



# Veenweidesloot van de toekomst

Resultaten inventarisatie

Debby van Rotterdam (NMI/ Waternet)

Michiel Verhofstad (FLORON)

Laura Moria (NMI)

Elske Koppenaal (FLORON)

Jolien Verweij (Waternet)

Youri Egas (VIC)

Erik Jansen (VIC)

Martijn Thijssen (ORG-ID)

Deze conceptrapportage dient als inhoudelijke voortgangsrapportage over de periode t/m december 2023 voor opdrachtgever LNV. In een later stadium wordt deze rapportage definitief gemaakt en opnieuw gedeeld met de opdrachtgevers.

Verplichtingnummer LNV: 1400013466

Verspreiding

---

# Inhoudsopgave

<b>Samenvatting en conclusies</b>	<b>2</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>3</b>
1.1 Aanleiding	3
1.2 Afbakening	4
1.3 Verkenningfase	4
1.4 Onderzoeksvragen	5
1.5 Leeswijzer	6
<b>2 Aanpak verkenningfase</b>	<b>7</b>
2.1 Inleiding	7
2.2 Typering veenweidegebieden	7
2.3 Literatuuronderzoek	11
2.4 Veldinventarisaties	12
<b>3 Kennisbasis vernatten en erosie</b>	<b>14</b>
3.1 Oevererosie	14
3.2 Vernatten veenweidegebieden	16
3.3 Kennishiaten	20
<b>4 Typering veenweidegebieden</b>	<b>21</b>
4.1 Factoren die veensloottypen bepalen	21
4.2 Definitie veensloottypen	23
4.3 Variatie in factoren	25
4.4 Reflectie op sloottypering vanuit veldinventarisaties en literatuur en begeleidingsgroep	26
<b>5 Wensbeelden</b>	<b>27</b>
5.1 Zonering sloot – oever – perceel	27
5.2 Verfijning wensbeeld per sloottypes	32
5.3 Reflectie op wensbeelden vanuit veldinventarisaties	34
<b>6 Met beheer en onderhoud naar wensbeeld</b>	<b>36</b>
6.1 Algemene principes	36
6.2 Beheer slootvegetatie	39
6.3 Beheer bagger	44
6.4 Terrestrisch oeverbeheer	46
6.5 Perceelbeheer	48
6.6 Oeverherstel, beheer en onderhoud en inrichtingsmaatregelen	49
6.7 Kennishiaten beheer en onderhoud	50
<b>7 Uniform analysekader</b>	<b>52</b>
7.1 Inleiding	52
7.2 Totstandkoming uniform analysekader	52
7.3 Inventarisatiemethode	53
7.4 Metingen	54
7.5 Data-analyse	55
<b>8. Conclusies</b>	<b>56</b>
<b>Literatuurlijst</b>	<b>59</b>
<b>Bijlage 1. Typering</b>	<b>63</b>
<b>Bijlage 2. Literatuurstudie</b>	<b>69</b>

# Samenvatting en conclusies

In te voegen na eerste bespreking met klankbordgroep

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

De waterkwaliteit en biodiversiteit van veenweidensloten staan onder druk. Methaanemissies uit slootbagger lijken substantieel (Deltafact Broeikasgasemissies en zoetwater, 2020 STOWA), er is sprake van landverlies door afkalving van oevers en invasieve exoten richten schade aan. Daarbij kost onderhoud (beheer van slootvegetatie en bagger) veel tijd en geld. In de nabije toekomst kunnen klimaatverandering en maatregelen tegen bodemdaling en ten behoeve van klimaatadaptatie deze problemen versterken. Om bodemdaling en daarmee samenhangende broeikasgasemissies te beperken zullen de veenweidengebieden natter moeten worden. Dit leidt tot de noodzaak om slootpeilen te verhogen, al dan niet in combinatie met waterinfiltratiesystemen (o.a. Ten Brinke et al 2016). Slootpeilen zullen mogelijk ook vaker flexibel worden om extremen in droogte en neerslag op te vangen.

Gemiddeld hogere en meer flexibele slootpeilen leiden tot een verandering in de draagkracht van de slootkanten en tot ondiepere stroombanen van het afvloeiende water van perceel naar sloot (Coops red. 2002, Van Rotterdam et al., 2023). Dit kan leiden tot verhoogde erosie van oevers en aanwas van bagger in de sloot. Dit leidt weer tot extra aanvoer van nutriënten, een ondiepere waterkolom en een slechter doorzicht. Allemaal factoren die de waterkwaliteit negatief kunnen beïnvloeden. Waterkwaliteit is in deze aanwezigheid van een voldoende soortenrijke flora en fauna en in groeivorm gevarieerde flora. Meer bagger en een slechtere waterkwaliteit leiden in potentie ook tot hogere broeikasgasemissies uit de sloot (Aben et al., 2022, Deltafact STOWA 2020, Peacock et al., 2021). Deze bestaande en verwachte problemen vragen om oplossingen. Dit onderzoek (Veenweidensloot van de Toekomst, VeeST) wil hieraan bijdragen.

Uit verschillende informatiebronnen (o.a. Coops (red) 2002, Ten Brinke et al 2016) is geconcludeerd dat het huidige beheer en onderhoud van sloot, oever en perceelrand een belangrijke rol speelt bij de bestaande en in de toekomst verwachte problemen. Binnen VeeST is de veronderstelling dat een wijziging van dit beheer en onderhoud kan bijdragen aan het verminderen en voorkomen van genoemde gevolgen van hogere en meer flexibele slootpeilen. Concreet betekent dit een overgang naar een (begeleid) ecologisch beheer, en het loslaten van het huidige vaak intensieve en sterk gereguleerde onderhoud (regelmatig maaien van slootkanten, sloten schonen en baggeren volgens een strakke keur).

Er zijn verschillende typen veenweidegebieden en dus ook verschillende typen sloten. De verschillende typen sloten hebben ook verschillende wensbeelden. Daarnaast is de ene sloot al in een goede toestand terwijl de andere hier nog lang niet aan voldoet. Hoe het beheer- en onderhoud van sloot en slootkant moeten worden aangepast en of die aanpassing inderdaad kan leiden tot de gewenste toestand (het wensbeeld) is afhankelijk van het verschil tussen de uitgangssituatie en de gewenste situatie. Om de omslag van uitgangssituatie naar het wensbeeld op een goede manier vorm te geven is een systeemaanpak nodig. Inzicht in het juiste beheer en onderhoud zal daarom worden verkregen vanuit het karakteriseren van sloottypen en wensbeelden, het identificeren van sturende variabelen en de afstand tot wensbeelden. Het innovatieve van VeeST zit ook in het op grotere schaal in beeld brengen van het effect van beheer en onderhoud op ecologie, baggeraanwas, afstroming van voedingsstoffen en oeverafkalving, in verschillende sloottypen. VeeST brengt ook de situaties in beeld waarbij met alleen

beheer en onderhoud niet het gewenste resultaat bereikt kan worden, en ook inrichtings- en/of herstelmaatregelen nodig zijn. Met dit inzicht kunnen gericht maatwerk adviezen worden gegeven.

Het doel van VeeST is om inzicht te krijgen hoe de gewenste sloot van de toekomst eruitziet, en welk beheer nodig is om dit wensbeeld te bereiken en te behouden. Om het onderzoek goed te kunnen inrichten is gestart met een verkenningsfase waarin de nu al bekende informatie is bijeengebracht, en waarin de vraagstelling is aangescherpt. Deze rapportage vormt het verslag over de verkenningsfase en is de opmaat naar de uitvoeringsfase.

## 1.2 Afbakening

Het onderzoek is gebaseerd op een aantal uitgangspunten en wordt daarmee ook afgebakend. Deze uitgangspunten zijn:

- De Veenweidensloot van de toekomst heeft betrekking op sloten in het **agrarisch beheerde veenweidengebied** met als uitgangspunt dat ook in de toekomst het gebied agrarisch beheerd wordt.
- Om bodemdaling en broeikasgasemissies te remmen worden **slootpeilen** in de toekomst **hoger**. In de beleidsnota bodem en water sturend is een grondwaterstand van 20 tot 40cm onder maaiveld als kader gegeven. Voor de veenweidesloot van de toekomst is de aanname dat een gemiddeld slootwaterpeil van 20cm onder maaiveld de norm wordt.
- Om toenemende weersextremen op te kunnen vangen worden **slootpeilen** in de toekomst **flexibeler**
- **Systeemaanpak** als basis: op uniforme systematische wijze bepalen van de huidige situatie, potentie, knelpunten, verwachte veranderingen, streefbeelden en doelstellingen is de basis voor advies hoe een stabiel en ecologisch goed functionerende veenweidensloot kan worden bereikt en onderhouden.
- **Beheer** van sloot, oever en perceelrand zou een integraal onderdeel moeten zijn van aanpassingen van inrichting en peilbeheer.
- Een stabiel en ecologisch goed functionerende veenweidensloot kan het beste worden onderhouden op basis van **(begeleid) ecologisch beheer**. Afhankelijk van de uitgangssituatie kan deze sloot ook worden bereikt met (begeleid) natuurlijk beheer. Wanneer herstelingsrepen nodig zijn aan sloot of oever, is dit alleen effectief in combinatie met (aangepast) beheer.
- Er is **veel bestaande kennis en data** beschikbaar uit (veld)onderzoek en bij experts. Bundelen en gezamenlijk en op uniforme wijze verzamelen en analyseren levert (veel) meer op dan de som der delen.
- Daarbij is het belangrijk om de **praktijk te betrekken** zodat kennis, inzichten en adviezen 'praktijkproof' zijn en op een goede wijze worden geïmplementeerd.

## 1.3 Verkenningsfase

### Doelstelling

In het project Veenweidesloot van de Toekomst onderzoeken we hoe veenweidesloten kunnen bijdragen aan doelstellingen op het gebied van klimaat, natuur en landbouw. Het doel is om inzicht te krijgen hoe zo'n sloot, inclusief slootkanten eruitziet, welk beheer nodig is om dit te bereiken en te behouden voor de huidige situatie en wanneer slootwaterpeilen hoger en dynamischer worden.

Het doel van **de verkenningsfase** is het in beeld brengen en analyseren van de beschikbare kennis en kennishiaten als het gaat om het effect van beheer en onderhoud op de geschetste doelen van de Veenweidensloot van de Toekomst – inclusief het te verwachten effect van veranderingen in het peilbeheer. Producten van de verkenningsfase zijn: een clustering/typering van sloten in het Nederlandse veenweidegebied, een overzicht van de beschikbare kennis en kennishiaten, een overzicht



van beschikbare/lopende proeflocaties en experimenten, een uitwerking van de systeembenadering en een onderbouwd plan van aanpak voor de uitvoeringsfase gebaseerd op een, in overleg met de begeleidingscommissie vastgestelde, prioritering van de onderzoeksvragen. Daarmee beogen we het onderzoek gefocust en financieel haalbaar op te zetten, zodat onderbouwde conclusies kunnen worden getrokken die op een zo representatief mogelijk deel van de Nederlandse veenweidensloten van toepassing zijn.

## Aanpak op hoofdlijnen

De veenweidesloot van de toekomst is niet één type sloot, maar een sloot die aan bepaalde kenmerken voldoet zoals waterdiepte, slibdikte, en breedte en stabiliteit van de verschillende oeverzones. In de verkenningsfase (dit rapport) is de systeembenadering uitgewerkt in een aantal bouwstenen. Deze bestaan uit:

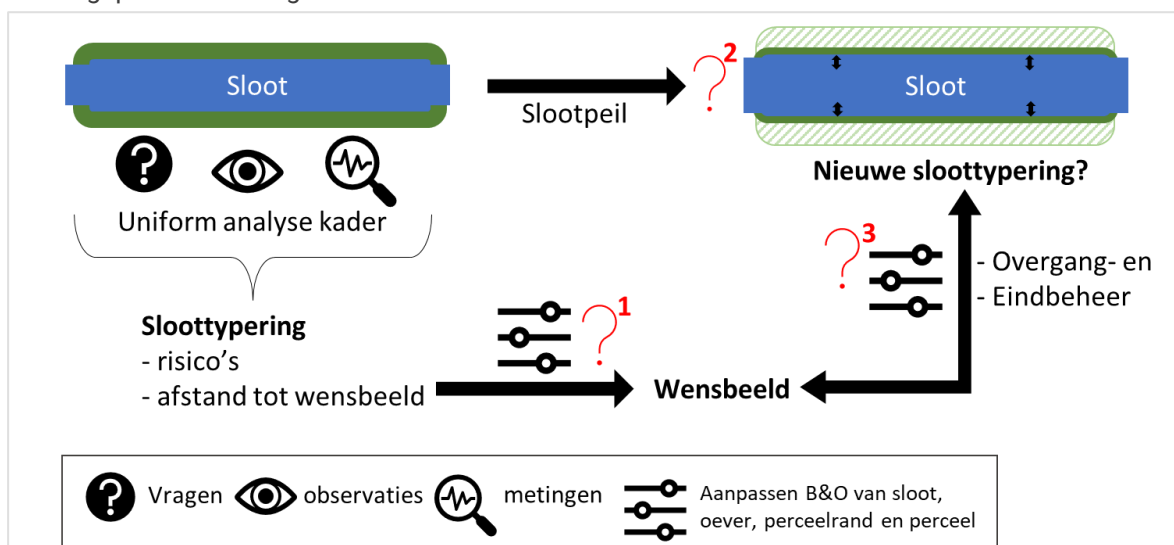
- een clustering van de huidige typen agrarisch beheerde veenweidensloten,
- een eerste uitwerking van bijpassende wensbeelden in relatie tot verwachte veranderingen in de toekomst
- een opzet voor het op uniforme wijze doen van metingen en observaties en het opvragen van informatie die nodig is om een sloot te typeren en om veranderingen in peilbeheer en sloot(kant)beheer te onderzoeken.

De verkenningsfase brengt beschrijvend in beeld wat de meest bepalende factoren, parameters en locaties zijn om te onderzoeken in de uitvoeringsfase.

## 1.4 Onderzoeksvragen

De onderzoeksvragen van VeeST zijn:

1. Hoe kan aangepast beheer (baggeren, slootschonen en oever-, randen-, en perceelbeheer) in de huidige situatie leiden tot de randvoorwaarden die nodig zijn voor het bereiken en behouden van het wensbeeld (vorm en stabiliteit van het sloot- en oeverprofiel en de bijbehorende vegetatie in de verschillende slootzones).
2. Wat is het te verwachten gevolg van peilverhoging (en toename peilfluctuatie) op de waterkwaliteit, de agrarische gebruikswaarde van de perceelrand en broeikasgasemissies, door veranderingen in morfologie van sloot en slootrand, vegetatie-ontwikkeling, overafkalving/ verzakking en baggeraanwas?
3. Hoe moet bij een systeemaanpassing, een hoger en meer flexibel slootpeil, het beheer worden aangepast om te zorgen dat het nieuwe wensbeeld wordt bereikt en behouden.



Figuur 1-1 Schematische weergave van de onderzoeksvragen van het project Veenweidesloot van de Toekomst.

## 1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk twee wordt de aanpak beschreven die in de verkenningsfase is gehanteerd. Hoofdstuk 3 geeft nader inzicht in erosie van oevers en hoe de verhoging van het slootpeil zich verhoudt tot de opgaven op het terrein van klimaat en biodiversiteit. Hoofdstuk 4 geeft een beeld van de variatie in de veenweidegebieden in Nederland door middel van een zestal typeringen. Hoofdstuk 5 schetst het kader van de wensbeelden waar een veenweidesloot idealiter aan voldoet. Hoofdstuk 6 gaat dieper in op beheer en onderhoud en hoe dit bijdraagt aan het bereiken van het wensbeeld. Tenslotte is in hoofdstuk 7 het analysekader beschreven dat gebruikt zal worden om de kennislücken in de uitvoeringsfase in te vullen. Deze rapportage wordt afgesloten met een opsomming van de conclusies hoofdstuk 8.



# 2 Aanpak verkenningsfase

## 2.1 Inleiding

In de verkenningsfase zijn drie hoofdactiviteiten uitgevoerd. Ten eerste is als basis van het onderzoek een *karakterisering* opgesteld van *veenweidesloten* in de veenweidegebieden van Nederland. Op basis van deze typering zijn wensbeelden uitgewerkt. Ten tweede is een *literatuurstudie* uitgevoerd van de *bestaande kennis* over sloten in het veenweidegebied, in het bijzonder de kennis over de relatie tussen beheer- en onderhoudsmaatregelen en de kwaliteitsaspecten van de 'veenweidesloot van de toekomst'. Op basis hiervan zijn kennishiaten in beeld gebracht die in de uitvoeringsfase onderzocht kunnen worden. Ten derde is een *overzicht gemaakt van de lopende experimenten* in het veenweidegebied. Op basis hiervan is bepaald wat de gangbare praktijk is in de huidige situatie en welke kennishiaten nu al in de praktijk worden onderzocht, en bij welke experimenten kan worden aangesloten om aanvullend onderzoek te doen in de vervolgfase van VeeST. Met dit overzicht kan ook worden bepaald of, en zo ja welke, aanvullende experimenten moeten worden ingericht ten behoeve van VeeST.

## 2.2 Typering veenweidegebieden

### 2.2.1 Grenzen veenweidegebied Nederland

Voor het veenweidegebied in de beheergebieden van de waterschappen Hollands Noorderkwartier, Amstel, Gooi en Vecht, Drents Overijsselse Delta, Friesland en Hoogheemraadschappen Rijnland, De Stichtse Rijnlanden, Delfland en van Schieland en de Krimpenerwaard is data verzameld. Hierbij is het veengebied begrensd op basis van de grondsoortenkaart, die is afgeleid van de Bodemkaart van Nederland 1:50 000.

In het klimaatakkoord (2019) committeren betrokken partijen zich gezamenlijk aan de doelstelling om per 2030 1 Megaton CO<sub>2</sub>-eq per jaar uitstootreductie in het veenweidegebied te realiseren. De doelen van het klimaatakkoord worden regionaal uitgewerkt in o.a. provinciale veenweidestrategieën. Er bestaan door de verscheidenheid in strategieën verschillende definities van het Nederlandse veenweidegebied. Daardoor kunnen verschillen ontstaan in de begrenzing van het veenweidegebied. Zo richten bepaalde regionale veenweidestrategieën zich alleen op landbouwgebieden. Maar andere strategieën richten zich op het totale veenweidegebied waardoor ook agrarisch beheerde natuurgebieden er onderdeel van zijn. Daarnaast verschillen de regionale strategieën in de wijze waarop ze dunne en begraven veengronden (klei op veen) meenemen.

In dit project zijn voor het begrenzen van het veenweidegebied [dezelfde uitgangspunten gehanteerd](#) als bij de begrenzing die wordt gebruikt in het SOMERS-model van het NOBV. Deze begrenzing omvat alle agrarisch beheerde veengronden organische gronden die cumulatief minimaal 10 cm laagdikte een 25% massapercentage totale droge organische stof hebben) die boven de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) liggen. De ligging boven de GLG is van belang omdat organisch materiaal boven deze GLG kan mineraliseren en broeikasgasemissies oplevert. Bovendien worden alleen gronden in het kusvlaktegebied meegenomen waar het mogelijk is om het grondwaterniveau door middel van gerichte

maatregelen te beïnvloeden. Dit zijn immers de gronden waar broeikasgasemissies kunnen worden gereduceerd met vernattingsmaatregelen.

### 2.2.2 Bij het typeren van de percelen kan het voorkomen dat voor een aantal percelen die wél binnen de begrenzing vallen, niet alle relevante variabelen bekend zijn. Die percelen (een klein aantal) zijn in deze rapportage niet ingedeeld in de typering van veenweidensloten. **Uitgangspunten typering veenweidesloten**

Voor dit onderzoek zijn alleen ruimtelijk expliciete en openbare databronnen gebruikt die beschikbaar zijn voor het gehele veenweidegebied in Nederland. Een groot aantal parameters die relevant zijn voor de Veenweidesloot van de toekomst zijn dus niet als parameter meegenomen in deze typering. Daar zijn andere onderzoeksporen voor in het project VeeST.

Als basis voor de typering van veenweidesloten is data verzameld van fysische standplaatsfactoren die de hydrologie, de dimensies van het watersysteem, de afwatering, het veentype en bodemkwaliteit beschrijven. Er is gekozen om met een minimaal aantal factoren de variatie in veensloottypen zo goed mogelijk te beschrijven. De factoren zijn geselecteerd omdat:

- ze inzicht geven in de structuur van veenslootssystemen,
- ze niet met beheer te beïnvloeden zijn,
- ze een duidelijke ruimtelijke variatie laten zien,
- typerende eigenschappen op ten minste 10 % van de percelen in het veenweide voorkomen,
- ze invloed hebben op de ambities van de VeeST en
- ze weinig overlappen in ruimte en de mechanismen die ze beïnvloeden.

Voor de uiteindelijk typering zijn de parameters meegewogen die op basis van expert judgement en ruimtelijke variatie onderscheidend zijn. Wanneer factoren een sterk onderling verband hebben, is de meest onderscheidende gekozen. De typering is uiteindelijk gebaseerd op een clusteranalyse met de factoren drooglegging, slootbreedte, trofiegraad van het veen, klei- en organische stofgehalte in de toplaag van de bodem en de fractie open water in het gebied. Ondanks dat de drooglegging met peilbeheer is te beïnvloeden is het meegenomen zodat de sloottypering als basis kan worden genomen voor het bijbehorende beheer en onderhoud. Daarnaast zal de uitgangsituatie van invloed zijn op de mogelijkheid en inspanning die nodig is om de veenweidesloot van de toekomst te bereiken.

### 2.2.3 Bronnen & verwerking data

Alle ruimtelijke data is gevisualiseerd op kaarten en de spreiding in meetwaarden is met histogrammen per parameter in beeld gebracht. In onderstaande uitleg is extra aandacht besteed aan deze factoren. Tabel 2-1 geeft een overzicht van de parameters die zijn meegenomen in dit onderzoek, met een beschrijving en bronvermelding.

Tabel 2-1 Gegevens die gebruikt zijn voor het typeren van veensloten

Parameter	Beschrijving	Bron
Begrenzing onderzoeksgebied		
Bodemtype	Meest voorkomende bodemtype in perceel (zand, veen, klei of löss)	Grondsoortenkaart WenR
Waterschapsgrenzen	Grenzen beheergebieden waterschappen	Nationaal Georegister, Waterschapshuis
BRP-Gewaspercelen	In de BRP-Gewaspercelen wordt de locatie van landbouwpercelen in Nederland weergegeven met daaraan gekoppeld het geteelde gewas. De gebruiker van het perceel dient jaarlijks zijn actuele gewaspercelen in te tekenen en aan te geven welk gewas wordt geteeld op het betreffende perceel.	Nationaal georegister

Hydrologie		
Waterhuishoudkundige eenheden	Indeling in stroomgebieden	LSW uit het NHI, Peilbesluitgebieden uit Nationaal Georegister, Waterschapshuis
BGT Waterdeel	Watervlakken ingedeeld in zee, waterlopen, watervlakte, greppel, droge sloot.	Nationaal Georegister, Waterschapshuis
Kwel en wegzijging	Een 25x25 grid met gemiddelde kwel en inzijging 2011-2018 obv LHM4.1	NHI dataportaal 2023
Natte omtrek	De fractie van de omtrek van het perceel dat is omgeven door water (bv sloten). Indicatie van de perceelbreedte die afwatert op oppervlaktewater	Bepaald op basis van BRP-gewaspercelen en TOP10 watervlakken
Drooglegging		
Peilgebieden	Een 25x25 grid met begrenzing en jaargemiddelde peil	NHI dataportaal 2023
AHN 3	Het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) is de digitale hoogtekaart voor heel Nederland	Pdok 2023
Bodem/ veentype		
Trofieklasse veen 2018	Deze data is door WenR afgeleid. Op basis van de veensoort en regio zijn de trofieklassen toegekend.	WenR op basis van bodemkaart NL 1 : 50 000
Kleigehalte	De mineralogie van het perceel	BodemSchat5, NMI
BOFEK2020	BOFEK2020 is een GIS-bestand met daarin de ruimtelijke verbreiding van bodemfysische eenheden	WenR

Om een **gemiddelde slootbreedte en de fractie open water** te bepalen zijn eerst stroomgebieden gedefinieerd op basis van de oppervlaktewaterschematisatie van het Landelijk Hydrologisch Model. Het regionale oppervlaktewatersysteem van Nederland is geschematiseerd in ruim 8500 stroomgebiedjes (LSW's). Grotere boezemkanalen (het hoofdwatersysteem) zitten niet in dit schema. De stroomgebieden in de beheergebieden van Wetterskip Fryslân en de Hoogheemraadschappen van Rijnland en Delfland zijn erg grof. Daarom zijn deze verder opgeknipt op basis van een kaart met peilbesluitgebieden uit het nationale georegister. Vervolgens zijn alleen stroomgebieden geselecteerd die binnen de begrenzing van het Nederlandse veenweidegebied liggen. Het bestand met waterdelen uit de BGT is gekoppeld aan de stroomgebieden waar veen in ligt. Hiervoor zijn alleen de polygonen en de multipolygonen uit dit bestand geselecteerd. De breedte-indicator van sloten is bepaald door van waterdelen in de klasse "waterlopen" (andere klassen zijn watervlakten, zee, greppel, transitie) de helft van de omtrek te delen door het wateroppervlaktoppervlak.

De BGT-watervlakken bevatten veel vlakken (polygonen) die overlappen. Deze zijn, per stroomgebied en klasse, met elkaar tot één vlak versmolten om een betrouwbare inschatting te kunnen maken van het wateroppervlak. De fractie open water is per stroomgebied bepaald door het wateroppervlak te delen door het totaal oppervlak (land én water).

De natte omtrek van percelen is bepaald door de lengte van een perceelrand die aan een waterdeel grenst te delen door de totale omtrek van een perceel. Het is dus een indicatie van de perceelbreedte die afwatert op het oppervlaktewater.

Om de verhouding tussen land en waterdimensies van een gebied te duiden is **een afwateringsindicator** gedefinieerd. De parameters perceelbreedte (oppervlak perceel/ 0.5 \* natte omtrek), breedte van waterlopen en de fractie open water van waterlopen zijn gebruikt om een afwateringsindicator te bepalen. Deze indicator is bepaald door de individuele indicatoren te schalen tussen de 0 en 1, waarbij een 0 staat voor waterrijke omstandigheden (smalle percelen, brede sloten, veel open water) en een 1 voor waterarme omstandigheden. De som van de drie geschaalde indicatoren is vervolgens gevisualiseerd als afwateringsindicator.

De **drooglegging** is bepaald op een schaal van 25 meter resolutie door het waterpeil (m NAP) van de hoogte van het maaiveld (m NAP) af te trekken.

## 2.2.4 Typering: selectie van individuele parameters

In de data-exploratiefase zijn relaties tussen verschillende factoren in beeld gebracht en is per factor beschreven op welke wijze deze de variatie in biodiversiteit in het water en op de oever, oeverstabiliteit en broeikasgasemissies beïnvloedt. In Tabel 2-2 staan de geselecteerde factoren die zijn gebruikt voor het definiëren van veensloottypen en de reden waarom deze factoren geselecteerd zijn.

Tabel 2-2 Factoren die zijn gebruikt voor het definiëren van verschillende veensloottypen

Factor	Invloed op
Hydrologie: drooglegging	Veenafbraak Baggeraanwas Oeverprofiel
Dimensies: breedte sloten	Kroosbedekking Relatieve invloed waterbodem/ slib Gevoeligheid voor afkalving
Veentype: trofiegraad veen, klei- en organische stofgehalte toplaag	Afbraakgevoeligheid veen en erosie Potentiële vegetatiegemeenschappen die voor kunnen komen
Afwatering: fractie open water	Nutriëntenbelasting (relatieve invloed van landbouwgronden) Verblijftijd (impact nutriëntenbelasting) en stroomsnelheid

Tabel 2-3 Factoren die wel ruimtelijk in beeld zijn gebracht maar niet worden gebruikt voor de veensloottypering

Factor	Reden
Hydrologie: kwel (uitvoer uit LHM 4.1 gedownload uit het NHI dataportaal in 2023)	Onvoldoende onderscheidend; Kwel is een relevante factor maar de beschikbare data is onvoldoende nauwkeurig
Veentype: BOFEK 2012, Veendikte	De onderscheidde eenheden kunnen niet vertaald worden naar relevante mechanismen die van invloed zijn op de veenweide sloot van de toekomst; De informatie in deze kaart overlapt met de trofiegraad van het veen en het klei en OS-gehalte; De veendiktekaarten zijn alleen (digitaal) beschikbaar voor dunne veengronden en niet voor het gehele veenweidegebied in Nederland; Veendikte laat vergelijkbaar ruimtelijk beeld zien als het organische stofgehalte in de toplaag van de bodem
Afwatering: Breedte percelen, afwateringindicator	Deze kaart overlapt deels met breedte sloten; De sloot staat centraal in dit project en de breedte van percelen hangt samen met bodemtype; De gecombineerde afwateringindicator is vooral in het Groene Hart minder onderscheidend dan de fractie open water en de slootbreedte
Landgebruik	Het grootste deel van het agrarisch beheerde veenweidegebied bestaat uit grasland: Gras- of bouwland is dus niet onderscheidend; Ook de natuurlijk beheerde graslandpercelen worden meegenomen in de typering

De typering is gebaseerd op de combinatie drooglegging, van slootbreedte, de trofiegraad van het veen en het klei- en organische stofgehalte in de toplaag van de bodem en de fractie open water in het gebied. In Tabel 2-3 staan de geselecteerde factoren die niet zijn gebruikt voor het typeren van veensloten en de reden waarom deze factoren geselecteerd zijn voor het definiëren van veensloottypen.

Op basis van de resultaten van de data-exploratiefase en de uitgangspunten die hierboven zijn beschreven zijn verschillende factoren geselecteerd voor de typering. De geselecteerde factoren zijn gekoppeld aan BRP-gewaspercelen omdat dit de kleinste ruimtelijke eenheid is waarop gegevens

beschikbaar zijn. In een laatste stap zijn percelen rekenkundig gegroepeerd (met een K-means algoritme) op basis van de gelijkheid in geselecteerde factoren.

## 2.3 Literatuuronderzoek

In een literatuurstudie is de kennis over het beheer en onderhoud van sloten en oevers opgehaald en is bepaald welke belangrijke kennisvelden er nog zijn. In de literatuurstudie ligt de focus op informatie over variabelen die invloed hebben op oeverstabiliteit, ecologische kwaliteit en broeikasgasemissies in lijnvormige wateren in veen(weide)gebieden. De literatuur voor de studie is op verschillende manieren opgezocht. In eerste instantie is er bij de partners bekende literatuur die is meegenomen in dit document. Daarnaast is er met verschillende zoekmachines (e.g. Google Scholar, Google, STOWA-Hydrotheek) en zoektermen gezocht naar relevante literatuur. Uit de online gevonden studies zijn ook relevante bronnen gericht opgezocht. In totaal zijn meer dan 300 (wetenschappelijke) artikelen en rapporten doorgenomen waarvan ongeveer 150 relevante informatie bevatten (Tabel 2.4). In deze rapportage is de relevante informatie verder verwerkt. Voor meer informatie zie Bijlage 2.

Tabel 2-4 Onderwerpen waar de gevonden literatuur uit bestaat.

Onderwerp	Aantal studies
Sloot (beheer/aanleg/stabiliteit)	20
baggeren/maaïen	13
(sloot)peilbeheer	9
broeikasgassen en nutriënten	15
agrarisch gebruik veenweide	8
kwaliteit (water/bodem/biodiversiteit)	17
klimaat	2
veenweide algemeen	26
vegetatie en oeverstabiliteit	10
vegetatie	19
vogels	4
vissen	1
overige soortgroepen	3

## 2.4 Veldinventarisaties

De veldinventarisaties zijn verkennende bezoeken geweest op locaties waar ofwel bepaalde onderdelen van wensbeelden te vinden waren ofwel waar een pilot of experiment loopt waarin peilopzetten en/ of beheer en onderhoud van sloot en oever een rol speelt. De inventarisaties zijn bedoeld om het beeld dat is verkregen bij de sloottypering, het literatuur- en dataonderzoek te onderbouwen, aan te vullen en inspiratie op te doen. In het veld konden nieuwe ideeën opgehaald worden en zijn factoren geïdentificeerd waar van tevoren niet aan gedacht is, maar van meerwaarde zijn voor het plan van aanpak.

Een ander doel van de inventarisaties was het identificeren welke locaties interessant zijn om te volgen tijdens de uitvoeringsfase of waar een experimentele pilot plaats kan vinden. Voor een shortlist met te bezoeken locaties is in eerste instantie aanvraag gedaan onder waterschappers en daarna bij ervaren personen die zich met beheer en onderhoud van sloten en oevers bezighouden en regelmatig in het veld staan. Er zijn meer locaties voorgesteld dan tot nu toe bezocht konden worden (tabel 2-5). Sloten met brak water zijn in de eerste verkenning nog niet meegenomen.

