

RAPPORT

Integrale ontwerpnota Dijkversterking IJsselmeerdijk

Klant: Waterschap Zuiderzeeland

Referentie: BI8482-RHD-XX-ZZ-RP-Z-0006

Status: Definitief

Datum: 2 september 2024

Projectgerelateerd

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

George Hintzenweg 85
3068 AX Rotterdam
Netherlands
Water & Maritime

+31 88 348 90 00 **T**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Integrale ontwerpnota
Dijkversterking IJsselmeerdijk
Sub titel: [Click or tap here to enter text.](#)
Referentie: BI8482-RHD-XX-ZZ-RP-Z-0006
Uw kenmerk IJMD

Status: D01
Datum: 2 september 2024
Projectnaam: Versterking IJsselmeerdijk
Projectnummer: BI8482
Auteur(s): RHDHV

Opgesteld door: RHDHV

Gecontroleerd door: H. de J.

Datum: Augustus 2024

Goedgekeurd door: M. W.

Datum: Augustus 2024

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

Managementsamenvatting	5
1 Inleiding	11
1.1 De IJsselmeerdijk voldoet niet aan de veiligheidseisen	11
1.1.1 Veiligheidstekort en ontwerpogave	12
1.1.2 Gekozen Voorkeursalternatief in de verkenningfase	13
1.2 Proces planuitwerkingsfase	17
1.2.1 Integrale aanpak	18
1.2.2 Ontwerploop 1	19
1.2.3 Ontwerploop 2	19
1.2.4 Afronding ontwerpproces	20
1.3 Leeswijzer	20
2 Waterveiligheidsopgave	21
2.1 Opgave in beeld	21
2.2 Nadere analyse in planuitwerking	22
2.2.1 Onderzoeken en proeven	22
2.2.2 Verwerking resultaten in het ontwerp	24
2.3 Gekozen versterkingsmaatregelen op hoofdlijnen	24
2.4 Gehanteerde uitgangspunten referentieontwerp	25
3 Vooroever	26
3.1 Inleiding	26
3.2 Afwegingen dimensies vooroever	26
3.2.1 Breedte	26
3.2.2 Lengte vooroever	29
3.3 Afwegingen vooroeverdam	36
3.3.1 Geometrie vooroeverdam (hoogteligging vooroeverdam i.r.t. dimensie vooroever)	36
3.3.2 Aanleg vooroeverdam (gebruik van grondverbeteringsmaatregelen)	41
3.4 Afwegingen grondlichaam	44
3.4.1 Gebruik secundaire grond	44
3.4.2 Aanlegprofiel en waterveiligheidsprofiel	46
3.4.3 Functionering vooroever bij droge/warme condities	47
3.4.4 Flexibele realisatie	47
3.4.5 Inpassing hevel	49
3.5 Ecologische inrichting	51
3.5.1 Eindbeeld en inrichtingselementen Meerdijk-Noord	51
3.5.2 Eindbeeld en inrichtingselementen Meerdijk-Zuid	54
3.5.3 Verdere ecologische inrichtingsmogelijkheden	54
3.6 Werkzaamheden aan de dijk	60
3.6.1 Afwegingen golfoploopbekleding vooroever	60

3.6.2	Binnendijks klinkerpad	62
3.6.3	Beheerpad op vooroever	62
3.6.4	Opgave drainage vooroevertrajecten	63
3.7	Referentieontwerp vooroeverversterking	63
3.7.1	Referentieontwerp Meerdijk-Noord	64
3.7.2	Referentieontwerp Meerdijk-Zuid	67
3.8	Ontwerpvrijheid vooroeverversterking	68
4	Traditionele dijk	70
4.1	Inleiding	70
4.2	Afwegingen Meerdijk-Midden	70
4.2.1	Binnenwaartse of vierkante versterking	71
4.2.2	Teenontwerp	73
4.2.3	Golfklapbekleding traditionele dijkversterking – Meerdijk-midden	76
4.3	Afwegingen Baaidijk	77
4.3.1	Baaidijk-Midden	78
4.4	Afwegingen maatwerkvakken	80
4.4.1	Landtong Ketelbrug	80
4.4.2	Flevo Marina	80
4.4.3	Maxima-centrale	90
4.4.4	Baaidijk-Zuid - Houtribhaven	94
4.4.5	Baaidijk-Zuid - DEKO Marina	95
4.4.6	Baaidijk-Zuid - Parkhaven	96
4.4.7	Houtribhoekstrand	96
4.5	Referentieontwerp Traditionele dijk	98
4.5.1	Meerdijk-midden	98
4.5.2	Maatwerkvak Maxima-centrale	99
4.5.3	Maatwerkvak Flevokust	100
4.5.4	Maatwerkvak voorland Flevokust	100
4.5.5	Maatwerkvak Flevo Marina	101
4.5.6	Maatwerkvak Houtribhoekstrand	103
4.5.7	Baaidijk-Midden	104
4.5.8	Maatwerkvak Baaidijk-Zuid	105
4.6	Ontwerpvrijheid traditionele dijk	105
5	Recreatieve route en rustpunten	107
5.1	Inleiding	107
5.2	Recreatieve route	107
5.3	Rustpunten	107
5.3.1	Hoekpunt van Flevoland	109
5.3.2	Swifterbancultuur	110
5.3.3	Klokbekerweg	111
5.3.4	Overgang traditioneel <> Meerdijk-Noord	111
5.3.5	Sluitsteen en monument	112

Projectgerelateerd

5.3.6	Hevelhuisje	113
5.3.7	Strandslag Houtribhoekstrand	114
5.3.8	Dijktrap bij Houtribhoogte	114
5.4	Ontwerpvrijheid recreatieve route en rustpunten	115
Bijlage 1. Afweegtabellen		116
Bijlage 2. Contracttekeningen		128

Managementsamenvatting

De IJsselmeerdijk moet worden versterkt. In de verkenningsfase is het voorkeursalternatief om de dijk te versterken in grote lijnen al definitief vastgesteld. De oplossing vanuit de verkenningsfase bestaat uit de volgende elementen:

- **Vooroever:** Bij Meerdijk-Zuid en Meerdijk-Noord wordt een vooroever aangelegd. Deze vooroever bestaat uit een vooroeverdam met daarachter een grondlichaam grenzend aan de bestaande dijk. De aanleg van een vooroever heeft een dempend effect op de golfbelasting, waardoor de versterkingsopgave aan de bestaande dijk sterk wordt gereduceerd. De vooroever is zo ontworpen dat de kans op droogval minimaal is en dat er voldoende waterverversing is.
- **Traditionele dijk:** Bij Meerdijk-Midden is geen vooroever mogelijk en is een traditionele dijkversterking voorzien met een binnendijkse of vierkante verhoging en een verbreding van de dijk met grond. Ook bij de Baaidijk wordt de dijk traditioneel versterkt. Bij de gehele Baaidijk wordt de asfaltbekleding vervangen en wordt de berm -waar mogelijk- verhoogd. Daarnaast wordt bij het traject Baaidijk-midden de buitenzijde van de dijk de teen versterkt aan wordt de zetsteen op het ondertalud volledig vervangen.
- **Maatwerkvakken:** In de verkenningsfase zijn ook een aantal maatwerkvakken gedefinieerd. Hiervoor waren in de verkenningsfase verschillende oplossingen in beeld, maar was nog geen keuze gemaakt.

In de planuitwerking is de gekozen voorkeursbeslissing uit de verkenningsfase verder uitgewerkt. Hiervoor is een integrale aanpak met 3 ontwerploops gehanteerd. In Ontwerploop 1 zijn optimalisaties van het voorkeursalternatief uitgewerkt en met behulp van een afweegkader afgewogen. Hierbij is gekeken naar de thema's haalbaarheid, duurzaamheid, beheer en onderhoud, kosten en planning, inpassing en draagvlak. Daarnaast is in Ontwerploop 1 veel conditionerend onderzoek uitgevoerd. Met de resultaten is het ontwerp in ontwerploop 2 verder geoptimaliseerd en lag de focus om te komen tot een integraal ontwerp. In de laatste ontwerploop is onderzocht waar de vrijheidsgraden van de aannemer liggen en is op basis daarvan het referentieontwerp uitgewerkt.

Vooroever

In de planuitwerking is het ontwerp van de vooroever verder uitgewerkt. In ontwerploop 1 en 2 zijn een aantal afwegingen gemaakt. Deze worden besproken in paragraaf 3.2 tot en met paragraaf 3.4. Hierbij zijn de volgende keuzes gemaakt:

- **Breedte vooroever:** Voor het traject *Meerdijk-Noord* is gekozen voor een vooroeverbreedte - inclusief ruimtebeslag van de vooroeverdam- van 120m. Deze variant zorgt voor een grote biodiversiteitswinst en past daarbij goed bij de ambities van het project. De extra milieu-impact en stikstofuitstoot van een bredere vooroever zijn beperkt en daarmee beheersbaar. De financiële meerkosten zijn relatief beperkt en worden gefinancierd door derden (Provincie en Rijkswaterstaat). Bij traject *Meerdijk-Zuid* wordt de vooroever 50m tot 70m breed.
- **Lengte vooroever:** Een zo lang mogelijk vooroevertraject is vanuit ecologie, ruimtelijke kwaliteit en recreatief medegebruik wenselijk. Daarnaast is de vooroever ook vanuit kostenooqpunt positiever dan een traditionele dijkversterking. Voor de grens *Meerdijk-Noord – Maxima-centrale* zijn gesprekken met de Maxima-centrale gevoerd om het effect op hun bedrijfsvoering in relatie tot de afstand tot de vooroever bij Meerdijk-Noord te duiden en om tot een gedragen besluit te komen. Hieruit kwam naar voren dat een aansluiting 600m ten noorden van de centrale akkoord is voor alle partijen. Voor de *aansluiting vooroever ter hoogte van Flevokust* is gekozen om het vooroeverprofiel door te trekken tot aan Flevokust, waarbij de huidige reserveringszone voor uitbreiding van de overslaghaven wordt ingericht als een voorland (en dus geen vooroever met plas/drasgebied).

- Voor de **opbouw en geometrie van de vooroeverdam** is gekozen om veel vrijheid te geven aan de aannemer om de weg vrij te maken voor slimme oplossingen vanuit de markt. Voor de kruinhoogte van de vooroeverdam is een hoogte van NAP +0,5m als meest efficiënt beoordeeld: dit remt de golven zowel tijdens dagelijkse en maatgevende condities flink. Tijdens dagelijkse condities zorgt dit ervoor dat de onderhoudskosten en daarmee ook de levensduurkosten worden gereduceerd en een dam op de hoogte zorgt er voor dat o.a. riet beter de kans krijgt om zich goed te vestigen. De kruinbreedte wordt minimaal 3m, zodat de dam robuust en goed uitbreidbaar blijft.
- Ook voor de **aanlegmethodiek van de vooroeverdam** wordt veel vrijheid gegeven aan de aannemer, wel wordt een relatief strenge restzettingseis van 30cm gehanteerd. De vooroeverdam moet in 5 jaar aangelegd worden, waardoor zettingsversnellende maatregelen nodig zijn. Dit kan door het aanbrengen van een grondverbeteringscunet (onderdeel van het referentieontwerp van Meerdijk-Noord) of het toepassen van verticale drainage (onderdeel van het referentieontwerp van Meerdijk-Zuid). De aannemer kan en mag echter afwijken van deze keuze in het referentieontwerp, zolang de uitvoeringsmethode voldoet aan de gestelde contracteisen en past binnen de effecten zoals beschreven in het MER.
- Voor de aanleg van het grondlichaam is gekeken naar het **gebruik van secundaire grond**. Hier wordt vrijheid gegeven aan de aannemer, maar wel binnen een aantal restricties: onder meer op het gebied van uitvoeringsduur, vertroebeling en minimaliseren van de beheeropgave. In de praktijk betekent dit dat het gebruik van slib op grote schaal niet mogelijk wordt. Er mogen geen grondstoffen gebruikt worden die op de zwarte lijst van Waterschap Zuiderzeeland staan. Voor het referentieontwerp betekent dit dat we uitgaan van een vooroever met vrijkomend holocene materiaal uit het grondverbeteringscunet en zand.
- In het ontwerp van het grondlichaam is met een **veiligheidsprofiel en een aanlegprofiel** rekening gehouden met zandtransporten door stormen en stroming. Het veiligheidsprofiel is het profiel van het grondlichaam wat in combinatie met de vooroeverdam minimaal nodig is om de benodigde golfreductie mogelijk te maken. Het aanlegprofiel is ruimer om zo robuustheid in te bouwen voor ongelijke zettingen en zandverliezen en om de vereiste rietzone aan te kunnen leggen (zie ecologische inrichting). Het veiligheidsprofiel van het referentieontwerp bij *Meerdijk-Zuid* bestaat uit vooroeverdam met een kruin op NAP +0,5m en een grondlichaam van circa 50m op gemiddeld NAP -1m. Door de luwe ligging zal het aanlegprofiel van het grondlichaam niet veel afwijken van het veiligheidsprofiel. In het referentieontwerp is er een erosiebuffer tegen de dijk ontworpen (1:15 talud vanaf NAP -1m tot NAP +0m). Voor de vooroever bij *Meerdijk-Noord* is het veiligheidsprofiel een oplopend grondlichaam met een talud van 1:20 vanaf de bodem tot aan NAP +0m. Het aanlegprofiel van het referentieontwerp gaat uit van een 1:30 talud vanaf NAP -2m tot NAP +0m en een aanvullende erosiebuffer van circa 15m breed (ontworpen als plateau) op NAP-0,5m.
- Vanwege de omvang van het project en de complexiteit van de ondergrond (zettingsgevoelig) is de keuze gemaakt voor een relatief lange realisatiefase, waarin de aannemer de kans krijgt om met **flexibele realisatie** het grondlichaam aan te leggen. Dit heeft veel voordelen, o.a. lagere levensduurkosten en betere vergunbaarheid, ten opzichte van een snelle aanleg. Zonder zettingsversnellende maatregelen onder het grondlichaam kan na ongeveer 12 jaar worden voldaan aan een restzettingseis van 30cm. Het toepassen van zettingsversnellende maatregelen over de gehele breedte van de vooroever is niet realistisch geacht vanwege de hoge kosten.
- Bij Meerdijk-Zuid bevindt zich een belangrijke **hevel**, die een groot achterland voedt met zoet water. De aanleg van de vooroever betekent dat de bestaande hevel moet worden verlengd door en over de vooroever en de vooroeverdam. Daarnaast zijn tijdelijke maatregelen opgenomen in de projectscope om ook tijdens de realisatiefase te kunnen voldoen aan de vraag om zoet water.

Bij de vooroever hoort een **ecologische inrichting** die mogelijkheden biedt voor waterplanten, vis, watervogels en rietvogels. Deze wordt in paragraaf 3.5 toegelicht. Het *eindbeeld van de vooroever bij*

Meerdijk-Noord is een groot, open, rustig, luw en visrijk water dat dient als foerageergebied voor de fuut en de aalscholver. Er is afwisseling tussen kleine eilandjes (als rustgebied voor vogels, maar mogelijk ook voor de ringslang, de otter en zelfs de Noordse woelmuis) en dieper water. De vooroever wordt afgeschermd met een brede rietkraag (gemiddeld minimaal 12m breed), waarmee ook een geschikt habitat ontstaat voor rietvogels en mogelijk de grote karekiet. Het *eindbeeld van de vooroever bij Meerdijk-Zuid* is een vooroever met waterplantenrijk ondiep water met brede rietkragen (gemiddeld minimaal 12m breed) en rietland. Het water is minder dan 1 meter diep. Achter de vooroeverdam kan wat dieper water ontstaan als gevolg van overslaande golven. Het zuidelijke deel van deze vooroever is meer golfuw gelegen en biedt ruimte voor rietland en moerasland. Het is daarmee een leefgebied voor rietvogels en reigersoorten. Bij het noordelijke deel is het oeverlandschap meer open, met meer open water. Plaatselijk kunnen hier kleinere eilanden en moerasjes worden aangelegd, voor meer diversiteit- en verder verdichting. Omdat het water ondiep is worden hogere temperaturen en grotere temperatuurschommelingen verwacht. Deze vooroever is daarmee niet geschikt voor (driehoeks)mosselen.

Het duurt meerdere jaren voordat het eindbeeld tot ontwikkeling kan komen. Hierbij wordt adaptief beheerd, wat wil zeggen dat autonome ontwikkelingen worden gevolgd en minimaal worden bijgestuurd. In de beginfase, direct na aanleg, zal er minder open water en minder riet aanwezig zijn. De geleidelijke, flexibele aanleg zal zo vorm moeten krijgen dat er vanaf de aanleg interessante waterpartijen aanwezig zijn voor watervogels, die geleidelijk aan groeien in omvang met het zetten van het maaiveld.

In paragraaf 3.5 worden ook nog extra ecologische maatregelen geschetst om de biodiversiteit te vergroten, zoals het verbreden van de rietkraag, extra luwtestructuren en het realiseren van extra broed- en rusteilanden.

De vooroever reduceert de golfaanval enorm, maar de vooroever kan niet voorkomen dat tijdens de meest extreme stormen (maatgevende condities) golven klappen op het huidige boventalud en water over de dijk heen stroomt (golfoverslag). Daarom zijn er ook aanpassingen aan de dijk achter de vooroever nodig. Dit wordt beschreven in paragraaf 3.6. Op de dijk wordt een deel van de huidige **golfoploopbekleding** vervangen door golfklapbestendige dijkbekleding die wordt overlaagd met gras. In het referentieontwerp is gekozen voor open steenasfalt (OSA) en overlaagd met gras. Bij het traject Meerdijk-Noord wordt het **binnendijkse onderhoudspad** versterkt door de klinkers te vervangen door grasbetontegels en klei aan te brengen. De breedte van het onderhoudspad blijft ongewijzigd. In afstemming met de beheerorganisatie van het waterschap is in het referentieontwerp gekozen om op de vooroever een **beheerpad** te creëren. Dit beheerpad ligt op circa NAP+0,5m en zal tussen de bestaande teenbestorting van de huidige dijk en de rietkraag van de vooroever liggen. De geselecteerde aannemer krijgt echter de vrijheid om de beheerinfrastructuur van de vooroever anders vorm te geven, mits wordt voldaan aan bepaalde technische en esthetische eisen.

Op basis van de afwegingen is het **referentieontwerp Meerdijk-Noord en Meerdijk-Zuid** uitgewerkt. Dit is samengevat in paragraaf 3.7. In paragraaf 3.8 wordt ook aangegeven waar de vrijheidsgraden voor de aannemer liggen. Een visualisatie van het referentieontwerp Meerdijk-Noord is opgenomen in Figuur S-1.



Figuur S-0-1: Visualisatie ontwerp vooroever traject Meerdijk-Noord

Traditionele dijk

Voor het dijktraject bij **Meerdijk-midden** is een vooroever fysiek niet mogelijk. Hier wordt de dijk traditioneel versterkt. Hierbij zijn de volgende afwegingen gemaakt (zie paragraaf 4.2):

- Gekozen is om de dijk binnenwaarts te versterken waarbij het ondertalud van het buitentalud verflauwd wordt naar 1:5 en een nieuwe zetsteenbekleding wordt aangebracht. De huidige plasberm verdwijnt hierdoor. Het verflauwen van het ondertalud wordt niet toegepast direct achter de Maxima-centrale, omdat dit onwenselijk is voor de stroming van geloosd koelwater. Voordelen van deze variant zijn dat de uitvoering sneller kan, er minder hinder is, en de aanleg goedkoper. Bij de uitwerking van deze variant is het resultaat van de proef erosiebestendige overgangen meegenomen. Hierdoor kan de dijkruin van de traditionele dijkversterking voor het traject Meerdijk-midden 20cm lager worden gerealiseerd.
- Voor het teenontwerp wordt geadviseerd de teen te overlagen. Ten opzichte van een ingegraven teen is een overlaging beter uitvoerbaar, robuuster en biedt het meer vrijheid voor de aannemer. Een ingegraven teen wordt echter niet uitgesloten in het contract. Deze variant scoort namelijk hoog op kwaliteit, natuur, biodiversiteit en uitbreidbaarheid. Maar door de hoge MKI en hoge kosten valt is deze variant niet gekozen als referentieontwerp.
- De bestaande dijkbekleding wordt vanaf de berm tot aan NAP+3m vervangen door een dijkbekleding die bestand is tegen tegen forse golven. Het gebruik van open steenasfalt (OSA) lijkt hier niet toepasbaar en daarom is voor het referentieontwerp uitgegaan van zetsteen. De huidige betonblokken die hoger liggen dan NAP+3m kunnen blijven liggen. Voor het ruimtelijke beeld wordt de bekleding overlaagd met teelaarde en gras.

