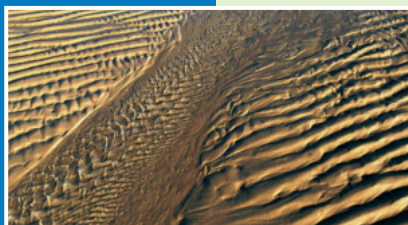
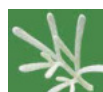


Blue Carbon in Nederlandse kwelders

Kansen voor extra CO₂ vastlegging in kwelders



G. Hoefsloot
H.A. van der Jagt
W.E. van Duin



Artemisia - kwelderonderzoek



Bureau Waardenburg
Ecologie & Landschap



Blue Carbon in Nederlandse kwelders

Kansen voor extra CO₂ vastlegging in kwelders

G. Hoefsloot, H.A. van der Jagt & W. E. van Duin

Status uitgave: eindrapport

Rapportnummer:	20-028
Projectnummer:	19-0119
Datum uitgave:	9 april 2020
Foto's omslag:	Diverse kust- en kweldergebieden in Nederland (BuWa)
Projectleider:	ir. G. Hoefsloot
Naam en adres opdrachtgever:	Natuurmonumenten Noordereinde 60 Postbus 9955 1243 ZS 's-Graveland
Referentie opdrachtgever:	Opdrachtbrief van 26-9-2019
Akkoord voor uitgave:	dr. W.E.A. Kardinaal

Paraaf:

E. Kardinaal

Graag citeren als: Hoefsloot, G., H.A. van der Jagt & W.E. van Duin, 2020. Blue Carbon in Nederlandse kwelders. Kansen voor extra CO₂ vastlegging in kwelders. Bureau Waardenburg Rapportnr. 20-028. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Trefwoorden: Blue Carbon, kwelders, Klimaatvelop 2019.

Bureau Waardenburg bv is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Bureau Waardenburg bv.

Opdrachtgever hierboven aangegeven vrijwaart Bureau Waardenburg bv voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

© Bureau Waardenburg bv / Natuurmonumenten.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden veeleevoudigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, digitale kopie of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Bureau Waardenburg bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Lid van de branchevereniging Netwerk Groene Bureaus. Het kwaliteitsmanagementsysteem van Bureau Waardenburg bv is door CERTIKED gecertificeerd overeenkomstig ISO 9001: 2015. Bureau Waardenburg bv hanteert als algemene voorwaarden de DNR 2011, tenzij schriftelijk anders wordt overeengekomen.



Bureau Waardenburg, Varkensmarkt 9 4101 CK Culemborg, 0345 51 27 10, info@buwa.nl, www.buwa.nl



Voorwoord

In het klimaatakkoord 2019 is vastgelegd dat overheid en grondeigenaren een gezamenlijke inspanning leveren om doelstellingen van o.a. biodiversiteit te combineren met meer CO₂-vastlegging. Moeras-, veen- en kustecosystemen hebben een grote koolstofvoorraad en een hoge CO₂-vastleggingscapaciteit. Het beschermen van de koolstofvoorraad en optimaliseren en vergroten van de koolstofvastlegging dragen bij aan klimaatdoelstellingen. In dit rapport staan kansen en maatregelen die bijdragen aan beschermen en vergroten van de koolstofvoorraad voor Nederlandse kweldersystemen (Blue Carbon). Deze verkenning is bedoeld voor initiatiefnemers, beheerders en beleidsmakers die Blue Carbon projecten in Nederland willen opstarten en uitvoeren.

De informatie in het rapport is gebaseerd op bronnenonderzoek en informatie van diverse deskundigen en wetenschappers. In december 2019 heeft een deskundigenbijeenkomst over Blue Carbon plaatsgevonden. Relevante informatie uit deze bijeenkomst is in dit rapport verwerkt.

Het projectteam bestond uit Gerlof Hoefsloot, Helga van der Jagt (BuWa) en Willem van Duin (*Artemisia*). De commissie die het project heeft begeleid bestond uit:

- Paul Vertegaal (Natuurmonumenten)
- Frans Vlieg (Natuurmonumenten)
- Twiga van de Werf (Twiga Consultancy & Projectmanagement)
- Almer de Swaaf (RWS)
- Boukelien Bos (Staatsbosbeheer).

Wij bedanken Natuurmonumenten voor de opdracht en het vertrouwen in Bureau Waardenburg. De leden van het begeleidingscommissie bedanken we voor de prettige samenwerking. We bedanken de volgende experts op kwelder- en/of koolstofgebied voor hun waardevolle toevoegingen aan dit rapport: Dick de Jong, Peter Esselink, Eric Arets, Mart-Jan Schelhaas, Marijn van de Broek, Peter Mueller, Marelle van der Snoek, Bas Kers, Jim van Belzen, Tjeerd Bouma & Kelly Elschot. Daarnaast bedanken we alle deelnemers aan de deskundigenbijeenkomst voor hun bijdrage.

De volgende collega's van Bureau Waardenburg hebben een bijdrage geleverd aan het project en het rapport: Malenthe Teunis, Tom van der Have, Karin Didden & Margot Maathuis.

Bureau Waardenburg heeft dit project uitgevoerd als onderaannemer van Natuurmonumenten, partner in de Klimaatvelop 2019. Het project is gebaseerd op projectnummer 5.1 "Kansen voor Blue Carbon en natuur in kwelders" uit "Instrument Slimmer Landgebruik: Bos, Natuur, Hout pilots voorstel KE2019".

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van en gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoekthema 'Klimaatvelop KlimaatSlim Bos, Natuur en Hout'.



Inhoud

Voorwoord	3
Samenvatting en begrippenlijst	6
1 Inleiding	9
2 Beoordelingskader voor Blue Carbon maatregelen in Nederland	12
3 Bescherming, beleid en natuurwaarden van kweldergebieden in Nederland	14
3.1 Waardevolle natuurwaarden	14
3.2 Natuurbescherming en beleid	15
4 Bepalen huidige koolstofvoorraad en vastlegging	21
4.1 De koolstofvoorraad in een kwelderbodem	21
4.2 Bepalen van de oppervlakte van de kwelder	25
4.3 Bepalen van de opslibbing	26
4.4 Jaarlijkse koolstofvastlegging in kwelders	27
4.5 Algemene rekenwaarde voor bepalen Blue Carbon potentie	27
5 Ontwikkeling en beheer van kwelders	29
5.1 Bescherming tegen erosie en mogelijkheden tot uitbreiden areaal	31
5.2 Creëren van een nieuwe kwelder	32
5.3 Optimaliseren van beheer en onderhoud van de kwelder	34
5.4 Blue Carbon potentie bepalen	35
6 Monitoring Blue Carbon maatregelen	39
6.1 Oppervlaktemonitoring met bestaande gegevens	39
6.2 Hoogtemonitoring van kwelders	39
6.3 Monitoring van effecten van gewijzigd beheer	40
7 Kosten en meekoppelkansen	41
7.1 Kosten Blue Carbon project	41
7.2 Financiering	42
7.3 Meekoppelkansen	43
8 Kansrijke locaties voor Blue Carbon maatregelen	44
8.1 Vaststellen kansrijke locaties voor Blue Carbon maatregelen	44
8.2 Kansrijke locaties Waddenzee	45
8.3 Kansrijke locaties in het Deltagebied	47
9 Conclusies, discussie en aanbevelingen	50
9.1 Onderbouwing methode Blue Carbon	50
9.2 Toolkit	52
9.3 Kansen voor vergroten koolstofvoorraad in Nederlandse kwelders	53
9.4 Aanbevelingen	54



Literatuur		55
Bijlage I	Meetnet kwelderartering VEGWAD	61
Bijlage II	Kansen voor Blue Carbon maatregelen	62
Bijlage III	Onderbouwing methode Blue Carbon in Nederland	65



Samenvatting en begrippenlijst

De term Blue Carbon wordt gebruikt voor koolstof dat ligt opgeslagen in mariene ecosystemen. In Nederland zijn kwelders de belangrijkste Blue Carbon ecosystemen. Zij vormen niet alleen bijzondere natuur die bijdraagt aan kustbescherming, maar kwelders slaan ook veel CO₂ op. In dit rapport is uitgewerkt hoe bepaald kan worden hoeveel koolstof wordt opgeslagen in een kwelder, welke maatregelen genomen kunnen worden om extra koolstof op te slaan in kwelders en hoe Blue Carbon ingezet kan worden om kwelderontwikkeling of -herstel (deels) te financieren. Uitgangspunt is dat op Blue Carbon gerichte maatregelen passen bij bestaande natuurwetgeving en geen significante natuurschade veroorzaken. Maatregelen die zorgen voor extra koolstofvastlegging zijn: a.) het ontwikkelen van extra kwelderareaal; b.) het voorkomen van erosie; en c.) het veranderen van beheer.

Bij het ontwerpen en uitvoeren van Blue Carbon maatregelen zijn de volgende vijf stappen van belang: a.) toetsen of de maatregelen significante schade aan natuur veroorzaken; b.) bepalen wat de huidige koolstofvoorraad en jaarlijkse koolstofvastlegging is in het gebied; c.) bepalen wat het effect van de maatregelen is op de koolstofvoorraad en koolstofvastlegging; d.) onderzoeken hoe het project gefinancierd kan worden; en e.) na uitvoering van het project bepalen of de voorspelling m.b.t. toename koolstofvoorraad en/of koolstofvastlegging gerealiseerd zijn.

Effecten op natuur

Blue Carbon maatregelen kunnen effecten veroorzaken op bestaande natuurwaarden. De ontwikkeling van extra kwelderareaal buitendijks kan bijvoorbeeld ten koste gaan van intergetijdengebied met beschermde natuurwaarden. Per project moet worden getoetst of er significante effecten op natuurwaarden ontstaan en of maatregelen nodig zijn om significante schade te voorkomen.

Koolstofvoorraad en vastlegging in Nederlandse kwelders

De koolstofvoorraad en -vastlegging van een kwelder verschilt sterk per kwelderzone, kwelder en regio. Literatuurwaarden kunnen gebruikt worden om de voorraad en vastlegging van een kwelder te schatten. Een Nederlandse kwelder heeft een gemiddelde koolstofvoorraad van 276 ton C/ha (equivalent aan 1012 ton CO₂/ha) en een gemiddelde jaarlijkse koolstofvastlegging van 2,4 ton C/ha/jaar (8,9 ton CO₂-eq/ha/jr), maar er zijn sterke variaties tussen gebieden. Daarnaast is een aanzienlijk deel van het opgeslagen koolstof afkomstig van buiten de kwelder, waardoor wij er vooralsnog van uitgaan dat de helft van de voorraad mag worden meegeteld bij het berekenen van additionele koolstofvastlegging voor de uitgifte aan koolstofcertificaten. Als het belangrijk is om precies te weten wat de koolstofvoorraad en koolstofvastlegging in een gebied is dan is het meestal nodig om dit op de locatie zelf te bepalen aan de hand van analyse van bodemonsters.

Blue Carbon maatregelen

In een kweldergebied kunnen maatregelen worden getroffen die zorgen voor meer koolstofvastlegging of beschermen van de huidige voorraad koolstof in de bodem.



Daarnaast kan op een nieuwe plek kwelderareaal worden ontwikkeld. Deze ingrepen behoeven technische aanpassingen aan het systeem zelf, zoals ontwikkeling van luwtes door het plaatsen van rijshoutdammen, zandsuppletie of het aanpassen van het drainagesysteem van kwelders. Welke maatregel op een locatie het meest efficiënt en duurzaam is wordt bepaald door diverse factoren zoals de morfologie van het gebied, de dynamiek, de aanwezigheid van een zaadbank en de bestaande vegetatie. Op basis van monitoringsgegevens en kennis van kwelderdeskundigen kan worden vastgesteld welke maatregelen het meest kansrijk zijn om de Blue Carbon ambitie te realiseren.

Blue Carbon monitoring

Als de Blue Carbon maatregelen zijn uitgevoerd kan het van belang zijn om te bepalen wat het resultaat is van de maatregelen: hoeveel koolstof wordt additioneel vastgelegd? Als een project tot doel heeft meer areaal te creëren of erosie te voorkomen, kan gebruik worden gemaakt van het landelijke meetnet Kwelderartering VEGWAD van RWS. Daarnaast kan gebruik gemaakt worden van opslibbingsmetingen om de verticale aangroei van kwelders te bepalen. Bij veranderingen in beheer is de additionele koolstofvastlegging lastiger te bepalen, hiervoor zullen om de vijf tot tien jaar koolstofmetingen in het veld moeten worden uitgevoerd.

Kosten en meekoppelkansen Blue Carbon projecten

Het aanleggen en onderhouden van kwelders is niet goedkoop. Blue Carbon kan een hulpmiddel zijn om extra financiële middelen te genereren voor kweldernatuur. Op basis van de voorspelde extra koolstofvastlegging kunnen in de toekomst mogelijk koolstofcertificaten worden uitgegeven voor Blue Carbon projecten. Koolstofcertificaten zullen waarschijnlijk niet kostendekkend zijn voor uitvoering van de Blue Carbon maatregelen. Daarom is het essentieel om meekoppelkansen in een gebied te onderzoeken. Andersom kunnen Blue Carbon koolstofcertificaten een meekoppelkans zijn voor projecten waarbij de financiering nog niet rond is.

Kansrijke locaties voor Blue Carbon maatregelen

In Nederland is weinig ruimte voor buitendijkse natuur, vaak zal aanleg van kwelders leiden tot verlies van ander beschermd habitat. Er zijn een aantal bestaande projecten waar Blue Carbon potenties zijn zoals de Vismigratierivier Afsluidijk, Eems-Dollard 2050 en bijvoorbeeld Holwerd aan Zee. In de Zeeuwse Delta zijn er mogelijkheden te leren van lopende binnendijkse natuurprojecten, de zogenaamde “gouden randen” van de Delta.

Aanbevelingen

Er zijn nog veel leemtes in kennis over de koolstofvoorraad en koolstofvastlegging in kweldersystemen. Daarom is het van belang om koolstofmetingen uit te voeren in verschillende kwelders, Blue Carbon maatregelen uit te voeren in bestaande of nieuwe projecten en onderzoek te doen naar de effecten van kwelderbeheer op de koolstofvoorraad en vastlegging. Ook is het belangrijk te onderzoeken welke fractie van het opgeslagen koolstof van buiten de kwelder komt, en of dit meegenomen mag worden als Blue Carbon. Kwelders zijn een uniek stukje natuur in Nederland, Blue Carbon kan een bijdrage leveren aan ontwikkeling en bescherming van deze waardevolle natuurgebieden van de Nederlandse kust.



Begrippenlijst

- C: afkorting voor koolstof.
- CO₂: koolstofdioxide
- CO₂-eq: CO₂-equivalent: één ton C komt overeen met 3,67 ton CO₂-eq
- autochtoon koolstof: koolstof dat in het betreffende kweldersysteem is vastgelegd door planten en bodemalgen;
- allochtoon koolstof: koolstof afkomstig van buiten het kweldersysteem, bijvoorbeeld uit andere kweldergebieden, uit andere ecosystemen of de waterkolom;
- labiel koolstof: koolstofverbindingen die snel worden afgebroken, zoals algen en eiwitten;
- recalcitrant koolstof: koolstofverbindingen die heel moeilijk worden afgebroken, zoals lignine en complexe koolstofmoleculen;
- koolstofvoorraad: de hoeveelheid koolstof in de eerste meter kwelderbodem (C/ha of CO₂-eq/ha);
- koolstofvastlegging: het vastleggen van CO₂/organisch koolstof in kwelderbodem;
- koolstofconcentratie: gram C/cm³ kwelderbodem;
- koolstofanalyse: metingen van netto koolstofflux en herkomst van allochtoon- en autochtoon koolstof;
- netto koolstofflux: de balans tussen koolstof in de kwelderbodem en atmosfeer, hoeveel koolstof wordt vastgelegd en hoeveel komt door afbraak weer vrij;
- additionaliteit: in dit rapport worden 2 typen additionaliteit onderscheiden, koolstofadditionaliteit en beleidsadditionaliteit. In het eerste geval is de vraag, zorgen de Blue Carbon maatregelen voor extra koolstofvastlegging vergeleken met de autonome ontwikkelingen? In het tweede geval is de vraag, zijn de Blue Carbon maatregelen aanvullend of extra op het bestaande beleid dat concreet wordt uitgevoerd.



1 Inleiding

Blue Carbon is koolstof dat ligt opgeslagen in mariene ecosystemen, zoals mangroves, zeegrasvelden en kwelders (zie tekstkader Kwelders). Blue Carbon ecosystemen staan wereldwijd onder druk door menselijke activiteiten langs de kust en zeespiegelstijging (Howard *et al.*, 2014). Het beschermen en herstellen van deze ecosystemen zorgt enerzijds voor natuurontwikkeling en biodiversiteit, en kan anderzijds CO₂-uitstoot uit deze systemen voorkomen of zorgen voor extra CO₂-vastlegging. Dit is met name relevant omdat in het Klimaatakkoord Parijs 2020-2050 is afgesproken om de broeikasgasuitstoot van landen te verminderen. Nederlandse kwelders slaan per jaar ongeveer 60.000 ton CO₂ op (zie tekstkader Wat is 1 ton CO₂?). Maatregelen die zorgen voor uitbreiding van het kwelderareaal of het beter vasthouden van koolstof in de kwelder kunnen potentieel extra atmosferisch CO₂ vastleggen en bijdragen aan klimaatmitigatie (Teunis & Didderen, 2018).

Kwelders

Kwelders zijn internationaal beschermde natuurgebieden met een unieke flora en fauna die is aangepast aan een dynamisch en zout biotoop. In Nederland ligt 9140 ha kwelder in de Waddenzee, excl. 880 ha zomerpolder (Esselink *et al.*, 2017), en ca. 3000 ha in het Deltagebied (Storm, 1999). Gezamenlijk komt dit neer op ruim 6% van het kwelderareaal in Europa (Doody, 2008). Er zijn kwelders die puur onder zilte invloed staan en er zijn kwelders waar ook zoete invloeden zijn, bijvoorbeeld het Seaftinghe en de Dollard. Kwelders vervullen een belangrijke rol als rust- foerageer- en broedgebied voor vogels (Bakker *et al.* 2002, Koffijberg & Van Roomen, 2019). Daarnaast spelen kwelders een belangrijke rol als kustverdediging, gaan ze verzilting van binnendijkse gebieden tegen en vervullen ze diverse ecosysteemdiensten. Er worden in Nederland twee typen kwelders onderscheiden: natuurlijke kwelders (eilandkwelders en de meeste Zeeuwse schorren) en half-natuurlijke kwelders (vooral vastelandskwelders). Bij dit laatste type is de kwelderontwikkeling gestimuleerd met o.a. rijshoutdammen. Sinds 1985 worden deze kwelderwerken meer natuurlijk beheerd, maar ze worden nog steeds als half-natuurlijk beschouwd. Ze worden beschermd door rijshoutdammen, zijn vrij smal en hebben geen natuurlijk achterland maar een zeedijk. Voor buitendijkse gronden bestaan verschillende streeknamen. Zo worden ze in het Waddengebied kwelders, in Zuid-Holland gorzen en in Zeeland schorren genoemd. In uiterlijke kenmerken als landschapsvorm bestaan er weinig verschillen.

Wat is 1 ton CO₂?

- 1 ton CO₂ uitstoten doe je als je 16.000 km met de trein reist of 500 dagen ademhaalt;
- 1 ton CO₂ ziet eruit als een luchtballon van 200 m³;
- voor 1 ton CO₂ vastlegging moeten 50 bomen een jaar lang groeien;
- een huishouden in Nederland stoot jaarlijks gemiddeld ongeveer 20,5 ton CO₂ uit.

Bron: Climate Neutral Group & Milieu Centraal.



Er zijn voor Nederland vier maatregelen geformuleerd om extra CO₂ op te slaan of vast te houden in kwelders in vergelijking met de huidige situatie (baseline; Teunis & Didderen, 2018):

- beschermen van huidige kwelder tegen erosie (afslag);
- uitbreiden areaal van bestaande kwelder;
- creëren van een nieuwe kwelder;
- optimaliseren van beheer en onderhoud van de kwelder.

Wanneer dit methodisch kan worden ingebed kunnen deze maatregelen als potentiële basis dienen voor de afgifte van koolstofcertificaten. Hiermee kunnen bedrijven en particulieren CO₂-uitstoot compenseren. Dit zou meegewogen kunnen worden als factor bij de planvorming van projecten. Bovendien zou hierdoor mogelijk geld beschikbaar kunnen komen voor extra natuurontwikkeling en beheer in de kustzones van Nederland (ter indicatie: een ton CO₂ kan op de vrijwillige compensatiemarkt €50 opbrengen). Een belangrijke voorwaarde voor de financiering met koolstofcertificaten is dat het doel van de Blue Carbon maatregelen aanvullend (additioneel) is op doelstellingen uit natuurwetgeving en beleid. Bovendien mogen Blue Carbon maatregelen geen schade toebrengen aan aanwezige waardevolle natuurwaarden en moet de winst voor natuur en biodiversiteit gemaximaliseerd worden.

Teunis & Didderen (2018) hebben een methodologie uitgewerkt voor Blue Carbon projecten. Aan de hand van deze methodologie is door Bureau Waardenburg de haalbaarheid van een Blue Carbon project onderzocht in vier kweldergebieden van Natuurmonumenten: de Schorren van Texel, het Verdrongen Land van Zuid-Beveland aan de Oosterschelde, het Zuidgors aan de Westerschelde en het Uithuizerwad aan de Waddenzee. Essentieel hierbij was een goede inschatting te maken van de huidige hoeveelheid opgeslagen koolstof en de jaarlijkse toename of afname per gebied, de zogenaamde baseline. Daarnaast moet een goede inschatting gemaakt worden van de toegevoegde waarde van de voorgestelde beheermaatregelen, ofwel hoeveel extra koolstof wordt opgeslagen tijdens het Blue Carbon project (additionaliteit).

Het projectteam heeft in 2019 en 2020 bronnenonderzoek gedaan en diverse deskundigen en terreinbeheerders geraadpleegd om:

- de methode voor Blue Carbon maatregelen in Nederlandse kwelders nader te onderbouwen;
- een toolkit te maken voor CO₂ vastlegging in kwelders;
- kansen voor vergroten van de koolstofvoorraad in Nederlandse kwelders te bepalen.

De resultaten van dit verkennende onderzoek zijn verwerkt in deze rapportage en worden gebruikt voor de volgende toepassingen:

- input t.b.v. de gereedschapskist Klimaatslim Bos- en Natuurbeheer (project 0.2 in het totaalpakket KE2019 BBN) voor onderbouwing, uitvoering/implementatie of toevoeging aan maatregelen uit het Klimaatakkoord c.q. nationale klimaatbeleid.
- verkrijgen en beschrijven van benodigde info voor de methode Blue Carbon in het kader van de Green Deal Nationale Koolstofmarkt GDNK (de weg plaveien t.b.v. het kunnen vrijgeven van koolstofcertificaten voor NL Blue Carbon kwelderprojecten).



Voor beide toepassingen is het belangrijk te weten hoeveel koolstof Nederlandse kweldergebieden bevatten én de 'CO₂-prestaties' van Blue Carbon maatregelen zodanig te definiëren, af te bakenen en te kwantificeren dat er geen sprake is van dubbeltelling met andere CO₂-claims, bijvoorbeeld van andere locaties, andere landen of van de open zee. Als laatste is het belangrijk dat tijdens en na de uitvoering van Blue Carbon maatregelen een gedegen en efficiënte monitoring wordt uitgevoerd om te bepalen hoeveel extra koolstof daadwerkelijk wordt vastgelegd. Voor deze kennisvragen is een analyse gemaakt op basis van bronnenonderzoek (zie hoofdstuk 4 en 6). Deze onderbouwing is afgestemd met het projectteam (zie voorwoord) en wetenschappers van NIOZ, WUR, Universität Hamburg, en KU Leuven.