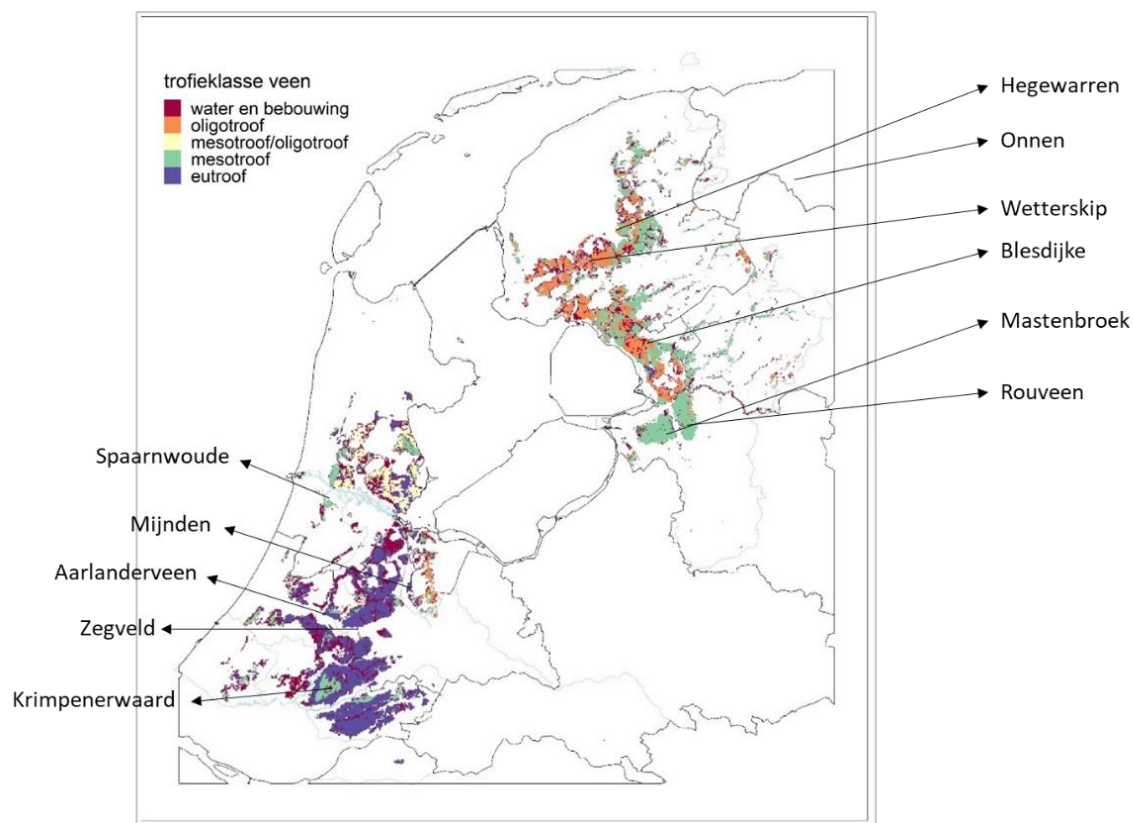
De veldinventarisaties zijn ook gebruikt om praktische ervaring op te doen met het ophalen van informatie; welke informatie is relevant, hoe dit te doen en hoe te documenteren? Tijdens de bezoeken is meestal uitgebreid gesproken met de beheerder om een beeld te krijgen van het perceel-, oever-, en slootbeheer dat op de locatie plaatsvindt. Met een peilstok is een indruk verkregen van de waterdiepte, de dikte van de baggerlaag, het doorzicht en de breedte van de sloot. De sloot en de oevervegetatie zijn beschreven, net als de stabiliteit van de oevers. Dat laatste is gedaan op basis van 'ervaring erin te staan', en door indicaties van oeverafkalving op te nemen.

Hoewel locaties vooraf vaak als experimentlocaties aangeduid zijn, bleek op veel plekken een goede monitoring van de verschillende sloten niet of nauwelijks uitgevoerd te worden en is er van deze locaties weinig data beschikbaar die we kunnen gebruiken.

Tabel 2-5 Locaties die tijdens de veldinventarisatie zijn bezocht

locatie	Kenmerk locatie	Beheer
Krimpenerwaard	2-jarige proef met peilopzetten met en zonder greppelinfiltratie op drie locaties	Geen aangepast beheer
Rouveen	2-jarige proef met peilopzetten in de zomermaanden	Botanische rand oever.
Mastenbroek	2-jarige proef met peilopzetten in de zomermaanden	Regulier agrarisch beheer: regelmatig onderhoud
Blesdijke	2-jarige proef met peilopzetten in de zomermaanden	Regulier agrarisch beheer
Zegveld	Locatie waar geëxperimenteerd wordt met verschillende typen oeverbeheer en langjarig verschillende slootpeilen	Langjarig extensief oeverbeheer
Aarlanderveen	Agrariërs in gezamenlijk monitoringsproject. Groot waterkwaliteitsbaggerproject waarna vegetatie is verdwenen.	Botanische oeverranden en regulier agrarisch beheer
Polder De Ronde Hoep	Twee delen: buitenste schil agrarisch beheer en in de kern weidevogelreservaat met hoog slootpeil.	Grotendeels regulier agrarisch oever- en slootbeheer
Spaarnwoude	Veldstudie vanuit project VeenVitaal met grote nadruk op oeverbeheer en biodiversiteit in oevers.	Natuurvriendelijk oeverbeheer, geen aangepast beheer in de sloot
Aldega (Friesland)	Hoofdwatgangen waar HAKLAM* peilbeheer wordt toegepast. Hoge en lage droogleggingen, steile en begroeide kanten.	Regulier beheer en extensiever oeverbeheer.
Polder Mijnden	Peilopzetten; polder is opgedeeld in twee delen met en zonder peilverhoging	Geen aangepast beheer
De Nesse (Krimpenerwaard)	5 jaar geleden 30cm peil opgezet in hele gebied excl enkele percelen ten behoeve van weidevogels	Percelen: extensief weidevogel beheer

HAKLAM staat voor Hoog-Als-het-Kan-Laag-Als-het-Moet



Figuur 2-1 Kaart met locaties die bezocht zijn. – trofieklasse van het veen is de achtergrondkaart



## 3 Kennisbasis vernatten en erosie

Voordat in wordt gegaan op de variatie aan veensloten (hoofdstuk 4), wensbeelden (hoofdstuk 5) en de rol van beheer en onderhoud (hoofdstuk 6) wordt in dit hoofdstuk de kennisbasis beschreven voor twee belangrijke principes in VeeST; 'vernatten' en 'oevererosie'.

### 3.1 Oevererosie

Binnen VeeST is het uitgangspunt dat kwaliteitswaarden van sloot en oever vaak zijn gekoppeld aan de erosie van oevers. Oevererosie kan een groot gedeelte van de totale sediment belasting in veensloten vormen en is daarmee de belangrijkste bepalende factor voor de waterdiepte en slibdikte in sloten (Bware Stein; Evans en Warburton, 2007). Daarnaast kan nutriëntenrijke bagger weer leiden tot sterke algengroei waardoor de lichtkwaliteit in de sloot onvoldoende wordt voor een soortenrijke flora met verschillende groeivormen. Bagger is de bron van broeikasgasemissies uit sloten. Bagger is niet alleen sediment, maar ook dood plantenmateriaal van de vegetatie die in de sloot groeit. Daarnaast leidt erosie van oevers tot het verloren gaan van kostbaar agrarisch land.

Onderscheid wordt gemaakt tussen het afkalven van oevers en het verzakken van oevers over een bepaalde breedte langs de gehele slootrand. Het afkalven van de slootkanten betekent dat land verloren gaat en de sloot breder wordt. Dit is vaak het meest zichtbaar bij sloten met een vrij grote drooglegging (>50 cm-mv) en steile oevers. In heel veel sloten met een kleine(re) drooglegging is afkalving echter ook zichtbaar. Dit is met name het geval als de oever steil is op de waterlijn en de oever niet wordt beschermd door stevig wortelende oevervegetatie (zie hoofdstuk wensbeelden).

#### **Stroming en golfslag**

In het agrarisch beheerde veenweidegebied wordt afkalving veroorzaakt door een combinatie van factoren en processen. Oeverstabiliteit en afkalving worden enerzijds beïnvloed door de belasting die op de oever wordt uitgeoefend en anderzijds door de draagkracht of stevigheid van de oever (Bakker, 1999). In sloten worden de oevers vooral belast door stroming, maar omdat deze belasting vaak gering is kan de voortdurende aanwezigheid van kabbelende golfjes ook van grote invloed zijn, met name in brede watergangen (sloten breder dan 12m, Bakker, 1999, Van Rotterdam et al., 2020). Erosie vindt vooral plaats gedurende piekmomenten van grote waterafvoer (Marttila and Kløve 2010). Piekmomenten in stroomsnelheid vinden vooral plaats in de winter als percelen verzadigd zijn met water en regen leidt tot afstroming en grote afvoerpieken. Daarbij moet worden opgemerkt dat in de winter slootpeilen vaak laag worden gehouden om waterberging in het gebied te houden. Door de lagere slootpeilen is de oever op de waterlijn vaak niet begroeit waardoor deze extra kwetsbaar is. Daarnaast zijn stroomsnelheden hoger bij lagere peilen. Dit is ook de reden waarom de beschermende werking van een smalle strook natte oevervegetatie langs de gehele breedte van de sloot belangrijk is. Stroomsnelheden variëren ook binnen een watersysteem waarbij de stroomsnelheid van sloten nabij een gemaal vaak groter is dan achter in een peilvak.

#### **Mineralisatie en verweking van veen**

Naast de invloed van fysische krachten zoals golven en stroming leiden biochemische processen in het veen zelf tot afbraak en erosie. Het veenweidegebied is bijzonder omdat de bodem van nature versneld afbreekt wanneer deze in aanraking komt met zuurstof. Dit wordt veraarding van veen genoemd. Om landbouw mogelijk te maken wordt het veen ontwaterd wat de veenafbraak versnelt en waardoor het veen veraardt. De schuifspanning van veen (de energie die nodig is deeltjes te laten schuiven) neemt af met een toenemende mate van bevochtiging en de mate van veraarding van het veen (Tuukkanen et al., 2014). Wanneer het veraarde veen verzadigd raakt met water heeft het daarom weinig structuur (samenhang tussen bodemdeeltjes) en kan de bodem gemakkelijk wegspoelen naar de sloot. Gemineraliseerd veen is daarom gevoeliger voor erosie dan intact veen dat niet aan zuurstof is blootgesteld (Evans en Warburton, 2007). Mineralisatie van veen en afkalving van de 'slappe' oevers onder invloed van windwerking is de belangrijkste oorzaak voor de aanvoer van slib en/of veen uit de oever in een meerjarig onderzoek in het Wormer- en Jisperveld (Van Diggelen, 2013).

### **Aantasting door dieren**

Aantasting door dieren kan tot grote schade leiden op de oevers. Woelende vissen zoals karpers kunnen in grote getalen voorkomen en zeer veel schade aan de oevers aanrichten en het ecologisch systeem geheel ontwrichten. Dit is bijvoorbeeld het geval in de Mijdrechtse Bovenlanden (UT). Alleen waar viswerend gaas voor de oever was geplaatst kon de oever weer begroeien en stabiliseren en ontstonden gunstige biotopen voor flora en fauna. In Friesland is in het verleden veel schade veroorzaakt door muskusratten. Deze graven gangen in de vaak steile oevers.

De laatste jaren is ook veel onderzoek verricht naar de uitheemse Amerikaanse rivierkreeft, die ondertussen zeer wijdverspreid aanwezig is in het veenweidegebied (zie [www.verspreidingsatlas.nl](http://www.verspreidingsatlas.nl)). Het wordt steeds duidelijker dat deze kreeften op grote schaal schade aanrichten aan oevers en aan de flora en fauna in en om de sloot (Lemers et al 2018). Waar en bij welke dichtheid van welke soort rivierkreeft effecten zichtbaar worden is nog lastig te voorspellen (zie ook: Roessink & Ottburg, 2021 Deltafact rivierkreeften). De effecten van de rivierkreeften lijken bijvoorbeeld vaak afhankelijk van de studieopzet. Zo werd in één onderzoek geen duidelijk effect van (twee soorten) Amerikaanse rivierkreeften op de waterkwaliteit (pH, zuurstofspanning, geleidbaarheid, turbiditeit) en waterplantenbiomassa gevonden in een enclosure-opzet in een sloot, maar wel in een proefopzet die een sloot in compartimenten verdeelde (Roessink et al. 2010). Zelf gaven de auteurs als reden dat de enclosures dicht begroeid waren met waterplanten en dat de dichtheid van 0.86 kreeft per m<sup>2</sup> mogelijk te laag was om snelle effecten te zien in het systeem (enclosureproef duurde 35 dagen).

De invloed van vraat, bodemwoelende vis en gangen van dieren is sterk afhankelijk van de weerbaarheid van het ecologische systeem. In systemen die dichtbij wensbeelden liggen, is de kritische grens voor de verstoring door dieren hoger dan in systemen die ver zijn verwijderd van wensbeelden.

### **Beheer en onderhoud**

Beheer- en onderhoud van sloten en oevers kan leiden tot afkalving en erosie door té intensief baggeren en slootschonen. Het te zwaar belasten van de bodem naast de oever, bijvoorbeeld door zware machines en/ of vertrapping kan ook afkalving veroorzaken (Sollie et al., 2011). Gebruik van lichtere machines leidt tot minder kans op oeververzakking (Twisk et al 2003, STOWA 2009-37 Tabel 4.2 & 4.3, ter Heerdt 2010). Vertrapping van de oever door dieren vergroot de gevoeligheid voor erosie door een verhoogde connectiviteit tussen land en water (Meyles et al., 2006; Zhao, 2008). Bemesting en stimulering van grassen die weinig bijdragen aan een stevige oever leiden tot een oever met een beperkte draagkracht. Erosie is niet altijd zichtbaar. In het veenweidegebied kan ook de veraarde bodemlaag onder de bewortelde zone structuurloos en papperig zijn. Door te zware belasting kan dit weggedrukt worden wat leidt tot baggeraanwas in de sloot. Dit wordt het Tompouce effect genoemd (zie ook Figuur 5-2).

## Sleutelrol voor vegetatie

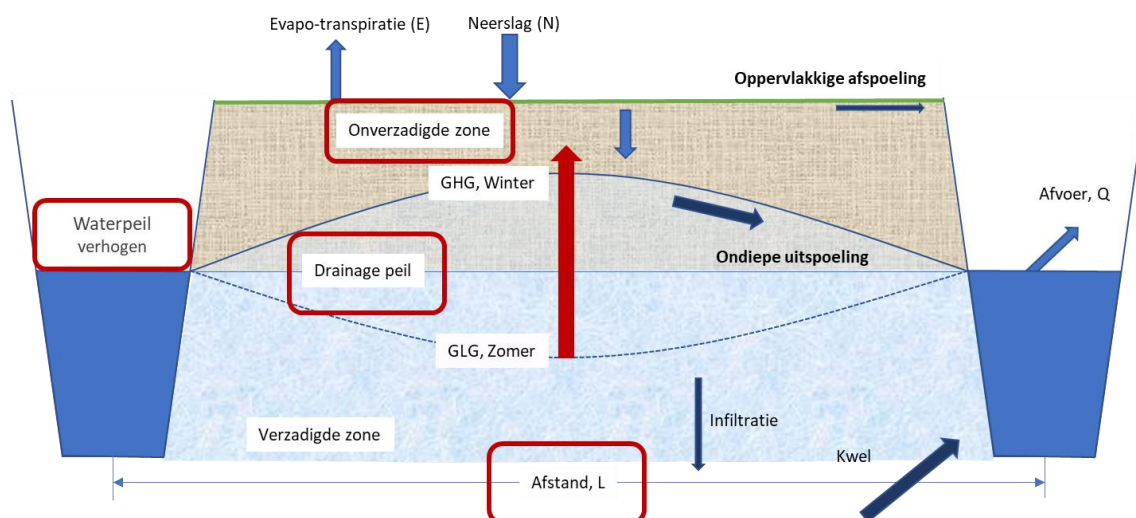
Vegetatie speelt voor alle processen die de oever belasten en een risico vormen voor de waterkwaliteit een sleutelrol (o.a. Van Rotterdam et al., 2020). De wortels van vegetatie geven verhard veen structuur en stabiliteit. Vegetatie in de aquatische oeverzone beschermen deze tegen stroming en golfslag en tegen het wegspoelen van het veen vanuit de terrestrische oever. In een studie naar het effect van vegetatie en het verwijderen daarvan op erosie en de stabiliteit van oevers laat zien dat wortels ook een belangrijke rol spelen in het stabiliseren van oevers en dat het weghalen van vegetatie (door maaien) het risico op erosie vergroot (Aviles et al, 2020). Aangezien erosie juist rond de waterlijn optreedt, vormen helofyten de belangrijkste groep met betrekking tot oeverstabiliteit. Daarnaast beschermt vegetatie veenoevers tegen afbraak, vertering (Holden et al., 2007b; Holden et al., 2007c; Lindsay et al., 2014; Shuttleworth et al., 2015) en uitdroging in de zomer (Brown et al., 2015).

## 3.2 Vernatten veenweidegebieden

### 3.2.1 Context

In het Klimaatakkoord is voor de veenweiden een reductie van de jaarlijkse emissie met 1 Mton CO<sub>2</sub>-eq. in 2030 afgesproken. Maatregelen om bodemdaling en broeikasgasemissies tegen te gaan zijn gebaseerd op vernatten – en meer specifiek het verhogen van de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) in de zomer. In de zomer zakt door het netto neerslagtekort de grondwaterstand het diepste weg waardoor zuurstof tot diep in het bodemprofiel kan dringen. In de zomer is ook de microbiële activiteit die zorgt voor veenmineralisatie het hoogst.

De 'knoppen' waaraan gedraaid kan worden om de GLG te verhogen en veenmineralisatie en daarmee bodemdaling en CO<sub>2</sub>-emissies te beperken zijn schematisch weergegeven in Figuur 3.1. Deze omvatten het verhogen van het waterpeil in de sloten, het aanleggen van (actieve) waterinfiltratiesystemen, het verkleinen van de afstand tussen de watergangen – smaller maken van het perceel en het agrarische management van de onverzadigde zone. De omstandigheden in de uitgangssituatie zijn bepalend voor de mate waarin CO<sub>2</sub>-emissiereductie en beperking van bodemdaling kunnen worden bereikt. De bodemopbouw – diepte van het veen, aanwezigheid van een deklaag of tussenlaag, grondwaterstand, hydrologische setting (kwel versus wegzijging, slootpeil en drooglegging, (historisch) agrarisch management en de toekomstige functie zijn bepalend voor de potentie van maatregelen om CO<sub>2</sub>-emissies te beperken. Een andere knop waar aangedraaid kan worden is de grootte van peilvakken in relatie tot hoogteligging, veendikte en hydrologische setting (Van Doorn et al., 2021).



Figuur 3.1. Schematische weergave van de 'knoppen' (rode kaders) waar in een agrarisch beheerd perceel kan worden gedraaid om veenmineralisatie en bodemdaling te beperken.

Sloten spelen een belangrijke rol in de maatregelen om bodemdaling, en daarmee ook broeikasgasemissies, te beperken in het veenweidengebied. Kanttekening is dat de effectiviteit van het verhogen van slootpeilen op het doel om de grondwaterstand te verhogen sterk afhankelijk is van de situatie. In de Regionale Veenweiden Strategieën die tot nu toe zijn vastgesteld speelt vernatting een belangrijke rol, met passieve of actieve waterinfiltratie (onderwaterdrainage/drukdrainage) vaak in combinatie met slootpeilverhoging. In de haalbaarheidsstudie waterkwantiteit en waterbeheer (Hoogland et al., 2021) die in het kader van het Nationaal Onderzoeksprogramma Veenweiden (NOBV) is opgesteld is aangegeven dat deze maatregelen o.a. leiden tot een hogere waterbehoefte en tot meer afkalving van slootkanten bij hogere slootpeilen. In een andere haalbaarheidsstudie van het NOBV is aangetoond dat klimaatmaatregelen (neven)effecten hebben op biodiversiteit, bodem- en waterkwaliteit, het (zoet)waterverbruik en op de technische en economische gebruiksmogelijkheden van de grond. Het effect wordt sterk beïnvloed door tijd (korte en lange termijn) en door ruimte (door (grote) verschillen in de uitgangssituatie in het veenweidengebied, Pijlman et al., 2021).

Naast de klimaatmaatregel om bodemdaling en broeikasgasemissies te remmen, leidt een veranderend klimaat met meer neerslagextremen en langere perioden van droogte tot de opgave om meer waterberging en buffering binnen een peilgebied en/ of polder te realiseren. Een flexibeler peilbeheer in de sloten is hier onderdeel van. Een hoger en meer flexibel peilbeheer mag echter ook niet leiden tot een achteruitgang van de waterkwaliteit, omdat vanuit de kaderrichtlijn water (KRW) ook hier een opgave ligt.

### 3.2.2 Vernatten en broeikasgasemissies

Primair doel van vernatten is het beperken van broeikasgasemissies. De focus ligt hierbij op percelen. Vernatten en verhogen en meer flexibel maken van slootpeilen kan mogelijk ook negatieve effecten hebben op de broeikasgasemissies uit de sloot.

De methaanemissie uit sloten komt met name door anaerobe afbraak van gemakkelijk afbreekbaar organische stof (bagger). Welk gas vrijkomt bij de afbraak van dit gemakkelijk afbreekbaar materiaal is afhankelijk van het redoxpotentiaal in de bodem (Mars & Wassen 1999 Lamers et al 2012, Van De Riet et al 2013, Lamers et al 2017). Bij een laag redoxpotentiaal, dat ontstaat nadat zuurstof, nitraat, mangaan- en ijzer(hydr)oxides en sulfaat (deels) zijn gereduceerd zal methanogenese optreden en methaan vrijkomen. De methaanemissie wordt o.a. beïnvloed door eutrofiëring, watertemperatuur en de ecologische toestand (deltafact STOWA). Eutrofe (voedselrijke), of zelfs hypertrofe (extreem voedselrijke) sloten zijn daarom de grootste uitstoters van CH<sub>4</sub> onder de sloten (Peacock et al., 2021) en zijn tevens een bron voor lachgas (N<sub>2</sub>O) emissie (N<sub>2</sub>O is een 298 keer zo sterk broeikasgas als CO<sub>2</sub>). Daarom moet dus óók vanuit het perspectief van broeikasgasemissies, baggervorming vermeden worden.

Waterplanten spelen een rol in de emissie van broeikasgassen als CO<sub>2</sub> en CH<sub>4</sub> (NO<sub>x</sub>) omdat ze afbraak van organisch materiaal kunnen stimuleren, maar ook methaan kunnen laten omzetten tot fotosynthetisch bruikbaar CO<sub>2</sub> door zuurstof productie en afgifte (Aben et al., 2022). Met name ondergedoken waterplanten lijken vooralsnog broeikasgasemissies te kunnen mitigeren, maar als dode plantenresten niet tijdig worden verwijderd door baggeren (of vastgelegd in de bodem) kan door anaerobe afbraak methaan vrijkomen (Quinten Struik).

Hoewel er geen duidelijk onderzoek is naar de toename van broeikasgasemissies door oeverafkalving is er een indirecte link in een onderzoek naar broeikasemissies wanneer een sloot wordt gedempt met veen om het gebied te vernatten (Coopers et al 2014). Uit dit onderzoek blijkt dat er een tijdelijke toename van methaanemissie is als de sloot is gedempt met veen in combinatie met de kolonisatie van eenarig wollegras (*E. Vaginatum*) (Coopers et al 2014). Het is mogelijk dat in het geval van oeverafkalving in een veengebied, de resulterende bagger (in combinatie met verschillende plantensoorten) dezelfde tijdelijke toename van methaanemissie laat zien.

Een te snelle peilverhoging kan leiden tot het instorten van oevervegetatie en tot meer uitstoot van broeikasgassen. Van Dijk et al. hebben dit waargenomen in zure gronden die voor natuur waren ingericht.

### **3.2.3 Vernatten en ecologische kwaliteit**

Drooglegging en vernatting heeft een complexe interactie met waterkwaliteitsindices en ecosysteemdiensten (zie review door Lamers et al., 2015). Eutrofiëring wordt onder meer genoemd als belangrijke knelfactor voor herstel/goede kwaliteit. Eutrofiëring kan het gevolg zijn van hogere P-vrachten naar het watersysteem vanuit agrarische percelen door ondiepere stroombanen. Eutrofiëring kan ook het gevolg zijn van meer oevererosie.

Zonder veranderingen in slootpeil of vernatting vonden Twisk et al. (2003) dat drooglegging een significant effect had op alle floristische kwaliteitsindices (submers, emers en natuurwaarde-index van de submerse en drijvende soorten). De ecologische waterkwaliteit nam af met toenemende drooglegging van 30 naar 70cm-mv (Twisk et al., 2003). De ecologische kwaliteit was dus hoger bij een kleine drooglegging. De sloten (240 sloten op 84 bedrijven) waren allemaal min of meer stabiele situaties met constant management voor minimaal 5 jaar. Een data-analyse in het beheergebied van waterschap Amstel, Gooi en Vecht laat zien dat de P-belasting van het watersysteem juist lager was bij een grotere drooglegging (Van Rotterdam et al, 2018). Door de diepere stroombanen wordt het fosfaat gebonden in het bodemprofiel en is de uitspoeling lager. Een grotere drooglegging gaat vaak gepaard met bredere percelen en meer land- ten opzichte van wateroppervlak. Als gevolg is de verblijftijd van het water kleiner bij een grotere drooglegging.

Een hogere ecologische kwaliteit bij een kleinere drooglegging lijkt dus van toepassing in stabiele situaties – onderzocht voor een drooglegging tussen 70 en 30cm-mv. In situaties waar het slootpeil in recente jaren in korte tijd is verhoogd tot 20cm onder maaiveld laten een negatief beeld zien op de ontwikkeling van emerse vegetatie (e.g. Van Rotterdam et al., 2023). Dit beeld kan tijdelijk zijn en dient nader onderzocht te worden in de uitvoeringsfase.

Voor de kieming van planten over de hele helling van land naar water is een stabiele flauwe oever nodig. Te snelle en/of te langdurige peilverhoging kunnen een risico vormen voor de ontwikkeling van een oeverstabiliserende vegetatie (veldinventarisaties). Dit is ook waargenomen in natuurgebieden (Van Dijk et al., 2007). Mogelijk kan tijdelijk wat lager peil de vestiging van planten stimuleren, waarna het verhoogd kan worden (zie bijv. Coops (red), 2002). Zowel planten van vochtig grasland als emergente waterplanten kunnen de oever en waterbodembodem stabiliseren als de oevers flauw genoeg is voor de planten om goed te kunnen wortelen (CUR-201, Boedeltje et al 2001, Comino et al 2010) en het water op de oever niet te diep is. Voor vochtig hooiland kenmerkende planten kunnen slechts tijdelijk tegen inundatie en zelfs emergente waterplanten kiemen veelal relatief ondiep (<20cm diep water tot zo'n 35cm; review door Verhofstad et al., 2019).

### **3.2.4 Vernatten en agrarische gebruikswaarde**

Door vernatting tot grondwaterstand ondieper dan 40cm onder maaiveld zal het groeiseizoen korter worden omdat de agrariër in het voor- en najaar door te natte omstandigheden en beperkte draagkracht niet op het land kan. Door de koude omstandigheden en later bemesten komt de eerste grassnede later op gang en zal ook later worden geoogst. De verwachting is dat ook in het najaar de laatste snede eerder of niet kan worden geoogst. Dit betekent 1 tot 2 snedes minder onder nattere omstandigheden. Hier zal de bemesting op (moeten) worden aangepast wat automatisch leidt tot extensivering. Door lagere bemesting zal de grassamenstelling verschuiven naar meer kruidenrijk.

Of dit effect optreedt en de mate waarin dit optreedt verschilt in verschillende studies. Verschillende onderzoeken op Zegveld vinden geen effect van het verhogen van het slootwaterpeil of de aanleg van waterinfiltratiesystemen op de grassamenstelling en opbrengst (Hoving et al., 2021 en Living Lab



Boeren op Hoog Water, Inhoudelijke rapportage fase 1a 2020-2021). Verschillende studies vinden echter wel een afname in de economische gewasopbrengst als de grondwaterstand wordt verhoogd (Van den Ham et al. 1998, Holshof et al. 2008, Ten Brinke (red) 2016). Dit effect lijkt snel op te treden en vervolgens constant te blijven (Holshof & Houwelings, 2008). Ook is geopperd dat de kwaliteit ruwvoer bij slootpeil van 35cm-mv minder is dan bij een peil van 50-60cm-mv (Boxem en Leusink, 1978). Daarnaast zijn experimenten gaande met betrekking tot natte teelten (paludicultuur) die juist natte condities nodig hebben op het land en mogelijk broeikasgasemissies kunnen beperken (vb. Boonman et al., 2023; Motelica-Wagenaar et al., 2020).

Het voorkomen van afbraak van veen in het perceel door verhoging van grondwater kan negatieve gevolgen hebben voor biodiversiteit (Deru et al 2018). Hoge grondwaterstanden zorgen ervoor dat de habitat voor wormen minder wordt. Ze zijn dan wel goed bereikbaar (ten minste bij oever) voor predatoren als vogels (Beintema, 1986). Meer kruidenrijke graslanden en nattere omstandigheden voor de weidevogels zou ook kansen kunnen bieden voor andere maatschappelijke opgaves en verdienmodellen (Van Doorn et al., 2021).

In zowel in Zegveld als in de Krimpenerwaard (Van Rotterdam et al., 2023) is wel een relatie gevonden tussen de mate waarin de grondwaterstand was verhoogd en de afname in draagkracht. Door de lagere draagkracht kunnen zware machines niet meer op het perceel. In een meer extreme situatie wordt het perceel hooguit geschikt wordt als weidegrond. Vertrapping van vee in de oever kan leiden tot afkalving van de oever en daarom wordt uitrasteren van de oever aangeraden om erosie tegen te gaan (Poelen et al 2015). Dit vraagt een investering van de boer om te zorgen dat de koeien een andere drinkwatervoorziening beschikbaar hebben.

### 3.2.5 Vernatten en oevererosie

Waterpeil heeft een effect op de vorm en stabiliteit van oevers en de agrarische gebruikswaarde van perceelranden (zie ook paragraaf **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** en Figuur 5-2). Door een verhoging van het waterpeil (<50 cm-mv) neemt het risico op oeververzakking toe. Oeverafkalving kan blijven plaatsvinden (Poelen et al., 2015) als de oever niet door bijvoorbeeld planten gestabiliseerd wordt. In proeven met een hoger zomerpeil in de Friese veenweiden die in de uitgangssituatie een grote drooglegging en bakvorm van de sloot hadden, vonden Van Essen en Van Berkum (2010) dat problemen ontstonden met het inzakken van de slootkanten. Het verzakken van slootkanten kan tot gevolg hebben dat sloten minder breed worden. Vaak is er echter ook afkalving op de waterlijn waardoor dit wordt beperkt. In een proef in de Krimpenerwaard waar het polderpeil in de uitgangssituatie al vrij hoog stond (35 tot 40 cm onder maaiveld) leidde het opzetten van het peil tot 20cm-mv in het eerste jaar tot het inunderen van ongeveer 75% van de oeverzone en daarmee tot een bredere sloot (Van Rotterdam 2023). Een jaar later was dit effect echter veel kleiner of verdwenen omdat het perceel 'terugvloeiende' richting de sloot. Het leek hier alsof het opzetten van het peil niet tot een verbreding van de sloot had geleid. In contrast leidde het opzetten van het slootpeil tot 20cm-mv in een ander perceel in dezelfde proef in de Krimpenerwaard met een wat grotere drooglegging in de uitgangssituatie (55cm-mv) wél tot afkalving. Na twee jaar was op plekken een meter land verloren gegaan (Terlouw 2023 en veldinventarisaties).

Stenberg et al. (2015) vindt de meeste erosie bij hoge grondwaterstand waarbij verweking van het veen door waterverzadiging een belangrijk mechanisme is voor oevererosie. Bij hogere waterpeilen wortelen droge planten (zoals gras) minder diep (Fan et al. 2017) en zal vegetatie de oever boven de insteek dus minder verstevigend werken. De aanwezigheid van oevervegetatie met een diep en stevig wortelsysteem wordt dan extra belangrijk (zie ook wensbeelden).

Oeververzakking als gevolg van een hoger waterpeil zal op den duur stabiliseren en na verloop van tijd zal er een andere oevervorm ontstaan. De vorm van de oever is afhankelijk van waterpeil, de stevigheid van de bodem en de mate van belasting en beheer. Met name in combinatie met beweiden kan bij een hoog waterpeil (<50cm) een soort 'terras'-vorm ontstaan met een verzakte oeverstrook. Door de

vochtige omstandigheden en lagere draagkracht is de agrarische productie op deze verzakte zone laag/lager. Vanuit ecologisch oogpunt kunnen dergelijke taludvormen wel heel aantrekkelijk zijn (van der Linden & de Jong, 1994).