Op het dijktraject **Baaidijk-Midden** past de verhoging van de buitenberm zonder problemen in het dijkprofiel. Voor dit dijktraject wordt naast het asfalt ook de zetsteen vervangen en de teen versterkt. Het extra ruimtebeslag in het IJsselmeer blijft minimaal doordat alleen de teenbestorting wordt overlaagd met een grotere stortsteensortering.

Maatwerkvakken

Er zijn meerdere maatwerkvakken. Deze zijn in afstemming met de stakeholders tot meer detail uitgewerkt.

- Bij de **Flevo Marina** wordt de dijk ook versterkt. Hier is gekozen voor een sobere uitwerking met een overlaging van de huidige zetsteen met stortsteen. Belangrijke aandachtspunten waren het goed inpassen van deze dijkversterking zodat minimale hinder ontstaat voor de bedrijfsvoering van Flevo Marina en een veilig gebruik garanderen van het inspectiepad voor recreatieve medegebruikers. Door de keuze om de zetsteenbekleding te overlagen met een stortsteenbekleding blijven de kosten beperkt, ook ontstaat er een brede berm waarop verschillende functies (bedrijvigheid en gebruik van het inspectiepad van de dijk) beter en veiliger van elkaar gescheiden kunnen worden. De versterking neemt geen extra ruimte van de havenkom in en de uitvoering kan geheel buiten het recreatieseizoen (= gesloten stormseizoen) en vanaf het land worden uitgevoerd.
- Bij de **Maxima-centrale** lopen hoogspanningskabels over de dijk. Hier is gekozen om de dijk niet op te hogen (bij dit deel is geen hoogteopgave) en de lage dijk goed in te passen in het geheel door de kruin wel te verbreden. Hierdoor worden hinderlijke verspringen van het dijkprofiel geminimaliseerd.
- Bij **Baaidijk-Zuid** (bestaande uit Houtribhaven, Parkhaven, DEKO Marina) is de versterkingsopgave beperkt. De buitenberm wordt met circa 40 cm verhoogd, waarbij de zetsteen van het ondertalud tot aan de hoogte van de nieuwe buitenberm verlengd wordt. Ook wordt er een nieuwe asfaltbekleding op de (verhoogde) buitenberm teruggebracht. Tenslotte wordt de golfploopbekleding tot circa NAP+2,7 geschikt gemaakt om golfklappen te weerstaan. Vervolgens wordt deze bekleding overlaagd met gras. Het inspectiepad wordt iets verlegd zodat een continu beeld ontstaat en de verkeersveiligheid verbetert.
- Bij het **Houtribhoekstrand** wordt de buitendijkse 'uitstulping' aan de dijk te verwijderen en worden de huidige op- en overgangen over de dijk opnieuw vormgegeven. Dit heeft voordelen voor de waterveiligheid, beheer en ruimtelijke kwaliteit.
- Het maatwerkvak **Flevokust** heeft geen versterkingsopgave. Aan de zuidzijde wordt de vooroeverversterking van Meerdijk-Zuid doorgetrokken tot aan Flevokust, waarbij de huidige reserveringszone voor uitbreiding van de overslaghaven wordt ingericht met een verhoogd voorland, zie maatwerkvak voorland Flevokust. Aan noordzijde sluit het huidige voorland van Flevokust aan op een traditioneel versterkt dijkprofiel met een verhoogde kruin en verschuiving van de IJsselmeerdijkweg. Om dit geleidelijk te kunnen "opvangen" is een vloeiende overgangszone ontworpen, waarbij het kruispunt van de Flevokust niet aangepast hoeft te worden.
- Direct ten zuiden van de overslaghaven Flevokust is een reserveringszone aanwezig voor een toekomstige uitbreiding van de overslaghaven. In het ontwerp is samen met stakeholders gekozen om in deze zone een voorland aan te leggen. Het voorland komt geheel bovenwater te liggen om lokale natuurontwikkeling tegen te gaan. Het **voorland Flevokust** kan tijdens de uitvoering gebruikt worden als veilige overslagplek en depotlocatie. Daarnaast kan het terrein later gemakkelijk omgebouwd worden tot zijn uiteindelijke bestemming, namelijk uitbreidingszone van overslaghaven Flevokust.
- De **landtong Ketelbrug** maakt geen deel uit van de primaire waterkering van Flevoland, maar het dijkversterkingsproject sluit wel aan op de landtong. De aansluiting bestaat uit een opsluitdam (strekdam) die haaks aansluit op de landtong, waardoor de inpasopgave relatief beperkt blijft. Op deze manier blijft de landtong dus afzonderlijk goed te onderscheiden. Omdat de huidige asfaltbekleding op de buitenberm en het ondertalud van de landtong in een slechte staat verkeren, is besloten om deze binnen het dijkversterkingsproject te vervangen. Dit betreft dus een onderhoudsopgave, waarbij het asfalt op het ondertalud wordt vervangen voor een zetsteenbekleding.

Recreatieve route en rustpunten

Momenteel wordt de buitenberm van de IJsselmeerdijk gebruikt voor recreatief verkeer. Bij de dijkversterking is de ambitie uitgesproken om deze route aantrekkelijker te maken voor recreatief gebruik. Bij de uitwerking is rekening gehouden met het beschikbare budget, veiligheid en ruimtelijke inpassing. Op de Baaidijk richt het ontwerp zich met name op het opruimen van overbodige inrichtingselementen die in de loop van de tijd op en langs de dijk aangebracht zijn en op het in ere herstellen van de dijk als structurerend elementen in de omgeving. Het zo continu mogelijk uitwerken van de buitenberm met inspectiepad is daarbij de basis (de dijkroute). Ook langs de Meerdijk is deze dijkroute ontworpen. Op dit dijktraject richt het ontwerp zich op het continu en stoer houden van deze extensief gebruikte dijk, maar met de vooroeverversterking ontstaat een natuurgebied dat wel meer afwisseling in het beeld biedt.

Aan de recreatieve route worden rustpunten toegevoegd waar het verhaal van de dijk verteld en beleefd kan worden. De uitwerking van de rustpunten is stoer en robuust met natuurtinten en grijstonen. Het rustpunt kan op het buitendijkse benedentalud, direct grenzend aan de buitenberm of op de kruin van de dijk met een betonnen dijktrap als toegang gerealiseerd. Het rustpunt is een soort van presenteerblad dat past in het profiel van de dijk, waarop de overige voorzieningen een plek krijgen. In totaal zijn er 8 rustpunten uitgewerkt: 1) hoekpunt van Flevoland (bij de dwarsdam ter hoogte van de Ketelbrug), 2) Swifterbant cultuur (Meerdijk-Noord ter hoogte van de Rivierduintoelt), 3) Klokbeke weg, 4) overgang van Meerdijk – Noord naar traditionele dijk, 5) bij de sluitsteen en monument, 6) hevelhuisje, 7) strandslag Houtribhoekstand en 8) de dijktrap bij Houtribhoogte.

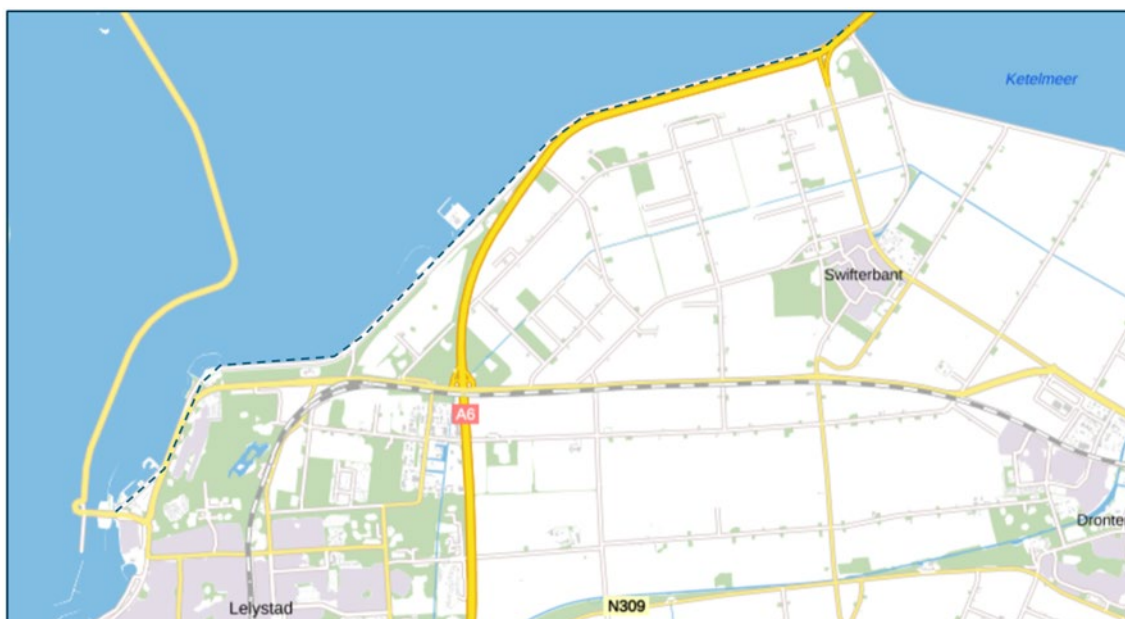
1 Inleiding

1.1 De IJsselmeerdijk voldoet niet aan de veiligheidseisen

De IJsselmeerdijk beschermt de diepe Flevopolder tegen het water van het IJsselmeer. In 2018 heeft Waterschap Zuiderzeeland (hierna soms afgekort als: Zuiderzeeland of waterschap) beoordeeld of de IJsselmeerdijk zo sterk is als de waterveiligheidsnormen voorschrijven. Dat blijkt niet zo te zijn. Sinds 2017 gelden voor de waterkeringen in Nederland nieuwe wettelijke waterveiligheidsnormen. Deze norm is voor Flevoland strenger dan daarvoor om in te spelen op de gevolgen van klimaatverandering en om de grotere hoeveelheid inwoners en de hogere economische waarde in Flevoland beter te beschermen. De waterkering voldoet ruim niet aan de nieuwe strengere norm. Dat wil niet zeggen dat er op dit moment acuut een onveilige situatie is. Het betekent wel dat een dijkversterking nodig is. Het is de wettelijke taak van het waterschap om de keringen aan de normen te laten voldoen. Zuiderzeeland is daarom in 2019 gestart met dit meerjarige project Versterking IJsselmeerdijk.

De IJsselmeerdijk is de zwaarst aangevallen dijk van de Flevopolder. Dat komt door de ligging, waarbij bij noordwesterstorm de wind over de volle lengte van het IJsselmeer waterstanden en golven tegen de dijk opzet. De dijk beschermt de hele Flevopolder (Oostelijk en Zuidelijk Flevoland), omdat sinds 2019 de Knardijk tussen Oostelijk en Zuidelijk Flevoland geen officiële compartimenteringskering meer is. Doordat de polder circa 5 meter lager ligt dan het IJsselmeerpeil, leidt een dijkdoorbraak tot een vrijwel volledige overstroming van de polder. Het opnieuw droogmalen van polder duurt vele maanden. Het is niet overdreven om te stellen dat een dijkdoorbraak leidt tot een langdurig volledig onbewoonbaar gebied en tot mogelijk veel slachtoffers. De polder heeft dan ook een strenge waterveiligheidsnorm.

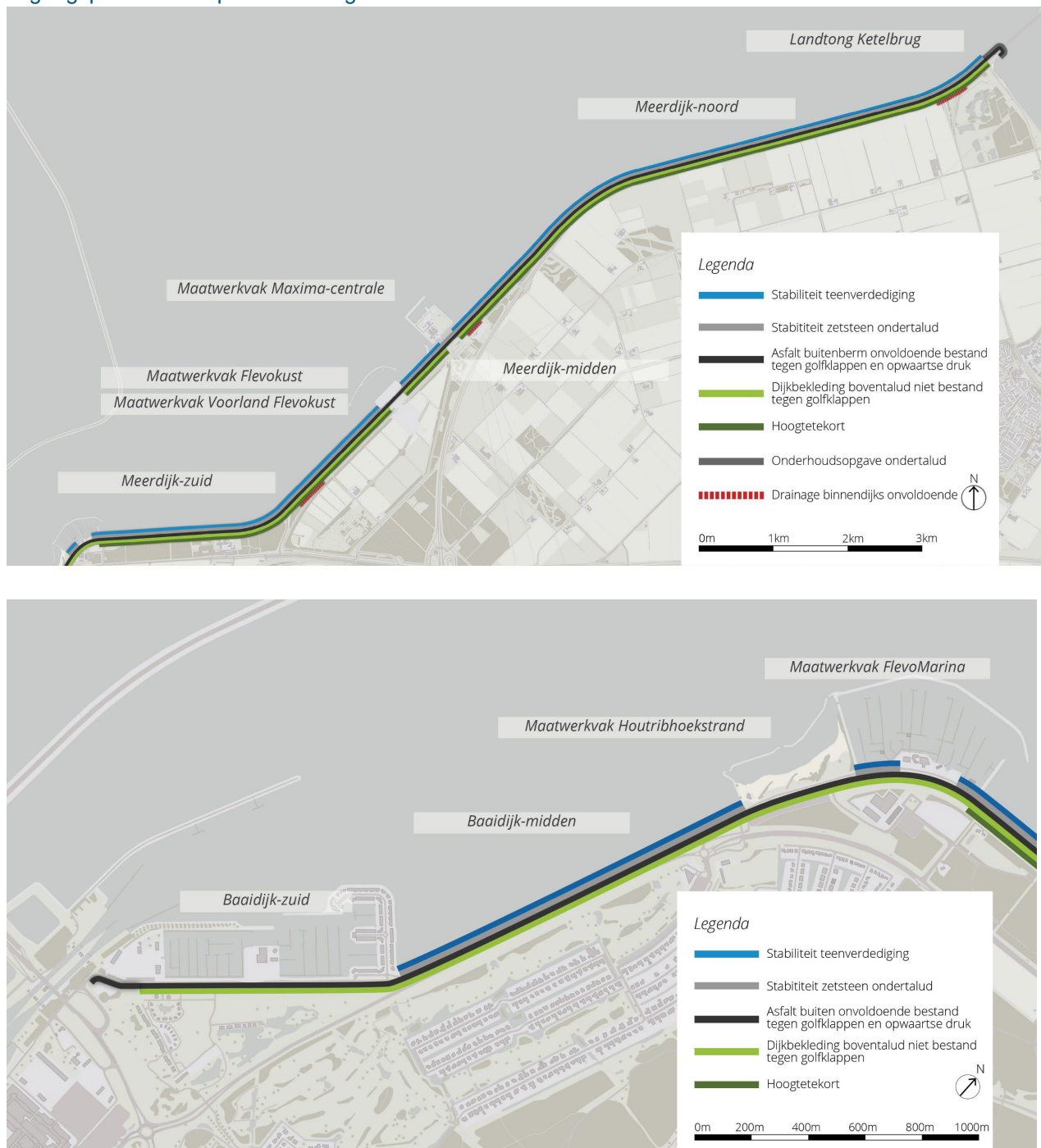
De IJsselmeerdijk is 17,6 km lang en ligt aan de noordwestzijde van Oostelijk Flevoland. De waterkering loopt van de Ketelbrug in het noorden tot aan de Houtribdijk in Lelystad (zie Figuur 1-1).



Figuur 1-1: Plangebied met tracé van de te versterken kering (blauw gestippelde lijn)

1.1.1 Veiligheidstekort en ontwerpogave

Zoals beschreven is het vastgestelde veiligheidstekort aanleiding geweest voor het project Versterking IJsselmeerdijk. In de verkenningsfase is het doel vastgesteld om einde levensduur (het jaar 2080) te voldoen aan de wettelijk vastgelegde minimale overstromingskans. Er is gekozen voor een integrale versterking, waarbij wordt versterkt op alle faalmechanismen met een veiligheidstekort. Hiervoor is (1) het huidige veiligheidstekort in beeld gebracht, maar ook (2) het veiligheidstekort voor alle mechanismen in 2080. De waterveiligheidsopgave is kort samengevat in Figuur 1-2. De getoonde opgave vormde het uitgangspunt voor de planuitwerkingsfase.



Figuur 1-2: Waterveiligheidsopgave IJsselmeerdijk

De integrale ontwerp-opgave is tevens schematisch weergegeven in Figuur 1-3, waarin al de voorkeursoposning van de verkenning-fase is weergegeven. Voor de IJsselmeerdijk is een duidelijk onderscheid te maken tussen twee hoofdtrajecten:

- Traject **'Meerdijk'** (circa 14 km) dat grenst aan het grote IJsselmeer waar hoge golven tegen de dijk aan kunnen slaan en waar nu al een forse dijk aanwezig is die binnendijs grenst aan landelijk gebied en de snelweg A6.
- Traject **'Baaidijk'** (circa 3,5 km) dat grenst aan de Baai van Van Eesteren en daarmee in de luwte ligt van de Houtribdijk. De dijk is hier aanmerkelijk minder hoog dan in het Meerdijk traject en de versterkingsopgave is hier ook minder groot.

IJSSELMEERDIJK OPGAVEN PLANUITWERKING



Figuur 1-3: Schematische weergave van de ontwerp-opgave van het project Versterking IJsselmeerdijk.

1.1.2 Gekozen Voorkeursalternatief in de verkenning-fase

In de verkenning-fase is het voorkeursalternatief om de dijk te versterken in grote lijnen al definitief vastgesteld. Dit alternatief is het beste uit een integrale afweging gekomen. In de planuitwerkings-fase is dit alternatief verder uitgewerkt en geoptimaliseerd. Het vastgestelde voorkeursalternatief in de verkenning-fase vormde dus het vertrekpunt van de planuitwerkings-fase. Voor de navolgbaarheid wordt in deze paragraaf het gekozen voorkeursalternatief van de verkenning-fase kort toegelicht. Hierbij dient de lezer bedacht te zijn dat er in de planuitwerkings-fase (onderbouwde) optimalisaties zijn doorgevoerd in het gekozen voorkeursalternatief.

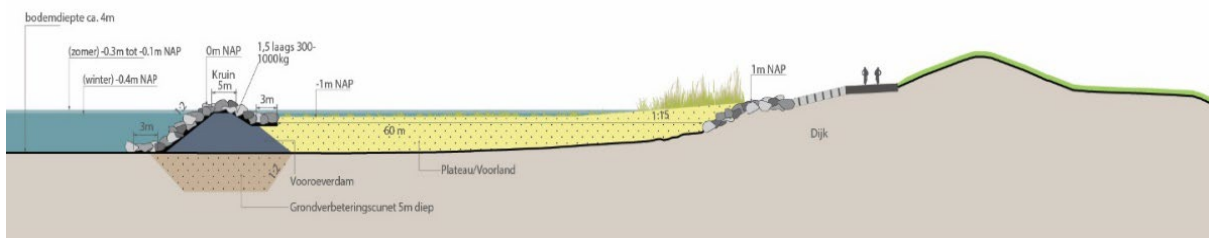
De voorkeursbeslissing voor de Meerdijk is weergegeven in Figuur 1-4. In het Figuur wordt onderscheid gemaakt tussen dijkvakken, voor deze dijkvakken wordt het gekozen alternatief kort toegelicht.



