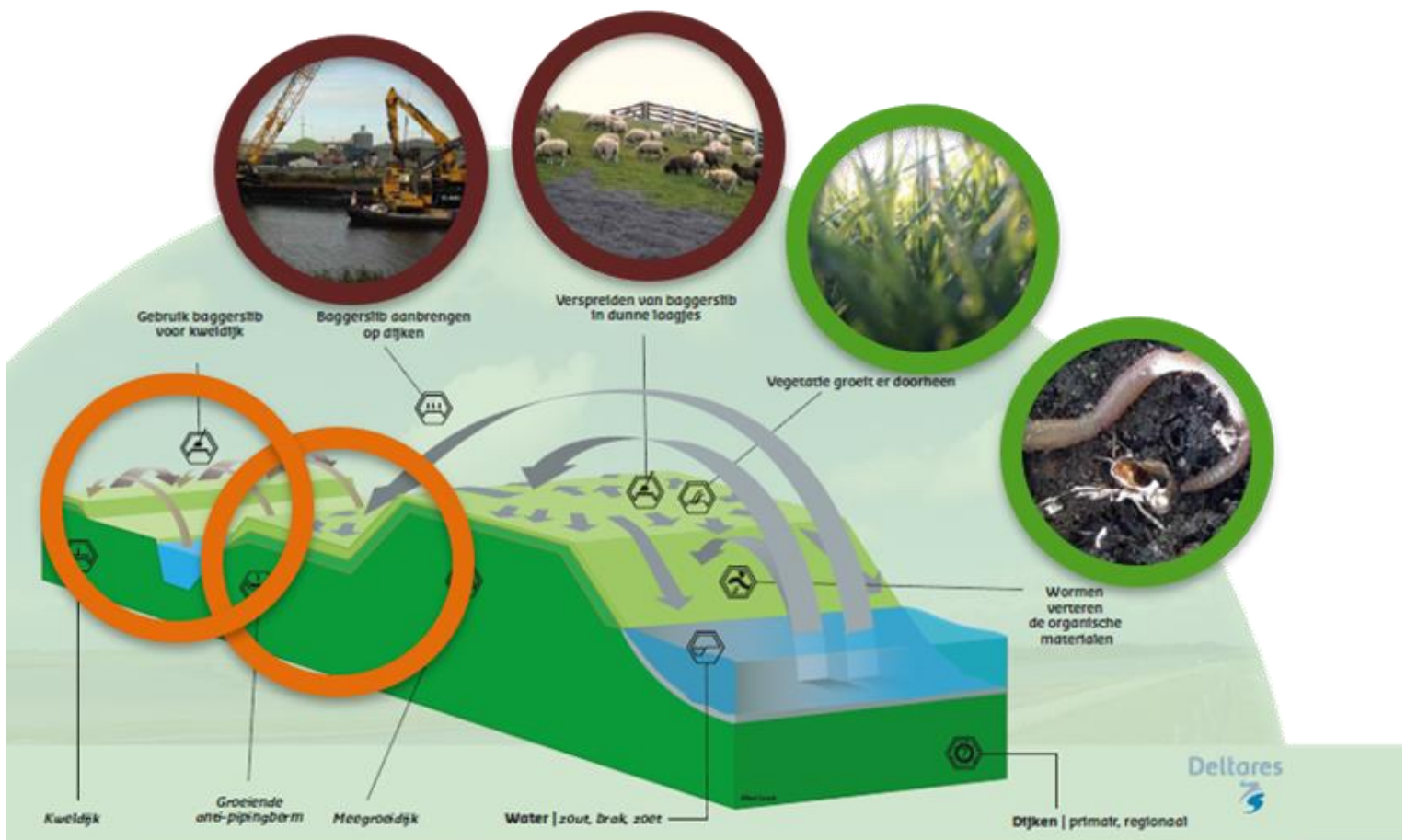
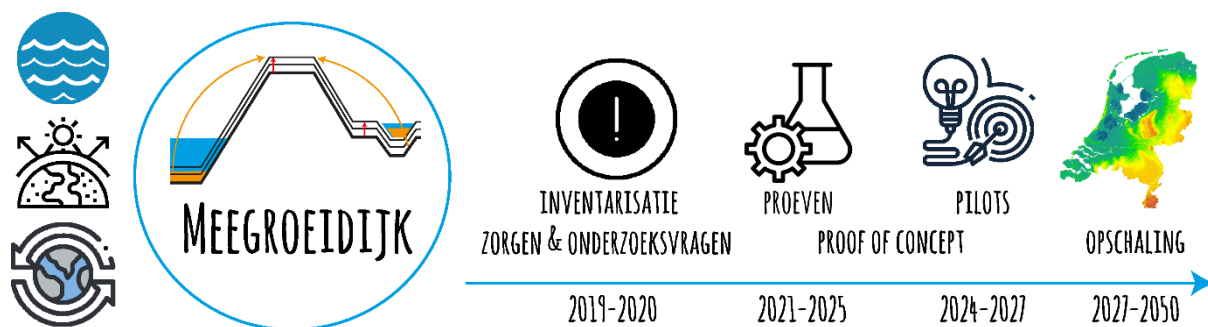


Meegroeidijk uitvoerings- en opschalingsplan





Auteurs: Andrea Forzoni & Pieter Doornenbal (Deltares), Jasper Leuven & Marc Horstman (RHDHV), Bart van Es (Witteveen+Bos), Marinka Puijenbroek (WMR), Karen Leever (HVHL), Vincent Krocké (Van Oord), Carla Grashof-Bokdam (WER), Luca Sittoni (EcoShape), Ludolph Wentholt (Stowa), Kees de Jong & Jan Willem Nieuwenhuis (Waterschap Noorderzijlvest), Annette Kieftenburg & Marcel van der Doef (Brabantse Delta), Michael Methorst (Hoogheemraadschap van Rijnland).

Reviewers: Wouter van der Star & Andre Koelewijn (Deltares)

Meegroeidijk uitvoerings- en opschalingsplan

Documentgegevens	
Versie	1.0
Datum	28-07-2021
Projectnummer	11205748-002
Document ID	11205748-002-BGS-0004
Pagina's	55
Classificatie	
Status	definitief

Auteurs	
	Andrea Forzoni & Pieter Doornenbal (Deltares), Jasper Leuven & Marc Horstman (RHDHV), Bart van Es (Witteveen+Bos), Marinka Puijenbroek (WMR), Karen Leevers (HVHL), Vincent Krocké (Van Oord), Carla Grashof-Bokdam (WER), Luca Sittoni (EcoShape), Ludolph Wentholt (Stowa), Kees de Jong & Jan Willem Nieuwenhuis (Waterschap Noorderzijlvest), Annette Kieftenburg & Marcel van der Doef (Brabantse Delta), Michael Methorst (Hoogheemraadschap van Rijnland).

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
	AF			
1.0	Andrea Forzoni	Wouter van der Star	Hanneke van der Klis	

Samenvatting

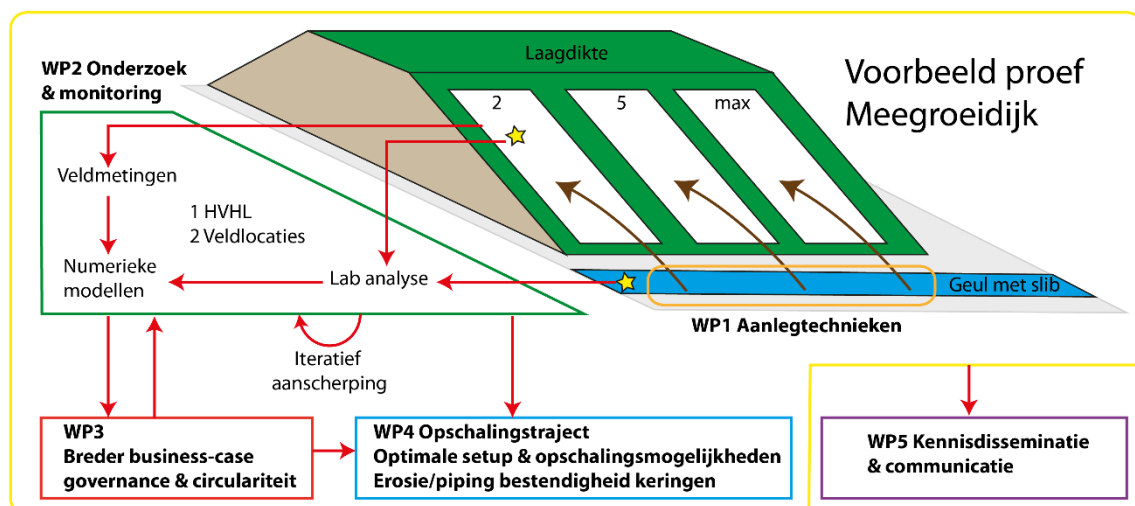
Deltagebieden kunnen op geologische tijdschalen meegroeien met een stijgende zeespiegel doordat langs rivieren en kusten sediment laagje voor laagje wordt afgezet door natuurlijke processen. Dit is de inspiratie voor de Meegroeidijk (MGD): het hergebruik van gebaggerd, gebiedseigen slib om langdurig, laagje voor laagje, dijken te versterken. Hiermee wordt slib gebruikt als belangrijke bouwstof in plaats van dat slib gebaggerd wordt en moet worden afgevoerd. Dit biedt mogelijk een integrale oplossing voor de transitie naar circulair hergebruik van sediment, duurzame waterveiligheid en vermindering van broeikasgasuitstoot in de dijkenbouwketen. Verder biedt deze oplossing de mogelijkheid om werk-met-werk te genereren, met het verbinden van bagger- en dijkonderhoudsactiviteiten en om zo te besparen in kosten.

Dit uitvoeringsplan is het eindproduct van een eenjarige samenwerking tussen STOWA, verschillende waterschappen, kennisinstituten en commerciële partners, waarin eisen, doelen en concepten zijn afgestemd – Fase 1. Tegelijkertijd vormt het ook de eerste stap, met hetzelfde consortium, naar het uitvoeren van experimenten/pilots en de opschaling hiervan – Fase 2.

In dit uitvoeringsplan geven we een overzicht van het voorwerk dat al gedaan is om het concept MGD te ontwikkelen, inclusief business-case en circulariteit, en bieden we een gefundeerde opzet voor hoe onderzoek en ontwikkeling van de haalbaarheid van de MGD uitgevoerd zal worden. Hiermee worden de eerder geïnventariseerde onderzoeksvragen beantwoord om deze innovatie op te kunnen schalen naar andere rivier- en kustgebieden in Nederland en in het buitenland.

De belangrijkste punten zijn hieronder samengevat.

- 1) De eerste analyse van de business-case en CO₂-uitstoot toont een duidelijke kostenbesparing en CO₂ vermindering van de MGD ten opzichte van regulier baggeren en dijkversterking.
- 2) Door middel van kleinschalige veldproeven met focus op aanbrengen van gebiedseigen slib op een dijk, zullen we de optimale/haalbare wijze van uitvoeren en beheren bepalen van de MGD. Slib wordt aangebracht op verschillende kleine percelen waar periodiek metingen uitgevoerd zullen worden (Fig.S.1). De focus van de proeven ligt op de eigenschappen en het gedrag van slib op de dijk, de interactie tussen slib en vegetatie en de implicaties voor dijkveiligheid. Veldmetingen zullen gekoppeld worden met laboratoriummetingen (bodem- en vegetatiemonsters) en numerieke modellen. Onderwijs en betrekking van studenten worden hier in belangrijke mate bij betrokken.
- 3) De proeven zullen uitgevoerd worden op een of meerdere relevante locaties in Nederland. In dit plan bieden we een palet aan mogelijkheden: Hedwigepolder (Zeeland), Waddendijk (Groningen), Dubbele Dijk (Groningen) en in Noord-Brabant. Bovendien worden kleinschalige experimenten uitgevoerd op de campus Hogeschool Van Hall Larenstein (Gelderland) om eerst in het klein te testen voor de experimenten op een echte dijk.
- 4) De MGD sluit goed aan lokale en nationale doelen (natuur, dijkveiligheid, circulariteit), biedt aansluiting met andere lopende en toekomstige trajecten en biedt de mogelijkheid tot besparing in efficiëntere besteding van onderhoudsbudget.



Figuur S.1: voorbeeld opzet van een MGD-veldproef (met laagdikte van 2 en 5 cm en maximaal behaaltbare dikte) en relatie tussen de verschillende werkpakketten. De bestaande informatie over business-case, governance en circulariteit, gekoppeld met de informatie gewonnen bij het opstarten van het programma (WP3) zal doorslaggevend zijn over de locatie en het budget van de veldproeven. WP1 en WP2 zullen relevante input leveren (parameters en ervaring) voor nader aanscherping van de business case (WP3) en opschalingstraject (WP4). HVHL= Hogeschool van Hall Larenstein.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	8
1.1	Aanleiding en doel van het Plan van Aanpak	8
1.2	Concept, kaders en missies	10
1.2.1	Concept	10
1.2.2	Kaders	12
1.2.3	Bijdrage aan internationale en nationale missies	13
2	Governance, business case, circulariteitsanalyse	15
2.1	Introductie	15
2.2	Business case	16
2.2.1	Klassieke dijkversterking	16
2.2.2	Meegroeidijk	17
2.2.3	Overzicht business cases	18
2.2.4	Resultaten	20
2.3	Bestuurlijk	22
2.3.1	Afstemmen van slib transport	22
2.3.2	Gerelateerde projecten o.b.v. slibstromen	22
2.3.3	Mogelijke financiering van Meegroeidijken	22
2.4	Wet en regelgeving	23
2.5	Stakeholders betrekking en communicatiestrategie	24
3	Meegroeidijk veldproeven en onderzoek	25
3.1	Overzicht	25
3.2	Achtergrond	26
3.2.1	Dijkveiligheid	26
3.2.2	Bekleding	26
3.3	WP1 Aanlegtechnieken	28
3.4	WP2 Onderzoek en monitoring	29
3.4.1	Onderzoeksvragen	29
3.4.2	Te onderzoeken factoren in de pilots/veldproeven	30
3.4.3	Overzicht van veld- en labmetingen	31
3.4.4	Numerieke en analytische modellen	32
3.4.5	Onderwijsondersteuning	34
3.5	Proeflocaties	37
3.5.1	Locatie Groningen Dubbele dijk	37
3.5.2	Locatie Waddendijk	39
3.5.3	Locatie Hedwigepolder	40
3.5.4	Campus Hogeschool Van Hall Larenstein	41
3.5.5	Locatie Brabantse Delta	42
3.5.6	WP3 Governance, business case, circulariteit en vervolgstappen	43
3.5.7	WP4 Opschalingstraject	45

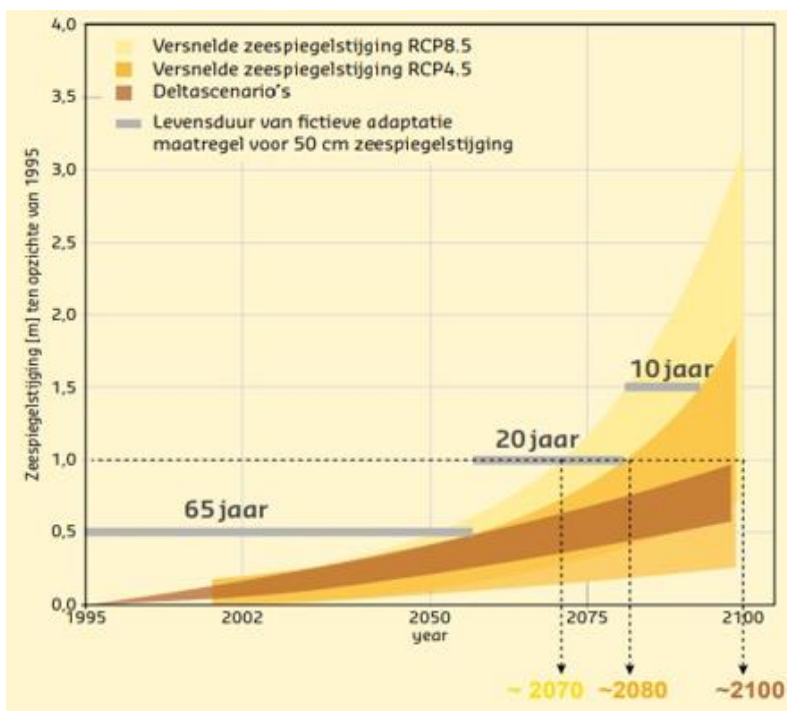
3.5.8	WP5 Kennisdisseminatie en communicatie	45
4	Planning en budget	46
4.1	Planning	46
4.2	Budget	46
4.3	Milestones	47
4.4	Deliverables	47
5	Literatuur	48
A	Broeikasgassen metingen en organische stof	49
B	Programma van Eisen en Wensen	50

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel van het Plan van Aanpak

Wat zijn de grootste uitdagingen waar we aan willen werken?

- **Zeespiegelstijging, bodemdaling, hogere afvoer en strengere normen** zijn grote uitdagingen voor de veiligheid van kust- en rivier-gebieden (zowel hoofdwatersystemen als regionaal): hoe houden we droge voeten en hoe houden we dat betaalbaar? We weten dat de zeespiegel stijgt en steeds harder zal gaan stijgen (Figuur 1.1). Het is dus de vraag hoelang traditionele dijkversterkingen betaalbaar blijven en op welke levensduur ze ontworpen kunnen worden.
- Uitstoot van **broeikasgassen** versnelt de opwarming van de aarde: hoe verkleinen we onze CO₂ impact en kunnen we tegelijk de economie en sociale welvaart ontwikkelen zoals afgesproken in het Akkoord van Parijs en specifiek ingevuld op EU en nationaal vlak en in Kennis & Innovatie Agenda's van de diverse Nederlandse Topsectoren?
- **Grondstoffen** zijn schaars en worden op grote schaal verbruikt. Dat geldt ook voor grond: zo wordt er nog steeds veel meer klei gewonnen dan er natuurlijk wordt afgezet in het Nederlands rivierengebied. Het lokaal hergebruik van grondstoffen, zoals slib dat vrijkomt uit het baggeren van havens en vaarwegen kan waarde creëren voor meerdere toepassingen: hoe kunnen we op een veilige en betaalbare manier natuurlijke grondstoffen hergebruiken?



Figuur 1.1: gevolgen van de versnelde zeespiegelstijging op de levensduur van een fictieve versterkingsmaatregel. Uit <https://www.deingenieur.nl/artikel/versnelde-zeespiegelstijging-stelt-onze-delta-zwaar-op-de-proef>

Samen zoeken we naar innovaties die deze uitdagingen integraal aanpakken, door ze te combineren en op elkaar af te stemmen. De MGD is hier een voorbeeld van. De MGD verbindt de drie bovenstaande thema's door geleidelijk, langdurig hergebruik van kleine volumes gebiedseigen slib (Slow building) voor dijkversterking zonder rijping van klei in depots.

Hiermee biedt de MGD mogelijk een integrale oplossing voor de transitie naar een circulaire economie, duurzamere en betaalbare waterveiligheid en vermindering van CO₂ uitstoot. Verder biedt deze oplossing de mogelijkheid om werk-met-werk te genereren, door het verbinden van bagger en dijkonderhoudsactiviteiten en -besparingen in (onderhouds)budget.