### 3.3 Kennishiaten

Op dit moment ontbreekt gedetailleerde kennis over de effecten van vernatten op aquatische ecologie, de draagkracht van de oeverzone, de agrarische gebruikswaarde van het perceel en de emissies van broeikasgassen uit de sloot. Anekdotisch is kennis beschikbaar en er zijn verschillende lopende onderzoeken en initiatieven. Vaak wordt maar naar één aspect gekeken en wordt weinig aandacht besteed aan het plaatsen van de gevonden resultaten in een bredere context.

Op dit moment ontbreekt ook kennis over mogelijke positieve of negatieve effecten van peilfluctuaties op waterkwaliteit, oeverstabiliteit of de uitstoot van broeikasgasemissies.

Zowel bij onderzoek naar het effect van een hoger slootpeil als bij peilfluctuaties ontbreekt kennis over de invloed van veentype en/ of in combinatie met de kwaliteit van het water. Verschillende veentypen zijn meestal niet in één onderzoek vergeleken.

In de veldinventarisatie en ervaring van het projectteam zijn geen sloten bekend waar peilopzetten heeft geleid tot een verbetering van de waterkwaliteit en oeverstabiliteit.

Goede handvatten voor snelheid van peilverhoging ontbreken.

Er zijn tijdens de verkenningsfase, buiten de hoogwaterboerderij in Zegveld, geen locaties gevonden (bij lopende pilots en potentiële inventarisatielocaties) waar het oppervlaktewaterpeil is opgezet én waar met beheer en onderhoud de negatieve gevolgen op de stevigheid van oevers en waterkwaliteit gemitigeerd zijn. Met name over de interactie tussen peilverhoging, flexibeler peil en de effecten van beheer en onderhoud op de kwaliteitsvariabelen is nog vrijwel niets bekend. Daar ligt de focus op in de uitvoeringsfase van dit project.



# 4 Typering veenweidegebieden

## 4.1 Factoren die veensloottypen bepalen

Er is gekozen om met een minimaal aantal factoren de variatie in veensloottypen zo goed mogelijk te beschrijven. De typering is gebaseerd op de combinatie drooglegging, van slootbreedte, de trofiegraad van het veen en het klei- en organische stofgehalte in de toplaag van de bodem en de fractie open water in het gebied. Op drooglegging na, zijn deze factoren niet of nauwelijks te beïnvloeden. Drooglegging is wel meegenomen in de typering omdat het in belangrijke mate bepalend is voor de variatie. Drooglegging is ook bepalend voor wensbeelden (hoofdstuk 4) en voor het bereiken van wensbeelden door middel van beheer en onderhoud (hoofdstuk 5). In dit hoofdstuk is de relevantie beschreven van individuele standplaatsfactoren die in beeld zijn gebracht in de data-inventarisatie. Van deze factoren zijn aparte kaarten gemaakt (Bijlage 1).

### Drooglegging

Drooglegging is het verschil tussen maaiveldhoogte en slootwaterpeil. Het is relevant omdat dit van grote invloed is op veenafbraak. Dit gebeurt via twee mechanismen:

1. vooral bij smallere veenpercelen beïnvloedt het slootpeil de grondwaterstand en de transportroutes van water en nutriënten ten behoeve van de afwatering van het perceel
2. drooglegging heeft ook een directe invloed op de slootmorfologie, afkalving en baggeraanwas.

### Slootbreedte

De breedte van sloten beïnvloedt het type vegetatie dat in de sloot kan voorkomen en beïnvloedt erosie van naastgelegen oevers. In brede sloten kan kroos zich minder makkelijk ophopen omdat kroos door de wind getransporteerd wordt en er geen grote biomassa's ophopen (Maessen, 2014). De breedte van sloten heeft een directe invloed op de gevoeligheid van oevers voor erosie omdat in gebieden met brede sloten een grotere strijklengte leidt tot meer golfslag en winderosie van oevers.

### Fractie open water

De fractie open water heeft een verband met nutriëntenbelasting en de draagkracht van het watersysteem. Wanneer de verhouding land/ water klein is en er relatief weinig percelen in een watersysteem liggen (of relatief veel water tussen de percelen) zal het effect van percelen op de fosforvrucht in het water relatief klein zijn, omdat er minder neerslag via de percelen naar het oppervlaktewater stroomt. Een groot deel van de neerslag valt op het open water. In waterrijke gebieden zal de fosforvrucht in het water voor een groter deel zijn opgebouwd uit emissie vanuit neerslag, kwel en inlaatwater en deze bronnen bevatten over het algemeen minder nutriënten dan afstroming en uitspoeling vanuit percelen. Vanuit het landperspectief zal de fosforvrucht van een perceel naar de sloot in waterrijke gebieden relatief hoog zijn door het grote interactie oppervlak tussen bodem en water en de relatief ondiepe stroombanen. Transport van het neerslagoverschot door oppervlakkige afspoeling en ondiepe uitspoeling leidt tot hogere fosfor emissies van land naar water dan diepere stroombanen.

De verblijftijd van het water is vaak groter naarmate het percentage open water toeneemt. Bij een langere verblijftijd krijgen algen en kroos meer tijd om zich te ontwikkelen waardoor de grens waarbij nog ondergedoken planten kunnen voorkomen bij een lagere fosforbelasting ligt dan in watersystemen met een kortere verblijftijd.

### **Breedte percelen**

In het landelijk hydrologisch model wordt aangenomen dat afstroming en uitspoeling van het neerslagoverschot naar het oppervlaktewater minder snel gaat in brede percelen door de grotere bergingscapaciteit. In principe zakt de grondwaterstand dieper uit in de zomer (ten opzichte van maaiveld) in brede percelen dan in smalle percelen. Hierdoor zijn de stroombanen van water- en stoffen dieper door de bodem in brede percelen dan in smalle percelen. Door de diepere stroombanen bevat het uitspoelend water meestal lagere concentraties aan nutriënten – vooral fosfaat - in brede percelen dan in smalle percelen. Fosfaat is vooral verrijkt in de toplaag van de bodem. De beschikbaarheid daalt in de diepere bodemlagen door de sterke bindingscapaciteit van de bodem. Door de diepere stroombanen wordt het fosfaat weer gebonden in de bodem. Toch kunnen zich ook situaties voordoen waar stroombanen en stofconcentraties juist hoger zijn op brede percelen: bijvoorbeeld wanneer percelen scheuren door droogte of door ophoping van stoffen in diepere bodemlagen. Bij brede percelen is de omtrek-oppervlakteverhouding kleiner, waardoor landverlies door erosie (per hectare perceel) kleiner zal zijn dan bij smalle percelen.

### **Afwateringsindicator**

De verhouding tussen land en waterdimensies van een gebied is ook in beeld gebracht door de breedte van sloten, de perceelbreedte en de fractie open water samen te voegen tot één indicator. Hierbij staan smalle percelen, brede sloten en veel open water voor waterrijke omstandigheden. De effecten op stofstromen, erosie en de draagkracht van watersystemen van de individuele factoren is niet eenduidig en zal afhangen van de oppervlakteverhouding, de totale oeverlengte en de breedte van individuele sloten en percelen binnen een watersysteem.

### **Trofiegraad veen**

Het veentype is van invloed op de afbraakgevoeligheid van het veen, de hoeveelheid stikstof die vrijkomt bij veenafbraak en de potentiële vegetatiegemeenschappen die voor kunnen komen (Lamers et al., 2015). De trofiegraad of het veentype is van invloed op de verteringssnelheid (afbraaksnelheid) van veen (de Vries, 2014). In combinatie met drooglegging en grondwaterstanden geeft dit een beeld van de gevoeligheid voor oxidatie en broeikasgasemissies. Daarnaast bevat eutroof veen het meeste stikstof en oligotroof veen de minste. Stikstofemissies zijn dus hoger uit gemineraliseerd eutroof veen. Voor fosfor zijn vooral het fosforbindend vermogen en de mate waarin deze bindingscapaciteit is opgeladen met fosfaat (de hoeveelheid gebonden fosfor in de bodem) van het veen bepalend voor emissies naar het water. In de bodem zijn ijzer- en aluminium (hydr-)oxiden sterk bepalend voor de binding van fosfor, ook in veen (Schoumans et al., 2015). Geoxideerd veen heeft een (zeer) hoge bindingscapaciteit door de hoge gehalten aan ijzer(hydr-)oxide in de bodem. Tussen de veensoort en het fosforgehalte van het veen bestaat geen eenduidige relatie (Hendriks, 2012). Het oligotrofe veen bevat meer pyriet. De oxidatie van pyriet is een belangrijke bron van sulfaat en leidt tot sterke verzuring van de bodem. Dit is een kwaliteit die niet eigen is aan oligotroof veen maar samenhangt met de invloed van de zee.

### **BOFEK-bodemtype en veendikte**

Bodemfysische kenmerken (BOFEK-bodemtype) en veendikte (Hendriks et. al. 2012) zijn van invloed op de veenweide sloot van de toekomst omdat deze het water- en stoffentransport in de bodem beïnvloeden en invloed hebben op de potentiële uitstoot van broeikasgassen. Het BOFEK-bodemtype is

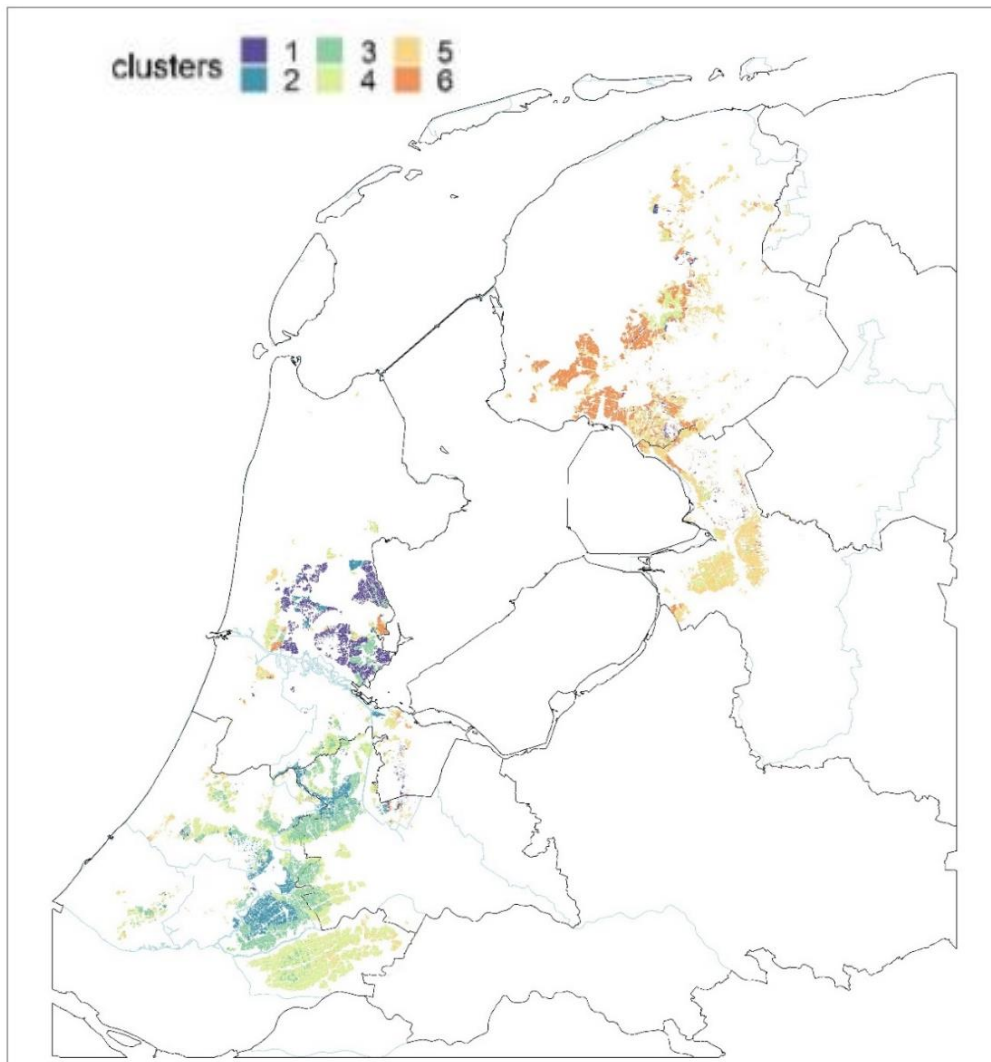
gebaseerd op de bodemkaart van Nederland en waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken uit de Staringreeks. Op grond van verwantschap in functionele bodemkenmerken zijn de 315 bodemeenheden geclusterd in 72 bodemfysische eenheden en afgebeeld in de nieuwe BOdemFysische EenhedenKaart (BOFEK2012).

### **Klei- en organisch stofgehalte van de bodem**

Hoe meer klei er in de toplaag van de bodem zit, hoe groter de draagkracht van percelen en oevers. Het organisch stofgehalte in de toplaag van de bodem geeft een indicatie van het type deklaag (mineraal of veen) en geeft een vergelijkbaar ruimtelijk beeld als veendikte. Daarnaast is het klei- en organisch stofgehalte van invloed op de relatie tussen oppervlaktewaterpeil en grondwaterpeil.

## **4.2 Definitie veensloottypen**

De veenweidegebieden in Nederland hebben overeenkomsten, maar ze verschillen ook van elkaar. In Friesland is bijvoorbeeld de ontwatering gemiddeld dieper, zijn de percelen veel groter en zijn er minder sloten dan in het westelijk veenweidegebied. Zulke regionale verschillen zijn relevant voor de potentiële biodiversiteit, stevigheid van oevers en broeikasgasemissies. **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** toont de ruimtelijke clustering het veengebied van Nederland op basis van de factoren die relevant en ruimtelijk onderscheidend zijn; dikte van het veenpakket, drooglegging, grootte van percelen en veensoort (bijlage I).



Figuur 4-1 Verschillende veensloottypen in het Nederlandse veenweidegebied, waarbij de typen zijn gesorteerd op basis van een kleine (paars) naar een grote drooglegging (donker oranje).

Het **eerste veensloottype** wordt gekenmerkt door een **zeer kleine drooglegging**, oligo/mesotroof veen met een gemiddelde hoeveelheid klei en een grote organische fractie. De sloten in dit typen zijn relatief breed en deze sloten liggen veelal in waterrijke gebieden. De variatie in slootbreedte en fractie open water is wel erg groot tussen sloten binnen dit type. 11 % van de percelen hebben dit sloottype. Dit type is te vinden in Noord-Holland, het achterland van Loosdrecht, de Oostelijke binnenpolder en de Bethunepolder.

Het **tweede veensloottype** wordt gekenmerkt door een **kleine drooglegging en is zeer waterrijk** met zeer brede sloten, een gemiddelde hoeveelheid klei, veel organische stof en eutroof veen. Hoewel de variatie in slootbreedte groot is binnen dit type is het grootste deel van de sloten breed en komen de breedste sloten voor bij dit type. 13 % van de percelen hebben dit sloottype. Dit type is te vinden in Groot Wilnis-Vinkeveen, Zegveld en de kern van de Krimpenerwaard.

Het **derde veensloottype** wordt gekenmerkt door een **kleine drooglegging en is waterrijk** met brede sloten en eutroof veen met **veel klei** en een grote organische fractie. 17 % van de percelen hebben dit sloottype. Dit type is te vinden in Kockengen, Kamerik, aan de rand Krimpenerwaard, in Groot Mijdrecht, Zegveld, polder Hoenkoop, reservaat de Rondehoep, delen van Waterland en de Schermerboezem Noord.

Het **vierde veensloottype** wordt gekenmerkt door een **gemiddelde drooglegging en is gemiddeld waterrijk**. De bodem bestaat meestal uit **eutroof veen met een gemiddelde organische fractie en zeer**

**veel klei.** De trofiegraad van het veen is bij veel andere typen niet onderscheidend, dit type wordt wel duidelijk gekenmerkt door eutroof veen. De meeste percelen (30%) hebben het vierde sloottype. Dit type is te vinden in De Pleyt (HDSR), Alblasserwaard west, Goëngahuizen Friesland, Westerpolder in Noord-Holland, de rand van polder de Rondehoep, Baambrugge-oostzijds en westzijds.

Het **vijfde veensloottype is weinig waterrijk met smalle sloten met een gemiddelde drooglegging** en een **lage organische en klei fractie** met mesotroof veen. In dit type is de variatie in slootbreedte wel groter dan in de andere typen. 19 % van de percelen hebben dit sloottype. Dit type is te vinden in Overijssel, oost Friesland (Mastenbroek bij Kampen, Olde Maten en Veerslootslanden), de Duivenvoordse- en Veenzijdsepolder in het beheergebied van Rijnland, de Alblasserwaard Oost, de Hilversumse meent en de Nieuwe Keverdijkse polder.

Het **zesde veensloottype** wordt gekenmerkt door een **grote drooglegging, is niet waterrijk** en de percelen bestaan voornamelijk uit **oligotroof veen**. 9% van de percelen hebben dit sloottype. Dit type is te vinden in het Plassengebied (Fluessen, Sneekermeer) van Friesland en bij Volendam.

Bovenstaande is kwantitatief samengevat in Tabel 4-1. Binnen een cluster/ typering is er natuurlijk variatie binnen de verschillende factoren. Dit wordt in de volgende paragraaf besproken.

Tabel 4-1 Spreiding in verschillende variabelen per veensloottype. Mediane waarde (en 25 en 75 percentiel tussen haakjes).

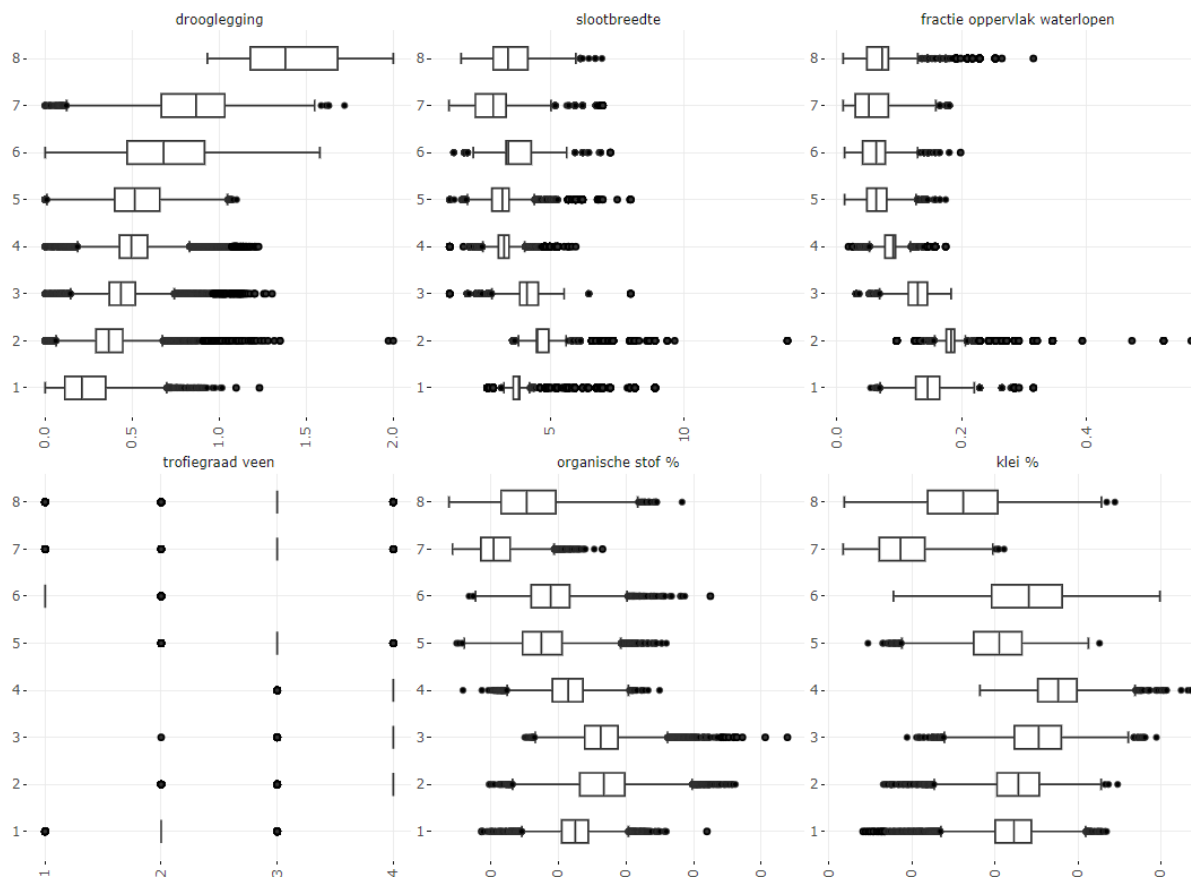
Cluster	drooglegging	breedte waterlopen	fractie open water	trofiegraad veen	organische stof (%)	kleigehalte (%)
1	0.21 (0.11-0.35)	3.9 (3.6-3.9)	0.14 (0.13-0.16)	meso/oligotroof	23 (21-24)	22 (20-24)
2	0.37 (0.29-0.45)	4.5 (4.5-5.0)	0.18 (0.18-0.19)	eutroof	27 (23-30)	22 (20-25)
3	0.44 (0.37-0.52)	4.1 (3.9-4.6)	0.13 (0.11-0.14)	eutroof	26 (24-29)	25 (22-28)
4	0.5 (0.43-0.59)	3.3 (3.2-3.5)	0.09 (0.08-0.09)	eutroof	21 (19-24)	28 (25-30)
5	0.52 (0.4-0.66)	3.2 (2.8-3.5)	0.06 (0.05-0.08)	mesotroof	18 (14.7-21)	21 (17-23)
6	0.68 (0.47-0.92)	3.4 (3.4-4.3)	0.06 (0.04-0.08)	oligotroof	19 (16-22)	24 (20-28)
7	0.87 (0.67-1.03)	2.9 (2.2-3.4)	0.05 (0.03-0.08)	mesotroof	10 (8.5-13)	8.6 (6.1-12)
8	1.38 (1.18-1.68)	3.4 (2.9-4.2)	0.07 (0.05-0.08)	mesotroof	15 (12-20)	16 (12-20)

### 4.3 Variatie in factoren

De variatie in de verschillende factoren die bepalend zijn voor het veensloottype is getoond in Figuur 3.22. Deze variatie is per sloottype gepresenteerd in boxplots (zie uitleg onder de figuur). In Figuur 3.23 worden 8 typen onderscheiden terwijl op de kaart (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**) zes typen worden onderscheiden. Veensloottype 7 en 8 zijn weggelaten op de kaart omdat deze typen worden gekenmerkt door zeer lage gehalten organische stof en klei en daarom niet als veengronden worden beschouwd. Dit komt grofweg overeen met de definitie van veenweidegebieden in het RLI-advies Stop bodemdaling in veenweidegebieden (2020).

Niet alle factoren zijn op hetzelfde ruimtelijk schaalniveau in beeld gebracht. Van de fractie open water en slootbreedte is alleen data beschikbaar per afwateringsgebied. Hoewel dit invloed heeft op het ruimtelijk beeld en zal leiden tot een clustering per afwateringsgebied zijn toch duidelijke ruimtelijke patronen zichtbaar die niet beïnvloed worden door deze ruimtelijke clustering.

Binnen de verschillende veensloottypen variëren de verschillende factoren (65% van de variatie in de data kan met K-means verklaard worden). De drooglegging is het kleinst in sloottype 1 en neemt toe naar type 8. De eerste drie typen zijn ook waterrijker dan de andere typen. Het vierde sloottype is duidelijk minder waterrijk en bevat meer klei in de toplaag van de bodem. De typen 5 en 6 worden gekenmerkt door een grotere drooglegging, waarbij de spreiding in drooglegging groot is in het 6e type. Bijvoorbeeld de slootbreedte kan in type 1, 2 en 5 zeer breed worden, maar is in type 5 gemiddeld kleiner. De fractie open water varieert sterk binnen het tweede type. De trofiegraad van het veen is niet onderscheidend binnen alle veensloottypen. Type 6 wordt wel duidelijk gekenmerkt door oligotroof veen en type 4 door eutroof veen.



*Figuur 3.2 Spreiding in verschillende variabelen per veensloottype (1 t/m 8). Drooglegging en slootbreedte zijn weergegeven in meter, de trofiegraad van het veen in klassen (1: oligotroof, 2: meso/oligotroof, 3: mesotroof 4: eutroof) en de organische stof en kleigehalten van de bodem in %. In de boxplot valt de helft van de data binnen de box. De lijn in het midden van de box is de mediaan. De stippen zijn waarden die meer dan 1.5 de lengte van de box (de spreiding in de middelste helft van de data) afwijken van het begin of het einde van de box.*

## 4.4 Reflectie op sloottypering vanuit veldinventarisaties en literatuur en begeleidingsgroep

Voor het typeren van veensloten is het gewenst om saliniteit mee te nemen, omdat dit van invloed kan zijn op de afbraaksnelheid van veen en het voorkomen van specifieke brakke vegetatiegemeenschappen (Van Dijk et. al., 2013). Op dit moment is er geen data verzameld die op voldoende resolutie (watersysteem) de saliniteit in beeld brengt. De KRW-watertypen die waterbeheerders hebben toegekend aan KRW-waterlichamen zijn wel in beeld gebracht. Hierin is te zien dat er geen brakke watertypen (M1b, M21b, M30, M31, M32) zijn toegekend aan waterlichamen in het veenweidegebied. Op dit moment is het areaal waarop brakke wateren in veenweidegebieden voorkomen waarschijnlijk klein, maar in de toekomst kan dit wijzigen dus saliniteit zal wel meegenomen worden in het analysekader.

Uit het literatuuronderzoek blijkt dat de taludhoek ook een belangrijke fysische randvoorwaarde is voor de ontwikkeling van stevige oevers (CUR-201, 1999). Helaas zijn er voor deze fase van het onderzoek geen gegevens van het gehele veenweidegebied beschikbaar van de taludhoek van oevers.

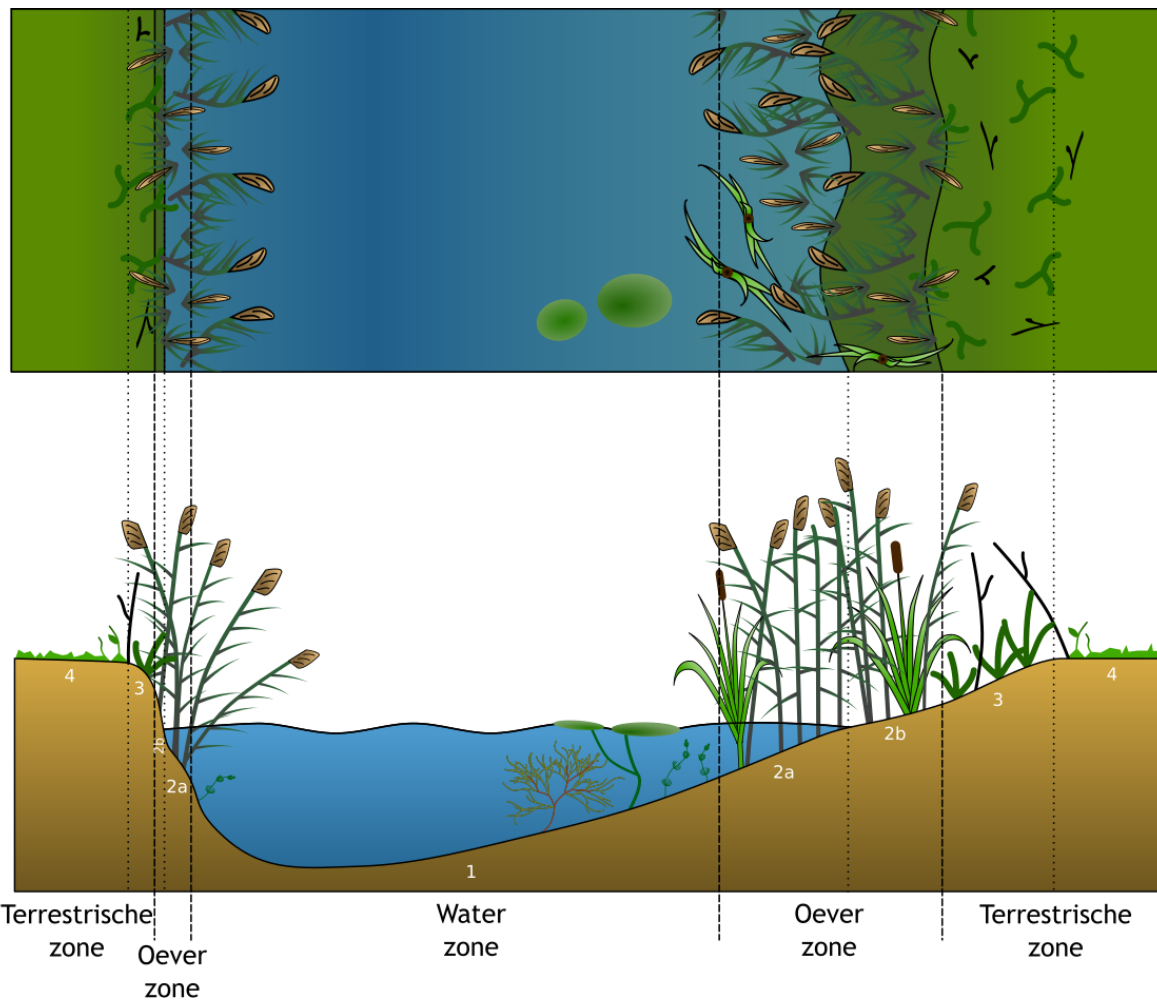
In de sloottypering is een gemiddeld beeld van de fysische eigenschappen in een aan- en afvoergebied gebruikt. Dat betekent niet dat in het hele gebied de sloten binnen deze typering vallen. Tijdens de veldinventarisaties komt het voor dat niet altijd in sloten gemonitord wordt die precies voldoen aan alle eigenschappen die volgens de clustering bij dat gebied zou passen. Wel wordt bij de keuze van pilotlocaties gelet op vertegenwoordiging van alle sloottypering.



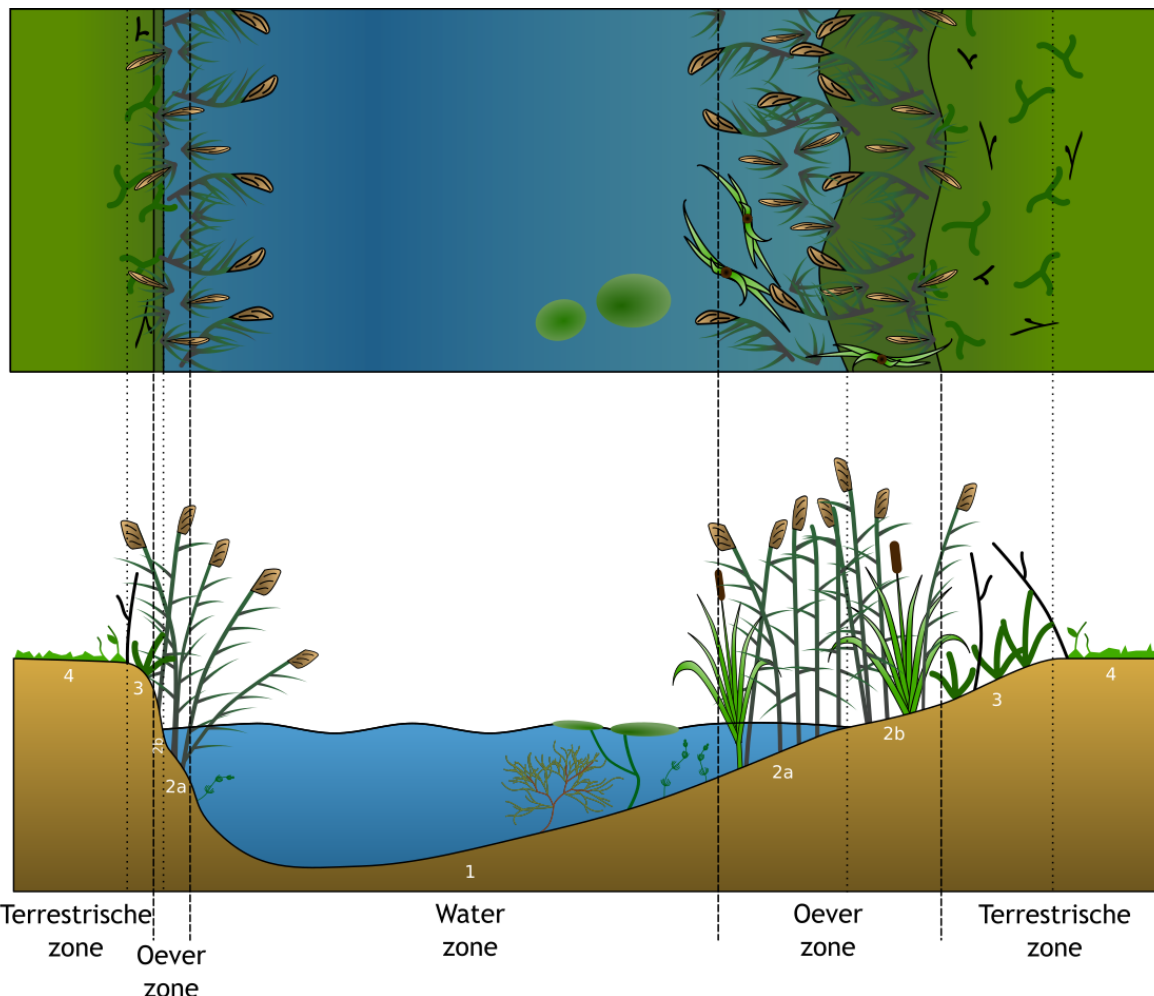
# 5 Wensbeelden

## 5.1 Zonering sloot – oever – perceel

Sloten zijn permanent watervoerende, kunstmatig aangelegde, lijnvormige watergangen, minder dan 8 m breed en meestal niet dieper dan 1,5 m, waarin stroming geen belangrijke ecologische factor is, en die over de volle breedte begroeid kunnen zijn met vegetaties (De Lange 1972; Nijboer 2000). In dit project wordt een veenweidesloot gedefinieerd van insteek tot insteek en worden watergangen die breder zijn (tot 15 meter) ook meegenomen. In veel veenweidepercelen is een insteek niet duidelijk aanwezig. In die situaties is de sloot gedefinieerd tot de grens waar het land niet direct meer wordt beïnvloed door de sloot zoals bepaald op basis van draagkracht, vochttoestand en waar mogelijk vegetatie. Om invulling te geven aan het wensbeeld van de veenweidesloot van de toekomst wordt om praktische redenen onderscheid gemaakt tussen verschillende zones van land naar water (



Figuur 5-1 Schematische weergave van de verschillende zones die worden onderscheiden in het continuüm van sloot – oever – perceel (Figuur gemaakt door M. Verhofstad, Floron). Zie tekst H4.1.2 voor nadere uitleg, en Tabel 5-1, Pot 1993, NEN9405).