Figuur 1-4; Voorkeursbeslissing verkenningfase traject Meerdijk. **N.B.** grenzen tussen versterkingsvarianten voorland en traditioneel zijn in de planuitwerkingsfase geoptimaliseerd.

De voorkeursbeslissing van de verkenningfase voor de Meerdijk bestond uit de volgende elementen:

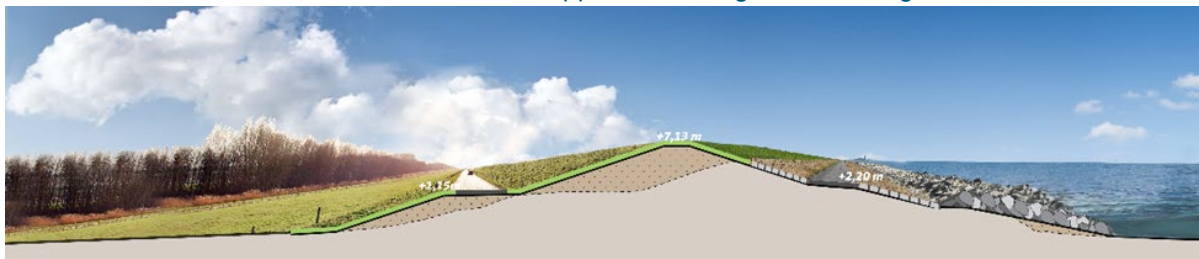
Meerdijk-Noord: Vanaf de Ketelbrug tot circa 1 km noordelijk van de Maxima-centrale (grens nader te bepalen in planuitwerkingsfase) wordt een vooroever voorzien, bestaande uit een vooroeverdam met daarachter een grondlichaam voor de bestaande dijk. De breedte van de vooroever is circa 50-70 meter. De vooroeverdam en het grondlichaam zorgen gezamenlijk voor veel golfremming, waardoor de versterkingsopgave aan het huidige dijklichaam wordt geminimaliseerd. In de vooroeverdam moeten openingen worden aangebracht voor doorspoeling, nu uitgewerkt met parallelle vooroeverdammen. De vooroever zal tevens een erosiebuffer moeten bevatten ter compensatie van verwachte zandverliezen. De geometrie van bestaande dijk wordt in dit traject niet aangepast, wel dient de asfaltbekleding op de buitenberm te worden vervangen. Een doorsnede van het ontwerp voor dit dijktraject is weergegeven in Figuur 1-5.



Figuur 1-5: Ontwerpprofiel -verkenningfase- Meerdijk-Noord

Aansluiting Ketelbrug: Aan de landtong van Ketelbrug wordt de vooroever opgesloten door een strekdam. Deze aansluiting wordt zodanig ontworpen dat voldoende afstand van de vaarweg wordt gehouden om hinder te voorkomen. De vormgeving past binnen het Ruimtelijk Kwaliteitskader.

Traditionele dijkversterking (Meerdijk-Midden): Op een nader te bepalen locatie noordelijk van de Maxima-centrale tot circa 1 km zuidelijk van Flevokust is in de verkenningsfase een traditionele dijkversterking voorzien met een binnendijkse of vierkante verhoging en verbreding van de dijk met grond (kruinverhoging in orde grootte 1-2 meter, nadere optimalisatie in planuitwerkingsfase). Aan de buitendijkse zijde wordt over dit traject de teen van de bestaande dijk versterkt, bovendien wordt de buitendijkse berm hier verhoogd en wordt de buitendijkse bekleding vervangen op ondertalud en boventalud. Een fotovisualisatie van het ontwerpprofiel is in Figuur 1-6 weergegeven.



Figuur 1-6: Fotovisualisatie Binnendijkse grondversterking -verkenningsfase- Meerdijk-Midden

Maatwerkoplossing Maxima-centrale: Een deel van het traject direct achter de Maxima-centrale (maatwerkvlak) ligt in de luwte en heeft geen hoogteopgave. Versterking van de teen buitendijks direct achter de Maxima-centrale is niet nodig. Voor de overgang van de versterkte dijk links en rechts van de Maxima-centrale naar de toegangsweg van de Maxima-centrale zijn diverse oplossingen mogelijk. De exacte vormgeving hiervan wordt nader uitgewerkt in de planuitwerkingsfase.

Maatwerkoplossing Flevokust: Het maatwerkvlak Flevokust heeft geen versterkingsopgave. De verhoging van de dijkkruij wordt hier niet doorgetrokken, al wordt wel een vloeiende overgang voorzien. Een brede toegang op de huidige dijkhoogte wordt aangehouden richting het haventerrein. De exacte vormgeving van de overgang van de versterkte dijk naar de huidige hoogte wordt in de planuitwerkingsfase nader uitgewerkt. Hierbij geldt als uitgangspunt een maximaal behoud van rechte lijnen (weg, ondertalud, teenlijn).

Meerdijk-Zuid: Zuidelijk van Flevokust (grens nader te bepalen in planuitwerkingsfase) tot aan Flevo Marina wordt een vooroever aangelegd met een breedte van circa 50-70 meter (inclusief vooroeverdam) grenzend aan de Flevo Marina. De kenmerken van deze vooroever zijn verder gelijk aan de bredere vooroever zoals hierboven beschreven voor Meerdijk-Noord. De ecologische inrichting is sober. De geometrie van de bestaande dijk wordt in dit traject niet aangepast. Enkel de asfaltbekleding op de buitenberm wordt vervangen. De exacte afstand van de vooroever tot aan Flevokust wordt in de planuitwerkingsfase afgewogen.

De Voorkeursbeslissing voor de **Baaidijk** is weergegeven in .



Figuur 1-7: Voorkeursbeslissing -verkenningsfase- traject Baaidijk

De Voorkeursbeslissing voor de Baaidijk bestaat uit de volgende elementen:

Maatwerkoplossing Flevo Marina: Bij Flevo Marina (maatwerkvak) moet ten noorden en ten zuiden van de buitendijkse bebouwing de teen aan de buitenzijde versterkt worden, de buitenberm worden verhoogd, en de zetsteen vervangen worden. Vanwege de ingrijpende maatregelen in de jachthaven zal in de planuitwerkingsfase nader onderzocht of een alternatieve versterkingsmethodiek toch mogelijk is, waarbij de mogelijk overlast wordt beperkt en er meer draagvlak kan worden gecreëerd.

Maatwerkoplossing Houtribhoekstrand: Houtribhoekstrand (maatwerkvak) heeft een beperkte opgave. De buitenberm wordt iets verhoogd (incl. verlenging zetsteen ondertalud tot aan hoogte nieuwe buitenberm). Er wordt een nieuwe asfaltbekleding op de (verhoogde) buitenberm teruggebracht.

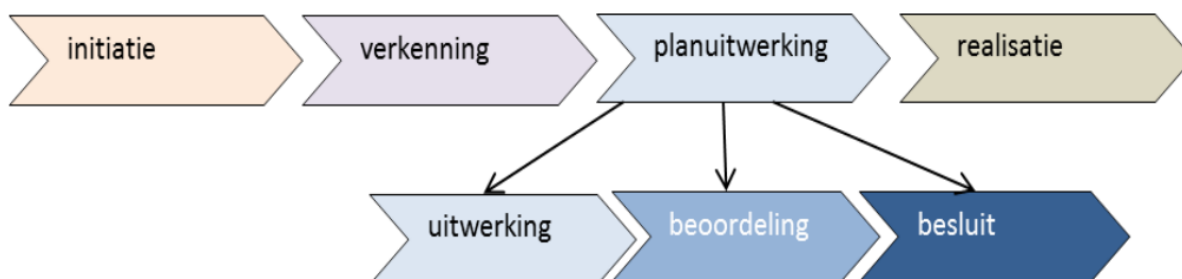
Vervangen zetsteenbekleding en teenconstructie Baaidijk-midden: Op dit traject wordt aan de buitenzijde van de dijk de teen versterkt aan wordt de zetsteen op het ondertalud volledig vervangen. Een (kruin)verhoging is niet nodig.

Vervangen asfaltbekleding en verhoging buitenberm: Voor de gehele Baaidijk geldt dat de asfaltbekleding wordt vervangen en de berm -waar mogelijk- wordt verhoogd (incl. verlenging zetsteen ondertalud tot aan hoogte nieuwe buitenberm). Gepoogd wordt om een volwaardig beheer- en inspectiepad langs dit deel van het dijktraject te combineren met een fiets- en wandelpad.

1.2 Proces planuitwerkingsfase

Het projectdoel is het realiseren van een veilige én toekomstbestendige dijk. De nieuwe dijk wordt goed ingepast in de omgeving met behoud van de huidige ruimtelijke kwaliteit. Er wordt nadrukkelijk gezocht naar de mogelijkheden voor het inpassen van innovatieve en duurzame oplossingen. De dijk dient te worden gerealiseerd op basis van een bestuurlijk en maatschappelijk gedragen plan.

Voorliggend document is één van de eindrapporten van de planuitwerkingsfase van het dijkversterkingsproject IJsselmeerdijk. Conform de fasering van het landelijke Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) is de planuitwerkingsfase uitgevoerd in de periode 2022-2024. In de periode hierna volgt de aanbestedingsfase van de realisatiefase. De uitvoeringsfase start in 2025. Voor de aanbestedings- en realisatiefase wordt een UAV-GC contract voorbereid. Het project volgt de standaard HWBP-projecten systematiek, waarbij de planuitwerkingsfase eindigt met een vastgesteld projectbesluit. In ontwerploop 1 en 2 lag de nadruk op de fase “uitwerking”, terwijl in ontwerploop 3 meer de nadruk lag op beoordeling waarbij is toegewerkt naar “besluit”, zie de visualisatie in .



Figuur 1-8: Fasering HWBP-project

Het ontwerp van de verkenningfase is om de hierna volgende redenen in de planuitwerkingsfase nader uitgewerkt:

- Het succesvol doorlopen van procedures en vergunningen (project-m.e.r., projectbesluit, Wnb);
- Een goed beeld van de eindsituatie te krijgen inclusief benodigde beheer- en onderhoudsmaatregelen;
- Het zo goed mogelijk inschatten en verkleinen van de levensduurkosten voor het waterschap en het rijk;
- Het verkleinen van uitvoeringsrisico's;
- Het opstellen van de benodigde aanbestedings- en contractstukken;
- Het opstellen van een kostenraming t.b.v. de subsidieaanvraag bij het HWBP en de kosten voor het waterschap.

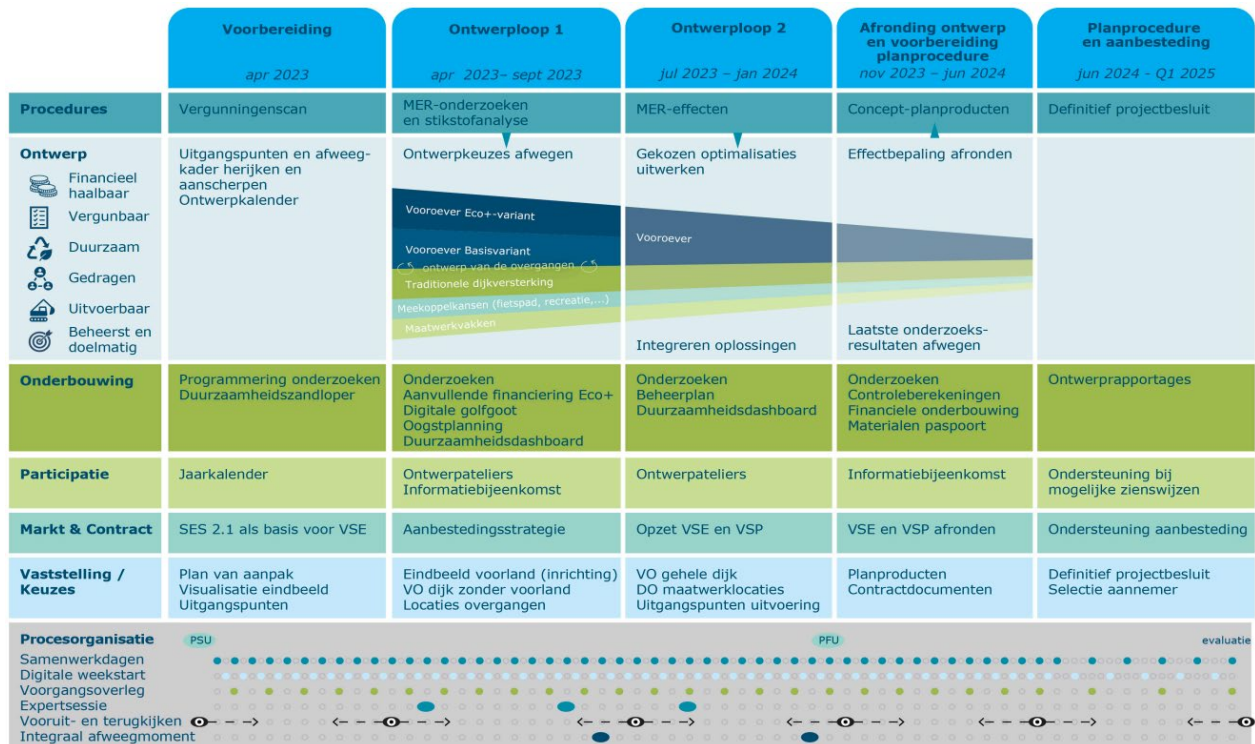
Met een iteratief ontwerpproces is toegewerkt naar een robuust en beheerbaar veiligheidsontwerp met een ecologisch waardevol klimaatlandschap. Hierbij stond de beheersing van de (top)risico's centraal, die zijn vertaald in vijf ontwerpeisen: **financieel haalbaar, vergunbaar, duurzaam, gedragen en uitvoerbaar**. Hierbij is gewerkt conform een **beheerst en doelmatig proces** waarin met plezier is samengewerkt.

Het resultaat is een referentieontwerp waarbij het uitwerkingsniveau verschilt per dijktraject. Voor de maatwerkvakken geldt dat het uitwerkingsniveau het hoogst is. Het uitwerkingsniveau voor de overige trajecten (Vooroever en Traditionele dijk) is een slag minder gedetailleerd. Specifiek voor deze trajecten geldt dat er meer vrijheid voor de aannemer is tijdens de realisatiefase zodat de kennis van de aannemer gebruikt kan worden om het ontwerp verder te optimaliseren. Voor de maatwerkvakken zijn de vrijheidsgraden voor de aannemer een stuk beperkter. Tijdens de planuitwerkingsfase is in een intensief participatieproces namelijk voor de maatwerkvakken al veel vastgelegd.

1.2.1 Integrale aanpak

In de planuitwerkingsfase van het project is een integrale aanpak gehanteerd met een aantal projectfases. Er is onderscheid gemaakt tussen vijf hoofdfases; voorbereiding, ontwerploop 1, ontwerploop 2, Afronding ontwerp – start planprocedure (ontwerploop 3) en planprocedure/aanbesteding.

In Ontwerploop 1 zijn optimalisaties van het voorkeursalternatief uitgewerkt en afgewogen. Daarnaast is in Ontwerploop 1 veel conditionerend onderzoek uitgevoerd. Met de resultaten is het ontwerp in ontwerploop 2 verder geoptimaliseerd en lag de focus om te komen tot een integraal ontwerp. In de ontwerploops hebben een aantal ontwerpateliers plaatsgevonden en is nagedacht over de aanbestedingsstrategie. De activiteiten van de ontwerploops en de relatie met de overige projectfases zijn weergegeven in .



Figuur 1-9: Integrale processchema Planuitwerkingsfase IJsselmeerdijk

1.2.2 Ontwerploop 1

In ontwerploop 1 zijn een aantal alternatieven ten opzichte van elkaar afgewogen. In vergelijking met de verkenningsfase zijn in de planuitwerkingsfase minder “grote” alternatieven ten opzichte van elkaar worden afgewogen, maar richt het afwegen zich meer tot mogelijke optimalisaties. In ontwerploop 1 zijn de volgende afwegingen uitgewerkt:

- Afweging 1: geometrie vooroever (hoogteligging vooroeverdam i.r.t. dimensie vooroever)
- Afweging 2: Vooroeverdam opbouw (gebruik van grondverbeteringscunet)
- Afweging 3: Ontwerp ondertaludhelling en kruinhoogte traditionele dijk
- Afweging 4: Teenontwerp traditionele dijk
- Afweging 5: Versterkingsalternatieven Flevo Marina (o.a. meekoppelkans uitbreiding havengebied)
- Afweging 6: Maxima-centrale – knelpunt hoogspanningskabels
- Afweging 7: Opties Inspectiepad opwaarderen naar fiets- en wandelpad bij Flevo Marina
- Afweging 8: Grens Meerdijk-Zuid – Meerdijk-midden
- Afweging 9: Grens Meerdijk-midden – Meerdijk-Noord
- Afweging 10: Gebruik secundaire grond

Net als in de verkenningsfase is een afweegkader toegepast om herleidbare keuzes te maken, waarbij onderscheid gemaakt is tussen zes hoofdthema's. Deze hoofdthema's zijn weer onderverdeeld in afweegcriteria. De hoofdthema's waren haalbaarheid, duurzaamheid, beheer en onderhoud, kosten en planning, inpassing en draagvlak. Op elk criterium is een score van 1 t/m 5 gebruikt om varianten tegen elkaar af te wegen.

Een belangrijk verschil in vergelijking met de verkenningsfase is dat in de planuitwerkingsfase meer kwantitatief is beoordeeld. Daarnaast zijn een drietal criteria toegevoegd; “veiligheid tijdens aanleg”, “stikstof” en “vrijheid aannemer”. Voor een meer gedetailleerde beschrijving van het afweegkader voor de planuitwerkingsfase wordt verwezen naar de Notitie Afweegkader.

1.2.3 Ontwerploop 2

In ontwerploop 2 is vooral een verdere verdiepingsslag gemaakt in het ontwerp, waarbij de keuzes die gemaakt zijn in ontwerploop 1 leidend zijn geweest in de uitwerking. In ontwerploop 2 lag de focus op het maken van een integraal ontwerp, hiertoe zijn bijvoorbeeld aansluitingen in 3D ontworpen. Daarnaast zijn een aantal keuzes die nog niet volledig gemaakt/afgehecht konden worden in ontwerploop 1 definitief gemaakt. In dit ontwerpproces hebben duurzaamheid, ruimtelijke kwaliteit, kosten en biodiversiteit een zeer belangrijke integrale rol gespeeld om tot optimalisaties/keuzes te komen.

De belangrijkste ontwerpapunten die in ontwerploop 2 aan bod zijn gekomen, zijn:

- Geometrie vooroever Meerdijk-Noord (breedte 120m)
- Uitvoeringsduur; flexibele aanleg
- Aansluiting vooroever ter hoogte van Flevokust
- Inpassing Flevo Marina
- Ecologische en recreatieve inrichtingsmogelijkheden
- Golfoploopbekleding en binnendijks klinkerpad
- Inpassing hevel
- Optimalisatie ontwerp Vooroeverdam
- Heroverweging keuze grondverbeteringscunet onder dam voor referentieontwerp

- Ontwerp ondertaludhelling en kruinhoogte traditionele dijk Meerdijk-midden
- Meenemen van eerste resultaten proef Erosiebestendige Overgangen
- Grens Meerdijk-Noord – Maxima-centrale
- Uitwerking recreatief medegebruik inspectiepad/recreatieve route met inpassing rustpunten
- Ontwerpvoorstel Houtribhoekstrand

1.2.4 Afronding ontwerpproces

In de laatste fase van de planuitwerking “fase afronding” is onderzocht waar de vrijheidsgraden van de aannemer liggen. Deze vrijheidsgraden zijn zo gekozen dat een aannemer -binnen bepaalde marges- de kans krijgt om zich te onderscheiden ten opzichte van concurrenten en de kans krijgt om specifieke kennis en kunde in het project in te brengen. De contracttekeningen (bovenaanzicht en dwarsprofielen) zijn opgenomen in Bijlage 2.