Om de haalbaarheid van dit concept te testen en openstaande kennisvragen te beantwoorden is uitgebreid onderzoek nodig middels veldproeven, bureaustudies, lab- en modelproeven. Dit uitvoeringsplan beschrijft dit onderzoek. Na uitvoering hiervan is deze innovatie rijp om opgeschaald te worden naar andere rivier- en kustgebieden in Nederland en mogelijk ook in het buitenland. Op het moment van schrijven is het consortium bezig om de financiering hiervoor rond te krijgen. Dit plan van aanpak geeft een gefundeerde opzet voor hoe de pilotstudies naar de MGD gaan worden uitgevoerd, met daarin de aandacht voor de onderdelen als gedefinieerd in het Programma van Eisen en Wensen (zie Appendix A).

NB: dit plan van aanpak geeft de stand van zaken van april 2021, die Fase 1 afrondt. Echter, zijn de partners van dit project tegelijkertijd in gesprek over het opzet van Fase 2. Scope, demonstratielocatie en dus ook raming en planning zouden kunnen veranderen. Appendix C geeft de meest recente stand van zaken weer (juli 2021).

Wat zijn de belangrijkste onderzoeksvragen?

In de voorfase van dit plan zijn, samen met alle partners van het consortium, de belangrijkste onderzoeksvragen rondom de haalbaarheid en levensvatbaarheid van de MGD geïnterviewd. De belangrijkste onderzoeksvragen zijn hieronder samengevat, met betrekking tot de toepassing van de MGD.

1. Wat is geschikt materiaal en wat zijn geschikte methodes voor de diverse proeflocaties? Zie hoofdstuk 3 (c, d, e).
2. Wat is een optimale combinatie van factoren, zoals laagdikte en type vegetatie, voor de haalbaarheid van de MGD? Zie hoofdstuk 3 (c, d, e).
3. Wat zijn de kansen en uitdagingen bij de verschillende faalmechanismen? Zie hoofdstuk 3 (b, d)
4. Wat is een geschikte wijze van beheer? Zie hoofdstuk 2 en 3d.
5. Wat zijn de effecten op bodem en vegetatie? Zie hoofdstuk 3d.
6. Wat is de invloed op het landschapsontwerpproces? Zie hoofdstuk 3d.
7. Wat zijn koppelkansen met lopende trajecten? Zie hoofdstuk 1, 2 3g.
8. Wat zijn de relevante regelgeving en procedures, wat zijn mogelijke belemmeringen daarin? Zie Hoofdstuk 2.
9. Wat is het financiële voordeel t.o.v. business-as-usual en financiering op langere termijn? Zie hoofdstuk 2 en 3f.
10. Hoe kunnen stakeholders meegenomen worden in het proces? Zie hoofdstuk 2 en 3f.
11. Wat is de CO₂-voetafdruk t.o.v. regulier bagger en dijkversterking? Zie hoofdstuk 2 en 3f.

12. Balans tussen vraag en aanbod voor bagger op proeflocaties en bij opschaling? Zie hoofdstuk 2, 3c en 3f.
13. Hoe houden we de impact op de omgeving zo laag mogelijk? Zie hoofdstuk 2 en 3 (b, d, f).

Leeswijzer

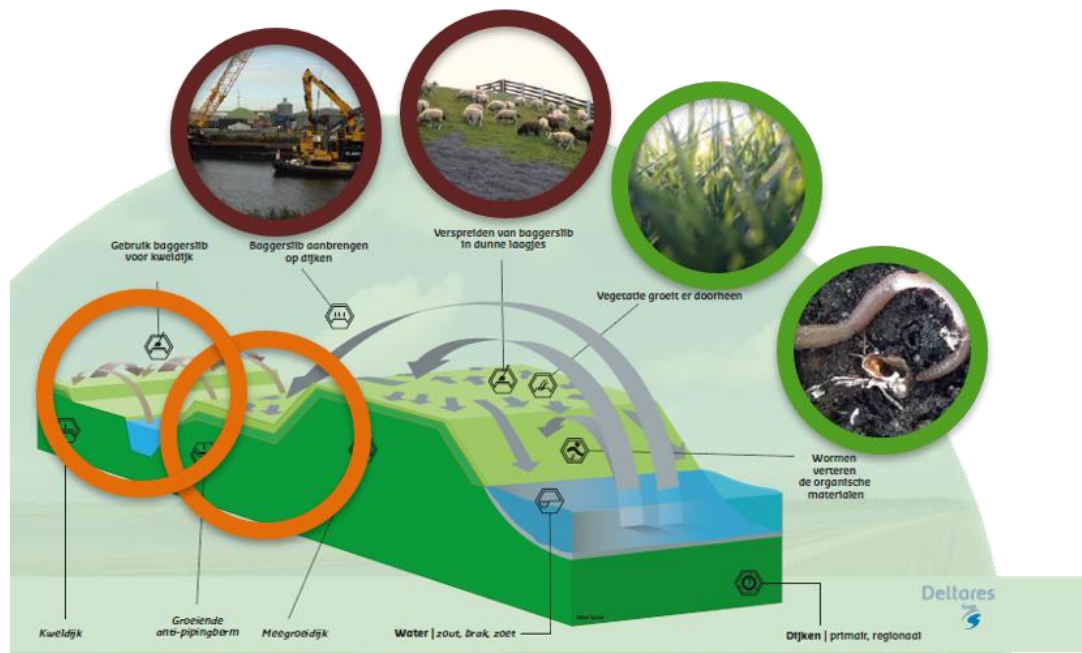
In sectie 1b schetsen we kaders van de MGD. Hoofdstuk 2 beschrijft de eerste analyse van business-case, governance en CO₂-voetafdruk. In hoofdstuk 3 lichten we het plan voor de volgende fase toe. Dit is gestructureerd in vijf werkpakketten (WP): aanlegmethodiek (WP1), de specificaties van de proeven, de metingen en de analyse (WP2), bredere businessmodel en circulariteitsanalyse (WP3), opschalingstraject (WP4), kennisdisseminatie en communicatie (WP5). Ten slotte biedt hoofdstuk 4 een overzicht van de budget en van de planning.

1.2 Concept, kaders en missies

1.2.1 Concept

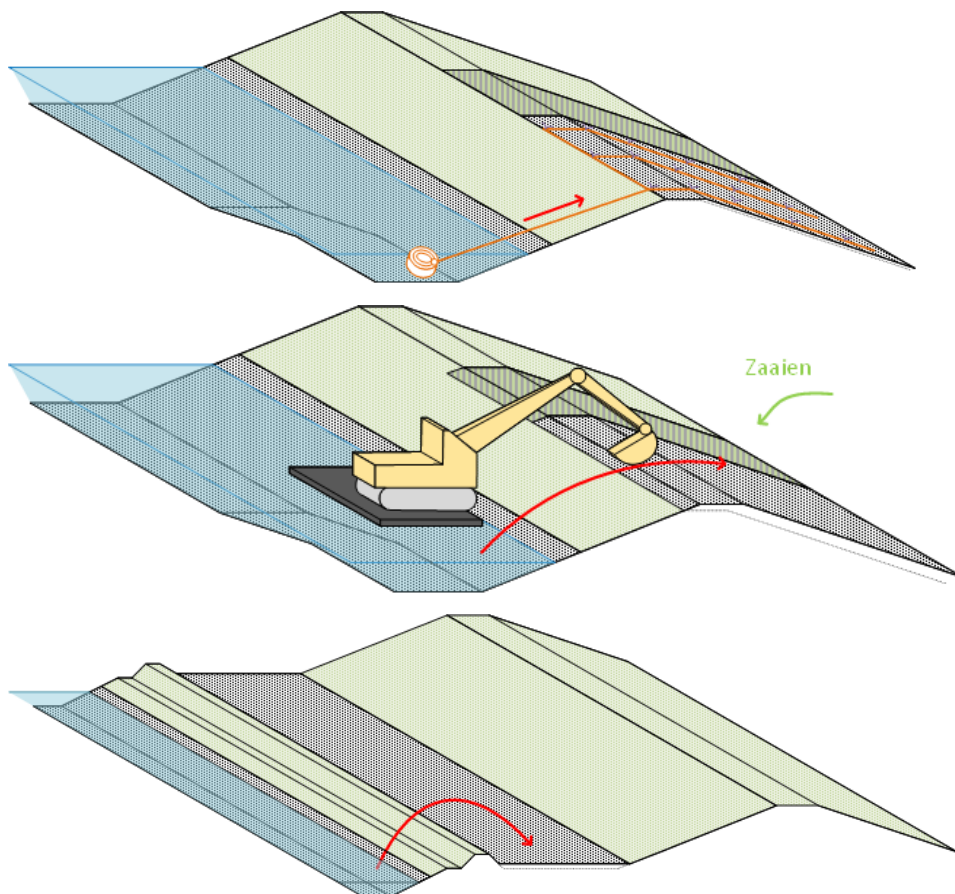
De MGD is in 2020 tijdens EcoShape workshops en binnen de Programmacommissie Waterkeringen (PCWK) bediscussieerd. Voor dit plan is voorts een Programma van Eisen en wensen opgesteld (zie Appendix B) door het EcoShape consortium met de betrokken partners tijdens fase 1 van dit project. Het kernidee is het hergebruik van gebaggerd, gebiedseigen slib om langdurig, laagje voor laagje, dijken te versterken. Hiermee wordt slib gebruikt als belangrijke bouwstof in plaats dat het gebaggerd wordt en uit het systeem wordt afgevoerd. (Fig. 1.2). Dit verbindt beheer en onderhoud met de strategische doelstellingen van waterschappen:

- Kosten-efficiënt werken en bijdrage aan de grote dijkversterking opgave voor 2050;
- Verlenging van levensduur dijk, reparatie en risico's voorkomen;
- Natuurontwikkeling en natuurlijke bemesting;
- Toepassing op primaire en secundaire keringen, in het zoete en in het zoute, op de dijk zelf en om een pipingberm aan te leggen;
- Meerwaarde aan baggerslib geven, zoals hergebruik van klasse 1- en 2-baggerslib;
- CO₂ en NO_x reductie.



Figuur 1.2: Schematisch overzicht van het idee van de MGD, met een dijk, een anti-piping berm en een kweldijk die alle meegroeien door regelmatig aanbrengen van dunne lagen slib, welke rijpen tot klei op de dijk.

In eerste instantie zijn er twee concepten ontworpen voor het aanleg: de meer experimentele slibspuitmethode en de meer traditionele mechanische verwerking (graafmachine, ponton) (Fig. 1.3). De mogelijke geïdentificeerde toepassingen zijn er vier: primaire keringen, regionale keringen, anti-pipingberm en kweldijk. Voor het uitvoeren van de veldexperimenten is gekozen om te focussen op het meer traditioneel mechanisch aanbrengen om twee redenen. Ten eerste, kunnen we hiermee eerst focussen op onderzoek naar de erosiebestendigheid van de sliblaag en zijn interactie met vegetatie. Ten tweede, is een traditionele methode haalbaarder bij de beschikbare proeflocaties. Slibspuit methodes worden kansrijker geacht bij de opschaling, dankzij de grotere volumes van slib en minder uitstoot van broeikasgassen tijdens werkzaamheden. De opgebouwde kennis kan dan benut worden voor alle vier toepassingen.



Figuur 1.3: Schematisch overzicht van Slibspuit methode (boven) en mechanisch aanbrengen van slib (midden) op de dijk en gebruik van slib voor een piping berm of kweldijk (onder).

1.2.2

Kaders

De MGD past goed binnen de concepten Slow building, Building with Nature en Hergebruik van slib. Hieronder worden deze concepten samengevat en relevante voorbeelden geschetst.

Slow building

Bij “Slow building” komt het grondverzet tot stand via geleidelijk, langdurend baggerwerk (Raadgever et al., 2020). Deze wijze van aanleg kost beduidend minder energie en kan onzichtbaar worden ingepast. Met Slow building kan getracht worden aan te sluiten bij natuurlijke dynamische processen, die in Nederland nauwelijks meer aanwezig is (overstromingen, erosie en aanzanding, deltavorming). Ten tweede kan “Slow building” in bepaalde gevallen een optie zijn ten opzichte van de huidige “fast building”, bijvoorbeeld het langzaam vergroten van natuurgebieden, het langzaam ophogen van dijken en het langzaam suppleren van de kust. Ten derde, kan de totale emissie met Slow building kleiner zijn, vooral door het mogelijk gebruikmaking van duurzame energiebronnen. Bijvoorbeeld het transport door een baggerleiding alleen doen als de windturbine voldoende energie levert.

Building with Nature. Bij het concept “Building with Nature” worden natuurlijke processen, zoals sediment transport en vegetatiegroei ingezet om een positief effect te bereiken voor menselijke activiteiten en tegelijk voor natuur (<https://www.ecoshape.org/en/>). Het Ruimte voor de Rivierprogramma en de Zandmotor zijn hiervan iconische Nederlandse voorbeelden. Het hergebruiken van sediment kan

belangrijke voordelen bieden in termen van waterveiligheid, bevaarbaarheid van waterwegen, waterkwaliteit en ontwikkeling van lokale economie.

Hergebruik van slib

In het “Living lab for MUD” wordt er door verschillende organisaties gewerkt aan vijf projecten om kennis te ontwikkelen over het duurzaam gebruik van fijn sediment (<https://www.ecoshape.org/nl/pilots/living-lab-mud/>). De Kleirijperij en de slibmotor zijn voor deze studie de twee belangrijkste voorbeelden. In de Kleirijperij wordt gebaggerd slib uit de haven van Delfzijl en Polder Breebaart naar sterke klei omgezet door ontwatering, ontzilting en oxidatie. In de Slibmotor is gebaggerd slib uit de haven van Harlingen verspreid in ondiepere wateren langs de waddenkust van Friesland zodat natuurlijke stromingen het verder kunnen voeren naar de kust. Hergebruik van slib staat ook centraal bij het EU-project SURICATES (<https://www.nweurope.eu/projects/project-search/suricates-sediment-uses-as-resources-in-circular-and-territorial-economies/>). Hier is de haven van Rotterdam het meest relevante voorbeeld, waarbij gebaggerd sediment is gebruikt om dijken te versterken tegen overstromingen.

1.2.3 Bijdrage aan internationale en nationale missies

De toepassing van de MGD kan, zodra hij is opgeschaald van regionaal tot nationaal niveau, bijdragen aan de missies van de Kennis & Innovatie agenda's van de Topsectoren (<https://www.topsectoren.nl/missiesvoordetoekomst>), Europese Missies (Horizon Europe Framework - https://ec.europa.eu/info/horizon-europe/missions-horizon-europe_nl#what) en aan internationale afspraken (Akkoord van Parijs en UN SDG's).

Specifiek voor Europa zijn vier missies relevant:

- Adaptation to climate change including societal transformation.
- Healthy oceans, seas, coastal and inland waters
- Climate-neutral and smart cities
- Soil health and food

Specifiek voor Nederland is de MGD relevant voor deze missies:

- Vermindering van de nationale broeikasgasuitstoot met 49% in 2030, op weg naar 95% minder uitstoot in 2050 ten opzichte van 1990.
- Een duurzame en volledig circulaire economie in 2050, met in 2030 halvering van het grondstoffengebruik.
- Nederland is in 2050 klimaatbestendig en water-robust.
- Een duurzame balans tussen ecologische draagkracht en waterbeheer vs. hernieuwbare energie, voedsel, visserij en andere economische activiteiten. Die balans moet er in 2030 zijn voor mariene wateren er in 2050 voor rivieren, meren en estuaria.
- Nederland is en blijft de best beschermde en leefbare delta ter wereld, met tijdige, toekomstbestendige maatregelen tegen beheersbare kosten.

In het beleidskader van de overheid is de laatste missie in deze lijst voor de MGD het meest relevant

(<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2019/04/26/missies>). Hiervoor zijn deze ambities geformuleerd:

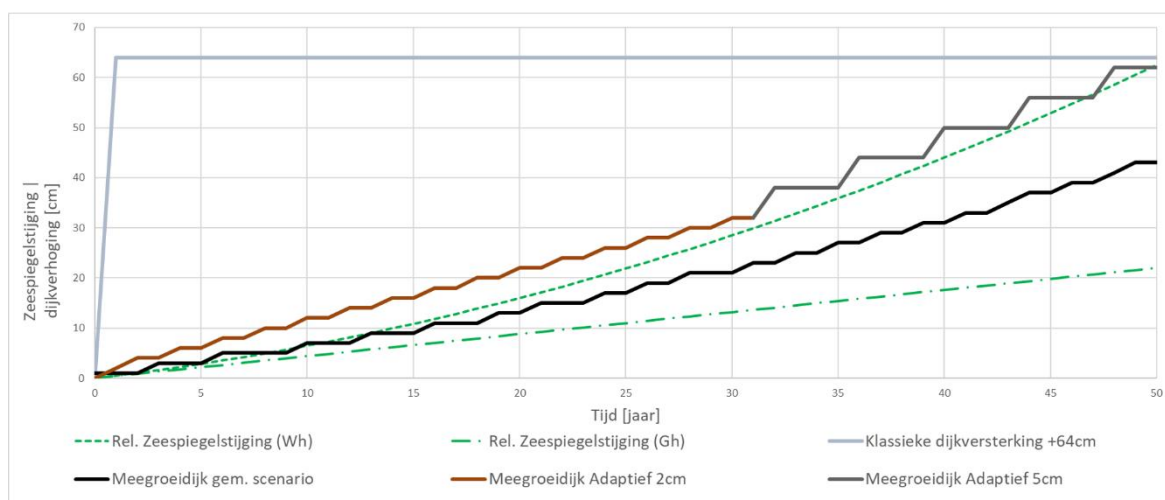
- Grondverzet t.b.v. de wateropgaven is energieneutraal en de kosten zijn per m³ tussen 2020 en 2030 aanzienlijk gedaald. Er is een gezonde slibeconomie door o.a. gebruik te maken van Building with Nature concepten;
- De vervanging en renovatie van natte kunstwerken is energieneutraal, circulair en kosteneffectief o.a. door functionele en technische levensduur verlengende maatregelen;
- Aanvullend Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP): De ambitie is om dijkverbetering 2x sneller en 30 tot 40% goedkoper (per kilometer) uit te voeren dan in het verleden. Met name in de projectoverstijgende verkenning Dijken met Gebiedseigen Grond (POV-DGG) wordt gekeken naar nuttige toepassing van gebiedseigen materiaal bij dijkversterkingen om de HWBP doelen te behalen.

2 Governance, business case, circulariteitsanalyse

2.1 Introductie

Een klassieke dijkversterking en een adaptieve MGD staan tegenover elkaar wat betreft governance, business case en circulariteit. Een klassieke dijkversterking wordt voor 50 jaar wordt ontworpen, met veiligheidsmarges voor klimaatscenario's (W_H-klimaat-scenario), overstromingsrisico's en zeespiegelstijging (tussen de 40 cm tot 80 cm voor 2085, KNMI, 2014). Echter bij adaptief versterken gaat men uit van een G_H-klimaatscenario met een zeespiegelstijging tussen 25 cm tot 60 cm (KNMI, 2014), omdat hogere zeespiegelstijgingen -in tegenstelling tot bij klassieke dijkversterking- ook in latere ontwerpen nog kunnen worden verdisconteerd. Bovenop de zeespiegelstijging komt nog het effect van bodemdaling die kan oplopen tot wel 40 mm/jaar afhankelijk van de locatie in Nederland (zie kaart SkyGeo <https://bodemdalingskaart.nl/nl/>). Vooral in veen, maar ook in kleigebieden in het westen van Nederland is bodemdaling sterk aanwezig. Deze sterke daling heeft effect op de ontwerp hoogte van de waterkeringen rond de grote rivieren, kust gebieden en kleinere regionale keringen.