Figuur 5-1 Schematische weergave van de verschillende zones die worden onderscheiden in het continuüm van sloot – oever – perceel (Figuur gemaakt door M. Verhofstad, Floron). Zie tekst H4.1.2 voor nadere uitleg

In dit project wordt onderscheid gemaakt tussen (1) aquatische zone (waterzone), (2a) aquatische oeverzone, (2b) natte terrestrische zone, (3) vochtige tot droge oeverzone en (4) het perceel. Deze zones zijn puur bedoeld als hulpmiddel om sturing te geven aan wat het doel is van het beheer en onderhoud van de betreffende zone. In werkelijkheid zijn de zones één continuüm, dat juist in samenhang functioneert en waarbij de zones geleidelijk in elkaar overgaan. Deze samenhang wordt meegewogen in de wensbeelden en afstand tot wensbeeld. Als bijvoorbeeld blijkt dat binnen een zone de doelstelling biodiversiteit en (oever)stabiliteit niet tegelijk kunnen worden bereikt in de oeverzone, wordt de prioriteit gegeven aan stabiliteit, omdat deze stabiliteit bijdraagt aan de randvoorwaarde voor het halen van het wensbeeld (incl. biodiversiteit) in de aangrenzende zones en dus sloot als geheel. De doelstellingen van het project, zoals het creëren en behouden van natuurwaarden, het stoppen van afkalving en het zoveel mogelijk beperken van broeikasgasemissies uit de sloot, gelden uiteraard voor de gehele sloot/slootkant.

Bij het wensbeeld voor een veenweidesloot van de toekomst is zowel de ecologische kwaliteit als de breedte en stabiliteit van verschillende zones van belang. Vooral bij oevers is het belangrijk dat ze voldoende breed zijn. Hoe groter het oppervlak van de verschillende oeverzones, hoe hoger de potentie voor een grote variatie in abiotische omstandigheden en een grote biodiversiteit. Smalle oevers zijn minder soortenrijk en bieden minder leefgebied voor dieren. Dit is goed te zien in Figuur 5-1. De abiotische randvoorwaarden voor wensbeelden zijn daarom zowel kwalitatief als kwantitatief (gewenste breedte) uitgewerkt in Tabel 5-1. De kwantificering die in Tabel 5-1 is opgenomen, wordt bijgesteld aan de hand van de projectresultaten uit de uitvoeringsfase.

Tabel 5-1 Beschrijving van de zones die worden onderscheiden van sloot tot perceel. De verschillende oeverzones vormen één ecologisch geheel. Voor het wensbeeld is het belangrijk dat deze zones geleidelijk in elkaar overgaan.

Zone	Doel	Kenmerk	Breedte
<b>1. Aquatisch</b>	aan- en afvoer van voldoende en schoon water en goede ecologische waterkwaliteit obv KRW-maatlatten onnatuurlijke wateren	Soortenrijke flora en fauna met verschillende groeivormen waterplanten en de juiste omstandigheden zoals bepaald met de ESF* systematiek	Afhankelijk van waterhuishoudkundige functie
<b>2a. Aquatische oever</b>	Een stevige en begroeide oever en een goede ecologische waterkwaliteit	Langs hele oever is (soortenrijke) beschermende oevervegetatie aanwezig die in de onderwaterbodem wortelt	Breedte is minder belangrijk dan 100% sluitingspercentage. Geleidelijke overgang naar aangrenzende zones
<b>2b. Natte terrestrische oever</b>	Stevige en begroeide oever die ook als waterberging functioneert. Idealiter met een hoge biodiversiteit	Meer dan 75% bedekking met inundatietolerante soorten. Geen onbegroeide plekken	Zo breed dat verwachte fluctuaties in waterpeil opgevangen worden. Geleidelijke overgang naar aangrenzende zones
<b>3. Vochtige tot droge terrestrische zone</b>	Zone met een hoge biodiversiteit die als ecologische buffer functioneert tussen perceel en sloot(kant)	Bloemrijk- kruidenrijke grasland met hoge rijkdom inheemse plant- en diersoorten en variatie in planthoogte en wortelingsdiepte	Minimaal 1-2m breed en tot waar directe invloed van sloot op draagkracht minimaal is
<b>4. Perceel</b>	Agrarische productie	Productieve grassen zijn dominant, en draagkracht en afwatering zijn voldoende in het groeiseizoen voor vee en machines	Idealiter minder dan 40m** om de grondwaterstand te sturen dmv het slootpeil in afwezigheid van sterke kwel of wegzijging

\* ESF staat voor Ecologische sleutelfactoren

\*\* Dit maximum is om aan te geven dat de effectiviteit van het verhogen van het slootpeil op de grondwaterstand afneemt met de breedte van een perceel. Bij percelen breder dan 60m wordt de invloed zo beperkt dat ook aanvullende maatregelen nodig zijn zoals het smaller maken van het perceel door het graven van een greppel of sloot en of door (actieve) infiltratiesystemen (Van Doorn et al., 2021).

### 5.1.1 Wensbeelden: doel, definitie van goed en randvoorwaarden per zone

#### 1. Aquatische zone

**Doel.** De watergang staat ten dienste van de aan- en afvoer van voldoende en schoon water en heeft een goede ecologische waterkwaliteit door de aanwezigheid van voldoende soortenrijke flora en fauna en in groeivorm gevarieerde flora.

**Definitie van goed.** De af- en aanvoer van water is voldoende om het in het betreffende peilvak ingestelde slootpeil te handhaven. De ecologische waterkwaliteit is goed volgens de KRW-maatlatten systematiek. De KRW-maatlatten omvatten zowel flora als fauna. In dit onderzoek wordt gefocust op waterplanten als basisvoorwaarde voor een gezond ecosysteem in stilstaande wateren. Waterplanten vormen namelijk de leefomgeving voor veel macrofauna en vissen.

**Randvoorwaarde.** Voor een vrije afwatering is voldoende ruimte (breedte en diepte) en een stabiel sloot- en oeverprofiel nodig. Randvoorwaarden voor het wensbeeld van een soortenrijke (submerse) watervegetatie zijn gebaseerd op de ecologische sleutelfactoren en worden voor de veenweidesloten samengevat als:

1. Externe belasting van nutriënten uit de waterbodem, bodem (Lamers et al., 2012), bemesting, kwel, vogels en inlaatwater is beperkt. Factoren die hierop van invloed zijn, zijn onder meer een beperkte baggerlaag, voldoende waterdiepte, het voorkomen van onnutte waterinlaat, stevige oevers en een bufferzone tussen perceel en sloot om af- en uitspoelende nutriënten af te vangen;

2. Lichtklimaat voor planten voldoet. Dit wordt deels bepaald door nutriëntenbelasting wat leidt tot algen en kroos, maar ook door bodemwoelende vis, deeltjes, humuszuren. Voorwaarden zijn:
  1. lichtuitdoving: >4-15% van het daglicht moet op de waterbodem komen, zeker in de kiemings-/vestigingsfase (zie Lacoul & Freedman, 2006 en Bornette & Puijalon, 2009 voor een review);
  2. viscositeit bagger is voldoende hoog om opwerveling te beperken en bedelving met sediment te voorkomen;
3. Onderwaterbodem geschikt voor submerse vegetatie op basis van structuur (viscositeit) en chemische samenstelling van de bagger (review door Bornette en Puijalon, 2011) en dikte baggerlaag tussen 10 – 20cm dik (>10cm om onderliggend veen te beschermen, <20cm ten behoeve van ontkiemen planten);
4. Habitat is geschikt.
  1. Voldoende waterdiepte; meer dan 35 cm diep (minimum van 20cm; STOWA 2011-19);
  2. Continue overgang naar oeverzone
5. Regionale soortenpoel is niet beperkend:
  1. In de omgeving zijn gewenste soorten voldoende aanwezig
  2. In de omgeving zijn ongewenste soorten niet dominant
6. Verwijdering van de vegetatie in ruimte en tijd niet meer dan noodzakelijk voor waterhuishoudkundige functie of ecologische kwaliteit, dit omvat verwijdering door dieren (o.a. kreeften) en mensen.
7. Geen verontreiniging met milieuvreemde stoffen zoals gewas- en dierbeschermingsmiddelen.

## 2a. Aquatische oeverzone.

**Doel.** Het belangrijkste doel van de aquatische oeverzone is zorgen voor stabiliteit van de oever en het creëren van een habitat voor fauna.

**Definitie goed.** Dit doel is bereikt wanneer de begroeide aquatische oeverzone niet erodeert en een geleidelijke overgang heeft naar de aangrenzende aquatische en terrestrische zone.

**Randvoorwaarden.** De gevoeligheid van een oever voor erosie is direct gerelateerd aan de aanwezigheid van beschermende oevervegetatie rond de waterlijn dat stevig wortelt in de (onderwater)bodem (review door FLORON, 2019 en van Rotterdam 2020; De Kwaadsteniet et al., 1990) en aan de vorm van het profiel. Met name in het veenweidegebied is vegetatie cruciaal omdat geoxideerd veen van nature geen structuur heeft en in contact met water gemakkelijk wegspoelt. De volgende randvoorwaarden zijn nodig voor de aquatische oeverzone:

- 100% sluitingspercentage; langs de hele oever is beschermende emerse vegetatie aanwezig (zie ook Rijkswaterstaat, 1990);
- Deze aquatische oevervegetatie wortelt in de onderwaterbodem, niet alleen drijvend of horizontaal wortelend in de oever (kraggen). Beworteling van de onderwaterbodem is essentieel om de oever onder water stabiel te houden en het wegdrukken/ wegspoelen van geoxideerd veen vanuit het perceel te beperken;
- Voor deze zone is een zo volledig mogelijke bedekking van de oever belangrijker dan breedte. Hierbij wordt een minimale breedte van 20cm aangehouden en een maximale breedte die afhankelijk is van de reikwijdte van de apparatuur. Dit heeft ook te maken met de breedte en draagkracht van de terrestrische oeverzone.
- De zone direct naast de waterlijn voldoende ondiep is (< 20cm) en voldoende flauw talud heeft (<=27 graden/ 1:2 (STOWA 2011-19); of absoluut <33° (CUR-201, 1999)) zodat de vegetatie in de waterbodem kan wortelen;
- Onderwaterbodem geschikt voor emerse vegetatie op basis van structuur (viscositeit) en chemische samenstelling van de bagger;

- Verwijdering van de vegetatie in ruimte en tijd niet meer dan noodzakelijk voor waterhuishoudkundige functie of ecologische kwaliteit, dit omvat verwijdering door dieren (o.a. kreeften) en mensen. Zie hoofdstuk 5 voor alle details over beheer aquatische (oever)vegetatie.
- Regionale soortenpoel is niet beperkend:
  - o In de omgeving zijn gewenste soorten voldoende aanwezig
  - o In de omgeving zijn ongewenste soorten niet dominant
- Belasting oeverzone door stroming en golfslag leidt niet tot schade aan vegetatie en oever
- Geen directe belasting met meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen;
- Geen verontreiniging met milieuvreemde stoffen zoals gewas- en dierbeschermingsmiddelen.
- Soortenrijkdom is geen wensbeeld. Dominantie van enkele wortelende emerse soorten is ook goed en mogelijk realistischer (zie Roth et al., 1999).

## 2b. Natte terrestrische oeverzone.

**Doel.** De belangrijkste doelen van de natte terrestrische oeverzone zijn oeverstabiliteit en ruimte voor waterberging. Daarnaast is een soortenrijke vegetatie wenselijker dan een soortenarme vegetatie.

**Definitie goed.** Deze doelen worden bereikt wanneer de begroeide oever stevig is zonder zwarte plekken over een breedte die overeenkomt met het verschil tussen laagste en hoogste slootpeil en met een geleidelijke overgang naar de aangrenzende aquatische en terrestrische zone en voldoende stabiliteit en draagkracht om afkalving en erosie te minimaliseren. Goed ontwikkelde, 1-2 meter brede terrestrische oeverstroken (zone 2b en 3 in Figuur 5-1) hebben een relatief grote ecologische betekenis, ook (of juist!) in intensief gebruikt cultuurlandschap of in de bebouwde omgeving (Ter Heerdt et al., 2010). Elke meter meer is beter en 4-8 meter lijkt ideaal (CUR 1995, Pot en Schippers 2000; van 't Hoff 2006). Het onderhoud moet onder andere gericht zijn op het in standhouden van de zonering (Pot, 1993).

**Randvoorwaarden.** De gevoeligheid van een oever voor erosie is direct gerelateerd aan de aanwezigheid van beschermende oevervegetatie rond de waterlijn dat stevig wortelt in de (onderwater)bodem (review door FLORON, 2019; Van Rotterdam, 2020; De Kwaadsteniet et al., 1990) en aan de vorm van het profiel. Voor de natte terrestrische oeverzone betekent dit dat:

- De breedte waarin de inundatietolerante soorten dominant zijn ten minste zo breed is dat de fluctuaties in slootpeil gedurende het jaar, opgevangen worden;
- 100% bedekking waarvan >75% bedekking (dominantie) met inundatietolerante soorten/ helofyten (zie ook Rijkswaterstaat, 1990);
- Talud  $\geq 27$  graden/ 1:2 (STOWA 2011-19), of absoluut  $>45^\circ$  (CUR-201, 1999);
- Voldoende draagkracht voor weidende koeien (zie: Cole et al., 2020);
- Geen directe belasting met meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen;
- Bodem geschikt voor (soortenrijke) vegetatie op basis van structuur en chemische samenstelling;
- Verwijdering van de vegetatie in ruimte en tijd niet meer dan noodzakelijk voor ecologische kwaliteit, dit omvat verwijdering door dieren (o.a. ganzen) en mensen. Als de vegetatie te productief is, verschralen door maaien en afvoeren. Zie hoofdstuk 5 voor alle details over beheer oevervegetatie natte terrestrische oever.
- Geen verontreiniging met milieuvreemde stoffen zoals gewas- en dierbeschermingsmiddelen (zie review door Cole et al., 2020).
- Voldoende peilfluctuatie zodat binnen deze zone gewenste soorten kunnen kiemen, maar (niet-inundatietolerante) soorten in zone 3 niet binnen één jaar verzuipen;

## 3. Vochtige tot droge terrestrische zone

**Doel.** Het doel van deze zone is een hoge biodiversiteit dat functioneert als ecologische buffer tussen perceel en sloot.

**Definitie goed.** Dit doel wordt bereikt wanneer deze zone is begroeid met een soortenrijke gras-kruidentvegetatie die door een variatie in hoogte en in bewortelingsdiepte oppervlakkige afstroming van

nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen vanuit het aangrenzende perceel opvangt en erosie voorkomt.

**Randvoorwaarden.** De volgende randvoorwaarden zijn nodig voor de vochtige tot droge terrestrische zone:

- 100% gras-kruidenvegetatie met een variatie in hoogte en in bewortelingsdiepte;
- Talud <45° (CUR-201, 1999)
- Breedte zone is minimaal 1 tot 2 meter of tot waar de directe invloed van de sloot op de draagkracht minimaal is (afhankelijk van drooglegging en grondwaterstand).
- Nutriëntenrijkdom van de bodem is beperkt. Dit is een voorwaarde voor een hoge soortenrijkdom en het opvangen van nutriënten uit afstromend en ondiep uitspoelend water;
- Voldoende draagkracht voor weidende koeien en (lichte)machines die nodig zijn voor het beheer en onderhoud van oever en sloot (maar zie: Cole et al., 2015);
- Geen bemesting
- Geen gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in deze zone (zie review door Cole et al., 2020).

#### 4. Perceel

**Doel.** Het doel van het perceel is een duurzame productie van gras en kruiden ten behoeve van de (melk)veehouderij met minimale bodemdaling en emissies van nutriënten, gewas- en dierbeschermingsmiddelen en broeikasgassen.

**Definitie goed.** De definitie van een goed grasland is afhankelijk van de situatie. Wanneer voor de veenweidesloot van de toekomst een drooglegging van minimaal 20cm onder maaiveld wordt gehanteerd en de grondwaterstand niet verder dan 40cm onder maaiveld zakt dan heeft dit effect op het agrarische management (o.a. Van Doorn et al., 2021). Bedrijven zullen extensiever worden omdat het groeiseizoen korter wordt; beperkte draagkracht door te natte omstandigheden in voor- en najaar. Bemesting zal lager worden waardoor de grassamenstelling verschuift naar meer kruidenrijk. De lagere draagkracht leidt tot andere machines en andere koeienrassen. In de brede oeverzone zullen andere 'gewassen' geoogst worden voor andere toepassingen, bijvoorbeeld voor biogasproductie Meer kruidenrijke graslanden en nattere omstandigheden voor de weidevogels zou ook kansen kunnen bieden voor andere maatschappelijke opgaves en verdienmodellen.

**Randvoorwaarden.** De randvoorwaarde voor een productief perceel zijn:

- 100% begroeiing/ dichte grasmat met een variatie aan grassen en kruiden die ook dieper wortelen;
- Voldoende draagkracht, waarbij de belasting (GVE/ha en machine gebruik) is afgestemd op de actuele draagkracht;
- Bodemvruchtbaarheid (zuurgraad, nutriëntentoestand) op agrarische streefwaardes;
- Goede bodemstructuur (geen verdichting);
- Vlakliggend.

#### 5.1.2 Zones en slootpeil

Bij het vaststellen van de zones is slootpeil belangrijk. De breedte van de zones is afhankelijk van het slootpeil. De aquatische oeverzone eindigt op de oever bij het laagste slootpeil en is dus jaarrond onderwater. De natte terrestrische oeverzone begint ter hoogte van het laagste slootpeil en eindigt ter hoogte van het hoogste slootpeil. De vochtige oeverzone begint ter hoogte van het hoogste slootpeil en eindigt waar de directe invloed van de sloot op de vochttoestand en draagkracht niet meer waarneembaar is. Dit kan zijn gebaseerd op draagkracht, vochttoestand van de bodem of de vegetatiesamenstelling. Met name bij een sterk fluctuerend en/ of hoog slootpeil en kleine drooglegging (<20cm-mv) kan de natte en vochtige terrestrische oeverzone breed (>5m) worden. Hoe breed zal in het vervolgonderzoek worden vastgesteld.



Voor de veenweidesloot van de toekomst is de aanname dat een slootwaterpeil van 20cm-mv de norm wordt op basis van de beleidskeuze om te sturen op een grondwaterstand van -20 tot -40cm onder maaiveld. De hypothese is dat dit het optimum slootpeil is om de volgende doelstellingen te optimaliseren:

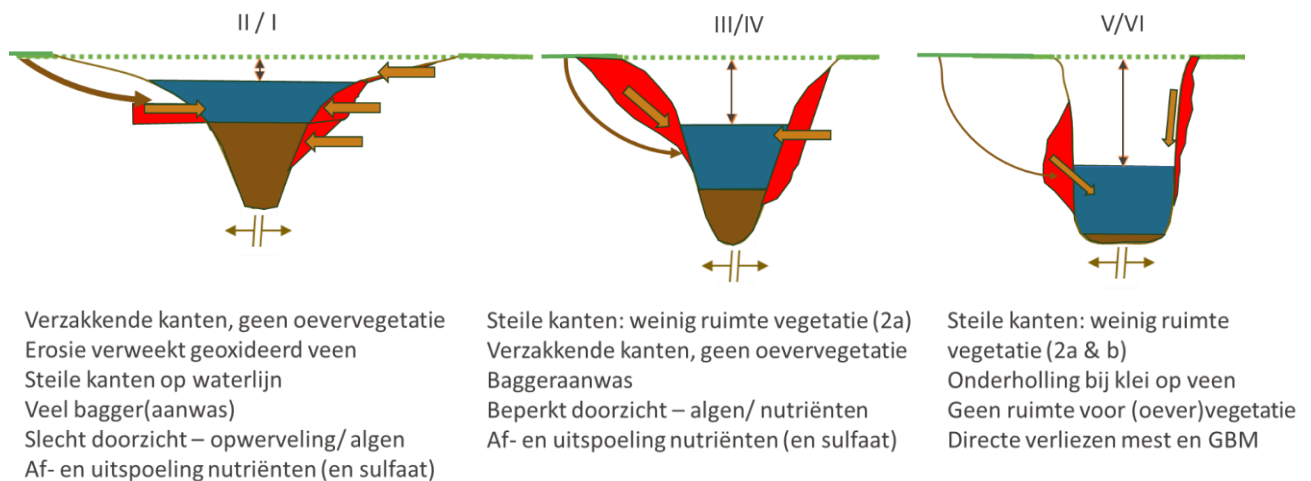
- het verhogen van het grondwaterpeil om bodemdaling en broeikasgasemissies te beperken;
- nog voldoende afwatering is om de aangrenzende percelen (extensief) agrarisch te beheren; en
- als tijdelijke waterberging te kunnen functioneren in tijden van extreme neerslag.

De relatie tussen slootpeil verhogen en grondwaterpeil maakt geen onderdeel uit van dit onderzoek. Dit is onderdeel van eerder onderzoek naar, en lopende pilots met, waterinfiltratiesystemen. De relatie tussen slootpeil verhogen en waterkwaliteit en oeverstabiliteit en broeikasgasemissies zal wel in dit onderzoek worden meegenomen. De relatie met agrarische productie en in mindere mate ook met waterberging maakt ook onderdeel uit van dit onderzoek. Broeikasgasemissies uit sloten worden onderzocht binnen het NOBV. Op basis van de resultaten van dat onderzoek hopen we binnen het project uitspraken te kunnen doen over emissies bij verschillende sloottypen en verschillen in de mate waarin de sloot voldoet aan het wensbeeld. Het is echter onzeker in hoeverre het NOBV voor het einde van het project de juiste parameters die de emissies beïnvloeden op kan leveren.

## 5.2 Verfijning wensbeeld per sloottypes

### 5.2.1 Sloottypes: zonerings en risico op erosie

In hoofdstuk 3 zijn veenweidegebieden getypeerd. Een belangrijk criterium daarbij was drooglegging omdat dit één van de meer onderscheidende factoren is tussen gebieden. Drooglegging heeft ook een grote invloed op de verschillende zones in de sloot. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 5-2.



Figuur 5-2 Schematische weergave van de verschillende sloottypering en de vorm van de oever en erosiegevoeligheid. Deze schematisaties zijn gebaseerd op de veldinventarisaties en op onderzoek naar oeverafkalving in het westelijk veenweidegebied (Van Rotterdam et al., 2020) en in Friesland (De Pater en Van Rotterdam, 2021).

Bij een kleine drooglegging (minder dan 40cm-mv) is de invloedssfeer van de sloot op het omringende land groot omdat een brede zone langs de sloot wordt beïnvloed door de watergang. Zowel de natte terrestrische zone als de vochtige tot droge terrestrische zone is breder bij een kleine drooglegging dan bij een grote drooglegging. Dit leidt tot een lage draagkracht; in de natte tot vochtige oeverzone is de draagkracht lager dan wenselijk voor weidende koeien (Van Rotterdam et al., 2023). Wanneer de beweidingsdruk hoger is dan de draagkracht leidt dit tot vertrapping en erosie van oevers. De beweidingsdruk van de oeverzone kan simpelweg worden beperkt door gebruik te maken van



drinkbakken. De juiste inundatietolerante oevervegetatie verbeterd de draagkracht. Dit is goed zichtbaar op de oevers in Zegveld waar Pitrus dominant is. De veldinventarisaties laten zien dat bij een kleine drooglegging in principe veel ruimte is voor de juiste (oever)vegetatie door de brede terrestrische oeverzone die door de sloot wordt beïnvloed (links in Figuur 5-2). Door de beperkte draagkracht en intensief beheer is de juiste terrestrische oevervegetatie niet of slechts beperkt aanwezig. Vooral intensief maaibeheer van de oeverzone beperkt de ontwikkeling van (vaak maaigevoelige) oevervegetatie.

De veldinventarisaties laten zien dat ook in de aquatische oeverzone de gewenste vegetatie niet tot slechts beperkt aanwezig is. Intensief beheer van de aquatische oeverzone leidt vaak tot een verticale oever op de waterlijn van enkele decimeters hoogte. Er is dan geen continue overgang van de aquatische naar de terrestrische oeverzone. Vaak valt deze steile oever op de waterlijn niet op omdat dit juist op de waterlijn is en deels boven, en deels onderwater. Het is het meest zichtbaar wanneer slootpeilen worden verlaagd in het najaar en deze zone zichtbaar zwart boven de waterlijn uitsteekt. Dit is problematisch omdat dit de cruciale zone van de oever is die beschermt zou moeten worden; het geoxideerde veen verweekt en spoelt gemakkelijk weg. Dit leidt tot erosie en de aanwas van bagger. Veelal wordt dit (sterk) verergerd door de aanwezigheid van de Amerikaanse rivierkreeft (bioturbatie; zie literatuurstudie door Roessink et al. (2009) voor meer informatie over non-trofische interacties van rivierkreeft) of woelende vissen zoals karpers.

Aan het andere eind van het spectrum zijn sloten met een grote drooglegging (meer dan 70cm). In de hierbij horende sloottypering is de fractie open water in het gebied klein, wat betekent dat percelen breed zijn en de watergangen relatief veel water afvoeren. Door de hoge stroomsnelheid van het water krijgen de sloten (die vaak wel op een 1:1 of 1:2 talud zijn gegraven) een bakvorm (rechts in Figuur 5-2). Hier is de fysieke ruimte voor de verschillende oeverzones beperkt. De juiste vegetatie is veelal afwezig omdat er simpelweg geen plek is voor deze vegetatie en omdat de watergang vrij wordt gehouden voor de af- en aanvoer van water. Bij een grote drooglegging vindt afkalving vaak verticaal plaats. Daarnaast kan bij klei op veen het veen onder de klei vandaan eroderen wat tot onderholling van de oever leidt.

De sloten die een intermediaire drooglegging hebben (40 – 70cm) liggen qua problematiek tussen deze twee uitersten in. Enerzijds zijn er vertrapte oeverzones en anderzijds kunnen oevers ook steil zijn geworden.

### 5.2.2 Sloottypering en wensbeelden

Ondanks dat in de huidige situatie veenweidesloten en gebieden sterk van elkaar verschillen (paragraaf **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**) is de verwachting dat in de toekomst deze verschillen kleiner worden. Voor de veenweidesloot van de toekomst is de aanname dat een slootwaterpeil van 20cm-mv de norm wordt (zie paragraaf 5.1.2). In die zin zouden voor het wensbeeld alleen de typeringen 1 en 2 relevant zijn. Echter, in de huidige situatie moeten ook wensbeelden worden ontwikkeld om ook in de huidige situatie aan de verschillende opgaves te werken en de kwaliteit van de sloot te vergroten.

Tabel 5-2 geeft een schematisch overzicht van de mate waarin fysieke ruimte in de huidige toestand meestal aanwezig is om de doelstellingen voor de verschillende zones te bereiken voor de verschillende sloottyperingen. Ondanks dat in sloottype V en VI de fysieke ruimte beperkt is, is ook voor deze type sloten het bereiken van de doelstellingen per zone belangrijk. In het volgende hoofdstuk wordt ingegaan wat de rol van beheer en onderhoud is bij het verkrijgen en onderhouden van de verschillende zones om de meerwaarde voor het geheel te krijgen. In sommige omstandigheden zal beheer en onderhoud niet voldoende zijn om de doelstellingen te bereiken en zullen ook inrichtingsmaatregelen nodig zijn om de benodigde ruimte te creëren.

Tabel 5-2 Schematisch overzicht van de mate waarin er voor de verschillende sloottyperingen fysieke ruimte aanwezig is om de doelstellingen voor de verschillende zones te bereiken. Het aantal plusjes is een indicatie voor de relatieve ruimte die voor een bepaalde zone beschikbaar is; hoe meer plusjes, hoe meer ruimte.

Zone en doelstelling	Sloottype I en II	Sloottype III en IV	Sloottype V en VI
Zone 1 Waterhuishouding op orde en goede ecologische waterkwaliteit obv KRW-maatlatten en ecologische sleutelfactoren systematiek	+++	++	+
Zone 2a Beschermen en stabiliseren oever dmv aquatische oevervegetatie met wortels in slootbodem	+++	++	+
Zone 2b Waterberging en beschermen en stabiliseren natte terrestrische oeverzone met inundatietolerante soorten en breed genoeg om peilfluctuaties op te vangen	+++	++	+
Zone 3 Ecologische buffer met hoge biodiversiteit om nutriënten en GBM op te vangen	+++	++	+
Zone 4 Perceel met voldoende draagkracht, goede benutting nutriënten en goede sponswerking	+	++	+++

### 5.3 Reflectie op wensbeelden vanuit veldinventarisaties

De beschrijving van wensbeelden en de opdeling in zones is gebaseerd op literatuur en ervaring, maar is vooral een theoretische exercitie. Hieronder volgt een reflectie op deze zones vanuit de veldinventarisaties.

De zoneringen en bijbehorende wensbeelden geven een duidelijk kader om in het veld gestructureerd en op eenduidige wijze naar de sloot te kijken. Het benoemen van de zoneringen zorgt ervoor dat elke zone wordt meegenomen en niet de focus ligt op één zone zoals nu vaak het geval is bij pilots. In het veld blijkt het onderscheiden van de verschillende zones in veel situaties lastig. De grenzen tussen de zones zijn niet altijd hard. Een vloeiende overloop van zones (en dus moeilijk te onderscheiden van elkaar) is juist de ideale situatie in het wensbeeld.

Het bepalen van de breedte van de verschillende zones (horizontaal gezien) zegt niets over de oppervlakte van de zone. Een schuin talud heeft een beperkte horizontale breedte maar veel oppervlakte. Bij de wensbeelden moet het naast de breedte van de zone daarom ook gaan over de hellingsgraad en daarmee het oppervlakte.

Bij de veldinventarisaties zijn geen sloten aangetroffen die vanaf midden sloot geleidelijk schuin oplopen door de verschillende zones heen (V-vorm van de sloot) zoals wel getekend in het wensbeeld in Figuur 5-1. Bestaande sloten hebben vaak een steile overgang tussen zone 2a en 2b. Ook als de zone 2b vegetatie heeft (bijv. Riet) dan is de overgang vaak steil. De vraag is of een geleidelijke overgang in het wensbeeld haalbaar is in de praktijk.

# 6 Met beheer en onderhoud naar wensbeeld

## 6.1 Algemene principes

Nu we de variatie in veensloten (hoofdstuk 4) en de eisen waar de ideale veenweidensloot van de toekomst aan moet voldoen (hoofdstuk 5) hebben vastgesteld, is het de vraag welke rol beheer en onderhoud hierin speelt. Van oudsher is beheer en onderhoud het uitvoeren van maatregelen met als doel dat de waterhuishoudkundige functie van de betreffende watergang intact blijft. Van nature 'verlanden' ondiepe aquatische ecosystemen tenzij ze door bijvoorbeeld forse stroming, overstroming of ander natuurgeweld (periodiek) worden opengehouden/open gemaakt (Watson, 2004; Sousa, 1984). Omdat dergelijke 'reset'-processen in onze onnatuurlijke wateren, zoals sloten, meestal afwezig zijn, en we de sloot wel open willen houden is beheer en onderhoud nodig. Met beheer willen we eigenlijk een bepaald (tussen-)stadium van successie in stand houden. Beheer en onderhoud van de sloot is grofweg in te delen in het beheer van de vegetatie (maaien en schonen) en baggeren. Verwijderen van vegetatie en bagger leidt tot een groter doorstroomprofiel en verlaagt de voedselrijkdom van het systeem (Blomqvist et al., 2009; Lamers et al., 2015, Chitnis et al 2021). Beheer en onderhoud van de terrestrische oever omvat maai-beheer, bemesting en belasting.