Het ontwerp is vertaald in functionele eisen. Eisen op allerlei aspecten (technisch, beheer, ecologie, ruimtelijke kwaliteit, etc) zijn benodigd om vast te leggen waar het ontwerp (minimaal) aan dient te voldoen en waar ruimte ligt voor aannemers voor optimalisatie. Voor techniek zijn de eisen opgenomen in een vraagspecificatie eisen (VSE) en voor de ruimtelijke kwaliteit is een specifiek esthetisch programma van eisen (EpvE) opgesteld.

1.3 Leeswijzer

In deze notitie wordt in hoofdstuk 2 eerst de waterveiligheidsopgave beschreven. Hierbij gaan we in op de uiteindelijke versterkingsopgave die is vastgesteld in de planuitwerking, met specifieke aandacht voor de nieuwe inzichten die tijdens het planproces zijn verworven. Het hoofdstuk eindigt met een overzicht van de gekozen versterkingsmaatregelen.

Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 en 4 respectievelijk het referentieontwerp van de vooroever en de traditionele dijk toegelicht. Hierbij wordt ingegaan op de belangrijkste afwegingen in het ontwerpproces zodat de keuzes uit ontwerpploeg 1 en 2 herleidbaar vastgelegd, de afweegtabellen zijn opgenomen in de Bijlage. Elk hoofdstuk eindigt met een korte samenvatting van het referentieontwerp en een samenvatting van de vrijheidsgraden van de aannemer. Tot slot gaat hoofdstuk 5 in op de recreatieve route die de dijkvakken met elkaar verbindt.

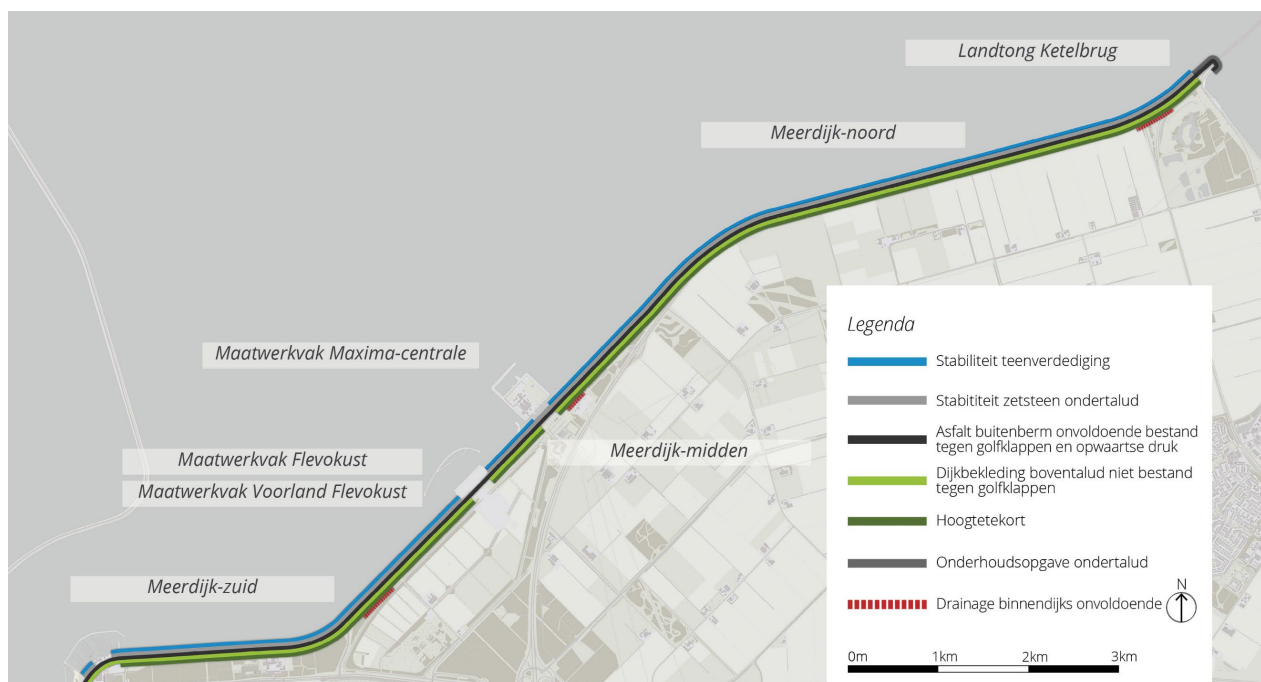
2 Waterveiligheidsopgave

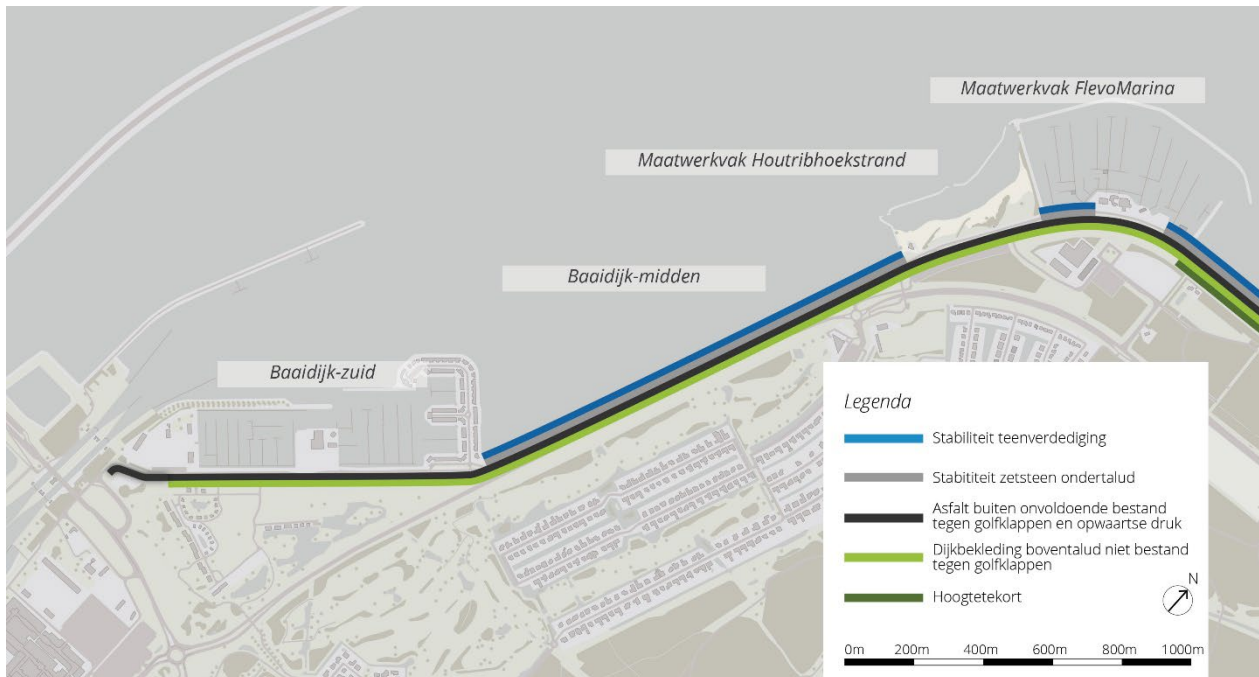
2.1 Opgave in beeld

De versterkingsopgave van de dijk is gedurende alle fases van het project steeds verder aangescherpt om zo tot de meest doelmatige versterkingsmaatregelen te komen. Dit is gebeurd door nieuwe beschikbare data (o.a. uit conditionerend onderzoek) of nieuwe inzichten te verwerken, zie paragraaf 2.2 voor meer duiding van de nadere analyse die in de planuitwerkingsfase heeft plaatsgevonden. Door het verwerken van data en nieuwe inzichten kon de opgave voor bepaalde specifieke faalmechanismen worden aangescherpt, maar kwamen ook nieuwe versterkingsopgaves aan het licht (bijvoorbeeld het golfklapbestendig maken van het boventalud).

Aan het einde van de planuitwerkingsfase is het beeld dat de versterkingsscope stabiel is. Voor het traject dat grenst aan het open IJsselmeer, traject Meerdijk, geldt dat de opgave het grootst is. Hier voldoet nagenoeg de gehele buitendijkse dijkbekleding niet (teenbestorting, zetsteen op ondertalud, asfalt op berm en dijkbekleding op het boventalud). Ook is hier de binnendijkse zijde van de dijk onvoldoende bestand tegen veel golfoverslag, met andere woorden de dijk is te laag. Voor de maatwerkvakken Maxima-centrale en Flevokust die binnen dit dijktraject vallen is de opgave kleiner. Achter de Maxima-centrale voldoet de zetsteen en het asfalt niet en bij de Flevokust voldoet alleen het asfalt niet. Op een drietal kleinere deeltrajecten binnen het hoofdtraject Meerdijk is de binnendijkse drainage onvoldoende.

Voor het traject dat meer in de luwte ligt van de Houtribdijk en daarmee grenst aan de Baai van Eesteren is de versterkingsopgave minder groot. Over de gehele lengte van dit traject is het asfalt op de buitenberm onvoldoende bestand tegen golfklappen en opwaartse druk en is de dijkbekleding boven de buitenberm (bestaande uit klei en gras) onvoldoende sterk. Voor de deeltrajecten Flevo Marina en Baaidijk Midden geldt daarnaast dat de huidige teenbestorting en zetsteenbekleding op het ondertalud niet sterk genoeg zijn. De vastgestelde opgave is visueel weergegeven in Figuur 2-1.





Figuur 2-1: Vastgestelde versterkingsscope planuitwerkingsfase

2.2 Nadere analyse in planuitwerking

2.2.1 Onderzoeken en proeven

Tijdens de planuitwerking zijn er verschillende onderzoeken uitgevoerd. Naast conditonerende onderzoeken, die meer inzicht geven in de bodemopbouw en bodemkwaliteit, zijn er ook fysieke proeven uitgevoerd, namelijk een proef naar de sterkte van binnendijkse dijkovergangen en golfgootproeven om de belasting op het dijk beter te kunnen inschatten.

Proef Erosiebestendige Overgangen

Tijdens ontwerploop 2 van de planuitwerkingsfase zijn er proeven uitgevoerd op de IJsselmeerdijk om de erosiebestendigheid van binnendijkse dijkovergangen (knik in het profiel en overgangen tussen type dijkbekleding) te onderzoeken. De algemene veronderstelling is dat deze overgangen in werkelijkheid sterker zijn dan in vigerende ontwerp- en toetsformules wordt aangenomen; een sterkere overgang kan meer golfoverslag aan waardoor de hoogte-opgave van de dijk afneemt. De proefresultaten hebben bevestigd dat binnendijkse dijkovergangen sterker zijn dan aanvankelijk werd aangenomen. Het bepalen van nieuwe ontwerpformules loopt parallel aan het dijkversterkingsproject, toch zijn de eerste resultaten (op een betrouwbare en niet te progressieve wijze) reeds verwerkt in het dijkontwerp. Door de resultaten van de proef erosiebestendige overgangen kan een hogere golfoverslagdebiet op de dijk toegestaan worden. Het resultaat is dat de dijkkrui van de traditionele dijkversterking voor het traject Meerdijk-midden 20cm lager kan worden gerealiseerd. Figuur 2-2 toont een tweetal foto's van de uitgevoerde proeven.



Figuur 2-2: Foto's van de uitgevoerde proeven op de IJsselmeerdijk

Voor dijktrajecten waar versterkt wordt middels een vooroever hebben de proeven niet geleid tot een ontwerpaanpassing. Door het toestaan van meer golfoverslagdebiet kan de vooroever bijvoorbeeld korter worden, maar dit leidt tot een aanzienlijk grotere golfbelasting op de dijk. Het grote voordeel van de vooroever is juist dat de golfbelasting zo wordt gereduceerd, dat de huidige dijkbekleding niet vervangen hoeft te worden. Een combinatie van een kortere vooroever met bijvoorbeeld vervanging van de huidige zetsteenbekleding komt qua kosten veel hoger uit dan een vooroever zoals deze nu uitgewerkt is.

Golfgootproeven

Het gekozen referentieontwerp van de vooroever is beproefd in de Scheldegoet van Deltares, waarbij specifiek is gekeken naar de golfremming over de vooroever en het golfoverslagdebiet over de dijk tijdens maatgevende condities. Het doel van deze proeven was tweeledig. Het eerste doel was om te bepalen of de uitkomsten van de opgestelde reeks van formules en modellen (ook wel modellentrein genoemd in de planuitwerkingsfase) voldoende overeenkwamen met de resultaten uit de golfgoot, waarmee kan worden gesteld dat het ontwerp voldoende waterveilig is of juist aangepast diende te worden. Het tweede doel was gericht op het krijgen van contracteisen voor de aanbesteding, waarbij de aannemer de eis meekrijgt dat het ontwerp minimaal gelijkwaardig moet presteren op het vlak van waterveiligheid als het referentieontwerp.

De resultaten van de golfgootproeven en de resultaten uit golfgootproeven lagen dicht bij elkaar en gaven geen aanleiding om het ontwerp van de vooroever aan te passen. Wel toonde de golfgootproefresultaten een hogere waterstandsopzet op de vooroever dan de formules/modellen berekende. De proeven toonde aan dat de huidige dijkbekleding boven de buitenberm tijdens zeer zware condities in de golfklapzone ligt. Deze dijkbekleding bestaat grotendeels uit betonblokken die direct op klei liggen en in de loop der tijd zijn overgroeid met gras. Echter is deze dijkbekleding nooit ontworpen om golfklappen te weerstaan en is deze dijkbekleding daar ook onvoldoende tegen bestand. Zo is een extra versterkingsopgave in de planuitwerkingsfase aan het licht gekomen, namelijk het versterken van de golfploopbekleding van de dijk tot minimaal NAP +2,7m zodat deze golfklapbestendig wordt.¹ Ook is aan het licht gekomen dat op tracés van het traject Meerdijk Noord het binnendijkse onderhoudspad tijdens maatgevende condities te zwaar belast wordt met overslaand water (een te hoog golfoverslagdebiet). Een groot gedeelte van het binnendijkse onderhoudspad langs de Meerdijk bestaat uit een klinkerpad welke direct op zand (kernmateriaal van de dijk) ligt. Doordat er dus lokaal geen kleibekleding aanwezig is, is juist deze plek gevoelig voor erosie en dit kan leiden tot dijkfalen. De maatgevende golfoverslagbelasting is in het noorden hoger dan in het zuiden, waardoor er geen versterkingsopgave is aan het binnendijkse onderhoudspad achter de zuidelijke vooroever. De versterking van het onderhoudspad bestaat uit het verwijderen van de klinkers, het aanbrengen van een kleilaag en het aanbrengen van grasbetontegels.

¹ Voor het dijktraject Meerdijk-midden is tot een hoogte van NAP +3,0m golfklapbestendige dijkbekleding benodigd.

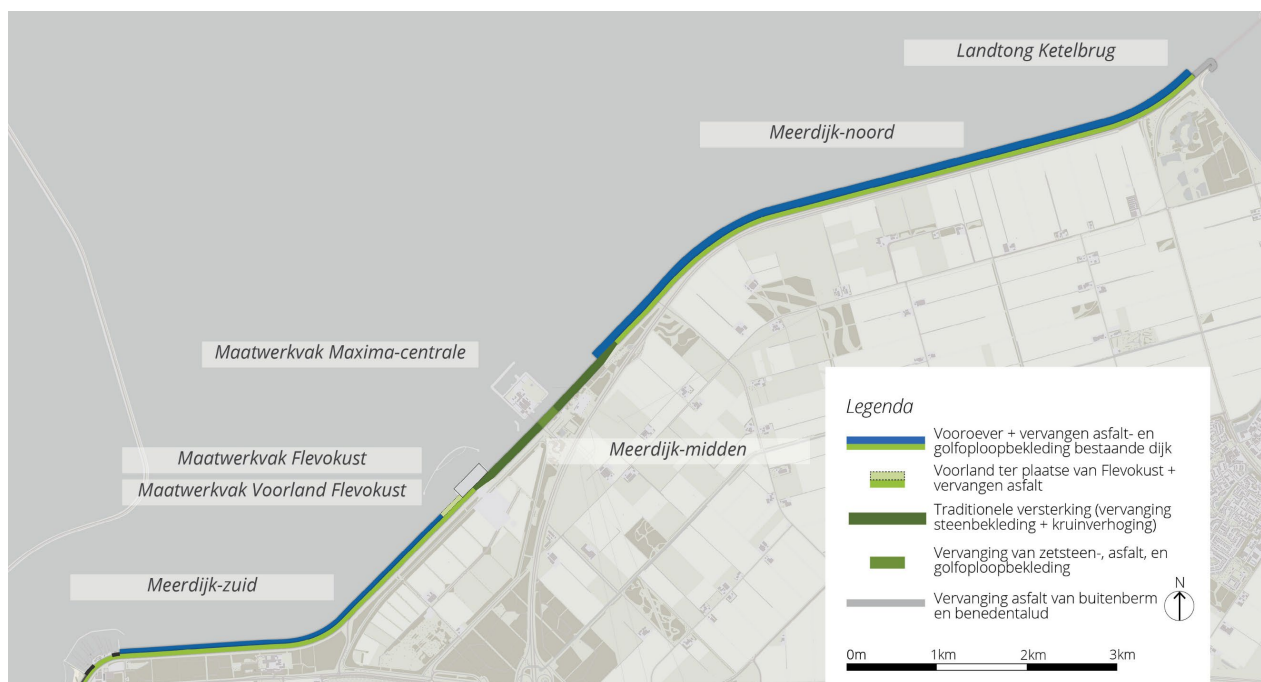
2.2.2 Verwerking resultaten in het ontwerp

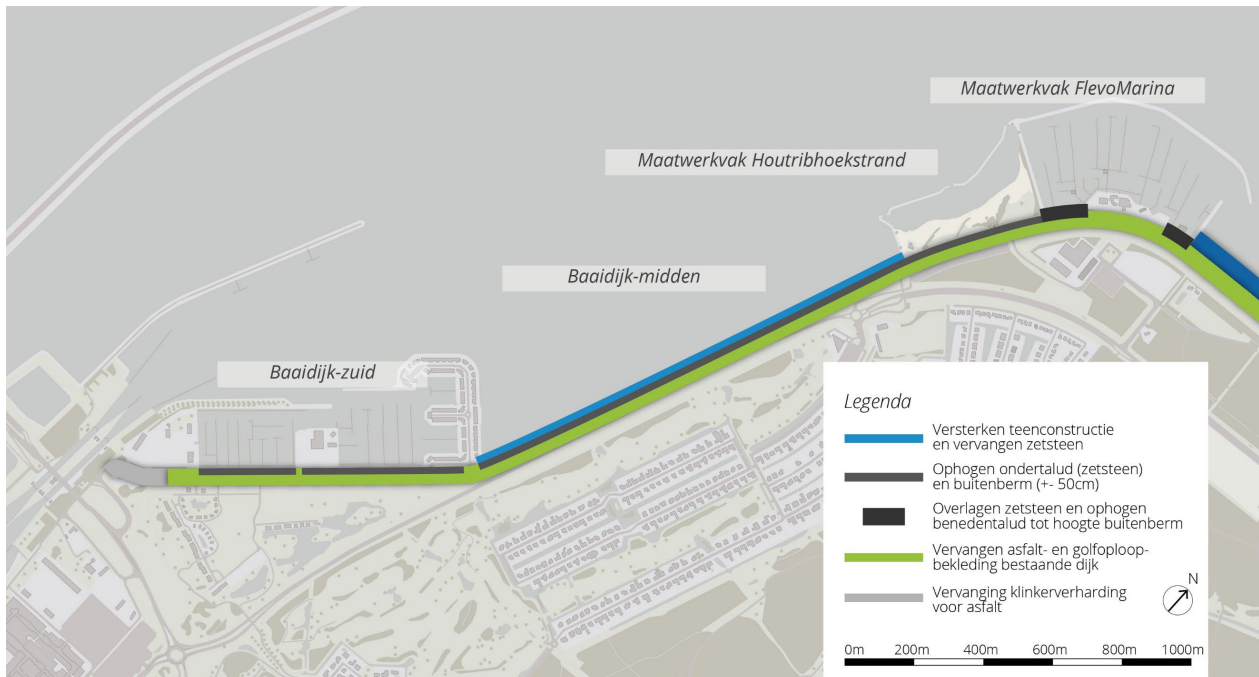
De inzichten uit de onderzoeken en proeven hebben tot een aantal optimalisaties/aanpassingen geleid:

- Het referentieontwerp van de vooroeverdam kan met minder primair materiaal (stortsteen en grind) gerealiseerd worden, zie paragraaf 3.3.1.
- Een verbeterd teenontwerp met minder stortsteen (zie paragraaf 4.2.2)
- Een minder hoge dijkversterking bij Meerdijk-midden (zie paragraaf 4.2.1)
- De huidige golfplopbekleding achter de vooroever dient deels golfklapbekleding gemaakt te worden (zie paragraaf 3.6.1)
- Er is een kleine versterkingsopgave aan het binnendijkse onderhoudspad (klinkerpad) achter de vooroever voor het traject Meerdijk Noord (zie paragraaf 3.6.3)

2.3 Gekozen versterkingsmaatregelen op hoofdlijnen

Op hoofdlijnen is de gekozen versterkingsmethodiek voor deze dijk onder te verdelen in twee hoofdcategorieën, namelijk 1. Versterking middels het aanleggen van een vooroever en 2. Een traditionele dijkversterking. Dit is visueel weergegeven in Figuur 2-3.