Het principe van een MGD heeft de potentie om te compenseren voor de bodemdaling en de zeespiegelstijging. Voor een ontwerpjaar 2075 zijn de zeespiegelstijging en een klassieke dijkversterking geïllustreerd samen met twee mogelijke varianten van de MGD in Fig. 2.1. Dit figuur illustreert hoe er met een MGD adaptief versterkt kan worden op basis van frequentie van aanbrengen en laagdikte. Met adaptief versterken kan er gestuurd worden op verschillende versterkings strategieën van de MGD door de tijd. Hier is er een scenario weergegeven waarbij er na 30 jaar gestuurd moet worden op klimaat scenario W_H. Het rendabel nut van de MGD is dat er minder kosten gemaakt worden voor de dijkversterking en dat er niet bij voorbaat overgedimensioneerd hoeft te worden voor de dijk om rekening te houden met toekomstige klimaatomstandigheden.



Figuur 2.1: conceptuele ontwikkeling van adaptief versterken met een MGD in vergelijking met een klassieke dijkversterking (KNMI, 2014; Rijksoverheid, 2020). In dit figuur wordt de ontwerpdikte weergegeven van de lagen: dit is de uiteindelijke dikte na inklinken. In de business case is de hoeveelheid slib berekend om tot een gewenste laagdikte te komen met daarbij het proces van inklinken meegenomen.

2.2 Business case

De business case is in deze rapportage op conceptueel niveau uitgewerkt op het gebied van kosten en CO₂ en wordt afgezet tegen een base-case van een klassieke dijkversterking. Hiervoor wordt de maatschappelijke kosten indicator gebruikt. De MGD en een klassieke dijkversterking zijn doormiddel van hun ketens verder uitgewerkt.

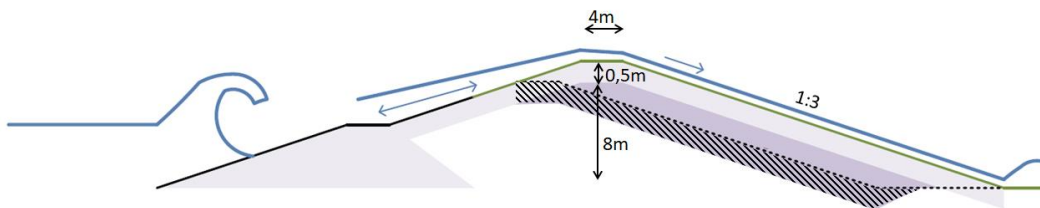
2.2.1 Klassieke dijkversterking

Een klassieke dijkversterking is opgebouwd uit de volgende keten:

Ontgraven bekleding – Aanvoer zand/klei – Aanbrengen zand/klei – aanbrengen bekleding – Ontwikkeling grasmat

De uitgangspunten voor deze ketenonderdelen zijn afhankelijk van de aanleghoogte en geometrie van de dijk. De aanleghoogte wordt bepaald door de ontwerphoogte en de zetting. Voor deze business case is aangenomen dat de zetting gelijk is voor de MGD en de klassieke dijkversterking. Dit is echter een conservatieve aanname voor de MGD, omdat hierbij geleidelijk aan gewicht wordt aangebracht tegenover in één keer te verhogen bij een klassieke dijkversterking. Daarnaast is aangenomen dat meer dan een meter verhogen in 50 jaar onrealistisch is voor een MGD, omdat de MGD groeiend gelimiteerd is door de maximale aanbrenglaagdikte en de frequentie van aanbrengen.

Bij een dijkversterking is het optrekken van de buitenbekleding in sommige gevallen noodzakelijk. Dit zijn kosten die zowel voor een MGD als voor een klassieke dijkversterking noodzakelijk zijn. Daarom is dit voor deze businesscase niet meegenomen. Voor situaties met een grasbekleding op het buitentalud zou dit meegenomen kunnen worden in het MGD concept.



Figuur 2.2: profiel door de referentie case van de dijkversterking Lauwersmeerdijk-Vierhuizengat.

Voor de business case gebruiken we een referentie case van de dijkversterking Lauwersmeerdijk-Vierhuizengat (9 km lang) (Fig. 2.2). Een representatief gemiddelde ontwerphoogte voor deze zeedijk is 0,5 m (ten opzichte van de bestaande dijk). De versterking betreft een binnenwaartse verhoging, waarbij het buitentalud niet wordt aangetast. Het hoogte verschil van teen tot kruin is aangenomen op 8 m met een talud helling van 1:3 en een kruin breedte van 4 m. De binnenbekleding bestaat uit een 0,3 m substraatlaag en een 0,5 m kleiige onderlaag. Hieruit volgen de verschillende volumes voor elk van de onderdelen van de keten per strekkende meter dijk:

- Ontgraven van de bekleding (substraatlaag en klei-onderlaag) is geschat op 21 m³/m;
- Aanleveren en aanbrengen zand en klei 13 m³/m, hierbij zijn de hoeveelheden voor transportverliezen meegenomen in de eenheidsprijzen;
- Aanbrengen bekleding (substraatlaag en klei-onderlaag) 23 m³/m.

De business case voor de MGD wordt bepaald door de volgende keten:

Bagger locatie – Aanvoer slib – Aanbrengen slib – Rijping – Ontwikkeling grasmat

Voor al deze ketenonderdelen kunnen variabelen worden onderscheiden. Voor deze business case gaat men uit van een vereenvoudigde keten, waarbij de bron van het slib zich direct achter de te versterken dijk in kwel-slotten bevindt of voor de kering. Dit stimuleert de circulariteit door het minimaliseren van transport en materieel. Vanuit waterschappen is er een ruwe schatting gegeven van de slibaanwas in kwel-slotten: dit bedraagt per strekkende meter 0,2 tot 0,4 m³/jaar. Uit de sloten zal waarschijnlijk niet voldoende gebaggerd kunnen worden om te voldoen aan benodigde hoeveelheid slib, zoals volgt uit de berekening van de benodigde hoeveelheid. Gevolgen hiervan worden verder in dit hoofdstuk beschreven.

Een grove inschatting voor de benodigde hoeveelheid slib per strekkende meter dijk is gemaakt aan de hand van de laagdikte en de dijkgeometrie. Echter bepaalt dit nog niet de totale hoeveelheid slib, omdat er nog verliezen optreden. Op basis van expert judgement zijn de volgende verliezen ingeschat (zie ook Fig. 2.3):

- Verliezen door het uitscheppen en uitlekken van de bak waarmee de slib op de dijk wordt aangebracht. Dit wordt geschat op 30% slib op de totale hoeveelheid gebaggerde slib. Dit is aan de conservatieve kant. De veldproeven zullen uitwijzen hoe passend deze schatting is.
- Inklinking van het slib door het uittreden van het water uit het slib na het aanbrengen op de dijk. Dit wordt geschat op 10% tot 30% afname op de initiële laagdikte. Dit geldt voor een aanbrengdichtheid van 1,4 – 1,45 ton/m³, voor lagere dichtheden zal de afname sterk verder toenemen (bij 1,2 – 1,4 ton droge stof/m³ is het verlies 60%). Voor de businesscase is uitgegaan van 30% inklinking voor een dichtheid van 1,45 ton/m³.
- Daarnaast is er een verlies in droge stof door verdwijnen van organische stof van 20%. Het totale volumeverlies van het aangebrachte slib in droge stof dat voor de berekening wordt gebruikt is 50% (inklinking + organische stof). Dit is sterk afhankelijk van de aanwezige hoeveelheid organische stof en zoutgehalte in het slib en de temperatuur.

De totale slibbehoefte per strekkende meter dijk is weergegeven in de figuur 2.3. Een belangrijk punt is dat de 50% inklinking en het verdwijnen van organische stof niet op het totaal gebaggerde slib is bepaald, maar op het volume dat op de dijk wordt aangebracht dat al een hogere dichtheid heeft.

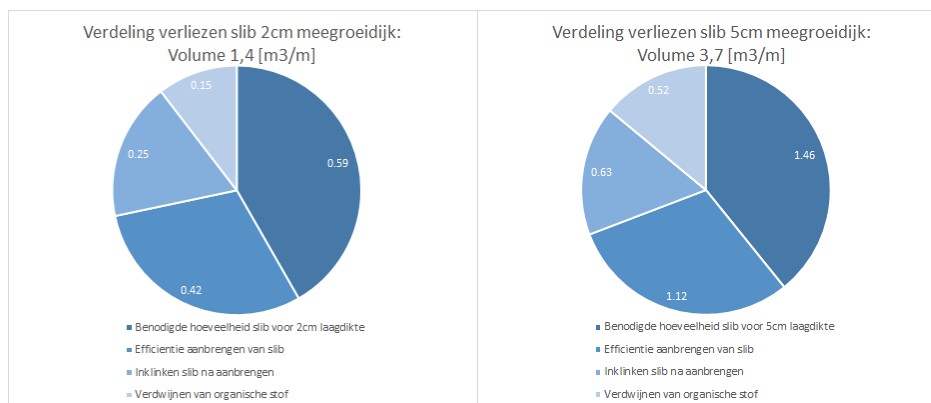


Fig. 2.3: Verdeling totale slibbehoefte (m³/m).

Op basis van de hoeveelheid benodigde slib is een indicatie gemaakt van de kosten en de broeikasgasemissie (in CO₂ equivalenten) van het materieel. Voor het aanbrengen van de sliblaag op de dijk wordt een kraan van 18 ton ingezet met een productiesnelheid van 100 m³/uur. Dit heeft een kostprijs voor het brandstofverbruik van 15L/uur. Dit komt neer op een CO₂-eq van 0,47 kg CO₂-eq/m³ volgend uit DuboCalc. Ook uit het baggerslib zelf zal CO₂ emissie optreden. Dit is echter niet in deze berekeningen opgenomen.

Voor deze globale opzet van de business case is gekozen om de huidige baggerwerkzaamheden niet mee te nemen in de kostenraming, omdat het baggerwerk van kwelsloten nodig zal blijven ongeacht of het op de kant wordt gelegd of op de dijk aangebracht: het betreft daarom geen extra kosten die zijn toe te rekenen aan de dijkversterking. De jaarlijkse hoeveelheid slib die uit kwel-sloten wordt gebaggerd is vele malen groter dan de benodigde hoeveelheid slib voor de 9 km MGD uit deze business case (baggerbezwaar is 200,000 – 400,000 m³/jaar voor Waterschap Aa en Maas en Wetterskip Fryslân). Zoals eerder genoemd zal de hoeveelheid slib direct achter de dijk niet voorradig zijn. Om tot een grove schatting te komen worden hier wel de baggerkosten van het benodigde slib voor op de dijk meegenomen (2 €/m³), maar niet hoe dit zich verhoudt tot de totale hoeveelheid baggerwerk van de kwelsloten. Daarnaast worden de kosten voor de MGD voornamelijk bepaald door de frequentie van baggeren (variabel per waterschap), waarbij de vaste kosten van het te gebruiken materieel een rol speelt.

Er is al gesteld dat het transport van slib minimaal zal zijn omdat de kwelsloten direct achter de dijk liggen. Echter zullen er scenario's zijn waarbij de hoeveelheid slib in de kwel-sloten niet voorradig is, waardoor het slib vanuit een andere locatie moet worden getransporteerd. Op basis van een eerdere raming van slibtransport zijn de kosten voor 5 km transport per as aangenomen op 4.26 €/m³ (Royal HaskoningDHV, 2016). Omgerekend is er voor een kilometer dijk, afhankelijk van de laagdikte en frequentie van aanbrengen, ongeveer 3 tot 5 km aan kwelsloot of andere nabij gelegen watergangen nodig voor de slib behoefte.

2.2.3 Overzicht business cases

De business case gaat uit van drie scenario's:

- Klassieke dijkversterking met een aanleghoogte van 50cm
- Een MGD met een laagdikte van 2cm en een cyclus van iedere 2 jaar gedurende 50 jaren, dit komt neer op een aanleghoogte van +50cm.
- Een MGD met een laagdikte van 5cm en een cyclus van iedere 5 jaar gedurende 50 jaren, dit komt neer op een aanleghoogte van +50cm.

Een overzicht van de scenario's en de bijbehorende variabelen zijn weergegeven in Fig. 2.4. Voor ieder scenario is uitgegaan van dezelfde uitgangspunten voor de dijkgeometrie en de aan te brengen hoogte. De kosten voor de klassieke dijkversterking zijn de directe bouwkosten, hierop moet nog een opslag factor voor de investeringskosten worden toegepast (dat bedraagt 2.62 (excl. BTW) maal de totale versterkingskosten). Met de opslagfactor worden kosten posten als bijvoorbeeld onvoorzien, engineering, winst en algemene kosten meegenomen. De directe bouwkosten en opslag factor zijn gebaseerd op dijkversterking Lauwersmeer–Vierhuizengat. Voor de MGD is er een opslag factor voor het baggeren en aanbrengen van slib gebruikt van 1.17. Deze factor geeft als product met de directe transportkosten de totale transportkosten. Het moment van investeren in de klassieke dijkversterking heeft invloed op de totale kosten, daarom is er gerekend met een 2.25% discontovoet (Ministerie van financiën, 2020 – bepaald o.b.v. 2019).

Uitgangspunten	Scenario's	Keten variabelen	Kosten & CO2
- Ontwerp hoogte - Aanleg hoogte - Geometrie dijk	Klassieke dijkversterking 	- Ontgraven bekleding - Leveren zand en klei - Aanbrengen zandkern - Aanbrengen grond/teelaarde	- Directe bouwkosten - Opslag factor investeringskosten - Productie eenheid CO2-eq
	Meegroeidijk 	- Benodigde hoeveelheid bagger - Efficiëntie aanbrengen slib - Inklinken slib - Verdwijnen organische stof - Transport - Aanbrengen sliblaag	- Productie kosten aanbrengen slib - Vaste kosten materieel - Productie eenheid CO2-eq
			

Figuur 2.4: Overzicht van de variabelen voor de business case.

De discontovoet van een project wordt meegenomen voor het bepalen van de kosten die ontstaan gedurende meerdere jaren. Om alle voor- en nadelen per scenario (nu en in de verre toekomst) onderling vergelijkbaar te maken, worden ze gewogen met een tijdvoorkeursvoet en risico-opslag. Daartoe worden in een kosten-batenanalyse de jaarlijkse kosten en baten met behulp van een discontovoet contant gemaakt naar het basisjaar (in dit geval 2021) en vervolgens gesommeerd. Verder is er aangenomen dat de klassieke dijkversterking aan het begin van de referentie periode (50 jaar) zal worden uitgevoerd. De CO₂ raming is bepaald doormiddel van productie eenheden voor het CO₂-equivalent (Tab. 2.1).

De levensduur kosten zijn voor alle scenario's achterwegen gelaten, omdat er tijdens de pilotfase van de MGD onderzocht moet worden met welke frequentie er jaarlijks gemaaid kan worden. De aanname is dat dit niet vaker zal zijn dan bij een klassieke dijk.

Tabel 2.1: CO₂ equivalenten en productiesnelheden van verschillende typen materieel.

Materieel	Productiesnelheid		Cat 3-data	kg CO ₂ -eq/eenheid	
Kraan van 18 ton (aanbrengen slib)	100	m ³ /uur	Graafmachine, cat. IV, diesel	47.00	CO ₂ /uur
Ontgraven	90	m ³ /uur	Graafmachine, cat. IV, diesel	47.00	CO ₂ /uur
Aanbrengen zand/ grond	110	m ³ /uur	Graafmachine, cat. IV, diesel	47.00	CO ₂ /uur
Transport zand/ grond	1	Ton/km	Vrachtwagen >32 ton, EURO6, diesel	0.09	CO ₂ /km
Afgraven nieuw zand/ grond	90	m ³ /uur	Graafmachine, cat. IV, diesel	47.00	CO ₂ /uur

Het regulier baggerwerk wordt meegenomen in de businesscase van de MGD. Dit bedraagt het aanvoeren van materieel en baggeren van de sloot. Voor de MGD komen dan nog kosten voor transport en het aanbrengen van slib bovenop. Dus de kosten voor regulier baggeren zullen iets lager liggen dan de kosten voor de MGD, maar geen

aanzienlijk verschil. De kosten hiervoor zijn meegenomen in de gedetailleerde business case in de volgende paragraaf.

2.2.4 Resultaten

Meegroeidijk:

De benodigde hoeveelheid slib per strekkende meter dijk zonder verliezen wordt bepaald door de aanbreng laagdikte en de dijkgeometrie. De oppervlakte die volgt uit de dijkgeometrie is 25,3 m²/m. Voor een 2 cm effectieve laagdikte is er 0,6 m³/m nodig en voor een 5 cm effectieve laag is er 1,46 m³/m nodig. Met een totaal verlies van 80% (30% wateruittreding voor het aanbrengen en 50% inklinking na aanbrengen + oxidatie van organische stof) om tot de gewenste laagdiktes komen de bagger hoeveelheden uit op 1,3 m³/m en 3,3 m³/m. Dit is meer dan de voorradige hoeveelheid slib in de kwel sloten achter de dijk (0,2 tot 0,4 m³/m), daarom zullen transport kosten moeten worden meegenomen. Omgerekend is er voor één kilometer dijk, afhankelijk van de laagdikte en cyclus van aanbrengen, ongeveer 3 tot 5 km aan kwel-sloot nodig voor de slib behoefte. De kosten worden grotendeels bepaald door de vaste kosten van de inzet van een kraan.

Tabel 2.2: kosten als functie van laagdikte.

Aanbreng laagdikte [m]	Benodigde hoeveelheid bagger [m ³ /m]	Bagger kosten kwel-sloot [€/m ³]	Kosten slib aanbrengen [€/m ³]	Kosten 5km transport [€/m ³]	Vaste kosten materieel per cyclus (kraan 18 ton) [€]	Kosten per strekkende meter dijk per cyclus [€/m]
0.02	1,4	2	0,8	4,26 ^(a)	1500	1827 ^(b)
0.05	3,7	2	0,8	4,26 ^(a)	1500	1864 ^(b)
Aandachtspunten: a. Opslag factor komt boven op de transportkosten en heeft een factor van 1,17. Dit heeft betrekking op onvoorzien kosten als verontreinigingen. b. De totale kosten per strekkende meter dijk zijn berekend met 21% BTW.						

Klassieke dijkversterking

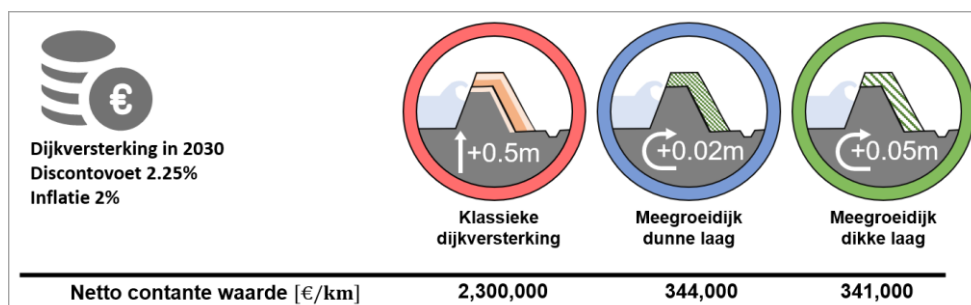
De klassieke dijkversterking gaat uit van dezelfde dijkgeometrie als voor de MGD. Dit komt neer op aanlegkosten gegeven in onderstaande tabel.