Het doel van beheer en onderhoud is het herstel en behoud van de ecologische en fysische kwaliteit van de verschillende zones in en om de sloot zonder te kort te doen aan de waterhuishoudkundige functie van de watergang en de agrarische functie van perceel en perceelrand. Beheer en onderhoud dat zich richt op behoud, herstel of verbetering van de ecologische kwaliteit in combinatie met de andere functies, wordt natuurvriendelijk onderhoud genoemd. Het doel van natuurvriendelijk onderhoud is het bereiken en behouden van de wensbeelden zoals beschreven in Hoofdstuk 4. Een ecologisch goed functionerende sloot heeft een grotere weerstand tegen tijdelijke verstoringen en leidt tot minder beheer.

Op hoofdlijnen komt natuurvriendelijk onderhoud van sloten neer op regelmatig maaien (jaarlijks tot eens per 5 jaar), schonen en baggeren, maar niet al te vaak, op het juiste tijdstip en met daarvoor meest geschikte apparatuur (Ter Heerd, 2010). De exacte timing, frequentie en methode is afhankelijk van de staat van het ecosysteem (o.a. productiviteit en aanwezige plantensoorten) en het beoogde doel (zie review door Ter Heerd, 2010, Peeters et.al., 2014, H13 uit Bloemendaal & Roelofs (eds), 1988). Afvoer van maaisel en bagger uit alle beheerde zones is een voorwaarde om natuurvriendelijk onderhoud effectief te laten zijn ten behoeve van de ecologie. In een goed functionerend ecologisch systeem (zie wensbeelden) moet zo min mogelijk ingegrepen worden (Van Vossen en Verhagen, STOWA 2009) waarbij natuurlijke processen het systeem in goede kwaliteit houden.

In meer detail zijn de algemene uitgangspunten bij natuurvriendelijk beheer en onderhoud ten behoeve van de veenweidesloot samengevat aan de hand van de beschikbare rapporten, wetenschappelijke literatuur en aangevuld met expertkennis en omvatten:

- Terughoudend maai- én baggerbeheer: waar en wanneer mogelijk vanuit waterhuishoudkundig perspectief, is het beheer en onderhoud minimaal (Van Vossen en Verhagen, STOWA 2009). Alleen beheren als nodig vanuit gestelde doelen!
- De watergang mag vanuit de hydrologisch functie niet verlanden (Deltafact Beheer en Onderhoud)
- Opschot met bomen in de oever moet worden voorkomen. Bosvorming tegengaan vanwege bereikbaarheid voor beheer (Ter Heerdt, 2010) en risico op te veel beschaduwning en bladinvall;
- De frequentie van onderhoud is afhankelijk van
  - o de snelheid van successie (Ter Heerdt et al., 2010; Pot en Schippers 2000).
  - o Mede veroorzaakt door de dimensies van de sloot en de productiviteit (Deltafact Beheer en Onderhoud) en bedoeld om dominantie van voedselrijke soortenarme vegetatie/ algen met een hoge biomassa terug te dringen.
  - o Zelf weer veroorzaakt door de voedselrijkdom van het water en de bodem door de aanwas van dood plantmateriaal, slib en uitspoelende meststoffen (vb. Zuidam, 2013);
- De bodem van de watergang mag niet worden aangeraakt tijdens de maaiwerkzaamheden (schonen) om de kans op vertroebeling door opwerveling van slib en lage zuurstofgehalten te voorkomen en om planten te behouden (Deltafact Beheer en Onderhoud; De Haan et al., 2012);
- Op de gehele oeverzone (ook het aquatische deel, zones 2 & 3) mag het onderhoud er niet toe leiden dat de bodem zwart komt te liggen om veenafbraak te voorkomen.
- Het onderhoud is alleen effectief als bagger en vegetatie ook worden verwijderd om de zuurstofhuishouding niet te verstoren, nutriënten uit het water te verwijderen en te voorkomen dat (ongewenste) soorten zich uitbreiden, bij voorkeur direct of anders uiterlijk binnen enkele dagen (Ter Heerdt et al., 2010; Quilliam et al., 2015). Maaisel op meer dan 40cm van de insteek tijdelijk op het land leggen (Ter Heerdt, 2010).
- Maaien vindt altijd plaats tijdens het groeiseizoen. Door verschillen in de seizoensritmiek van de waterplanten levert maaien daardoor in verschillende seizoenen andere effecten op. Over het algemeen is het gewenst om laat in het groeiseizoen te maaien om zeldzamere planten kans te geven zich voort te planten en te voorkomen dat snelgroeiende/stresstolerante planten gaan domineren, maar in sloten waar veel smalle waterpest of cabomba (of andere soorten die zich vermeerderen door hergroei uit kleine stukjes plant) groeien, kan het juist voordelig zijn om in het voorjaar te maaien (Beije et al., 1994). Al is de kans dat woekering van onderwaterplanten tegen wordt gegaan door alleen maaien klein (Zie review door Verhofstad, 2017 H9). Maaien midden in het groeiseizoen is het meest nadelig voor de ontwikkeling van veel soorten onderwaterplanten (Teurlincx et al., 2018) en kan de ontwikkeling van kroesgroei bevorderen. Voor emergente soorten kan schonen in de zomer mogelijk minder schade aan de natuurwaarde doen dan maaien in september tot oktober (Twisk et al., 2003).
- Hoogte van afmaaien altijd ten minste 10 cm boven de bodem om wortels (habitat voor fauna) intact te houden (Deltafact Beheer en Onderhoud).
- Het onderhoud wordt gefaseerd uitgevoerd (STOWA 2009-37) in ruimte en tijd om altijd een mozaïek van leefgebieden voor fauna in de sloot en oever te behouden (Ter Heerdt, 2010; Patberg et al., 2016) en bronpopulaties van waterplanten (Teurlincx, Verhofstad et al., 2018).
- Voor elke vorm van beheer en onderhoud geldt dat onderhoud van het natte profiel bij watertemperaturen lager dan 10 en hoger dan 20 graden Celsius vermeden moet worden (Van Heeswijk et al., 2006; STOWA 2009-37). Bij lagere temperaturen worden dieren inactief en bij hogere temperaturen is er kans op weinig zuurstof in het water, waardoor planten en dieren kwetsbaarder zijn voor verstoringen (Van Vossen en Verhagen 2009). Onderhoud bij ijsvorming op het water kan de oevers beschadigen en kan ook zuurstofloosheid veroorzaken en is ook niet wenselijk.
- Bij voorkeur oevervegetatie in strook langs de oever laten staan (stroombaanbeheer)
- Om te zorgen dat vissen en andere waterdieren kunnen ontsnappen moet (Patberg et al., 2016):
  - o Van het dode slooteinde af worden gewerkt en niet naar doodlopend stuk toe;

- Idem bij gebruik van maaikorf of –bak vanaf de kant, de korf/bak niet tot aan eigen oever de kant op trekken, dan sluit je waterdieren op. Stop iets voor de oever waar je je bevindt en haal de korf/bak langzaam recht omhoog (Patberg et al., 2016). Bij gebruik van de (destructieve) baggerpomp, gebruik deze in smalle sloten zonder vleugels (zie ook Ter Heerdt et al, 2010) en alleen in het midden van de sloot zodat vegetatie langs de randen blijven staan en dieren kunnen vluchten. Voor meer tips zie Ter Heerdt et al, 2010 en Deltafact beheer en Onderhoud.
- In een rustig tempo werken met zo min mogelijk bodemberoering. In brede ondiepe sloten kan gebruik gemaakt worden van een boot met schoepenrad (of schoepenrupsband) omdat voortstuwing door een propellor of waterjet de bodem flink zal beroeren;
- Direct stoppen als van naar lucht happende, slome of dode vissen gezien worden;
- Dieren (in het bijzonder vissen, amfibieën of mosselen) die op de kant liggen worden direct terug in het water gezet. Mosselen kunnen zelfs de dag erop nog worden teruggezet. Overlevingskansen van teruggezette dieren is nog veelal onduidelijk (Patberg et al., 2016), maar zal o.a. afhangen van gebruikte beheermethode en de diersoort in kwestie.
- Fauna heeft baat bij lage beheerfrequentie (review Ter Heerdt, 2010).
- Vogelnesten moeten uiteraard worden gespaard en waarbij minimaal 3 meter om het nest ongemoeid wordt gelaten. Sowieso dienen beschermde soorten ontzien te worden (alle soortgroepen).
- Gebruik geen methode die de gehele sloot volledig leeghaalt.

Naast deze algemene principes die bij het verwijderen van vegetatie en bagger worden gehanteerd zijn er nog enkele andere belangrijke uitgangspunten:

- Meststoffen, gewas- en dierbeschermingsmiddelen of andere milieuvreemde stoffen mogen niet in de watergang en oeverzones terechtkomen.
- De fysieke belasting van de oeverzone is afgestemd op de draagkracht. De zwaarte van de machines moet afgestemd zijn op de draagkracht. (oever niet vertrappen / afkalven)
- Als beweiding schade aan de vegetatie of het profiel veroorzaakt, moet de veebezetting afdoende worden verminderd of met een daad uit de kant worden gehouden (Ter Heerdt, 2010, Cole et al., 2020).

Voor meer concrete voorbeelden voor geschikt ecologisch beheer verwijzen we door naar de review door Ter Heerdt (2010), Rapportage ESF-verwijdering (Teurlincx et al., 2018) & Deltafact Beheer en onderhoud, met gebruikte bronnen (Slotenboek). Voor handvatten met betrekking tot de periode waarin beheer plaats kan vinden in verschillende zones zie naast vorige werken tevens fig. 4.2 van de Handreiking natuurvriendelijke oevers (STOWA 2009-37 p34); voor de frequente tabel 4.1 (waterzone) en tabel 4.2 9 (oeverzone) uit ditzelfde rapport.

Soms zijn er tegengestelde belangen, bijvoorbeeld als het doorstroomprofiel van de sloot beperkend is voor de ecologische kwaliteit (geen overdimensionering ten behoeve van hydrologische functie). Dan weegt de waterhuishoudkundige functie van de sloot volgens de wet meestal zwaarder dan ecologische kwaliteit. Dan zal er waarschijnlijk herinrichting nodig zijn om zowel de watervoerende functie, als goede ecologische kwaliteit te creëren. Het natuurvriendelijk onderhoud moet gericht zijn op het in standhouden van de alle gedefinieerde zones in de gradiënt van land naar water (Pot, 1993).

Als laatste willen we het belang benadrukken om aan de hand van vegetatie (volume vulling waterkolom & dominantie enkele soort) en dikte en structuur sliblaag in te schatten of beheerd moet worden en niet zondermeer vast te houden aan een vaste frequentie (zie ook STOWA 2009-37). In één jaar zowel maaibeheer als baggerbeheer uitvoeren geeft een extra aanslag op het systeem. Daarnaast is het sterk aan te raden de effecten van beheer (maaien én baggeren) te monitoren (te bekijken) om zo nodig de frequentie/methode bij te stellen als het gestelde doel niet dichterbij komt of verder weg lijkt te geraken.

In de volgende paragrafen wordt in meer detail ingegaan op beheer van vegetatie en bagger.

## 6.2 Beheer slootvegetatie

### 6.2.1 Doel

Om de doelen van biodiversiteit, stabiliteit en klimaatadaptatie te bereiken is het van belang om wensbeelden per zone in ogenschouw te houden bij het beheren van de slootvegetatie. Van oudsher is het primaire doel van het beheer van de slootvegetatie het waarborgen van de af- en aanvoer van water door verlanding te voorkomen. Voor de veenweidesloot van de toekomst is het doel van slootvegetatiebeheer naast water af- en aanvoer, een ecologisch hoogwaardige flora en fauna in de verschillende slootzones en een stabiele oever. In het kader van klimaatadaptatie wordt de capaciteit om fluctuaties in neerslag (en dus slootpeil) op te vangen steeds belangrijker.

Bij het beheer van slootvegetatie wordt een deel van de slootvegetatie verwijderd in de aquatische zone, en de natte tot vochtige terrestrische zone. Zonder onderhoud (maaïen en baggeren) verlanden de meeste sloten binnen een decennium en verdwijnen (Peeters et al, 2014). Verlanding ontstaat zowel vanuit het water door ophoping van dood organisch materiaal van algen en onderwaterplanten en vanuit de oever door helofyten/ emerse planten.

Hoewel de termen vaak door elkaar gebruikt worden, bestaat er een verschil tussen maaïen en schonen. Dit verschil is zeker in de verschillende zones (aquatisch, aquatische-, natte terrestrische-, en vochtige oever) van belang (Melman 1990). Bij schonen wordt vaak een (groot) deel van de wortelstokken beschadigd of verwijderd. Schonen zien we in dit rapport als een zeer rigoureuze manier van maaïen. De ecologische waarde van jaarlijks geschoonde sloten is lager dan die van sloten die eens in de twee – drie jaar worden geschoond. Schonens dient vooral om de successie terug te zetten. Bij maaïen wordt de successie vertraagd door het bovengrondse deel van de planten, en soms zelfs alleen het boven het water uitstekende deel van de planten te verwijderen (emergente plantensoorten en evt. drijfbladplanten). Het laatste is voor de vegetatie het meest gunstige (Griffioen en Altenburg 1994). Die kan makkelijk opnieuw uitgroeien vanuit de niet afgemaaide plantendelen, afhankelijk van de soort (Mony et al., 2011, Deltafact Beheer en Onderhoud, review door Verhofstad, 2017 H9).

### 6.2.2 Huidige praktijk

Voor de meeste agrariërs is het een automatisme om alle slootvegetatie in zijn geheel te verwijderen. Dit wordt in de praktijk 'slootschonens' genoemd. Een belangrijke motivatie van agrariërs om alle slootvegetatie te verwijderen is de 'angst' voor de schouw in het najaar door het waterschap. Tijdens het slootschonens wordt geen onderscheid gemaakt tussen submerse en emerse vegetatie. Er wordt vaak ook geen onderscheid gemaakt tussen oeverbeheer en slootbeheer. Beiden worden meestal in één werkgang uitgevoerd.

Tegenwoordig is het meest gebruikte apparaat voor het beheren van de submerse en emerse vegetatie de zogenoemde 'herderbak'. Dit is een maaikorf van meestal 5 meter breed met twee over elkaar schuivende rijen messen. Met deze messen wordt bij het laatste stukje vegetatie dat opgehaald wordt een knip gemaakt, zodat de wortels in de emerse (aquatische oever)zone (2a) veelal gespaard blijven. Sommige agrariërs en loonwerkers werken nog met een meer ouderwetse maaikorf met een bak niet breder dan drie meter, zonder scharen. Zij zijn gewend daarmee een stuk van de wortels en bagger mee uit het water te scheppen. Enkelen menen dat door het meenemen van het stukje bagger de sloot direct op diepte blijft en verder geen ander onderhoud nodig is. Sommige waterschappen hebben het tegelijkertijd baggeren en schonens jaren geleden ontmoedigd in hun beheergebieden.

Voor lang niet alle sloten is verwijdering van submerse of emerse vegetatie nodig om de sloot open te houden voor water aan- en afvoer. Een agrariër in Aarlanderveen zei eigenlijk nooit over niet schonens te hebben nagedacht. Dat kenmerkt het beeld dat vaak in het veld wordt aangetroffen. Hoewel de submerse vegetatie in de meeste gebieden enorm is teruggelopen de afgelopen jaren, is men vaak nog



steeds gewend ieder jaar iedere sloot te beheren. In veel gebieden is dat te zien aan een klein randje van rottende wortels en stuk geknipte oevervegetatie langs iedere slootkant in het najaar. In gebieden waar al vele jaren geen ondergedoken waterplanten worden aangetroffen, gaat slootbeheer voornamelijk over het maaien of wegnippen van vegetatie in de aquatische en natte terrestrische oeverzone. Zelfs waar sloten zichtbaar afkalven wordt vaak (het laatste restje) oevervegetatie verwijderd, zonder dat men beseft dat deze vegetatie bijdraagt aan oeverbescherming. Schonen is vaak een standaard jaarlijkse handeling.

Wanneer slootvegetatie minimaal tot helemaal niet wordt beheerd zoals in sommige sloten in Zegveld en in Spaarnwoude, groeit een soortenrijke emerse vegetatie in de aquatische oeverzone. In polder Mastenbroek leidt ecologisch slootbeheer ook tot goed ontwikkelde emerse vegetatie en stevige oevers. De aquatische oeverzone wordt hier meegemaaid met de reguliere grassneden.

Er zit een verschil tussen sloten die redelijk openblijven en waar ruimte is in de waterkolom voor submerse vegetatie en sloten die gedurende het groeiseizoen volledig dichtgroeien met emerse planten. In veel gevallen lijken bodemsamenstelling in combinatie met slootdimensies bepalend te zijn hiervoor. Sloten die smaller en ondieper zijn en waar de bodem meer klei bevat, lijken sneller vol te groeien met emerse vegetatie zoals liesgras, egelskoppen en ook riet naar ervaringen binnen het AGV-beheergebied (in Aetsveld, Bovenkerkerpolder en Ronde Hoep). Vaak zijn agrariërs en loonwerkers in deze situaties geneigd om de gehele sloot 'uit te halen' in het najaar. Een veelgehoord argument voor het volledig verwijderen is dat het – bij laten staan – niet meer te beheren valt in het volgende jaar en te veel wordt.

In gesprek met agrariërs over de werkwijze van het slootschonen, spreken velen nog van 'de kanten (aquatische en natte terrestrische oeverzone) ophalen' en het talud 'aanvullen'. Zij zien het vaak als een nuttige onderhoudsbeurt voor het opvullen en de stevigheid van de oevers. Dit is met name terug te zien in gebieden waar oeververzakking door vertrapping optreedt.

De laatste jaren is op heel veel plekken in het veenweidegebied de schade van rivierkreeften te zien aan de afname tot het verdwijnen van emerse vegetatie, maar vooral van de submerse. Tijdens de veldinventarisatie werden alleen in Mastenbroek geen tot weinig exotische rivierkreeften aangetroffen. De slootvegetatie was hier goed ontwikkeld. Beheer en onderhoud was hier ook terughoudend. Dit is anders in veel stukken van het westelijk veenweidegebied. Het feit dat rivierkreeften een grote bijdrage leveren aan de structurele verwijdering van vegetatie zou moeten worden meegewogen in het beheer van de slootvegetatie.

De laatste jaren vindt een verandering plaats in het beheer van de slootvegetatie, zowel bij het waterschap als in de agrarische sector.

### 6.2.3 Beheer vegetatie en ecologische kwaliteit

Slootvegetatie kan sterk worden beïnvloed door beheer. In onderstaande wordt onderscheidt gemaakt tussen emerse soorten in de aquatische oeverzone en submerse soorten.

**Emerse plantensoorten** worden beïnvloed door de manier waarop slootvegetatie wordt verwijderd en het tijdstip waarop dit wordt uitgevoerd (Twisk et al 2003). Hoe intensiever de machine de vegetatie verwijderd hoe lager de natuurwaarde-index (Twisk et al., 2003). Het gebruik van de maaitrommel resulteerde in lagere soortenaantallen en een lagere natuurwaarde-index dan die van de maaikorf of de slootschep. Het negatieve effect van het gebruik van de maaitrommel kan te wijten zijn aan de rigoureuze manier waarop de wortelende vegetatie uit de sloot wordt getrokken door de roterende trommels. Er werd geen verschil vastgesteld tussen de maaikorf en de slootschep wat betreft soortenrijkdom of de natuurwaarde index.

Ter Heerdt et al., 2010 concludeert dat voor emerse vegetatie het beste tijdstip om te maaien/schonen laat in het jaar is (zie ook: Pot, 2003). In september/november maaien leidt tot een soortenrijkere vegetatie die nog wel erosiebestendig is. Twisk et al. (2003) vonden een klein maar significant effect



van het tijdstip waarop slootvegetatie werd verwijderd op de aanwezigheid van emerse soorten waarbij juist verwijdering later in het jaar (september of oktober) resulteerde in een lagere natuurwaarde index voor de emerse soorten vergeleken met eerder in het jaar (tussen juli en half september). Zij gaven aan dat het verwijderen in juli en augustus mogelijk leidt tot hergroei van de opkomende vegetatie voor de winter. Later in het jaar verwijderen zou kunnen leiden tot een hogere abundantie van algemene pioniersoorten het volgende jaar, zoals waterpeper (*polygonum hydropiper*) en gele waterkers (*Rorippa amphibia*). Het effect dat Twisk et al. (2003) vonden is vrij klein en een dergelijk effect van de periode werd niet gevonden in eerdere Nederlandse studies (Twisk et al. 1997). Bij overlast door een woekersoort kan in de timing en frequentie van maaien rekening gehouden worden met de levenscyclus van zowel de ongewenste als aanwezige gewenste soorten (Verhofstad, 2017). Mocht overlast van Riet aanwezig zijn, wordt zomermaaien voorgesteld (Ter Heerdt, 2010).

**Voor submerse vegetatie** is de relatie tussen doelen en beheer moeilijker, omdat de groei van onderwaterplanten onder ander sterk afhankelijk is van de voedselbeschikbaarheid (Ter Heerdt, 2010), en van jaar tot jaar sterk kan verschillen (zie review Lacoul & Freedman, 2006).

Studies laten zien dat het tijdstip van maaien van groot belang voor het effect van het beheer (Teurlincx et al., 2018). Verschillende soorten reageren verschillend. Later in het jaar maaien is in het algemeen het beste om hoge biomassa's en dominantie van soorten te voorkomen (Ter Heerdt et al. 2010, Verhofstad et al., 2017 H9), en om de soortenrijkdom te handhaven. Voor ondergedoken vegetaties geldt in principe: zo weinig mogelijk schonen/maaien (Nijboer 2000). In voedselarme situaties is het noodzakelijk om slootbodems zo nu en dan te schonen om het systeem stabiel te houden. Afhankelijk van de aanwas van nutriënten is het advies een frequentie ergens tussen elke 2 tot 5 jaar. In voedselrijke sloten zou eens per jaar de vegetatie moeten worden verwijderd (Best et al., 1193a, b; Ter Heerdt, 2010).

Beltman (1984) vond dat de maaikorf de aanwezigheid van drijvende waterplanten zoals Watergentiaan (*Nymphoides peltata*) bevordert terwijl de slootschep ongewenste ondergedoken waterplanten bevordert zoals Brede waterpest (*Elodea canadensis*) en draadalgen. De voorkeur voor de maaikorf of slootschep hangt af van de instandhoudingsdoelstellingen. Musters et al., 2006 beschrijft een voorkeur voor gebruik van de maaikorf bij waterplantenbeheer. Een overzicht van Nederlandse publicaties (Twisk et al. 1997, Ter Heerdt, 2010) bevestigde bovenstaande resultaten. Pioniers (zoals kranswieren), maar ook woekersoorten die gemakkelijk (vegetatief via fragmenten) verspreiden, kunnen profiteren van mechanisch beheer waar fragmenten bij loskomen (Dollinger et al., 2015; review Verhofstad, 2017; Wade, 1993; Zehnsdorf et al., 2015).

Wanneer minder dan 10 cm boven de bodem wordt gemaaid is de kans op tijdelijke vertroebeling en verstoring van de zuurstofhuishouding groot (Deltafact Beheer en onderhoud, STOWA). Dit laatste wordt nog versterkt door achtergebleven afstervende plantendelen. Afgesneden plantendelen die achterblijven na maaien zullen zich echter ook verder verspreiden, waardoor plantensoorten (ook ongewenste) zich kunnen uitbreiden. In het geval van regenval is een gemaaide oever minder robuust dan een ongemaaide oever, Aviles et al 2020 suggereren dat het rekening houden met een hoge instroom van (regen)water in de sloot en het maaimoment hierop aanpassen kan helpen met het onderhouden van een stabiele oever.

#### **6.2.4 Met beheer van vegetatie naar wensbeeld**

*Het beheer van vegetatie in de verschillende slootzones is een belangrijk sturingsmechanisme om de waterhuishoudkundige en ecologische doelen te bereiken. Hoe lang een vegetatie zich ongestoord kan ontwikkelen hangt onder andere af van de groeisnelheid, de voedselrijkdom, de morfologie, de sliplast en de aanwezige gebruiksfuncties. Om een richtlijn te geven voor het beheer van de slootvegetatie, is*

op basis van de tot nu toe bestaande kennis een schematische aanpak uitgewerkt. In deze aanpak wordt de intensiteit waarmee de aquatische vegetatie uit de waterzone (

Tabel 6-1) en de aquatische oevervegetatie uit de oeverzone (

Tabel 6-2) wordt verwijderd bepaald op basis van de mate waarin de huidige situatie afwijkt van het wensbeeld met als doel om het wensbeeld (zie hoofdstuk 5) te bereiken of te behouden. De mate waarin een zone afwijkt van het wensbeeld is uitgewerkt voor zowel de vegetatie én voor de belangrijkste fysieke omstandigheden.

Tabel 6-1 Schematische weergave van de intensiteit waarmee de **aquatische vegetatie uit de waterzone** zou moeten worden verwijderd d.m.v. maaien (altijd ook in combinatie met afvoeren maaisel) afhankelijk van de mate waarin de omstandigheden afwijken van het wensbeeld (aangegeven in kleuren). Grenswaarden zijn schattingen uit projectteam, gebaseerd op beschikbare literatuur en veldkennis, maar kunnen in de uitvoeringsfase nog wijzigen.

Fysische omstandigheden WATERZONE	Beperkte waterdiepte, Beperkte overruimte	Beperkte waterdiepte, Voldoende overruimte	Voldoende waterdiepte, Beperkte overruimte	Voldoende waterdiepte, Voldoende overruimte
Geen vegetatie of alleen kroos	Niet	Niet	Niet	Niet
Woekerende vegetatie (> 95 % bedekking met eutrofe soorten submers en/ of > 90% drijfbladplanten/emers)	baggeren	baggeren	2x per jaar maaien*	1x per jaar maaien*
>85% bedekking submers	baggeren	baggeren	2x per jaar maaien*	1x per jaar maaien*
<15% bedekking submers	Baggeren	baggeren	Niet	Niet
>75% bedekking submers en/ of > 60 % wortelende drijfbladplanten	Baggeren	baggeren	1 (zonder opstuwung bij piekbuien) tot 2x per jaar maaien	1x per jaar maaien*

<35% bedekking submers en/ of < 10 % wortelende drijfbladplanten	baggeren	baggeren	Niet	Niet
Hoge soortenrijkdom, 35-75% bedekking submers en/ of 30 % wortelende drijfbladplanten	1 x per 1-2 jaar maaien*	Niet	1 x per 2-5 jaar maaien*	Niet

\* bij voorkeur aan het einde van het groeiseizoen. Bij dominantie van sterrenkroos, waterranonkel of groot blaasjeskruid bij voorkeur maaien in het voorjaar, bij dominantie van smalle waterpest, tenger fonteinkruid, haarfonteinkruid, ongelijkbladig vederkruid of waterwaaier (cabomba) minder maaien en laat in jaar maaien, bij dominantie van aarvederkruid, schedefonteinkruid, glanzig fonteinkruid, gekroesd fonteinkruid, zannichellia of grof hoornblad bij voorkeur laat in het seizoen.

Tabel 6-2 Schematische weergave van de intensiteit (aantal plusjes) waarmee de **aquatische oevervegetatie/ emerse vegetatie uit de aquatische oeverzone** zou moeten worden verwijderd d.m.v. maaien (altijd ook in combinatie met afvoeren maaisel) afhankelijk van de mate waarin de omstandigheden afwijken van het wensbeeld (aangegeven in kleuren). Grenswaarden zijn schattingen uit projectteam, gebaseerd op beschikbare literatuur en veldkennis, maar kunnen in de uitvoeringsfase nog wijzigen.

Fysische omstandigheden OEVER*	Steil op waterlijn, beperkte overruimte	Steil op waterlijn, voldoende overruimte	Flauw talud, beperkte overruimte	Flauw talud, voldoende overruimte
<b>Vegetatie</b>	Niet	Niet	Niet	Niet
Geen vegetatie	Niet/min	Niet	niet	Niet
<25% sluitings%	Minimaal	Niet/min	Minimaal	Niet
25 - 75% sluitings%	++ Tbv doorstroming en verschralen	++ Tbv instandhouden en verschralen	+++ Tbv doorstroming en verschralen	++ Tbv verlanding en verschralen
Eutrofe (ruigte) soorten, 100% sluitings%	+ Tbv doorstroming	minimaal Tbv Instandhouden oeverzone	+(+) Tbv doorstroming	+ Tbv verlanding voorkomen
Hoge soortenrijkdom, 100% sluitings%	+ Tbv doorstroming	minimaal Tbv Instandhouden oeverzone	+(+) Tbv doorstroming	+ Tbv verlanding voorkomen

De frequentie van maaien wordt in het veld aangepast aan het resultaat van beheer. Om vegetatie te verwijderen moet er wel vegetatie zijn. Voor de submerse vegetatie moeten de groeiomstandigheden niet toxisch zijn voor de planten. Voor de emerse vegetatie moet de oeverzone voldoende ondiep zijn. Zonder vegetatie en met een oeverprofiel waarin geen ruimte is voor vegetatie (bakvorm en oeverzone te diep) is de afstand tot wensbeeld maximaal. Als door het voorgesteld beheer de gewenste situatie niet wordt bereikt zijn waarschijnlijk andere factoren ook sturend die eerst opgelost dienen te worden.

Samengevat zijn de richtlijnen wanneer de vegetatie wordt verwijderd: niet meer verwijderen dan noodzakelijk, gefaseerd maaien (voor fauna), in de aquatische oeverzone liefst in de volle breedte een smalle strook vegetatie laten staan, wortels niet verwijderen door 10cm boven de bodem te maaien, kanten niet aantasten en maaisel uit de kant verwijderen.

## 6.3 Beheer bagger

### 6.3.1 Doel

Het doel van het verwijderen van bagger is driedig:

1. voldoende waterdiepte voor water af- en aanvoer;
2. voldoende waterdiepte en aanverwante positieve omstandigheden (bodemstructuur, zuurstof, zicht en temperatuur) voor de ontwikkeling van submerse vegetatie;
3. verwijdering van nutriënten .

### 6.3.2 Huidige praktijk

Als men in de praktijk over 'baggeren' spreekt dan gaat het zowel over grootschalig en diep baggeren met kranen, als over baggeren op het individuele bedrijf met bijvoorbeeld de baggerspuit. De baggercyclus voor hoofdwatgangen is in veel gebieden 10 jaar. Grootschalige baggerprojecten ten behoeve van de waterkwaliteit worden vaak gecoördineerd uitgevoerd op polderniveau. De resultaten van grootschalige (waterkwaliteits) baggerprojecten vallen in veel gevallen tegen en worden door agrariërs en ecologen als 'mislukt' aangemerkt omdat de gewenste vegetatie niet is hersteld, zoals het baggerproject in Aarlanderveen. Sommige baggerprojecten hebben afkalven van oevers geleid. Waterschappen hebben hun baggerstrategie voor grootschalige baggerprojecten in veel gevallen aangepast. Er is meer onderzoek vooraf en achteraf naar het slootprofiel en baggeren vindt voornamelijk plaats vanuit het midden van de sloten.

De onderlaag van de slootbodem verschilt sterk per locatie. Zo zijn er sloten met een harde onderlaag in de slootbodem (bijvoorbeeld van zand of klei) en zijn er locaties waar nauwelijks te spreken is van een slootbodem door de losse structuur. Bij een slappe slootbodem lijkt het hebben van kwel of wegzijging een rol te spelen in de consistentie van de slootbodem. Bij de aanwezigheid van een harde slootbodem (bijv. In gebieden in Friesland en rondom Rouveen) is de baggerlaag duidelijk te onderscheiden en zal ook niet snel dieper worden gebaggerd dan deze harde laag. Bij het ontbreken de harde slootbodem is het risico groter dat er bij baggeren meer wordt verwijderd dan de oppervlakkige baggerlaag.

In Friesland is ervaring opgedaan met alleen het baggeren van de middensleuf van de sloot. De belangrijkste reden voor het baggeren is daarbij het vrijhouden van het midden van de sloot van vegetatie. In een dieper gebaggerde slootbodem ontwikkeld vegetatie zich minder. Door juist de buitenste delen van de sloot (richting zone 2a) niet te baggeren wordt daar vegetatie gestimuleerd.

Het baggerpeil verschilt sterk tussen sloten en regio's. Frequent baggeren leidt niet per se tot minder bagger. De aanwas en herkomst van bagger speelt een grote rol. Er zijn sloten die nooit gebaggerd zijn maar weinig of een stabiele laag bagger bevatten. Bij het project 'Waterdiepte op Maat' in de Ronde Hoep is het streven een baggerevenwicht. Vanuit de praktijk is het nog niet duidelijk wat het ideale baggerevenwicht is die aansluit bij de verschillende opgaven (broeikasgassen, waterkwaliteit, ecologie).

De herkomst van de bagger in de sloot is moeilijk te herleiden. Een deel is afkomstig van afgestorven algen en vegetatie en een deel door afkalving en oxidatie van het veen. Maar ook water af- en aanvoer hebben invloed op af- en aanvoer en vorming van bagger. Meer fluctuaties door extreme

weersomstandigheden (droge en natte periodes) vergroten dit effect mogelijk. Bij de herkomst van bagger moet daarom niet alleen gekeken worden naar de oevers maar ook naar 'baggerbalans' op grotere schaal.