Figuur 2-3: Gekozen versterkingsmaatregelen IJsselmeerdijk

2.4 Gehanteerde uitgangspunten referentieontwerp

Het belangrijkste uitgangspunt is dat de dijk inclusief de beoogde dijkversterkingmaatregelen er voor zorgdragen dat minimaal tot aan zichtjaar 2080 wordt voldaan aan de wettelijk vastgelegde minimale overstromingskans. Hierbij wordt uitgegaan van een levensduur van de dijkversterkingsmaatregelen van 50 jaar, waarbij in de periode van 2050 tot 2080 -conform vigerend peilbesluit- is verondersteld dat het peil van het IJsselmeer jaarlijks stijgt met 1cm (dus 30cm in totaal).

Gedetailleerde onderbouwingen van het referentieontwerp zijn opgenomen in twee aparte notities; een notitie gericht op het vooroeverontwerp en een notitie gericht op het ontwerp van de traditionele dijkversterking en de maatwerkvakken. De uitgangspunten van het referentieontwerp zijn vertaald naar contracteisen.

3 Vooroever

3.1 Inleiding

Het eindbeeld van de vooroever is een vooroever die rijk is aan waterplanten en geschikt is als paai- en opgroeigebied voor vis en als foerageergebied voor watervogels. Een vooroever waar riet groeit en daarmee ook een interessant leefgebied is voor rietvogels.

Een dergelijke vooroever is alleen mogelijk als voldoende beschutting tegen golven wordt geboden, de waterkwaliteit op orde is, er sprake is van een voldoende stabiele bodem om bodemleven mogelijk te maken en vissen en (ruiende) vogels in en uit kunnen zwemmen.

In dit hoofdstuk wordt als eerste de afwegingen voor het referentieontwerp van de vooroever besproken. Daarbij gaan we achtereenvolgens in op de dimensies van de vooroever (paragraaf 3.2) en de opbouw van de vooroeverdam (paragraaf 3.3) en het grondlichaam (paragraaf 3.4). In paragraaf 3.5 lichten we de ecologische inrichting toe. Op het traject met een vooroeveroplossing wordt ook aan de dijk gewerkt, dit wordt beschreven in paragraaf 3.6.

Op basis van de afwegingen is een referentieontwerp uitgewerkt, dit wordt beschreven in paragraaf 3.7. In paragraaf 3.8 wordt aangegeven waar de vrijheidsgraden voor de aannemer liggen, deze kunnen afwijken van de afwegingen die voor het referentieontwerp zijn gemaakt en in de eerdere paragrafen beschreven zijn.

3.2 Afwegingen dimensies vooroever

3.2.1 Breedte

In deze paragraaf wordt de breedte van de vooroever beschouwd. Om aan de waterveiligheidsopgave en aan de natuureisen voor de natuurvergunning te voldoen, is een bepaalde minimale breedte van de vooroever nodig. Als voorbeeld: een kortere maar hogere vooroever, die grotendeels boven waterpeil is gelegen, is qua waterveiligheid en kosten optimaler, maar dit is niet vergunbaar omdat N2000 gebied wordt ingenomen zonder dat hier een goede ecologische inrichting tegenover staat.

Bij traject Meerdijk-Noord is een bredere vooroever met name vanuit ecologische ontwikkeling interessant. Daarom is in de planuitwerking voor dit traject een afweging gemaakt tussen de basisvariant en een bredere vooroever waar uitgebreidere ecologische maatregelen (eventueel op termijn) mogelijk zijn. Specifiek voor dit traject bestaat immers de ambitie bij het waterschap, maar ook bij de omgeving, om de dijkversterking zo veel mogelijk te combineren met het verhogen van de biodiversiteit. Bij Meerdijk-Zuid is dit niet het geval. De gemeente Lelystad richt zich voor dit gebied op economische ontwikkeling waarin er mogelijkheden blijven om Flevokust uit te breiden. Ook vindt er bij Meerdijk-Zuid meer recreatie plaats. Zo vinden er zeilwedstrijden plaats nabij Flevo Marina. Die willen we met de vooroever niet onmogelijk maken.

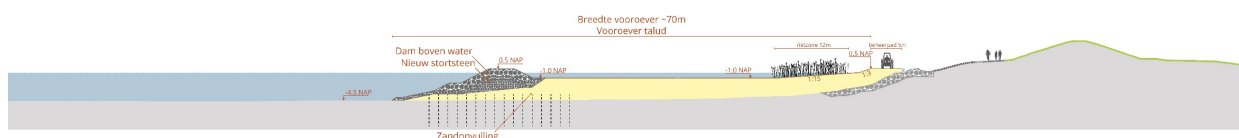
In deze paragraaf worden alleen maatregelen beschreven die zorgdragen voor een sober en doelmatig veiligheidsontwerp inclusief wat voor de natuurvergunning en (minimale) inpassing noodzakelijk wordt geacht. Eventuele extra maatregelen ten behoeve van het verhogen van de biodiversiteit zijn niet meegenomen in de afweging. Deze worden beschreven in paragraaf 3.5.

Meerdijk-Noord

Voor traject Meerdijk-Noord is een afweging gemaakt tussen een basisvariant van de vooroever van 70m breed tegen een basisvariant van de vooroever van 120m breed.

De twee varianten die ten opzichte van elkaar zijn afgewogen zijn:

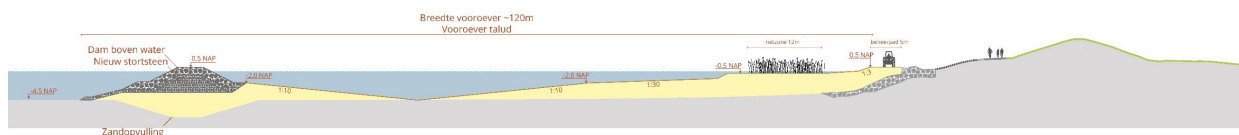
- **Variant A: vooroever van circa 70 meter met een sobere ecologische inrichting**
Variant A bestaat uit een vooroeverdam met daarachter een vooroever/onderwater grondplateau. De totale vooroever (dus inclusief vooroeverdam) heeft een breedte van circa 70m voor de bestaande dijk. De vooroeverdam wordt boven water op NAP +0,5m aangelegd met meerdere openingen voor wateruitwisseling, vissen en ruiende vogels en twee doorvaart-mogelijkheden voor beheer en onderhoud. De breedte van het grondlichaam (achter de vooroeverdam) van de vooroever gemeten vanaf de waterlijn is circa 60 meter, deze 60m kan worden beschouwd als minimaal benodigde breedte om aan de waterveiligheidsopgave en natuurvergunning te voldoen. Het grondlichaam bestaat uit een vlak plateau van circa 30m op NAP -1,5m (grenzend aan de dam) en een oplopend profiel met een helling van 1:20 tot NAP +0m (grenzend aan de bestaande dijk). Een doorsnede van het ontwerp van variant A voor dit dijktraject is weergegeven in Figuur 3-1.



Figuur 3-1: Variant A – Meerdijk-Noord – 70m

- **Variant B: vooroeverdam op 120 meter met sobere ecologische inrichting**
Variant B heeft een breedte van 120 m en bestaat uit een vooroeverdam met daarachter een vooroever/onderwater grondplateau voor de bestaande dijk. De vooroeverdam wordt boven water op NAP +0,5 m aangelegd met meerdere openingen voor wateruitwisseling, vissen en ruiende vogels en twee doorvaart mogelijkheden voor beheer en onderhoud. De breedte van het grondlichaam (achter de vooroeverdam) van de vooroever gemeten vanaf de waterlijn is circa 110 meter. Het grondlichaam bestaat grotendeels uit een oplopend profiel met een helling van 1:30 vanaf circa NAP -4,5m (bodem IJsselmeer) tot NAP +0m (aansluiting met bestaande dijk). De vooroeverdam bij deze variant ligt dus dieper in het IJsselmeer en het bodemniveau is hier gemiddeld circa 25cm dieper in vergelijking met variant A. Om het gebruik van breuksteen (relatief duur en relatief hoge MKI) te beperken is gekozen om aan de landzijde van de dam een 1:10 zandprofiel aan te leggen vanaf NAP -2m tot aan de bodem.

Een doorsnede van het ontwerp van variant B is weergegeven in Figuur 3-2.



Figuur 3-2: Variant B – Meerdijk-Noord – 120m

Onderdeel van beide varianten is een rietkraag van gemiddeld 12 meter breedte die is beschermd door een palenrij. Deze rietkraag heeft meerdere functies. Ze dient als:

- voor het beperken van jaarlijkse erosie en daarmee samenhangend beheer en onderhoud;

Projectgerelateerd

- voor het op zijn plaats houden van de erosiebuffer die nodig is bij maatgevende condities;
- voor het vergroten van de biodiversiteit als paai- en opgroeigebied voor vis;
- als habitat voor rietvogels;
- visuele barrière tussen beheerpad en futenrustgebied.

Door het grotere oppervlakte zijn bij variant B (120m) meer mogelijkheden om een hogere biodiversiteit te creëren. Voor deze afweging is dat echter niet beschouwd. De ecologische inrichting wordt besproken in paragraaf 3.5.

Met behulp van het afweegkader is een afweging gemaakt. De scoretabel is opgenomen in Bijlage 1 (Tabel 11). Ten opzichte van de basisvariant heeft de bredere variant de volgende voordelen:

- Een bredere vooroever is licht positief onderscheidend beoordeeld op het criterium vrijheid aannemer, omdat er meer ruimte beschikbaar is voor initiatieven van de aannemer. Dat komt, omdat direct achter de dam (aan de kant van de dijk) het water dieper is. Dit is gunstiger voor varend materieel.
- De bredere variant leent zich beter voor hergebruik van materialen. Mogelijk kan de aannemer zelfs kiezen om hier een holoceendepot (vrijkomende grond uit het grondverbeteringscunet) in te richten voor Meerdijk-Zuid. Voor variant A (70m) is het niet aannemelijk dat hier genoeg ruimte voor is, waardoor variant B licht onderscheidend positief is gescoord.
- Een bredere vooroever heeft een netto positief effect op biodiversiteit (zelfs zonder ecologische inrichting) doordat er meer golfuw areaal is en meer areaal geschikt is voor de groei van waterplanten.
- De dam met 120 meter vooroever geeft meer handelingsperspectief bij een toekomstige dijkversterking en scoort daarom iets beter op uitbreidbaarheid. Wanneer bij de 70m variant de vooroever moet worden versterkt, dan komt door ophoging het zandpakket boven water te liggen en zal zich een voorland vormen. Dit is lastig vergunbaar binnen het Natura2000 gebied, omdat hiermee het openwater voor de fuut (in het futenrustgebied) afneemt. Bij de bredere vooroever is er 50 meter extra water met ongeveer 4 meter diepte beschikbaar tussen de vooroeverdam en het zandpakket van de vooroever. Hierdoor is er meer ruimte om het profiel aan te passen om effecten van zwaardere golven of anders invallende golven te kunnen compenseren, zonder dat direct een voorland ontstaat dat lastig vergunbaar is.
- Voor ruimtelijke kwaliteit geldt dat de grote omvang van het gebied, de gestrektheid, een stuk beter tot zijn recht komt bij een bredere vooroever. Dit beeld is het sterkst vanaf de A6 op de Ketelbrug waar een vooever van 120m breed veel meer tot zijn recht komt dan een relatief smalle vooroever van 70m.
- Voor het criterium Natuurwaarden geldt dat een bredere vooroever een positieve invloed heeft op het Natura2000 gebied IJsselmeer als geheel en op het futenrustgebied in het bijzonder. Ook op andere subcriteria zoals invloed op beschermde soorten, ecologische waterkwaliteit, bijdrage aan ecologische verbindingen, effect op visstand is een plus te verwachten bij een bredere vooroever, waardoor een onderscheidend positieve score te rechtvaardigen is.
- De bredere variant scoort positiever op draagvlak omdat vanuit het omgevingsspoor een grote steun naar voren komt voor het realiseren van een bredere vooroever en het liefst met een ecologische inrichting.

De bredere variant kent ook een aantal nadelen. Doordat er meer materiaalgebruik is (en daardoor meer inzet van materieel) is de MKI hoger. Het verschil is echter minimaal (kleiner dan 10%). Ook is bij de bredere variant de stikstofuitstoot hoger doordat er meer grondverzet is. Stikstofgevoelige natuur ligt echter relatief op grote afstand, waardoor het verschil in stikstofdepositie klein is en dit naar verwachting niet zal leiden tot onoverkomelijkheden.

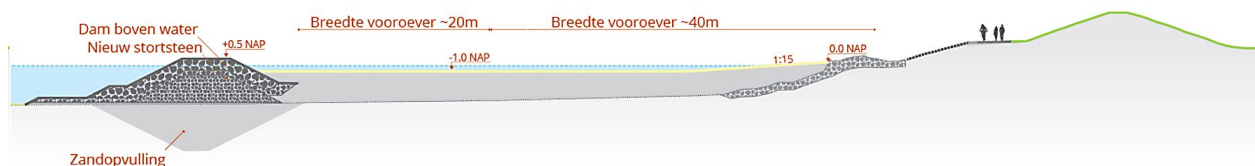
Voor visserij geldt dat het totale visareaal kleiner is in de 120 meter variant dan in de 70 meter variant; dit is ten opzichte van de totale omvang van het IJsselmeer verwaarloosbaar klein. Een bredere vooroever is

gunstiger voor de visstand waardoor de visopbrengst zal toenemen. Daarmee zijn de varianten niet onderscheidend van elkaar.

Door de langere dwarsdammen en het grotere volume zijn bij de bredere variant zowel de investeringskosten als de instandhoudingskosten hoger. Het begeleidingsteam van het HWBP heeft aangegeven dat de 120m variant subsidiabel is, mits hier door gebiedspartners aan bijgedragen wordt. Ook de gebiedspartners zien de meerwaarde voor de bredere variant; hun bijdrage is middels subsidies en overeenkomsten geregeld. Daarmee is een 120m brede vooroever onderdeel van het referentieontwerp.

Meerdijk-Zuid

Voor traject Meerdijk- Zuid is voor het referentieontwerp een veiligheidsprofiel gekozen dat bestaat uit een vlak plateau op NAP-1m achter een dam met een kruin op NAP+0,5m. De breedte van het grondlichaam van de vooroever is 40m voor het deel dat grenst aan Flevo Marina en wordt na de bocht richting Flevokust 60m. In Figuur 3-3 is het versterkingsprofiel van Meerdijk-Zuid weergegeven zonder verdere inpassingsmaatregelen. Dit profiel wordt beschouwd als minimaal benodigde breedte om aan de waterveiligheidsopgave en natuurvergunning te voldoen.



Figuur 3-3: Versterkingsprofiel Meerdijk-Zuid, zonder ecologische inrichting en exclusief beheerpad

3.2.2 Lengte vooroever

In de verkenningsfase zijn de locaties van de overgang vooroever - traditionele dijkversterking redelijk arbitrair gekozen. Uitgangspunt was dat er voldoende afstand genomen moest worden om geen negatieve impact te hebben op de bedrijfsvoering van de Maxima-Centrale en de Flevokust. Een effectieve beheermaatregel is dat het zandige profiel van de vooroever wordt ingesloten door dwarsdammen (einddammen) en een langsdam (vooroeverdam), hierdoor wordt zand vastgehouden binnen de vooroever. Dit is een eis die is opgenomen in het contract voor de realisatiefase.

Voor de afstand van de zuidelijke vooroever tot de overslaghaven Flevokust is in de verkenningsfase vanuit ruimtelijk oogpunt de locatie ter hoogte van het "hevelhuisje" als uitgangspunt genomen. Voor de afstand van de noordelijke vooroever tot de gascentrale Maxima-centrale werd eerst gemakshalve in de verkenningsfase een afstand van 1km aangehouden. Dit komt overeen met een overgang ter plaatse van het parkeerterrein langs de A6, rustplaats Rivierduin.

In de planuitwerking is de exacte locatie nader beschouwd. Bij de overgang van Meerdijk-Zuid naar Meerdijk-Midden zijn 4 varianten afgewogen. Voor de overgang van Meerdijk-Midden naar Meerdijk-Noord zijn 3 varianten onderzocht.

Overgang Meerdijk-Zuid (versterking vooroever) – Meerdijk-Midden (traditionele dijkversterking)

Voor deze overgang zijn 4 varianten bekeken:

Projectgerelateerd

- **Variant A** met een overgang ter plaatse van het hevelhuisje (circa 1100m van de huidige zuidgrens van de CTU Flevokust)
- **Variant B** een variant die direct aansluit op de mogelijk uitgebreide Flevokust. Er is namelijk al ruimte gereserveerd om de Flevokust in de toekomst uit te breiden. Aan de zuidzijde van de Flevokust ligt de begrenzing van deze reserveringsruimte ongeveer 330m ten zuiden van de huidige Flevokust. Bij deze variant wordt het dijklichaam van 3300m lang, waar de uitbreiding gepland staat, versterkt alsof deze uitbreiding er niet gaat komen (dus met nieuwe buitendijkse bekleding, een kruinverhoging en een binnendijkse verschuiving). Dit heeft vooral impact op de IJsselmeerdijkweg.
- **Variant C** een variant die sterk lijkt op variant B, maar waar gekozen wordt om het dijklichaam waar de uitbreiding gepland staat (tijdelijk) niet te versterken. Mogelijk kan gekozen om binnendijkse versterkingsmaatregelen die voortkomen uit het innovatietraject “erosiebestendige overgangen” op termijn toe te passen. In de afweging is hiervan uitgegaan.
- **Variant D** Een variant waarbij de vooroever grenst aan de huidige Flevokust. Mocht de Flevokust op termijn uitbreiden dan zal een traject van circa 330m vooroever veranderen in een overslaghaven.