Tabel 2.3: Kostenraming klassieke dijkversterking.

Eenheidsprijzen aanleg per [m³]	Kosten [€/m³]	Volumes [m³/m]	Aanlegkosten per strekkende meter dijk (excl. BTW) [€/m]	Kosten dijkversterking per cyclus per strekkende meter dijk (incl. BTW) [€/m]
Ontgraven grond (geschikt voor hergebruik)	9.10	21	195	2323 ^(a)
Leveren en aanleg kernmateriaal (zand) waarvan 50% uit hergebruik	12.55	13	165	
Leveren en aanleg dijkenklei waarvan 50% uit hergebruik	14.05	23	372	
Hergebruik en aanleg teelaarde 30cm met gras	2.40			
Aandachtspunten: a. Hierbovenop komt een opslagfactor van de directe bouwkosten van 2,62. Er is met 21% BTW gerekend. Dit volgt uit dijkversterking Lauwersmeerdijk-Vierhuizengat.				

Totaal overzicht:

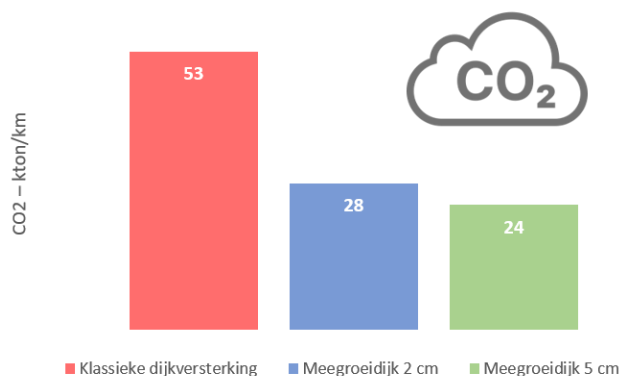
De verschillende scenario's zijn vergeleken door van een discontovoet toe te passen van 2,25%. Daarbij is een inflatie van 2% toegepast. Hiermee is de Netto Contante Waarde bepaald. Uit de eerste doorrekening komt naar voren dat de klassieke dijkversterking een factor 6 duurder is dan de MGD voor een kilometer aan dijkversterking met een uiteindelijk gelijke vorm, voor de aanleg. De kosten voor een MGD met een aanbrenglaag van 2 cm zijn hoger dan één met 5 cm, omdat er frequenter een laag moet worden aangebracht (Fig. 2.5). Factoren als aanvoer van materiaal is meegenomen in de berekeningen van de MGD als vaste kosten (zie tabel 2.2).



Figuur 2.5: Netto contante waarde per scenario over een periode van 50 jaar en een ophoging van 0,5m.

Het verschil in netto contante waarde wordt berekend als de optelsom van de aanlegkosten plus de materiaalkosten + aanvoerkosten. Voor de klassieke dijkversterking komt met name door het aanvoeren van zand en klei, waarbij dit voor de MGD allemaal lokaal beschikbaar is. Daarnaast worden de investeringskosten van de klassieke dijkversterking meer beïnvloed door de discontovoet.

Op het gebied van emissies uit materieelgebruik laat de MGD dezelfde trend zien als voor de kosten. Figuur 2.5 laat de totale CO₂ uitstoot zien over de hele keten, hierin is ook het baggeren van slib meegenomen. Het CO₂-equivalent voor gebruik van materieel is vele malen kleiner voor de MGD in vergelijking tot de klassieke dijkversterking. Hier is ook weer te zien dat frequenter een dunne aanbreng laag toepassen voor hogere uitstoot zorgt.



Figuur 2.6: CO₂ raming voor emissies uit materieel voor de klassieke dijk en de MGD.

2.3 Bestuurlijk

2.3.1 Afstemmen van slib transport

Zoals eerder beschreven worden het baggeren van slib en een dijkversterking op dit moment nog los van elkaar gezien. Door toepassing van de MGD kunnen en moeten de bestuurlijke processen voor deze werkzaamheden gekoppeld worden. De pilot voor de MGD maakt gebruik van één specifieke baggerbron (in dit geval kwelsloten). Echter is er in Nederland een veel groter aanbod aan overtollig slib. Het baggeren van watergangen voor waterschappen in 2014 werd geschat op 4 miljoen ton droge stof. Daarbovenop komen nog de Nederlandse estuaria, waarvan het Eems-Dollard estuarium een voorbeeld is (hierover meer in de volgende paragraaf). De business case laat zien dat er nog veel marge is qua budget en CO₂ om de andere bronnen van overtollig slib te beschouwen dan uitsluitend de nabijgelegen kwelsloot. Dit betekent dat er mogelijkheden zijn om kosten- en CO₂-neutraal bagger vanaf grotere afstanden aan te voeren. Hoewel dit initieel niet het doel was van de MGD, biedt dit mogelijkheden op het moment dat er lokaal te weinig materiaal beschikbaar is voor de MGD. Er zijn veel meer kwelsloten/petsloten dan direct achter de dijk waarbij waterschappen momenteel betalen voor het overtollig slib. Het HWBP-programma stelt dat er in de periode tot 2033 nog 438 km aan dijken versterkt moeten worden (HWBP, 2021). Er liggen kansen voor zeedijken die binnenwaarts versterkt moeten worden. Daarnaast is deze toepassing ook mogelijk voor rivierdijken, als er genoeg ruimte voor is en liggen er ook kansen voor de regionale keringen.

2.3.2 Gerelateerde projecten o.b.v. slibstromen

Momenteel zijn er verschillende pilots opgezet voor het nuttig toepassen van overtollig slib. Een aantal daarvan worden uitgevoerd in het kader van het programma Eems-Dollard 2050, waarbij de ambitie is om vanaf 2022 ten minste 1 miljoen ton slib (droge stof) per jaar uit het estuarium te halen. Het programma doet onderzoek naar dergelijke toepassingen met aandacht voor de hele slibketen (onttrekkingen, bewerkingen, transport en toepassing). Voorbeelden van deze toepassingen zijn slib toepassen op zandgrond (bodemstructuurversterking), Kleirijperij voor dijken, productie van bouwblokken en het ophogen van landbouwgronden. Verder vormt de afvoer van baggerslib vanuit de havens naar de Noordzee een mogelijk alternatief voor het onttrekken van slib. Op dit moment is niet duidelijk of afvoer naar de Noordzee effectief is, zonder terugvloeien van slib naar de Eems-Dollard, en op welke afstand hiertoe het baggerslib gestort zou moeten worden.

2.3.3 Mogelijke financiering van Meegroeidijken

Momenteel is de financiering voor een dijkversterking en het baggeren gescheiden. Financiering voor primaire waterkeringen komt vanuit het HWBP en regionale waterkeringen vanuit het waterschap. Baggerwerkzaamheden worden uit een andere bron gefinancierd dan de waterkeringen. Mogelijk vallen de kosten van baggerwerkzaamheden zelfs buiten de budgetten van de waterschappen, wanneer het baggeronderhoud door anderen gebeurt (bijv. voor vaarwegonderhoud door Rijkswaterstaat).

De MGD is een intermediair tussen baggeronderhoud en een dijkversterking en moet dus ook een intermediair vormen wat betreft budgetten. Dit zorgt voor terugkerende kosten die eerder gemaakt moeten worden dan in de situatie van een traditionele dijkversterking. Deze kosten zouden ten dele echter toch gemaakt worden voor het baggeronderhoud. Hierdoor reduceren de totaalkosten (onderhoud + dijkversterking) dus waarschijnlijk aanzienlijk voor een MGD. Hiervoor zullen de verschillende partijen afstemming met elkaar

moeten zoeken om budgetten voor dijkversterkingen samen af te stellen en te combineren met de lopende kosten voor baggerwerkzaamheden.

2.4 Wet en regelgeving

De vigerende wet- en regelgeving is afhankelijk van de locatie waar men de MGD wil implementeren. Mede daarom is het aan te raden om voorafgaand aan eventuele verdere implementatie een vergunningenscan uit te voeren, waarin onder andere aandacht besteed wordt aan de relevante wetgevingen op het gebied van natuur en bodemkwaliteit. Tevens dient er in beeld gebracht te worden of er conditionerende onderzoeken nodig zijn, en zo ja, welke. Hieronder wordt kort samengevat aan welke wet- en regelgevingen typisch gedacht moeten worden bij een MGD.

Projectplan Waterwet, of toekomstig Projectbesluit onder de Omgevingswet

Onder de huidige wetgeving dient er voor een aanpassing aan een waterstaatswerk een Projectplan Waterwet opgesteld te worden. Op grond van artikel 5.4 van de Waterwet dient voor de aanleg of wijziging van een waterstaatswerk door of vanwege de beheerder een projectplan te worden opgesteld. Dit dient aan te tonen dat de maatregel voldoende veilig is. Wanneer er sprake is van de aanleg, verlegging of versterking van primaire waterkeringen moet hiervoor de projectprocedure van paragraaf 2 van hoofdstuk 5 van de Waterwet te worden gevolgd. De projectprocedure op grond van de Waterwet bepaalt in grote lijnen het planproces.

Per 1 januari 2022 treedt de nieuwe Omgevingswet in werking. Onder de nieuwe omgevingswet wordt in plaats van een Projectplan Waterwet een Projectbesluit onder de omgevingswet opgesteld. In het projectbesluit worden diverse vergunningsaanvragen gecombineerd, zoals bijvoorbeeld omgevingsvergunningen. De stappen blijven op hoofdlijnen hetzelfde, alleen worden ze dus gecombineerd.

Milieu-hygiënische kwaliteit slib

Bij toepassing van slib op de dijk is het van belang om ook naar de kwaliteit van het aan te brengen materiaal te kijken: wat is de (milieu-)klasse van het toe te passen materiaal, mag dit toegepast worden op de dijk. Welke (milieu-)klasse toegestaan is hangt onder andere af van de locatie waar het materiaal wordt toegepast. Daarbij wordt uiteraard ook gekeken naar het Tijdelijk handelingskader PFAS, indien bij de start de wetgeving op dat terrein nog niet is geïmplementeerd. Er geldt, net als voor veel andere stoffen onder het besluit bodemkwaliteit een andere PFAS-norm voor landbodems dan voor waterbodems. Dit leidt tot een extra noodzakelijke onderzoeksvraag. In het kader van het programma Eems-Dollard 2050 is al eerder vastgesteld dat de milieu hygiënische kwaliteit van toegepast slib moet voldoen aan de volgende wet- en regelgeving. Voor alle toepassingen gelden de landelijke eisen van het Besluit bodemkwaliteit en de Regeling Bodemkwaliteit. Bij de beoordeling zijn de winningslocatie en de toepassingslocatie van belang. Bij gebruik aan de buitenteen is er mogelijk sprake van toepassing in hetzelfde waterlichaam, terwijl bij gebruik het slib aan de binnenteen sprake de verspreiding op landbodem moet worden beoordeeld (achtergrondwaarde, bodemgebruiksklasse wonen, industrie). In Regio's kunnen deze eisen zijn aangepast aan de lokale situatie.

Overige wet- en regelgevingen

Afhankelijk van de ligging van de dijk kan de Wet Natuurbescherming (Wnb) van toepassing zijn. Verder zijn er ruimtelijke kaders (bijv. ruimtelijke verordeningen, Barro, etc.) waaraan de ingreep getoetst dient te worden. Zaken die mogelijk relevant zijn: als er gewerkt wordt in Natura2000 gebied dient er waarschijnlijk een Passende Beoordeling opgesteld te worden, beperkingen van werken in het broedseizoen (broedvogels mogen niet verstoord worden), beperkingen van werken in het stormseizoen geven mogelijk beperkingen bij het uitvoeren.

2.5 Stakeholders betrekking en communicatiestrategie

Gedurende het opstellen van dit PvA is er al contact geweest met diverse stakeholders. Belangrijke stakeholders zijn de beheerder van de dijk, het waterschap, de lokale grondeigenaren, pachters en de lokale bewoners. Afhankelijk van de locatie en de bron van het toe te passen slib, kunnen hier andere partijen bij komen. Voor de beheerder en het waterschap zijn belangrijke factoren dat de MGD bijdraagt aan de doelstellingen en opgaven voor de dijk. De MGD moet net als bij elke andere dijkversterking worden ingezet op het oplossen van de redenen waarom de dijk wordt afgekeurd. Als er bijvoorbeeld een pipingopgave is, dan is het belangrijk dat er gekeken wordt naar een variant van de MGD die daaraan bijdraagt. Dat kan dan middels de anti-pipingberm of een kweldijk die is gevormd met slib.

Voor de omgeving (grondeigenaren en lokale bewoners) is het van belang dat de overlast geminimaliseerd wordt. Overlast kan bestaan uit de aanwezigheid van machines die het slib op of bij de dijk verspreiden. Daarnaast zou het slib ook enige stankoverlast kunnen geven. Volgens eerste schattingen zou dat om maximaal een maand gaan. De pilot kan en zal dit verder uitwijzen. Een andere vraag is nog hoelang de dijk bruin blijft. Als de bagger in het groeiseizoen verspreid wordt (april-aug), is de verwachting dat het om maximaal drie maanden gaan. Dit zal onder andere afhankelijk zijn van de aangebrachte laagdikte en het al dan niet inzaaien van zaden in het aangebrachte slib.

Voor pachters zullen de criteria afhangen van het gebruik. Bij begraasde dijken is van belang dat de bewerking geen risico vormt voor het vee (geen gaten, milieukundige kwaliteit op orde) en dat het gras van voldoende kwaliteit is.

De beleving van de mensen en omwonenden is meestal positief, juist wanneer zij direct betrokken en ingelicht worden. Inzaaien met zaden kan daar verder aan bijdragen: kruiden, bloemen en insecten doen het goed. Een Bloemrijke MGD is dan ook een interessante variant op de MGD, ook omdat het aansluit bij de nationale biodiversiteit opgave. Aansluiten bij Future Dikes zou daarbij een pré zijn. Belangrijk in de communicatie is ook om uit te leggen in hoeverre de MGD een traditionele dijkversterking voorkomt en wat de voordelen daarvan zijn voor lokale bewoners en grondeigenaren. Een uitvoerig stakeholderproces kan bijdragen aan het succes van de MGD. Op deze manier krijgen alle stakeholders en partners inzicht in de noodzaak om duurzame oplossingen in te zetten om de dijk mee te laten groeien met zeespiegelstijging. Daarnaast geeft het de gelegenheid om andere opmerkingen en aandachtspunten aan te brengen in het ontwerp.

3 Meegroeidijk veldproeven en onderzoek

3.1 Overzicht

Door middel van kleinschalige veldproeven met focus op mechanisch aanbrengen van gebiedsdelen slib op een dijk, zullen we de optimale/haalbare wijze van uitvoeren en beheren bepalen van de MGD. In deze proeven wordt slib op verschillende kleine percelen aangebracht, waar periodiek metingen uitgevoerd zullen worden. De focus van de proeven ligt op aanlegmethodiek (Werkpakket 1), de eigenschappen en gedrag van slib op de dijk en de interactie tussen slib en vegetatie en de implicaties voor dijkveiligheid (Werkpakket 2).

De belangrijkste slib-gerelateerde processen zijn stabiliteit/vloeien, consolidatie/klink en rijping. Veldmetingen zullen gekoppeld worden met labmetingen (bodem- en vegetatiemonsters) en numerieke modellen. Het betrekken van Onderwijsinstellingen en van studenten zal een belangrijke rol spelen. De proeven zullen uitgevoerd worden op verschillende relevante locaties in Nederland. In dit plan bieden we een palet van mogelijkheden: Hedwigepolder (Zeeland), Waddendijk (Groningen), Dubbele Dijk (Groningen), een locatie in Noord-Brabant en op de campus van Hogeschool Van Hall Larenstein (Gelderland). Ten slotte, zal de businessmodel en de circulariteit analyse verbreed worden om de opschalingsmogelijkheden van de MGD te bepalen (Werkpakket 3).

3.2 Achtergrond

3.2.1 Dijkveiligheid

In Nederland worden alle primaire waterkeringen vanuit het Wettelijk Beoordeling Instrumentarium 2017 (WBI2017) beoordeeld en overige waterkeringen vanuit de Leidraad Toetsen op Veiligheid (LTV, 2015). Binnen deze toetsinstrumentaria kan gesteld worden dat de eisen aan primaire waterkering het uitgebreidst zijn. Mede hierom wordt de MGD onderzocht op locaties van een primaire waterkering en tegen de beoordelingsmethodiek van de primaire waterkering (WBI2017). De MGD kan hierbij invloed hebben op het bekledingsspoor (GEKB), geotechnische sporen (macrostabiliteit binnenwaarts (STBI)/grasbekleding afschuiven binnentalud (GABI)/Microstabiliteit (STMI) en piping (STPH).

Het bekledingsspoor (GEKB) of overslagbestendigheid betreft de samenstelling van de grasmat (zie ook paragraaf 3.2.2). Daarnaast heeft de laagdikte op de kruin invloed op de hoeveelheid water dat over de dijk gaat: over een hogere dijk zullen immers minder golven slaan. De geotechnische sporen betreffen de sterkte van een dijk en faalmechanismes. De sterkte wordt bepaald met karakteristieke rekenwaarden afgeleid van geotechnische proeven en statistische analyse. Het aanbrengen van een sliblaag kan ertoe leiden dat de karakteristieke rekenwaarden van de grondsterkte lager wordt. Dit kan bijvoorbeeld komen doordat de spreiding in de metingen van de proevenverzameling groter wordt of het gemiddelde van de metingen lager wordt. Laagdikte, bulkdichtheid sliblaag hebben direct invloed op de faalmechanismen STBI, GABI en STMI.

Het faalmechanisme piping treedt op doordat de waterdruk in de watervoerende laag leidt tot een geconcentreerde kwelstroom door een slecht waterdoorlatende deklaag achter de dijk. Het faalmechanisme wordt in de praktijk voorkomen door aan de achterzijde van de dijk een grondlaag aan te brengen waardoor de deklaag niet kan opbarsten. Om deze reden zijn de bulkdichtheid sliblaag, doorlatendheid en de laagdikte van belang om te onderzoeken bij de MGD als deze wordt ingezet om het optreden van dit faalmechanisme te verkleinen.

3.2.2 Bekleding

De grasbekleding op dijken bestaat bovengronds uit gewas, ondergronds uit wortels. De standaard dijkmengsels D1/D2 bevatten beide Engels raaigras, Veldbeemdgras en Roodzwenkgras. D1 (weidemengsel) bevat ook Witte klaver. Deze worden ingezaaid en zorgen voor een (snel) gesloten grasmat. Inmiddels wordt ook geëxperimenteerd met het meezaaien van kruiden aangezien deze bijdragen aan een goede doorworteling in de toplaag (tot 20 cm) en dus erosiebestendigheid (POV gras- en kleibekleding). Naast het gebruikte zaaimengsel is het beheertype (hooi/weidebeheer, bemesting) bepalend voor de diversiteit en erosiebestendigheid van de grasvegetatie (Rijkswaterstaat, 2012, Sprangers 1996, Van der Zee 1992, Reijers et al. (2014). Deze criteria staan daarom centraal in de toetsing van de grasbekleding volgens het wettelijk toetsinstrumentarium VTV (V&W 2007). Inmiddels is het WBI van kracht, waarbij vooral getoetst wordt op de geslotenheid van de vegetatie en naar de sterkte van een gestoken plag (WBI 2017). Belasting door o.a. (zware) voertuigen en maaien onder natte omstandigheden hebben een negatief effect op de erosiebestendigheid van de graszode. De verwachting is dat een soortenrijke dijkbekleding beter in staat is het wegvallen van individuele soorten te compenseren, door bijvoorbeeld een extreme droge periode of juist een extreme natte periode (Van der Zee & Frissel 2014). Bij hooibeheer kan de vegetatie vrij hoog worden,

bij (druk)begrazing en zeker continue beweiding is de vegetatiehoogte beperkt. Vegetaties worden voor de winter (stormseizoen) gebloot of gemaaid (tot 5-10 cm) i.v.m. inspectiemogelijkheden.