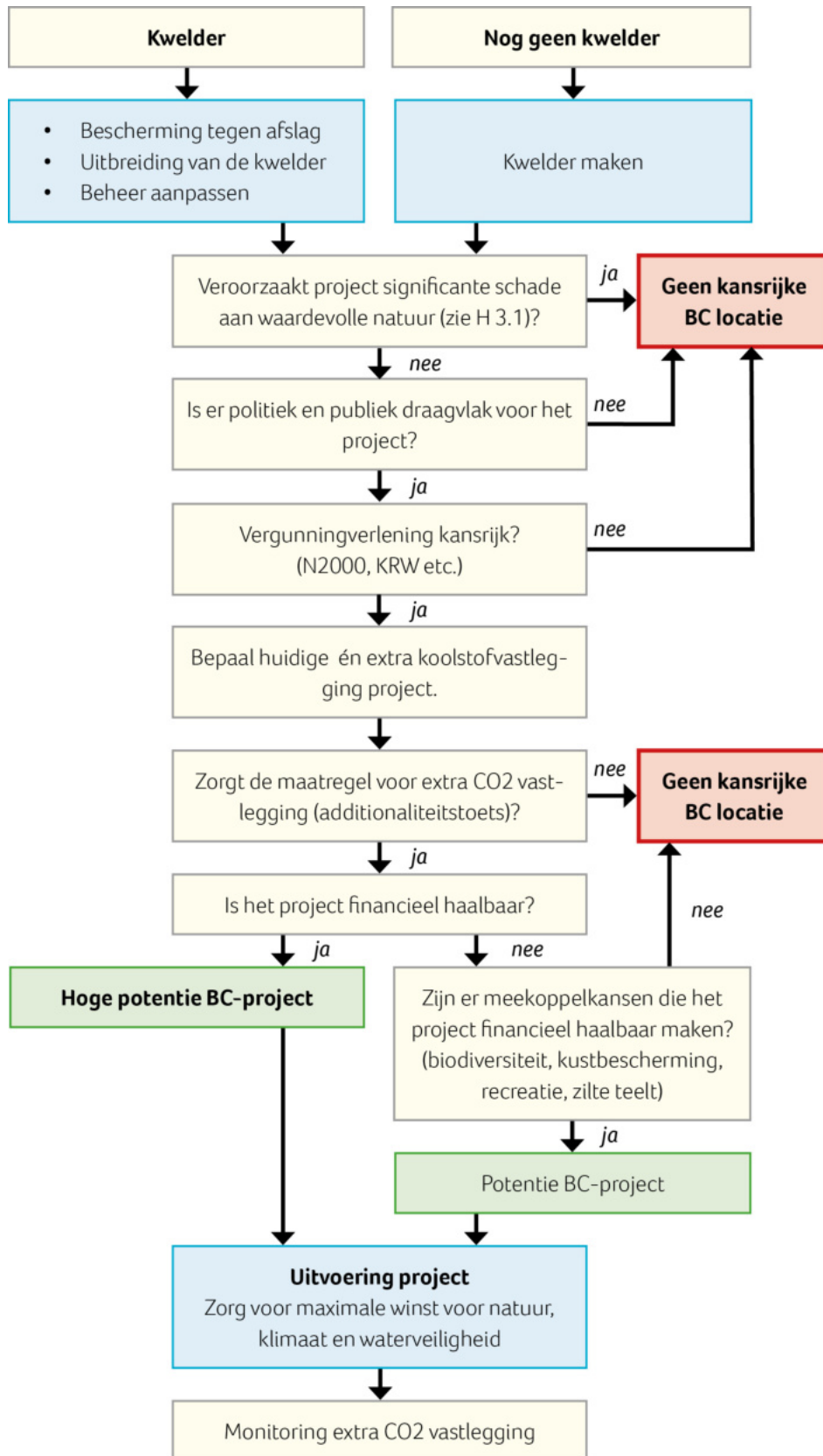


2 Beoordelingskader voor Blue Carbon maatregelen in Nederland

Voor het bepalen van de potentie van een Blue Carbon maatregel is een beoordelingskader opgesteld (figuur 2.1). De stappen in het beoordelingskader zijn hieronder kort toegelicht.

1. Er kunnen twee situaties zijn: er is een kwelder waar je inrichting- en beheermaatregelen wil treffen of er is nog geen kwelder en je wilt daar een kwelder laten ontstaan.
2. Stel vast of de geldende natuurwetgeving een knelpunt kan zijn voor het project.
3. Bepaal of er politiek en publiek draagvlak is voor het project.
4. Als een Blue Carbon project juridisch en technisch haalbaar lijkt wordt een koolstofanalyse gemaakt. Vastgesteld wordt hoeveel koolstof in het huidige systeem aanwezig is en hoeveel koolstof additioneel kan worden vastgelegd door het project.
5. De uitvoering van Blue Carbon maatregelen kosten geld. Bepaal de kosten voor aanleg en beheer van het project en onderzoek financieringsmogelijkheden, zoals koolstofcertificaten of meekoppelkansen. Blue Carbon kan ook zelf een meekoppelkans zijn in het geval het project een ander doel beoogd, bijvoorbeeld natuur.
6. Zorg in het ontwerp en uitvoering van het project voor maximale winst voor natuur, klimaat en waterveiligheid.
7. Monitoring van de CO₂ vastlegging is een vereiste als gebruik gemaakt wordt van koolstofcertificaten. Er moet zekerheid zijn dat het project bijdraagt aan duurzame vastlegging van atmosferisch koolstofdioxide.

De volgorde van het beoordelingskader is beredeneerd vanuit een initiatiefnemer van een Blue Carbon project. Het beoordelingskader is ook toepasbaar voor projecten die niet als hoofddoel Blue Carbon hebben. De stappen in het kader kunnen in dat geval deels worden overgeslagen of in een andere volgorde doorlopen worden.



Figuur 2.1 Beoordelingskader Blue Carbon maatregelen in Nederland.



3 Bescherming, beleid en natuurwaarden van kweldergebieden in Nederland

Een Blue Carbon maatregel mag geen significant negatieve effecten veroorzaken voor beschermde natuurwaarden. Maatregelen in het kader van Blue Carbon mogen niet in strijd zijn met de huidige natuurwetgeving. In dit hoofdstuk staat welke natuurwaarden als waardevol worden beschouwd, hoe kwelders en kustgebieden in Nederland beschermd zijn door regelgeving en wat de instandhoudingsdoelstellingen zijn voor deze gebieden. Deze informatie is relevant voor de natuurtoets en de additionaliteitstoets in de verkenningsfase van een Blue Carbon project.

3.1 Waardevolle natuurwaarden

In een Blue Carbon project moeten doelstellingen voor koolstofvastlegging hand in hand gaan met doelstellingen voor natuur en biodiversiteit. Blue Carbon maatregelen mogen niet tot gevolg hebben dat er significante schade ontstaat aan waardevolle natuur. Voorbeelden van waardevolle natuurwaarden in Nederlandse kustsystemen staan aangegeven in tabel 3.1. Deze opsomming is niet uitputtend. Per project moet worden bekeken welke waardevolle natuurwaarden relevant zijn. De in tabel 3.1 aangegeven natuurwaarden zijn beschermd volgens diverse wet- en regelgeving. Deze staan in de volgende paragraaf.

Tabel 3.1 Voorbeelden van (beschermde) natuurwaarden in Nederlandse kustsystemen (Rijkswaterstaat, 2011).

Natuurtype	Natuurwaarde	Waarom waardevol	Huidige situatie
Kwelder	-Hoogwatervluchtplaats en broedgebied vogels -Leefgebied insecten -Flora -Kraamkamer vis	-Vogels moeten op korte afstand van wad kunnen overtuigen (liefst buitendijks) -Kwelders bieden rust en voedsel voor broedperiode -Unieke entomofauna op kwelders	Oppervlakte en kwaliteit gering
Wad & schelpdierbanken	-Voedselgebied vogels -Rustplaats zeehonden -Scheldierbank -Kraamkamer vis	-Essentieel foerageergebied broed- en trekvogels -Verstoringsvrije rustplaatsen en opgroei gebied -Riffen van belang voor biodiversiteit en sleutelfunctie voedselweb	Oppervlakte en kwaliteit gering (met name in Zeeuwse Delta)
Zeegrasvelden	-Kraamkamer en leefgebied fauna	Voor biodiversiteit van groot belang en sleutelfunctie voedselweb	Klein en groot zeegras is zeldzaam, geen succesvol herstel



3.2 Natuurbescherming en beleid

Kwelders, gorzen of schorren zijn in Nederland o.a. beschermd in het kader van Natura 2000, Kaderrichtlijn Water, 'Trilateral Wadden Sea Cooperation' en Werelderfgoed (UNESCO). In tabel 3.2 staat aangegeven welke wet- en regelgeving van belang zijn voor vaststellen additionaliteit van Blue Carbon maatregelen. Voor elk Blue Carbon project in Natura-2000 gebied moet worden bepaald welke beschermde natuurwaarden door het project worden beïnvloed (opstellen natuurtoets). In de natuurtoets staat aangegeven welke maatregelen nodig zijn om eventuele schade te herstellen en of er een vergunning nodig is voor het project.

Tabel 3.2 Bestaande wet- en regelgeving die relevant zijn voor de additionaliteitstoets.

Instrument/kader	Toetsen aan	Verantwoordelijke organisatie	Referentie of website
Natura 2000	Instandhoudingsdoel habitattypen en soorten	Provincie en RVO	Beheerplannen en profielendocumenten
Kaderrichtlijn Water (KRW)	Goed Ecologisch Potentieel (GEP)	RWS, Provincie, waterschappen	Helpdeskwater.nl
Provinciaal natuurbeheerplan	Beheertypen- en ambitiekaart	Provincie	BIJ12.nl Natuurbeheerplan
Trilateral Wadden Sea Cooperation	Ecotargets	NL, DLD, DK	Trilaterale Waddenzee Plan
UNESCO Werelderfgoed	Doelen in nominatiestukken	NL	https://whc.unesco.org/en/list/13 14/

3.2.1 Natura 2000

Natura 2000 is het netwerk van natuurgebieden in de Europese Unie, die beschermd worden op grond van de Vogelrichtlijn (1979) en de Habitatrichtlijn (1992). Deze richtlijnen geven aan welke typen natuur en welke soorten moeten worden beschermd. Buitendijkse zoute gebieden, zoals kwelders en zandplaten, zijn beschermde habitattypen waar habitatsoorten voorkomen. Deze habitattypen en soorten zijn vermeld in bijlagen bij beide richtlijnen. De Vogelrichtlijn en de Habitatrichtlijn zijn in Nederland geïmplementeerd in de Wet natuurbescherming. Deze wet kent voor de Natura 2000-gebieden een vergunningenstelsel en beheerplannen. Hiermee is een zorgvuldige afweging (habitattoets) rond het gebruik van natuurgebieden die gevolgen kunnen hebben voor Natura 2000-gebieden en hun natuurwaarden gewaarborgd. Activiteiten en projecten mogen (in principe) alleen plaats vinden indien er geen significante schade aan de beschermde natuurwaarden wordt gedaan. De beheerplannen zijn van belang om de additionaliteit van Blue Carbon projecten te toetsen. Als doelen en maatregelen die bijdragen aan CO₂ vastlegging al concreet benoemd zijn in het beheerplan en/of er financiën beschikbaar zijn gesteld voor maatregelen zijn ze mogelijk niet additioneel.



Het natuurtype schorren en kwelders omvat pioniervegetaties en buitendijkse graslanden die regelmatig door zeewater worden overspoeld. De lagere delen worden bij vrijwel elk hoogwater, dus tweemaal per dag, overstroomd, de hoogste delen vaak alleen bij springtij of tijdens stormen (natuurkennis.nl). In tabel 3.3 is aangegeven welke Natura 2000 habitattypen in het natuurtype voorkomen of daaraan grenzen. In tabel 3.4 is aangegeven in welke Nederlandse Natura 2000-gebieden deze habitattypen voorkomen.

Tabel 3.3. *Instandhoudingsdoelen en huidige situatie voor habitattypen van kwelders en kust. De instandhoudingsdoelen voor verspreiding, oppervlakte en kwaliteit zijn gegeven. De huidige situatie is gegeven in aanwezig oppervlakte en staat van instandhouding (SVI). Bron: synbiosys.alterra.nl.*

Habitatype	Nummer	Instandhoudingsdoelstelling			Huidige situatie	
		Verspreiding	Oppervlakte	Kwaliteit	Oppervlakte (ha)	SVI
Estuaria	H1130	=	>	>	10.000-100.000	zeer ongunstig
Slik en zandplaten (Getijdenzone)	H1140a	=	=	>	100.000-1.000.000	matig ongunstig
Slik en zandplaten (Noordzee-kustzone)	H1140b	=	=	=	100.000-1.000.000	gunstig
Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	H1310a	=	>	= / >	100-1000	matig ongunstig
Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	H1310b	=	=	=	100-1000	gunstig
Slijkgrasvelden	H1320	=	=	=	10-100	zeer ongunstig
Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	H1330a	=	=	>	1000-10.000	matig ongunstig
Schorren en zilte graslanden (binnendijks)	H1330b	=	=	=	1000-10.000	matig ongunstig
Embryonale duinen	H2110	=	=	=	100-1000	gunstig

Bron: profielendocumenten (synbiosys.alterra.nl).

= doel is behoud

> doel is toename

Voor de habitattypen zijn profielen opgesteld waarin informatie over o.a. huidige situatie en instandhoudingsdoelen op landelijk niveau zijn opgenomen (synbiosys.alterra.nl). In tabel 3.3 is een samenvatting gegeven van de instandhoudingsdoelen en huidige situatie. Voor alle habitattypen in tabel 3.3 is het instandhoudingsdoel voor verspreiding, oppervlakte en kwaliteit minimaal behoud. Voor de habitattypen estuaria (Westerschelde en Dollard), slik en zandplaten (getijdenzone), zilte pionierbegroeiingen (zeekraal) en schorren en zilte graslanden (buitendijks) gelden uitbreidings-/verbeteringsdoelstellingen voor oppervlakte en/of kwaliteit.

Voor de additionaliteitstoets van een Blue Carbon project zijn de instandhoudingsdoelen belangrijk. Het meest kansrijk zijn maatregelen die zorgen voor vergroten oppervlakte en verbeteren kwaliteit habitattypen waarvoor alleen behoudsdoelstellingen gelden. Vaak zal uitbreiding van een habitatype echter zorgen voor afname van een ander habitatype. Een voorbeeld: uitbreiding areaal schorren en zilte graslanden is voor wat betreft N2000 geen doel en kan additioneel zijn. Als er slik- en zandplaten verdwijnen door de Blue Carbon maatregel is dit echter in strijd met de N2000 instandhoudingsdoelstelling voor dit natuurtype. Indien er door ontpoldering binnendijks kwelders worden ontwikkeld is de kans kleiner dat daardoor N2000 habitattypen verdwijnen, maar ontpolderen stuit vaak op grote publieke weerstand waardoor ook de eventuele haalbaarheid van die optie zorgvuldig afgewogen moet worden. Als Blue Carbon maatregelen in strijd zijn met instandhoudingsdoelstellingen moet worden bepaald wat de huidige status en trend is van



de betreffende natuurwaarde of soort. Is het doel voor de betreffende natuurwaarde nog niet bereikt dan moet worden bepaald of er maatregelen mogelijk zijn waardoor de effecten op Natura 2000 doelstellingen worden voorkomen of gecompenseerd.

Momenteel wordt door het Rijk en natuurbeschermingsorganisaties gewerkt aan het Natuurwinstplan Grote Wateren (<https://life-ip-deltanatuur.nl>). Het doel van dit plan is om van de grote wateren (De Waddenzee, het Eems-Dollard-gebied, het IJsselmeergebied, het Rivierengebied en de Zuidwestelijke Delta) robuuste ecologische systemen te maken en de Natura 2000 doelstellingen te realiseren. Op basis van een grondige ecologische onderbouwing wordt bekeken wat het toekomstbeeld is voor de grote wateren en welke doelen daarbij horen, waarbij met name aandacht is voor de achterliggende processen die in deze ecosystemen spelen. Op ecologisch en juridisch vlak worden suggesties gedaan voor de aanwijzingsbesluiten voor Natura 2000-gebieden. Mogelijk ontstaan hierdoor kansen voor kwelderontwikkelingen in Nederland en daarmee mogelijkheden voor de realisatie van Blue Carbon maatregelen.

Tabel 3.4. Natura 2000-gebieden (18) aangewezen voor habitattypen van kwelders en kust.

Natura 2000-gebied (nummer)	H1130	H1140a	H1140b	H1310a	H1310b	H1320	H1330a	H1330b	H2110
Duinen Ameland (5)									
Duinen en Lage Land Texel (2)									
Duinen Goeree & Kwade Hoek (101)									
Duinen Schiermonnikoog (6)									
Duinen Terschelling (4)									
Duinen Vlieland (3)									
Grevelingen (115)									
Groote Gat (124)									
Kop van Schouwen (116)									
Krammer-Volkerak (114)									
Noordzeekustzone (7)									
Oosterschelde (118)									
Schoorlse Duinen (86)									
Solleveld & Kapittelduinen (99)									
Voordelta (113)									
Waddenzee (1)									
Westerschelde & Saeftinghe (122)									
Zwin & Kievittepolder (123)									

Bron: synbiosys.alterra.nl.

3.2.2 Kaderrichtlijn Water (KRW)

De doelstelling van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) is het bereiken en beschermen van een goede toestand van landoppervlaktewater, overgangswateren en kustwateren. Onder de goede toestand vallen zowel een goede ecologische als een goede chemische toestand. Daarnaast is de doelstelling van de KRW het beschermen van een goede chemische en kwantitatieve toestand van het grondwater (STOWA, 2018). De doelen voor rijkswateren (goed ecologisch potentieel) zijn afgeleid door Rijkswaterstaat en



gepresenteerd in het Beheerplan rijkswateren (Bprw, vastgesteld door minister van Infrastructuur en Milieu).

De Kaderrichtlijn Water heeft voor zeegras en kwelders referenties en doelen vastgesteld, oftewel maatlatten. In 2011 zijn de maatlatten voor zeegras en kwelders herzien (Wielakker *et al.*, 2011). Op basis van deze herziene maatlatten voor kwelders en zeegrasvelden kan de additionaliteit van Blue Carbon maatregelen getoetst worden.

De maatlatten voor zeegras en kwelders richten zich op kwelderareaal en kwaliteit. De kwaliteit van kwelders wordt beoordeeld aan de hand van de verdeling van vegetatiezones. Uitgangspunt hierbij is dat binnen een waterlichaam als geheel een evenwichtige kwelderzonering aanwezig moet zijn. Sterke oververtegenwoordiging van een vegetatiezone of climaxvegetatie duidt op verstoring van de natuurlijke processen en het ontbreken van een evenwichtige balans tussen kwelderopbouw en –afbraak in het hele waterlichaam.

- de volgende vegetatiezones worden onderscheiden: pionier, laag, midden, climax hoog met zeekeek, climax brakke zone met riet;
- elke zone mag niet meer dan 35% en niet minder dan 5% van het totale kwelderareaal bedragen;
- het aandeel zeekeek (climaxvegetatie) mag niet meer dan 50% bedragen van de zone ‘hoog+zeekeek’.

3.2.3 Provinciaal natuurbeheerplan

In een provinciaal natuurbeheerplan beschrijft de provincie beleidsdoelen en de subsidiemogelijkheden voor de ontwikkeling en het beheer van natuurgebieden, agrarische natuur en landschapselementen. Het natuurbeheerplan is verankerd in het Subsidiestelsel Natuur en Landschap (SNL). Dit stelsel bestaat uit: de ‘Subsidieverordening Natuur- en Landschapsbeheer 2016’ (SVNL) voor het beheer van natuur en landschap en de ‘Subsidieregeling Kwaliteitsimpuls Natuur en Landschap’ (SKNL) voor investeringen in natuur en landschap (functiewijziging, inrichting en kwaliteitsontwikkeling).

Het Natuurbeheerplan geeft aan waar welke natuur aanwezig is en welke beheerdoelen hiervoor gelden. Het natuurbeheerplan is een beleidskader om het Europese, rijks- en provinciale natuur- en landschapsbeleid te realiseren. Het gaat daarbij om bestaande natuurgebieden, gebieden waar nieuwe natuur aangelegd wordt, landbouwgebieden die worden beheerd volgens agrarisch natuurbeheer en de Natura 2000-gebieden. Het Natuurbeheerplan beschrijft per (deel)gebied welke natuur- en landschapsdoelen nagestreefd worden. Naast internationale soortendoelen kunnen ook doelen van de internationale Kaderrichtlijn Water (KRW) deel uitmaken van het natuurbeheerplan. Het beleidskader in het natuurbeheerplan is voor een groot deel geënt op N2000 en KRW. Het Provinciaal natuurbeheerplan zal voor de Blue Carbon additionaliteitstoets meestal geen significant andere uitkomst geven.



3.2.4 Trilateral Wadden Sea Cooperation

Nederland werkt vanaf 1978 samen met Duitsland en Denemarken aan de bescherming en het behoud van de Waddenzee. Er zijn afspraken gemaakt voor het gebruik en beheer van kwelders. Al deze regelingen leggen beperkingen op aan het gebruik van deze gebieden. Het doel hiervan is om onder andere het areaal en de kwaliteit van de kwelders te vergroten. In 2018 is de 'Verklaring van Leeuwarden van de Waddenzee Regeringsconferentie' getekend door Denemarken, Duitsland en Nederland (Common Wadden Sea Secretariat, 2018) waarin afspraken staan m.b.t. natuur en duurzaamheid van het waddengebied. In het Trilaterale Waddenzee Plan uit 2010 (Common Wadden Sea Secretariat, 2010) staan doelstellingen (ecotargets) vermeld. Voor kwelders zijn de doelen (overgenomen uit Van Duin & Dijkema, 2012):

- een groter areaal aan natuurlijke kwelders, zie randvoorwaarden voor natuurlijke kwelders en figuur 3.1 hieronder;
- een grotere natuurlijke morfologie en dynamiek, waaronder natuurlijke afwateringspatronen van kunstmatige kwelders, op voorwaarde dat de huidige oppervlakte niet wordt verkleind;
- een verbeterde natuurlijke vegetatiestructuur van kunstmatige kwelders, inclusief de pionierzone;
- gunstige omstandigheden voor alle typische soorten (waaronder ook trekkende en broedende vogels).

Vanaf 1999 wordt door deskundigen in Trilaterale working groups om de ca. 6 jaar een Quality Status Report (QSR) over de toestand van de Waddenzee geschreven, waarin o.a. de doelen worden getoetst. De meest recente QSR is uit 2017 (Esselink *et al.*, 2017). Hierin staan diverse aanbevelingen, deels overgenomen uit eerdere QSR rapporten en deels nieuwe aanbevelingen. Hieronder staan enkele relevante aanbevelingen uit de QSR van 2017:

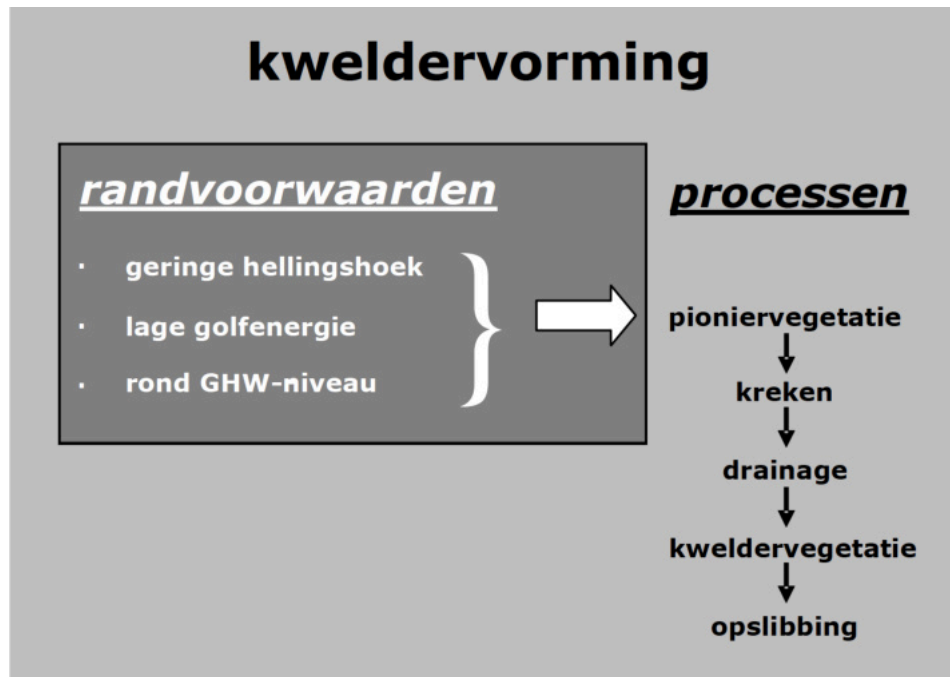
- natuurlijke kweldervormingsprocessen niet verstoren en niet beïnvloeden;
- beheer kan gunstig zijn voor biodiversiteit in kweldergebieden. Zorg voor een mozaïek aan beheermaatregelen en ook voor gebieden waar een minimum aan beheer plaats vindt;
- de breedte van kwelders is bepalend voor de kwaliteit van kwelders. Het ontpolderen van zomerpolders kan zorgen voor bredere kwelders en toename van het areaal van kwelders;
- het wordt aanbevolen om kunstmatige drainage van kwelders te verwijderen mits hierdoor geen schade aan zeekeringen ontstaat;
- ingrijpende herstelmaatregelen (zoals afgraven toplaag, herstellen geulensysteem en totale herinrichting van de kwelder) worden alleen toegepast in kunstmatig aangelegde kweldersystemen met een lage natuurwaarde.

Randvoorwaarden waaraan een natuurlijke kwelder bij voorkeur hoort te voldoen (van Duin en Dijkema, 2012):

- voldoende kwantiteit (kwelderareaal én voorland);
- voldoende kwaliteit (o.a. biodiversiteit, geomorfologie-> gelaagde opbouw);
- natuurlijk krekpatroon;



- dynamisch (o.a. regelmatige overstromingen; ruimte voor erosie en aanwas), maar wel voldoende beschutting om bezinking van sediment mogelijk te maken;
- duurzaam (geen grote (herhaalde) ingrepen nodig voor behoud van kwantiteit en kwaliteit).



Figuur 3.1. Randvoorwaarden en processen die een rol spelen bij natuurlijke kweldervorming. Bron: Van Duin en Dijkema, 2012.

Voor de additionaliteitstoets en natuurtoets van Blue Carbon maatregelen zijn de doelen uit het Trilaterale Waddenzee Plan van belang. Deze doelen zijn niet juridisch geborgd zoals bijvoorbeeld de instandhoudingsdoelen van N2000-gebieden maar het zijn wel internationale afspraken die niet terzijde kunnen worden gelegd zonder afstemming en overleg.

3.2.5 Werelderfgoed (Unesco)

In juni 2009 zijn alle onbewoonde delen van de Nederlandse en Duitse Waddenzee, waaronder alle kwelders, tot werelderfgoed benoemd. In 2012 is het areaal uitgebreid met een resterend stukje Niedersachsen en de Deense Waddenzee. Volgens het Werelderfgoed-comité heeft de Waddenzee een uitzonderlijke universele waarde. De natuurlijke betekenis is uitzonderlijk groot, grensoverschrijdend en van gemeenschappelijk belang. Het gebied voldoet aan de criteria voor geologische processen, ecologische en biologische processen en biodiversiteit. Als laatste is van belang voor de aanwijzing dat het gebied compleet is en duurzaam kan worden veiliggesteld en dat de bescherming en beheer van het gebied grensoverschrijdend is georganiseerd door de Trilaterale Waddenzee Samenwerking. Blue Carbon maatregelen zullen niet snel in strijd zijn met de werelderfgoedwaarden en -criteria en geen invloed hebben op de uitkomst van de additionaliteitstoets.