De aanleiding om te baggeren met de baggerspuit is in de praktijk niet altijd het verwijderen van de baggerlaag. Steeds vaker, door de droge zomers, wordt de baggerspuit ook ingezet om het perceel te bewateren met gevolgen voor de slootbodern. In sommige veenweidegebieden (collectief Rijn, Vecht en Venen) wordt baggeren met baggerspuit als pakket in het agrarisch natuur en landschapsbeheer niet meer aangeboden, omdat te intensief gebaggerd werd en door de slootbodern heen werd gebaggerd.

### **6.3.3 Relatie tussen bagger en ecologische kwaliteit**

Baggeren is een zeer versturende ingreep door vertroebeling, zuurstof en verstoring wortels en kan daardoor een negatief effect hebben op de watervegetatie, die tijd nodig heeft te herstellen na een dergelijke ingreep (Gylstra et al., 2015). Daarom wordt gesteld dat baggeren niet vaker dan om de (3)4-6(8) jaar plaats moet vinden (Musters et al., 2006, STOWA 2009-37, Ter Heerdt, 2010). Een waterdiepte van 50-90cm is prima (ter Heerdt, 2010; Twisk et al., 2003). De manier waarop, de frequentie en het tijdstip waarop gebaggerd wordt hebben een significant effect op de natuurwaarde-index van de submerse en drijvende vegetatie (Twisk et al 2003, Teurlincx et al., 2018). De hoogste natuurwaarde-index werd gevonden wanneer de sloten recent gebaggerd waren (1-3 jaar geleden) in september of oktober (Twisk et al., 2003). Baggeren met de baggerpomp tussen november en maart resulteerde in de laagste natuurwaarde-index (Twisk et al., 2003).

Welk type baggermachine wordt gebruikt heeft ook een significant effect op de natuurwaarde-index ; de natuurwaarde-index daalde in de volgende volgorde: trekschop, geperforeerde trekschop en baggerpomp (Twisk et al., 2003). De analyse toonde een complex effect van baggeren op de natuurwaarde-index van de emerse vegetatie. Het gebruik van een baggerzuiger op het juiste tijdstip met juiste rijsnelheid, juiste kop en juiste maat vleugels (of zonder vleugels, afhankelijk van breedte sloot) kan geschikt zijn om secuur (en in ruimte gefaseerd) te werken (Ter Heerdt, 2010). Op deze manier kan volledige omwoeling/opwerveling van de waterbodern worden voorkomen, wat bij baggeren met een dichte bak wel te zien is. Echter kan een pomp de waterdieren vernalen, terwijl dat risico bij een bak kleiner is (Patberg et al., 2016).

Voor broedvogels, vis en amfibieën wordt voorgesteld om na het broedseizoen en voor intreden winterrust van vis en amfibie te baggeren (voorkeur sept-okt; STOWA 2009-37; Ter Heerdt, 2010).

Naast de methode van baggerbeheer heeft ook het verschil in chemisch-fysische kwaliteit van het slib ten opzichte van de onderliggende waterbodern invloed op het effect van baggeren op de ecologie. Zo kan het slib soms van betere chemische kwaliteit zijn dan de bodern daaronder (Poelen et al., 2015) en leidt baggeren tot meer nalevering van fosfaat met negatieve gevolgen voor de vegetatie ontwikkeling. Daarnaast zijn er aanwijzingen dat planten(wortels) zich voornamelijk vestigen in dunnere lagen slib en minder in dikkere lagen (nat) slib als er bijvoorbeeld een hoge concentratie van ammonium en sulfide in het poriewater, van het dikke slib, aanwezig is (zie Boedeltje et al., 2001).

Begin 2024 zal vanuit een ander project een literatuurstudie worden uitgevoerd om specifiek het effect van baggerbeheer op de watervegetatie in lijnvormige water te onderzoeken. Aanvullende relevante resultaten zullen worden opgenomen in eindrapport van dit project.

### **6.3.4 Met beheer van bagger naar wensbeeld**

Om een richtlijn te geven voor het baggerbeheer, is op basis van de tot nu toe bestaande kennis een schematische aanpak uitgewerkt. De intensiteit waarmee wordt gebaggerd (Tabel 6-3) is bepaald op basis de mate waarin de huidige situatie afwijkt van het wensbeeld met als doel om het wensbeeld (zie hoofdstuk 5) te bereiken of te behouden.

De randvoorwaarde om überhaupt te baggeren is een stabiele oever en geen onderholling van de oever anders wordt baggeren sterk afgeraden. Voorwaarden bij baggeren zijn:

- Vaste slootbodem onder de sliblaag niet beschadigen (kan door kleine laag slib achter te laten);
- gefaseerd verwijderen in de ruimte (polderschaal) ;
- verwijderen uit het midden vd sloot; (zo blijft oeverprofiel flauw en planten op hellend deel voor stevigheid zorgen is de verwachting, slib zakt waarschijnlijk vanuit zijkanten naar midden)
- waar mogelijk met de baggerpomp aangepast aan situatie;
- uitgangspunt is alleen in het najaar;
- bagger wordt afgevoerd.

Tabel 6-3 Schematische weergave van de afstand tot wensbeeld (aangegeven in kleuren) wat betreft fysische omstandigheden en vegetatie waaronder baggeren nodig zou zijn en de frequentie van baggeren (aantal plusjes) waarmee gestart kan worden (in veld aanpassen aan resultaat beheer).

Fysische omstandigheden Vegetatie	Ondiep water veel slib	Veel tot beperkt slib	Voldoende water- diepte, weinig slib
Geen	+++	++	min
Hoog productief, soortenarm en eutroof	+++	++	+
(redelijk) soortenarm zowel gewenst als ongewenste soorten	++	+	min
Laag productief, soortenrijk, gewenste soorten abundant	+	+	min

## 6.4 Terrestrisch oeverbeheer

### 6.4.1 Doel

Om de Veenweidesloot van de Toekomst te bereiken maakt dit project onderscheid tussen de natte terrestrische zone (ofwel 2b, tussen laagste en hoogste slootpeil) en de vochtige tot droge oeverzone (ofwel 3, tussen hoogste slootpeil en agrarisch beheerd perceel). Het doel van de natte oeverzone is een stevige oever. Het doel van de vochtige tot droge oeverzone is een hoge ecologische waarde met een soortenrijke en structuurrijke vegetatie (zie Hoofdstuk 5). Voor de natte oeverzone is biodiversiteit ondergeschikt aan stabiliteit. De vegetatie moet bestaan uit een dominantie van inundatiegevoelige soorten met een stevig wortelstelsel. De frequentie van maaibeheer, het wel of niet afvoeren van maaisel en de mate van nutriëntenbelasting of nutriëntafvoer en het gebruik van beschermingsmiddelen zijn bepalend voor dit eindbeeld van de terrestrische oever.

### 6.4.2 Huidige praktijk

De oeverzone is voor de agrariër vaak niet een interessant stuk voor zijn bedrijfsvoering en veel agrariërs proberen de oeverzone zo smal mogelijk te houden. Vee gebruikt de oeverzone vaak om kruidenrijke vegetatie uit de kant te eten en als plek om te drinken. In de praktijk wordt meestal geen onderscheid gemaakt tussen verschillende zones in de oever waar het specifiek beheer op wordt toegepast. Vaak is de droge terrestrische oeverzone lastig te onderscheiden van het perceel en wordt deze met iedere snede mee gemaaid. In deze gevallen gaat over de natte oeverzone een enkele keer in het jaar de maaibalk of wordt de vegetatie in de natte oeverzone er tijdens het slootschonen met een maaikorf uitgeknipt. De aquatische oeverzone (2a) de natte terrestrische oeverzone (2b) en/of de droge tot vochtige terrestrische zone (3) worden ook met regelmaat tegelijkertijd beheerd, vaak éénmaal aan het einde van het seizoen met een maaibalk. Dit is vaak het geval wanneer de vegetatie in de drogere

oeverzone zich al meer als oever of overgangsvvegetatie onderscheidt ten opzichte van de grasvegetatie op het perceel.

Agrariërs zijn al lange tijd verplicht om langs de oever een strook met breedte van 50 cm vrij te houden van mest (activiteitenbesluit, mestwet). Sommige agrariërs hielden een bredere strook waarin zij geen mest gebruikten aan, waarvoor zij bij een strook van 2 meter een vergoeding konden krijgen uit het ANLb. In 2023 zijn landelijk de regels voor bufferstroken uitgebreid. De verplichte breedte varieert van 0.5 tot 5m. Op dit moment zijn de bufferstroken in het veenweidegebied grotendeels tussen de 0.5 en 1.5m vanaf de insteek. Waar deze insteek zich precies bevindt is niet altijd duidelijk, dus worden verschillende breedtes gehanteerd. Aan nuances in de vegetatie kan vaak worden afgeleid waar de reguliere bemesting van het perceel stopt en de bufferstrook begint. Voor het ontstaan van een botanische oevervegetatie die pas onder minder nutriëntrijke omstandigheden ontwikkelt, is het van belang dat ook de maai-frequentie in de bufferstrook lager is dan van de grassneden. Een botanisch waardevolle weiderand vraagt echter wel om éénmalig jaarlijks maaien en dit maaisel afvoeren. Op deze rand ligt vaak de focus op soortenrijkdom, veel meer dan op het ontwikkelen van stevige oevers. In Aarlanderveen werken perceelbeheerders al meer dan 20 jaar aan botanische randen. Op de slootwaterkwaliteit lijkt dit beheer echter nauwelijks effect te hebben, want de oeverzone stoelt niet uit tot een stevige emerse vegetatie die in het onderwatertalud groeit en zo een bijdrage levert voor de slootecologie.

Een factor die bepalend lijkt te zijn om een stevige oevervegetatie te ontwikkelen in de natte oeverzone (2b) is absolute rust in de oever tijdens de ontwikkeling. In Zegveld is een aantal sloten waar geen oeverbeheer meer plaatsvindt. Op enkele plekken grazen alleen de koeien de koppen van pitrus uit de oever, maar wordt deze verder geheel met rust gelaten. Het resultaat is een stevig wortelende oevervegetatie bestaande uit onder andere pitrus, biezen en oeverzeggen, waartussen allerlei ander planten groeien. In Spaarnwoude was te zien dat na aanleg van natuurvriendelijke oevers de verschillende delen van de terrestrische oeverzone ten opzichte van elkaar kunnen veranderen. Op plekken waar riet groeit, wordt de zone 2b harder en steviger en kan deze door extra koolstofopslag in het wortelpakket hoger komen te liggen dan zone 3. Zone 3 wordt nattig en drassig en er is op sommige stukken zelfs veenmosgroei waargenomen. De nattigheid in zone 3 geeft kansen voor soortenrijke amfibische vegetatie, maar zou mogelijk een grotere methaanuitstoot tot gevolg kunnen hebben. Toewerkend naar wensbeelden zou zone 2b lager moeten blijven door beheer. Het is nog de vraag hoe dit te bereiken is.

Een onderdeel waar vanuit de praktijk weinig over bekend is, is het effect van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen (GBM's) op de vegetatieontwikkeling in de oevers.

### **6.4.3 Beheer terrestrische oever en ecologische kwaliteit**

De terrestrische vochtige tot droge oeverzone is zeer gevoelig voor maai-beheer en belasting. De oeversoorten verschillen sterk in maai- en begrazingstolerantie. Grassen kunnen prima tegen maaien en begrazen, hoog opgaande kruiden vaak niet. En vee kan selectief grazen. Vanuit het oogpunt van soortenrijkdom is een graasdruk van 1,5 koe per hectare in het groeiseizoen ideaal. In termen van agrarisch beheer is dit een erg lage graasdruk. Het is de vraag of deze zone genoeg stabiliteit kan onderhouden door kruidige vegetatie als het slootpeil wordt verhoogd of er sprake is van grote schommelingen in het natuurlijk peil. In principe is deze zone droog, maar kruidige vegetatie sterft snel af wanneer het voor langere tijd onder water staat en kan daardoor in stabiliteit afnemen (Van Rotterdam 2023). Ongemaaide slootranden bevatten tevens meer en grotere insecten dan gemaaide slootranden, wat weer meer voedsel voor weidevogels oplevert (Jansma & De Wit, 2016).



#### 6.4.4 Met beheer van vegetatie naar wensbeeld

Binnen VeeST maken we onderscheid tussen de oeverzone die gedurende (een deel van) het jaar onderwater staat (natte terrestrische oeverzone, 2b) en de oeverzone die niet onderwater staat maar wat betreft vochtigheid wel sterk wordt beïnvloed door de sloot (vochtige terrestrische oeverzone 3). In de wensbeelden (hoofdstuk 5) is voor beide zones de bijbehorende doelen beschreven. In zone 2b wordt gestuurd zou moeten worden op inundatietolerante soorten terwijl in zone 3 gestuurd zou moeten worden op kruidenrijkdom. Voor de vochtige tot droge terrestrische zone geldt:

- Zone van minimaal 1m
- Minimaal maaien en afvoeren: 1x per 1-2 jaar in zomer/ najaar, tenzij dominante grassen dan maaien en afvoeren voor zaadvorming en 2- 3x/ jaar
- Niet bemesten, geen middelen
- Geen maaisel of bagger in deze zone
- Belasting oever afgestemd op draagkracht (GVE/ha)

### 6.5 Perceelbeheer

#### 6.5.1 Doel

Voor de goede landbouwpraktijk zijn de volgende indicatoren opgenomen: een optimale bodemkwaliteit, maximale benutting meststoffen en een beperkt middelengebruik. Daarbij moeten verliezen voorkomen worden.

#### 6.5.2 Huidige praktijk

Het perceel naast een sloot heeft direct en indirect effect op de gehele sloot (alle zones). Het gaat daarbij om de eigenschappen van het perceel (veentype, opbouw, enz.) en om het gebruik en beheer van het perceel. In lopende pilots wordt vaak óf naar het perceel óf naar de sloot(kant) gekeken, en niet of minder naar de interactie van deze twee. Sommige factoren van het beheer van het perceel hebben direct gevolgen op de slootkant en de sloot. Denk daarbij aan het beweiden van vee en daarmee het vertrappen van slootkanten. Andere factoren hebben indirect effect op de sloot(kant) zoals het sturen op grondwater met behulp van waterinfiltratiesystemen en daardoor minder oxidatie van het veen en mogelijk op termijn minder baggeraanwas.

Het grootste deel van de percelen in het veenweidegebied zijn in gebruik als grasland voor de (melk)veehouderij. Veenweidepercelen worden ook in de huidige situatie al gekenmerkt door een vrij diverse samenstelling van de grasmat. Alle bezochte locaties bij de veldinventarisaties waren graslanden. Het gewas bepaald mede hoe (intensief) een sloot(kant) beheerd wordt of kan worden. Zo wordt er in sommige gevallen mais geteeld (vaak klei op veen) wat ervoor zorgt dat een sloot niet of minder beheerd wordt in het groeiseizoen. In de toekomst komen hier mogelijk ook nieuwe (natte) teelten bij.

Bij het gebruik van het perceel als grasland is er grote variatie te zien in het beheer. Waarbij de huiskavel vaak anders beheerd wordt dan de veldkavel(s). Bijna alle percelen worden één of meerdere keren gemaaid en wel of niet afgewisseld met beweiding. Bij het maaien van het perceel wordt in sommige gevallen de vegetatie in de slootkant en in de aquatische oeverzone meegemaaid. Soms wordt deze zone minder frequent meegemaaid (bijv. bij een beheerpakket voor botanische weideranden). Bij bemesting zijn er verschillen tussen de toegediende dierlijke mest (drijfmest, vaste mest, gescheiden mest), wel of niet toedienen van kunstmest en in welke kunstmestvorm (korrelkunstmest of vloeibare kunstmest), de wijze van toediening en de timing van bemesten.

Bij beweiding is de slootkant in het westelijk veenweidegebied vaak toegankelijk voor koeien al dan niet in combinatie met drinkbakken. In Friesland is afrastering met schrikdraad een veel voorkomend beeld.

Het doel is om te voorkomen dat koeien in de sloot vallen en er niet meer zelf uit kunnen komen door de grote drooglegging. De intensiteit van beweiding (aantal koeien per ha, maar ook beweidingduur, enz.) verschillen sterk tussen locaties en hebben effect op de intensiteit van het betreden van de slootkant.

Bij lopende pilots wordt niet bewust gekozen voor een bepaald beheer op het perceel maar wordt dit hooguit meegenomen in de vorm van een logboek. Alleen op de hoogwaterboerderij wordt bewust gekozen voor een beheer op het perceel en wordt daarbij gekeken naar het effect op de slootkant(vegetatie).

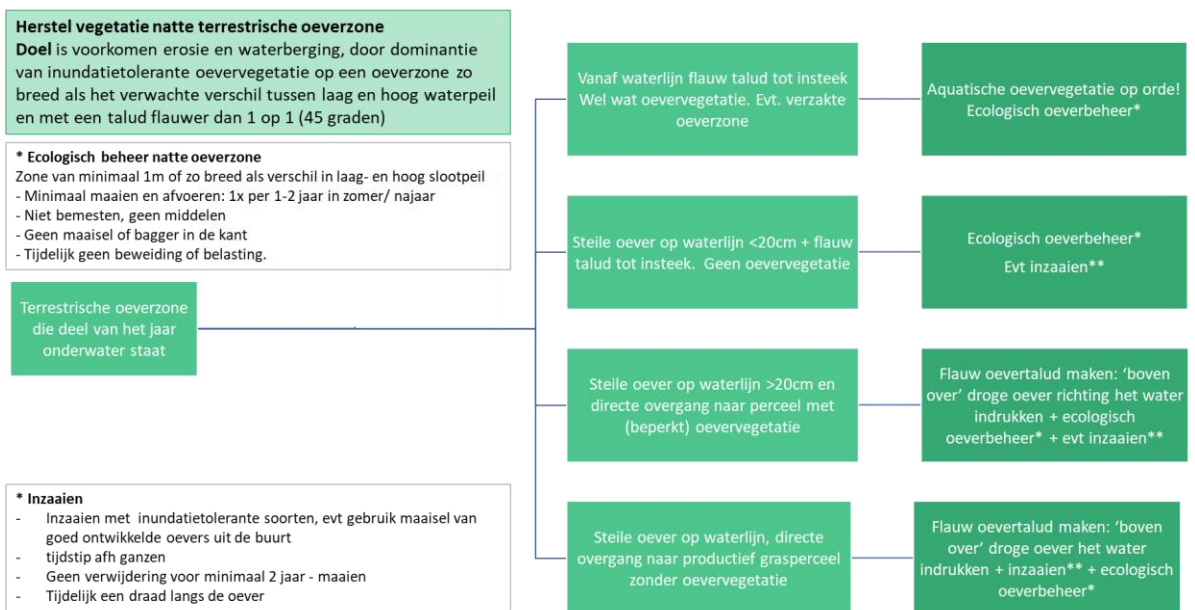
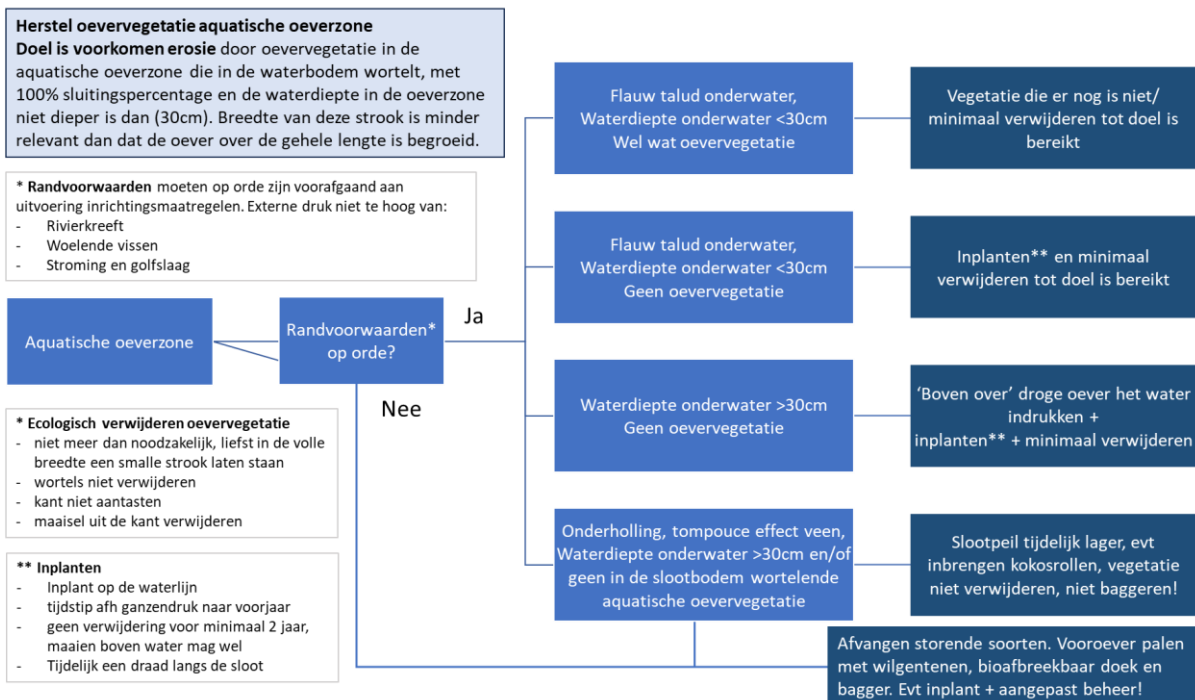
### **6.5.3 Literatuur**

Over de gevolgen van het beheer van het perceel voor de sloot is in de literatuur niet veel te vinden. Wel is bekend dat vernatting van het perceel behalve positieve effecten op bodemdaling, ook negatieve effecten kan hebben (zie hoofdstuk 3). Ook reageren nutriënten in de grond verschillend op vernatting door grondwater. Hierdoor kan bijvoorbeeld, als er veel beschikbaar fosfaat in de bodem zit deze ook uitspoelen naar de sloot (Stowa 2011-19).

Voor het verkrijgen van een hogere biodiversiteit, in met name melkveehouderij, is het aanhouden verschillende management strategieën op ruimtelijke schaal van belang (Deru et al 2018). Bij verschillende strategieën kan gedacht worden aan verschillen in graasdruk (Deru et al 2018).De ruimtelijke schaal is per definitie van belang aangezien veel processen die een rol spelen in het landschap samenhangen en deze interacties nog te weinig onderzocht zijn (Dollinger et al 2015)..

## **6.6 Oeverherstel, beheer en onderhoud en inrichtingsmaatregelen**

Onder bepaalde omstandigheden is beheer en onderhoud niet voldoende om het wensbeeld te bereiken. Dan ontkomen we er niet aan om herinrichtingsmaatregelen in te zetten. Herstel (a)botische factoren door ingrijpen in inrichting en populaties is alleen zinvol waar strikt noodzakelijk en alleen effectief wanneer het wordt ingezet in samenhang met beheer en onderhoud. Het doel bij herinrichten is een andere ontwikkelingsrichting voor de betreffende watergang in gang te zetten. Vaak gaat dit gepaard met het creëren van meer ruimte voor de ontwikkeling van biodiversiteitsdoelstellingen. Onderstaand treft u een stappenschema waarin aangegeven hoe die herinrichting vorm kan krijgen, gezien vanuit de uitgangssituatie.



## 6.7 Kennishiaten beheer en onderhoud

De grootste kennishiaat is wat peilverhogen betekent voor aangepast beheer en onderhoud in relatie tot de doelstelling van de veenweidesloot van de toekomst.

### 6.7.1 Kennishiaten vegetatie beheren

- Waarnemingen zijn veelal nog hypotheses, dit is een gevolg van te korte doorlooptijd van veel onderzoeken, waarbij de tijd die het kost om een ontwikkelde sloot- en oevervegetatie te krijgen niet wordt meegenomen. Door proeflocaties te vinden die al langer geleden zijn aangepast kan dit probleem worden opgelost.

- Biodiversiteit vs. stevige oevers duidelijker specificeren. Een stevige oever wordt veelal verzorgd door een goede wortelstructuur van de vegetatie (Cur-201 1999, De Kwaadsteniet et al 2019, Gasser et al 2020), de soorten die hier een rol bij spelen, zoals riet en oeverzegges, zijn vaak ook dominerende soorten die de biodiversiteit kunnen tegenwerken. Ook is het de vraag of de wortels van de vegetatie altijd diep genoeg gaan om de bodem te stabiliseren doordat anoxie of toxiciteit in de bodem de verticale groei van de wortels tegengaat (Fan et al 2022). Kruidige planten vormen ook ondiepe wortels, maar kunnen tevens een compacte wortelmassa vormen (Comino et al 2010). Of en in hoeverre deze kruideige planten op de terrestrische oever of in zone 2b bij kunnen dragen aan een stabiele bodem is nog niet onderzocht.
- Invloed begroeid talud onder water is niet onderbouwd. Er zijn geen onderzoeken die kijken naar de invloed van de submerse vegetatie in de waterzone of zone 2a en hoe het verloop van deze vegetatie bij kan dragen aan de stabiliteit van de oeverzone en afkalving tegen kan gaan. De doorloop van een begroeide flauwe oever in de waterzone kan naar verwachting een zwarte steile oever tegengaan en zo afkalving voorkomen.
- De verschillende resultaten die door verschillende maaimethoden worden behaald kan samenhangen met de levenscyclus van de soorten. Er is wat kennis over de vegetatie, vogels en amfibieën, maar er mist nog een duidelijke onderzochte relatie van deze interactie in de literatuur. Voor andere soortsgroepen is nog minder bekend.
- Interacties van effecten van baggeren en maaien zijn niet onderzocht, dit geldt voor interacties tussen baggeren en het maaien van de oever, en voor interacties tussen baggeren en maaien van de waterzone. Aangezien de frequentie en tijdstip van maaien en baggeren wel gevolgen heeft voor de vegetatieontwikkeling (en dus de ontwikkeling van andere soortsgroepen) is het effect van deze interactie mogelijk onderschat.
- (Kennis over andere soortsgroepen is nog beperkt onderzocht.)

### 6.7.2 Kennishiaten bagger beheren

- Baggeren heeft veel impact op de biota van de slootbodern, tegelijkertijd is het van belang om te baggeren ten behoeve van biodiversiteit en vegetatieontwikkeling (Dollinger et al 2015). De sliblaag kan ook van betere kwaliteit zijn dan de onderliggende bodern (Poelen et al 2015). De juiste verhouding van baggeren en niet baggeren is afhankelijk van o.a. voedselrijkheid. Ook kan baggeren juist baggeraanwas stimuleren. Voor het vaststellen van het juiste baggerregime is veel bekend over de gevolgen van de vegetatieontwikkeling, maar er mist nog informatie over wanneer een laag bagger laten liggen een positief effect heeft en wanneer het een negatief effect heeft op broeikasgasemissies en nutriëntenstromen.
- Interacties tussen baggeren en maaien van de waterzone en maaien oever zijn weinig tot niet onder de aandacht. Het is wel bekend dat voor verbeteren van de ecologie ook waterkwaliteit en maai-beheer moeten worden aangepast, omdat baggeren alleen niet genoeg effect heeft (Gylstra et al 2015). Zowel maaien als baggeren heeft een impact op de biodiversiteit, meestal worden deze twee beheermaatregelen dan ook niet tegelijk uitgevoerd.
- Wat is een goede frequentie voor de reguliere baggercyclus?

### 6.7.3 Kennishiaten terrestrische oeverbeheer

- Het is onbekend of en hoe beheer van de terrestrische zone bijdraagt aan de stevigheid/stabiliteit van de oeverzone
- Welke vegetatiesamenstelling op deze drogere zone het beste bijdraagt aan oeverstabiliteit is niet bekend. Blijft deze zone altijd droog dan is een kruidige vegetatie misschien voldoende, maar bij sterke fluctuaties van het slootpeil zijn misschien inundatie tolerante soorten te prefereren.
- In het geval van oeverafkalving waarbij de sloot toeneemt en het perceel kleiner wordt kan verlanding van de sloot dit proces eventueel omkeren. Het is nog onduidelijk vanuit de literatuur wanneer het verlandingsproces een positieve bijdrage kan leveren.

- Er is weinig bekend over de relatie tussen het type veen wat zich in de ondergrond bevindt, en de oeverstabiliteit.

# 7 Uniform analysekader

## 7.1 Inleiding

Voorafgaand aan het project hadden we de verwachting dat de belangrijkste vragen uit dit project niet alleen met bestaande kennis beantwoord konden worden<sup>1</sup>. Na uitvoeren van de literatuurstudie en spreken van verschillende experts bleek inderdaad niet alle kennis beschikbaar te zijn die nodig is om tot de Veenweidesloot van de toekomst te komen vanuit de verschillende uitgangssituaties (huidige staat sloot).

Naast uitgewerkte gegevens beschreven in rapporten en artikelen, is er natuurlijk ook veel 'ruwe' data beschikbaar bij bijvoorbeeld andere projecten in de veenweidegebieden, bij waterschappen, agrarisch collectieven en databanken als de NDFF (Nationale Databank Flora en Fauna). Echter zal er per onderzoek/dataset een verschillende set aan variabelen gemeten zijn en mogelijk ook met verschillende protocollen/werkwijzen verzameld en in een verschillend format weergegeven. Dit maakt het samenvoegen, vergelijken en analyseren van 'ruwe gegevens' van verschillende oorsprong lastig. Om deze en de in de eerste alinea van deze paragraaf genoemde reden is het daarom van belang om de ontbrekende kennis in het veld te gaan verzamelen. Hiervoor is een uniform analysekader ontwikkeld. Daarmee bedoelen we een standaard inventarisatieprotocol incl. een lijst met te meten, of op te vragen variabelen. Ook bevat dit analysekader een lijst met welke 'type' sloten geïnventariseerd dienen te worden. Dit wordt in het volgende hoofdstuk verder toegelicht. Daarnaast proberen we ook zo veel mogelijk te leren van, en aan te sluiten bij, lopende (of in 2024 startende) projecten. Hiervoor zijn we met de coördinatoren van deze projecten in gesprek.

Door in de uitvoeringsfase van dit project op de geselecteerde inventarisatie- en projectlocaties van anderen op deze gestandaardiseerde wijze sloten en slootkanten te inventariseren, zijn de gegevens onderling vergelijkbaar en kunnen we een, met meetwaarden onderbouwd, beeld geven van hoe de veenweidesloot van de toekomst zal zien én welke ontwikkelingen nodig zijn om deze in verschillende gebieden met verschillende omstandigheden/uitgangssituaties te realiseren.

## 7.2 Totstandkoming uniform analysekader

Aan de hand van de onderzoeksvragen uit het project en gevonden kennis en kennishiaten vanuit de literatuurstudie, gesprekken met experts en veldbezoeken is allereerst een lijst opgesteld met variabelen die we willen meten/opvragen tijdens de uitvoeringsfase van dit project (Slootinventarisatiemethode\_VeeST).

Hierin is ook aangegeven in welke zone (Figuur 5.1) gemeten dient te worden, op welke schaal (sloot tot polder), en of we een variabele als 'optioneel' zien. Dit zijn variabelen die niet essentieel zijn voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen van dit project, maar extra informatie kunnen geven over bijv.

---

<sup>1</sup> Van Rotterdam et al., 2023. Veenweidesloot van de toekomst. Voorstel voor het VIP-NL programma.

oorzaken van bepaalde kwaliteit of mate van detail waarin de onderzoeksvragen beantwoord kunnen worden.

De conceptlijsten met variabelen en sloottypen is eerst becommentarieerd door leden van het projectteam en vervolgens voorgelegd en volledig doorgelopen met inhoudelijke experts uit het klankbord. De suggesties zijn verwerkt en nog een keer besproken met het projectteam, waarbij de focus lag op het beperken van de lijst variabelen. Deze versie vindt u in de bijlage.