In de MGD is de verwachting dat vegetatie met het aangebrachte slib meegroeit en daardoor het slib kan binden. De sedimentatie en binding van slib gebeurt van nature op kwelders, door overstroming kan het slib bezinken en daardoor hebben de kwelders in de Waddenzee jaarlijks een maaiveldophoging tussen de 2-22 mm (Elschot et al, 2020). Vegetatie kan het slib vasthouden (Silva et al, 2009; Temmerman et al. 2013) en het slib kan ook extra voedingsstoffen bevatten waardoor de vegetatie een hogere groeisnelheid kan hebben (Mendelssohn & Kuhn, 2003). Daarentegen kan te veel slib de gehele vegetatie bedekken, waardoor er plant kan afsterven, omdat het niet door het slib heen kan groeien. De maximale sliblaagdikte van een plantensoort is waarschijnlijk afhankelijk van de vegetatiehoogte, de meeste soorten overleven het niet om volledig bedekt te worden met sediment (Langlois et al., 2001; Sykes&Wilson,1990). De vegetatie die meegroeit met het slib zal waarschijnlijk in de nieuwe lagen wortels maken waardoor de bodem waarschijnlijk erosiebestendiger wordt. Als de sliblaag te dik is voor de vegetatie om er doorheen te groeien, moet er wellicht ingezaaid worden. Met inzaaien zal het wel langer duren voor dat de vegetatie de dijk weer volledig bedekt. Het wordt verwacht dat de oude vegetatie dan afgebroken wordt en dus geen relevante invloed heeft op de sterkte van de bekleding.

De eigenschappen van het slib zullen een effect hebben op de vegetatiegroei. Vooral voor plantensoorten die van zoet water leven, kan zout of brak slib een negatief effect te hebben op de plantengroei. Het zout in het slib zou wel kunnen uitspoelen met regenwater, waardoor er geen negatief effect is op plantengroei. Het effect van brakke/zoute slib is dus afhankelijk van de weersomstandigheden en of het plaatsvindt in het groeiseizoen. Als het zout niet gemakkelijk uit kan spoelen met regenwater, dan is het ook mogelijk om soorten in te zaaien die tegen zoute omstandigheden kunnen. Daarbij moet wel rekening worden gehouden met het verdwijnen van deze soorten bij geleidelijke verzoeting na aanleg. Kweldersoorten kunnen goed tegen zoute omstandigheden en tegen overstroming en zou goed met het slib mee kunnen groeien. In hoeverre kweldersoorten dezelfde bescherming geven aan de dijk als het standaard dijkmengsel is onduidelijk en zal worden gemeten in de pilot. Begrazing door vee zal ook een hogere inklinking veroorzaken (Elschot et al. 2013), daardoor zal de uiteindelijke maaiveldverhoging lager uitvallen. Deze inklinking kan ook de doorlatendheid en overslagbestendigheid beïnvloeden.

3.3 WP1 Aanlegtechnieken

De belangrijkste onderzoeksvragen die we binnen dit werkpakket middels veldproeven gaan beantwoorden zijn de volgende:

1. Wat is de matching tussen aanbod-vraag van slib in tijd en ruimte bij de proeflocaties?
2. Welke materieel en methodes (bagger-/verspreidingsmethodes) kan voor de diverse sites worden ingezet?

Deze vragen gaan we beantwoorden door tests uit te voeren met materieel en methoden en door proeven te monitoren, zoals in de onderstaande tabel weergegeven (Tab. 3.1).

Tabel 3.1: Onderzoeksvragen werkpakket 1

Onderzoeksvraag	Aanbod & benodigde hoeveelheid slib
Eerdere ervaringen	Informatie op basis van gegevens betreffend beheersgebied (slibaanwas)
Werkhypothesen	Waterlichaam evenwijdig aan dijklichaam, voldoende slib aanwezig om op meerdere malen een laag van de gewenste dikte op het talud aan te brengen
Methoden	Inpeilen watergang – op te leveren profiel – verschil geeft beschikbare m ³ , bepalen van de bulkdichtheid van het materiaal
Waar	Alle pilotlocaties (watergang evenwijdig aan watergang lijkt in Zeeland niet voorhanden)
Bijdrage onderwijs	HAN-CT minor Circulaire Economie
Onderzoeksvraag	Materieel & methoden
Eerdere ervaringen	Baggerspuit of kraan. Afhankelijk van werkmethode – bij Waternet is ervaring met baggerspuit (veenpolders). Met baggerpomp is het mogelijk om het jaarrond te werken (broedseizoen).
Werkhypothesen	Waterlichaam evenwijdig aan dijklichaam, voldoende slib aanwezig om op minimaal 1 talud een laag van de gewenste dikte aan te brengen. Terrein voldoende draagkracht voor trekker of kraan. Afstand tussen watergang en dijklichaam – binnen bereik kraan? Met baggerpomp meer bereik, maar materiaal is vloeibaarder.
Methoden	Veldmeting vaststellen wat de ideale setting is – is slib aanbrengen met kroosbak droog genoeg – kan laagdikte voldoende snel aangebracht worden – is slib aanbrengen met baggerpomp te vloeibaar – is de laagdikte overall even gelijkmatig aan te brengen
Waar	Alle pilotlocaties (watergang evenwijdig aan kering lijkt in Zeeland niet voorhanden)
Bijdrage onderwijs	HAN CT

3.4 WP2 Onderzoek en monitoring

3.4.1 Onderzoeksvragen

De belangrijkste onderzoeksvragen die we binnen dit werkpakket door middel van veldproeven beantwoord willen krijgen zijn de volgende (geclusterd op basis van lijst van eisen en wensen, Appendix B):

1. **Welke kansen en uitdagingen spelen er bij inzet van de MGD op de verschillende faalmechanismen?**
 - **Belangrijkste factoren die worden onderzocht:** Heterogeniteit van het slib; Laagdikte, Bulkdichtheid sliblaag; Doorlatendheid; Overslagbestendigheid. Onder andere de laagdikte, dichtheid en mate van inklinking hebben een effect op de kosten. Overige factoren hebben een effect op waterveiligheid, en daarmee op de governance en de waarde/kwaliteit van de dijk.
 - **Wat gaan we meten:** kleidek, grasmat ontwikkeling (belangrijk voor erosie); ontwikkeling van de slibkwaliteit (rijping, volume, organische stof, consistentie, dichtheid), belangrijk voor de kwaliteit van de deklaag/erosie, hoogte en STBI.
 - **Wat gaan we modelleren:** stabiliteit, rijping en consolidatie sliblaag.
2. **Wat is de invloed van de MGD op het beheerproces/ zorgplicht?**
 - **Belangrijkste factoren die worden onderzocht:** stabiliteit (pipingberm), stabiliteit periodieke slib ophogingen
 - **Wat gaan we meten:** heterogeniteit, effectieve laagdikte, bulkdichtheid, doorlatendheid (belangrijk voor de kwaliteit van de dijkversterking; Verlenging levensduur; Uitstel/ afstel/ verkleining grote ingrepen, aantal scheuren en andere inspectie-aspecten bij aanleg van een controlestrekking.
 - **Wat gaan we modelleren:** stabiliteit, rijping en consolidatie sliblaag.
3. **Wat is het effect van het aanbrengen van slib op bodem en vegetatie?**
 - **Belangrijkste factoren die worden aangepast:** zoutgehalte, organische stofgehalte, laagdikte, inzaaien, korte vs. lange termijn, mechanische belasting tijdens aanleg (machines), hoogte/type vegetatie.
 - **Wat gaan we meten:** meegroeivermogen van verschillende soorten, laagdikte over tijd, doorworteling, soortensamenstelling als functie van vegetatietypes.
4. **Wat is de optimale wijze van beheer?**
 - **Factoren, wat gaan we veranderen:** wel of niet begrazing, maaien, sinusmaaien
 - **Wat gaan we meten:** Laagdikte over tijd, meegroeivermogen van verschillende soorten, klink en doorlatendheid/drainage (zie ook b- ii)
5. **Wat is de invloed van de aanleg volgens de MGD op het Landschapontwerpproces?**
 - **Factoren, wat gaan we veranderen:** Met de MGD kan vooral de soortensamenstelling van de dijk worden aangepast, door bijvoorbeeld soortenrijke kruidenmengsels te zaaien of een kruidenmengsels van kweldersoorten die tegen zoute omstandigheden kunnen.
 - **Wat gaan we meten:** Groeiseizoen: vegetatie erosiebestendigheid doormiddel van vegetatiesamenstelling (Braun-Blanquet), vegetatiehoogte en bedekking, Winter: Doorworteling, Biodiversiteit via soortensamenstelling vegetatie

3.4.2 Te onderzoeken factoren in de pilots/veldproeven

De haalbaarheid en de effecten van de aanleg van de MGD zijn afhankelijk van locatie specifieke factoren (e.g. profiel van de dijk, vegetatie, grondopbouw van de dijk, slibsamenstelling, Tab 3.2) en locatie onafhankelijk factoren (bijv. laagdikte). Door proeven uit te voeren op verschillende relevante locaties, met locatie specifieke factoren, kan de toepasbaarheid van de MGD voor Nederland onderzocht worden. Per locatie is beschouwd welke proeven worden uitgevoerd. Figuur 3.1 geeft een overzicht van de belangrijkste locatie onafhankelijke factoren. Als al deze factoren worden gecombineerd worden zou de pilot veel te groot worden. Om deze reden wordt een standaard proef uitgevoerd en wordt er steeds één te beïnvloeden factor aangepast. Bij de niet beïnvloedbare factoren (hoek zon/wind, seizoen en taludhelling [HVHL uitgesloten]) wordt er enkel op de proeflocatie gemeten. Hierdoor worden de beïnvloedbare factoren individueel gewijzigd. De standaard proef heeft een laagdikte van 2 cm en frequentie van 2 lagen per jaar, waarbij (relatief) droog slib wordt aangebracht met een bak, zonder inzaaien of begrazing.

- Op het nog in te richten terrein van HVHL zal de impact van taludhelling, oriëntatie en vegetatietype op de interactie tussen slib en vegetatie onderzocht. Door deze kleinschalige experimenten eerder uit te voeren dan experimenten op een echte dijk kunnen we de aanlegprocedure aanscherpen, de range aan haalbare parameterswaarde beperken.
- Bij de Waddendijk, bij de Hedwigepolder en in Noord-Brabant is het mogelijk om te experimenteren met laagdikte, het seizoen van aanbrengen, watergehalte, begrazing en inzaaien. Bij de Hedwigepolder kunnen we ook experimenteren met de oriëntatie van de proefvakken.
- Bij de Dubbele dijk kan geëxperimenteerd worden met aanbrengingsmethode en aanbrengingsfrequentie.

Tabel 3.2: Locatie specifieke factoren.

Factoren	
Profiel dijk	Oriëntatie, helling
Vegetatie	Soortensamenstelling, vegetatiehoogte
Weersomstandigheden	Wind, regen, temperatuur, dagen met zon
Kenmerken slib	Organische stofgehalte, slibsamenstelling (t.b.v. bepaling milieuklasse en nutriënten)
Vegetatie kenmerken	Vegetatiehoogte en -samenstelling.

Factoren in pilot							
Laag dikte	2 cm	5 cm	10 cm		Water- gehalte	Nat	Droog
Zout / seizoenen	Lente	Zomer	Herfst	Winter	Inzaaien	Ja	Nee
Frequentie	2 maanden	3 maanden	1 jaar		Beheer	Onbe- graasd	Be- graasd
Hoek zon/wind	ZW	ZO	NW	NO	Aanbreng- methode	Bak	Spuit
Talud- helling	Laag	Mid	Hoog				

Figuur 3.1: factoren onderzocht in veldproeven.

3.4.3 Overzicht van veld- en labmetingen

Tabel 3.3 biedt een overzicht van de veldmetingen die in het veld- en door labanalyse uitgevoerd zal worden. Visuele inspecties zullen ondersteund worden door beelden te maken met een hoge resolutie camera. De uitstoot van broeikasgassen uit het materiaal (niet materieel) zelf zal ook direct in het veld worden gemeten (zie Appendix A). Dit kan gebruikt worden om de broeikasgassen voetafdruk van het concept te bepalen en te vergelijken met andere bagger- en dijkversterkingsprocessen. De metingen zullen plaatsvinden op de proefvakken als nulmeting en op constante frequentie (ongeveer elk half jaar) gedurende de drie jaren experimenten. In de Bijlage veldexperimenten is het complete overzicht per locatie per perceel van de metingen.

Tabel 3.3: Metingen per factor (geotechnisch en vegetatie).

Factor	Hypothese	Methode	Frequentie van bemonstering
Heterogeniteit van het slib	Locatiespecifiek	Diverse Bodemonsters: dichtheid, korrelgrootteverdeling, organische stofgehalte, schuifsterkte. Input voor numerieke modellen.	Vooraf pilot en bij aanbrengen sliblaag
Laagdikte	Dunner is beter voor vegetatie en slibstabiliteit.	Sedimentatie-erosiebalk/zakbaak. Hoge resolutiecamera's voor reologie bij inbrengen. Input voor numerieke modellen.	Vooraf pilot, bij aanbrengen, en tussen 2-6 maanden na aanbrengen sliblaag
Bulkdichtheid	Hoger naar mate er meer tijd verstrijkt	Bodemonster: dichtheid. Input voor numerieke modellen.	Vooraf pilot en bij aanbrengen sliblaag
Doorlatendheid	Neemt af door de tijd.	Bodemonsters: lab proef. Input voor numerieke modellen. Input voor numerieke modellen.	Vooraf pilot en bij aanbrengen sliblaag
Overslagbestendigheid	Herstelt na verloop van tijd.	Visuele inspectie, VTV methode & en periodiek plaggen steken Worteltelling en worteldiepte inspectie	Vooraf pilot en bij aanbrengen sliblaag
Vegetatiebedekking	Neemt af bij grotere laagdikte.	Vegetatieopnames (totaal en soorten) van proefvlakken, d.m.v. visuele inspecties en steekproefsgewijs met plag methode (beide conform WBI2017)	Vooraf pilot en tussen 2-6 maanden na aanbrengen sliblaag
Vegetatiehoogte	Bepaald hoeveel slib kan worden vastgehouden.	Vegetatiehoogte bepalen van een proefvlak van 2x2 m.	Vooraf pilot en tussen 2-6 maanden na aanbrengen sliblaag
Worteldiepte	Groeit mee met aangebrachte slib	Bodemonster voor verschillende dieptes: wortelbiomassa bepalen	Vooraf pilot en tussen 2-6 maanden na aanbrengen sliblaag
Zoutgehalte	Kan vegetatiegroei verminderen.	Bodemonster: zoutgehalte (analyse van anionen: bromide, chloride, fluoride, sulfaat) en cationen (natrium, kalium, calcium, magnesium).	Vooraf pilot en tussen 2-6 maanden na aanbrengen sliblaag
Organische stofgehalte	Positief op plantengroei; mogelijk negatief op worteldiepte	Bodemonster: organische stofgehalte (gloeiverlies & Rockeval analyse). Zie worteldiepte. Input voor numerieke modellen.	Vooraf pilot en bij aanbrengen sliblaag
Watergehalte	Neemt af met tijd. Geeft afdichtend laagje tegen verdroging van de kering bij extreem droog weer	Bodemonster: vochtgehalte. Input voor numerieke modellen.	Vooraf pilot en na aanbrengen sliblaag. Regelmatig meten bij droog weer bij MGD en controledijk
CO ₂ en CH ₄ uitstoot uit materiaal		Draagbare broeikasgas analyse apparaat (Micro-portable GHG analyzer).	Vooraf pilot en bij aanbrengen sliblaag

3.4.4 Numerieke en analytische modellen

Numerieke simulaties zullen uitgevoerd worden, in combinatie met lab proeven en veldmetingen, om de technische haalbaarheid en de optimale factorcombinatie van de MGD te bepalen en om implicaties voor de governance in te schatten. Hiervoor zullen numerieke modellen toegepast worden die al door de partners in dit project toegepast zijn

bij, bijvoorbeeld, de Kleirijperij. Mogelijk kan het werk ook door studenten, onder begeleiding van experts, uitgevoerd worden. We maken onderscheid in korte termijn en midden-lange termijn effecten. Dus op de fysische aspecten worden er naast plotmetingen ook modellen gedraaid om de aspecten als uit tabel 3.3 te simuleren.

Stabiliteit en dikte van de sliblaag kort na aanleg

De belangrijkste onderzoeksvragen zijn gekoppeld aan hoofdvraag 1 & 2 (faalmechanisme, beheerproces):

- Vloeit de sliblaag na plaatsing op het talud en hoe snel of blijft het op het talud liggen? Dit is een functie van de ruwheid van het gras / dijk oppervlak en van de reologie / dichtheid van de slib. Een verse sliblaag op een helling heeft de neiging om een nieuw evenwicht in zijn profiel te zoeken en daarom verschilt de dikte van de sliblaag na plaatsing hoogstwaarschijnlijk van de aanvankelijk beoogde ontworpen dikte.
- Wat is de ruwheid van de sliblaag na aanleg? Dit hangt af van de eigenschappen van de grasbekleding?

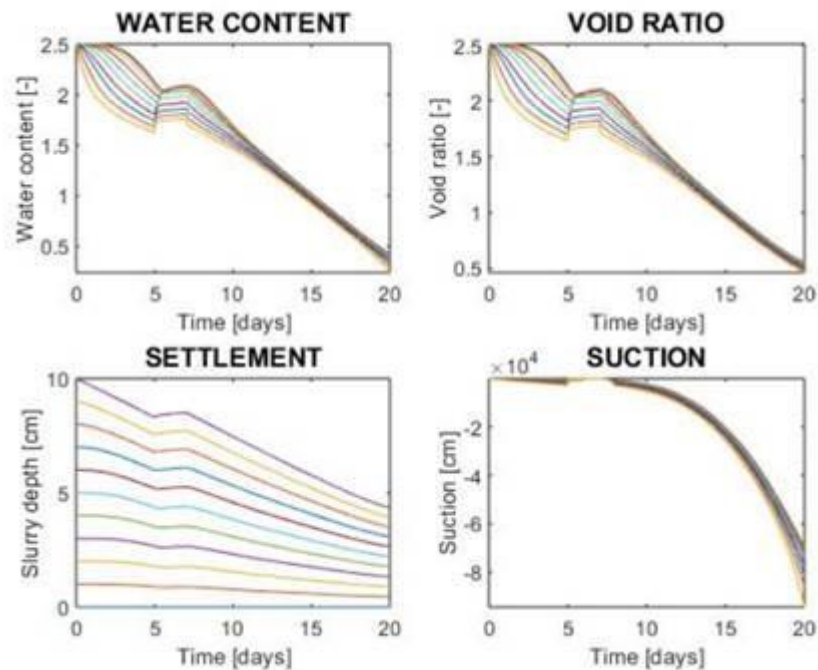
We zullen een analytisch model gebruiken als een ontwerptool voor snelle beoordelingen om te voorspellen hoe ver / in welke mate slib op verschillende hellingen zal stromen. De output van deze tool is een hoogteprofiel. De initiële sterkte van de slib (reologie), helling en ruwheid zijn de belangrijkste variabelen die in het model kunnen worden bijgesteld om verschillende scenario's te creëren.