4 Bepalen huidige koolstofvoorraad en vastlegging

De koolstofvoorraad en -vastlegging in een kweldergebied kan worden afgeleid uit literatuurwaarden of gebaseerd worden op koolstofmetingen in de kwelderbodem. Uit eerdere onderzoeken blijkt dat de koolstofvoorraad en -vastlegging per kwelder verschilt (o.a. Teunis & Didderen, 2018, Van de Broek, 2018), dus is het voorlopig aan te raden om koolstofmetingen te doen om de koolstofvoorraad en -vastlegging van een kwelder te bepalen.

De actuele koolstofvoorraad in een kweldergebied wordt berekend aan de hand van de hoeveelheid koolstof per hectare kwelder en de oppervlakte van de kwelder. De hoeveelheid koolstof die de afgelopen jaren is vastgelegd kan worden bepaald op basis van een analyse van jaarlijkse aangroei of afslag en hoogtegroeï van de kwelder. In dit hoofdstuk is aangegeven wat er bekend is over koolstofvoorraad en -vastlegging in de kwelderbodem en hoe een oppervlakte-hoogtegroeï analyse gemaakt kan worden.

4.1 De koolstofvoorraad in een kwelderbodem

De koolstofvoorraad in een kwelderbodem is afhankelijk van de koolstofvastlegging door planten en bentische algen en afbraakprocessen in de bodem. Wereldwijd zijn er meerdere metingen gedaan om de koolstofvoorraad in kwelders te bepalen. In Nederland zijn metingen gedaan door Teunis & Didderen (2018) en Van der Jagt *et al.*, (2020) (tabel 4.1). Om een goede gebiedsdekkende koolstofmeting te doen, is het essentieel om een kwelder in zones met vergelijkbare vegetatie, dynamiek en leeftijd op te delen en in elk van deze zones metingen uit te voeren (Howard *et al.*, 2014). Hiervoor kunnen de kwelderzones uit het meetnet kwelderkaartering VEGWAD worden aangehouden (tabel 4.2).

De koolstofvoorraad wordt bepaald door de bodemdichtheid (g/cm^3) en de fractie organisch koolstof op verschillende dieptes te meten. Dit wordt omgerekend naar de koolstofconcentratie ($\text{g C}/\text{cm}^3$), wat vervolgens gebruikt kan worden om de koolstofvoorraad per hectare uit te rekenen. Omdat de dichtheid en fractie organisch koolstof veranderen over diepte, is het essentieel deze waarden op verschillende dieptes in de kwelderbodem te bepalen.



Tabel 4.1 Overzicht van metingen van de koolstofvoorraad en jaarlijkse koolstofvastlegging wereldwijd, in Noord-Europa en in Nederland. Het gemiddelde NL (gemiddelde voor Nederland) is berekend op basis van de huidige beschikbare metingen uit Teunis & Didderen, 2018, Van de Broek et al., 2018, en Van der Jagt et al., 2020.

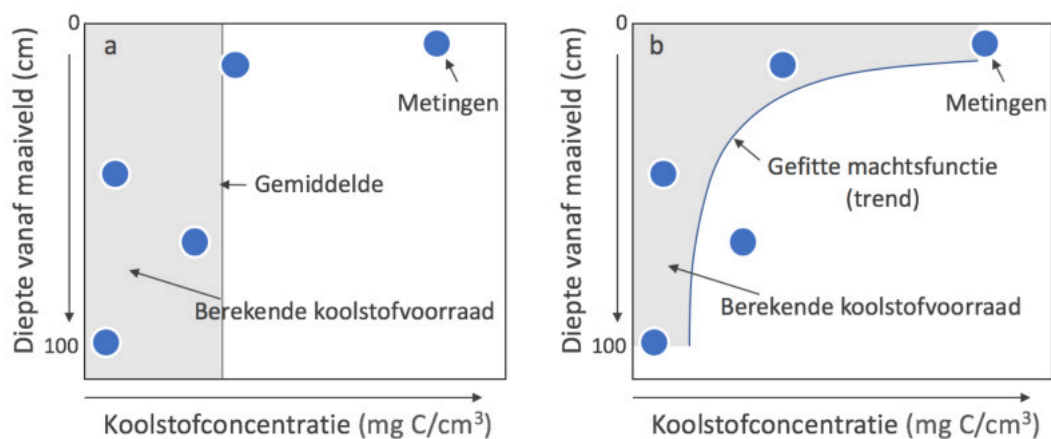
Locatie	Koolstofvoorraad			Koolstofvastlegging		Bron
	Ton C/ha	Range	ton CO ₂ /ha	ton C/ha/jr	ton CO ₂ /ha/jr	
Wereldwijd	255	16-623	934	2,52	9,24	Howard et al., 2014
Noord-Europa	309	120-570	1134	3,15	11,6	Ouyang & Lee, 2014
Nederland	360	200-410	1319	1,51	5,53	Tamis & Foekema, 2015
Nederland	300	85-881	1099	2,5	9,3	Teunis & Didderen, 2018
Zuidgors	237		868	1,4	5,1	
Zuid-Beveland	378		1385	3,2	11,6	
Schorren v. Texel	256		938	2,0	7,2	
Uithuizerwad	330		1209	3,7	13,5	
Westerschelde	230	173-274	843			Van de Broek et al., 2018
Kruispolder	257		942			
Hellegat	198		726			
Zuidgors	229		839			
Sloehaven	243		890			
Peazemerlannen	173	70-263	634	1,9	7,0	Van der Jagt et al., 2020
Gemiddelde NL	276	70-881	1012	2,4	8,9	

De belangrijkste parameter om de koolstofvoorraad te berekenen is de diepte van de kwelder. Nederland heeft enkel minerale kwelders, wat betekent dat een kwelder op een zandbodem ligt. De dikte van de kwelder is dus de diepte tot aan deze zandlaag. In vorige onderzoeken is aangenomen dat een kwelder 1 m dik is (o.a. Howard et al., 2014, Teunis & Didderen, 2018). In de realiteit zullen er sterke verschillen zijn in kwelderdikte, zowel binnen een kweldergebied als tussen verschillende kweldergebieden. Er zijn echter weinig metingen bekend van de dikte van Nederlandse kwelders. Van de eilandkwelders zijn van Schiermonnikoog en Ameland enige metingen bekend (Elschot et al., 2017) en wordt ervan uit gegaan dat de kwelder van Schiermonnikoog 10 cm dik is (Elschot et al., 2015). Op de vastelandskwelder Peazemerlannen is een dikte van minimaal 100 cm gemeten in 2019 zonder op een basiszandlaag uit te komen (Van der Jagt et al., 2020). Daarom gaan we er voorlopig van uit dat Nederlandse vastelandskwelders gemiddeld ca. 1 m dik zijn. In de toekomst kan onderzocht worden of hoogmetingen in combinatie met een ondergrens



(bijvoorbeeld op de hoogte waar de pionierzone begint, De Jong *et al.*, 1998) een betere benadering is van de werkelijkheid.

De koolstofvoorraad in de bovenste meter kan op twee manieren berekend worden. In eerdere onderzoeken wordt de koolstofconcentratie gemiddeld over de diepte, en vermenigvuldigd met de kwelderdikte Howard *et al.*, 2014, Elschot *et al.*, 2015, Teunis & Didderen, 2018). Hierbij wordt ervanuit gegaan dat de koolstofconcentratie evenredig verdeeld is over de diepte (figuur 4.1a). In de realiteit is dit echter niet zo, omdat koolstofconcentraties het hoogst zijn vlakbij het oppervlak (Howard *et al.*, 2014). Dit komt omdat koolstof hier vastgelegd wordt door planten en benthische algen, en dit vastgelegde koolstof vervolgens door microben en dierlijke organismen in de bodem wordt afgebroken. Omdat de kwelder door opslibbing groeit, is het diepteprofiel in feite een tijdlijn: hoe dieper het monster, hoe langer het koolstof in de bodem vastligt en hoe langer het afbraakproces. Daarom worden de laagste koolstofconcentraties meestal gemeten op het diepste punt in de bodem. Een alternatieve manier van de koolstofvoorraad bepalen is gebruik te maken van deze informatie door een machtsfunctie te fitten op de koolstofconcentraties, en deze machtsfunctie te integreren om het oppervlak onder de curve uit te rekenen (figuur 4.1b). Dezelfde rekenmethode wordt ook gebruikt in de oceanografie (Martin *et al.*, 1987) en heeft als voordeel dat het niet uitmaakt op welke diepte gemonsterd wordt en dat uitbijters een minder sterk effect hebben op het uiteindelijke resultaat. Deze methode is toegepast in Peazemerlannen, waar bleek dat de aanname dat de concentratie organisch koolstof afneemt met toenemende diepte voor de meeste bodemonsters klopte (Van der Jagt *et al.*, 2020).



Figuur 4.1 Berekenen van de koolstofvoorraad. a.) Op basis van de metingen wordt een gemiddelde berekend, dat gebruikt wordt om de voorraad in een meter te berekenen. b.) Een trend (machtsfunctie) wordt gefit op de metingen, wat gebruikt wordt om de koolstofvoorraad te berekenen.

Niet al het koolstof dat in een kwelder vastligt is lokaal vastgelegd. Er wordt onderscheid gemaakt tussen autochtoon en allochtoon koolstof. Autochtoon koolstof is koolstof dat vastgelegd wordt in de kwelder door kwelderplanten en benthische algen. Een groot gedeelte van de biomassa van kwelderplanten ligt vast in wortels in de bodem, waar het onder zuurstofloze omstandigheden langzaam afbreekt (Middelburg *et al.*, 1997, Howard



et al., 2014). Allochtoon koolstof is afkomstig uit andere ecosystemen, zoals terrestrische systemen of de waterkolom. De hoeveelheid allochtoon koolstof dat in een kwelder ligt is afhankelijk van de locatie en omgeving van de kwelder. In internationale richtlijnen wordt gesteld dat allochtoon koolstof mee mag worden gerekend als Blue Carbon mits de fractie lager is dan 5% (Howard *et al.*, 2014). Er zijn aanwijzingen dat de fractie allochtoon koolstof in Nederlandse kwelders echter substantieel is (Middelburg *et al.*, 1997, Van de Broek *et al.*, 2018, Mueller *et al.*, 2019). Bij het bepalen van de Blue Carbon potentie van een kwelder is de belangrijkste vraag of dit allochtone koolstof mee mag worden geteld. Beleidskaders als de Verified Carbon Standard Methodology stellen dat voor allochtoon koolstof geen koolstofcertificaten mogen worden uitgegeven, om te voorkomen dat dit materiaal dubbel wordt meegeteld in zowel het Blue Carbon ecosysteem als het ecosysteem waar het vandaan komt (Emmer *et al.*, 2015, Macreadie *et al.*, 2019). Echter, als het allochtone koolstof dat nu vastligt in een kwelderbodem was afgebroken als het niet in de kwelder was terechtgekomen, kan dit gedeelte mogelijk alsnog worden meegeteld. Om te bepalen of dit koolstof elders was afgebroken, moet gekeken worden naar de afbreekbaarheid van het materiaal. Labiel koolstof bestaat uit koolstofverbindingen die snel worden afgebroken, zoals algen en eiwitten. Recalcitrant koolstof bestaat uit koolstofverbindingen die heel moeilijk worden afgebroken, zoals lignine en complexe koolstofmoleculen. Allochtoon recalcitrant koolstof wordt zowel binnen de kwelder als daarbuiten slecht afgebroken, waardoor vastlegging van dit materiaal in de kwelder niet zorgt voor verminderde CO₂-uitstoot door afbraak. Daarom zou allochtoon recalcitrant koolstof in principe niet mogen worden meegenomen in een Blue Carbon bepaling voor de uitgifte van koolstofcertificaten. Het is niet goed bekend hoe groot de fractie allochtoon recalcitrant koolstof is in Nederlandse kwelders. Een onderzoek naar kwelders in de Westerschelde (Van de Broek *et al.*, 2018) toonde aan dat 50% van het koolstof dat vastligt in zoute schorren allochtoon en moeilijk afbreekbaar koolstof is. Daarom gaan we er voorlopig van uit dat 50% van de koolstofvoorraad in Nederlandse kwelders allochtoon recalcitrant koolstof is en dus niet mag worden meegeteld als Blue Carbon.

Verkwelderen van een zomerpolder in Paezemerlannen

In het natuurgebied Peazermerlannen wordt een zomerpolder van 20 ha verkwelderd, waardoor er extra koolstofvastlegging zal plaatsvinden (Van der Jagt *et al.*, 2020). Deze additionele koolstofvastlegging is equivalent aan 3,2 ton CO₂/ha/jaar. Als al het koolstof meegeteld wordt, en ervanuit gegaan wordt dat koolstofcertificaten mogen worden uitgegeven die €50/ton CO₂ waard zijn op de vrijwillige koolstofmarkt, dan levert dit project jaarlijks €3200,- op. Als de helft van het vastgelegd koolstof echter allochtoon recalcitrant koolstof is en dit niet meegenomen mag worden, levert het project jaarlijks €1600 aan koolstofcertificaten op.



4.2 Bepalen van de oppervlakte van de kwelder

Nederlandse kwelders worden elke vijf tot zes jaar in kaart gebracht in het kader van het meetnet Kwelderartering (VEGWAD) in opdracht van Rijkswaterstaat (Bijlage I). Op basis van luchtfoto's worden vlakkenkaarten van het kweldergebied gemaakt. Vervolgens wordt in het veld met de vegetatietypologie SALT (update van De Jong *et al.*, 1998) bepaald wat de soortensamenstelling is van elk vlak. Deze soortensamenstelling bepaalt uiteindelijk de kweldertypen van de vlakken. Uiteindelijk wordt op basis van deze gegevens een vegetatiekaart gegenereerd, waarop aangegeven wordt waar welke kweldertypen voorkomen. Deze vegetatiekaart kan gebruikt worden om de grootte van de kwelder te bepalen, en de oppervlakte van elke kwelderzone.

Tabel 4.2 Kwelderzones die worden onderscheiden in het meetnet Kwelderartering VEGWAD met typische planten die in deze zones kunnen voorkomen.

Type	Beschrijving	Kenmerkende soorten vaatplanten
Kpp	Pre-pionier	Zeekraal, slijkgras
Kp	Pionier	Zeekraal, slijkgras, schorrenkruid
Kl	Lage kwelder	Gewoon kweldergras, schorrenkruid, lamsoor
Km	Middelhoge kwelder	Zilte rus, zeealsem, lamsoor
Kh	Hoge kwelder	Zeekweek, aardbeiklaver
Kb	Brakke kwelder	Riet, zilverschoon, fioringras
Kn	Nitrofiële kwelder	Strandmelde, spiesmelde

In de vegetatiekaart staan naast vlakken met kweldervegetatie ook vlakken met onbegroeid water of kaal zand. In de analyse van de oppervlaktedynamiek van de kwelder moeten enkel de vlakken met kweldervegetatie worden meegenomen, omdat vlakken zonder kweldervegetatie koolstof bevatten dat afkomstig is van elders of materiaal dat snel wordt afgebroken, zoals benthische kiezelalgenmatten (tabel 4.2). Daarnaast zijn er aanwijzingen dat ook in de (pre-)pionierzone weinig koolstof is vastgelegd omdat er weinig vegetatie groeit (Van der Jagt *et al.*, 2020), waardoor het mogelijk realistischer is ook deze kwelderzones uit te sluiten bij koolstofanalyses.

De VEGWAD vegetatiekaarten geven naast een huidig beeld ook een beeld over de ontwikkeling van een kweldergebied. Op basis van vorige vegetatiekaarten kan bepaald worden of het oppervlak van een kwelder is toe- of afgenomen (figuur 4.2). Voor kwelders in het Waddenzee gebied is berekend dat het totaal oppervlak kwelder netto met 800 ha (13%) is toegenomen tussen 1998 en 2015 (Jentink, 2018). Dit is grotendeels te danken aan de groei van natuurlijke eilandkwelders, met name die van Schiermonnikoog, en in mindere mate door Waddenzee vastelandskwelders, met name in Noord-Friesland (Jentink, 2018). Kweldersystemen zijn dynamische gebieden waar processen van aangroei en afslag plaatsvinden. Met name de pionierzone vertoont van nature een hoge variatie. Het is daarom belangrijk om bij oppervlakte analyses de lange termijn trends te gebruiken.



Aan de hand van de VEGWAD-karteringen van minimaal twee opeenvolgende monitoringsrondes kan de totale horizontale aangroei of afslag berekend worden. Door dit te delen door het aantal jaren dat tussen de karteringen zat kan de aangroei of afslag uitgedrukt worden in hectares per jaar. Voor deze bepalingen geldt dat het meenemen van meer monitoringsrondes een beter inzicht geeft in de dynamiek van deze gebieden.

Als de VEGWAD-karteringen onvoldoende informatie brengen over een bepaald gebied, kan direct bij beheerders informatie opgevraagd worden. Daarnaast zijn historische kaarten (Teunis & Didderen, 2018) of onderzoeksprojecten zoals die naar bodemdaling in de Waddenzee als gevolg van gaswinning (Van der Jagt *et al.*, 2020) belangrijke bronnen van informatie.



Figuur 4.2 Verschilkaart kwelderontwikkeling 2012-1999 oostpunt Terschelling (Jentink, 2018).

4.3 Bepalen van de opslibbing

Naast horizontale aangroei en afslag, kan een kwelder ook groeien of afnemen in hoogte. Met name in het Waddengebied is veel onderzoek gedaan naar hoogteontwikkeling door opslibbing, o.a. in relatie tot gaswinning in dit gebied (Dijkema *et al.*, 2013, van Duin, 2018) en door monitoring in de RWS-meetvakken in de Friese en Groninger kwelderwerken. Door middel van het meten van veranderingen in maaiveldhoogte kan nauwkeurig worden vastgesteld wat de jaarlijkse ophoging of erosie van de kwelder is, en hiermee kan de jaarlijkse koolstofvastlegging worden bepaald (van der Jagt *et al.*, 2020). Behalve dat deze metingen een beeld geven over de jaarlijkse koolstofvastlegging, is dit ook essentiële informatie met het oog op zeespiegelstijging. Sinds 1890 is de zeespiegel langs de Nederlandse kust jaarlijks met 1.9 mm gestegen, mondiaal lijkt de zeespiegel versneld te stijgen (CBS, 2018). Voor kwelderbehoud is het dus noodzakelijk dat ze meegroeien met de zeespiegel. In gebieden met bodemdaling, zoals de kwelders van Ameland en die langs



de Friese en Groninger noordoost kust, moet opslibbing nog hoger zijn om daarnaast ook bodemdaling te compenseren.

Hoogtemetingen zijn niet altijd beschikbaar. Op de meeste Waddenzee-kwelders worden weliswaar hoogtemetingen gedaan, maar deze metingen zijn vaak niet vlakdekkend, zoals de puntmetingen met de sedimentatie-erosie-balk of de transectmetingen in de RWS-meetvakken in de Friese en Groninger kwelderwerken. Als ook dit soort metingen niet beschikbaar zijn, kan eventueel gebruik gemaakt worden van de Algemene Hoogtebestand Nederland (AHN) of van Lidar metingen met bijvoorbeeld een drone. Hoogtemetingen van AHN of drones hebben echter als nadeel dat ze onnauwkeurig worden als het gebied is begroeid. Daarom is het belangrijk dit te kalibreren met daadwerkelijke hoogtemetingen op de grond.

4.4 Jaarlijkse koolstofvastlegging in kwelders

Jaarlijks wordt een bepaalde hoeveelheid koolstof vastgelegd in de kwelder. Hoeveel dit netto in een kwelder is, is afhankelijk van de jaarlijkse horizontale aangroei en erosie, en verticale aangroei (opslibbing) en erosie. De horizontale aangroei en erosie van een kwelder kan afgeleid worden uit VEGWAD-karteringen of historische kaarten van het gebied (Teunis & Didderen, 2018). De verticale aangroei (opslibbing) en erosie kan afgeleid worden uit hoogtemetingen. Deze hoogtemetingen kunnen vervolgens gebruikt worden om te berekenen hoe oud het materiaal is dat in de kwelderbodem ligt opgeslagen, en daarmee hoe lang dit materiaal er ligt. Door horizontale en verticale aangroei te combineren met de hoeveelheid koolstof per volume, kan de jaarlijkse koolstofvastlegging worden berekend.

De leeftijd van het geaccumuleerde koolstof kan nauwkeuriger bepaald worden aan de hand van dateringstechnieken met isotopen (zoals ^{137}Cs of ^{14}C), maar deze methoden zijn kostbaar. In voorgaande onderzoeken en in dit rapport is daarom alleen van horizontale en verticale aangroei gebruik gemaakt.

4.5 Algemene rekenwaarde voor bepalen Blue Carbon potentie

Er is sterke variatie in koolstofvoorraad en koolstofvastlegging tussen kweldertypen, kwelderzones en kwelders zelf. Daarom is het lastig een algemene rekenwaarde te vinden voor het bepalen van de Blue Carbon potentie van een gebied. Een algemene rekenwaarde heeft echter wel als voordeel dat het starten van een Blue Carbon project en het monitoren wordt versimpeld. Een mooi voorbeeld hiervan is het 'Valuta voor Veen – project', waarbij de hoogte van de waterstand ten opzichte van het maaiveld wordt gebruikt als maat voor CO₂- en methaanuitstoot (GDNK, 2018). Ook in veengebieden is er variatie in uitstoot, maar deze algemene regel dekt deze variatie af. Als meerdere projecten worden gestart, zullen deze eventuele verschillen zich dan ook uitmiddelen.

Een voorstel voor een algemene rekenwaarde zou de helft van het gemiddelde kunnen zijn (tabel 4.3). De gemiddelde koolstofvoorraad in een meter Nederlandse kwelder is 276 ton koolstof per hectare (1012 ton CO₂-eq/ha), de gemiddelde vastleggingssnelheid is 2,4 ton



C/ha/jaar (8,4 ton CO₂-eq/ha/jr, zie tabel 4.1). De helft hiervan is 138 ton C/ha (506 ton ton CO₂-eq/ha) en 1,2 ton C/ha/jaar (4,5 ton CO₂-eq/ha/jr) respectievelijk. Hierbij wordt rekening gehouden met eventueel allochtoon recalcitrant koolstof. Een andere optie zou de minimum koolstofvoorraad kunnen zijn. De laagst gemeten koolstofvoorraad was 70 ton C/ha en de laagste koolstofvastlegging was 1,1 ton C/ha/jaar in de pionierzone van Peazemerlannen (van der Jagt *et al.*, 2020).

Ter vergelijking: een gemengd bos in Nederland bevat ongeveer 84 ton C/ha, en legt jaarlijks 1,8 ton C/ha vast (Arets *et al.*, 2018, Coenen *et al.*, 2016).

Tabel 4.3 Algemene rekenwaarde voor Blue Carbon maatregelen. ¹ uit Teunis & Didderen 2018, ² uit Arets *et al.*, 2018, ³ uit Coenen *et al.*, 2016.

		C	CO ₂ -eq
Gemiddelde	voorraad (ton/ha)	276	1012
	vastlegging (ton/ha/jr)	2,4	8,9
Suggestie voor rekenwaarde op 50% van gemiddelde	voorraad (ton/ha)	138	506
	vastlegging (ton/ha/jr)	1,2	4,4
Gemengd bos ^{2&3}	voorraad (ton/ha)	84 ²	308
	vastlegging (ton/ha/jr)	1,8 ³	6,6



5 Ontwikkeling en beheer van kwelders

De vier hoofdmaatregelen voor het beschermen van de huidige koolstofvoorraad in kwelders en vergroten koolstofvoorraad in kwelders zijn (Teunis & Didderen, 2018):

- beschermen van huidige kwelder tegen erosie (afslag);
- uitbreiden areaal van bestaande kwelder;
- creëren van een nieuwe kwelder;
- optimaliseren van beheer en onderhoud van de kwelder.

In onderstaande paragrafen staan per hoofdmaatregel de belangrijkste maatregelen die kunnen worden toegepast. Voor alle (hoofd)maatregelen geldt dat ze in principe ondergeschikt zijn aan bestaande natuurbeschermingsmaatregelen.

In het rapport 'Stuurbaarheid van kwelders' (de Groot *et al.*, 2013) staat een compleet overzicht van maatregelen die kunnen worden toegepast voor het beïnvloeden van abiotische condities voor kwelderontwikkeling. De Groot *et al.*, (2013) hebben in factsheets de technieken toegelicht, onder andere zijn voor- en nadelen beschreven en voorbeeldprojecten genoemd. In tabel 5.1 staan de maatregelen en is aangegeven voor welke Blue Carbon hoofdmaatregelen ze relevant kunnen zijn.



Figuur 5.1. Rijshoutdam in een vastelandkwelder.



