017].

TANAKA, N., ASAEDA, T. & HASEGAWA, A. & T. K., 2004. *Modelling of the long-term competition between Typha angustifolia and Typha latifolia in shallow water - effects of nutrophication, latitude and initial advantage of belowground organs*, sl: Aquatic Botany .

Toet, S. B. M. C. A. & V. J., 2005. *Nutrient removal through autumn harvest of Phragmites australis and Typha latifolia shoots in relation to nutrient loading in a wetland system used for polishing sewage treatment plant effluent*, sl: Journal of Environmental Science and Helth.

Van de Riet BP, J. V. & M. H., 2013. *Rewetting Drained Peat Meadows: Risks and Benefits in Terms of Nutrient Release and Greenhouse Gas Ex-change*. *Water Air and Soil Pollution* 224., sl: sn

Veenweide innovatiecentrum, 2016. *Veenweide factsheet lisdodde*. [Online]

Available at: <http://www.veenweiden.nl/wp-content/uploads/2016/10/Factsheet-Lisdodde.pdf>

[Geopend 27 april 2017].

Venema, G. S. P. H. d. B. C. J. A. M. R. M. N. A. D. D. L. & P. J., 2009. *Landbouwverkenning provincie Fryslân tot 2020*, Wageningen : LEI Wageningen UR.

VIC, 2017. *Veenweiden Innovatiecentrum*. [Online]

Available at: <http://www.veenweiden.nl/>

Weeda, E. J. W. R. W. C. & W. T., 1994. *Nederlandse oecologische flora, Wilde planten en hun relaties*, Deventer: sn

Wetterskip Fryslan, 2012. *Kaarten*. [Online]

Available at: <https://www.wetterskipfryslan.nl/kaarten/chloride-kaart>,

[Geopend febuari 2017].

Wetzel, J. B. G. e. R. G., 1981. *Habitat Partitioning and Competitive Displacement in Cattails (Typha): Experimental Field*, Chicago: The University of Chicago Press.

Wild, U. K. T. L. A. H. S. & P. J., 2001. *Cultivation of Typha spp. in constructed wetlands for peatland restoration*, sl: sn

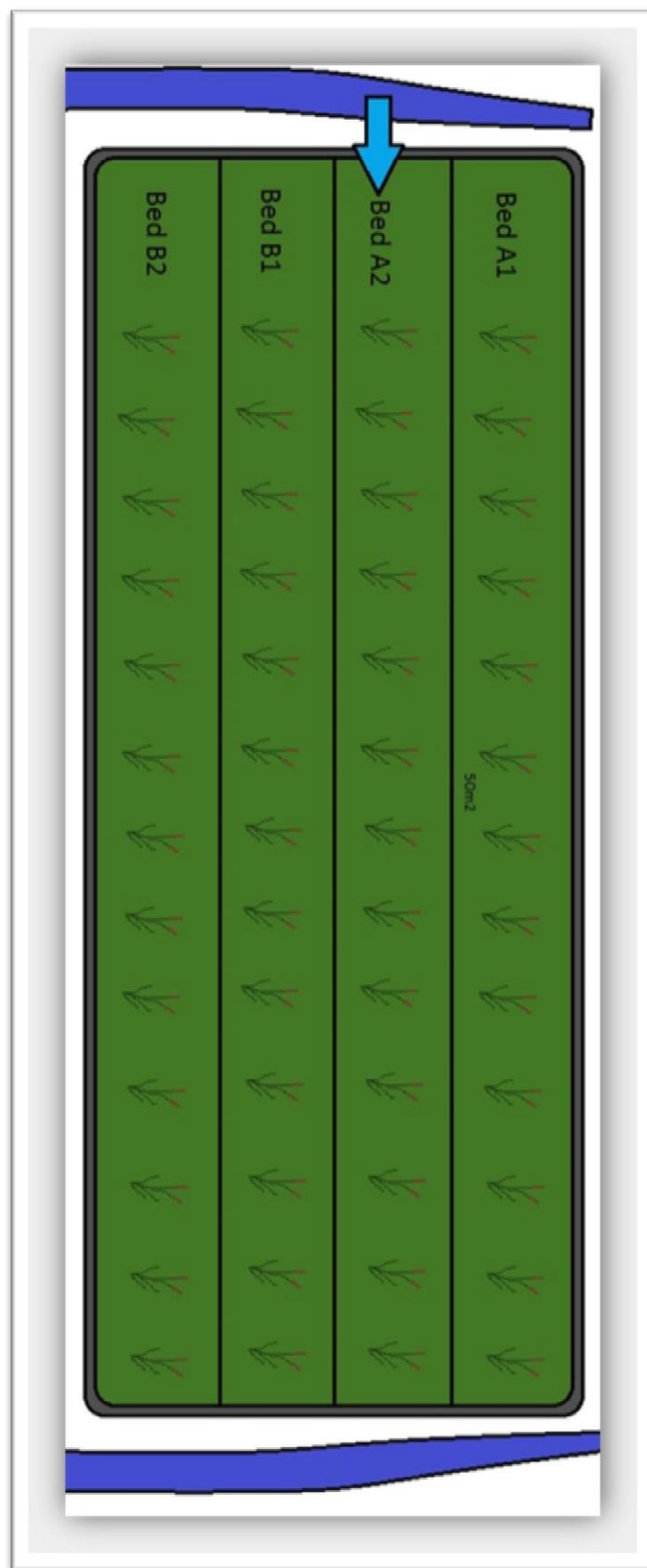
WILD, U., LENZ, A., KAMP, T. & HEINZ, S. & P. J., 2002. *Vegetation development, nutrient removal and trace gas fluxes in constructed Typha wetlands*, sl: sn