Middellange termijn effect van consolidatie- en drogingsproces op dikte / hardheid van de sliblaag en op de grasgroei

De belangrijkste onderzoeksvragen zijn gekoppeld aan hoofdvraag 1 & 2 (faalmechanisme, beheerproces):

- Wat is het gecombineerde effect van consolidatie en rijping op de dikte van de sliblaag (enkele weken tot een jaar)? **Rijping** of verdroging betreft het ontwateren van sliblaag door verdampings- / droogproces. De tijdschaal van het rijpingseffect is vanaf een paar weken tot enkele maanden na aanleg. De krimp stopt wanneer het watergehalte in de sliblaag laag genoeg is.
- Hoe snel verwachten we de uitdroging van sliblagen van verschillende diktes (korst- en scheurvormen) in verschillende weersomstandigheden? De timing van korst- en scheurvorming kan de grasgroei beïnvloeden. In welke seizoenen is het gunstig om de slib aan te leggen op het talud, zodat de sliblaag niet te snel uitgedroogd waardoor het gras voldoende tijd heeft om te groeien?

We zullen dit modelleren met 1D op eindige differentiemethode gebaseerde modellen, met daarin de Gibson-consolidatietheorie, die kunnen worden gebruikt om de consolidatie in de tijd te schatten in termen van vermindering van de dikte van de sliblaag. We zullen een 1D eindige differenties (fysische) rijpingsmodelleringstools gebruiken om de afname in de dikte van de sliblaag als gevolg van uitdroging en de temporele verandering in het vocht van de sliblaag te simuleren. Een typisch resultaat van een dergelijk model wordt in de figuur hieronder weergegeven.



Figuur 3.2: Voorbeeld van een numerieke simulatie van rijping.

3.4.5 Onderwijsondersteuning

Bij een groot deel van de onderzoeksvragen is het mogelijk om studenten van Hogeschool Van Hall Larenstein (HVHL), de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen (HAN) of Wageningen Universiteit (WUR) in te zetten. Hierbij snijdt het mes aan twee kanten: met de inzet van studenten draagt het project bij aan de kennisontwikkeling van deze toekomstige werknemers in de sector. Daarnaast kunnen studenten in het kader van hun opleiding veel uren besteden aan monitoring, inventarisaties en analyses, waardoor er veel energie kan zitten op de analyse van de resultaten. Studenten zullen nooit direct producten aanleveren voor het project, maar de gegevens zullen -na kwaliteitscontrole door onderzoekers en docenten- de input vormen voor deze producten. Daarbij is het mogelijk dat de gegevens van een aantal studenten om kwaliteitstechnische redenen niet zullen worden gebruikt.

In onderstaande tabellen is de mogelijke ondersteuning vanuit het onderwijs aangeduid. Tabel 3.4 geeft per WP de bestaande, relevante expertise bij medewerkers van de hogescholen weer. Tabel 3.5 omvat een overzicht van de inzetbaarheid van verschillende studentengroepen.

Tabel 3.4: de voor het project relevante expertise van medewerkers (docenten en onderzoekers) van de hogescholen VHL en HAN en Wageningen Universiteit.

Kennis-vragen	Relevante expertise	Opleidingen / lectoraten
Technisch (WP1)	• Optimaliseren uitvoeringstechniek en initiële condities (t, €, CO₂) • Optimaliseren programmering in de tijd (aanbod bagger vs vraag tbv versterking)	• HAN Civiele Techniek • VHL Land en Watermanagement
Fysisch/chemisch/ecologisch (WP2)	• Monitoring/labtesten consolidatie & drogen aangebrachte baggerspecie • Monitoring hydrologische effecten in de dijk • Effecten van vegetatie op het ontwateren van baggerspecie • Invloed van sedimentsamenstelling op het mechanische gedrag van bagger, incl. effect type (reactiviteit) organische stof • Vegetatieontwikkeling (voorwaarden aan baggerslib voor gewenste vegetatie) • Monitoring interactie sliblaag / grasbekleding • Beheer optimalisatie (Maaien, begrazen, hooiland..)	• HAN Civiele Techniek • VHL Land en Watermanagement • VHL Bos- en Natuurbeheer • HAN lectoraat Sustainable River Management • WUR studenten – verschillende opleidingen
Governance (WP3)	• Mitigeren omgevingshinder (oa geur) • Vergunbaarheid • Optimaliseren contractvorm • Beleving van de dijk • bijv. monitoring grasbekleding, ecologische effecten, hinder	• VHL Kust- en Zeemanagement • VHL MSc River Delta Development • HAN Civiele Techniek / bouworganisatie • VHL Lectoraat Duurzame Watersystemen in de Omgevingswet

Tabel 3.5 – Projectonderwijs aan de hogescholen: mogelijke inzet van studenten in periode en uren.

Onderdeel opleiding*	thema's	Studentinzet in projectonderwijs
VHL – LWM Major GWW / Major Watermanagement (BSc 3e jaar)	WP2/3	300 uur per student van feb – juni; groepjes van 3-4 studenten
VHL – minor Ecohydrologie (BSc 4e jaar)	WP2	sept – jan; groepjes van 3-4 studenten
VHL – minor Ruimtelijke Informatie Technologie (BSc 4e jaar)	Monitoring met drones, GIS	sept – jan; groepjes van 3-4 studenten
VHL – LWM jaar 2 module Toegepast Onderzoek (BSc 2e jaar)	WP2	100 uur per student van april-juni; groepjes van 3-4 studenten
VHL (HZ, HR) – MSc River Delta Development	WP3	
VHL + HAN – minor Sustainable River Engineering (BSc 4e jaar)	WP1, WP2	400 uur per student van sept – jan; groepjes van 3-4 studenten
VHL – BNB jaar 2 module ...	WP2: monitoring van vegetatieontwikkeling	100 uur per student van april-juni; groepjes van 3-4 studenten
HAN Minor Circulaire Economie (BSc 4e jaar)	financiële / bedrijfskundige analyses, ook mbt meervoudige waardecreatie	
HAN MSc Circulaire Economie (BSc 4e jaar)	financiële / bedrijfskundige analyses, ook mbt meervoudige waardecreatie	
HAN CT BSc Deeltijd (BSc 3e, 4e jaar)	circulair bouwen, klimaatadaptatie, value engineering, gebiedsontwikkeling	
WUR master studenten	WP2	200 uur – het hele jaar

*BNB = Bos- en Natuurbeheer; LWM = Land en Watermanagement; KZM = Kust- en Zeemanagement; WUR = Wageningen Universiteit

3.5 Proeflocaties

Door middel van kleinschalige veldproeven met focus op mechanisch aanbrengen van gebiedseigen slib op een dijk, zullen we de optimale/haalbare wijze van uitvoeren en beheren bepalen van de MGD. De proeven zullen uitgevoerd worden op een of meerdere relevante locaties in Nederland. In dit plan bieden we een palet aan mogelijkheden: Hedwigepolder (Zeeland), Waddendijk (Groningen), Dubbele Dijk (Groningen) en meerdere locaties in Noord-Brabant. Bovendien worden kleinschalige experimenten uitgevoerd op de campus Hogeschool Van Hall Larenstein (Gelderland) om eerst in het klein te testen voor de experimenten op een echte dijk. Deze locaties worden hieronder beschreven.



Figuur 3.6: overzicht van de proeflocaties.

3.5.1 Locatie Groningen Dubbele dijk Regionale missies en opgaven Eems-Dollard 2050

In het programma Eems Dollard 2050 worden de ambities voor de ontwikkeling van het estuarium in 2050 beschreven (<https://eemsdollard2050.nl/>). Hier zijn de belangrijkste doelen: klimaat-robuust ecosysteem, herstel van natuurlijke dynamiek incl. slib, geleidelijke overgangen zoet-zout en land-water, vermindering van watertroebelheid en voldoende voedsel aan de basis van de voedselketen, vergroting van biodiversiteit. Bij dit programma worden combinaties met andere opgaven in de regio gezocht. Specifiek wordt

er gekeken naar uitdagingen en koppelkansen binnen verschillende hieronder genoemde thema's:

Waterveiligheid (risico op overstroming en wateroverlast te beperken)

Uitdagingen: de dijken langs de Eems-Dollard moeten over een aanzienlijke lengte versterkt worden. Daar is de komende jaren een grote hoeveelheid klei voor nodig.

Koppelkansen: met het slib dat uit de Eems-Dollard wordt onttrokken om de vertroebeling te verminderen is dijkklei te produceren in kleirijperijen. Ook is het mogelijk bouwelementen te persen van het slib en die te gebruiken als 'stortsteen' voor dijkversterking en oeverbeschoeiing.

Industrie

Uitdagingen: verduurzaming, transitie naar circulariteit. **Koppelkansen:** verwerking van slib, gecombineerd ruimtegebruik voor energiewinning, ecologie en natuur.

Met betrekking tot het onttrekken en toepassen van slib is het streven om jaarlijks ten minste 1 miljoen ton slib (droge stof) te onttrekken om de slibconcentratie te verlagen. De kern van deze strategie is de haalbaarheid van nuttige toepassingen te onderzoeken in de vorm van pilots en deze bij succes op te schalen tot grootschalige regionale toepassingen. In de pilots worden de volgende factoren onderzocht: de wenselijkheid van slibonttrekking voor de ecologie, het effect hiervan om te compenseren voor de zeespiegelstijging, de geschiktheid van slib voor verschillende toepassingen op basis van de fysische en chemische samenstelling, de technische haalbaarheid, de kosten van toepassingen, de economische en maatschappelijke meerwaarde (zoals een hogere opbrengst van landbouwgewassen of het terugdringen van de CO₂-uitstoot), het maatschappelijk draagvlak, de financiering en organisatie van de slibketen.

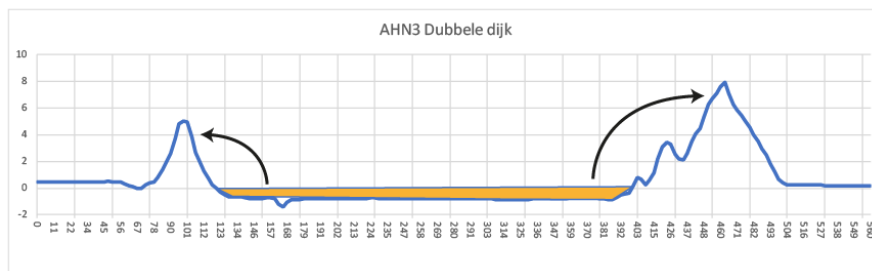
Locatiebeschrijving

Als onderdeel van de dijkversterking Eemshaven- Delfzijl heeft de provincie Groningen samen met het waterschap Noorderzijlvest de Dubbele Dijk ontwikkeld. De Dubbele Dijk bestaat uit een hogere dijk aan de waterkant en een lagere dijk landinwaarts. De tweede dijk is gemaakt van afgeschoven teeltaarde uit het gebied tussen de dijken. Samen vormen ze een primaire keringstelsel.

Het gebied tussen de dijken bestaat uit twee gedeelten (beheerd door provincie Groningen). Het zuidelijke deel (ongeveer 15 hectare) wordt een natuurgebied met eb en vloed, waar slib kan bezinken en een nieuwe pionier kwelder kan ontstaan. Het afgezette slib zou gebruikt kunnen worden voor de MGD-veldproeven op de dijken. Het water (en daarmee ook het slib) zal in en uitstromen via een getijdenduiker (verwacht in 2022). Het zuidelijke deel vormt een natuurlijk filter dat helder, voedselrijk water levert aan het noordelijke deel via een doorlaatkunstwerk. In het noordelijke deel (ongeveer 27 hectare) is ruimte om te experimenteren met de kweek van schaal- en schelpdieren. Ook is er plek voor zilte of zouttolerante landbouw.

Op basis van de planning wordt er verwacht dat er pas na 2023 genoeg slib zal zijn om proeven op de dijk uit te voeren. Op basis van de resultaten van de proeven op de andere locaties (Waddenkust en Hedwigepolder), zullen we bij de Dubbele Dijk grotere proeven

uitgevoerd worden die tegelijk dienen als aanscherping van het Meegroeidijk concept, het ontwerp en als toepassing om de binnendijk te verhogen.



Figuur 3.7: schematische doorsnede Dubbele dijk en hergebruik van slib uit het middengebied.



Figuur 3.8: impressie van de dubbele dijk.

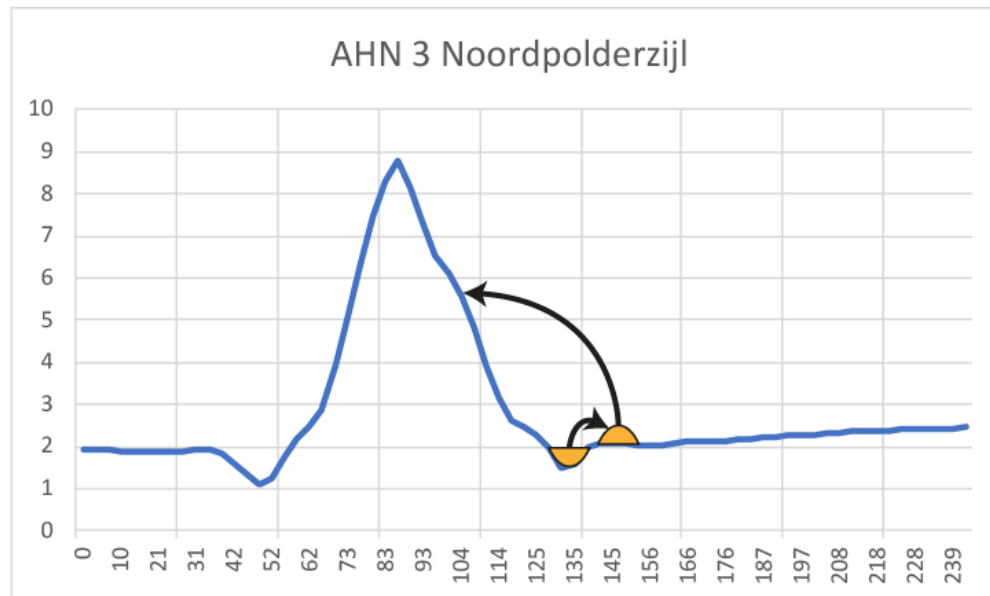
3.5.2

Locatie Waddendijk

De Groningse waddenkust loopt over de gehele noordgrens van het vaste land van de provincie. De hele Waddendijk van Groningen is een alternatieve locatie voor kleinschalige proeven, die beheerd wordt door Waterschap Noorderzijlvest. Hier is een sloot (petsloot) die de wadden (kwelders) van de dijk scheidt. Deze sloot wordt regelmatig onderhouden en daarbij gebaggerd. Het slib dat nu naast de sloot gelegd wordt, kan op de dijk gezet worden voor proeven mits goede afspraken worden gemaakt over pachten (1 april tot 1 november). Hier is dijkversterking nog niet noodzakelijk. Wel speelt bodemdaling als gevolg van gaswinning een rol in het oosten van het gebied.



Figuur 3.9: Links; Petsloot en op de kant gezet slib; op de achtergrond de kwelder (foto is genomen vanaf de dijk). Rechts: detailopname van het slib op de kant.



Figuur 3.10: schematische doorsnede met petsloot en zeedijk (waarden in meters, x en y-schaal zijn niet gelijk).

3.5.3 Locatie Hedwigepolder

Regionale missies Schelde-estuarium

De Vlaamse en Nederlandse regering hebben in 2001 een langetermijnvisie Schelde-estuarium laten uitbrengen met de volgende ambitie: “Het Schelde-estuarium is in 2030 een gezond en multifunctioneel estuariën watersysteem dat op duurzame wijze gebruikt wordt voor menselijke behoeften”. De inrichting als intergetijdengebied van de Hedwigepolder is een van de prioritaire natuurprojecten die dient te worden uitgevoerd. Van de 465 ha te realiseren slik- en schorgebied¹ wordt 295 ha op Nederlands grondgebied gerealiseerd en 170 hectare op Vlaams grondgebied. De estuariënnatuur wordt gecreëerd door een landinwaartse ringdijkverlegging, het graven van krekensels en vervolgens het maken van bressen in de huidige Scheldedijk waardoor het getij van de slibrijke Schelde wordt binnengelaten (gepland in 2022). Bovendien vervult de realisatie van het intergetijdengebied de instandhoudingsdoelstellingen voor het beleid aan de Natura 2000-gebieden voor beide landen en aan het herstel en uitbreiding van habitat voor vogels.

Locatiebeschrijving

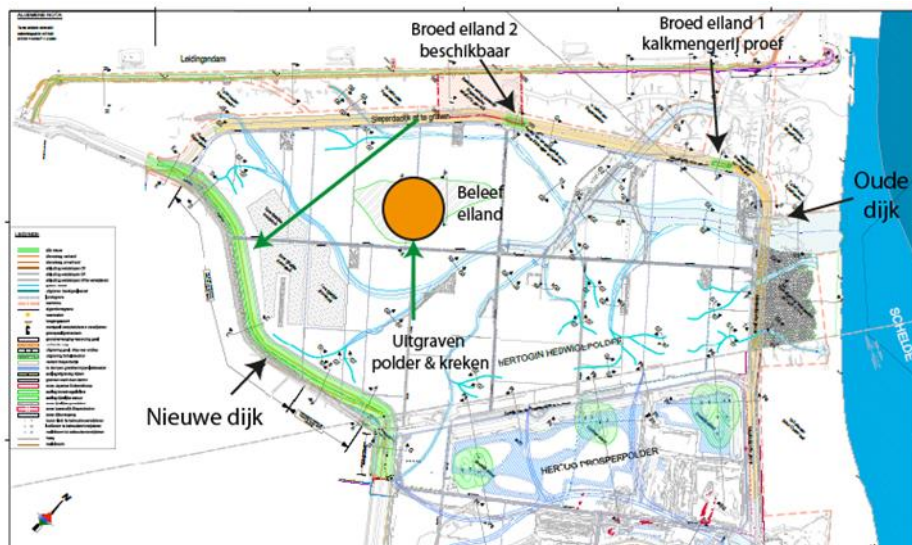
Vanwege de overige ontwikkelingen in het gebied, zijn veldproeven mogelijk op drie locaties:

- Op de nieuwe beleefheuvel (30 m hoog), waarop een radartoren wordt gebouwd. Deze locatie leent zich om het effect van oriëntatie van slib en vegetatie t.o.v. windrichting en zon te testen. Slib kan gegraven worden uit polders en krekensels.
- Op de oude dijk (voormalige zeedijk). Deze wordt in 2022 grotendeels afgegraven en het materiaal wordt gebruikt voor de ophoging van de nieuwe dijk. Daarvoor

¹ Dit is de term die in Zeeland wordt gebruikt. In de rest van deze rapportage wordt de Noord Nederlandse term kwelders toegepast.

komt slib beschikbaar voor proeven. Twee delen van de oude dijk blijven over na de afgraving. Deze worden ingericht als broedgebied voor vogels. Eén van deze gebieden is nog beschikbaar.