Tabel 5.1 *Technieken voor het beschermen, uitbreiden, aanleggen en beheren van kwelders (de Groot et al., 2013).*

Techniek	Beschermen van huidige kwelder tegen erosie	Uitbreiden areaal van bestaande kwelder	Creëren van een nieuwe kwelder	Optimaliseren van beheer en onderhoud van de kwelder
Rijshoutdammen als bezinkvelden (figuur 5.1)	-	X	X	-
Rijshoutdammen parallel aan kwelderrand	X	X	-	-
Rijshoutdammen en palenrijen dwars op kwelderrand	X	X	-	-
Stortstenen dam als luwtedam	X	-	X	-
Kribben dwars op kwelderrand (stortsteen)	X	-	-	-
Stenen glooiing langs kwelderrand	X	-	-	-
Kleisuppletie langs kwelderrand	X	-	-	-
Zandsuppletie	X	X	X	-
Gronddammen	X	-	X	-
Geotextiel (geotubes)	X	-	X	-
Riffen	X	X	X	-
Stuifdijken	X	-	X	-
Vegetatie langs kwelderrand bevorderen	X	X	-	-
Opbrengen grond/suppletie (baggerslib)	X	X	X	-
Afgraven/plaggen	-	-	-	X
Afwatering graven of dichten (kreken en greppels)	X	X	-	X
Ontpolderen/verkwelderen	-	X	X	-
Vegetatie bevorderen (planten/zaaien)	X	-	X	-
Vegetatiebeheer: beweiden en maaien	-	-	-	X



5.1 Bescherming tegen erosie en mogelijkheden tot uitbreiden areaal

Maatregelen zijn erop gericht om de kwelder te beschermen tegen overmatige trendmatige afslag of de oppervlakte van de kwelder lokaal te vergroten met gerichte maatregelen. Deze maatregelen zijn relevant voor kweldergebieden waar sprake is van een afnemende trend, bijvoorbeeld als gevolg van golfslag en stroming in gebieden met zandhonger, zoals in de Oosterschelde.

Tabel 5.2 De belangrijkste maatregelen ter bescherming van een bestaande kwelder tegen erosie of ter uitbreiding van bestaand kwelderareaal.

Maatregel	Principe en toepassing	Voordelen	Nadelen	Aandachtspunten en voorbeelden
Rijshoutdam (of palendam)	Golfdemping door dammen met hout	Licht en natuurlijk afbreekbaar materiaal. Niet permanent	Onderhoud is vrij intensief. Bij grootschalige toepassing kan diversiteit in vegetatie en geomorfologie gering zijn. Uiteindelijk scherpe grens tussen laatste dam en wad	Stroomsnelheid moet beperkt zijn, anders uitspoeling palen (zoals bv. bij het Zuidgors, Westerschelde) Kwelderwerken Friesland en Groningen
Stortstenen dam	Bescherming schor- of kwelderrand. Golfdemping door stenen	Duurzaam/niet afbreekbaar; permanent	Zwaar en gebiedsvreemd materiaal, vergaat niet, hoge kosten plaatsen en evt. verwijderen. Harde grens tussen kwelder en wad	-Terschelling wierschuur -Punt van Reide (Dollard)
Kribben	Stenen dam(men) loodrecht op kwelder voor golfdemping	Kan opslibbing stimuleren door luwte	Zwaar en gebiedsvreemd materiaal, vergaat niet, hoge kosten plaatsen en evt. verwijderen	Schor van Waarde kribben
Vegetatie langs kwelderrand bevorderen/herstellen	Aanplanten heen en riet als golfdemping	Goed voor biodiversiteit.	Gevoelig voor begrazing	Kan alleen in laagdynamische en brakke



Maatregel	Principe en toepassing	Voordelen	Nadelen	Aandachtspunten en voorbeelden
		Klifrand- bescherming		gebieden zoals Dollard
Kunstmatige kustbescherming	Tijdelijk hardsubstraat plaatsen (bv BESE van aardappelzetmeel)	Goed voor biodiversiteit	Materiaal blijkt in plastic-achtige scherpe stukjes uiteen te vallen met risico's voor vogels. Onbekend hoe stabiel constructie is	Verstikken kweldervegetatie door wier en veek? Experiment Griend en Texel
Slib-/zandsuppletie	Opbrengen zand of slib op voorliggende wad (of op stroom) als slijtlaag of ter bevordering opslibbing	Hergebruik schoon havenslib/ baggerspecie	Brandstofkosten hoog. Verstoring systeem. Onnatuurlijke opslibbing. Slib meestal niet beperkend	Er moet voldoende luwte zijn voor sediment om te bezinken. -Slib 'slim dumpen' slibmotor Koehoal -Konijnenschor Saeftinghe

5.2 Creëren van een nieuwe kwelder

Het creëren van nieuwe kwelders kan door luwte te maken op een locatie waar dat nu niet aanwezig is, bijvoorbeeld met een dam van rijshout of stenen (zie tabel 5.2). Een andere optie is het toelaten van de zee in binnendijkse gebieden. Dit zogenoemde “Dubbele Dijken Concept” combineert waterveiligheid, natuurontwikkeling en mogelijk ook koolstofvastlegging, doordat water tussen twee dijken wordt gelaten en hier unieke natuur ontstaat (Van Belzen *et al.*, 2020). Op deze wijze kunnen laaggelegen polders opslibben en ‘zeespiegelstijging bestendiger’ worden, terwijl er tevens (al dan niet tijdelijk) ruimte voor kwelderontwikkeling is. De opslibbing van deze laaggelegen polders zorgt zeer waarschijnlijk voor extra koolstofvastlegging (Van de Broek *et al.*, 2019). Ook valt het verkwelderen van zomerpolders (polders met lage dijken die bij hoog tij overstromen) onder deze categorie. Voor een te verkwelderen zomerpolder in het Noord-Friese natuurgebied Peazemerlannen is berekend dat deze maatregel waarschijnlijk zorgt voor additionele koolstofvastlegging van 3,2 ton CO₂/ha/jaar (Van der Jagt *et al.*, 2020).

Buitendijks zijn er ook mogelijkheden. De primaire functie van dijken is waterkering. Bij het ontwerp zou men echter ook de golfremmende werking van kwelders als aanvullend aspect kunnen opnemen en meewegen. In het Project overstijgende verkenning (POV) Waddenzeedijken (<https://pov-waddenzeedijken.nl>) onderzoeken diverse waterschappen nieuwe dijkconcepten langs de Waddenzee waarbij ook de rol van kwelders als voorland wordt bekeken. Van Loon-Steensma *et al.*, (2014) hebben diverse innovatieve dijkconcepten beschreven. Zij vergelijken de veiligheidsaspecten van innovatieve dijken



met die van traditionele dijken en hebben een kosten-baten analyse gemaakt. Kwelders voor een dijk remmen de golfoploop en daarnaast zijn dijken met natuurlijk voorland gunstig voor natuur, landschap en recreatie. In het Waddengebied zijn voor een aantal dijktrajecten de mogelijkheden voor innovatieve dijken verkend. Dit betreft bijvoorbeeld een Brede Groene Dijk langs de Dollard en een Dubbele kering in het Eemsgebied. Beide projecten zijn momenteel in uitvoering. Op Texel is bij dijk langs de Prins Hendrikpolder al een zandige duinachtige versterking als een nieuw concept als pilot uitgevoerd. In figuur 5.2 een voorbeeld voor innovatieve dijken met een kwelder component uit Van Loon-Steensma *et al.*, (2014).



Figuur 5.2. Traditionele dijk met kwelder die als hoger voorland bijdraagt aan de golfreductie en via natuurlijke aanwas mee groeit met de zeespiegelstijging. Voorbeeld uit Van Loon-Steensma et al., 2014.

Tabel 5.3 Maatregelen creëren van nieuwe kwelder.

Maatregel	Principe en toepassing	Voordelen	Nadelen	Aandachtspunten en voorbeelden
Kustlijn-herschikking (o.a. binnendijkse kwelders)	Openen of terugleggen van zomerdijk of primaire zeekering	Natuur-ontwikkeling, brede kwelders	Maatschappelijk gevoelig. Aankopen landbouwgrond	Hedwige/Prosperpolder. Bildtpollen en proefverkweldering (Noard-Fryslân Bûtendyks).
Innovatieve dijken	Nieuw concept waterkering met ruimte voor natuurontwikkeling	Versterkende functies	Duur en nog onvoldoende getest	ED2050 Pilot Brede groene Dollarddijk
Aanleg kwelder	Creëren luwte en eventueel ophogen aanvangshoogte	Gerichte lokale verbetering ecologische functies	Gaat ten koste van bestaand habitatype	Dringende reden (ecologisch of kustbescherming) noodzakelijk. Marconi (Delfzijl)



5.3 Optimaliseren van beheer en onderhoud van de kwelder

Er zijn enkele beheer- en onderhoudsmaatregelen die mogelijk kunnen bijdragen aan verminderde koolstof afbraak in de bodem en kunnen zorgen voor netto extra vastlegging. Uitgangspunt voor deze Blue Carbon hoofdmaatregel is dat de biodiversiteit en de natuurwaarde van de kwelder prioriteit hebben boven doelstellingen voor koolstofvastlegging. Er is weinig bekend over de effectiviteit van beheermaatregelen op de koolstofbalans in de bodem. Zo is bekend dat beweiding door grote grazers kan zorgen voor compactie van de bodem, waardoor afbraakprocessen langzamer gaan en de koolstofvoorraad hierdoor mogelijk groter wordt (Elschot *et al.*, 2015). Een recente studie naar kwelders in Wales laat echter geen effecten zien van begrazing (Harvey *et al.*, 2019). Of maatregelen op een bepaalde locatie zinvol zijn hangt daarom waarschijnlijk af van de lokale omstandigheden, zoals opbouw bodem, drainagesysteem en dynamiek. Het toepassen van begrazing op de kwelder om de biodiversiteit van de vegetatie te bevorderen kan zorgen voor compactie van de bodem waardoor minder koolstof vrijkomt maar compactie heeft ook gevolgen voor de vegetatie (o.a. via vernatting) en de bodemfauna, en daarmee de biodiversiteit van het systeem.

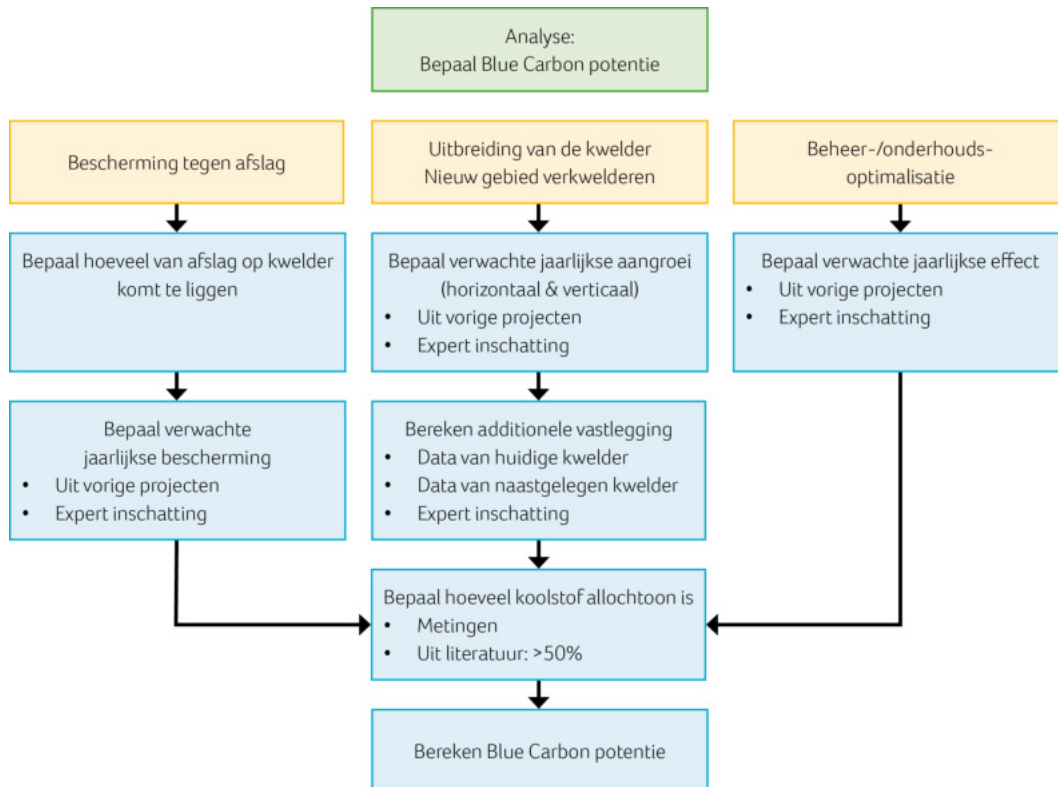
Tabel 5.4 *Maatregelen m.b.t. beheer en onderhoud die zorgen voor minder CO₂ afbraak en/of meer CO₂ vastlegging.*

Maatregel	Principe en toepassing	Voordelen	Nadelen	Aandachtspunten en voorbeelden
Begrazing	(Intensieve) beweiding zorgt voor compactie en daardoor minder afbraak en meer C vastlegging	Goed voor biodiversiteit	Inrichting met hekken en voorzieningen voor vee nodig. Beweiding zorgt voor vertrapping, compactie, negatief effect op bodemfauna en verstoring broedende vogels.	Diverse kwelders in Nederland (zie ook Esselink <i>et al.</i> , 2019)
Vernatting	Drainage-systeem niet onderhouden. Zuurstofloosheid in bodem waardoor minder afbraak plaatsvindt	Goedkope maatregel (niets doen). Goed voor biodiversiteit (tegengaan climax zeekweek)	Kwelders minder geschikt voor beweiding; kans op kale plekken/poelen	Vrijwel hele kwelderwerken
Opslibbing	Stimuleren opslibbing	Natuurlijk proces	Veroudering door successie is momenteel knelpunt in meeste (vastelands)kwelders	Pilot Paezemerlannen 2020 Noard-Fryslân Bûtendyks



5.4 Blue Carbon potentie bepalen

Voor een project begint, moet een inschatting worden gemaakt van de Blue Carbon potentie, d.w.z. de hoeveelheid koolstof die additioneel vastgelegd zou kunnen worden (figuur 5.3).



Figuur 5.3 Beoordelingskader bepaling Blue Carbon potentie.

In de volgende paragrafen is dit voor de vier hoofdmaatregelen kort uitgewerkt.

5.4.1 Bescherming tegen afslag

Bij een ingreep ter voorkoming van afslag moet bepaald worden in hoeverre de kwelder behouden blijft. Bij erosie van een kwelder komt de vastgelegde koolstof vrij uit de kwelderbodem. Een deel van dit koolstof bezinkt weer op de kwelder, de rest wordt afgebroken tot CO₂ door microben in het estuarium of in zee (Teunis & Didderen, 2018, Cai, 2011; Canuel *et al.*, 2012). De hoeveelheid geërodeerd koolstof dat weer terechtkomt op de kwelder is veelal onbekend, omdat dit per gebied verschilt (Van Belzen *et al.*, 2020). In de Oosterschelde is door de aanleg van de waterkeringen de getijdendynamiek en sedimentaanvoer vermindert, waardoor er netto meer sediment van de schorren naar de geulen wordt getransporteerd (Van Belzen *et al.*, 2020). Deze zandhonger zorgt voor erosie van de schorren. Het geërodeerd sediment van de schorren van het Verdrongen Land van Zuid-Beveland komt deels terecht op de slikken die voor de schorren liggen. Tijdens stormen kan dit sediment van de slikken in de waterkolom terechtkomen en zo getransporteerd worden naar de schorren (Van Belzen *et al.*, 2020). Hoewel hier geen



metingen van zijn, is het waarschijnlijk dat in de tussentijd een vrij groot deel van het aanwezige koolstof is afgebroken, doordat er geen sprake meer is van zuurstofloosheid als het geërodeerd materiaal in de waterkolom terecht komt. Hierdoor zullen afbraakprocessen zijn versneld in vergelijking met de situatie in de kwelderbodem. Enkele studies naar kwelders in Noord-Amerika hebben aangetoond dat de hoeveelheid vrijgekomen koolstof door erosie dat weer op de kwelder bezinkt klein is (Cai, 2011; Canuel *et al.*, 2012), studies in andere gebieden geven aan dat het juist groot is (Pendleton *et al.*, 2012, McTigue *et al.*, 2016, Teunis & Didderen, 2018). Teunis & Didderen (2018) hebben als vuistregel voorgesteld dat 85% van het vrijgekomen koolstof weer terecht komt in de kwelder, terwijl voor Blue Carbon berekeningen van het Verdronken Land van Zuid-Beveland wordt aangenomen dat 0% van het koolstof weer op de kwelder belandt (Van Belzen *et al.*, 2020). Een andere benadering is te kijken naar de afbreekbaarheid van het koolstof. Zo wordt aangenomen dat 50% van het vastgelegde koolstof in Nederlandse kwelders allochtoon recalcitrant (moeilijk afbreekbaar) koolstof is (Van de Broek *et al.*, 2018; zie §4.1). Dit koolstof zal dus ook moeilijk afbreken als het vrijkomt, waardoor de helft van het afgeslagen koolstof niet leidt tot netto CO₂-uitstoot. Omdat er slechts weinig over bekend is zal tijdens een Blue Carbon project ter voorkoming van afslag eerst onderzoek moeten worden gedaan naar hoeveel koolstof daadwerkelijk vrijkomt en wordt afgebroken buiten de kwelder.

Voorkoming van erosie van het Verdronken Land van Zuid-Beveland

De parameter “afbraak van organisch materiaal buiten de kwelder” is essentieel bij het berekenen van de hoeveelheid koolstof dat niet wordt afgebroken als erosie wordt voorkomen. Op basis van de bepaalde C-emissie door erosie (Van Belzen *et al.*, 2020, Teunis & Didderen, 2018) en de aanname dat 1 ton CO₂ een waarde van €50,- op de vrijwillige koolstofmarkt heeft, kan berekend worden hoeveel een ingreep ter volledige voorkoming van erosie oplevert.

We gaan uit van het beschermen van 154 ha kwelder en de emissie voorkomen van 91,7 ton koolstof per jaar. Als slechts 15% van het geërodeerd materiaal wordt afgebroken in de waterkolom, levert deze ingreep €688 per jaar op, maar als alles wordt afgebroken levert dit €4585 per jaar op. Bij 50% allochtoon recalcitrant koolstof is de afbraak lager, waardoor uitgifte van koolstofcertificaten €2293 per jaar opleveren. Daarom is het belangrijk om deze parameter goed te kwantificeren. Als dit onmogelijk is, is het te adviseren een conservatieve waarde aan te houden.

Nadat is vastgesteld hoeveel koolstof vrijkomt als gevolg van erosie, moet bepaald worden hoeveel erosie voorkomen kan worden. Het verschil tussen de huidige erosie en de verwachte (verminderde) erosie is dan de Blue Carbon-potentie. Deze inschatting kan gemaakt worden aan de hand van voorgaande projecten in het gebied, of op basis van een expert-inschatting.



Bij de gedachte dat het beschermen van een kwelder tegen afslag als Blue Carbon-maatregel gezien kan worden, moeten enkele kanttekeningen worden geplaatst:

- in principe geldt een behoudsdoel voor kwelders, incl. alle successiestadia (tabel 3.3);
- veel Nederlandse kwelders verouderen, wat gepaard gaat met verlies aan biodiversiteit. Voorwaarde voor verjonging van kwelder is in veel gevallen dat er eerst ruimte moet ontstaan voor de vroege successiestadia door afslag/erosie. Dit is een natuurlijk proces dat thuishoort in de dynamische kwelderlevenscyclus. Bescherming tegen afslag zal daarom kunnen conflicteren met de doelstelling van natuurbeheer en –beleid om te streven naar een grotere natuurlijke morfologie en dynamiek van kwelders.

5.4.2 **Uitbreiden van een bestaande kwelder of nieuw gebied verkwelderen**

Bij de aanleg van een nieuwe kwelder of bij uitbreiding van een bestaande kwelder moet bepaald worden wat de aangroei is en hoeveel koolstof hierdoor jaarlijks additioneel wordt vastgelegd. De hoeveelheid koolstof die extra wordt opgeslagen (horizontale aanwas en/of verticale ophoging via opslibbing) kan worden bepaald aan de hand van de huidige koolstofvoorraad, de vastleggingsnelheid van de bestaande kwelder en de verwachte opslibsnelheid als gevolg van de ingreep of natuurlijke ontwikkeling.

De verwachte groei in kwelderareaal of -volume kan geschat worden aan de hand van eventuele eerdere projecten die in het gebied of een naastgelegen kwelder zijn uitgevoerd of door VEGWAD-kaarten te vergelijken (zie hoofdstuk 4.2) en daaruit een eventuele trend in aanwas te bepalen. Hierbij kan berekend worden hoeveel kwelderareaal er extra bijgekomen is als gevolg van de ingreep. Als er in het verleden geen projecten zijn uitgevoerd in het gebied, kan met behulp van een kwelderexpert op basis van onder andere geomorfologie en waterdynamiek een inschatting gemaakt worden van de verwachte extra aangroei. Betreffende de verticale groei zal nagegaan moeten worden of er opslibbingsgegevens bekend zijn uit het gebied.

Deze aangroei kan vervolgens vermenigvuldigd worden met de verwachte vastleggingsnelheid van koolstof om de Blue Carbon-potentie te bepalen. De verwachte koolstofvastlegging kan afgeleid worden van de koolstofvoorraad en -vastlegging van de huidige kwelder of een naastgelegen kwelder.

5.4.3 **Optimalisatie van beheer en onderhoud**

Optimalisatie van het beheer om extra koolstof vast te leggen kan alleen als Blue Carbon-project worden aangemerkt als het additioneel is ten opzichte van de huidige beheerverplichting. Er zal vooral door (kwelder)experts een inschatting gemaakt moeten worden van eventuele effecten van aangepast beheer op de koolstofvastlegging, omdat er relatief weinig bekend is over het effect van beheer op koolstofvastlegging in kwelders. Wel is aangetoond dat begrazingsbeheer een positief effect kan hebben (Elschot *et al.*, 2015). Het door compactie beïnvloeden van de abiotische omstandigheden in de bodem (zoals zuurstofbeschikbaarheid en vochtgehalte) was in dat onderzoek de belangrijkste oorzaak



van de lagere koolstofafbraak. Er is echter ook onderzoek waarbij de effecten van beweiding minimaal waren (Harvey *et al.*, 2019).

Maatregelen waarbij de wateraanvoer in een gebied wordt aangepast met extra of langere geulen om opslibbing dieper in het gebied te verhogen (bij bredere kwelders neemt de opslibbing richting dijk namelijk meestal af, omdat het sediment al eerder bezonken is) kunnen een positief effect op de koolstofvastlegging hebben. Hierdoor slibben echter ook de lagergelegen nattere delen dichtbij de dijk op, die voor extra (bio)diversiteit zorgen. Wat gunstig is voor het ene, hoeft dus niet per se ook gunstig te zijn voor het andere. Natuurdoelstellingen horen echter uitgangspunt te zijn/blijven bij het beheer.



6 Monitoring Blue Carbon maatregelen

Een Blue Carbon project heeft als doel om extra CO₂ vast te leggen of vast te houden in vergelijking met de huidige situatie (baseline). Het bepalen van de hoeveelheid koolstof die als gevolg van de maatregelen is vastgelegd of vastgehouden kan op basis van oppervlakte- en hoogtebepalingen van de kwelder. Uitgangspunt hierbij is dat voor de betreffende locatie voldoende nauwkeurig bekend is wat de koolstofvoorraad tot 1 m diepte is (zie H5). Bestaande monitoringsprogramma's van RWS zoals meetnet Kwelderartering (VEGWAD; zie hoofdstuk 4.2) en hoogtemetingen leveren informatie over de oppervlakteontwikkelingen van kwelders en opslibbing in kweldersystemen (trends) waarmee de baseline locatiespecifiek kan worden bepaald en monitoring van koolstofvastlegging en koolstofvoorraad kan worden uitgevoerd.

6.1 Oppervlaktemonitoring met bestaande gegevens

Het meetnet Kwelderartering (VEGWAD) en de Zeegraskartering maakt onderdeel uit van het monitoringsprogramma Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands (MWTL). De gegevens van deze meetnetten zijn vrij beschikbaar op internet (Geodatabase). Alle Nederlandse kwelders worden periodiek elke 6 jaar onderzocht. Uit deze gegevens kan de oppervlakte per hoofdzone worden bepaald en dus ook de totale toe- en afname van de begroeide kwelder (inclusief pionierszone). Jentink (2018) heeft op basis van VEGWAD gegevens een analyse gemaakt van de oppervlakteveranderingen per kweldertype voor de Waddenzee (zie figuur 4.2), waarin duidelijke trends waarneembaar waren. Als een hoger detailniveau noodzakelijk is, bijvoorbeeld bij kleine projecten of zeer dynamieke systemen, kan een gedetailleerde veldmonitoring uitgevoerd worden.

Met betrekking tot de analyse van VEGWAD gegevens is een aandachtspunt dat er hoger op de kwelder ook een pioniersvegetatie kan voorkomen. Deze secundaire pionierszone met zeekraal of schorrenkruid kan ontstaan als gevolg van vernatting door verminderde drainage of begrazing. Het koolstofgehalte van deze hoger gelegen pioniervegetatie die omsloten is door andere kweldervegetatie is waarschijnlijk hoger dan de pionierszone aan de rand van de kwelder.

6.2 Hoogtemonitoring van kwelders

Jaarlijks laat RWS nauwkeurige hoogtemetingen (in transecten) en vegetatieopnames uitvoeren in 25 meetvakken in de Friese en Groninger kwelderwerken. Daarnaast wordt op diverse andere locaties onderzoek gedaan naar opslibbing en vegetatieontwikkeling in kweldersystemen. Voor de schorren in Zeeland zijn onvoldoende betrouwbare hoogtemetingen beschikbaar. Daar zijn voor enkele schorren niet recente puntmetingen beschikbaar en een grove vlakdekkende meting van Saeftinge uit 1992 (Storm & Pieters, 1994). Als er geen voldoende nauwkeurige hoogtegegevens beschikbaar zijn, kan op basis van de literatuur hooguit worden geschat wat per kweldergebied de minimale opslibbing is per kwelderzone. Als alternatief kan mogelijk op basis van de dikte van de kwelder (afstand



maaiveld tot basis zand of veenlaag) en de leeftijd van de kwelder een grove schatting van de gemiddelde opslibbing worden gemaakt. Hoogtegegevens van het maaiveld die zijn ingewonnen met satelliet zijn waarschijnlijk niet nauwkeurig genoeg om de opslibbing in voldoende detail te volgen, omdat satellieten de aanwezige vegetatie meenemen en de nauwkeurigheid te laag is in vergelijking met de opslibbing.