In onderstaande figuren is van alle varianten een schematische weergave opgenomen.



Figuur 3-4: variant A (blauw huidige dijk, geel vooroever en rood traditionele dijkversterking)



Figuur 3-5: variant B (blauw huidige dijk, geel vooroever en rood traditionele dijkversterking)



Figuur 3-6: variant C (blauw huidige dijk, geel vooroever en rood traditionele dijkversterking)



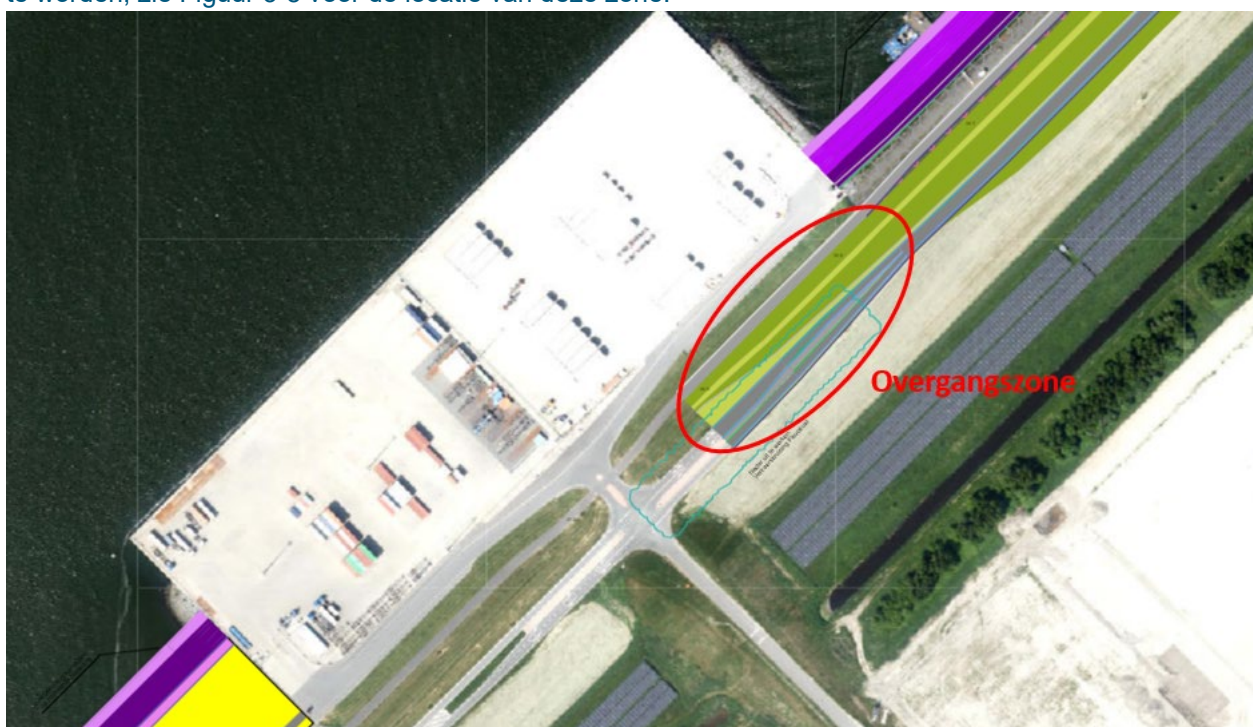
Figuur 3-7: variant D (blauw huidige dijk, geel vooroever en rood traditionele dijkversterking)

Met behulp van het afweegkader is een afweging gemaakt. De scoretabel is opgenomen in Bijlage 1 (Tabel 8). De belangrijkste punten worden hieronder toegelicht:

- Variant C scoort op het thema haalbaarheid negatiever omdat er (deels) vertrouwd wordt op innovatieve technieken die nog onderzocht worden in het onderzoekstraject "erosiebestendige overgangen". Wel biedt deze variant meer ruimte voor innovatieve maatregelen voor de aannemer.
- Voor het criterium milieu-impact en broeikaseffect scoren varianten A en C verhoudingsgewijs het beste, hoewel de uitstoot voor alle 4 de varianten relatief hoog is.
- Variant A scoort het beste op het criterium circulariteit, omdat hier relatief weinig materiaal wordt gebruikt. Variant B, C en D scoren beter op biodiversiteit, omdat een langer vooroevertraject meer mogelijkheden biedt voor ecologie.
- Variant A is het meest eenvoudig te beheren, omdat deze variant een minder lang traject vooroever heeft en een vooroever meer beheerinspanning vergt dan een traditionele dijkversterking. Voor uitbreidbaarheid scoren varianten B, C en D juist licht positief omdat deze varianten een lang traject met een vooroever hebben en een vooroever is in zijn algemeenheid beter uitbreidbaar dan een traditionele versterking.
- De kostenraming toont aan dat het kostenefficiënter is om een langer vooroevertraject aan te leggen. Variant A heeft het kortste vooroevertraject en is daarom ook het duurst geraamd. Het verschil tussen de instandhoudingskosten van een vooroever en traditionele dijk zijn moeilijk te vergelijken. Het is evident dat er bij een vooroever een aantal beheertaken bij komen, zoals het 1x per 25 jaar suppleren van zand en het maaien van riet. Maar de vooroever zorgt voor minder onderhoud aan de dijk. In de bepaling van instandhoudingskosten heeft dit enorme invloed, want juist de 100 jaar instandhoudingskosten van betonnen zetsteenzuilen zijn erg hoog.
- Een langer vooroever traject heeft een netto positief effect op natuurwaarde. Ook zorgt een langere vooroever voor een continu ruimtelijk beeld. Daarmee zijn variant B, C en D positief beoordeeld op het thema Inpassing in de omgeving.
- De varianten met een langer vooroevertraject (variant B, C en D) scoren positief op recreatief medegebruik; een langer vooroevertraject biedt kansen voor recreatief gebruik en verhoogt het fietsplezier op de dijk.
- Voor criterium verkeer en bereikbaarheid is variant B iets negatiever beoordeeld, omdat de IJsselmeerdijkweg bij deze variant het meest "slingert".
- Voor "hinder tijdens aanleg" scoort variant A negatief omdat bij deze variant de werkzaamheden aan de IJsselmeerdijkweg in omvang het grootst zijn. Variant C en variant D scoren juist onderscheidend positief omdat de werkzaamheden binnendijks hier het meest beperkt zijn.

Een langer vooroevertraject en daarmee een kortere afstand tussen vooroever en de Flevokust is vanuit ecologie, ruimtelijke kwaliteit en recreatief medegebruik wenselijk. Daarnaast is de vooroever ook vanuit kosten oogpunt positiever dan een traditionele dijkversterking. Hierdoor valt variant A af. De verschillen tussen variant B, C en D zijn minder groot. Variant C is afgefallen omdat hier vertrouwd moet worden op innovatieve technieken die nog onderzocht worden.

Uiteindelijk is gekozen om de versterking door te trekken tot aan Flevokust, waarbij de huidige reserveringszone voor uitbreiding van de overslaghaven wordt ingericht als een voorland (en dus niet als een vooroever met plas/drasgebied). Ondanks dat er op dit moment nog geen concrete plannen zijn voor uitbreiding, wil Flevokust niet dat deze mogelijk in de toekomst moeilijker/onmogelijk worden. Een voorlandoplossing voldoet aan deze wens. Vanuit ruimtelijk oogpunt vormt het 'tegen Flevokust aan lopen' van de vooroeverversterking een logische en heldere beëindiging. Flevokust is letterlijk ook een voorland, waardoor op deze plek ook geen dijkversterking aan het bestaande dijklichaam noodzakelijk is. Aan noordzijde sluit het huidige voorland van Flevokust aan op een traditioneel versterkt dijkprofiel met een verhoogde kruin en verschuiving van de IJsselmeerdijkweg. Om dit geleidelijk te kunnen "opvangen" is een vloeiende overgangszone ontworpen, waarbij het kruispunt van de Flevokust niet aangepast hoeft te worden, zie Figuur 3-8 voor de locatie van deze zone.



Figuur 3-8: Overgangszone (rood omcirkeld) waar traditionele dijkversterking vloeiend aansluit op dijkprofiel Flevokust. Voorziene maatregelen met kleur afgebeeld op een luchtfoto

Het voorland (breedte circa 60m en lengte 330m) wordt permanent boven water aangelegd, waarbij 3 grote voordelen ontstaan:

- In de uitvoeringsfase kan de geselecteerde aannemer dit gebied gebruiken als depotlocatie/loswal en locatie waar bijvoorbeeld kraagstukken kunnen worden gevlecht;
- Het gebied wordt zo ingericht dat de kans dat er natuur ontstaat minimaal is, waardoor uitbreiding van Flevokust in de toekomst niet moeilijker/onmogelijk wordt gemaakt en
- Direct na de aanleg ontstaat een gebied dat tijdelijk gebruikt kan worden voor allerlei functies.

In Figuur 3- is een visualisatie weergegeven van de aansluiting.

Om het gebied snel en goed te kunnen gebruiken in de realisatiefase als depot/loswal is aangenomen dat er zettingsversnellende maatregelen worden getroffen (in het referentieontwerp is verticale drainage opgenomen, maar dit is geen eis). We zien grote voordelen als dit werkterrein snel gerealiseerd kan worden, dus nog voordat de aannemer het DO/UO van de dijkversterking definitief heeft afgerond. De bouw van dit werkterrein duurt namelijk -ondanks zettingsversnellende maatregelen- vrij lang en het hebben van een werkterrein/depot is erg wenselijk als de versterkingswerkzaamheden aan de dijk/vooroever plaatsvinden.



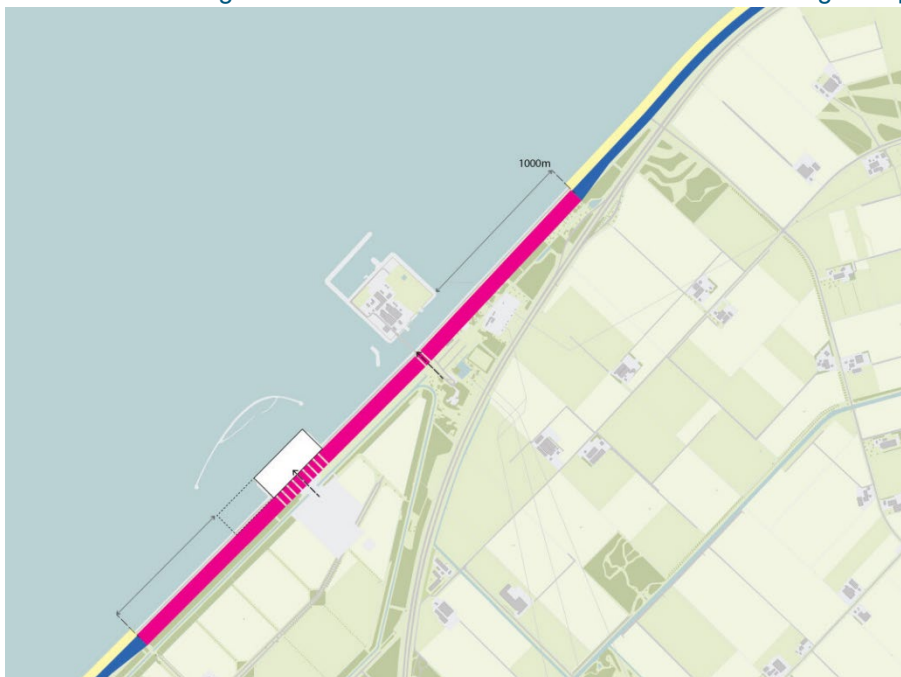
Figuur 3-9: Aansluiting Meerdijk-Zuid met een voorland tegen CTU Flevokust

Overgang Meerdijk-Midden (traditionele dijkversterking) – Meerdijk-Noord (versterking vooroever)

Voor deze afweging zijn 3 varianten beschouwd:

- **Variant A** met een overgang op ongeveer **1000m** van de huidige Maxima-centrale (ongeveer ter hoogte van rustplaats Rivierduin).
- **Variant B** met een overgang op ongeveer **700m** van de huidige Maxima-centrale
- **Variant C** met een overgang op ongeveer **350m** van de huidige Maxima-centrale

In onderstaande figuren is van alle varianten een schematische weergave opgenomen.



Figuur 3-10: variant A (afstand Maxima-centrale – Meerdijk-Noord 1000m; rood is traditioneel, blauw huidig en geel vooroever)



Figuur 3-11: variant B (afstand Maxima-centrale – Meerdijk-Noord 700m; rood is traditioneel, blauw huidig en geel vooroever)



Figuur 3-12: variant C (afstand Maxima-centrale – Meerdijk-Noord 350m; rood is traditioneel, blauw huidig en geel vooroever)

Net als bij de overgang Meerdijk-Zuid – Meerdijk-Midden geldt hier ook dat een langer vooroevertraject en daarmee een kortere afstand tussen vooroever en de Maxima-centrale vanuit ecologie, ruimtelijke kwaliteit en kosten wenselijk is. Het is echter belangrijk om hierbij ook te kijken naar mogelijk rendementsverlies bij de Maxima-centrale.

In gesprekken met de Maxima-centrale is naar voren gekomen dat hun grootste angst is dat door de vooroever de stroming van de koelwaterlozing dusdanig verandert dat zij hun eigen koelwaterlozing weer innemen bij het innamepunt. Het innemen van warmer koelwater heeft een groot effect op het rendement van hun centrale. In overeenstemming met de Maxima-centrale zijn er temperatuurmodelleringen uitgevoerd, waarbij de watertemperatuureffecten van verschillende afstanden tussen Maxima-centrale en vooroever (1000m – 700m -350m) en breedtes van de vooroever (70m – 120m) zijn onderzocht.

Uit dit onderzoek is gebleken dat de vooroever (zeker bij een korte afstand tussen Maxima-centrale en vooroever) bij bepaalde windrichtingen effect kan hebben op de stroming van het koelwater en in

bepaalde gevallen ontstaat een beperkte mate van zogenoemde “kortsluiting”. Kortsluiting is in dit geval het effect dat de Maxima-centrale hun eigen gelooste opgewarmde koelwater ook weer inneemt om hun centrale te koelen. De berekende (extra) opwarming bij het innamepunt van het water vanwege deze kortsluiting is relatief gezien erg klein, maar kan -volgens de modellen van de Maxima-centrale- toch tot rendementsverlies leiden en daarmee tot een financiële schadepost. Dit effect wordt bij een grote afstand tussen Maxima-centrale en vooroever snel minder.

In de temperatuurmodellering kwam ook naar voren dat het koelwater van de Maxima-centrale ook kan leiden tot (flinke) verwarming van het water op en rond de vooroever. Bij een korte afstand tussen de centrale en de vooroever zijn kortdurende watertemperaturen rond de 30 graden niet uit te sluiten. Dit is voor veel flora en fauna te warm om te overleven. Het is echter wel de verwachting dat vissen weg zullen zwemmen van dit warme water en er dus niet sprake zal zijn van (veel) vissterfte. De koelwaterpluim blijkt overigens volgens de modellen zich vooral te concentreren voor de vooroeverdam en dus niet op de vooroever zelf, wat positief is.

In de realisatiefase kunnen tijdelijke gevolgen van de uitvoering zoals verstuing en vertroebeling ook negatieve effecten hebben op de bedrijfsvoering van de centrale. Deze effecten zullen bij een grotere afstand tussen Maxima-centrale en Vooroever substantieel kleiner zijn. Hiermee kan eigenlijk al geconcludeerd worden dat de kortst beschouwde afstand (Variant C – 350m) niet wenselijk is. Variant A en B lijken allebei goed haalbaar. Omdat de voorkeur (vanuit biodiversiteit en kosten) naar een zo lang mogelijke vooroever gaat, is in de planuitwerking onderzocht wat de meest optimale afstand is. In afstemming met de Maxima-centrale is besloten de vooroever aan te leggen op een afstand van 600m ten noorden van de centrale. De afweging is samengevat in de scoretabel in Bijlage 1 (Tabel 9).

3.3 Afwegingen vooroeverdam

3.3.1 Geometrie vooroeverdam (hoogteligging vooroeverdam i.r.t. dimensie vooroever)

In de verkenningfase is een vooroeverontwerp gekozen als voorkeursalternatief bestaande uit een vooroeverdam met een kruin net boven water en een vlak vooroeverplateau van 40-70m net onder water.

Bij de start van de planuitwerking zijn golfproeven op schaal uitgevoerd bij Deltares om meer inzicht te krijgen in de werking van het innovatieve concept van de combinatie van een vooroeverdam, een ondiepe vooroever en een dijklichaam. Deze golfgootproeven hebben geleid tot deels nieuwe inzichten. De belangrijkste inzichten uit de golfgootproeven zijn als volgt samen te vatten:

- Het concept van de vooroever werkt; bij de juiste dimensies zorgt het concept vooroever voor voldoende golfremming om aan de waterveiligheidsopgave te voldoen zonder dat geometrische aanpassingen aan het dijkprofiel noodzakelijk zijn;
- Tijdens maatgevende stormcondities ontstaat een bijzonder complex golfbeeld op de vooroever, wat het meeste weg heeft van een “klotsbak”.
- Het verhogen/verlagen van de hoogte van de vooroeverdam (+/- 1m) heeft een relatief klein effect op de golfremming en daarmee op de waterveiligheidsopgave;
- Een bredere vooroever leidt niet per definitie tot meer golfremming;
- De golfhoogtes worden flink gereduceerd door de vooroever, maar de golfperiodes lijken juist toe te nemen.
- Een vlakke bodem van de vooroever op NAP-1m en lager is beperkt effectief;
- Vanuit waterveiligheidsperspectief is het wenselijk dat de vooroever deels boven water ligt, dit zorgt voor veel extra golfremming en dus robuustheid;

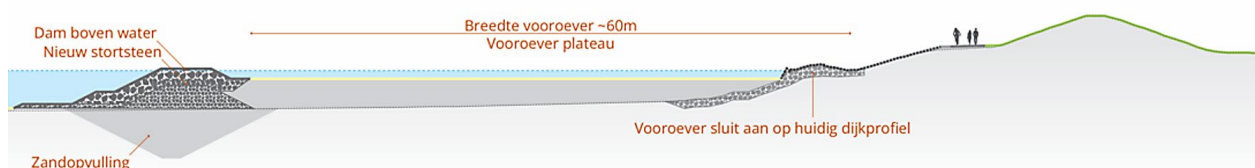
- Een vooroeverdam lijkt voor een opzet van het waterniveau te zorgen op de vooroever en daarmee ook voor het waterniveau tegen de dijk, dit zorgt voor hogere golven tegen de dijk aan.
- De dikte van de benodigde stenen op de vooroeverdam (en de teen van de dijk) kan een sortering minder zwaar worden ontworpen dan vigerende ontwerpleidraden voorschrijven.

In de verkenningfase was de veronderstelling dat de vooroeverdam minimaal een kruin boven water moest hebben om 1. Voldoende golfbreking te veroorzaken, 2. De beheerinspanning te reduceren en 3. Optimale condities te creëren voor een biodiverse inrichting van de vooroever. Op basis van de uitkomsten van de golfgootproeven en morfologische beschouwingen is er vertrouwen ontstaan om een variant te onderzoeken met een vooroeverdam geheel onder water, die wel voldoende golfbreking veroorzaakt en niet leidt tot een ontoelaatbare beheerinspanning of onaantrekkelijke condities voor een biodiverse inrichting. Uitgangspunt bij deze afweging was een breedte van het vooroeverlichaam van ongeveer 60m voor het traject Meerdijk-Noord en 40m voor het traject Meerdijk-Zuid.