- Op de nieuwe dijk, die regelmatig opgehoogd zal worden.



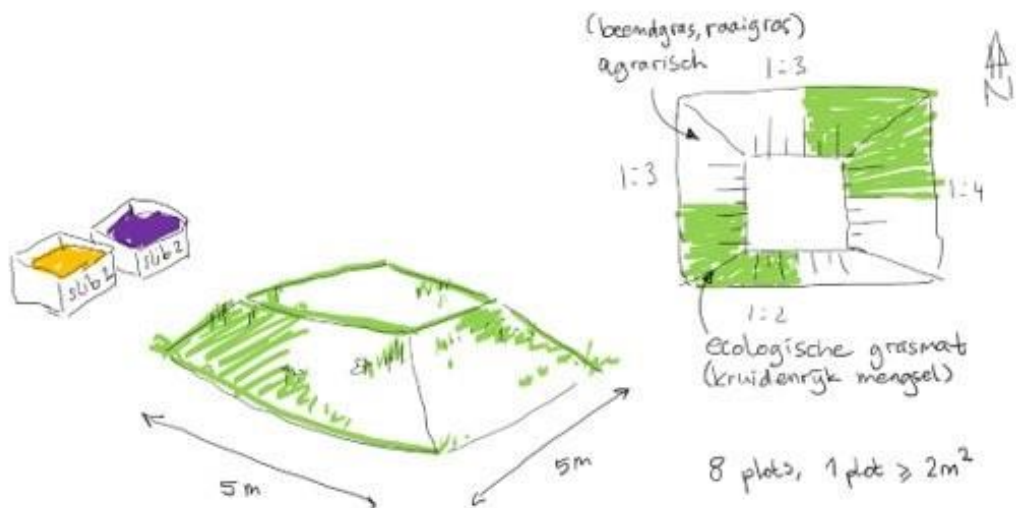
Figuur 3.11: kaart gebiedsinrichting van de Hedwigeprosperpolder.

3.5.4 Campus Hogeschool Van Hall Larenstein

Naast de proeven op “echte” dijken op de pilotlocaties zullen er kleinschaliger veldexperimenten of proefopstelling op het kennislandgoed Larenstein (Velp) uitgevoerd worden. Hierbij wordt gedacht aan een grondlichaam (terp) met zijden van ca 8 m² onder verschillende hellingen, waarop periodiek baggerslib (afkomstig van elders) wordt aangebracht (figuur 3.12).

Zo’n toegankelijke en flexibele proefopstelling biedt de mogelijkheid om regelmatig monitoring door studenten te laten uitvoeren, bijvoorbeeld van zetting, vegetatieontwikkeling en het gedrag van het slib na aanbrengen.

Momenteel wordt door studenten een haalbaarheidsstudie naar de opstelling uitgevoerd. Dit omvat de voorkeurslocatie, aanlegwijze, aanleg- en beheerkosten. Ook worden de optimale specificaties van de opstelling bepaald. Daarbij wordt onder meer rekening gehouden met bereikbaarheid per as (voor aanleg en ook voor materieel t.b.v. aanbrengen baggerslib in de operationele fase) en de minimale afmetingen van de proefvakken t.b.v. ecologische monitoring. Het op deze locatie aan te brengen slib moet minimaal aan de kwaliteitsklasse Wonen voldoen en mag niet zout zijn (maximaal toegestane EC-waarde). Goedkeuring vanuit de hogeschool voor de aanleg van de proefdijk en het uitvoeren van de experimenten is momenteel nog onder voorbehoud van de uitkomsten van deze haalbaarheidsstudie. Na aanleg kan de proefopstelling in overleg met de onderzoekers/docenten gebruikt worden voor het beantwoorden van diverse onderzoeksvragen uit de verschillende WP2 en WP1.



Figuur 3.12, schetsontwerp van de proefopstelling op het landgoed Larenstein in Velp (HVHL).

3.5.5 Locatie Brabantse Delta

Ambitie en opgaven Brabantse Delta

De ambitie rond circulariteit en klimaat (kadernota BrabantseDelta 2021 – 2030) past naadloos bij het concept van de Meegroeiendijk, en raakt aan de taken voor de programma's Waterveiligheid en Watersystemen (Baggeren) en het programma Klimaat en Duurzaamheid. Specifiek voor de MGD wordt er gekeken naar uitdagingen en koppelkansen binnen de thema's waterveiligheid en baggeropgaven.

Locatiebeschrijving

Veldproeven zijn mogelijk op diverse locaties. Idealiter zullen locaties gekozen met een grote baggeropgave, met redelijke bereikbaarheid en met een passend tijdschema voor zowel de winning als de verwerking en/of direct gebruik (zie figuur 3.13 voor een overzicht van de watersystemen). Dit zijn de potentiële focusgebieden:

- bij de primaire keringen bijvoorbeeld delen op het traject Willemstad-Noordschans (macro-stabiliteit binnenwaarts)
- Moerdijk (piping en macrostabiliteit) en/of omgeving Amertak (piping, grootschalige kwel) en ook een aantal regionale keringen.
- Voor of achter een kering met een pipingprobleem (STPH)
- Aan de binnenzijde van de kering) met een macrostabiliteitsprobleem (STBI), of aan de buitenzijde van de kering bij buitenwaartse stabiliteitsproblemen (STBU)
- Op een kering die snel verdroogt in de zomer
- Op keringen met scheurvorming
- Bij een afgekeurde (primaire of regionale) kering kan er tot het moment van versterking onderzocht worden of met bagger scheurvorming te repareren is.
- Bij een in de zomer zeer droge kering kan onderzocht worden of de droogte in de kering en aan de oppervlakte te verminderen is. Een aantal kleine experimenten zou ook op compartimenteringkeringen kunnen worden uitgevoerd, mits er een watergang in de nabijheid is.

- Bij afgekeurde keringen met een pipingprobleem kan de kweldijk en anti-pipingberm worden toegepast tot het moment van definitieve versterking.
- Op compartimenteringskeringen kan geëxperimenteerd worden met de aanbrengtechniek en laagdikten



Figuur 3.13: kaart Brabantse watersystemen.

3.5.6 WP3 Governance, business case, circulariteit en vervolgstappen

Ten aan zien van governance, de business case en circulariteit zijn er nog een aantal belangrijke onderzoeksvragen en stappen, die we binnen dit werkpakket beogen te zetten. Enerzijds bestaat het uit voorbereidend werk (zoals het uitvoeren van een vergunningenscan). Anderzijds kunnen een deel van de vragen middels veldproeven beantwoord worden (bijv. de ontwikkeling van de meegroeidijk en hoe de omgeving daarover denkt).

Het betreft de volgende stappen/vragen:

1. **Regelgeving.** Uitvoeren van een vergunningenscan voor het pilotproject en later eventueel voor een opgeschaalde variant. In hoofdstuk 2 is een eerste inschatting gemaakt, maar de vergunningenscan zal antwoord geven op de volgende vraag: Welke wet- en regelgeving is vigerend, welke procedures dienen derhalve doorlopen te worden en in hoeverre betekent dit een beperking van de mogelijkheden? Daarna dienen de betreffende vergunningen voorbereid en aangevraagd te worden, alvorens gestart kan worden met de uitvoering.
2. **Financiering.** De MGD is een intermediair tussen regulier onderhoud en dijkversterking: hoe kan de financiering op langere termijn hierop worden afgestemd?
Verder, hoe komt de business case exact (of in meer details) uit op opschaling? En waar liggen de kansen in Nederland voor de MGD? Of is ander

nut (zoals 4 en 5), danwel de beprijzing daarvan maatgevend in de maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA)?

3. **Stakeholders.** Vormgeven van een stakeholderproces. Hoe zullen stakeholders meegenomen worden in het proces (van tevoren/tijdens), hoe gaan ze de kering gebruiken en wat is hun beleving? Als de bagger in het groeiseizoen verspreid wordt (april-aug), is de verwachting dat het om maximaal drie maanden gaan. Dit zal onder andere afhankelijk zijn van de aangebrachte laagdikte en het al dan niet inmengen van zaden in het slib. Samen met bewoners en gebruikers vaststellen waar zorgen en mogelijkheden zitten en hen betrekken bij de monitoring (participatieve monitoring). Is de geur afhankelijk van de hoeveelheid organisch materiaal? Kan geur gemeten worden? Welke gassen ontstaan die stinken en kunnen die gemeten worden? Het zou fijn zijn om te weten wanneer het wel stinkt en wanneer niet.
4. **Business case.** De businesscase kan gedurende de uitvoering steeds worden aangescherpt met ervaringen uit de pilots. Als er bijvoorbeeld met inzaaiing van de dijk gewerkt gaat worden, zal daar nog een raming voor opgesteld worden ten opzichte van een klassieke dijkversterking.
5. **CO₂ voetafdruk.** Er is een eerste inschatting gemaakt van de CO₂ voetafdruk van werkzaamheden, materieel en dijkversterking. Komt dit overeen met de kosten en uitstoot van de pilot? Is er voldoende slib beschikbaar? Als er van verder slib aangevoerd moet worden: vanaf hoe ver kan dit aangevoerd worden om nog steeds tot een verlaging van de CO₂ voetafdruk te leiden?
6. **Circulariteit.** Wat is de mate van circulariteit van de Meegroedijk, in vergelijking met andere baggertoepassingen? Hiervoor kan een tool van STOWA gebruikt worden, recentelijk door Netics en Deltares ontwikkeld, om de circulariteit van regionale baggerprojecten te beoordelen. De tool berekent de circulariteit van regionale baggerprojecten (gericht op waterschap projecten) gebaseerd op vier circulariteitsaspecten: kosten en waarde; volume (hergebruikt); emissies; natuur en (maatschappelijk)systeem. De definitieve rapporten komen in juli 2021 beschikbaar. [Deze korte video](#) legt de tool uit.: aanlegmethode, locatie) of baggertechnieken (bijv. graafmachine, schuifboot) te evalueren om de circulariteitsscore te maximaliseren. score te maximaliseren. score te maximaliseren.
7. **PAS en stikstof:** wat zijn de geldende PFAS normen en hoe zijn die anders voor landbodems dan voor waterbodems? Welke normen gelden er voor de pilotgebieden en hoe wordt hieraan voldaan? Is er een positief of negatief effect te verwachten qua “stikstofemissies”².
8. **Milieukwaliteit en onder het BBK en het tijdelijk handelingskader PFAS.** Hierbij wordt gebruik gemaakt van het waterbodemonderzoek voorafgaand aan het baggerwerk, waarbij ook PFAS wordt meegenomen. De toetsing en het meetpakket wordt afgestemd met werkpakket 2, omdat de metingen ook direct van nut zijn voor het toepassingsspoor. Gestreefd wordt om voor elke locatie het meetpakket gelijk te houden. Dit kan betekenen dat voor sommige locaties meer wordt gemeten dan formeel nodig is. Bij de toetsing wordt rekening gehouden met de locatie (meestal waterbodem, wellicht ook

² NH₃ en NO_x

landbodem) en de relatie tot het bronmateriaal (vaak zal het verspreiden in hetzelfde oppervlaktelichaam zijn). Wellicht is ook milieukundig onderzoek nodig van de ontvangende bodem en dient rekening te worden met lokale normen.

3.5.7 **WP4 Opschalingstraject**

Een pilot of demonstratie is geen doel per se. Het doel is te kunnen opschalen en de criteria en voor- en nadelen van een opgeschaalde variant te worden beoordeeld. Daarom worden de analyses en de business case op operationele schaal gemaakt. In het vervolgtraject zullen we zo veel mogelijk lopende initiatieven of projecten en beschikbare kennis benutten. Hieronder een overzicht van de belangrijkste links.

Mogelijk worden SWECO, HAN en het de US Corps of Engineers (USACE) toegevoegd aan het team. SWECO heeft ervaring met het concept van Slow Building. HAN werkt samen met HVHL met studenten of dit gebied. USACE heeft veel ervaring met “thin lift placement” van bagger. Hier willen we graag hun bestaande ervaring te gebruiken. We zullen ook kijken voor technische maar ook financiële verbinding met andere initiatieven, zoals de onderzoeksubsidie KIEM (hogescholen), het NWO Prospectpolder project, het programma Eems-Dollard2050, maar ook TKI Deltatechnologie, HWPB KIA (kennis en innovatieagenda's) of EU programma's.

3.5.8 **WP5 Kennisdisseminatie en communicatie**

Voor en gedurende de uitvoering van de veldproeven zijn communicatie met de stakeholders en kennisdisseminatie van enorm belang voor het succes van het onderzoek op inhoudelijk, economisch en maatschappelijk niveau. Op deze manier krijgen alle stakeholders en partners inzicht in de noodzaak om duurzame oplossingen in te zetten om de dijk mee te laten groeien met zeespiegelstijging. Daarnaast geeft het de gelegenheid om andere opmerkingen en aandachtspunten aan te brengen in het ontwerp. Belangrijk in de communicatie is ook om uit te leggen in hoeverre de MGD een traditionele dijkversterking voorkomt en wat de voordelen daarvan zijn voor lokale bewoners en grondeigenaren.

Belangrijke stakeholders zijn de beheerder van de dijk, het waterschap, de lokale grondeigenaren, pachters en de lokale bewoners. Afhankelijk van de locatie en de bron van het toe te passen slib, kunnen hier andere partijen bij komen. Voor de beheerder en het waterschap zijn belangrijke factoren dat de MGD bijdraagt aan de doelstellingen en opgaven voor de dijk. Voor de omgeving (grondeigenaren en lokale bewoners) is het van belang dat de overlast geminimaliseerd wordt. Voor pachters zullen de criteria afhangen van het gebruik. Bij begraasde dijken is van belang dat de bewerking geen risico vormt voor het veel (geen gaten, milieukundige kwaliteit op orde) en dat het gras van voldoende kwaliteit. De beleving van de mensen en omwonenden is meestal positief, juist wanneer zij direct betrokken en ingelicht worden.

De resultaten van de proeven en van de data-analyse zal gedeeld worden in:

- Rapportages
- 2x Publicaties in wetenschappelijk tijdschriften en vakbladen
- Workshops & excursies in het veld
- Infographics
- Beeld en videomateriaal inclusief interviews

4 Planning en budget

4.1 Planning

Gedurende 3 jaar zullen proeven uitgevoerd worden op verschillende locaties. De uitvoering van de proeven en analyses zal gefaseerd worden om eerdere ervaringen en opgebouwde kennis zoveel mogelijk in een later stadium te kunnen benutten. Na de opzet van een nieuwe project en het vinden van financiering (WP0) zullen kleinschalige proeven starten op locatie HVHL in de herfst van 2021. Veldproeven op andere locaties (nader te bepalen) zullen in 2022 beginnen. Hier geldt dat slib net na/voor en net voor/na het stormseizoen/het groeiseizoen aangebracht zal worden. Metingen en bodembemonstering zullen regelmatig gedurende de hele periode plaatsvinden. De wintermaanden zullen benut worden voor labmetingen en numeriek modelleren, business case en circulariteit analyse en voor rapportage. De onderstaande tabel geeft een overzicht van de planning.

				2021				2022				2023				2024			
		1 veld	2 veld	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	
WP0	Project opzet (financiering / contract) + PM	150	200																
WP1	Veld experimenten plan (WDZ +LLHP) + vergunningen	90	150																
	Veld experimenten uitvoeren (WDZ +LLHP)	90	150																
WP2	HVHL experimenten plan																		
	Type 1	30	30																
	Type2	30	30																
	Veld metingen	70	120																
	Lab metingen	80	120																
	Modelleren	15	25																
	Analyse	35	50																
	Rapport	40	60																
WP3	Business case en circulariteit	35	50																
WP4	Opschalingstraject	15	25																
WP5	Communicatie en disseminatie	35	45																

Figuur 4.1: Gantt diagram met alle werkpakketten.

4.2 Budget

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de verwachte kosten in het geval van een of twee veld locaties, aanvullend op de proeven bij HVHL, per werkpakket. In het scenario met een veldexperiment is de indicatieve budget range (+/- 20%) 550-800 k EUR. Met twee veldexperimenten is de budget range 850-1300 k EUR

Tabel 4.1: budget voor twee scenario's.

	Veld 1	Veld 2
	KEUR, excl.	
WP0	150	200
WP1	180	300
WP2	300	440
WP3	40	50
WP4	20	30
WP5	40	50
Totaal	730	1070

4.3 Milestones

1. Gedetailleerd plan van aanpak
2. Nulmeting uitgevoerd (veld en lab)
3. Procedure en regeling klaar voor aanleg
4. Eerst laag slib aangebracht op alle percelen
5. Eerste metingen uitgevoerd op alle percelen
6. Tweede laag slib aangebracht op alle percelen
7. Alle lagen aangebracht
8. Alle veldanalyses uitgevoerd
9. Alle lab analyses uitgevoerd
10. Numeriek model opgesteld en gekalibreerd
11. Numerieke simulaties uitgevoerd
12. Veld-, lab- en numerieke analyse vergeleken
13. Beheercharacteristieken en variabelen bepaald (ook noodzaak tot continue inspanning)

4.4 Deliverables

- Invloed van relevante factoren op ontwerp & bandbreedte toepasbaarheid MGD; welke doet er wel/niet toe. Dit vormt enerzijds input voor governance en opschaling en anderzijds voor kennisdisseminatie.
- Procedure uitvoering en MGD.
- Inschatting toegevoegde waarde (kostenbesparing, circulariteit, CO₂ uitstoot vermindering) op basis van lokale/regionale natuurlijke, infrastructurele en maatschappelijk omstandigheden, overzicht stappen governance (legaal/sociaal) voor uitvoering en opschaling. Do's en don'ts.