Er zijn ook nog andere opties voor het bepalen van oppervlakte en hoogte van buitendijkse zoute gebieden. Er kan bijvoorbeeld gebruik gemaakt worden van drones om gedetailleerde luchtfoto's te maken. Door een automatische fotoanalyse kan de oppervlakte van een kwelder nauwkeurig in beeld worden gebracht. Ook kunnen met een drone hoogtemetingen worden uitgevoerd. Het voordeel van het inzetten van een drone is dat er op elk moment gemeten kan worden. Het nadeel is dat de kosten voor inwinning en analyse van de data hoog zijn in vergelijking met het gebruik van bestaande data. Aandachtspunten voor het inwinnen van informatie met drones zijn:

- Er moet gecorrigeerd worden voor vegetatie, de meting van hoogte moet alleen op maaiveld betrekking hebben.
- Door metingen uit te voeren in winter – voorjaar wordt effect van vegetatie verkleind omdat er dan minder vegetatie is op de kwelder.
- Bij hoog opgaande vegetatie (heen, riet, zeekweek, etc.) is het nodig om in het veld controle – ijkpunten in te winnen.

6.3 Monitoring van effecten van gewijzigd beheer

Voor monitoring van effecten van beheermaatregelen op koolstofvoorraad in kwelderbodems zijn geen bestaande monitoringsprogramma's beschikbaar. Dit kan alleen op basis van literatuurgegevens (o.a. Harvey *et al.*, 2019) of door op proeflocaties koolstofmetingen uit te laten voeren. Informatie over het beheer op kwelders, het doel van het beheer en effect daarvan op de kwaliteit kan worden afgeleid uit de SNL karteringen die terreinbeheerders periodiek laten uitvoeren voor de provincies. Uit deze informatie kan de baseline voor de maatregel 'Optimaliseren van beheer en onderhoud van de kwelder' locatiespecifiek worden afgeleid.



7 Kosten en meekoppelkansen

7.1 Kosten Blue Carbon project

In een Blue Carbon project kunnen de volgende fasen worden onderscheiden.

- voorbereiding (vaststellen Blue Carbon potentie, wet- en regelgeving en additionaliteitstoets, opstellen projectplan en aanvraag indienen bij Stichting Nationale Koolstofmarkt ter verkrijging van koolstofcertificaten);
- uitvoering van maatregelen (beschermen, uitbreiden, aanpassen beheer, nieuwe kwelder realiseren);
- onderhoud maatregelen (bijvoorbeeld inspectie en onderhoud aan rijshoutdammen);
- monitoring van project.

7.1.1 Voorbereiding

De Blue Carbon potentie wordt bepaald door de koolstofwinst van het project (hoeveel koolstof bescherm je of leg je extra vast) en de duurzaamheid van de winst. Voor het vaststellen van de Blue Carbon potentie moeten de volgende gegevens beschikbaar zijn:

- maatregelenpakket;
- verwacht effect op oppervlakte en hoogtegroei;
- koolstofwaarden gebied. Als koolstofmetingen plaats moeten vinden omdat literatuurgegevens niet geschikt zijn betekent dit extra kosten voor het project;
- trendgegevens van oppervlakte en hoogte van kweldersysteem. In het geval VEGWAD monitoring gebruikt wordt zijn de kosten beperkt.

Maatregelen die in strijd zijn met natuurwet- en regelgeving (N2000, KRW e.a.) moeten getoetst worden. Effecten op beschermde waarden en de maatregelen om deze effecten te herstellen en te compenseren moeten goed in beeld worden gebracht. Blue Carbon maatregelen moeten additioneel zijn op bestaand beheer en beleid, alleen dan is financiering met koolstofcertificaten mogelijk. De kosten voor een natuur- en additionaliteitstoets zijn locatie specifiek en worden o.a. bepaald door effecten op beschermde waarden, omvang van het projectgebied en uit te voeren maatregelen.

Verder zijn er kosten verbonden aan het verkrijgen van koolstofcertificaten:

- inschrijving bij de SNK;
- validatie van het projectplan;
- beheer van een rekening in het SNK-register;
- inschrijving en overboekingskosten per certificaat;
- verificatie van de resultaten.



7.1.2 Uitvoering maatregelen en onderhoud maatregelen

Kosten voor realisatie van maatregelen en het onderhoud daarvan zijn locatie specifiek. De kosten hangen af van moeilijk in te schatten factoren, zoals de beschikbaarheid van benodigde bouwmaterialen, transportkosten, de dynamiek van het systeem. Hiervoor moet per project een berekening worden gemaakt die volledig is toegespitst op de situatie.

7.1.3 Monitoring

Tijdens het project zal monitoring uitgevoerd moeten worden om te bepalen of de berekende koolstofwinst ook daadwerkelijk wordt gehaald (GDNK, 2020). Om de voortgang van het project te bepalen kan op regelmatige basis – bijvoorbeeld elke zes jaar – bepaald worden wat de ontwikkelingen zijn geweest in het projectgebied. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van de VEGWAD monitoring en de al bestaande koolstofmetingen van het begin van het project. Hiermee kan niet de verticale groei of erosie worden bepaald. Als monitoring nauwkeuriger moet worden uitgevoerd, door middel van vegetatieopnamen, hoogtemetingen en koolstofmetingen, zullen de monitoringskosten veel hoger uitvallen.

Minimale monitoring van Blue Carbon maatregelen met koolstofcertificaten

Om te verifiëren of een Blue Carbon daadwerkelijk leidt tot additionele koolstofvastlegging is het essentieel goed te monitoren. Bij onderstaand rekenvoorbeeld is ervanuit gegaan dat elke tien jaar een factsheet met geboekte resultaten gemaakt wordt, en het project 50 jaar duurt. Als zowel horizontale als verticale dynamiek bepaald moet worden of er regelmatig gerapporteerd moet worden, zullen de kosten hoger zijn. In het rekenvoorbeeld is geen rekening gehouden met indexering van tarieven etc.

Beschikbare data	Werkzaamheden	Geschatte kosten
Bestaande metingen	5x Factsheet maken	€15.000,-
Zelf meten	50x 1 dag veldwerk	€65.000,-
	5x Factsheet maken	

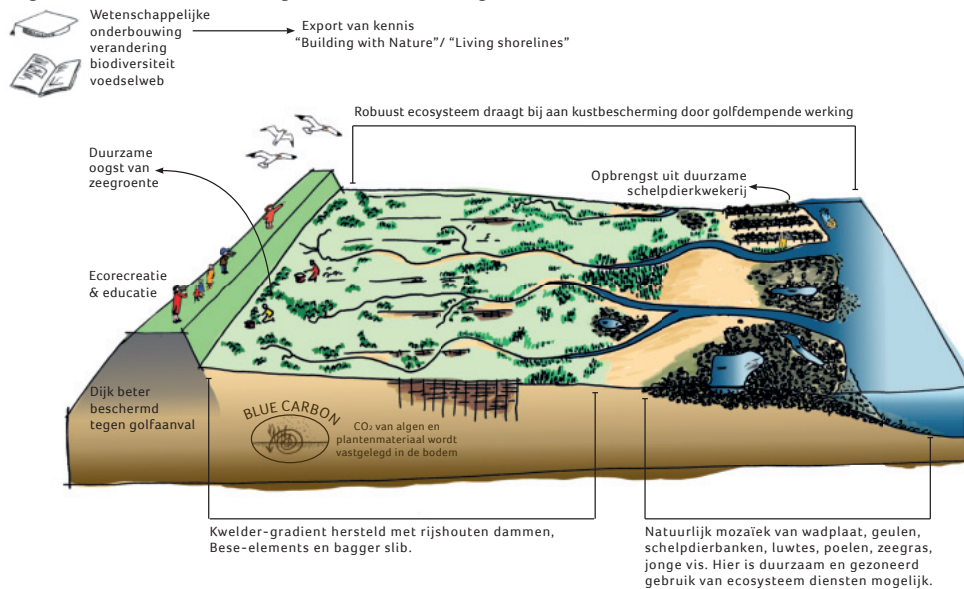
7.2 Financiering

Blue Carbon maatregelen kunnen gefinancierd worden uit de afgifte van koolstofcertificaten, bijvoorbeeld via de Green Deal Nationale Koolstofmarkt. Op dit moment ligt de prijs van een koolstofcertificaat op de Europese markt (EU-ETS: EU Emission Trade System) rond de €25 per ton CO₂ (<https://ember-climate.org/carbon-price-viewer/>). Voor natuurprojecten kunnen prijzen van koolstofcertificaten hoger liggen. In dit rapport zijn wij bij enkele voorbeelden uitgegaan van €50 per ton CO₂,



7.3 Meekoppelkansen

Als financiering van een Blue Carbon project niet toereikend is kunnen kansen worden benut in bestaande projecten. Het gaat dan om in bestaande project extra maatregelen uit te voeren waardoor netto extra koolstof wordt vastgehouden of wordt vastgelegd. Als in het kader van waterveiligheid een dijk wordt versterkt kan gekeken worden naar mogelijkheden voor kwelderaanleg om zowel koolstof vast te leggen, natuurwaarden te creëren én bij de te dragen aan de waterveiligheidsdoelstelling.



Afbeelding 7.1 Kwelders kunnen diverse ecosystemediensten vervullen. Blue Carbon is daar een goed voorbeeld van. Bron: Bureau Waardenburg.

Een voorbeeld van een meekoppelkans is het aanleggen of beschermen van kwelders als kustlijnbescherming (zie als voorbeeld figuur 7.1). Kwelders kunnen zelfs onder extreem hoge waterstanden en storm zorgen voor golfslagdemping (Möller *et al.*, 2014), waardoor ze een effectieve toevoeging zijn op gebouwde structuren als dijken (Vuik *et al.*, 2016). Tegelijkertijd wordt in deze extra kustverdedigingslijn koolstof opgeslagen.

Invangen van sediment en waterveiligheid

Kwelders vangen sediment in vanuit de zee waardoor de waterkolom helderder wordt en er meer potentie is voor primaire productie. Hierdoor kan de productiviteit en andere trofische niveaus als zoöplankton, garnalen en vis groeien. Doordat kwelders een 'sink' vormen voor fijn sediment, spelen ze een rol in de veiligheid tegen overstromen. Golven breken onder maatgevende omstandigheden door de beperkte waterdiepte boven de kwelder, hierdoor neemt de golfhoogte en daarmee de impact op de waterkering af. Bron: Deltafact Sedimentaire systeem van de Waddenzee.



8 Kansrijke locaties voor Blue Carbon maatregelen

In deze paragraaf is aangegeven welke factoren de potentie voor een Blue Carbon project bepalen. Welke kennis is nodig en zijn er monitoringsprogramma's die in deze informatiebehoefte kunnen voorzien.

Daarnaast zijn locaties benoemd in Nederland benoemd waar mogelijk kansen zijn voor de uitvoering van Blue Carbon maatregelen. Deze locaties en kansen zijn bepaald op basis van literatuur en informatie verzameld op een bijeenkomst over Blue Carbon op 2 dec. 2019 met beheerders van kweldergebieden en kustwateren en kwelderdeskundigen (zie bijlage II).

8.1 Vaststellen kansrijke locaties voor Blue Carbon maatregelen

Blue Carbon maatregelen kunnen worden uitgevoerd in bestaande kweldersystemen of in gebieden waar nog geen kwelder aanwezig is (zie beoordelingskader hoofdstuk 2).

Bestaande kweldersystemen

In bestaande kweldersystemen is het belangrijk het volgende te bepalen:

1. Zijn er mogelijkheden voor extra koolstofvastlegging (oppervlakte uitbreiding kwelder, versnellen of vergroten opslibbing);
2. Zijn er mogelijkheden voor bescherming huidige koolstofvoorraad in de kwelder (beperken of voorkomen erosie);
3. Kan het beheer worden geoptimaliseerd/aangepast waardoor koolstofvoorraad minder afbreekt of de vastlegging van koolstof in de kwelder toeneemt.

Om te bepalen of er mogelijkheden zijn voor bescherming koolstofvoorraad of extra koolstofvastlegging is het van belang te bepalen wat de trend is van een bestaand kweldergebied. In een kweldergebied waar natuurlijke groei plaatsvindt zijn Blue Carbon maatregelen waarschijnlijk niet zinvol of ongewenst. In een gebied waar netto erosie is van kwelderareaal kunnen maatregelen ter bescherming zorgen voor bescherming en extra vastlegging van koolstof.

Bepalen of in een kweldergebied sprake is van groei of erosie kan op basis VEGWAD karteringen (zie hoofdstuk 4.2). Het is goed om hierbij te realiseren dat een kwelder van nature nooit stabiel is: of er is sprake van aangroei, of afslag. Afslag kan vanuit natuurdoelstellingen in specifieke situaties als positief worden beoordeeld, omdat hierdoor kansen ontstaan voor kwelderverjonging. In het geval dat er sprake is van een afnemende oppervlakte trend is het van belang te bepalen wat de oorzaak is van erosie. Alleen als de oorzaak goed bekend is kunnen functionele en duurzame maatregelen worden bepaald.

Locaties zonder kwelder

Er zijn twee verschillende situaties mogelijk:

- Locaties waar vrij recent een kwelder is geweest en waar deze weer hersteld kan worden (herkwelderen);
- Locaties die geen (recent) kwelder-verleden hebben, maar die in contact gebracht kunnen worden met zeewater, bijvoorbeeld binnendijkse gebieden (verkwelderen).



In hoofdstuk 5 is informatie gegeven over de technieken die kunnen worden toegepast om kwelders te ontwikkelen.

8.2 Kansrijke locaties Waddenzee

Van Loon-Steensma *et al.*, (2012) hebben voor het Waddengebied in kaart gebracht waar bestaande kwelders en nieuwe kwelders mogelijk kunnen bijdragen aan waterveiligheid. Op basis van analyse van huidige en toekomstige waterveiligheidsopgave, abiotische randvoorwaarden en natuurwaarden (met name de aanwezigheid van kwelders) zijn onder meer locaties bepaald waar met relatief geringe inspanning (maatregelen) kwelders kunnen worden ontwikkeld (figuur 8.4). Wel moet vervolgens ook nog gekeken worden of dat niet ten koste gaat van aanwezige natuurwaarden in de sublitorale en litorale zone.



Figuur 8.4. Met paarse lijn is aangegeven waar nog geen kwelder aanwezig is en waar deze met geringe inspanning ontwikkeld kan worden (Van Loon-Steensma *et al.*, 2012).

In Bijlage II staan diverse locaties en bestaande projecten genoemd waar mogelijkheden of plannen zijn voor kwelderontwikkeling of waar plannen voor kwelderontwikkeling al in ontwerpfase of uitvoeringsfase zijn. In tabel 8.1 staan de meest kansrijke locaties voor het bepalen van Blue Carbon potentie.



Tabel 8.1 *Kansrijke locaties voor Blue Carbon maatregelen in Waddenzee (gerangschikt van west naar oost). Deze locaties zijn verzameld tijdens de workshop op 2-12-2019.*

Locatie	Maatregel(en)	Verwacht effect	Aandachtspunten
Balgzand en Amstelmeer (verschillende locaties)	Kwelderareaal uitbreiden met rijshout-stenen dam	Uitbreiding areaal en zoet-zout overgang	Verwachting is dat op locatie Balgzand vanzelf een kwelder kan ontstaan. Kunstmatig ingrijpen vanuit natuuroogpunt ongewenst. Zeegraslocatie, beide soorten.
Vismigratierivier	Kwelder ontwikkeling bij afsluitdijk	Ha beperkt? C potentie beperkt?	Start aanleg 2020.
Holwerd aan zee	Binnendijks kwelders aanleggen	Ha? C potentie?	Planfase.
Uithuizerwad & Westpolder kwelders	Kwelderuitbreiding dmv extra luwtes	300 ha	Verkenningfase. Potentiele zeegraslocatie
Dollard	Innovatieve dijken, diversie locaties mogelijk kwelderuitbreiding buitendijks	Ha? C potentie?	In ontwerp-uitvoeringsfase (ED2050)
Kleine en Groote polder	Zoet-zoutovergang creëren.	Ha? C potentie?	In ontwerp-uitvoeringsfase (ED2050)
Johannes Kerkhovenpolder & Westpolder Koehool	Verkwelderen binnendijks	Ha? C potentie?	Weerstand omgeving



8.3 Kansrijke locaties in het Deltagebied

Een aanzienlijk deel van het Nederlands areaal aan schorren en kwelders ligt in het Schelde-estuarium, met name in de Westerschelde en Oosterschelde. In de Westerschelde is er sprake van toename in schorgebied, in de Oosterschelde juist van erosie. De toename in schorgebied is deels ten koste gegaan van foerageergebied van vogels, zoals op de Hooge Platen en de plaat van Walsoorden. Daarom is er op het moment veel aandacht voor nieuw foerageergebied van vogels. Buitendijks is er in de Westerschelde relatief weinig ruimte, binnendijkse projecten leveren mogelijk weerstand op (bijvoorbeeld de Hedwigepolder). Daarom zijn hieronder de lopende projecten beschreven, waarbij kort beschreven wordt wat de doelen en eventuele mogelijkheden voor Blue-Carbon projecten zijn. Met name een verandering in beheer zou een maatregel zijn die toegepast kan worden op schorren in de Westerschelde.

Lopende projecten in de Westerschelde

In 2005 hebben Vlaanderen en Nederland vastgelegd dat er aan beide zijden van de grens meer ruimte komt voor estuariene natuur, om het areaal en de kwaliteit te verbeteren. Hiervoor zal Nederland minimaal 600 ha estuariene natuur ontwikkelen. Dit bestaat uit het ontpolderen van 312 ha in de hertogin Hedwigepolder, 35 ha bij de Perkpolder, 173 ha bij Waterdunen, 12 ha bij het Zwin en 266 ha bij overige buitendijkse maatregelen (Kater & Cleveringa, 2019). Deze extra natte natuur is met name bedoeld als foerageergebied voor vogels, en schorontwikkeling is hierbij niet meegenomen.

De Hedwige- en Prosperpolder grenzen direct aan het Land van Saeftinghe. In de eerste tien jaar na de ingreep zal het gebied een open karakter hebben met geulen en onbegroeide slikken (Kater & Cleveringa, 2019). Wel wordt relatief hoge sedimentatie verwacht (5-15 cm/jaar), en zal het zich hierdoor ontwikkelen tot een getijdengebied met schorren. Omdat dit een nieuwe kwelder wordt, is dit een interessant gebied om onderzoek te doen naar koolstofvastlegging in een nieuw kwelergebied, en het effect van ander beheer op koolstofvastlegging in het gebied.

Bij de Baalhoek en Knuitershoek is door middel van strekdammen in totaal 57 ha extra laagdynamisch intergetijdengebied gecreëerd in 2018. Bij Bath, Zimmerman en Ossensisse zijn vergelijkbare projecten in voorbereiding. Bij deze projecten is nieuw laagdynamisch areaal aangelegd, wat dient als foerageergebied voor vogels. Deze strekdammen hebben gezorgd voor sedimentatie, maar dit is waarschijnlijk te weinig voor schorontwikkeling (Kater & Cleveringa, 2019). Wel biedt dit project inzicht in sedimentatiesnelheden in de Westerschelde, en kan er in de toekomst mogelijk sprake zijn van schorontwikkeling.

De Perkpolder (2017) is een nieuw stuk laagdynamisch intergetijdengebied dat direct is verbonden met de Westerschelde. Het gebied heeft hoge sedimentatie (Kater & Cleveringa, 2019), met name afkomstig uit de Westerschelde maar ook deels uit het gebied zelf (Boersma *et al.*, 2016). Op dit moment is het zeer slikkig en groeit er nog weinig, maar het gebied zal zich waarschijnlijk gaan ontwikkelen tot geul- slik- en schorgebied. Verdere uitbreiding van dit gebied is lastig, en sedimentatie in het gebied is niet representatief omdat er een sedimentopvangbak voorin het gebied is geplaatst.



Het Zwin is een natuurgebied op zowel Belgisch als Nederlands grondgebied. Aan de Nederlandse zijde is 12 ha extra natuurgebied ontwikkeld, aan de Belgische zijde 118 ha (Provincie Zeeland, 2015). Na de werkzaamheden in 2019 heeft er sedimentatie plaatsgevonden, terwijl het gebied voor de ingreep licht erodeerde (Kater & Cleveringa, 2019). Het Zwin wordt begraasd, waardoor Strandkweek wordt afgeremd en andere plantensoorten zijn toegenomen (Kater & Cleveringa, 2019). Ook hebben er afgravingen plaatsgevonden, die een drainerend effect hebben gehad op de directe omgeving. Het Zwin grenst aan de Nederlandse zijde aan Cadzand en kan waarschijnlijk niet verder worden uitgebreid. Uitbreiding richting de Noordzee is waarschijnlijk kostbaar vanwege zeestroming. Wel laten de werkzaamheden in het Zwin zien dat een verandering in beheer zorgt voor extra vegetatieontwikkeling, en kan het gebied onderzocht worden op het effect van beweiding, dat enkel in het Vlaamse gebied en niet in het Nederlandse gebied plaatsvindt.

Het Project Waterdunen is in 2012 gestart, en bestaat uit het omvormen van de Oud-Breskenspolder naar 121 ha intergetijdengebied met geulen, slikken en schorren (Boudewijn & Buizer, 2012). In september 2019 is de duiker opengegaan waarmee het gebied in verbinding staat met de Westerschelde. Dit gebied is binnendijks, en er lijkt geen ruimte te zijn voor extra natuurontwikkeling. Daarnaast is sedimentatie in het gebied waarschijnlijk beperkt omdat het gebied enkel in verbinding staat via een duiker met slibvanginstallatie. Dit "Dubbele Dijken Concept" is echter een interessant gebied om het effect van vegetatieontwikkeling op koolstofvastlegging te kunnen onderzoeken, hierbij kunnen mogelijk vergelijkingen gemaakt worden met Holwerd aan Zee, een binnendijks project aan de Waddenzee.

Oosterschelde

In de Oosterschelde is sprake van zandhonger, waardoor bestaande schorren eroderen (van Maldegem & Pagee, 2005; Jentink, 2017). Hierdoor is in 20 jaar tijd het oppervlak met 10% afgenomen, en verwacht wordt dat als er niets verandert, het intergetijdengebied en een gedeelte van de schorren in 2060 verdwenen is (Jakobse *et al.*, 2008). Naast dat dit catastrofaal zou zijn voor de aanwezige natuur, foerageergebieden voor vogels en natuurbeleving, neemt ook de golfbelasting op de dijken langs de Oosterschelde enorm toe. Om dit te voorkomen zijn grote zandsuppleties nodig, maar deze zijn kostbaar. Op dit moment is de zandsuppletie bij de Oesterdam afgerond en bij de Roggenplaat begonnen, later zal dit mogelijk ook op andere plaatsen kunnen gebeuren (de Ronde *et al.*, 2013). Omdat het behoud van schorareaal al een verplichting is in de Oosterschelde, en de bijbehorende maatregelen (sedimentsuppletie) duur zijn, zullen Blue Carbon projecten waarschijnlijk niet haalbaar zijn zonder meekoppelkansen. Daarnaast zijn veel schorkliffen al verdedigd met stenen (zoals St. Philipsland, Zierikzee en Zijpe).

Naast zandsuppleties wordt op het moment ook onderzoek gedaan naar natuurvriendelijke methodes om erosie van intergetijdengebieden te voorkomen (Meerwaarde met Mosselen, samenwerking tussen onder andere de Hogeschool Zeeland, NWO, NIOZ, WMR en Natuurmonumenten). Hierbij wordt onderzocht of het strategisch aanleggen van mosselbanken kan zorgen voor extra sedimentatie, waardoor erosie voorkomen wordt. Er zijn nog geen resultaten van dit onderzoek gepubliceerd.



Grevelingen

Op dit moment is de Grevelingen nog een afgesloten zoutwatermeer, maar er zijn plannen voor de herintroductie van getij. Hierbij kan mogelijk nieuw schorareaal ontwikkelen (Tangelder *et al.*, 2019). Omdat het project Getij Grevelingen zich nog in de planuitwerkingsfase bevindt, is het op dit moment lastig in te schatten of er potentie is voor Blue-Carbon maatregelen. In de huidige plannen wordt uitgegaan van een getijslag van 40 cm, waarbij het waarschijnlijk is dat de oevers zullen blijven eroderen.

Tabel 8.2 Kansrijke locaties voor Blue Carbon maatregelen in de Delta.

Locatie	Maatregel(en)	Verwacht effect	Aandachtspunten
Hedwigepolder	Ander beheer	Verhoogde koolstof- vastlegging	opslibbing
Zuid-Beveland	Voorkomen erosie	Minder afslag	Kosten, zeesla
De Grevelingen	Introductie getij	Schorontwikkeling	Getijslag, erosie



9 Conclusies, discussie en aanbevelingen

9.1 Onderbouwing methode Blue Carbon

Bij het ontwerpen en uitvoeren van Blue Carbon maatregelen zijn de volgende vijf stappen van belang:

- a) toetsen of de maatregelen significante schade aan natuur veroorzaken;
- b) bepalen wat de huidige koolstofvoorraad en jaarlijkse koolstofvastlegging is in het gebied;
- c) bepalen wat het effect van de maatregelen is op de koolstofvoorraad en koolstofvastlegging;
- d) onderzoeken hoe het project gefinancierd kan worden;
- e) na uitvoering van het project monitoren om te bepalen of de voorspelling m.b.t. toename koolstofvoorraad en/of koolstofvastlegging gerealiseerd is.