De volgende varianten zijn in de planuitwerking onderzocht:

- **Variant A Basisvariant – conform verkenningfase**

Variant A is de variant voor de combinatie vooroever en vooroeverdam zoals de verkenningfase is afgesloten. Het is een ontwerp met een vooroeverdam met een kruin net boven water op NAP +0m en een achterliggend grondlichaam met een vlak plateau net onder water op gemiddeld NAP -1m.

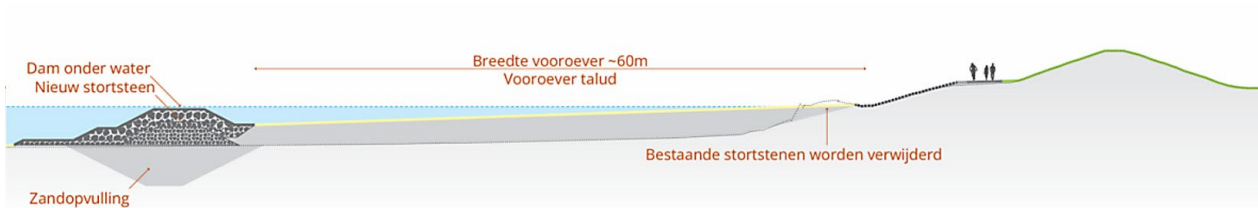


Figuur 3-13: Variant A - Basisvariant

- **Variant B voor Meerdijk-Noord - Dam onder water met oplopend 1:30 voorland.**

Variant B is een variant waar nieuwe inzichten zijn samengevoegd. Uit de golfproeven is gebleken dat de hoogte van de dam vanuit waterveiligheidsperspectief een kleine rol speelt. Daarnaast leek een dam onder water beter vergunbaar omdat een dam onder water geen rustende aalscholvers zal aantrekken.

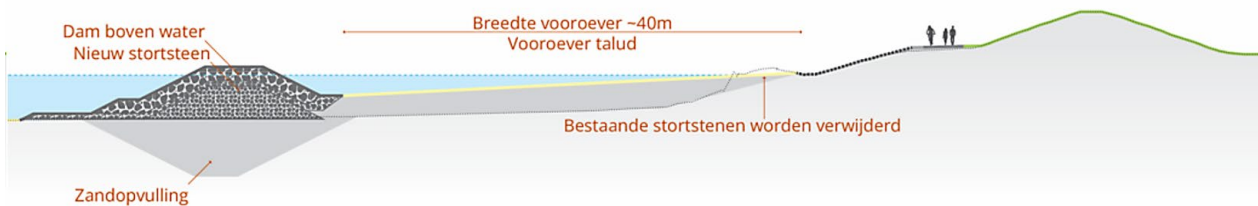
Om tot een voldoende robuust profiel te komen is gekozen voor een oplopend vooroeverprofiel van NAP -2m tot NAP +0m over een lengte van circa 60m. Dit geeft een taludhelling van 1:30, uit diverse studies en referentieprojecten blijkt dat dit een (zeer) stabiel talud is en zorgt relatief veel golfremming. Bijkomend voordeel is dat het vooroeverprofiel relatief laag (op NAP -2m) aansluit op de vooroeverdam, hierdoor wordt het zand alsnog goed ingesloten door de dam waardoor zandverliezen buiten het profiel beperkt zullen blijven. Andere voordelen zijn dat het mogelijk wordt om met materieel achter de vooroeverdam te komen om diverse beheeractiviteiten vanaf het water uit te voeren en dat er veel waterverversing plaatsvindt.



Figuur 3-14: Variant B voor Meerdijk-Noord – Dam onder water met oplopend voorland

- **Variant B voor Meerdijk-Zuid - Dam boven water met oplopend voorland**

Voor traject Meerdijk-Zuid wordt een onderwaterdam bij voorbaat niet wenselijk geacht, omdat 1. de problematiek met vogels en windmolens hier niet speelt en 2. het potentiële gevaar dat (recreatie)vaart (o.a. vanaf het nabijgelegen Flevo Marina) tegen de vooroeverdam aanvaart te groot wordt geacht. Om toch een variant te onderzoeken waarbij gebruik gemaakt wordt van een oplopend talud is gekozen voor de volgende dimensies; een dam met een kruin op NAP +0,5m en een achterliggend vooroeverlichaam met een breedte van circa 40m met een oplopend talud van NAP -2,0m tot NAP +0m (talud 1:20).



Figuur 3-15: Variant B voor Meerdijk-Zuid – Dam boven water met oplopend voorland

- **Variant C enkel voor Meerdijk-Noord - Dam boven water met oplopend 1:20 voorland.**

Variant C lijkt relatief sterk op variant A, maar is zo gekozen om de plus voor ecologie te vergroten (o.a. meer ruimte voor waterplanten en paaiplassen voor vissen) en de hoeveelheden (kosten + uitstoot) te minimaliseren. Dit kan echter ten koste gaan van de andere aspecten en dus op een lagere score op bepaalde criteria in het afweegkader.

Variant C heeft net als variant A een dam boven water (kruin op NAP +0m), het grote verschil zit in de geometrie van de vooroever. Bij variant C is gekozen voor een vlak plateau achter de dam op NAP -2,0m van 20m breed en vervolgens een taludhelling van 1/20 tussen NAP -2,0m tot NAP +0m (aansluiting met de dijk).



Figuur 3-16: Variant C voor Meerdijk-Noord – Dam boven water met oplopend voorland

Met behulp van het afweegkader is een afweging gemaakt. De scoretabel is opgenomen in Bijlage 1 (Tabel 1). De afweging en de keuze wordt hieronder voor Meerdijk-Zuid en Meerdijk-Noord apart toegelicht.

Meerdijk-Zuid

Voor de vooroever bij Meerdijk- Zuid gelden de volgende afwegingen:

- Voor het thema uitvoerbaarheid scoort variant B iets minder goed omdat het realiseren van een 1:20 talud net wat moeilijker wordt geacht dan een vlak plateau. Variant B is minder gevoelig voor een verandering in hydraulische belasting dan variant A, wat resulteert in een betere beoordeling voor criteria robuustheid.
- In variant B wordt meer stortsteen toegepast in vergelijking met variant A. Omdat het stortsteen een primair, niet-hernieuwbaar materiaal is scoort hier variant B negatiever dan variant A. Bij variant B is er ook meer stikstofuitstoot, met name door het gebruik van de dragline voor het aanbrengen van het kraagstuk. Het oplopende talud (variant B) is beter voor biodiversiteit dan de vlakke versie van variant A, daarom scoort variant B zuid beter op het subcriterium biodiversiteit.
- Bij variant A komt waarschijnlijk de gehele vooroever tijdens de aanlegfase boven water te liggen, waardoor deze vatbaar is voor (ongecontroleerde) wilgengroei.
- Variant B in aanlegkosten tot circa 25% duurder dan variant A. Dat komt doordat de dam hoger en robuuster is dan bij variant A en dit is de grootste kostenpost van de vooroever. Het verschil in de instandhoudingskosten voor 100 jaar zijn nagenoeg gelijk.

Voor traject Meerdijk-Zuid is variant A met een vlak plateau als referentieontwerp gekozen. Variant A scoort beter op duurzaamheid en op kosten, maar wordt moeilijker beheerbaar geacht omdat er in de aanlegfase mogelijk wilgen gaan groeien. Dit is in de verdere uitwerking geoptimaliseerd en wordt beschreven in paragraaf 3.4.2.

Meerdijk-Noord

Voor de vooroever bij Meerdijk-Noord gelden de volgende afwegingen:

- Qua uitvoerbaarheid wordt een dam onder water (variant B) iets moeilijker realiseerbaar geacht. Ook een talud van 1:20 (variant C) vergt net wat meer moeite dan een talud van 1:30 (variant A).
- Varianten B en C zijn door het oplopend talud minder gevoelig voor een verandering in hydraulische belasting.
- Voor vergunbaarheid werd in eerste instantie gedacht dat een dam onder water (variant B) het aantal vliegbewegingen door Windplanblauw zou verminderen en daardoor beter vergunbaar was. In de recent opgestelde redeneerlijn, die ook gedeeld is met de Provincie Flevoland, blijkt echter dat een dam boven water (1) niet tot significant meer aanvarings-slachtoffers leidt en (2) een duidelijke meerwaarde levert voor de aalscholverpopulatie. Daarmee scoren alle varianten neutraal op het aspect vergunbaarheid.
- Variant C wordt het meest positief beoordeeld op biodiversiteit en natuurwaarden omdat bij deze variant zowel goede mogelijkheden worden geschapen voor waterplanten en oevervegetatie (dam boven water zoals in A en een oplopend talud zoals in B). De overige duurzaamheidscriteria scoren vergelijkbaar voor de 3 varianten.
- Bij variant A komt waarschijnlijk de gehele vooroever tijdens de aanlegfase boven water te liggen, waardoor deze vatbaar is voor (ongecontroleerde) wilgengroei en meer beheerinspanning kost. Variant B scoort het beste op beheerbaarheid omdat deze variant een flauwer en daardoor makkelijker te beheren talud heeft.
- De verschillen in investeringskosten zijn beperkt. Variant A (de basis) komt als goedkoopste uit de bus. Variant B is goedkoper in aanleg maar zorgt door de grotere benodigde onderhoudsbuffer (factor 2 groter) voor hogere investeringskosten. Bij variant C is minder zandvolume nodig, maar is duurder doordat voor de vooroeverdam meer breuksteen nodig is van de zwaarste (en duurste) sortering.
- Voor de instandhoudingskosten 100 jaar is variant B duurder, dat heeft te maken dat bij deze variant de benodigde zandsuppleties (1x per 25 jaar) een factor 2 groter zijn dan voor varianten A

en C. De voorziene onderhoudskosten als gevolg van erosie zijn voor alle varianten echter wel een stuk minder groot dan voorzien in de verkenningsfase.

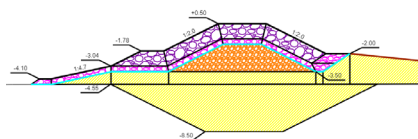
- Bij variant A en C komt de vooroeverdam boven water en dat past beter in het ruimtelijk kwaliteitskader (strakke, parallelle lijnelementen met heldere begrenzing van de vooroever) dan een dam net onder water. Variant A scoort daarbij net iets beter omdat hier de scherpe begrenzing van de huidige dijk op de vooroever het best te realiseren is.

Bij Meerdijk-Noord is gekozen om **variant C** op te nemen als referentieontwerp om de volgende redenen:

1. Een dam boven water reduceert de beheerkosten en zorgt voor betere mogelijkheden voor vegetatiegroei. Een dam onder water scoort slechter op veiligheid, beheerkosten en ruimtelijke kwaliteit. Om deze redenen valt een dam onder water definitief af.
2. Een oplopend talud heeft een aantal belangrijke voordelen boven een vlak plateau; het zorgt voor meer golfremming en is dus robuuster, beheer vanaf water wordt makkelijker en de natuurlijke inrichting van de vooroever zal biodiverser zijn doordat er zones zijn met verschillende waterdieptes.

Optimalisatie damontwerp

In ontwerploop 2 van de planuitwerking is het referentieontwerp van de vooroeverdam (dwarsdam en langsdam) aangepast. Er is gekozen voor een stabiele basis die vooral uit zand (onderste lagen op huidige bodem) bestaat waardoor er minder grind voor de kern van de dam nodig is. Met een plateau wordt ook de taludlengte kleiner en is minder stortsteen nodig bij de aanleg. Vanwege de stabiele basis is ook minder onderhoud aan de dam nodig is. Boven op deze basis van zand komt grind als kernmateriaal en stortsteen als buitenlaag. In vergelijking met ontwerploop 1 kiezen we voor een kruinhoogte van dam op NAP +0,5m in plaats van NAP +0m. Dit remt de golven meer en verlaagt de onderhoudskosten van het zandige veiligheidsprofiel en zorgt vooral tijdens meer frequentere stormen voor voldoende golfremming zodat o.a. riet beter de kans krijgt om zich goed te vestigen. Een hogere dam betekent meer materiaalgebruik, om dit te compenseren kiezen we voor een kruinbreedte van 4m in plaats van 5m. De dam blijft robuust en goed uitbreidbaar, zeker omdat deze dus al 0,5m hoger ligt ten opzichte van ontwerploop 1. Een technisch profiel van de opbouw van het referentieontwerp van de vooroeverdam is weergegeven in Figuur 3-.



Figuur 3-17: Opbouw referentieontwerp vooroeverdam (geel=zand, oranje=grind, lichtpaars=stortsteen 10-60kg, donkerpaars=stortsteen 300-1000kg)

In de vooroeverdam zijn een aantal openingen benodigd voor waterverversing, maar vooral om vissen en ruiende vogels de mogelijkheid te geven zich te verplaatsen en om varende onderhoudsvoertuigen binnen en uit de vooroever te krijgen.

Het referentieontwerp van vooroever Meerdijk-Zuid kenmerkt zich door een ondiep plateau (net onder de waterlijn), waardoor onderhoud mogelijk is met een moeraskraan. Deze moeraskraan kan vanaf de wal de vooroever bereiken via een enkele toegangswegen die om de 2 km door de rietkraag aanwezig zijn. Voor het referentieontwerp is dus geen opening in de vooroeverdam nodig voor varende onderhoudsvoertuigen. Wel zijn er openingen nodig om vissen en ruiende vogels de mogelijkheid te geven zich te verplaatsen. Dit mogen kleine openingen zijn met een hoge drempel (circa NAP-1m). Het referentieontwerp gaat uit van openingen in de vooroeverdam om de 500m van 2m breed. Voor het

ontwerp van de vooroeverdam wordt veel vrijheid gegeven aan de geselecteerde aannemer. Ook krijgt de geselecteerde aannemer vrijheid in het ontwerp van het vooroeverlichaam bij het traject Meerdijk-Zuid.

De vooroever bij Meerdijk-Noord kenmerkt zich door een oplopend vooroeverprofiel waardoor er relatief diep water staat aan de landzijde van de vooroeverdam. Beheer met een moeraskraan is hier beperkt mogelijk, waarschijnlijk alleen tot en met de rietkraag. Beheer vanuit varend materieel dient hier dus mogelijk te zijn. Het referentieontwerp gaat uit van drie grote beheeropeningen van 20m breed met een drempel op NAP-2,4m. De meest zuidelijke beheeropening dient niet te dicht (orde 1,5km) van de Maxima-centrale te worden gerealiseerd, zodat warm koelwater niet makkelijk de vooroever kan instromen. Ter plaatse van de openingen dient vanuit waterveiligheid de vooroeverdam met kleine overlap (orde 10m) te worden aangelegd. Deze eisen zijn functioneel beschreven in de contractstukken, waarbij het ontwerp wordt overgelaten aan de geselecteerde aannemer.

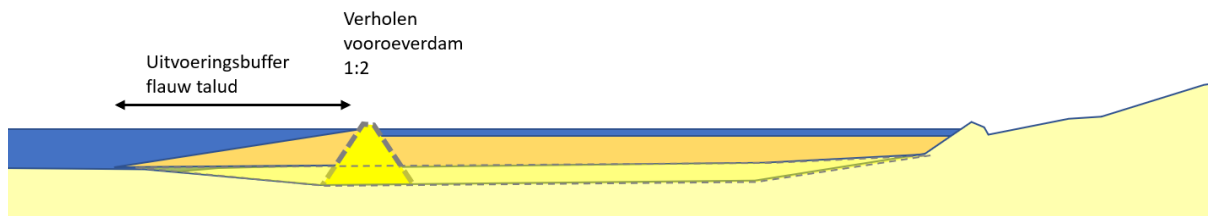
3.3.2 Aanleg vooroeverdam (gebruik van grondverbeteringsmaatregelen)

De vooroever en vooroeverdam zullen worden aangelegd op een zettingsgevoelige ondergrond. Hierdoor zal rekening gehouden moeten worden met restzettingen. Het is gebruikelijk om in een contract een restzettingseis mee te geven aan de aannemer. Het toelaten van (veel) restzetting kan leiden tot geotechnische instabiliteit en/of hoge beheerkosten tijdens de beheerfase. Zeker voor de vooroeverdam kan restzetting na de realisatiefase tot hoge onderhoudskosten leiden (o.a. bijstorten van stortsteen).

De omvang van restzettingen van de vooroeverdam kan aanzienlijk worden gereduceerd door het gebruik van een grondverbeteringscunet of het toepassen van verticale drainage. Beide methodieken hebben echter ook nadelen. In deze paragraaf worden deze varianten afgewogen tegen een variant zonder grondverbeteringsmaatregelen.

- **Variant A - Zonder grondverbeteringsmaatregelen**

De te verwachten zetting ter plaatse van de vooroeverdam bedraagt 1,3 à 1,7m (ophoging met zand). Wanneer de vooroeverdam op de huidige IJsselmeerbodem wordt aangelegd, bedraagt de restzetting nog circa 0,5m tot 0,7m na 5 jaar. Daarnaast kunnen problemen ontstaan met de uitvoeringsstabiliteit als te snel wordt opgehoogd, dit kan worden opgelost door een flauw ophoogtalud toe te passen, maar dit gaat gepaard met veel (extra) ruimtegebruik en materiaalgebruik.

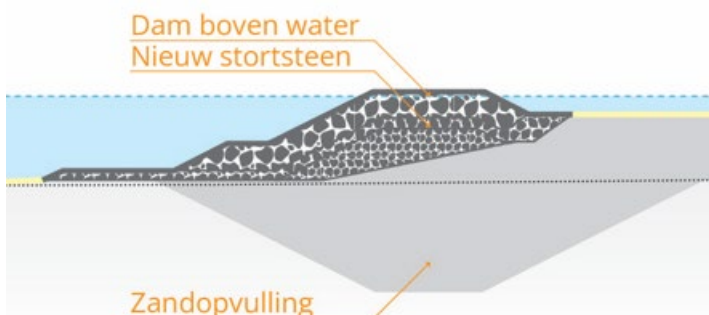


Figuur 3-18: Variant A – Zonder grondverbeteringsmaatregelen

- **Variant B - Met cunet**

Het toepassen van een cunet geldt als een grondverbeteringsmaatregel, die ook is toegepast bij de bouw van de huidige dijk. Door deze grondverbetering wordt de bouwtijd verkort en de restzetting sterk gereduceerd. Om kortsluiting tussen het IJsselmeer en het eerste watervoerende zandpakket onder de IJsselmeerbodem te voorkomen, dient altijd tenminste 1,0 m van het Holocene pakket (bestaand uit waterremmend materiaal) te resteren onder de cunetbodem. Bij de aanleg van een cunet bedraagt de te verwachten zetting maximaal 0,5 m. Bij een bouwtijd van

tenminste 3 jaar (na het graven van het cunet), is nagenoeg geen sprake van restzetting ter plaatse van de vooroeverdam. Eén van de grootste nadelen van een cunetontgraving is het vrijkomen van slecht tot niet in het werk herbruikbaar veen.



Figuur 3-19: Variant B - Met cunet

- **Variant C - Verticale drainage**

Met het toepassen van verticale drainage wordt zowel de restzetting beheerst als de uitvoeringsstabiliteit verhoogd/bouwtijd verkort. De verticale drainage dient dan wel vanaf het water te worden aangebracht, hetgeen zowel tijdrovender als kostenintensiever is dan aanbrengen vanaf land. De drainafstand dient te worden bepaald op basis van de gewenste uitvoeringsduur. Ten behoeve van voorliggende beschouwing is uitgegaan van een uitvoeringsduur van 5 jaar resulterend in een hart-op-hart afstand van 1,5 m (in driehoekstramien).