5 Literatuur

- Elschot, K., T. J. Bouma, S. Temmerman, and J. P. Bakker. 2013. Effects of long-term grazing on sediment deposition and salt-marsh accretion rates. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 133:109–115.
- Elschot, K., M. E. B. Van Puijenbroek, D. D. G. Lagendijk, J. T. Van der Wal, and C. Sonneveld. 2020. Lange-termijnontwikkeling van kwelders in de Waddenzee (1960-2018). Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-technical report 182. Wageningen, The Netherlands.
- Langlois, E., A. Bonis, and J. B. Bouzillé. 2001. The response of *Puccinellia maritima* to burial: A key to understanding its role in salt-marsh dynamics? . *Journal of Vegetation Science* 12:289–297.
- Mendelssohn, I. A., and N. L. Kuhn. 2003. Sediment subsidy: effects on soil-plant responses in a rapidly submerging coastal salt marsh. *Ecological Engineering* 21:115–128.
- POV gras- en kleibekleding: <https://pov-waddenzeedijken.nl/gras-en-kleibekleding/>
- Reijers, V.C. et al. (2014). De invloed van vegetatie op de erosiebestendigheid van dijken. De start van een monitoringsexperiment naar de effecten van de vegetatiesamenstelling op de erosiebestendigheid van de Purmerringdijk. Rapport Radboud Universiteit Nijmegen en Alterra, Wageningen UR.
- Raadgever T., Groenendijk F., Haarman F., Klinge M., de Rijk S., van der Star W., Pohnke C., Robert S., Fiselier J., Kollen J., Sulker D., van der Ven J., (2020), Verkenning Proeftuin Duurzaam en Kosteneffectief Grondverzet
- Rijkswaterstaat (2012), Handreiking Toetsen Grasbekledingen op Dijken t.b.v. het opstellen van het beheerdersoordeel (BO) in de verlengde derde toetsronde, 196 bladzijden
- Sprangers, JTCM 1996. Extensief graslandbeheer op zeedijken – effecten op vegetatie, wortelgroei en erosiebestendigheid. Landbouwniversiteit Wageningen. In opdracht van DWW/Rijkswaterstaat, werkgroep A 'Belastingen en Bekleding' van de Technische Adviescommissie voor waterkeringen.
- Silva, H., J. M. Dias, and I. Caçador. 2009. Is the salt marsh vegetation a determining factor in the sedimentation processes? *Hydrobiologia* 621:33–47.
- Sykes, M. T., and J. B. Wilson. 1990. An experimental investigation into the response of New Zealand sand dune species to different depths of burial by sand. *Acta Botanica Neerlandica* 39:171–181.
- Temmerman, S., P. Meire, T. J. Bouma, P. M. J. Herman, T. Ysebaert, and H. J. De Vriend. 2013. Ecosystem-based coastal defence in the face of global change. *Nature* 504:79–83.
- Van der Zee FF 1992. Botanische samenstelling, oecologie en erosiebestandigheid van rivierdijkvegetaties. Landbouwniversiteit Wageningen, vakgroep Vegetatiekunde, Plantenoecologie en Onkruidkunde.
- Van der Zee, F.F van der en Frissel JY 2014. De invloed van vegetatie op de verdroging van kleikades. Alterra Wageningen UR, Alterra-rapport 2590.
- WBI 2017: www.helpdeskwater.nl/wbi2017

A Broeikasgassen metingen en organische stof

De flux van broeikasgassen koolstofdioxide (CO₂) en methaan (CH₄) kan bepaald worden met behulp van een draagbare broeikasgas analyse apparaat (Micro-portable GHG analyzer, Los Gatos Research). Hierbij wordt een cilindrische kamer geplaatst over een oppervlak waarvan de broeikasgas flux bepaald dient te worden. Deze kamer wordt aangesloten op de machine in een gesloten circuit. De lucht wordt rondgepompt door de machine, welke de broeikasgas concentratie middels infrarood detectie per seconde meet. Indien er sprake is van emissie zal de concentratie door de tijd heen langzaam hoger worden. Op basis daarvan wordt de snelheid van de broeikasgas emissie bepaald.

Naast het meten van broeikasgasfluxen is het van belang te bepalen hoeveel organisch materiaal in de bodem opgeslagen ligt en wat de kwaliteit (afbreekbaarheid) van dit materiaal is. Als er veel organisch materiaal aanwezig is en dit is tevens makkelijk afbreekbaar, dan zal dit materiaal onder de juiste condities vrij snel microbiologisch kunnen worden afgebroken, met hoge emissies tot gevolg. Daarom is het van belang het organisch stof in de bodem te monitoren over de loop van het project. De kwantiteit en kwaliteit van het organisch stof in de bodem kunnen gelijktijdig bepaald worden middels Rock Eval analyses. Bij een Rock Eval pyrolyse wordt een kleine hoeveelheid gehomogeniseerd en verpoederd monstermateriaal in een inerte atmosfeer geprogrammeerd verhit tot 650 °C. Tijdens deze pyrolyse wordt het organisch materiaal gekraakt en de vrijkomende koolwaterstoffen worden gedetecteerd met een vlam ionisatie detector (FID). Het resultaat is een pyrogram, waarbij de hoeveelheid gegenereerde koolwaterstoffen als functie van de tijd en temperatuur worden weergegeven. Het typerende pieken patroon dat met de Rock Eval wordt gemeten kan worden gekarakteriseerd door specifieke indices, die het relatieve aandeel van labiel en resistent organisch materiaal weergegeven, wat een indicatie geeft van de afbreekbaarheid van het materiaal.

Het typerende pieken patroon dat met de Rock Eval wordt gemeten (pyrogram) kan worden gekarakteriseerd door specifieke indices, die het relatieve aandeel van labiel en resistent organisch materiaal weergegeven (Tabel 2). In dit rapport is gewerkt met de I-index en de R-index.

B Programma van Eisen en Wensen

Hieronder volgt het Concept Programma van Eisen en Wensen (PVEW) met betrekking tot het opstellen van een Plan van Aanpak (PvA). Deze is gebaseerd op voorgaande overleggen van 15 april en 10 juni. Alle lezers worden uitgenodigd om deze eindconcepttekst door te nemen, te verbeteren, aan te vullen en dit uiterlijk 29 juni met het schrijfteam te delen. Op grond hiervan wordt het definitieve PVEW opgesteld. Dit zal dienen als basis voor de formulering van het Plan van Aanpak Pilots Meegroeidijk. Het gaat hierbij uitdrukkelijk om een programma van eisen (welke in ieder geval moeten worden geadresseerd in een PvA) en wensen (welke indien mogelijk moeten worden meegenomen).

Algemeen

In de afgelopen jaren is het idee van de Meegroeidijk geleidelijk ontwikkeld door Deltares en omarmd door EcoShape. Er bleek voldoende belangstelling van de waterschappen en STOWA om op 15 april 2021 een inventariserende Workshop 1 te organiseren, gevolgd door een verdiepings Workshop 2 en een overleg met STOWA. Met het tot stand komen van het Plan van Aanpak Pilots Meegroeidijk zal Fase 1 van de Meegroeidijk-verkenning afgerond worden. Het idee is dat Fase 1 door EcoShape partners (1/3), STOWA (1/3) en Waterschappen (1/3) gefinancierd gaat worden (totaal ongeveer 180 KE). Het idee is dat Fase 2 op een andere wijze gefinancierd gaat worden. De financieringsmogelijkheid van Fase 2 worden tijdens Fase 1 ook verkend.

Beleidscontext

Momenteel is er een sterke wens naar gebiedseigen materiaal om baggerwerkzaamheden en dijk aanleg goedkoper en duurzamer te maken. Dat betreft enerzijds de CO₂ en NO_x uitstoot. Anderzijds zal, in de loop van deze eeuw, de vraag naar natuurlijke sedimenten als klei en zand naar verwachting aanzienlijk toenemen. Daarbij komt nog dat er tot 2050 een belangrijke dijkversterkingsopgave ligt voor de primaire keringen, waarbij voor veel dijken het faalmechanisme piping een issue is, en dat een aantal secundaire keringen in toenemende mate geconfronteerd wordt met droogteproblematiek.

Hiernaast spelen ook de Circulaire Economie ambities van de waterschappen voor uiterlijk 2050 en zorgen over het teruglopen van de nationale insectenstanden, i.e. biodiversiteit. Ook daar kan de Meegroeidijk een positieve factor vormen en kunnen zaadmengsels worden toegevoegd die interessant zijn voor diverse soorten insecten.

Het Meegroeidijk-concept zal naar verwachting een (deel)antwoord zijn op deze problemen.

Doelen van het Plan van Aanpak

In het Plan van Aanpak moet vorm worden gegeven aan het vereiste en gewenste onderzoek en de pilot opzet met betrekking tot de Meegroeidijk. Voor elk werkveld zal een aantal aspecten worden benoemd die zullen worden geadresseerd.

Het PvA beoogt op deze wijze de vele vragen die leven, zoals deze bij bovengenoemde overleggen naar voren werden gebracht te adresseren door het formuleren van een onderzoeksplan en opzetten van de laboratoriumproeven en pilot(s).

Het einddoel van het PvA is: het formuleren van het vereiste en gewenste onderzoek, de pilot opzet en de bijbehorende financiering van fase 2.

Werkpakketten

In onderstaand overzicht wordt de inhoud van de diverse werkpakketten besproken die in het PvA nader vormgegeven moeten worden. Deze zijn gebaseerd op de input van de workshop van 10 juni. De zaken die relatief laag scoorden bij deze workshop (vanaf een score van 0,75 of lager met een SD gelijk of hoger dan 0,43) zijn als volgt aangegeven: (wensen). Dit zijn geen must-haves, maar het zou goed zijn als deze meegenomen kunnen worden.

Naast de inhoudelijke vragen zijn er een aantal identieke aandachtspunten geïdentificeerd die voor elk werkpakket ook geadresseerd moeten worden in het PvA. Dat zijn (in volgorde van hun scoring): a) Beheercyclus; b) Governance; c) Financiële kant; d) Monitoring; e) Milieu; f) Duurzaamheid; g) Tijdsduur pilot; h) Link naar onderwijs/inzet studenten; i) Geschiktheid bagger. E.e.a. dient vormgegeven te worden in goed overleg met de betrokken deskundigen van het samenwerkingsverband.

Werkpakket 1: Techniek

1.1 Bagger- en aanlegtechnieken

De baggertechnische haalbaarheid (zowel technisch als economisch) is uit de aard der zaak altijd heel locatie-specifiek. Dit zal middels praktijk-inventarisaties en vervolgens pilots op diverse locaties met verschillende methoden moeten worden getest. Pas met meer praktijk-informatie kan de baggertechnische haalbaarheid in beeld worden gebracht. De belangrijkste vragen zijn daarom:

- Wat is de matching aanbod-vraag van slib in tijd en ruimte?
- En hoe bepalen we die?
- Wat zijn de mogelijkheden voor een doelmatige bestemming van bagger?
- Welke equipment kan voor de diverse potentiële sites worden ingezet?
- Welke verspreidingstechniek werkt per site het beste? Beschouw tenminste, maar niet uitsluitend: rainbowen, via pijpen, op de as, inzet lokale landbouwapparaten, cementmolens,....
- Gezien het talud, hoe nat mag het slib zijn dat je aanbrengt? (Welke viscositeit past bij welke hellingshoek?)
- Helpt infrezen voor een optimalere stabiliteit?
- Wat is de optimaal haalbare laagdikte?
- Welke laagdikte blijft er uiteindelijk over na klink en oxidatie?
- Welke eisen gelden er voor de slibsamenstelling (vervuilingsklasse-indeling)?
- Wat is duurzaamheid van de aangebrachte laag?

1.2 Piping

Gebruik van het slib om de indringing in de watervoerende laag te voorkomen lijkt in ieder geval technisch haalbaar voor kleine watergangen. De hoofdvraag is: Is het inderdaad mogelijk om piping tegen te gaan met behulp van het Meegroeidijk-concept (piping-berm) en waar dient dan op gelet te worden? Daarbij dienen de volgende zaken onderzocht te worden:

- Heterogeniteit van het slib;
- Soortelijk gewicht sliblaag;

- Stabiliteit van de grotere laagdikte;
- Doorlatendheid;
- Inklinking.

Gezien de schaal, risico's en kosten van het experiment heeft het de voorkeur om piping-aspecten te verkennen op een regionale kering, een te verwijderen kering of een zomerdijk.

Werkpakket 2: Beheer en onderhoud

2.1 Beheer en onderhoud dijken en keringen

Het gaat hierbij met name om het ontwikkelen van een vorm van governance, waarbij stakeholders goed moeten worden meegenomen in de te ontwikkelen methodiek.

2.2 Waterveiligheid

Nagegaan dient te worden in hoeverre de aanleg in laagjes van de Meegroeidijk, de piping berm en de kwelsloot dijk de veiligheid inderdaad ten goede komt.

- Leidt het toepassen van het Meegroeidijk concept tot minder ingrijpende dijkversterkingen?
- Zijn de dijkversterkingen kwalitatief beter?
- In hoeverre kan de levensduur van dijken verlengd worden?

2.3 Overige aspecten (wensen)

Het gaat hier om zaken betreffende de sterkte van de grasbekleding en de invloed van de aangebrachte dunne laagjes op de sterkte van de grasbekleding. Hier is al veel kennis over opgebouwd binnen STOWA-kaders en POV Waddenzeedijken. Deze bevindingen moeten worden besproken in het PvA waarna beargumenteerd moet worden wat nog moet worden onderzocht in fase 2 en hoe dat gebeuren moet. Dit kan deels ook onder Werkpakket 3.

Werkpakket 3: Natuurlijke processen

Voor de natuurlijke processen, (zowel biotische als abiotische aspecten) moeten in het PvA de volgende vragen geadresseerd worden:

3.1 Ecologie

- Op welke wijze vangt de vegetatie het slib in en hoe wordt het vastgehouden?
- Wat is het effect van zout slib op de vegetatie? Overweeg te experimenteren met een geleidelijke overgang van zoet naar zout. Als het slib 's winters wordt aangebracht spoelt het zout dan uit met regen?
- Wat is het effect van slib met veel organische stof op de vegetatie?
- Wat is de rol van de vegetatie binnen het Meegroeidijkconcept (doorworteling, soortensamenstelling, meegroeivermogen planten)?
- Is de vegetatie in staat om te herstellen na opbrengen van slib?
- Wat is het effect van gebruik van machines op de vegetatie?

Een extra vraag die mogelijk ook geadresseerd kan worden is:

- Wat zijn de mogelijkheden om de vegetatie aan te passen door het gericht toevoegen van zaden, bijvoorbeeld ten aanzien van het gesteld zijn voor klimaatverandering?

3.2 Rijping van het slib

- Abiotische overlast tijdens en na aanleg?
- Invloed saliniteit op bodemsamenstelling?
- Effect van organisch materiaal op de bodemsamenstelling?

3.3 Sterkte van de grasbekleding (wensen)

- De grasbekleding moet na opbrengen van slib voldoende herstellen en voldoen aan de WBI eisen.

3.4 Landschapsinrichting (wensen)

Kan een Meegroeidijk bijdragen aan de landschapsinrichting in het algemeen? Bijvoorbeeld kan een dijklichaam in een natuurgebied mogelijk versterkt worden door een natuurlijker plantendek, terwijl dat mogelijk onwenselijk kan zijn voor een akkerbouwgebied. Of kan het aanleggen van een kweldijk in het landschap worden ingepast en ook andere functies faciliteren (bijv een fiets- of wandelpad).

Werkpakket 4: Governance

De volgende vragen zijn geïdentificeerd:

4.1 Bestuurlijk

- Waar liggen koppelkansen met andere of al lopende trajecten?
- Waar liggen (positief en negatief) belangrijke relaties met bestaand beleid en beheer?

4.2 Wet- en regelgeving

- Welke wet- en regelgeving is vigerend en welke procedures dienen derhalve doorlopen te worden?
- In hoeverre betekent dit een beperking van de mogelijkheden?
- In hoeverre is de Meegroeidijk een intermediair tussen regulier onderhoud en dijkversterking en wat betekent dit voor de financiering op langere termijn?

4.3 Stakeholders

- Nagaan hoe stakeholders van te voren en tijdens de pilot kunnen worden meegenomen: draagvlak bij stakeholders is essentieel.
- Hoe wordt aan medegebruik van de kering door stakeholders (denk aan beweiding, recreatie etc.) aandacht geschonken?
- Wat is de beleving van de Meegroeidijk bij stakeholders?

Onderzoek

Kennisvragen voor in het PvA

Op welke wijze wordt onderzoek uitgevoerd voor het Meegroeidijk-concept naar:

- Werkveld 1 Technieken;
- Werkveld 2 Beheer en Onderhoud;
- Werkveld 3 Natuurlijke processen
- Werkveld 4 Governance;

Literatuuronderzoek

Een belangrijke basis voor het opstellen van een PvA voor pilots vormt de al bestaande kennis van bovengenoemde gebieden. Het compileren van die kennis samen met alle stakeholders hoort deel te zijn van het opstellen van het PvA. Zo is er bijvoorbeeld veel nieuwe kennis ontwikkeld t.a.v. de rol van vegetatie bij stabiliteit van dijklichamen en is er veel kennis over de uitstoot van CO₂ en NO_x tijdens baggeren en transporteren voorhanden. Dergelijke inzichten dienen op overzichtelijke wijze in beeld te worden gebracht om zo verder af te kaderen welke vragen nog met behulp van pilotstudies moeten worden opgelost. De input van de deelnemers aan de workshops van 15 april en 10 juni levert de basis hiervoor. Uit de hele set zullen de must haves en nice to haves worden geïdentificeerd en geprioriteerd.

Laboratorium- en deelonderzoeken

Pilots kunnen ook vooraf gegaan/vergezeld worden door onderzoek onder laboratorium condities danwel naar deelaspecten om de diverse onderzoeksvragen te adresseren. Daartoe dienen de volgende vragen beantwoord te worden:

- Wat gaat er onderzocht worden voor het betreffende werkveld?
- Hoe wordt een dergelijke proef opgezet?
- Hoeveel tijd is ermee gemoeid?
- SWOT-analyse per gedachte proef?
- Benodigde tijdsduur per proef?
- Planning onderzoek per proef?
- Planning rapportage per proef?

Veldonderzoek via pilots

De daadwerkelijke pilots dienen te resulteren uit de praktijkinventarisaties voor feasibility. Daarbij kan meegelift worden op bestaande dijkherstel projecten of onderhoud, e.e.a. afhankelijk keuzen. Om de pilotlocaties op te nemen in het PvA is er vanzelfsprekend voorafgaand altijd nauw overleg nodig met het betreffende waterschap. De vragen die tijdens opzet van het Plan van Aanpak al beantwoord moeten worden zijn de volgende:

- Het bijeenbrengen van relevante gegevens ten aanzien van baggeren en aanleggen (per waterschap);
- Verkenning beperkingen wet- en regelgeving, bestemmingsplannen en lokale verordeningen;
- Relevante natuurwaarden of beheerdoelstellingen (denk ook aan win-win);

- Bereikbaarheid van baggerplekken en aanlegplekken;
- Beschikbare apparatuur;
- Wat kan voor een locatie onderzocht worden voor welk werkveld?
- SWOT-analyse per gedachte pilot?
- Voorstel keuzes pilot-locaties. Dit kan per werkveld verschillen.
- Benodigde tijd per pilot proef?

Planning onderzoek per pilot-locatie? Hoe is de opzet van het onderzoek (T0, T1, T2 etc.) en de vormgeving van de pilot? Beschouwd op hun merites dienen in ieder geval te worden de volgende al geïdentificeerde potentiële locaties voor pilots:

- Pilotlocatie Hedwige (waarschijnlijk met name interessant voor WP1, WP3)
- Pilotlocatie Dubbele Dijk (waarschijnlijk met name interessant voor WP 1, WP2, WP3 en WP4)
- Pilotlocatie Waddenzeedijk – petsloten
- Pilotlocatie Regionale Veenkade (nog geen exacte locatie; waarschijnlijk met name interessant voor WP 1, WP2 en WP3)

Verder zijn bij de tweede workshop als mogelijkheden nog geopperd:

- Bij Deltares-Delft is een sloot waar elk jaar het riet en bagger wordt uitgehaald. Dit zou een kleinschalige proef kunnen zijn.
- Te versterken regionale keringen.
- Kunstmatige pilot locaties bij bijvoorbeeld sloten of havens waar het slib dichtbij aanwezig is.
- Kennislandgoed Larenstein.
- Regionale kering in een kleigebied (veel baggerwerk).
- Kering langs watergang welke al jaren niet is gebaggerd.

Signature: 

Email: andrea.forzoni@deltares.nl

Signature: 

Email: wouter.vanderstar@deltares.nl

Signature: 

Email: hanneke.vanderklis@deltares.nl