Deze voorgestelde aanpak voor Blue Carbon projecten is overeenkomstig met voorgaande nationale en internationale literatuur en toolkits (Howard *et al.*, 2014, Teunis & Didderen, 2018, Lovelock & Duarte, 2019).

Tijdens het uitvoeren van dit onderzoek zijn we op verschillende kennisvragen gestuit, die niet eenduidig te beantwoorden zijn op basis van beschikbare literatuur en data. Deze vragen bespreken we hieronder, met onze onderbouwing voor gemaakte keuzes. Een apart document met daarin de uitgebreide onderbouwing van de methode Blue Carbon is te vinden in bijlage III van dit rapport.

9.1.1 **Mag al het vastgelegde koolstof in een kwelder meegerekend worden bij het bepalen van de mogelijkheden voor koolstofcertificaten?**

In kwelders wordt koolstof vastgelegd door planten en benthische algen, het zogenoemde *autochtoon* koolstof. Daarnaast zijn er aanwijzingen dat een groot gedeelte van het aanwezige koolstof van buiten de kwelder komt, het zogenaamde *allochtoon* koolstof (Van de Broek *et al.*, 2018). In het kader van klimaatdoelstellingen is de vastlegging van koolstof in kwelders een gunstig proces. Als gekeken wordt naar de uitgifte van koolstofcertificaten is het wel van belang onderscheid te maken in herkomst van het koolstof. Voor allochtoon koolstof mogen in principe geen koolstofcertificaten worden uitgegeven (Emmer *et al.*, 2015, Macreadie *et al.*, 2019). Echter, als het allochtoon koolstof zou zijn afgebroken als het niet in de kwelder was terechtgekomen, zou het wel meegeteld mogen worden. *Allochtoon recalcitrant* koolstof is moeilijk afbreekbaar binnen en buiten de kwelder, dus vastlegging van dit type koolstof in een kwelder zorgt niet voor een verminderde CO₂-uitstoot. Daarom moet worden bepaald hoe groot de fractie allochtoon recalcitrant koolstof is. Van de Broek *et al.*, (2018) hebben aangetoond dat deze fractie 50% is in zoute schorren in de Westerschelde. Na overleg met verschillende experts bleek er instemming te zijn met de aanname dat 50% allochtoon recalcitrant koolstof is, totdat er op basis van aanvullende resultaten anders beoordeeld kan worden.



9.1.2 Hoeveel geërodeerd koolstof komt weer terug op de kwelder?

Teunis & Didderen (2018) stelden dat slechts 15% van het geërodeerd koolstof ook daadwerkelijk wordt afgebroken, en dat bij een Blue Carbon project waarbij erosie wordt voorkomen er dus vanuit moet worden gegaan dat erosie slechts leidt tot 15% afbraak. Er is relatief veel bekend over sedimentatiedynamiek rondom erosie in kwelders. In de Oosterschelde komt een aanzienlijk deel van het geërodeerde sediment weer op de schorren terecht (Ma *et al.*, 2014, Wang *et al.*, 2017, Ladd *et al.*, 2019). Sedimentatie van het geërodeerde sediment betekent echter niet dat al het koolstof ook weer op de kwelder terecht komt, omdat dit afhankelijk is van het tijdsinterval tussen erosie en depositie op de kwelder. Hoe langer dit tijdsinterval is, hoe meer afbraak van het materiaal zal plaatsvinden. In de waterkolom en op de bovenste laag van het slik is immers geen sprake van zuurstofloosheid, waardoor afbraakprocessen sneller zullen verlopen dan in de (zuurstofarme) kwelderbodem. Het tijdsinterval tussen erosie en depositie op de kwelder wordt bepaald door de hydrodynamiek van het systeem, onder andere in hoeverre golfenergie zorgt voor opwerveling van sediment en in hoeverre vegetatie zorgt voor depositie en vastlegging van het sediment (Van Belzen *et al.*, 2020). Door verschillen in hydrodynamiek in kweldersystemen zijn er zowel voorbeelden te vinden van gebieden waar een groot deel van het geërodeerd koolstof weer op de kwelder terecht komt (Pendleton *et al.*, 2012, McTigue *et al.*, 2016), als waar slechts een fractie van het geërodeerd koolstof weer op de kwelder belandt (Cai, 2011; Canuel *et al.*, 2012). Er zijn tot nu toe geen metingen beschikbaar voor Nederlandse kwelders, maar Van Belzen *et al.*, (2020) nemen aan dat het geërodeerd koolstof van het Verdrongen Land van Zuid-Beveland niet terugkomt op de schorren.

Een andere manier om dit vraagstuk te benaderen is te kijken naar de afbreekbaarheid van het geërodeerde koolstof. We nemen aan dat 50% van het opgeslagen koolstof in een kwelderbodem moeilijk afbreekbaar allochtoon koolstof is, waardoor dit dus ook niet zal afbreken in het tijdsinterval tussen erosie en depositie. We kunnen dus voorlopig aannemen dat de andere 50% van het opgeslagen koolstof wél wordt afgebroken in dit tijdsinterval, totdat hier meer informatie over beschikbaar is.

9.1.3 Zijn de beschikbare koolstofdata afdoende om voor heel Nederland koolstofberekeningen te doen?

Kort gezegd: nee. Er zijn verschillende metingen naar koolstofvoorraad in Nederlandse kwelders uitgevoerd (zie tabel 4.1). Het beeld dat uit deze metingen ontstaat is echter niet eenduidig, waardoor er geen algemene meetwaarde valt te destilleren die voor alle kwelders in Nederland gebruikt kan worden. Generaliseren voor alle kwelders is dus niet mogelijk maar voor bepaalde deelgebieden, zoals de Westerschelde, kan op basis van beschikbare data een goede inschatting gemaakt worden van de koolstofvoorraad in de kwelderbodem. Voor de meeste locaties met een Blue Carbon potentie geldt dat het raadzaam is eerst de situatie betreffende de ontwikkeling (trends in opslibbing en erosie) en koolstofvoorraad te bepalen, voordat iets over de mogelijkheden voor additionele koolstofvastlegging gezegd kan worden.



Als alternatief zou voor gebieden waar nog geen data van beschikbaar zijn een standaardwaarde voor koolstofvoorraad en koolstofvastlegging gebruikt kunnen worden. In dit rapport (§4.2) is hiervoor de helft van het gemiddelde van alle metingen in Nederlandse kwelders gesuggereerd, namelijk een gemiddelde voorraad van 138 ton C/ha (506 ton CO₂-eq/ha) en een vastlegging van 1,2 ton C/ha/jaar (4,4 ton CO₂-eq/ha/jr). Dit punt staat echter nog open ter discussie.

9.1.4 Hoe worden verwachte resultaten van Blue Carbon maatregelen geborgd?

Als een Blue Carbon maatregel wordt gebruikt voor de uitgifte van koolstofcertificaten, is het essentieel dat er enerzijds een realistische inschatting wordt gemaakt van de additionele koolstofvastlegging, en dat in de loop van het project geverifieerd wordt of deze verwachtingen ook zijn waargemaakt. Voor een realistische inschatting is het van belang dat dit op basis van systeemkennis en zo nauwkeurig mogelijke data gebeurt. Voorlopig betekent dit dat er voor de meeste locaties veldmetingen nodig zijn om de huidige koolstofvastlegging en additionele koolstofvastlegging te kunnen bepalen. Voor de verificatie van een Blue Carbon project kan vervolgens van deze lokale data gebruik gemaakt worden. Daarnaast kan voor het bepalen van horizontale aangroei of erosie gebruik gemaakt worden van VEGWAD-karteringen, die elke vijf tot zes jaar in alle Nederlandse kweldergebieden worden uitgevoerd en waarvan de data vrij beschikbaar zijn via Rijkswaterstaat. Deze data zullen wel opgewerkt moeten worden door een deskundige met verstand van Geo-informatie-systemen (GIS), maar dit kan snel en is waarschijnlijk niet duur. Om verdere kosten te besparen wordt voorgesteld deze analyse na twee karteringen uit te voeren, dus elke tien à twaalf jaar. Deze analyse geeft afdoende informatie om horizontale ontwikkelingen in het schorareaal te beoordelen.

Voor verticale aangroei (opslibbing) en erosie is er geen vergelijkbaar vlakdekkend alternatief. Een relatief efficiënte methode is remote sensing technieken met bijvoorbeeld LiDAR, maar dit geeft onvoldoende detail om met afdoende nauwkeurigheid verticale ontwikkelingen te volgen. Een arbeidsintensiever alternatief is veldmetingen uitvoeren met bijvoorbeeld de Sedimentatie-Erosie-Balk (zoals in Peazemerlannen is gedaan; Van der Jagt *et al.*, 2020) of RTK-DGPS-hoogtemetingen doen (zoals in de RWS-meetvakken van de Friese en Groninger kwelderwerken). Als deze metingen al uitgevoerd worden in het gebied kunnen op basis van deze gegevens nauwkeurig de verticale ontwikkelingen gevolgd worden. Hierbij is het voor Blue Carbon projecten waarschijnlijk ook voldoende om (afhankelijk van de opslibbing) elke vijf à tien jaar de data te analyseren. Als deze metingen niet al worden uitgevoerd, moet rekening gehouden worden met minimaal een dag veldwerk per kwelder en de daarbij behorende analyse.

9.2 Toolkit

De verschillende hoofdstukken in dit rapport vormen gezamenlijk een toolkit voor het initiëren, voorbereiden en uitvoeren van een Blue Carbon project. Op basis van de beoordelingskaders en uitvoeringsschema's in dit rapport kan een stappenplan gemaakt worden en worden aandachtspunten voor het project inzichtelijk. In het algemeen kan gezegd worden dat Blue Carbon projecten complex zijn, omdat voor elk project geldt dat



specifieke lokale omstandigheden de potentie en kansrijkheid bepalen. Het belangrijkste kader voor het bepalen van effecten van maatregelen op natuurwaarden is de Wet natuurbescherming. Hieronder valt de bescherming van Natura 2000-gebieden. Als de instandhoudingsdoelen van een Natura 2000-gebied geen ruimte bieden voor Blue Carbon maatregelen hoeft dat echter niet meteen het eindpunt van de verkenning te zijn. Soms zijn er namelijk aanvullende maatregelen mogelijk die eerdere effecten compenseren.

9.3 Kansen voor vergroten koolstofvoorraad in Nederlandse kwelders

9.3.1 Autonome ontwikkeling

Op bijna alle Nederlandse kwelders en schorren is de opslibbingsnelheid nu nog groter of gelijk aan de zeespiegelstijging. Hierdoor treedt successie op met veroudering en verlies aan ecologische kwaliteit tot gevolg (de Oosterschelde buiten beschouwing gelaten). Als er een versnelling in zeespiegelstijging optreedt, zullen kwelders dit in eerste instantie nog ten dele kunnen opvangen door verhoogde sedimentatie als gevolg van een toename van de overstromingsfrequentie. Het vermogen van een kwelder om mee te groeien is wel afhankelijk van de getijslag en de slibconcentratie in het water (Van Belzen *et al.*, 2020). Zolang kwelders verticaal en eventueel horizontaal blijven groeien en er geen grootschalige erosie plaatsvindt zal via autonome, natuurlijke processen koolstof vastgelegd worden zonder aanvullende inspanning.

9.3.2 Kwelderontwikkeling en beheer

Ontwikkeling van extra kwelderareaal kan binnendijs of buitendijs. De maatschappelijke weerstand tegen binnendijkse ontpolderingen/verkwelderingen is vaak groot, maar desondanks zijn er veel voorbeelden van initiatieven voor binnendijkse natuurontwikkeling in de Delta en langs de Waddenzee (o.a. Holwerd aan Zee, Waterdunen). Deze “gouden randen” zorgen voor waterberging en -bescherming, natuurontwikkeling en tegelijkertijd voor additionele koolstofvastlegging. Buitendijs gaat ontwikkeling van extra kwelderareaal ten koste van intergetijdengebied en kunnen belangen van natuurdoelstellingen botsen met die van Blue Carbon-initiatieven. De beste kansen voor extra kwelderareaal lijken daarom misschien vooral te liggen bij infrastructurele projecten waar (kwelder)natuur en Blue Carbon een ‘meekoppelkans’ hebben.

Over het beschermen van koolstofvoorraad en vergroten van koolstofvastlegging door beheer is nog weinig bekend. Het beheer van kwelders is vaak gericht op vergroten biodiversiteit. Dynamiek in de kwelder zorgt voor biodiversiteit, maar kan in geval van erosie ook zorgen voor vrijkomen van koolstof. Doelstellingen voor biodiversiteit en Blue Carbon kunnen conflicterend zijn. Kansen liggen mogelijk in het extensief begrazen (maatwerk) in combinatie met het herstellen van brede kwelders (via verkwelderen) en een natuurlijke drainage van de kwelder .



9.4 Aanbevelingen

- De methode om de potentie van een Blue Carbon project te bepalen is in 2019 uitgetoetst voor een herkwelderingsgebied in Peazemerlannen (Van der Jagt *et al.*, 2020). Het betreft in dit geval een uitbreiding bij een bestaand kwelderareaal. De methode lijkt goed uitgekristalliseerd en werkzaam. Aanbevolen wordt om ook voor projecten met de andere Blue Carbon hoofdmaatregelen (bv. voorkomen erosie bestaande kwelder en nieuwe kwelder ontwikkelen) Blue Carbon potentiebepalingen te doen.
- In hoofdstuk 8 van dit rapport zijn kansrijke locaties geselecteerd voor Blue Carbon maatregelen. Aanbevolen wordt om het beoordelingskader uit hoofdstuk 2 van dit rapport toe te passen om de potentie van de locaties voor Blue Carbon te bepalen.
- Er zijn leemten in kennis over koolstofvoorraad en koolstofvastlegging in kwelders in Nederland. Aanbevolen wordt om onderzoek te doen om de volgende vragen te beantwoorden:
 - zijn er regionale standaardwaarden te bepalen voor minimale koolstofwaarde en koolstofvastlegging in Nederlandse kwelderbodems?
 - wat zijn de verschillen tussen eilandkwelders en vastelandskwelders in koolstofvoorraad en –vastlegging?
 - hoeveel organisch koolstof wordt er in een kwelder vastgelegd en wat laten kwelders in een jaar weer vrij aan koolstof (afbraak)?
 - welk deel van het organisch koolstof van een geërodeerde kwelderbodem wordt afgebroken en kunnen we richtlijnen op stellen om dit te bepalen?
 - welk deel van de vastgelegde koolstof of niet afgebroken koolstof kan eventueel meegerekend worden bij afgifte van koolstofcertificaten?
 - hoe dik zijn de kwelderbodems in Nederland en kunnen we hier op basis van metingen (regionale) richtlijnen voor formuleren?
 - stoten kweldergebieden methaan uit en is er een verschil in methaanuitstoot tussen een brakke kwelder en zoute kwelder?
- Statische, of stabiele kwelders bestaan alleen als gevolg van beheermaatregelen (zoals een oeververdediging), want kwelders zijn van nature dynamisch. Het vastleggen van kwelders met oeververdediging is een niet natuurlijke maatregel. Aanbevolen wordt om na te gaan waar landelijk gezien de keuze voor ‘halfnatuurlijke’ kwelderaanleg toegestaan kan worden om extra koolstof vast te leggen en maatregelen te formuleren voor deze kweldergebieden om de biodiversiteit van flora en fauna te bevorderen.
- Door bij de keuze van een KRW- of Natura 2000-maatregel een ontwerpvariant te kiezen die een plus heeft voor koolstofvastlegging kan deze mogelijk in aanmerking komen voor verstrekking van koolstofcertificaten. Aanbevolen wordt om binnen de huidige beleidsopgave te onderzoeken waar de kansen liggen.
- Kosten voor voorbereiding van een Blue Carbon project kunnen behoorlijk hoog zijn vergeleken met de verwachte inkomsten uit de koolstofmarkt. Aanbevolen wordt na te gaan wat er gedaan kan worden om de voorbereidingskosten omlaag te krijgen en op eenvoudige wijze helder te krijgen wat de mogelijkheden zijn en of een project een positieve balans zou kunnen opleveren.



Literatuur

- Arets, E.J.M.M., J.W.H. van der Kolk, G.M. Hengeveld, J.P. Lesschen, H. Kramer, P.J. Kuikman & M.J. Schelhaas, 2018. Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands: Methodological background, update 2018. Statutory Research Tasks Unit for Nature & the Environment (WOT Natuur & Milieu), Wageningen. WOT-technical report 113. 102p.
- Bakker, J.P., P. Esselink, K.S. Dijkema, W.E. van Duin & D.J. de Jong 2002. Restoration of salt marshes in the Netherlands. *Hydrobiologia* 478: 29-51.
- van Belzen, J., Bouma, T.J. & Ysebaert, T. (2020). Blue Carbon in het Verdrongen Land van Zuid-Beveland. NIOZ Report 2020-03. NIOZ Royal Netherlands Institute for Sea Research. 69 pp.
- Boersema M, J. van der Werff, P. de Louw, T. Ysebaert & T.J. Bouma, 2016. Perkpolder tidal restoration. One year after realisation. Centre of Expertise Delta Technology, Vlissingen.
- Boschker, H.T.S, J.F.C de Brouwer & T.E. Cappenberg, 1999. The contribution of macrophyte-derived organic matter to microbial biomass in salt-marsh sediments: Stable carbon isotope analysis of microbial biomarkers. *Limnology & Oceanography* 44: 309-319.
- Boudewijn, T.J. & J.D. Buizer, 2012. Effecten en maatregelen beschermde soorten Waterdunen, Breskens. Activiteitenplan Flora- en faunawet, Rapport 12-203. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- van de Broek, M., L. Baert, S. Temmerman, & G. Govers, 2019. Soil organic carbon stocks in a tidal marsh landscape are dominated by human marsh embankment and subsequent marsh progradation. *European Journal of Soil Science*, 70(2), 338-349.
- Van de Broek, M, S. Temmerman, R. Merckx & G. Govers, 2016. Controls on soil organic carbon stocks in tidal marshes along an estuarine salinity gradient. *Biogeosciences* 13: 6611-6624.
- Van de Broek M., C. Vandendriessche, D. Poppelmonde, R. Merckx, S. Temmerman & G. Govers, 2018. Long-term organic carbon sequestration in tidal marsh sediments is dominated by old-aged allochthonous inputs in a macro-tidal estuary. *Global Change Biology* 4: 2498-2512.
- Cai, W.J., 2011. Estuarine and coastal ocean carbon paradox: CO₂ sinks or sites of terrestrial carbon incineration? *Annual Reviews of Marine Sciences* 3, 123e145. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-marine-120709-142723>.
- Canuel, E.A., Cammer, S.S., McIntosh, H.A., Pondell, C.R., 2012. Climate change impacts on the organic carbon cycle at the land-ocean interface. *Annual Reviews of Earth Planetary Sciences* 40, 685e711. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-earth-042711-105511>.
- CBS, PBL, RIVM, WUR, 2018. Zeespiegelstijging langs de Nederlandse kust en mondiaal, 1890-2017 (indicator 0229, versie 10, 4 december 2018). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.
- Coenen, P.W, H.G., C.W.M. van der Maas, P.J. Zijlema, E.J.M.M. Arets, K. Baas, A.C.W.M. van den Berghe, M.M. Nijkamp, E.P. van Huis, G. Geilenkirchen, C.W. Versluijs, R. te Molder, R. Dröge, J.A. Montfoort, C.J. Peek, J. Vonk & S. Oude Voshaar, 2016. Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990-2014. National Inventory Report 2016. RIVM Report 2016-0047, 349p.
- Common Wadden Sea Secretariat, 2010. Wadden Sea Plan 2010. 11th Trilateral Governmental Conference on the Protection of the Wadden Sea.. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany, 101 p.



- Common Wadden Sea Secretariat, 2018. Leeuwarden Declaration. Ministerial Council Declaration of the 13th Trilateral Governmental Conference on the Protection of the Wadden Sea. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany.
- Jong, D.J. de, K.S. Dijkema, J.H. Bossinade & J.A.M. Janssen, 1998. SALT97. Classificatieprogramma voor kweldervegetaties. Rijkswaterstaat RIKZ, Dir. Noord-Nederland, Meetkundige Dienst; IBN-DLO.
- Dijkema, K.S., W.E. van Duin, E.M. Dijkman, A. Nicolai, H. Jongerius, H. Keegstra & J.J. Jongsma, 2013. Friese en Groninger kwelderwerken: Monitoring en beheer 1960-2010. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu. Wot-rapport 122, 124 p.
- Dijkema, K.S., H.F. van Dobben, E.C. Koppelaar, E.M. Dijkman & W.E. van Duin, 2011. Kweldervegetatie Ameland 1986-2010: effecten van bodemdaling en opslibbing op Neerlands Reid en De Hon. In: Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland, Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost; Evaluatie na 23 jaar gaswinning. Deel 2, hoofdstuk 3.1: 1-150.
- Doody, J.P., 2008. Saltmarsh conservation, management and restoration. Springer. 217 p.
- Van Duin, W.E. 2019. Kweldermonitoring in de Peazemerlannen en het referentiegebied West-Groningen: Evaluatierapport 2007-2018. *Artemisia*-rapport 2019-02, *Artemisia*-kwelderonderzoek, Den Helder. 79 p.
- Van Duin, W.E. & K.S. Dijkema, 2012. Randvoorwaarden voor kwelderontwikkeling in de Waddenzee en aanzet voor een kwelderkanskaart. Imares rapport C076/12. Imares Wageningen UR, Texel. 49 p.
- Van Duren, L.A., T. Van Kessel, A.G. Brinkman, A. De Kluijver, F. Fey & C.A. Schmidt, 2015. Verkenning Slibhuishouding Waddenzee. Een samenvatting van twee jaar modelleren en kennis verwerven. Deltares, Imares en Rijkswaterstaat, 39 p.
- Elschot, K., J. Bakker, S. Temmerman, J. van de Koppel & T. Bouma, 2015. Ecosystem engineering by large grazers enhances carbon stocks in a tidal salt marsh. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 537: 9–21.
- Elschot, K., A. de Groot, K. Dijkema, C. Sonneveld, J.T. van der Wal, P. de Vries, A.G. Brinkman, W. van Duin, W. Molenaar, J. Krol, A.T. Kuiters, D. de Vries, R.M.A. Wegman, P.A. Slim, E.C. Koppelaar & J. de Vlas, 2017. Hoofdstuk 4. Ontwikkeling kwelder Ameland-Oost: Evaluatie bodemdalingsonderzoek 1986-2016. In: J de Vlas (ed.), Monitoring effecten van bodemdaling op Oost-Ameland: 185-328.
- Emmer, I., B. Needelman, S. Emmet-Mattox, S. Crooks, P. Megonigal, D. Meyers, M. Oreska, K. McGlathery & D. Shoch, 2015. Methodology for Tidal Wetland and Seagrass Restoration. Verified Carbon Standard. VM0033. The first voluntary market methodology for blue carbon ecosystems.
- Esselink, P., van Duin, W.E., Bunje, J., Cremer, J., Folmer, E.O., Frikke, J., Glahn, M., de Groot, A.V., Hecker, N., Hellwig, U., Jensen, K., Körber, P., Petersen, J. & Stock, M., 2017. Salt marshes. In: S. Klöpffer *et al.*, (Eds), Wadden Sea Quality Status Report 2017. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany.
- Esselink, P., W.E. van Duin & A. Wielemaker, 2019. Variatie op de kwelder door beweiding: een handreiking aan atuurbeheerders. PUCCIMAR rapport 15. PUCCIMAR Ecologisch Onderzoek & Advies, Vries. 83 p.
- GDNK, 2018. Methode voor vaststelling van emissiereductie CO₂-eq. Type project: CO₂-emissiereductie via verhoging grondwaterpeil in veengebieden ("Valuta voor Veen"). Green Deal Nationale Koolstofmarkt, 23p.