## 7.3 Inventarisatiemethode

### 7.3.1 Inventarisatie op hoofdlijnen

De sloten worden in het groeiseizoen (~half juni-sept) geïnventariseerd. Bij aankomst van een te inventariseren sloot kiest de veldmedewerker een sloottraject van 100m dat representatief is voor de gehele sloot. Begin- en eindpunt van het traject wordt met GPS vastgelegd. Over deze 100m worden de verschillende variabelen vastgelegd in verschillende zones. Tijdens de inventarisatie worden de zones onderscheiden:

1. Aquatische zone (waterzone)
  - De zone die jaarrond water bevat, de sloot zelf
2. Amfibische zone (oeverzone): voor dit project is dit opgesplitst in 2a: het deel tussen zone 1 en de waterlijn (zomerpeil tijdens veldbezoek), 2b: het deel tussen de laagste en hoogste waterlijn.
  - De grens met zone 1 wordt in het veld als volgt bepaald:  $\geq 75\%$  bedekking helofyten (incl. riet), zie ook bijgevoegde tabel 11A.4 uit Handboek Hydrobiologie
  - Voor dit onderzoek splitsen we de amfibische zone voor bepaalde variabelen in twee (zie Slootinventarisatiemethode\_VeeST.xlsx – tabblad: Variabelen voor lijst met gesplitste variabelen):
3. Terrestrische zone (het land, droge talud incl. perceel)
  - a. De zone die nooit onderwater staat
  - b. De grens met zone 2(b) wordt in het veld bepaald aan de hand van vegetatiekenmerken: aanwezigheid inundatietolerante soorten (zie tabel 11A.4 Handboek Hydrobiologie). Riet kan niet gebruikt worden voor deze begrenzing, aangezien Riet ook droog kan staan/groeien (ook wel 'landriet' genoemd).
  - c. Voor dit project is zone 3 nog voor een aantal variabelen opgesplitst in het droge deel talud (hellende deel) en perceel (vlakke deel boven de insteek)



Tabel 11A.4 Begrenzing van het begroeibaar areaal voor oevervegetatie, voor alle watertypen

GRENS	CRITERIA (het eerste criterium dat men toe kan passen bepaalt de grens)
Ondergrens	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Laagste zomerwaterstand (bij natuurlijke peilvariatie)</li> <li>2 Grens tussen hoge en lage interne bedekking van helofyten (75%)</li> <li>3 Halve meter beneden het wateroppervlak (bij vast peil)</li> </ol>
Bovengrens	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Hoogste zomerwaterstand</li> <li>2 Vegetatiekenmerken, inundatietolerante plantensoorten (Liesgras, Watermunt, Moeras-vergeet-mij-nietje, Gele waterkers, etcetera)</li> <li>3 Strooisel- of slibafzetting</li> <li>4 Kenmerken in het oeverprofiel</li> <li>5 Boven de plas-draszone (in pas aangelegde situaties soms het enige criterium))</li> </ol>

*Let op: toepassing van deze criteria leidt soms tot de conclusie dat er geen begroeibaar areaal is voor oeverbegroeiing. Bijvoorbeeld bij beschoeiide oevers waar de waterdiepte langs de beschoeiing al direct groter is dan een halve meter, en de bovenkant van de beschoeiing boven de hoogste zomerwaterstand uitsteekt. Voor de KRW-maatlat hoeft men dan geen abundantie van de oeverbegroeiing te schatten.*

Tabel uit: Bijkerk R (red) (2014) Handboek Hydrobiologie. Biologisch onderzoek voor de ecologische beoordeling van Nederlandse zoete en brakke oppervlaktewateren. Deels aangepaste versie. Rapport 2014 - 02, STOWA, Amersfoort.

Vegetatie in de waterzone van smalle sloten wordt ingeschat over de gehele slootbreedte (van kant tot kant). Voor bredere vaarten wordt ten minste de eerste 4m van de kant (volgens de KRW-maatlatten "begroeibaar areaal": zie tabel B4.2 uit de KRW-maatlatten) opgenomen en altijd genoteerd hoe ver gekeken is. De volledige breedte van de oeverzone wordt bekeken en daarnaast altijd ten minste 1m brede strook van de terrestrische zone (3+4). De totale breedte van de oeverzone en terrestrische zone samen die wordt bekeken is minimaal 3m.

TABEL B4.2 REFERENTIE BEGROEIBAAR AREAAL	
watertype	Begroeibaar areaal
M1, M2, M8, M9	voor alle groeivormen de gehele waterbreedte
M3, M4, M6, M7, M10	voor de alle groeivormen maximaal 4 meter breedte vanaf de waterlijn en maximaal 1 meter diepte
Alle watertypen	Als principiële bovengrens van de te beoordelen (water)vegetatie wordt de gemiddelde hoogwaterlijn aangehouden. (Delen van) natuurvriendelijke oevers vallen dus binnen het begroeibaar areaal als ze tenminste een deel van het jaar onder water staan

Tabel uit: STOWA 2018, Omschrijving en maatlatten voor sloten en kanalen voor de KRW 2021-2027

Voor meer details over de geplande uitvoer van specifieke variabelen (bijv. op hoeveel plekken dwars op de sloot we slibdikte willen gaan meten), zie de bijgevoegde MS-excel.

## 7.4 Metingen

In Tabel 7.4 staan de categorieën aan informatie die we willen verzamelen in de inventarisatiesloten t.b.v. fase 2 van het project. De totaallijst met in het veld te meten en/of vooraf op te vragen variabelen is te vinden in Bijlage: Slootinventarisatiemethode\_VeeST.xlsx – tabblad: Variabelen.

Tabel 7.4. Hoofdcategorieën te verzamelen informatie in fase 2 in de sloten en hoe te verzamelen.

Informatie categorie	Hoe te verzamelen?
----------------------	--------------------

Sloottype / locatie-eigenschappen	Opvragen beheerders en meten tijdens inventarisatie
Maaibeheer	Opvragen beheerders/agrariërs
Baggerbeheer	Opvragen beheerders/agrariërs
Peilbeheer	Opvragen beheerders/agrariërs
Afkalving / oeverstabiliteit (proxy voor agrarische gebruikswaarde oever)	Metten (en voor locatieselectie van te voren opvragen)
Vegetatie (verschillende zones)	Metten (en voor locatieselectie van te voren opvragen)
Chemische waterkwaliteit	Metten
Chemisch/fysische bodemkwaliteit (incl. proxy's-broeikasgasemissies)	Metten

## 7.5 Data-analyse

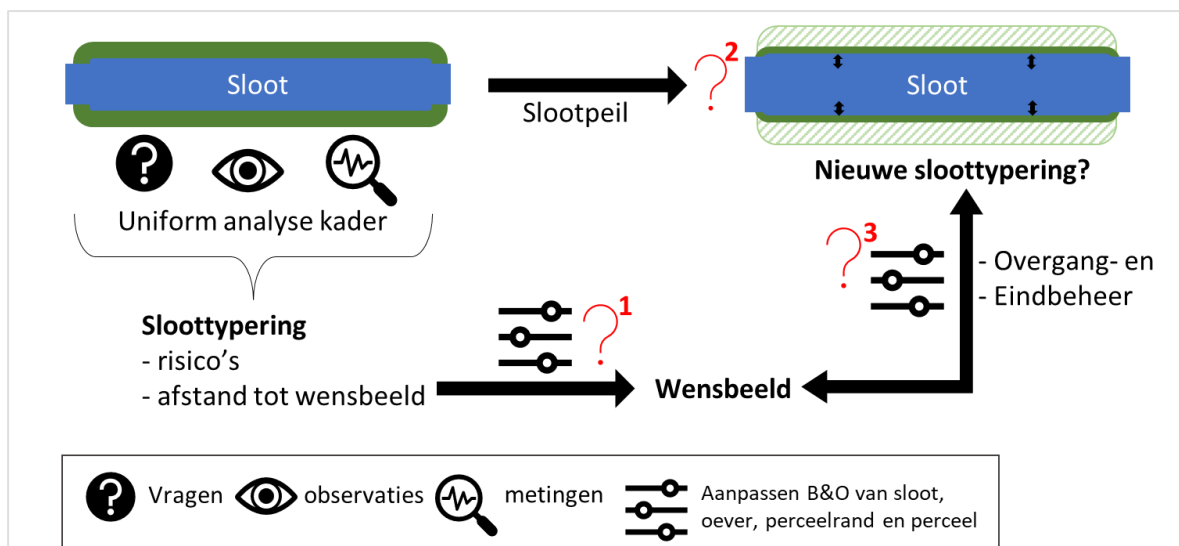
Omdat de gegevens op een gestandaardiseerde manier verzameld worden in een relatief korte periode (2 groeiseizoenen) zijn ze onderling (tussen sloten) goed te vergelijken. Gezien de grote selectie aan te inventariseren gegevens, gevoerd peil- en onderhoudsbeheer én sloottypen zal het aantal replica's zeer klein zijn. We zijn voornemens om dat gegevens middels multivariate analyse (vb. PCA/RDA) te verkennen op clustering (welke sloten liggen dicht bij het wensbeeld en welke verweg? En welke variabelen correleren met bepaalde goede en slechte kwaliteit (oeverstabiliteit / landverlies / vegetatie / waterkwaliteit / etc.)?

Daarnaast is het rekenkundig mogelijk om individuele variabelen tegen elkaar uit te zetten en zo bijvoorbeeld een vraag als: is er een correlatie tussen de helling van het talud (overgang land water) en de ontwikkeling van de oevervegetatie in zone 2a (of in mate van afkalving)? En is er een hellingshoek waarbij de kans groot (bijv. >60% of >95%) is dat er geen afkalving optreedt? Echter zullen verschillende variabelen invloed hebben op de mate van bijvoorbeeld afkalving (zoals beheer!), waardoor uitkomsten van deze statistische toetsen verder onderbouwd moeten worden met causale experimenten (evt. uit literatuur/andere projecten). Dit is inherent aan het innovatieve karakter van VeeST. We zoeken breed naar de meest kansrijke manieren om tot de Veenweidesloot van de toekomst te komen.

## 8. Conclusies

De doelstelling van deze verkenningsfase was 'het in beeld brengen en analyseren van de beschikbare kennis en kennishiaten als het gaat om het effect van beheer en onderhoud op de geschetste doelen van de Veenweidensloot van de Toekomst':

1. Hoe kan aangepast beheer (baggeren, slootschonen en oever-, randen-, en perceelbeheer) in de huidige situatie leiden tot de randvoorwaarden die nodig zijn voor het bereiken en behouden van het wensbeeld (vorm en stabiliteit van het sloot- en oeverprofiel en de bijbehorende vegetatie in de verschillende slootzones).
2. Wat is het te verwachten gevolg van peilverhoging (en toename peilfluctuatie) op de waterkwaliteit, de agrarische gebruikswaarde van de perceelrand en broeikasgasemissies, door veranderingen in morfologie van sloot en slootrand, vegetatie-ontwikkeling, oeverafkalving/verzakking en baggeraanwas?
3. Hoe moet bij een systeemaanpassing, een hoger en meer flexibel slootpeil, het beheer worden aangepast om te zorgen dat het nieuwe wensbeeld wordt bereikt en behouden?



Om de kennishiaten in beeld te brengen is een karakterisering van de veenweidensloten in Nederland gemaakt. Er zijn zes typen veenweidensloten gevonden. Voor elk van deze typen is een gespecificeerd wensbeeld opgesteld. Deze wensbeelden zijn vormgegeven aan de hand van een benadering waarbij de sloot in zones is ingedeeld. Voor elk van deze zones is een specifieke functionele doelstelling geïdentificeerd. Aan de hand van die doelstelling kon worden bepaald wat de samenstelling van de flora in de betreffende zone moet zijn (dat is het hoofdelement van het wensbeeld voor de zone).

Vervolgens is het zaak om te onderzoeken hoe beheer en onderhoud bij kan dragen aan het bereiken van deze wensbeelden. Daarom is een literatuurstudie uitgevoerd met als doel een overzicht te verkrijgen wat er wel en niet over deze relatie bekend is. Als **hoofdconclusie** kunnen we stellen dat er relatief weinig bekend is over de effecten van peilverhoging op de kwaliteit van de sloot, en dat er vrijwel niets bekend is over de vraag hoe het beheer en onderhoud moet worden aangepast wanneer het slootpeil wordt verhoogd.

**Samenvattende conclusies:**

**De Kennisbasis over 'vernatten' en oevererosie**

- Oevererosie kan een groot gedeelte van de totale sediment belasting in veensloten vormen, is daarmee de belangrijkste bepalende factor voor de waterdiepte en slibdikte in sloten, en is daardoor een belangrijke factor voor de (water)kwaliteit van de sloot. Oevererosie is het gevolg van 'Stroming en golfslag', 'Mineralisatie en verweking van veen', 'Aantasting door dieren', en 'Beheer en onderhoud' (bijvoorbeeld door machines of vertrapping)
- Vegetatie is een belangrijke factor om oevererosie te voorkomen
- Verhoging van het slootpeil en van de fluctuatie daarvan is een van de belangrijke factoren in het voorkomen van bodemdalingen om weersextremen op te vangen
- Een hogere ecologische kwaliteit bij een kleinere drooglegging lijkt van toepassing in stabiele situaties – onderzocht voor een drooglegging tussen 70 en 30cm-mv. In situaties waar het slootpeil in recente jaren in korte tijd is verhoogd tot 20cm onder maaiveld laten een negatief beeld zien op de ontwikkeling van emerse vegetatie
- Zowel planten van vochtig grasland als emergente waterplanten kunnen de oever en waterbodembodem stabiliseren als de oevers flauw genoeg zijn voor de planten om goed te kunnen wortelen
- De economische opbrengst van het land in traditioneel gebruik zal dalen als grondwaterstand wordt verhoogd, o.a. door afname draagkracht van de bodem.
- Door een verhoging van het waterpeil (<50 cm-mv) neemt het risico op oeververzakking toe. Oeverafkalving kan blijven plaatsvinden als de oever niet door bijvoorbeeld planten gestabiliseerd wordt.

#### **Kennishiaten over 'vernatten' en oevererosie**

- Er is beperkt kennis over effecten van peilverhoging, en goede handvatten voor snelheid van peilverhoging ontbreken.
- over de interactie tussen peilverhoging, flexibeler peil en de effecten van beheer en onderhoud op de kwaliteitsvariabelen is nog vrijwel niets bekend
- het is onbekend welk effect peilopzet heeft op de broeikasgasemissies
- Er zijn tijdens de verkenningsfase, buiten de hoogwaterboerderij in Zegveld, geen locaties gevonden (bij lopende pilots en potentiële inventarisatielocaties) waar het oppervlaktewaterpeil is opgezet én waar met beheer en onderhoud de negatieve gevolgen op de stevigheid van oevers en waterkwaliteit gemitigeerd zijn.

#### **Typering van veensloottypen & wensbeelden**

- Er zijn 8 factoren die veensloottypen bepalen zijn 'drooglegging', 'slootbreedte', 'fractie open water', 'breedte percelen', 'afwateringsindicator', 'trofiegraad van het veen', 'BOFEK-bodemtype en veendikte', en 'klein- en organisch stofgehalte van de bodem'.
- Op basis hiervan zijn 6 typen veenweidesloten te identificeren, met elk een eigen wensbeeld.
- De sloot kan worden onderverdeeld in 5 zones; 'aquatisch', 'aquatische oever', 'natte terrestrische oever', 'vochtige tot terrestrische zone', en 'perceel'. Elk van deze zones heeft zijn eigen functie/doel, en daarmee samenhangende ideale flora en dus wensbeeld.
- Er is weinig kennis over het effect van saliniteit op de biodiversiteit van de sloot terwijl dit wel relevant is voor de toekomst.
- Over de taludhoek van de oevers in de verschillende typen is geen kennis, terwijl ook dit wel een belangrijk element is.
- In de praktijk:
  - wordt in de huidige pilots meestal onderzoek gedaan aan één van de zones,
  - zijn geen sloten aangetroffen met de ideale taludhoek zoals beschreven in het wensbeeld.

#### **Met beheer en onderhoud naar wensbeeld**

#### *Bestaande kennis:*

- Het doel van beheer en onderhoud is het herstel en behoud van de ecologische en fysische kwaliteit van de verschillende zones in en om de sloot zonder te kort te doen aan de waterhuishoudkundige functie van de watergang en de agrarische functie van perceel en perceelrand
- Om met *beheer van vegetatie* naar het wensbeeld toe te werken is van belang: niet meer verwijderen dan noodzakelijk, gefaseerd maaien (voor fauna) en niet alles verwijderen, in de aquatische oeverzone liefst in de volle breedte een smalle strook vegetatie laten staan, wortels niet verwijderen door 10cm boven de bodem te maaien, kanten niet aantasten en maaisel uit de kant verwijderen
- In par. 6.2.4 zijn tabellen opgenomen die inzicht bieden in welke situaties maaien en afvoeren van de aquatische- en oevervegetatie is aan te raden om het wensbeeld te realiseren
- Om met *baggeren* naar het wensbeeld toe te werken is van belang: er moet een stabiele oever zonder onderholling, Vaste slootbodemplunder onder de sliblaag niet beschadigen (kan door kleine laag slib achter te laten), gefaseerd verwijderen in de ruimte (polderschaal), verwijderen uit het midden vd sloot, waar mogelijk met de baggerpomp aangepast aan situatie, uitgangspunt is alleen in het najaar, bagger wordt afgevoerd.
- In par. 6.3.4 is een tabel opgenomen die inzicht biedt in welke situaties baggeren is aan te raden om het wensbeeld te realiseren

#### *Kennishiaten vegetatiebeheer:*

- Veel bevindt zich nog in hypothese fase
- De relatie tussen biodiversiteit en oeverstabiliteit dient verder te worden uitgewerkt en onderbouwd
- De invloed van begroeid talud onder water is niet onderbouwd
- De relatie tussen verschillende maaimethoden en de levenscyclus van soorten is niet/nauwelijks bekend
- Interacties van effecten van baggeren en maaien zijn niet onderzocht
- Kennis over andere soortsgroepen is nog beperkt onderzocht

#### *Kennishiaten baggerbeheer*

- er mist nog informatie over wanneer een laag bagger laten liggen een positief effect heeft en wanneer het een negatief effect heeft op broeikasgasemissies en nutriëntenstromen.
- Baggercyclus van 10 jaar in twijfel trekken

#### *Kennishiaten terrestrisch oeverbeheer*

- Het is onbekend beheer van de terrestrische zone optimaal bij kan dragen aan de stevigheid/stabiliteit van de oeverzone
- Welke vegetatiesamenstelling op deze drogere zone het beste bijdraagt aan oeverstabiliteit is niet bekend
- Het is onbekend of deze zone überhaupt nodig is wanneer er een goede oeverzone is

#### *Kennishiaten perceelbeheer*

- Er is weinig bekend over de relatie tussen het type veen en oeverstabiliteit

# Literatuurlijst

- Aben, R. C. H., Velthuis, M., Kazanjian, G., Frenken, T., Peeters, E. T. H. M., Van de Waal, D. B., Hilt, S., de Senerpont Domis, L. N., Lamers, L. P. M., & Kosten, S. (2022). Temperature response of aquatic greenhouse gas emissions differs between dominant plant types. *Water Research*, 226, 119251. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.119251>
- Aviles, D., Wesström, I., Joel, A., 2020, Effect of vegetation removal on soil erosion and bank stability in agricultural drainage ditches. *Land* 2020 9: 441-456, doi:10.3390/land9110441
- Baatrup-pedersen, A., Larsen, S. E., & Riis, T. (2002). Long-term effects of stream management on plant communities in two Danish lowland streams. 33–45.
- Beintema, A.J., 1986, Man-made polders in the Netherlands: a traditional habitat for shorebirds. *Colonial waterbirds* 9: (2): 196-202.
- Boedeltje, G., Smolders, A.J.P., Roelofs, J.G.M., van Groenendael, J.M., 2001, Constructed shallow zones along navigation canals: vegetation establishment and change in relation to environmental characteristics. *Aquatic conservation: marine and fresh water ecosystems* 11: 453-471.DOI: 10.1002/aqc.487
- Boonman, C. C. F., Heuts, T. S., Vroom, R. J. E., Geurts, J. J. M., & Fritz, C. (2023). Wetland plant development overrides nitrogen effects on initial methane emissions after peat rewetting. *Aquatic Botany*, 184(October 2022), 103598. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2022.103598>
- Blomqvist, M.M., Tamis, W.L.M., de Snoo, G.R., 2009, No improvement of lant biodiversity in ditch banks after decade of agri-environmental schemes. *Basic and applied ecology* 10: 368-378. doi:10.1016/j.baae.2008.08.007
- Bornette, G., & Puijalón, S. (2009). Macrophytes: Ecology of Aquatic Plants. *Encyclopedia of Life Sciences*, 1–9. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0020475>
- Bornette, G., & Puijalón, S. (2011). Response of aquatic plants to abiotic factors: A review. *Aquatic Sciences*, 73(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s00027-010-0162-7>
- Buitelaar, M., Herinrichten veenweidesloten; een verkennend onderzoek naar de herinrichting van veenweidesloten, Rapport VIC, 2017
- Chitnis, A., Vuik, A., Groeneweg, N., van Helvoort, E., van den Doel, M., 2021, Research report; Ecological management of water ditches. 4A regional integration project
- Cole, L. J., Brocklehurst, S., Robertson, D., Harrison, W., & McCracken, D. I. (2015). Riparian buffer strips: Their role in the conservation of insect pollinators in intensive grassland systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 211, 207–220. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.06.012>
- Cole, L. J., Stockan, J., & Helliwell, R. (2020). Managing riparian buffer strips to optimise ecosystem services: A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 296. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106891>
- Cooper, M.D.A., Evans, C., Zielinski, P., Levy, P.E., Gray, A., Peacock, M., Norris, D., Fenner, N., Freeman, C. 2014. Infilled ditches are hotspots of landscape methane flux following peatland re-wetting. *Ecosystems* 17:1227-1241. DOI: 10.1007/s10021-014-9791-3
- Coops, H. red., 2002, Ecologische effecten van peilbeheer: een kennisoverzicht. RIZA rapport 2002.040., Lelystad, ISBN 9036954681
- Comino, E., Marengo, P., Rolli, V., 2010, Root reinforcement effect of different grass species: a comparison between experimental and models results, *Soil tillage research* 110: 60-68, doi 10:1016/j.still.2010.06.006
- CUR-publicatie 201 Natuurvriendelijke oevers: belasting en sterkte, Stichting CUR, Gouda, 1999
- De Mars, H., Wassen, M.J., 1999. Redox potentials in relation to water levels in different mire types in the Netherlands and Poland. *Plant ecology* 140:41-51
- Deltafact Beheer en onderhoud (www.stowa.nl/deltafacts/waterkwaliteit/kennisimpuls-waterkwaliteit/beheer-en-onderhoud, laatst bezocht: 22-dec-2024)



- De Haan, M., Pot, R., & van Oostveen, M. (2012). *Onderbouwing handreiking waterplanten maaibeheer. april.*
- De Kwaadsteniet, P. I. M., Alleijn, W. F. & J. P. M. van Noorden. (1990). Natuurlijke oevers in beweging: handleiding voor inrichting en beheer van riet-en andere natuurlijke oevers. Stichting Landelijk Overleg Natuur-en Landschapsbeheer (LONL).
- Dollinger, J., Dagés, C., Bailly, J.S., Lagacherie, P., Voltz. 2015, Managing ditches for agroecological engineering of landscape. A review. *Agronomy for sustainable development* 35: 999-1020. DOI 10.1007/s13593-015-0301-6
- Evans, M., Warburton, J., 2007, *Geomorphology of upland peat: erosion, form and landscape change.* Blackwell publishing, ISBN-13: 978-1-4051-1507-0. P 1-29
- Fan, Y., Miguez-Macho, G., Jobbágy, E.G., Jackson, R.B., Otero-Casal, C., 2022. Hydrologic regulation of plant rooting depth. *PNAS* 114 (40): 10572-10577
- FLORON, 2019 (Verhofstad, M., J. van Zuidam, D. van der Hak & R. Beringen). Nieuwe natuur in het Wolderwijd - Ontwikkeling van oevervegetatie voor de KRW middels aanplant van Zeggen en Biezen. FLORON adviesrapport nr. 2019.052.e2.
- Gasser, E., Perona, P., Dorren, L., Philips, C., Hübl, J., Schwarz, M., 2020, A new framework to model hydraulic bank erosion considering the effect of roots. *Water* 12: 893-917. doi:10.3390/w12030893
- Gylstra, R., Wegner, A., Poelen, M. Loeb, R., van den Berg, L., 2015, Baggeren en waterkwaliteit. Op zoek naar de optimale baggerfrequentie voor de sloten in de Alblasserwaard en vijfheerenland.
- Hendriks RFA, van den Akker JJH (2012) Effecten van onderwaterdrains op de waterkwaliteit in veenweiden. Modelberekeningen met SWAP-ANIMO voor veenweide-eenheden naar veranderingen van de fosfor-, stikstof- en sulfaatbelasting van het oppervlaktewater bij toepassing van onderwaterdrains in het westelijke veenweidegebied. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport
- Holshof, G., van Houwelingen, K.M., 2008. Landbouwkundige gevolgen peilverhoging in veenweide gebied. WUR-Rapport 162.
- Hoving I.E., J.W. van Riel, H.T.L. Massop, R.F.A. Hendriks, J.J.H. van den Akker en K. van Houwelingen, 2021. Precisiewatermanagement met pompgestuurde onderwaterdrains op veenweidegrond. Rapportage onderzoeksperiode 2016-2020. Wageningen Livestock Research, Rapport 1293.
- Jansma, a., de Wit, J., 2016, Voedsel voor weidevogels. V-Focus onderzoek en beleid. P 30-32
- Lacoul, P., & Freedman, B. (2006). Environmental influences on aquatic plants in freshwater ecosystems. *Environmental Reviews*, 14(2), 89–136. <https://doi.org/10.1139/a06-001>
- Lamers, L., Schep, S., Geurts, J., & Smolders, F. (2012). Erfenis fosfaatrijk verleden: helder water met woekerende waterplanten. *H2O*, 13, 29–31.
- Lamers, L. P. M., Vile, M. A., Grootjans, A. P., Acreman, M. C., van Diggelen, R., Evans, M. G., Richardson, C. J., Rochefort, L., Kooijman, A. M., Roelofs, J. G. M., & Smolders, A. J. P. (2015). Ecological restoration of rich fens in Europe and North America: from trial and error to an evidence-based approach. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 90(1), 182–203. <https://doi.org/10.1111/brv.12102>
- Lemmers, P., B.H.J.M. Crombaghs & R.S.E.W. Leuven (2018) Invasieve exotische kreeften in het beheergebied van waterschap Rivierenland. Verkenning van effecten, risico's en mogelijke aanpak. Natuurbalans - Limes Divergens BV, Radboud Universiteit & Nederlands Expertise Centrum Exoten, Nijmegen
- Mony, C., Puijalon, S., & Bornette, G. (2011). Resprouting response of aquatic clonal plants to cutting may explain their resistance to spate flooding. *Folia Geobotanica*, 46(2–3), 155–164. <https://doi.org/10.1007/s12224-010-9095-0>
- Nijboer, R., 2000. Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren deel 6, sloten. Rapport EC-LNV nr AS-06, Wageningen
- Maberly, S. C., & Madsen, T. V. (1998). Affinity for CO<sub>2</sub> in relation to the ability of freshwater macrophytes to use HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. *Functional Ecology*, 12(1), 99–106. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.1998.00172.x>



- Maessen M (2014) *Kennis over kroos*; Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer. (STOWA)
- Motelica-Wagenaar, A. M., Pelsma, T. A. H. M., Moria, L., & Kosten, S. (2020). The potential impact of measures taken by water authorities on greenhouse gas emissions. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 382, 635–642. <https://doi.org/10.5194/piahs-382-635-2020>
- Musters, C.J.M., ter Keurs, W.J., van Well, E.A.P., 2006 Eindverslag van slootexperiment CML-rapport 172. ISBN-10: 90-5191-150-5, ISBN-13: 978-90-5191-3
- Patberg, W., de Bruin, A., Berg, G. J., & Kranenbarg, J. (2016). Onderzoek naar het directe effect van schonen en baggeren van sloten op beschermde vissoorten. Koeman & Bijkerk Bv. & RAVON.
- Peacock M., J. Audet, D. Bastviken, S. Cook, C. D. Evans, A. Grinham, M. A. Holgerson, L. Högbom, A. E. Pickard, P. Zieliński, M. N. Futter (2021) Small artificial waterbodies are widespread and persistent emitters of methane and carbon dioxide. *Global Change Biology* 2021;27:5109–5123.
- Peeters, ETTM, Veraart, AJ, Verdonshot, RCM., van Zuidam, JP, de Klein, JJM & Verdonshot, PFM (2014) *Sloten; ecologisch functioneren en beheer*. KNNV Uitgeverij, Zeist.
- Poelen M., Smolders, F., Polder Stein-noord; Biochemisch onderzoek naar de water-, oever-, en slibkwaliteit van de sloten. Rapportnummer 2015:17
- Roth, S., Seeger, T., Poschlod, P., Pfadenhauer, J., & Succow, M. (1999). Establishment of helophytes in the course of fen restoration. *Applied Vegetation Science*, 2(1), 131–136. <https://doi.org/10.2307/1478890>
- Rijkswaterstaat. (1990). Biezen. Over eigenschappen van Biezen en toepassingen in het water – en oeverbeheer. DBW/RIZA nota 90.026, Dordrecht.
- Sollie, S., Brouwer, E., de Kwaadsteniet, P. van Weeren, B-J., (red.) 2011 Handreiking natuurvriendelijke oevers: een standplaatsbenadering. STOWA 2011-19, Amersfoort ISBN: 978.90.5773.521.9
- Stenberg, L., Tuukkanen, T., Finer, L., Martilla, H., Piirainen, S., Klove, B., Koivusalo, H. 2014. Ditch erosion processes and sediment transport in a drained peatland forest. *Ecological engineering* 75: 412-433. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.11.046>
- Ten Brinke, W.B.M., (red) 2016, Dalende bodems stijgende kosten. Mogelijke maatregelen tegen veenbodemdaling in het landelijk en stedelijk gebied. Uitgeverij PBL, PBL-publicatienummer: 1064
- Ter Heerdt, G. (2010). Natuurvriendelijk onderhoud en ecologische kwaliteit. Literatuuronderzoek naar de ideale frequentie van schonen en onderbouwing van het nut van het afvoeren van maaisel. 94.
- Teurlincx, S., Verhofstad, M. J. J. M., Bakker, E. S., & Declerck, S. A. J. (2018). *Managing Successional Stage Heterogeneity to Maximize Landscape-Wide Biodiversity of Aquatic Vegetation in Ditch Networks*. 9(July), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01013>
- Tuukkanen, T., Finer, L., Stenberg, L., 2016. Erosion and sediment sources in a peatland forest after ditch cleaning. *Earth surface processes and landforms*. DOI: 10.1002/esp.3951
- Twisk, W., Noordervliet, M.A.W. and ter Keurs, W.J., 2003, The nature of the ditch vegetation in peat areas in relation to farm management, *Aquatic ecology* 37: 191-209
- Van den Ham, A., de Haan, T., Prins, H. 1998. Melkveehouderij tussen te nat en te droog. Den Haag, Landbouw-economisch instituut (LEI-DLO), Publicatie 3.169, ISBN 90-5242-444-6
- Van Dijk G, Westendorp PJ, Loeb R, Smolders A, Lamers L, Klinge M, van Kleef H (2013) Verbraking van het laagveen- en zeekleilandschap, van bedreiging naar kans? OBN rapportage, Bosschap, Ministerie van Economische Zaken, Directie Agrokennis.
- Van Dijk, J., Stroetenga, M., van Bodegom, P.M., Aerts, R., 2007. The contribution of rewetting to vegetation restoration of degraded peat meadows. *Applied vegetation science* 10: 315-324
- Van Dijk, W.A. 2014 The ecology and psychology of agro-environmental schemes PHD-thesis
- Van de Riet, B.P., Hefting, M.M., Verhoven, J.T.A., 2013. Rewetting drained peat meadows: risks and benefits in terms of nutrient release and greenhouse gas exchange. *Water air soil pollution* 224: 1440. DOI: 10.1007/s11270-013-1440-5

- Van Doorn, M, van Rotterdam, D & Cusell, C, 2021, Klimaatmaatregelen en waterkwaliteit; Potentie en effecten in de agrarische polders ten oosten van de Weerribben en ten noorden van de Wieden. Nutriënten Management Instituut BV, Wageningen, Rapport 1803.N.20, pp 81
- Van Zuidam, J. P. (2013). Macrophytes in drainage ditches: functioning and perspectives for recovery. PhD-thesis.
- Verhofstad, M. (2017). To Mow or Not to Mow. An ecological and societal perspective on submerged aquatic plant growth. PhD-thesis UU & NIOO.
- Vries F, Brus DJ, Kempen B, Brouwer F, Heidema AH (2014) Actualisatie bodemkaart veengebieden; Deelgebied 1 en 2 in Noord Nederland. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2556.
- Weeda, E. J. (2011). Waterplanten als maat voor de biologische kwaliteit van oppervlaktewateren.
- Woestenburg M, Kwakernaak C (2009) Waarheen met het veen : kennis voor keuzes in het westelijke veenweidegebied. Wageningen: Uitgeverij Landwerk.
- Quilliam, R. S., van Niekerk, M. A., Chadwick, D. R., Cross, P., Hanley, N., Jones, D. L., Vinten, A. J. A., Willby, N., & Oliver, D. M. (2015). Can macrophyte harvesting from eutrophic water close the loop on nutrient loss from agricultural land? *Journal of Environmental Management*, 152, 210–217. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.01.046>
- Zehnsdorf, A., Hussner, A., Eismann, F., Rönicke, H., & Melzer, A. (2015). Management options of invasive *Elodea nuttallii* and *Elodea canadensis*. *Limnologia*, 51, 110–117. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2014.12.010>

# Bijlage 1. Typering

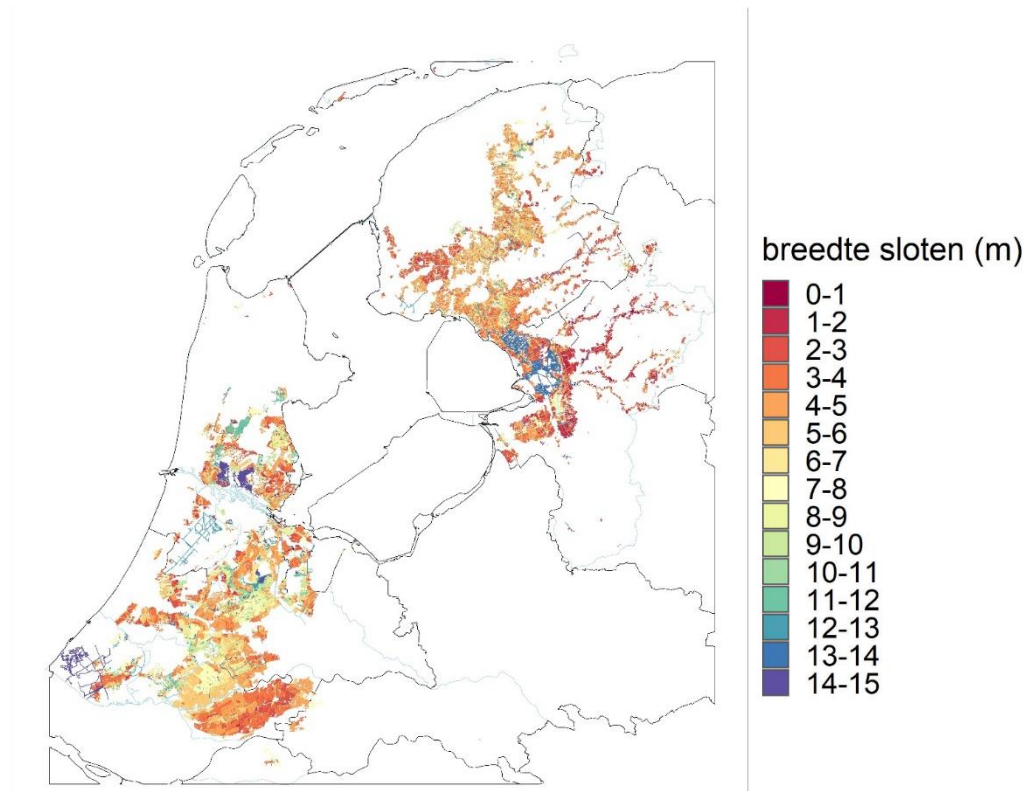
## Individuele fysische standplaatsfactoren

### Slootbreedte

Veenweidesloten zijn gemiddeld 2.6 meter breed, maar de slootbreedte verschilt sterk tussen (Figuur ) en ook binnen gebieden. 10% van de afwateringsgebieden heeft een gemiddelde slootbreedte van minder dan 1 meter, in 25% van de gebieden is de gemiddelde slootbreedte kleiner dan 1.7 meter en groter dan 3.8 meter. In 5 % van de afwateringsgebieden is de gemiddelde slootbreedte groter dan 7 meter. Dit zijn veelal boezemkanalen en petgaten.