Wymenga, E., 2015. *Co-founder of ecological consultancy company Altenburg en Wymenga. Several interviews*, sl: sn

Bijlage A Teeltaanwijzing lisdodde

Teeltaanwijzing Lisdodden			
Open lucht teelt - Toevoer van nutriënten is cruciaal - Lisdodden kunnen ingezet worden als waterzuiveraars			
Zaaien		Stekken	
Kan bij weinig concurrentiedruk		Kan ook bij hoge concurrentiedruk	
Lage inrichtingskosten		Hogere inrichtingskosten	
In juni-juli maximale kieming		In het voorjaar	
		2 stekken per m²	
In 2 tot 3 jaar volgroeid teeltbed		In 1 tot 2 jaar volgroeid teeltbed	
Grote Lisdodde	Kleine Lisdodde	Grote Lisdodde	Kleine Lisdodde
Kiemt makkelijker	Kiemt minder makkelijk	Snellere verspreiding wortelstokken	Compactere pollen
Waterpeil			
Grote lisdodde zaaien	Kleine Lisdodde zaaien	Lisdodden stekken	
Waterstand +/- 0 cm	Waterstand 0 tot 12 cm	waterstand 0 tot 20 cm Blad moet boven het water uitkomen.	
Combineren van zaaien en stekken is mogelijk			
Stekken inplanten in dichtheid 0,5 of 0,25 plant per m²		Eventuele gaten in het teeltbed inzaaien.	
Volgroeide planten			
Grote Lisdodde		Kleine Lisdodde	
Kan iets beter tegen iets zure of iets basische omstandigheden		pH 6 – 8,5	
Levert meer biomassa op		Levert minder biomassa op	
Waterpeil			
Waterpeil -10 tot + 20 cm - met de groei opvoeren tot 20 cm			
Mogelijk: Waterpeil tijdelijk verhogen ter onkruidbestrijding			
Grote Lisdodde		Kleine Lisdodde	
Maximaal waterpeil 50 cm		Maximaal waterpeil 80 cm	
Oogstmethoden			
Lichte maaimachine - wortelstokken niet beschadigen			
Een teeltbed voorzien van paden/sporen voor zwaardere machines			
		Waterpeil	
Maaien met een boot		(Tijdelijk verhogen naar) minimaal 50 cm	
Oogstaanwijzingen			
Bovengrondse biomassa oogsten - Beste oogsttijd: Eind juli tot oktober			
Winteroogst: Oogst 10 tot 20 centimeter boven de grond, t.b.v. de jonge scheuten (kan onder waterspiegel)			
Ondergrondse biomassa oogsten is onvoldoende rendabel			
Een tweede oogst in de zomer kan –nadelige invloed op de oogst het volgende jaar - boven waterspiegel			

Bijlage B Ontwerp teeltbed



Bijlage C Monitoringsplan

Monitoring op het ingevoerde water, het uitgevoerde water en bodemvocht

Naam	Chris Dickhoff, Lonneke Kuijer
Datum	
Temperatuur	
Bewolking	
Wind	

	Locatienummer								
Parameter	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X-coördinaat	192067	192090	192106	192107	192130	192138	192157	192146	192074
Y-coördinaat	585362	585369	585378	585393	585399	585415	585416	585429	585380
pH									
O ₂ ORP									
DO %									
DO Mg/L									
MΩ/cm Resistivity									
Ppm/TDS Dissolved solids									
PSU									
EC µS/cm									
EGV Saliniteit									
FNU									
PSI									
Temp									

Diepte cm									
Doorzicht cm									
Bijzonderheden	Aanvoer sloot	Bed 1	Bed 1	Bed 1	Bed 2	Bed 2	Bed 3	Geul achter	Geul voor
Planten/ abundantie	-								