- GDNK, 2020. Van projectplant tot uitgifte van certificaten. Uitleg van regels om te komen tot uitgifte van certificaten van emissiereductie en/of koolstofvastlegging door projecten in de Green Deal Nationalaalkoolstofmarkt. Green Deal Nationale Koolstofmarkt, 10p.
- De Groot, A.V., B.K. van Wesenbeeck & J.M. Van Loon-Steensma, 2013. Stuurbaarheid van kwelders. Imares rapport C004/13, Imares, Wageningen UR, Texel. 49 p.
- Haines, E.B., 1976. Stable Isotope Ratios in the Biota, Soils and Tidal Water of a Georgia Salt Marsh. *Estuarine and Coastal Marine Science* 4: 609-626.
- Harvey RJ, Garbutt A, Hawkins SJ and Skov MW, 2019. No Detectable Broad-Scale Effect of Livestock Grazing on Soil Blue-Carbon Stock in Salt Marshes. *Front. Ecol. Evol.* 7:151. doi: 10.3389/fevo.2019.00151.
- Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Pidgeon, E., Telszewski, M. (eds.), 2014. Coastal Blue Carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrass meadows. Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature. Arlington, Virginia, USA
- Instrument Slimmer Landgebruik: Bos, Natuur, Hout pilots voorstel KE2019. Projectenportfolio in reactie op het Klimaatakkoord 2017 met daarin 'Landbouw en Landgebruik'.
- Jacobse, S., O. Scholl & J. Van de Koppel, 2008. Prognose van Schor- en slikontwikkelingen in de Oosterschelde – Een analyse naar de te verwachten ontwikkelingen tot 2060. Royal Haskoning rapportnr. 9T4814.B0. Royal Haskoning Nederland B.V. Kust en Rivieren, Rotterdam.
- Van der Jagt, H.A. W.E. van Duin & G. Hoefsloot, 2020. Blue Carbon in Peazemerlanden. Blue Carbon potentie bij verkweldering van een zomerpolder. Bureau Waardenburg Rapportnr.19-250. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Jentink, R. 2017. Schorren in de Oosterschelde periode 2001-2013. Rapportnr. M170505740-01. Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening, Inwinning en Gegevensanalyse, Gisanalyse en Procesadvisering Datastromen (GPD), Middelburg 25-09-2017.
- Jentink, R. 2018. Ontwikkeling kweldervegetaties Waddengebied, in de verschillende KRW Waterlichamen, periode 1998-2015., Rapportnummer: M170908699_01. Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening, Inwinning en Gegevensanalyse, Gisanalyse en Procesadvisering Datastromen, Middelburg 27-03-2018.
- De Jong, D.J., K.S. Dijkema, J.H. Bossinade, & J.A.M. Janssen, 1998. SALT97, een classificatieprogramma voor kweldervegetaties. Rijkswaterstaat (RIKZ, Directie Noord Nederland, Meetkundige Dienst) & IBN-DLO (Texel), 26 p.
- Kater, B.J., & J. Cleveringa, 2019. Natuurherstel pakket Westerschelde. Monitoring lopende projecten in het licht van de Westerschelde brede ontwikkelingen. Arcadis rapport, Arcadis, Zwolle.
- Koffijberg, K. & M. Van Roomen, 2019. Wadden Sea Flyway Initiative: linking the Wadden Sea World Heritage Site with tropical wetlands and the Arctic tundra. Joint Breeding Bird Monitoring Group, Joint Migratory Bird Monitoring Group, Sovon Vogelonderzoek Nederland. 20 p.
- Kon, K., Y. Hoshino, K. Kanou, D. Okazaki, S. Nakayama & H. Kohno, 2012. Importance of allochthonous material in benthic macrofaunal community functioning in estuarine salt marshes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 96: 236-244.
- Ladd, C. J., M.F. Duggan-Edwards, T.J. Bouma, J.F. Pagès, & M.W. Skov, 2019. Sediment supply explains long-term and large-scale patterns in saltmarsh lateral expansion and erosion. *Geophysical Research Letters* 46: 11178-11187.



- Van Loon-Steensma, J.M., A.V. de Groot, W.E. van Duin, B.K. van Wesenbeeck en A.J. Smale, 2012. Zoekkaart Kwelders en Waterveiligheid Waddengebied; een verkenning naar locaties in het Waddengebied waar bestaande kwelders of kwelderontwikkeling mogelijk kunnen bijdragen aan waterveiligheid. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2391. 62 p.
- van Loon-Steensma, J. M., Schelfhout, H. A., van Hattum, T., Smale, A., Gözüberk, I., & van Dijken, M., 2014. Innovatieve dijken als strategie voor een veilig en aantrekkelijk Waddengebied : Samenvatting van het Deltaprogramma Waddengebied onderzoek naar innovatieve dijken. Alterra-rapport 2535. [Den Haag]: Ministerie van Infrastructuur en Milieu. 56 p.
- Lovelock, C.E., & C. Duarte, 2019. Dimensions of Blue Carbon and emerging perspectives. *Biology Letters* 15: 20180781.
- Ma, Z., T. Ysebaert, D. van der Wal, D.J. de Jong, X. Li & P.M. Herman, 2014. Long-term salt marsh vertical accretion in a tidal bay with reduced sediment supply. *Estuarine, coastal and shelf science*, 146: 14-23.
- Macreadie, P.I., K. Allen, B.P. Kelaher, P.J. Ralph & C.G. Skilbeck, 2012. Paleoreconstruction of estuarine sediments reveal human-induced weakening of coastal carbon sinks. *Global Change Biology* 18: 891-901.
- Macreadie, P.I., A. Anton, J.A. Raven, *et al.*, 2019. The future of Blue Carbon science. *Nature Communications* 10: 3998.
- van Maldegem, D.C. & J.A. Pagee, 2005. Zandhonger Oosterschelde : een verkenning naar mogelijke maatregelen. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee (RWS, RIKZ) Middelburg. 172 p.
- Martin, J.H., G.A. Knauer, D.M. Karl & W.W. Broenkow, 1987. VERTEX: carbon cycling in the northeast Pacific. *Deep-Sea Research* 34 (2): 267-285
- De Mesel, I.G., T. Ysebaert, & P. Kamermans, 2013. Klimaatbestendige dijken: het concept wisselpolders. IMARES rapportnr. C072/13, IMARES, Yerseke.
- McTigue, N., Q. Walker, R. Giannelli & C. Currin, 2016. Revisiting the blueprints for Blue Carbon: is salt marsh sediment organic carbon a source of emissions after wetland loss? National Centers for Coastal Ocean Science, National Oceanic and Atmospheric Administration, Beaufort, NC
- Middelburg, J., Nieuwenhuize, J., Lubberts, R. & Van de Plassche, O., 1997. Organic carbon isotope systematics of coastal marshes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 45: 681–687.
- Middleton, B. & K. McKee, 2001. Degradation of mangrove tissues and implications for peat formation in Belizean island forests. *Journal of Ecology*, 89, 818–828.
- Möller, I.M. Kudella, F. Rupprecht, T. Spencer, M. Paul, B.K. van Weesenbeeck, G. Wolters, K. Jensen, T.J. Bouma M. Miranda-Lange & S. Schimmels, 2014. Wave attenuation under storm surge conditions. *Nature Geoscience* 7: 727-731.
- Mueller P., N. Ladiges, A. Jack, G. Schmiedi, L. Kutzbach, K. Jensen & S. Nolte, 2019. Assessing the long-term carbon-sequestration potential of the semi-natural salt marshes in the European Wadden Sea. *Ecosphere* 10(1), e02556.
- Nicolai, A., 2016. Natura 2000-beheerplan Waddenzee: periode 2016–2022. Rapport Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Rijkswaterstaat Noord-Nederland. 331 p.
- Ouyang, X., & S.Y. Lee, 2014. Updated estimates of carbon accumulation rates in coastal marsh sediments. *Biogeosciences* 11: 5057-5071.
- Pendleton, L., D.C. Donato, B.C. Murray, S. Crooks, W.A. Jenkins, S. Sifleet, & C. Craft, 2012. Estimating Global 'Blue Carbon' Emissions from Conversion and Degradation of Vegetated



- Coastal Ecosystems. PLoS ONE 7 (9): e43542.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043542>.
- Peterson, B.J., & R.W. Howarth, 1987. Sulfur, carbon and nitrogen isotopes used to trace organic matter flow in the salt-marsh estuaries of Sapelo Island, Georgia. *Limnology & Oceanography* 32: 1195-1213.
- Pomeroy, L. R., W. M. Darley, E.L. Dunn, J.L. Gallagher, E.B. Haines & D.M. Whitney, 1981. Primary Production. In: Pomeroy L.R., Wiegert R.G. (eds), *The Ecology of a Salt Marsh. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)*, vol 38. Springer, New York, NY
- Provincie Zeeland, 2015. Overzichtsdocument Monitoring Natuurpakket Westerschelde.
- Rijkswaterstaat, 2011. Natura 2000-doelen in de Waddenzee, Van instandhoudingsdoelen naar opgaven voor natuurbescherming. Eindrapport 2 november 2011 / actualisatie 2 december 2014, versie 10b. 216 p.
- Ronde, de I.G, J.P.M. Mulder, L.A. van Duren, & T. Ysebaert, 2013. Eindadvies ANT Oosterschelde, Maatregelen ten behoud van natuur (Natura2000-instandhoudingsdoelen) en veiligheid in de Oosterschelde. Deltares, Delft.
- Siikamäki, J., J.N. Sanchirico, S. Jardine, D. McLaughlin & D. Morris, 2013. Blue carbon: Coastal ecosystems, their carbon storage, and potential for reducing emissions. *Environment* 55: 14-29.
- Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA), 2018. Handreiking KRW doelen. Amersfoort, 2018.
- Storm, K., 1999. Slinkend Onland. Over de omvang van Zeeuwse schorren; ontwikkelingen, oorzaken en mogelijke beheersmaatregelen. Rijkswaterstaat Zeeland, NOTA AX-99.007. 68 p.
- Storm, K. & T. Pieters, 1994. Het verdrinken land verlandt. Het verdrinken land van Saeftinge een uniek gebied, nu en in de toekomst. Rijks Instituut voor Kust en Zee, Middelburg.
- Sullivan, M.J., & C.A. Currin, 2002. Community Structure and Functional Dynamics of Benthic Microalgae in Salt Marshes. In: Weinstein M.P, Kreeger, D.A. (eds), *Concepts and Controversies in Tidal Marsh Ecology*. Springer, Dordrecht.
- Tamis, J.E & E.M. Foekema, 2015. A review of Blue Carbon in the Netherlands. IMARES rapportnr. C151/15. IMARES Wageningen UR.
- Tangelder, M., T. Ysebaert, J. Wijsman, J. Janssen, I. Mulder, A. Nolte, W. Stolte, N. van Rooijen & L. van den Bogaart, 2019. Ecologisch onderzoek Getij Grevelingen. Wageningen University & Research rapport C089/19, Wageningen Marine Research Yerseke.
- Teunis, M & K. Didden, 2018. Blue Carbon in Nederlandse kwelders. Resultaten van vier kwelders in beheergebieden van Natuurmonumenten. Bureau Waardenburg Rapportnr. 18-301. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Vuik, V., S.N. Jonkman, M.W. Borsje & T. Suzuki, 2016. Nature-based flood protection: The efficiency of vegetated foreshores for reducing wave loads on coastal dikes. *Coastal Engineering* 116: 42-56.
- Wang, H., D. van der Wal, X. Li, J. Van Belzen, P.M. Herman, Z. Hu, Z. Ge, L. Zhang & T.J. Bouma, 2017. Zooming in and out: Scale dependence of extrinsic and intrinsic factors affecting salt marsh erosion. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 122(7), 1455-1470.
- Wielakker, D., A. Bak & J.M. Reitsma, 2011. Herziening referenties en doelen Kaderrichtlijn Water voor Zeegras en Kwelders in K2, O2 en M32 watertypen. BuWa rapport nr. 11-196. Bureau Waardenburg, Culemborg. 52 p.



Zedler, J.B. 1980. Algal mat productivity: Comparisons in a salt marsh. *Estuaries* 3: 122-131.

Internet:

[https://geoservices.rijkswaterstaat.nl/ext/geoweb51/index.html?viewer=Kweldervegetatie.](https://geoservices.rijkswaterstaat.nl/ext/geoweb51/index.html?viewer=Kweldervegetatie)

[Webviewer](#)

<https://www.rijkswaterstaat.nl/apps/geoservices/geodata/dmc/>



Bijlage I Meetnet kwelderkartering VEGWAD

VEGWAD meetprogramma en cyclus

Karteringen:	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Kwelders Noord-Holland				fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning		
Kwelders Texel				fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning		
Slufter Texel				fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning		
Boschplaat Terschelling				fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning		
Dollard+Punt van Reide				fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning		
Griend				fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning		
Kroonspolders (+Westerveld) Vlieland		fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning				
Noordv + Gr Strand Terschelling		fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning				
Oosterschelde		afroning			fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning	
Westerschelde-monding (o.a. Zwin)		afroning			fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning	
Kwelderwerken Gron./Friesl.		uitwerking	afroning			fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning
Ameland		uitwerking	afroning			fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning
Schiermonnikoog			fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning			
Rottum			fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning			
Westerschelde			fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning			
Haringvliet-monding (= Slufter Voome en Kwade Hoek)				fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning		

Toelichting op de aangegeven fasering:

Fotovluchten kunnen worden uitgevoerd van juli tot en met september; in december zijn de orthofotomozieken en stereo luchtfoto projecten beschikbaar

De uitwerking start vanaf februari (voorinterpretatie) en loopt door tot juni in het daaropvolgende jaar

De afronding van de werkzaamheden (archivering en beschikbaar maken tbv database, mapviewer en rapportage via internet) vindt plaats na oplevering van bestanden en rapportage en wordt afgerond in augustus

Beschikbare VEGWAD karteringen per gebied vanaf 2009. Bron Rijkswaterstaat.nl.

Karteringen:	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Kwelders Noord-Holland	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning	
Kwelders Texel	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning	
Slufter Texel	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning	
Boschplaat Terschelling	fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning
Dollard+Punt van Reide	fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning
Griend	fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning
Kroonspolders (+Westerveld) Vlieland				fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning			
Noordv + Gr Strand Terschelling				fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning			
Oosterschelde (+ Rammegors in 2019)		fotovlucht	uitwerking	afroning			fotovlucht	uitwerking	afroning			fotovlucht	uitwerking	afroning	
Westerschelde-mond		fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning			fotovlucht	uitwerking	afroning
Kwelderwerken Gron./Friesl.			fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht
Ameland			fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht
Schiermonnikoog	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning		
Rottum	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning		
Westerschelde	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning		
Haringvliet-monding	fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning
Nieuwe Waterweg (HVH en Rozenbu)	fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning				fotovlucht	uitwerking	afroning

Toelichting op de aangegeven fasering:

Fotovluchten kunnen worden uitgevoerd van juli tot en met september; in december zijn de orthofotomozieken en stereo luchtfoto projecten beschikbaar

De uitwerking start vanaf februari (voorinterpretatie) en loopt door tot juni in het daaropvolgende jaar

De afronding van de werkzaamheden (archivering en beschikbaar maken tbv database, mapviewer en rapportage via internet) vindt plaats na oplevering van bestanden en rapportage en wordt afgerond in augustus

Planning VEGWAD karteringen per gebied. Bron Rijkswaterstaat.nl.



Bijlage II Kansen voor Blue Carbon maatregelen

Kansen uit deskundigenbijeenkomst 2-12-2019 voor de Waddenzee.

Gebied	Huidige situatie	Potentie	Uitdaging	Beheerder
Noord-Holland				
Balgzand, kust omgeving Van Ewijcksluis	Weinig kwelderareaal tegen zeekering. Zoet meer achter de dijk.	Uitbreiden kwelderareaal (ha?; lage inspanning zie fig. 4.5). Herstel zoet-zout gradiënt Amstelmeer	Bezwaren landbouw herstel zoet-zout gradiënt	Landschap Noord-Holland
Friesland				
Vismigratierivier	Herstel zoet-zout gradiënt	Ontwikkeling brakke en zilte natuur	In ontwerpfase, uitvoering in 2020	RWS
Westhoek Koehool	Kleine polder tussen hoge dijken	Veel sediment lokaal beschikbaar	Bezwaren landbouw herstel zoet-zout gradiënt	Boer en waterschap
Holwerd aan Zee	Binnendijkse polder	Kwelderaanleg binnendijks via geul, aanleg HVP en broedeilanden	Balans nieuwe kwelder-afname kwelder door vaargeul. Op diepte houden vaargeul.	SBB? Holwerdaanze e.nl
Lauwersmeer (prov. Friesland en Groningen)	Zoet meer met spuisluizen richting Waddenzee	Getij terug – kwelderontwikkeling	Waterbergingsgebied Groningen. Bezwaren landbouw herstel zoet-zout gradiënt	Waterschap
Groningen				
Westpolder kwelders (t.h.v. Hornhuizen)	Momenteel nog geen kwelder voor de dijk, behalve in meest westelijke deel kwelderwerken	Westwaardse uitbreiding. Meegroeien voorland. Hoeveel ha?	Luwte creëren (met rijshout of stenen dam?). Natuurlijke processen benaderen.	Waterschap Noorderzijlvest
Uithuizerwad (t.h.v. Uithuizen)	Geen kwelders/voorland	Uitbreiding kwelderwerken met	Te hoge dynamiek	NM



Gebied	Huidige situatie	Potentie	Uitdaging	Beheerder
	door geen onderhoud rijshout	rijshout of andere methode		
Marconi buitendijks (Delfzijl)		Aanleg kwelders, slib vastleggen en broedvogeleiland	Borging natuurwaarden?	Onderdeel ED2050
Kleine + Grote polder (Termunterzijl)	Binnendijkse polders. Project voor verzilting is al in voorbereiding. Zoet-zoutovergangen met duikers herstellen.	17 ha zilte natuur. HVP voor vogels. Recreatie is speerpunt.	Geen?	Groninger Landschap (onderdeel ED2050)
Polder Breebaart	Via duiker sinds 2001 opslibbing binnendijks. Sedimentatie op den duur ongunstig voor natuur. 100.000 m ³ klei naar Kleirijperij en wordt gebruikt voor Brede Groene Dijk	Vergroten zoutinvloed. Opslibbing door open duiker. Project zorgt voor vergroten getijdengebied, verdiept slibgat aanleggen, vismigratie, broedgebied kluut, recreatie	Opslibbing is heel goed gegaan afgelopen 20 jr. Regelmatige 'reset' nodig (afgraven slibdepositie)	Groninger Landschap & waterschap (onderdeel ED2050)
Johannes Kerkhovenpolder (Woldendorp)	Hoogwaardige landbouw	Veel Dollard slib. Uitbreiding kwelderareaal ha?	Bezwaren omgeving verkwelderen	Johannes Kerkhoven Polder bv (agrariër die volgens website ook kwelders beheert)
Dollard	Kweldergebied en estuarium	Uitbreiding kwelderareaal met 600 ha? Pilot dubbele dijk, rijke dijk, brede groene dijk, vogelbroedeiland, slib als meststof, slib als	Projecten in ontwerpfase of uitvoering	ED2050



Gebied	Huidige situatie	Potentie	Uitdaging	Beheerder
		bouwelement, slib voor ophogen landbouwgrond		

Kansen uit deskundigenbijeenkomst 2-12-2019 voor Deltagebied.

Gebied	Huidige situatie	Potentie	Uitdaging	Beheerder
Oosterschelde	Zandhonger	Voorkomen erosie	Zandhonger	NM, provincie
Verdronken Land	Zandhonger Veel Zeesla Erosie	Hoogstens decennia	Zeesla Sedimenttekort Steeds meer inspanning nodig	NM
Rattekaai	Zeesla, erg slikkig Kan zeespiegel net bijhouden			
Westerschelde	Aangroei platen ten koste van foerageergebied	Zandsuppletie Ver/herkwelderen	Ruimte, foerageer- gebied	NM, Zeeuws Landschap
Saeftinghe	Sedimentatie Ligt vrij hoog dus brengt te weinig			Zeeuws Landschap
Hedwigepolder	Opbouw mag niet te snel	Ander beheer	Sedimentatie	Provincie Zeeland
Hooge Platen	Cruciaal voor vogels	Kweldervorming	Foerageergebied vogels, ruimte	Zeeuws Landschap
Sloepolder	Klein stukje schor	Zeeland Seaports heeft belangstelling		
Algemeen Delta	Weinig ruimte voor getijdengebied	Meer ruimte voor kwelders en vogels	Ruimte en kosten	



Bijlage III Onderbouwing methode Blue Carbon in Nederland

Datum: 17 maart 2020

Auteur: H.A. van der Jagt (Bureau Waardenburg)

Inleiding

Blue Carbon is koolstof dat ligt opgeslagen in mariene ecosystemen, zoals mangroves, zeegrasvelden en kwelders. Nederlandse kwelders slaan per jaar ongeveer 60.000 ton CO₂ op, en kunnen potentieel dienen als locaties om CO₂ uitstoot te compenseren (Teunis & Didderen, 2018). Om CO₂ uitstoot te compenseren is het essentieel dat er maatregelen worden getroffen om extra CO₂ op te slaan of vast te houden in vergelijking met de huidige situatie (baseline). Er zijn voor Nederland vier maatregelen geformuleerd die hieraan kunnen bijdragen (Teunis & Didderen, 2018):

1. Beschermen van huidige kwelder tegen erosie (afslag);
2. Uitbreiden areaal van bestaande kwelder;
3. Creëren van een nieuwe kwelder;
4. Optimaliseren van beheer en onderhoud van de kwelder.

Wanneer dit methodisch kan worden ingebed kunnen deze maatregelen bovendien als potentiële basis dienen voor de afgifte van koolstofcertificaten. Hiermee kunnen bedrijven en particulieren de CO₂-uitstoot van bijvoorbeeld vliegzeilen compenseren terwijl er tegelijk geld beschikbaar komt voor natuurontwikkeling en beheer in de kustzones van Nederland. Teunis & Didderen (2018) hebben een methodologie uitgewerkt voor Blue Carbon projecten. Aan de hand van deze methodologie is de haalbaarheid van een Blue Carbon project onderzocht in vier kweldergebieden van Natuurmonumenten: de Schorren van Texel, het Verdronken Land van Zuid-Beveland aan de Oosterschelde, de Zuidgors aan de Westerschelde, en het Uithuizerwad aan de Waddenzee. Uit deze pilotstudie bleek dat kwelders relatief veel CO₂ kunnen opslaan en kunnen vasthouden. Daarom is in het projectvoorstel "Instrument Slimmer Landgebruik: Bos, Natuur, Hout pilots voorstel KE2019" het onderdeel "Kansen voor blue carbon en natuur in kwelders" opgenomen (projectnummer 5.1). Onderdeel van dit projectvoorstel is het opstellen van een kansenkaart voor Blue Carbon in Nederland.

Het is essentieel dat duidelijk is dat Blue Carbon projecten zorgen voor extra CO₂ vastlegging vergeleken met autonome ontwikkeling. Om dit te kunnen kwantificeren is het belangrijk te bepalen wat de baseline is. De baseline is de referentiesituatie waarin het Blue Carbonproject niet tot stand komt. Bovendien moet duidelijk zijn dat het project zorgt voor additionele vastlegging ten opzichte van bestaande initiatieven en beleidsprogramma's die al zorgen voor vastlegging van CO₂ in mariene systemen.



Doel van deze notitie

Het projectteam heeft besloten om eerst na te gaan of we voldoende kennis hebben van de koolstofvoorraad om Blue Carbon potenties te bepalen én de methode voor bepalen van baseline en additionaliteit voor Blue Carbon projecten beter te onderbouwen voordat de kanskaart Blue Carbon wordt opgesteld. In deze notitie is de actuele kennis over koolstofvoorraad en de onderbouwing uitgewerkt. Op basis hiervan wordt in een tussenevaluatie bepaald of er een kanskaart gemaakt wordt en zo ja wat het detailniveau voor deze kanskaart wordt.

Kennisvragen

Om een goede inschatting te maken van de baseline en additionaliteit van beheermaatregelen zijn de volgende kennisvragen geformuleerd:

1. Kunnen we met bekende data de koolstofvoorraad en Blue Carbon potentie op een willekeurige kwelder bepalen?
2. Welk percentage koolstof mag worden toegekend aan Blue Carbon maatregelen?
3. Welke gegevens zijn beschikbaar en bruikbaar voor monitoring van een Blue Carbon project?

Methode

Met informatie in recente literatuur hebben wij antwoorden geformuleerd op de kennisvragen. In de referentielijst in deze notitie is de geraadpleegde literatuur weergegeven. De gebruikte terminologie in deze notitie sluit aan op het Blue Carbon rapport uit 2018 (Teunis & Didderen, 2018).

Resultaten

1. Kunnen we met bekende data de koolstofvoorraad en Blue Carbon potentie op een willekeurige kwelder bepalen?

Kwelders over de hele wereld bevatten ongeveer 393 ton koolstof per hectare, en leggen per jaar ongeveer 2 ton koolstof vast (Siikamäki *et al.* 2013). Geschat wordt dat kwelders in Nederland ongeveer 328 ton koolstof per hectare bevatten (Tamis & Foekema 2015). Op basis van koolstofmetingen in Nederlandse kwelders en schorren schatten wij dat de koolstofvoorraad lager ligt, op ongeveer 276 ton C/ha (zie tabel 4.1 in dit rapport).

In 2018 zijn koolstofmetingen uitgevoerd om de hoeveelheid opgeslagen koolstof in vier kwelders te bepalen, namelijk de Schorren van Texel, het Uithuizerwad, het Verdrongen Land van Zuid-Beveland en de Zuidgors (Teunis & Didderen, 2018). Uit deze metingen bleek dat er een grote variatie is in koolstofgehalte tussen de kwelderzones (pioniervegetatie, lage kwelder, hoge kwelder) én tussen de vier onderzochte kweldergebieden. In Tabel 1 staat een overzicht van de (rekenkundige) gemiddelde koolstofvoorraad per hectare in de bovenste meter van de vier kwelders uit Teunis & Didderen (2018), Peazemerlannen uit Van der Jagt *et al.* (2020), vier kwelders in de Westerschelde uit van de Broek *et al.* (2018) en drie vastelandskwelders in de Duitse Waddenzee uit Mueller *et al.* (2019). Daarnaast is door Elschot *et al.* (2015) en door Van der Snoek (2016) de bovenste 10 cm van de Oosterkwelder op Schiermonnikoog gemeten.



Tabel 1. Gemiddelde koolstofvoorraad per hectare \pm standaarddeviatie (SD) in kwelders in Nederland en in Duitsland. De metingen van Schiermonnikoog zijn op basis van 10 cm kwelderdiepte, en hierdoor lager dan de andere waarnemingen, die gebaseerd zijn op 1 m kwelderdiepte. Het teken “#” geeft het aantal gutsen weer.