### Relatie met andere factoren

Zeer brede watergangen en waterrijke gebieden (grote fractie open water) komen alleen voor samen met smalle percelen. De perceelbreedte is altijd minder dan 100 meter in gebieden waar de gemiddelde breedte van waterlopen groter is dan 5 meter. De perceelbreedte en de gemiddelde breedte van watergangen hebben geen lineaire relatie met elkaar. Zowel de breedte van percelen als de breedte van sloten kunnen binnen een gebied behoorlijk variëren.



Figuur 10-7-1 Gemiddelde slootbreedte (oppervlak/ (0.5\*omtrek)) per afwateringsgebied.

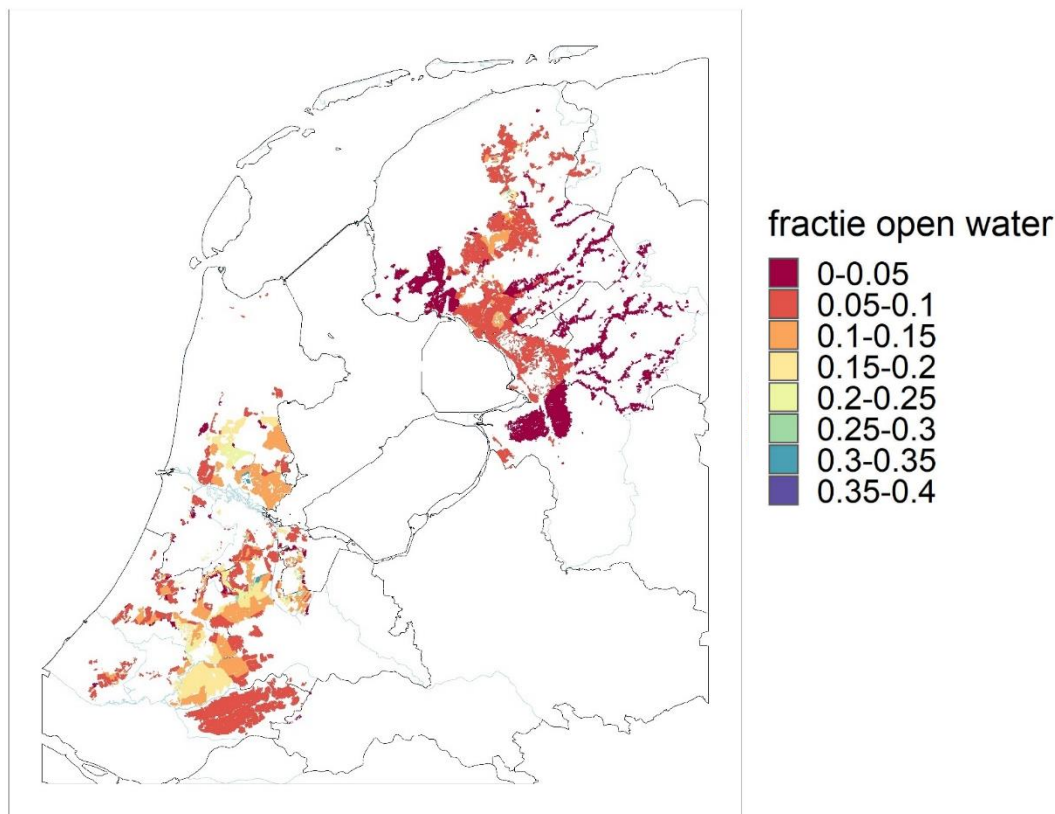
### Fractie open water

Het veenweidelandschap kent een groot aandeel oppervlaktewater: 5-20% van het landelijk oppervlak door veenwinning in het verleden en de verkavelingswijze met brede sloten en smalle percelen (Woestenburg, 2009). Uit deze data-analyse blijkt dat de fractie open water in veenweidegebieden gemiddeld 7% is, maar dit verschilt sterk tussen (Figuur ) en ook binnen gebieden. In 10% van de gebieden is de fractie open water groter dan 20%. In 25% van de gebieden is de fractie open water kleiner dan 5% en in 25% is de fractie groter dan 12%. Gebieden met een grote fractie open water (> 12 %) zijn

de Krimpenerwaard, Groot Wilnis-Vinkeveen, waterrijk Eilandspolder, de waterdelen van de Schermerboezem-Zuid en de polders rond de Reeuwijkse plassen. Veengebieden in Overijssel en Friesland zijn duidelijk minder waterrijk.

#### Relatie met andere factoren

De fractie open water hangt sterk samen met de breedte van sloten, maar de variatie in fractie open water neemt toe bij een gemiddelde slootbreedte groter dan 3 meter en kan oplopen tot een verschil van 50%. In gebieden waar de fractie open water groter is dan 10% liggen geen percelen die breder zijn dan 100 meter.



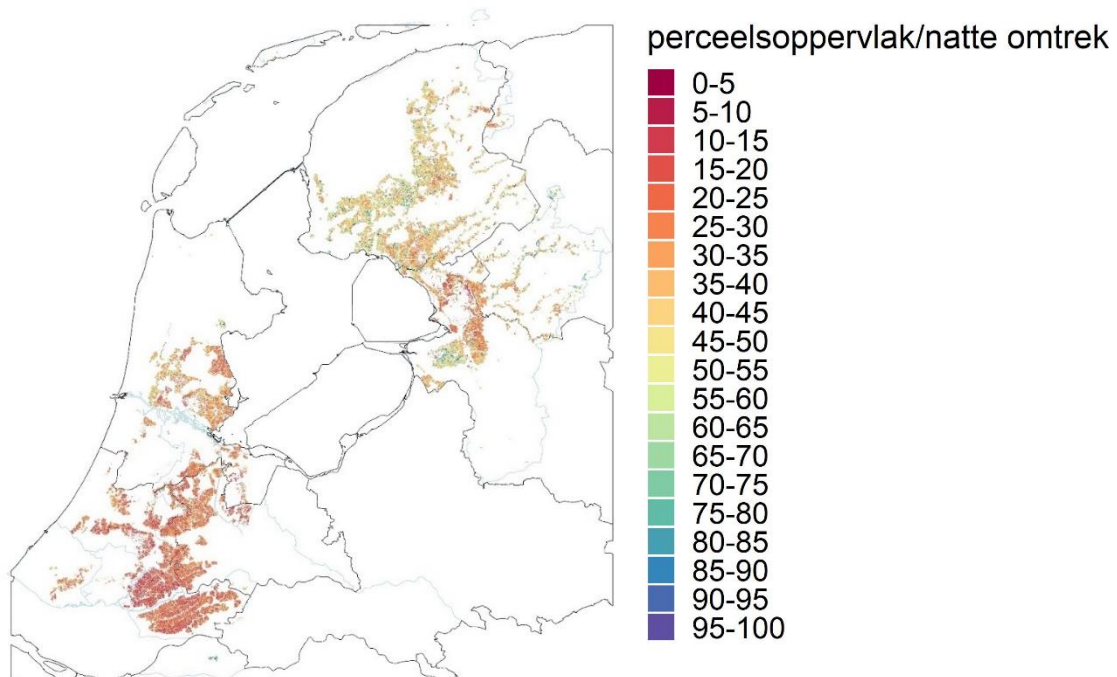
Figuur 10-7-2 Fractie open water per afwateringsgebied.

#### Breedte percelen (indicator)

Veenweidepercelen zijn gemiddeld 92 meter breed, maar dit verschilt sterk tussen en ook binnen gebieden (Figuur Figuur). Een kwart van de percelen is minder breed dan 60 meter en een kwart van de percelen is gemiddeld meer dan 140 meter breed. De breedte van percelen laat een vergelijkbaar ruimtelijk beeld zien als de slootbreedte en fractie open water. Percelen zijn breder in Friesland en Mastenbroek in Overijssel. De verschillen in perceelbreedte tussen bijvoorbeeld de Krimpenerwaard en Alblasserwaard zijn minder groot dan de verschillen in fractie open water.

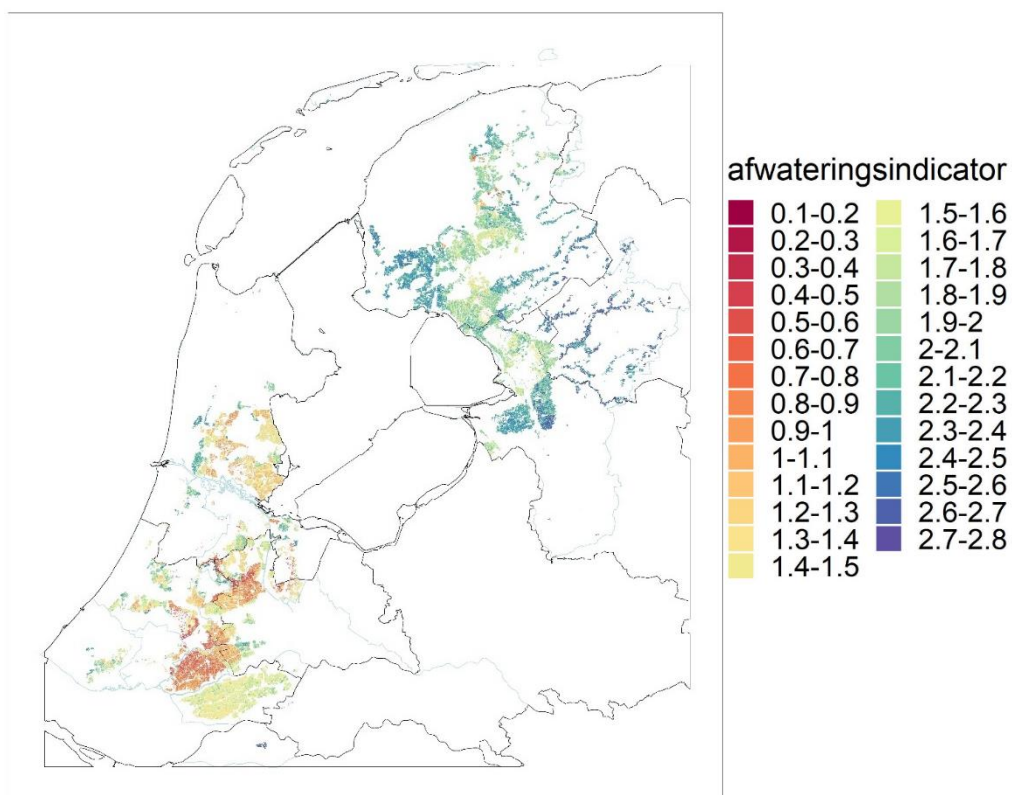
#### Relatie met andere factoren

Zoals eerder al is beschreven bestaat er een relatie tussen de breedte van percelen, slootbreedte en de fractie open water; Zeer brede watergangen en waterrijke gebieden komen alleen voor samen met smalle percelen. Bij sloten die minder dan 5 meter breed zijn komen alle perceelbreedten voor. Het organische stofgehalte is lager in brede percelen.



Figuur 10-7-3 Breedte indicator (oppervlak/ omtrek) percelen. De breedte van percelen is dus het dubbele van deze indicatorwaarde.

### Afwateringsindicator



Figuur 10-7-4 Afwateringsindicator waarbij een 0 staat voor waterrijke omstandigheden (brede sloten, smalle percelen en waterrijk) en een 1 staat voor minder waterrijke gebieden.

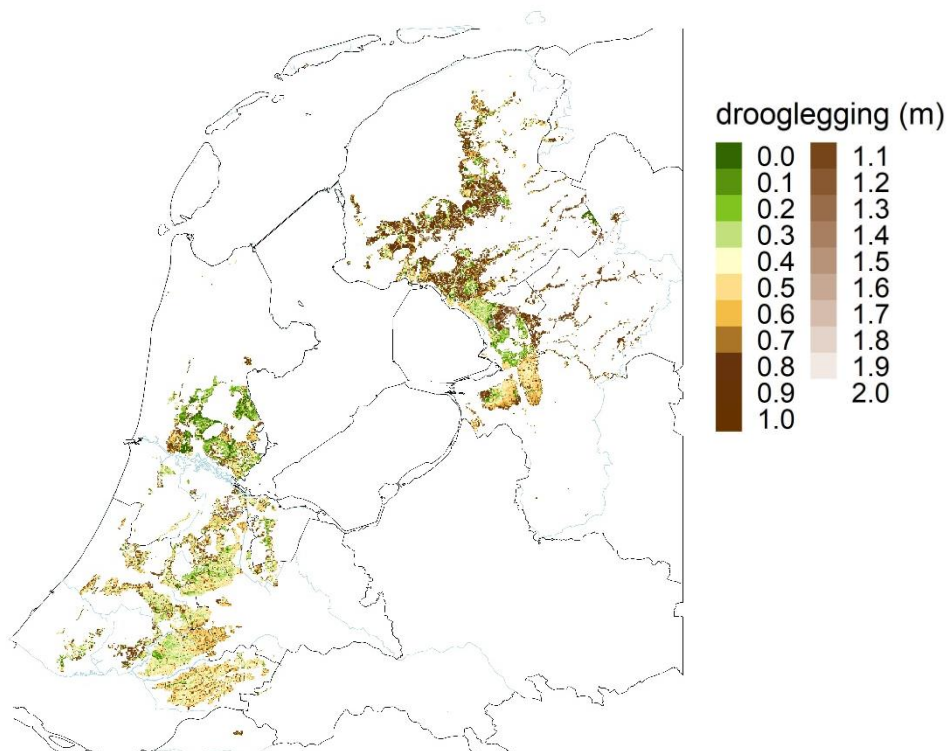


Wanneer gemiddelde slootbreedte, fractie open water en perceelbreedte worden samengevoegd tot één dimensieloze indicator (zie paragraaf aanpak) geeft dit onderstaand beeld (Figuur ).

Op de kaart is duidelijk te zien dat de gebieden in Friesland en Overijssel minder waterrijk zijn dan in West-Nederland en dat het centrale deel van Friesland (o.a. de Alde Feanen) en de Wieden-Weerribben waterrijker zijn dan de rest van de veengebieden in deze provincies. In West-Nederland is te zien dat het Groene Hart vooral erg waterrijk is.

### Drooglegging

In Figuur staat de drooglegging van het maaiveld ten opzichte van het oppervlaktewaterpeil weergegeven in meters.



*Figuur 10-7-5 Drooglegging (maaiveld ten opzichte van oppervlaktewaterpeil) in meters. Aantal percelen met een bepaalde drooglegging waarbij de balken zijn gekleurd op basis van het aandeel brede sloten dat naast deze percelen ligt.*

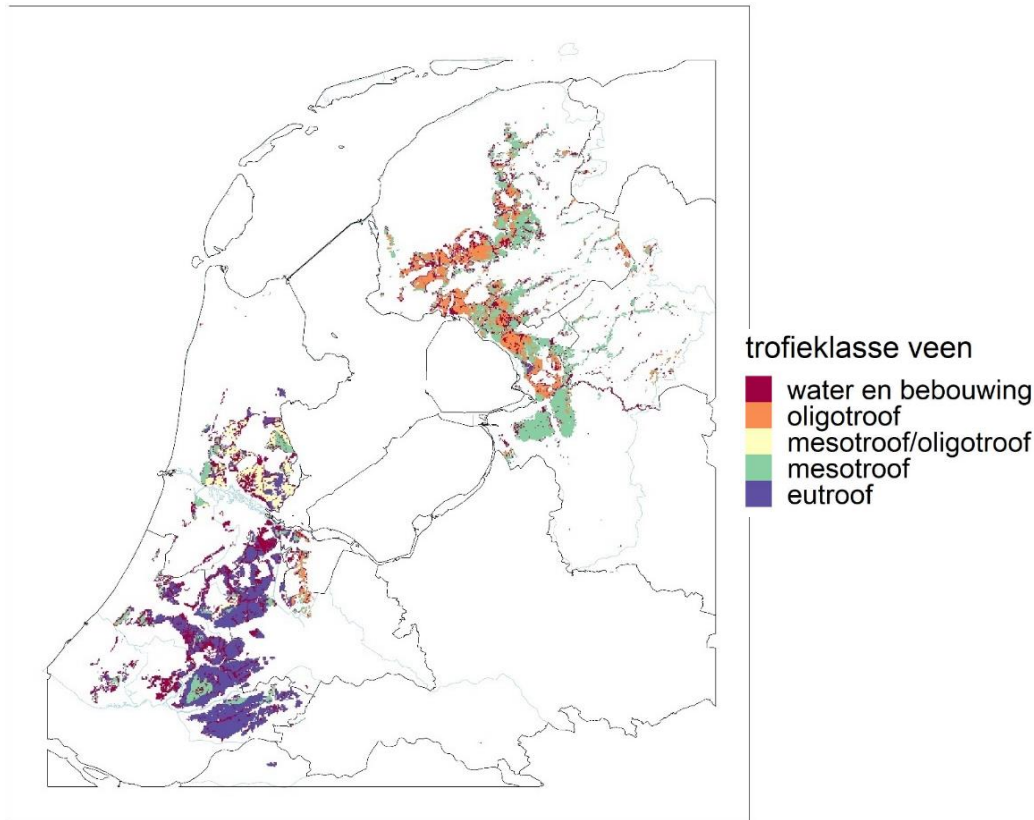
Op de droogleggingskaart is te zien dat de drooglegging gemiddeld 0.53 meter is. Ongeveer een kwart van de percelen in het agrarisch beheerde veenweidegebied een drooglegging heeft van minder dan 40 cm en dat een kwart van de percelen een drooglegging heeft van meer dan 90 cm. 10% van de gebieden heeft een drooglegging groter dan 1.24 meter. In Friesland is de drooglegging het grootst en in Noord-Holland liggen gebieden met de kleinste drooglegging, maar ook in de Wieden-Weerribben, Groot Wilnis-Vinkeveen, Zegveld en de Krimpenerwaard is de drooglegging relatief klein.

### Relatie andere factoren

Wanneer wordt gekeken naar de relatie tussen drooglegging en andere factoren valt op dat brede sloten (> 5 meter) alleen voorkomen bij droogleggingen van minder dan 0.5 meter. Ook smalle percelen zijn voornamelijk te vinden in gebieden met een drooglegging die kleiner is dan 0.5 meter. De hoogste klei en organische stofgehalten (> 30%) komen voor bij een bij een drooglegging die kleiner is dan 1 meter. Hoewel de drooglegging in Noord-Holland erg klein is, zijn dit niet de meest waterrijke gebieden.

## Bodem/ veentype

De trofiegraad van het veen heeft te maken met de ontstaansgeschiedenis van veen en de planten waar het veen uit is opgebouwd. Er worden 4 trofieklassen onderscheiden: eutroof veen (bosveen en rietveen, verslagen veen), mesotroof veen (zeggeveen en rietzegge veen en bodemtypen met zand ondergrond zonder podzol), mesotroof/ oligotroof veen (veenmosveen in West Nederland, met name in Noord-Holland) en oligotroof veen (Veenmosveen en de bodemtypen met zandondergrond waarin podzol is ontwikkeld). De trofieklassen zijn ontwikkeld in Hendriks et.al. (2012) op basis van de veensoort uit de bodemkaart van Nederland en de regio.



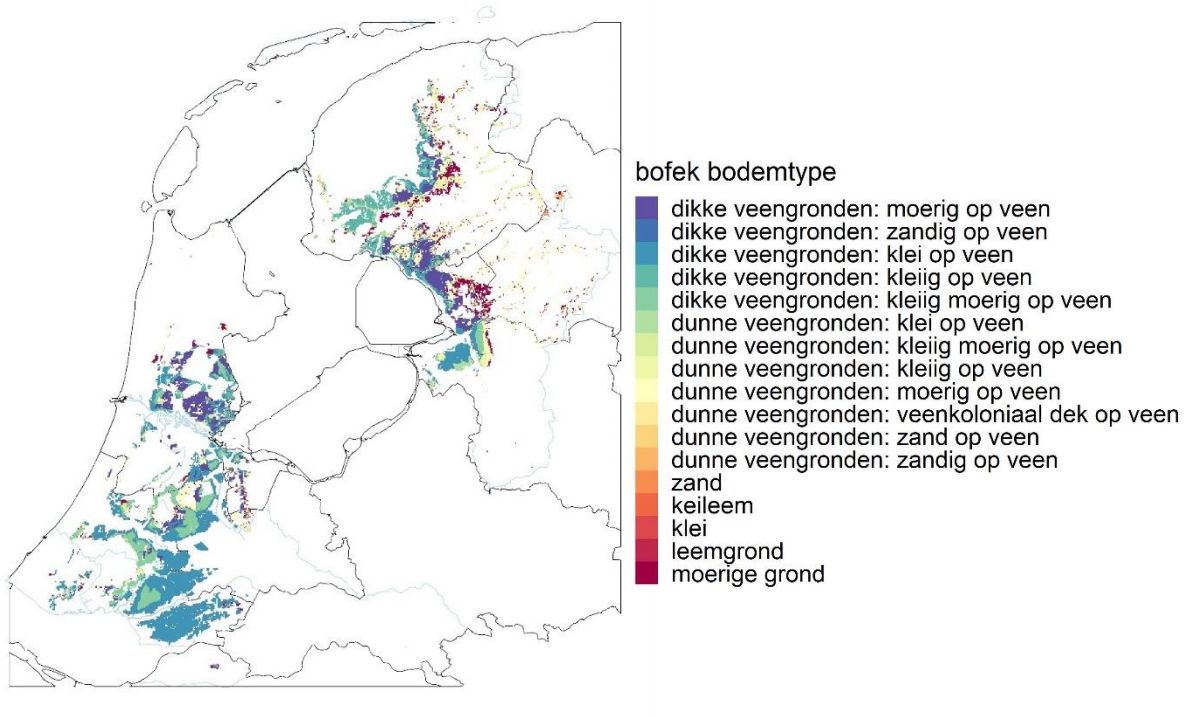
Figuur 10-7-6 Trofiegraad van het veen (WenR, 2019)

Figuur laat zien dat Oligotroof veen vooral voorkomt in Friesland, Overijssel en het Vechtplassengebied. In Noord-Holland komt meso-oligotroof veen voor en in het groende hart voornamelijk eutroof veen, waarbij het hart van de Krimpenerwaard, net als Mastenbroek en delen van de Weerribben bestaan uit mesotroof veen. De trofiegraad van het veen laat geen duidelijke relatie zien met andere eigenschappen die in beeld zijn gebracht in dit memo.

In deze analyse is ook gekeken naar de meer bodemfysische kenmerken (BOFEK-bodemtype) en veendikte (Hendriks et. al. 2012, Figuur ) omdat deze het water- en stoffentransport in de bodem beïnvloeden en invloed hebben op de potentiële uitstoot van broeikasgassen. Het BOFEK-bodemtype is gebaseerd op de bodemkaart van Nederland en waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken uit de Staringreeks. Op grond van verwantschap in functionele bodemkenmerken zijn de 315 bodemeenheden geclusterd in 72 bodemfysische eenheden en afgebeeld in de nieuwe BODemFysische EenhedenKaart (BOFEK2012).

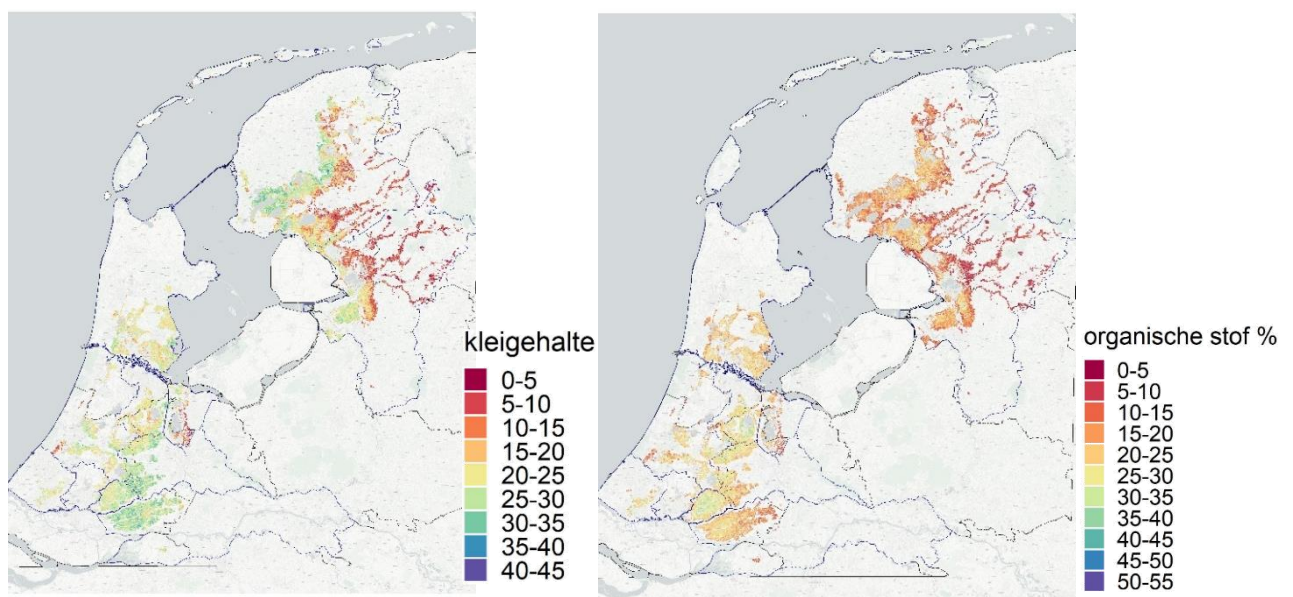
Figuur laat zien dat dikke veengronden zich vooral in Utrecht, Noord Holland en oostflank van Overijssel en Friesland bevinden. De deklaag is meer moerige in Noord Holland en Friesland en klei(ig) in delen van Utrecht en Zuid-Holland. Dunne veengronden liggen tegen de Utrechtse heuvelrug en in Friesland.





Figuur 10-7-7 BOFEK-bodemtype (Hendriks et. al. 2012)

Naast veentype en bodemfysische eigenschappen is ook de variatie in klei en organische stof in de toplaag van de bodem onderzocht (Figuur ). Het gemiddelde kleigehalte in de percelen is 22.8%. In een kwart van de gebieden is het kleigehalte hoger dan 26.6% en in een kwart van de gebieden is het kleigehalte lager dan 18%. In 10% van de gebieden is het kleigehalte hoger dan 29.5 en lager dan 10.6. De beekdalen en flank van de Utrechtse heuvelrug bevatten relatief weinig klei (meer zand) en worden daarom ook niet altijd als veengronden beschouwd. Het noordwestelijk veenweide bevat minder klei dan Friesland en de Alblasserwaard (waar de drooglegging groter is), maar het organisch stofgehalte is wel vergelijkbaar met de Alblasserwaard. De hoogste organische stofgehalten (en dikste veenpakketten) zijn te vinden in het centrum van de Krimpenerwaard, Groot Wilnis-Vinkeveen, Kamerik en Zegveld.



Figuur 10-7-8 Het kleigehalte (links) en organisch stof gehalte in de toplaag van de bodem (%).

## Bijlage 2. Literatuurstudie

Er is in Nederland, en elders in de wereld, al veel onderzoek gedaan aan en/of ervaring opgedaan over sloten, veen, broeikasgasemissies en beheereffecten. Deze kennis is van grote waarde om aan het einde van dit project de meest kansrijke manieren (en risico's) van beheer te identificeren ten behoeve van de Veenweidesloot van de toekomst. Ook is het essentieel om deze kennis te bundelen om zo te bepalen welke kennis nog mist en in de uitvoeringsfase zelf verzameld moet worden om de onderzoeksvragen uit het project te kunnen beantwoorden (zie projectplan<sup>1</sup>).

Dit deelrapport beschrijft de werkwijze en resultaten van de literatuurstudie uit de verkenningsfase van het project. Hierbij is bestaande informatie opgehaald uit rapporten en artikels (wetenschappelijk en 'grijs').

Binnen deze literatuurstudie is specifiek gezocht naar informatie over variabelen die invloed hebben op oeverstabiliteit, ecologische kwaliteit en broeikasgasemissies in lijnvormige wateren in veen(weide)gebieden. Om de hoeveelheid informatie behapbaar en zo relevant mogelijk te houden is er gefocussed op literatuur uit gematigd gebied (klimatologisch) op veengrond met 'onze soorten': dus Eurazië.

Tevens verwachtten we dat veel, van de voor dit onderzoek relevante, kennis niet beschikbaar is in de geschreven literatuur, maar wel bekend bij (praktijk) experts van waterschap, agrarische collectieven, onderzoekers en mensen die de bemonstering uitvoeren voor de monitoringsnetwerken van waterschappen en agrariërs. Deze kennis is opgehaald onder post: "inventarisatie bestaande experimenten en onderzoekslocaties" uit het projectplan<sup>1</sup>. De resultaten van de literatuurstudie, de veldkennis en andere deelstudies van de verkenningsfase zijn samengebracht in de verschillende hoofdstukken van dit eindrapport van de verkenningsfase.

### Dataverzameling

Er is zowel online (Google Scholar, Google, STOWA-Hydrotheek) gezocht als om relevante literatuur gevraagd binnen het projectteam en klankbord. Er is bij de online zoektocht o.a. gezocht op de volgende termen:

NL (Google + Google scholar + Hydrotheek): (sloot OR vaart OR kanaal OR wetering) AND ((kwaliteit AND ecologie) OR (oever AND stab\*) OR manage\*) AND (\*veen OR moeras)

- EN (Google + Google scholar): (ditch OR canal OR) AND ((quality AND ecology) OR (bank AND stab\*) OR manage\*) AND (peat\* OR swamp OR moor OR bog)

Om de studie uitvoerbaar (tijd/budget) te houden zijn per query de eerste 10 pagina's (100 resultaten) bekeken (sortering op 'relevantie'). Daarnaast is tevens de literatuurlijst van de relevante literatuur onderzocht op mogelijke aanvullende relevante literatuur daarin. Als er voor bepaalde onderwerpen geen specifieke informatie voor sloten in veengebied gevonden is, is breder gekeken en ook informatie uit andere watertypen meegenomen.

### Dataverwerking

Alle relevante kennis uit de gevonden bronnen is verwerkt in een grote datatabel. Hierin is informatie over om wat voor type gebied (vb. watertype, veentype) het gaat opgenomen, als ook de informatie over over welke kwaliteitsvariabele (biodiversiteit, agrarische gebruikswaarde, oeverstabiliteit, broeikasgasemissies) en verklarende/sturende variabelen (bijv. beheer) informatie wordt gegeven. De totale lijst met bekeken bronnen is bijgevoegd bij dit deelrapport.