Locatie	Gemiddeld Ton C/ha	SD	#	Bron
Schorren van Texel	255	\pm 163	12	Teunis & Didderen 2018
Uithuizerwad	330	\pm 21.6	12	
Zuid-Beveland	378	\pm 54.4	12	
Zuidgors	240	\pm 31.7	12	
Kruispolder	257	\pm 5.8	6	Van de Broek <i>et al.</i> 2018
Hellegat	198	\pm 3.7	6	
Zuidgors	229	\pm 5.6	6	
Sloehaven	243	\pm 4.5	3	
Westerhever	180	\pm 20	2	Mueller <i>et al.</i> 2019
Sönke-Nissen-Koog	220	\pm 10	2	
Dieksanderkoog	150	\pm 10	2	
Peazemerlannen	173	\pm 74	6	Van der Jagt <i>et al.</i> 2020
Schiermonnikoog	31*	\pm 8.9	50	Elschot <i>et al.</i> 2015
Oosterkwelder	43.6*	\pm 17.6	17	Van der Snoek 2016

De vastgestelde koolstofvoorraad per hectare is redelijk vergelijkbaar tussen de studies, waarbij de Duitse kwelders iets minder koolstof lijken te bevatten. De Duitse vastelandskwelders zijn ingedamde kwelders die relatief jong zijn en begraaasd worden (Mueller *et al.* 2019), en zijn waarschijnlijk daardoor niet direct vergelijkbaar met Nederlandse kwelders. De Oosterkwelder van Schiermonnikoog bevat substantieel minder koolstof dan de andere gemeten kwelders, omdat deze kwelder slechts 7-14 cm dik is (Elschot *et al.* 2015).

De gemeten koolstofvoorraad voor Nederlandse kwelders verschilt per locatie. Kunnen we op basis van de bekende gegevens van Nederlandse kwelders vaststellen wat de koolstofvoorraad is op een kwelder waar we geen metingen van hebben? Om dat te bepalen zijn de bekende waarden gegroepeerd in drie geografische locaties (Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde). Hierbij is een rekenkundig gemiddelde en standaarddeviatie (in procent van het gemiddelde) berekend van alle metingen uit Teunis & Didderen (2018), Van der Jagt *et al.* (2020) en Van de Broek *et al.* (2018). De resultaten van deze analyse staan in Tabel 2.



Tabel 2. Gemiddelde koolstofvoorraad per hectare in Nederlandse kwelders, gebaseerd op Teunis & Didderen 2018, Van der Jagt et al. 2020 en Van de Broek et al. 2018. Er is uitgesplitst op geografische locatie en op kweldertype. In de kolom 'locaties' is aangegeven op hoeveel onderzoekslocaties de gegevens betrekking hebben, in de kolom 'metingen' is aangegeven hoeveel gultsboringen geanalyseerd zijn.

Locatie	Gemiddeld Ton C/ha	SD %	# kwelders	# metingen
Waddenzee eiland	256	84	1	12
Waddenzee vasteland	267	40	2	18
Oosterschelde	378	29	1	12
Westerschelde	235	21	4	33
Alle waarnemingen	276	47	8	75

Als de kwelders worden opgedeeld in geografische locatie, hebben kwelders in de Westerschelde een relatief lage foutmarge. In de Westerschelde zijn vier kwelders bemonsterd die evenredig over het gebied verdeeld zijn (van west naar oost: Sloehaven, Zuidgors, Hellegat en Kruispolder). Vastelandskwelders in de Waddenzee (Uithuizerwad en Peazemerlannen) hebben een relatief hoge foutmarge van 40% (Tabel 2). Dit komt omdat de koolstofvoorraad in Peazemerlannen lager is dan die van het Uithuizerwad (Tabel 1). Er is slechts één kwelder in de Oosterschelde (Verdronken Land van Zuid-Beveland) en één eilandkwelder in de Waddenzee (Schorren van Texel) meegenomen in de analyse. Voor beide kwelders geldt dat er hoge variatie is tussen de metingen. De variatie van alle waarnemingen die meegenomen zijn in deze analyse is 47%.

De koolstofvoorraad en Blue Carbon potentie kan voor kwelders in het Westerscheldesysteem voldoende nauwkeurig bepaald worden. Voor andere systemen in Nederland hebben we gegevens van te weinig locaties en een hoge variatie. Voor de Oosterschelde en Waddenzee is het raadzaam extra koolstofmetingen te doen om de gemiddelde koolstofvoorraad en Blue Carbon potentie voldoende zeker te kunnen bepalen.

2. Welk percentage koolstof mag worden toegekend aan Blue Carbon maatregelen?

Koolstof dat opgeslagen ligt in kwelders kan zijn vastgelegd door:

- kwelderplanten (autochtoon koolstof);
- benthische organismen in de kwelder (autochtoon koolstof);
- fytoplankton en zwevend organisch materiaal (detritus, slib) uit de waterkolom ("allochtoon" koolstof).

Er is relatief weinig bekend over de bijdrage van deze vier bronnen aan de koolstofvastlegging in kwelders. De meeste studies naar koolstofstromen en -opslag in kwelders zijn gedaan in de Verenigde Staten. Onderzoek van Haines (1976) suggereerde dat een substantieel deel van organische koolstof in de bodem van kwelders bij Sapelo Island (Georgia, VS) afkomstig is van fytoplankton. In diezelfde kwelders toonden Peterson & Howarth (1987) aan dat fauna op de kwelder ongeveer evenveel koolstof van de kwelderplant *Spartina* (slijkgras) als van benthische algen en fytoplankton accumuleerde. Pomeroy *et al.* (1981) schatten dat 84% van de primaire productie in de kwelders van



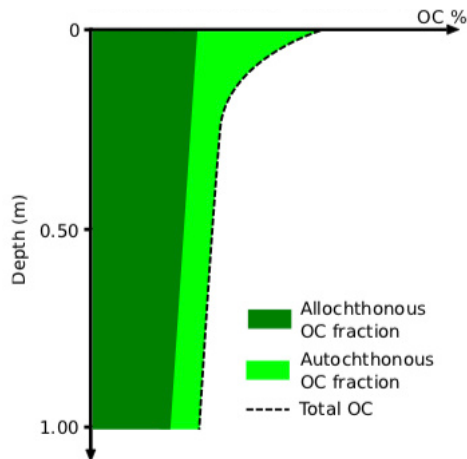
Sapelo Island (Georgia, VS) door *Spartina* werd uitgevoerd, 10% door benthische algen en 6% door fytoplankton in de waterkolom. In dit geval zou slechts 6% van het totaal vastgelegde koolstof allochtoon koolstof zijn.

Benthische algen in kwelders langs de Atlantische kust en de Golfkust van de Verenigde Staten waren in een studie verantwoordelijk voor 10-30% van de primaire productie, terwijl dit in een kwelder in South California zelfs meer dan 60% was (Sullivan & Currin 2002; Zedler 1980). In een studie naar twee kweldergebieden bij Tokio (Japan) werd gevonden dat in de ene kwelder koolstof in de bodem voor 50% afkomstig was van rietsoorten, 49% van benthische algen en minder dan 1% van fytoplankton, terwijl in de andere kwelder vrijwel geen koolstof afkomstig was van rietsoorten, ongeveer de helft van benthische algen en de andere helft van fytoplankton (Kon *et al.* 2012). In een kwelder bij Sydney (Australië) is als gevolg van industriële activiteiten in de afgelopen 50 jaar een shift opgetreden van zeegras en planten naar algen (waarschijnlijk zowel benthische algen en fytoplankton) als voornaamste bron van koolstof in de bodem (Macreadie *et al.* 2012). In een studie dicht bij huis, in een schor nabij Waarde aan de Westerschelde, werd geschat dat 30-45% van het koolstof in de bodem afkomstig was van *Spartina*, en dat de rest afkomstig was van benthische algen en fytoplankton (Boschker *et al.* 1999).

Koolstof van algen (zowel benthische als pelagische) wordt algemeen gezien als zeer makkelijk afbreekbaar, en aangenomen wordt dat de hoeveelheid opgeslagen koolstof in kwelders afkomstig van algen verwaarloosbaar is (Pomeroy *et al.* 1981; Boschker *et al.* 1999; van de Broek *et al.* 2018). Geschat wordt dat ongeveer 0,1% van de totale biomassa van algen voor langere tijd wordt opgeslagen in de bodem, terwijl dit voor zeegrassen en planten als *Spartina* tot 10% kan zijn (Macreadie *et al.* 2012).

In het bovenstaande stuk is detritus als bron van koolstof niet besproken. Dit komt omdat detritus geen koolstofproducent is, dat wil zeggen dat detritus uit planten- en/of algenmateriaal bestaat, maar hierdoor niet herkenbaar is als aparte bron. Een deel van het koolstof in de bodem is in de vorm van detritus in de bodem terecht gekomen, maar om te bepalen of dit meegerekend mag worden in een Blue Carbon berekening zal eerst moeten worden bepaald waar het vandaan komt. Detritus van kwelderplanten als *Spartina* is in dit geval autochtoon koolstof, maar detritus van fytoplankton is allochtoon. Voor de Westerschelde wordt geschat dat ongeveer 50% van de koolstofvoorraad in de bodem van zoute kwelders afkomstig is uit slib en oud detritus (van de Broek *et al.* 2018), maar er is zeer weinig over bekend.

In een recent gepubliceerde studie naar de herkomst en leeftijd van koolstof dat sedimenteert en opgeslagen wordt in kwelders in de Westerschelde en langs de Schelde (van de Broek *et al.* 2018) werd geconstateerd dat zoute kwelders in de Westerschelde voornamelijk koolstof bevatten dat al heel oud is. Kwelders zijn in deze situatie boven op veen gevormd. Dit oude koolstof in de veenlagen is enkele duizenden jaren geleden vastgelegd door planten in een ander ecosysteem en breekt slecht af (zogenaamd "recalcitrant koolstof").



Figuur 1. Conceptuele weergave van allochtoon en autochtoon koolstof in een zoute kwelder in de Westerschelde. In de bovenste laag van het sediment is veel autochtoon koolstof aanwezig, maar dit wordt ten opzichte van het oude allochtone koolstof veel sneller afgebroken. Hierdoor blijft in diepere lagen relatief meer oud allochtoon koolstof over. Bron: van de Broek et al. 2016.

Door afkalving van deze oude veenlagen in dit andere ecosysteem kan het oude koolstof in de vorm van detritus en slib worden meegenomen door de rivier of zee en sedimenteert het elders de kwelder. Ondertussen wordt er op de kwelder ook koolstof vastgelegd door kwelderplanten en algen, maar dit koolstof breekt binnen enkele tientallen jaren af. Het oude moeilijk afbreekbare koolstof blijft hierdoor over (Figuur 1). In de Westerschelde is een saliniteitsgradient waarneembaar: in een zoet schor lijkt 30% van het opgeslagen koolstof allochtoon, terwijl dit voor een zout schor 50% is (van de Broek *et al.* 2018). Een studie naar kwelders in het Duitse gedeelte van de Waddenzee (Mueller *et al.* 2019) toonde aan dat autochtoon koolstof sneller werd afgebroken dan allochtoon koolstof, en dat naar schatting ongeveer 70% van het langdurig opgeslagen koolstof allochtoon is.

Een andere parameter die belangrijk is in het bepalen van het koolstofbudget van een kwelder is erosie. Het materiaal dat van een kwelder erodeert kan (deels) weer op dezelfde kwelder bezinken. In de vorige studie is aangenomen dat 85% van het geërodeerd materiaal weer op de kwelder bezinkt (Teunis & Didderen 2018). Andere studies tonen echter aan dat slechts een klein deel van het materiaal weer op de kwelder bezinkt, en dat het grootste gedeelte van het geërodeerd materiaal in de waterkolom wordt afgebroken (Theuerkauf *et al.* 2015; Temmerman *et al.* 2003; D'Alpaos *et al.* 2007). Op basis van deze literatuur is het dus vooralsnog onduidelijk hoeveel van het geërodeerd materiaal weer op de kwelder bezinkt. Deze waarde is nodig om te bepalen wat een maatregel ter voorkoming van erosie oplevert.



Tabel 3. Onzekerheden bij het bepalen van de Blue Carbon potentie van een gebied.

Locatie	Waarde	Onzeker	Probleem?	Alternatief
Koolstofvoorraad	261	45%	Ja	Metingen doen
Allochtoon koolstof	10-75%			
Fytoplankton (algen)	5%		Nee	
Detritus/slib	10%?	?	Nee	
Oud koolstof	50%	?	Ja	Metingen doen
Afbraak allochtoon koolstof buiten kwelder	50%?		Ja	Afbraak in water bepalen
Sedimentatie van erosie	?		Ja	Metingen doen

Kunnen we aan de hand van de besproken informatie een goede inschatting maken van de koolstofvoorraad in Nederlandse kwelders? In Tabel 3 is een overzicht gegeven van de parameters die hiervoor nodig zijn. De berekende koolstofvoorraad voor een Nederlandse kwelder heeft een hoge onzekerheidsmarge, dus is het raadzaam metingen te doen. Het koolstof dat in kwelderbodems ligt opgeslagen bestaat voor 10-75% uit allochtoon koolstof. Slechts een klein deel daarvan is afkomstig van fytoplankton, omdat dit weer snel wordt afgebroken (Pomeroy *et al.* 1981; Boschker *et al.* 1999; van de Broek *et al.* 2018). Het percentage koolstof afkomstig uit slib is onduidelijk, maar we schatten in dat dit geen aanzienlijke bron van koolstof is in vergelijking met koolstof uit vegetatie. Het percentage oud koolstof in de Westerschelde, mogelijk afkomstig uit veenpakketten, is echter aanzienlijk (van de Broek *et al.* 2018). Onduidelijk is wat er met het koolstof zou gebeurd zijn als het niet in de kwelderbodem was opgeslagen. Als het volledig zou zijn afgebroken in de waterkolom, zou sedimentatie en opslag in de kwelder dus zorgen voor minder CO₂-uitstoot. Waarschijnlijk zal een aanzienlijk deel van het koolstof inderdaad zijn afgebroken, een ander deel is mogelijk moeilijk afbreekbaar oud koolstof (zogenaamd recalcitrant koolstof).

Omdat metingen die de hoeveelheid oud koolstof bepalen kostbaar zijn (koolstofdatering) en niet bekend is welk percentage van het opgeslagen allochtoon koolstof afgebroken zou zijn als het niet in de kwelder was terechtgekomen, stellen we voor de volgende vuistregel aan te houden:

- De helft van het koolstof in de eerste meter kwelder is allochtoon en slecht afbreekbaar in de waterkolom en kan niet worden toegerekend aan het Blue Carbon project.

Deze vuistregel is besproken met experts (Willem van Duin (Artemisia); Eric Arets (WUR); Marijn van de Broek (ETH Zürich); Tjeerd Bouma en Jim van Belzen (NIOZ); Marelle van der Snoek (Waddenvereniging)). Hierop zijn de volgende reacties gekomen:

- de vuistregel is duidelijk beredeneerd en een goed startpunt voor verder onderzoek;
- 50% is een te sterke vereenvoudiging. In een zout schor kan tot 75% allochtoon zijn;
- het is moeilijk om allochtoon koolstof te meten, dus het is beter een conservatieve schatting te maken met behulp van de voorgestelde vuistregel;
- allochtoon koolstof kan wel degelijk meegeteld worden als het materiaal anders was afgebroken. Hier moet onderzoek naar gedaan worden;



- als 50% inderdaad een conservatieve schatting is, is dat een goede vuistregel. Alternatief kan bij het verstrekken van koolstofcertificaten een buffer genomen worden.

3. Welke gegevens zijn beschikbaar en bruikbaar voor monitoring van een Blue Carbon project?

Een Blue Carbon project heeft als doel om extra CO₂ vast te leggen of vast te houden in vergelijking met de huidige situatie (baseline). Er zijn voor Nederland vier maatregelen geformuleerd die hier aan kunnen bijdragen (Teunis & Didderen, 2018):

1. beschermen van huidige kwelder tegen erosie (afslag);
2. uitbreiden areaal van bestaande kwelder;
3. creëren van een nieuwe kwelder;
4. optimaliseren van beheer en onderhoud van de kwelder.

Het bepalen van de hoeveelheid koolstof dat als gevolg van het Blue Carbon project is vastgelegd of vastgehouden kan op basis van oppervlakte- en hoogtebepalingen van de kwelder. Dit geldt in elk geval voor de maatregelen 1 t/m 3. Op basis van bekende koolstofwaarden in de kwelder en aanvullende metingen is bekend:

1. wat de koolstofvoorraad is per oppervlakte en volume;
2. hoeveel koolstof na 50 jaar netto is vastgelegd.

Uitgangspunt hierbij is dat voor de betreffende locatie voldoende nauwkeurig bekend is wat de koolstofvoorraad tot 1 m diepte is (zie hierboven).

Bestaande monitoringsprogramma's van RWS zoals Meetnet Kwelderartering (VEGWAD), Zeegraskartering en hoogtemetingen leveren informatie over de oppervlakteontwikkelingen van kwelders en opslibbing in kweldersystemen (trends) waarmee de baseline locatiespecifiek kan worden bepaald en monitoring van koolstofvastlegging kan worden uitgevoerd.

VEGWAD en Zeegraskartering

Het meetnet Kwelderartering (VEGWAD) en de Zeegraskartering maakt onderdeel uit van het monitoringsprogramma Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands (MWTL). Gegevens van het VEGWAD programma en Zeegraskartering zijn vrij beschikbaar op internet (Geodatabase).

Alle Nederlandse kwelders worden periodiek elke 6 jaar onderzocht. Uit deze gegevens kan de oppervlakte per hoofdzone worden bepaald en dus ook de totale toe- en afname van de begroeide kwelder (inclusief pionierszone). Aandachtspunt hierbij is dat de pionierszone ook kan ontstaan hoger op de kwelder als gevolg van vernatting (dichtmaken greppels of bijvoorbeeld begrazing). Het koolstofgehalte van deze hoger gelegen pionierszone is waarschijnlijk hoger dan de pionierszone aan de rand van de kwelder.

Hoogtemetingen

Jaarlijks laat RWS nauwkeurige hoogtemetingen en vegetatieopnames uitvoeren in 25 meetvakken in de Friese en Groninger kwelderwerken. Daarnaast wordt op diverse andere



locaties onderzoek gedaan naar opslibbing en vegetatieontwikkeling in kweldersystemen en zijn hoogtegegevens van het maaiveld beschikbaar die zijn ingewonnen met satelliet. Gegevens zijn vrij beschikbaar op internet. Op basis van beschikbare literatuur kan worden bepaald wat per kweldergebied de minimale opslibbing is per hoofdzone.

Gebruik van een drone voor oppervlakte en hoogtemetingen

Er zijn andere opties voor het bepalen van oppervlakte en hoogte van buitendijkse zoute gebieden. Er kan gebruik gemaakt worden van drones om gedetailleerde luchtfoto's te maken. Door een automatische fotoanalyse kan de oppervlakte van een kwelder nauwkeurig in beeld worden gebracht. Ook kunnen met een drone hoogtemetingen worden uitgevoerd. Het voordeel van het inzetten van een drone is dat er op elk moment gemeten kan worden. Het nadeel is dat de kosten voor inwinning en analyse van de data hoog zijn vergelijkbaar met het gebruik van bestaande data.

Voor monitoring van effecten van beheer in Blue Carbon projecten (maatregel 4) zijn geen bestaande monitoringsprogramma's beschikbaar. Dit kan alleen op basis van literatuurgegevens (o.a. Harvey et al 2019) of door op proeflocaties koolstofmetingen uit te laten voeren. Informatie over het beheer op kwelders, het doel van het beheer en effect daarvan op de kwaliteit kan worden afgeleid uit de SNL karteringen die terreinbeheerders periodiek laten uitvoeren voor de provincies. Uit deze informatie kan de baseline voor maatregel 4 locatiespecifiek worden afgeleid.

Literatuur

- Boschker, H.T.S, J.F.C de Brouwer & T.E. Cappenberg, 1999. The contribution of macrophyte-derived organic matter to microbial biomass in salt-marsh sediments: Stable carbon isotope analysis of microbial biomarkers. *Limnology & Oceanography* 44(2), pp 309-319.
- Van de Broek, M, S. Temmerman, R. Merckx & G. Govers, 2016. Controls on soil organic carbon stocks in tidal marshes along an estuarine salinity gradient. *Biogeosciences* 13, pp 6611-6624.
- Van de Broek M., C. Vandendriessche, D. Poppelmonde, R. Merckx, S. Temmerman & G. Govers, 2018. Long-term organic carbon sequestration in tidal marsh sediments is dominated by old-aged allochthonous inputs in a macro-tidal estuary. *Global Change Biology* 4(6), pp 2498-2512.
- D'Alpaos, A., Lanzoni, S., Marani, M., Rinaldo, A., 2007. Landscape evolution in tidal embayments: modeling the interplay of erosion, sedimentation, and vegetation dynamics. *J. Geophys. Res.* 112, F01008.
- Elschot, K., J.P. Bakker, S. Temmerman, J. van de Koppel & T.J. Bouma, 2015. Ecosystem engineering by large grazers enhances carbon stocks in a tidal salt marsh. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 537, pp 9-21.
- Haines, E.B., 1976. Stable Isotope Ratios in the Biota, Soils and Tidal Water of a Georgia Salt Marsh. *Estuarine and Coastal Marine Science* 4, pp 609-626.
- Harvey RJ, Garbutt A, Hawkins SJ and Skov MW, 2019. No Detectable Broad-Scale Effect of Livestock Grazing on Soil Blue-Carbon Stock in Salt Marshes. *Front. Ecol. Evol.* 7:151. doi: 10.3389/fevo.2019.00151.
- Van der Jagt, H.A., W.E. van Duin & G. Hoefsloot, 2020. Blue Carbon in Peazemerlannen. Blue Carbon potentie bij verkweldering van een zomerpolder. Bureau Waardenburg Rapportnr 19-250. Bureau Waardenburg, Culemborg.



- Kon, K., Y. Hoshino, K. Kanou, D. Okazaki, S. Nakayama & H. Kohno, 2012. Importance of allochthonous material in benthic macrofaunal community functioning in estuarine salt marshes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 96, pp 236-244.
- Macreadie, P.I., K. Allen, B.P. Kelaher, P.J. Ralph & C.G. Skilbeck, 2012. Paleoreconstruction of estuarine sediments reveal human-induced weakening of coastal carbon sinks. *Global Change Biology* 18, pp 891-901.
- Mueller P., N. Ladiges, A. Jack, G. Schmiedi, L. Kutzbach, K. Jensen & S. Nolte, 2019. Assessing the long-term carbon-sequestration potential of the semi-natural salt marshes in the European Wadden Sea. *Ecosphere* 10(1), e02556.
- Peterson, B.J., & R.W. Howarth, 1987. Sulfur, carbon and nitrogen isotopes used to trace organic matter flow in the salt-marsh estuaries of Sapelo Island, Georgia. *Limnology & Oceanography* 32(6), pp 1195-1213.
- Pomeroy, L. R., W. M. Darley, E.L. Dunn, J.L. Gallagher, E.B. Haines & D.M. Whitney, 1981. Primary Production. In: Pomeroy L.R., Wiegert R.G. (eds) *The Ecology of a Salt Marsh. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)*, vol 38. Springer, New York, NY
- Siikamäki, J., J.N. Sanchirico, S. Jardine, D. McLaughlin & D. Morris, 2013. Blue carbon: Coastal ecosystems, their carbon storage, and potential for reducing emissions. *Environment* 55(6), pp 14-29.
- Van der Snoek, M, 2016. Blue Carbon. Kansen voor herstel en behoud van kwelders in Nederland. MSc-stagerapport Rijksuniversiteit Groningen en Bureau Waardenburg.
- Sullivan, M.J., & C.A. Currin, 2002. Community Structure and Functional Dynamics of Benthic Microalgae in Salt Marshes. In: Weinstein M.P., Kreeger, D.A. (eds.) *Concepts and Controversies in Tidal Marsh Ecology*. Springer, Dordrecht.
- Tamis, J.E & E.M. Foekema, 2015. A review of blue carbon in the Netherlands. IMARES rapportnr C151/15. IMARES Wageningen UR.
- Teunis, M & K. Didderen (2018). Blue Carbon in Nederlandse kwelders. Resultaten van vier kwelders in beheergebieden van Natuurmonumenten. Bureau Waardenburg Rapportnr. 18-301. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Temmerman, S., Govers, G., Wartel, S., Meire, P., 2003. Spatial and temporal factors controlling short-term sedimentation in a salt and freshwater tidal marsh, Scheldt estuary, Belgium, SW Netherlands. *Earth Surf. Process. Landforms* 28, 739e755
- Theuerkauf, E.J, J.D. Stephens, J.T. Ridge, F.J. Fodrie & A.B. Rodriquez, 2015. Carbon export from fringing saltmarsh shoreline erosion overwhelms carbon storage across a critical width threshold. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 164, pp 367-378.
- Zedler, J.B. 1980. Algal mat productivity: Comparisons in a salt marsh. *Estuaries* 3(2), pp 122-131.

Internet:

(<https://geoservices.rijkswaterstaat.nl/ext/geoweb51/index.html?viewer=Kweldervegetatie.Webviewer>).

<https://www.rijkswaterstaat.nl/apps/geoservices/geodata/dmcc/>

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van en gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoekthema 'Klimaatenvolpe Klimaatslim Bos, Natuur en Hout'.



Bureau Waardenburg bv is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Bureau Waardenburg bv; opdrachtgever vrijwaart Bureau Waardenburg bv voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

© Bureau Waardenburg bv / Natuurmonumenten

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden vervaardigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, digitale kopie of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Bureau Waardenburg bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Lid van de branchevereniging Netwerk Groene Bureaus. Het kwaliteitsmanagementsysteem van Bureau Waardenburg bv is door CERTIKED gecertificeerd overeenkomstig ISO 9001: 2015. Bureau Waardenburg bv hanteert als algemene voorwaarden de DNR 2011, tenzij schriftelijk anders wordt overeengekomen.



Bureau Waardenburg, Postbus 365 4100 AJ Culemborg, 0345 51 27 10, info@buwa.nl, www.buwa.nl



Bureau Waardenburg bv
Onderzoek en advies voor ecologie en landschap
Varkensmarkt 9, 4101 CK Culemborg
Telefoon 0345-512710
E-mail info@buwa.nl, www.buwa.nl