Met behulp van het afweegkader is een afweging gemaakt. De scoretabel is opgenomen in Bijlage 1 (Tabel 2). De afweging is hieronder kort toegelicht:

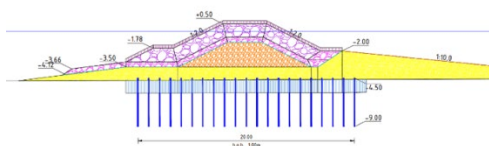
- Qua uitvoerbaarheid wordt variant A (zonder grondverbeteringsmaatregelen) als moeilijk realiseerbaar geacht vanwege de grote restzettingen, de beperkte uitvoeringstabiliteit en de erosie tijdens uitvoering. Het toepassen van een cunet (variant B) is een gangbare techniek, maar resulteert in vrijkomend moeilijk te verwerken veen. Het toepassen van verticale drainage is het meest eenvoudig.
- Voor het criterium milieu-impact en broeikasgassen scoort variant B het laagst door de impact van het primaire zand en de inzet van de kraanschepen om de bagger her te gebruiken. Variant C scoort daarentegen het beste, omdat relatief gezien weinig materiaal benodigd is. Variant A scoort laag op circulariteit door de grotere hoeveelheid stortsteen. Variant B en C scoren hierop positief omdat er veel secundair materiaal wordt toegepast: het aandeel kunststof is minimaal in vergelijking met het toe te passen zand. Variant A krijgt een score 2 door het stortsteen dat wordt gebruikt in deze variant. Bij de varianten B en C is veel varend materieel (baggerzuiger, kraanschip) nodig, wat in het algemeen een hoge stikstofuitstoot heeft, in vergelijking met variant A waar minder varend materieel benodigd is.
- Bij variant A is de restzetting na 5 jaar enorm groot en dit resulteert in veel beheeractiviteiten na 5 jaar, terwijl bij varianten B en C de restzetting beperkt is.
- Op het criterium investeringskosten en instandhoudingskosten komt duidelijk naar voren het toepassen van cunet (variant B) en verticale drainage (variant C) aanmerkelijk goedkoper is dan het versterken zonder cunet (variant A). Op deze locatie is een dergelijke uitvoering eigenlijk niet goed mogelijk en zijn de kosten hoog: 1. in de realisatiefase en beheerfase is meer (dure) breuksteen nodig voor de dam als gevolg van zetting; 2. In de realisatiefase is meer zand nodig om te zorgen voor stabiele taluds.

- Variant A kent een langere uitvoeringsduur dan variant B en C.

Op basis van deze afweging is besloten variant A (zonder grondverbeteringsmaatregelen) af te laten vallen vanwege de hoge benodigde beheerinspanning. Hiertoe wordt een strenge maar realistische restzettingseis opgenomen in het contract.

Variant B (grondverbeteringscunet) heeft als voordelen dat dit een bewezen techniek is en veelvuldig toegepast is in de dijkenbouw in de nabije omgeving. Ook is de methodiek kostenefficiënt. Er zijn wel een aantal onzekerheden bij deze variant, bijvoorbeeld hoe goed de vrijkomende klei is te verwerken en of deze gevoelig is voor oxidatie/methaanvorming. Uit een verdere analyse in de planuitwerking blijkt dat het onwaarschijnlijk is dat een aannemer over de volledige lengte van de vooroever gaat werken met een grondverbeteringscunet. Dat komt doordat het vrijkomend cunetmateriaal grotendeels bestaat uit holocene materiaal (veen en klei) en dit materiaal zet uit bij ontgraven en heeft vervolgens weer tijd nodig heeft om in te klinken. Daarnaast kan vrijkomend veen zelfs opdrijven en wegdrijven, daarom zijn (tijdelijke) depots nodig met omringdammen om dit te voorkomen en hier is dus tijd en ruimte voor nodig. Deze ruimte is aanwezig bij het traject Meerdijk-Noord (mede vanwege keuze 120m brede vooroever (zie paragraaf 3.2.1), maar minder voorhanden bij Meerdijk-Zuid. De ruimte om vrijkomend cunetmateriaal te bergen is hier beperkter door de smallere breedte. Bovendien is gemiddeld genomen de ondergrond bij traject Meerdijk-Zuid minder draagkrachtig dan bij traject Meerdijk-Noord, wat dus resulteert in een groter benodigd cunet. Dit maakt de kans op -tijdelijk- “boven water” komen door het uitzetten van holocene materiaal groot bij Meerdijk-Zuid. Het boven water komen met de vooroever is onwenselijk vanuit ecologie, beheer en onderhoud en belemmert de uitvoering. Het verplaatsen van cunetmateriaal van traject Meerdijk-Zuid naar traject Meerdijk-Noord is in principe mogelijk, maar is qua kosten en milieu-impact niet gewenst.

Besloten is om in het referentieontwerp uit te gaan van verticale drainage als zettingsversnellende maatregel voor traject Meerdijk-Zuid en het toepassen van een grondverbeteringscunet voor traject Meerdijk-Noord. Dit maakt het referentieontwerp qua maakbaarheid realistischer en de inschatting is dat verticale drainage voor traject Meerdijk-Zuid goedkoper is dan het toepassen van een cunet. Er zijn momenteel diverse duurzame (ecologisch afbreekbare) verticale drains beschikbaar tegen minimale meerkosten, waardoor de kans op het vrijkomen van microplastics wordt geminimaliseerd. De drains kunnen vanaf een ponton worden aangebracht. De drains dienen tot circa NAP -9m te worden aangebracht, zie ook Figuur 3-. We laten echter nadrukkelijk de keuze aan de geselecteerde aannemer, waarbij allerlei tussenvormen mogelijk zijn zolang deze binnen de bandbreedte van de effecten zoals beschreven in het MER vallen.



Figuur 3-20: Verticale drainage onder de basis van de dam; draindiepte tot NAP -9m en onderlinge afstand circa 1m.

3.4 Afwegingen grondlichaam

3.4.1 Gebruik secundaire grond

In het ontwerpproces is tot nu verondersteld dat de vooroever en de dijk grotendeels zal worden opgebouwd met zand en klei, dan wel uit een primaire bron (uit een winput) dan wel uit onderhoudswerkzaamheden aan bijvoorbeeld vaargeulen (secundair). Het gebruik van zand en klei is het meest gangbaar en ligt dus het meest voor de hand. Het is echter ook mogelijk dat een aannemer mogelijkheden ziet om andere materiaalsoorten toe te passen in de aanlegfase. Er zijn echter een oneindig aantal materiaalsoorten denkbaar en het is ondoenlijk om alle materiaalsoorten afzonderlijk te beschouwen. Toch is het belangrijk om de afweging te maken of secundaire materialen wel wenselijk zijn en of er bijvoorbeeld harde restricties moeten worden gesteld. Het gebruik van secundair materiaal heeft namelijk doorgaans effect op geotechnische aspecten (dimensies van de vooroever), de beheerbaarheid, de kosten en op het thema duurzaamheid. Andere effecten zijn ook mogelijk, maar zijn zeer materiaalspecifiek.

Om een eerste afweging te maken is onderscheid gemaakt in 3 materiaaltypen voor de vooroever. Het ligt voor de hand dat juist voor de vooroever de aannemer op zoek gaat naar alternatieve materialen. Het kostenaspect speelt een belangrijke rol in deze indeling, secundaire bouwmaterialen zijn doorgaans economisch voordeliger dan zand (aanschafkosten per m³):

- **Variant A Zand (volumiek gewicht 18/20 kN/m³).** Dit wordt beschouwd als een standaard/ goed voorspelbaar bouw materiaal met navenant relatief hoge kosten;
- **Variant B Lichter ophoogmateriaal (volumiek gewicht 12/15 kN/m³)** zoals bijvoorbeeld baggerspecie of andere natuurlijke grond. Wanneer materiaal vrijkomt uit een ander project en niet direct een toepassing heeft en evenmin een hoge economische waarde (zoals erosiebestendige klei), wordt dit materiaal beschouwd als secundair bouw materiaal. Er is vooralsnog uitgegaan van materiaal met een lager volumiek gewicht dan zand. Door de bank genomen bevatten deze materiaalsoorten naast zand ook veel lutum en/of organische stof (geen veen). Ten aanzien van de toepasbaarheid is in dit kader uitgegaan van uitsluitend toepassing in het vooroeverplateau (met inachtneming van 1,0 m zand toplaag) of eventueel in geotubes;
- **Variant C Zwaarder ophoogmateriaal (volumiek gewicht 20/21 kN/m³)** zoals Noordse leem (ook bekend als granuliet of GreenBase®). Dit materiaal wordt eveneens beschouwd als secundaire bouwstof, maar niet als natuurlijke grond. Wel zijn er ook natuurlijke materiaalsoorten denkbaar met een volumiek gewicht hoger dan van zand. Zowel Noordse leem als natuurlijke materialen met een hoger volumiek gewicht dan zand bevatten vaak een hoog siltpercentage. Dit materiaal kan zowel in de vooroeverdam als het -plateau toegepast worden.

De verschillende varianten hebben vanuit geotechnisch oogpunt verschillende voor- en nadelen. Deze zijn uitgewerkt in onderstaande matrix, waarbij is ingegaan op de volgende aspecten:

- Consequenties (rest)zettingen en klink;
- Consequenties uitvoeringsaspecten zoals stabiliteit/bouwsnelheid;
- Overige voor- en nadelen gerelateerd aan de uitvoering, zoals vertroebeling bij verwerken onder water.

Tabel 3-1: Geotechnische voor- en nadelen materialisatie

Materiaalsoort	Zettingen/klink	Uitvoeringsaspecten	Overige aspecten
Zand	+ Referentiemateriaal, nagenoeg geen klink na oplevering	+ Referentiemateriaal, hoge hoek van inwendige wrijving	+ Kan op diverse wijzen (nat) verwerkt worden
Lichter materiaal	+ Lagere eind- en restzettingen (20 à 30%)	+ Bij toepassing in geotubes uitsluitend	- Kan leiden tot vertroebeling in het IJsselmeer.

Projectgerelateerd

	- Bij verwerking onder water (afhankelijk van uitvoeringsmethode) zeer gevoelig voor klink	voordeel van lager gewicht - doorgaans moeilijker te verwerken/lagere productiesnelheid - Bij toepassing in plateau, lage uitvoeringsstabiliteit, uitsluitend toepasbaar nadat de dam gereed is	
Zwaarder materiaal	- Hogere eind- en restzettingen (10 à 20%) + Uit productsheet Noordse leem blijkt risico op klink gering bij verwerking onder water. - Klink wel aandachtspunt bij overige silthoudende secundaire materialen	- Bij toepassing onder water gevoelig voor verweking + Bij toepassing in geotubes uitsluitend voordeel van lagere kosten	- Kan leiden tot vertroebeling in het IJsselmeer.

Vanuit geotechnisch oogpunt zijn er op voorhand geen harde restricties aan het toepassen van secundaire grondstoffen, mits kan worden aangetoond dat (met de voorziene bouwmethode) wordt voldaan aan de projectdoelstellingen en functionele eisen zoals toelaatbare restzetting en toelaatbare klink etc.

Andere aspecten (MKI, kosten, natuurdoelstellingen, etc.) kunnen doorslaggevend zijn in de afweging en het opstellen van eventuele restricties aan het toe te passen materiaal. Met behulp van het afweegkader zijn de 3 varianten beoordeeld. Hierbij gelden de volgende afwegingen;

- Qua uitvoerbaarheid wordt alternatief A (zand) als meest eenvoudig realiseerbaar geacht vanwege het voorspelbare karakter en de mogelijkheid om met grote productiesnelheden te werken. Voor variant B (lichter materiaal) zullen vooral de productiesnelheden aanzienlijk lager liggen en speelt de beperkte uitvoeringstabiliteit en mogelijke vertroebeling een grote rol.
- Variant B en C bieden meer vrijheid van de aannemer maar worden negatiever beoordeeld op het criterium vergunbaarheid, vanwege het onbekende karakter en het risico op vertroebeling. Het kan meer inspanning kosten om bevoegde gezagen van de juiste informatie te voorzien omtrent de toepasbaarheid en de effecten op de omgeving van het materiaal.
- Voor het criterium milieu-impact en broeikaseffect scoort variant C iets beter dan de andere twee varianten. Dit komt doordat in deze variant uiteindelijk in totaal minder zand benodigd is en de productiesnelheid in vergelijking met het slib hoger ligt. Voor het criterium circulariteit scoren alle drie de varianten een 5, omdat maximaal wordt ingezet op het gebruik van secundaire grondstoffen.
- Voor het criterium beheerbaarheid is bij variant B de kans op klink enorm groot en dit resulteert in veel beheeractiviteiten en hogere instandhoudingskosten, terwijl bij varianten A en C de klink beperkt is.
- De kosten van het leveren en aanbrengen van zand, slib en Noordse Leem zijn vooraf moeilijk te bepalen. Het is goed mogelijk dat bepaalde aannemers zeer goedkoop tot zelfs gratis aan secundaire materialen als slib en Noordse leem kunnen komen. Het toepassen van secundaire materialen heeft echter ook een hoger risicoprofiel.
- Variant B (lichter/slib) kan leiden tot vertroebeling en kan daarmee effect hebben op de bedrijfsvoering van Maxima-centrale. Voor het criterium draagvlak is gekozen om varianten B en C ook minder positief te beoordelen, omdat bij beide varianten het risico op de loer ligt dat omgevingspartijen de indruk kunnen hebben dat vervuilde grond wordt toegepast.

De scoretabel is opgenomen in Bijlage 1 (Tabel 10).

Een realisatiefase met lichtere materialen, zoals slib, brengt veel mogelijke issues met zich mee. Zo zullen de productiesnelheden aanzienlijk lager liggen, waardoor de uitvoeringsduur langer zal duren en kan de beperkte uitvoeringstabiliteit en de relatief grote kans op (ongecontroleerde) vertroebeling tot problemen leiden. De aanlegkosten bij het gebruik van slib zullen zeer waarschijnlijk lager zijn, maar de instandhoudingskosten zullen daarentegen weer hoger zijn doordat het materiaal zal inklinken. Besloten is daarom het gebruik van slib op grote schaal indirect uit te sluiten, dit kan door specifieke eisen op te nemen met betrekking tot uitvoeringsduur, beheerinspanning en vertroebeling.

Het toestaan van het gebruik van Noordse leem in de kern van de vooroever wordt uitgesloten omdat dit materiaal op de zwarte lijst staat in het afweegkader secundaire grondstoffen. In het contract worden alleen materialen die op de groene lijst staan toegestaan in het project.

In het referentieontwerp is daarom uitgegaan van zand (variant A).

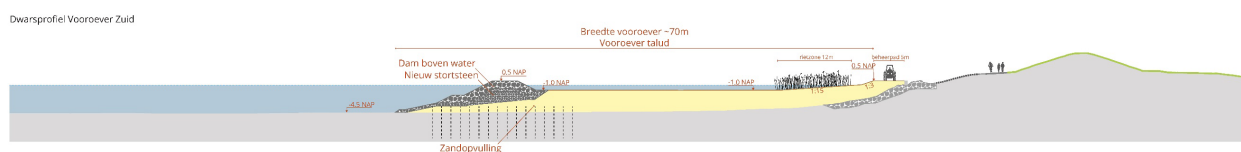
3.4.2 Aanlegprofiel en waterveiligheidsprofiel

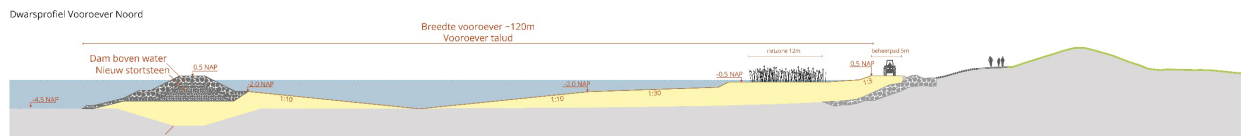
De vooroever is onderhevig aan natuurlijke processen, als gevolg van stormen en stroming in het water kan zand van de vooroever zich transporteren. De vooroeverdam zorgt er voor dat deze processen relatief beperkt blijven, maar kan dit niet geheel voorkomen. Daarom is rekening gehouden met een veiligheidsprofiel en een aanlegprofiel. Het veiligheidsprofiel is het profiel van het grondlichaam wat in combinatie met de vooroeverdam minimaal nodig is om de nodige golfreductie mogelijk te maken. Het aanlegprofiel is ruimer om zo robuustheid in te bouwen voor ongelijke zettingen en zandverliezen. Het referentieontwerp van het aanlegprofiel is ontworpen met de aanname dat de verliezen om de 25 jaar dusdanig zijn dat er extra zand gesuppleerd dient te worden; het profiel van de vooroever dreigt dan het waterveiligheidsprofiel te doorkruisen. Het is heel moeilijk om dit vooraf goed te voorspellen, daarom zal het vooroeverprofiel goed gemonitord dienen te worden.

Het veiligheidsprofiel bij Meerdijk-Zuid van het referentieontwerp is in de basis een dam met een 4m brede kruin op NAP+0,5m en een grondlichaam van circa 50m op gemiddeld NAP -1m. Bij Meerdijk-Zuid verwachten we heel weinig morfologische ontwikkeling, waardoor het aanlegprofiel niet veel zal afwijken van het veiligheidsprofiel. In het referentieontwerp is er een erosiebuffer tegen de dijk ontworpen (1:15 talud vanaf NAP -1m tot NAP +0m).

Voor de vooroever bij Meerdijk-Noord is het veiligheidsprofiel in de basis een dam met een 4m brede kruin op NAP+0,5m en oplopend grondlichaam met een talud van 1:20 vanaf de bodem tot aan NAP +0m. Het aanlegprofiel van het referentieontwerp heeft iets meer robuustheid nodig dan het profiel bij Meerdijk-Zuid. Het ontwerp gaat uit van een 1:30 talud vanaf NAP -2m en een aanvullend erosiebuffer van circa 15m breed (ontworpen als plateau) op NAP-0,5m.

De aanlegprofielen van het referentieontwerp zijn weergegeven in Figuur 3-.





Figuur 3-21: Voorziene aanlegprofielen Meerdijk-Zuid (boven) en Meerdijk-Noord (beneden)

3.4.3 Functionering vooroever bij droge/warme condities

In de verkenningsfase en in de planuitwerkingsfase is uitgebreid gekeken hoe de vooroever (combinatie van vooroeverdam en grondlichaam) functioneert tijdens stormcondities om voldoende waterveiligheid te bieden, maar ook hoe de vooroever (ecologisch) functioneert in situaties van droogte en hitte. In geval van droogte en hitte is het belangrijk is dat de waterkwaliteit binnen de vooroever niet te veel verslechterd, de watertemperatuur niet te hoog oploopt en de vooroever niet grootschalig droogvalt. Zulke situaties kunnen leiden tot sterfte van vogels en vissen en resulteren in stankoverlast en in extreme gevallen zelfs leiden tot gezondheidsrisico's.

Om dit goed te beschouwen zijn historische meetgegevens (o.a. data over waterpeilschommelingen, watertemperatuur en windstatistiek) geraadpleegd en zijn analyses uitgevoerd op basis van geselecteerde maatgevende condities. De analyses zijn beschreven in de aparte specialistische notities. In deze integrale ontwerpnota worden de belangrijkste conclusies voor het referentieontwerp kort en bondig beschreven. De belangrijkste conclusies zijn hieronder kort samengevat.

- Voldoende waterverversing is essentieel tijdens warme periodes met weinig wind. Het referentieontwerp gaat uit van veel openingen in de vooroeverdam, die met name bedoeld zijn om vissen en ruiende vogels de kans te geven de vooroever in en uit te zwemmen. Deze openingen hebben echter ook een positief effect op de doorstroming. Echter, de meeste doorstroming vindt plaats door de vooroeverdam heen, het is dus essentieel dat de dam waterdoorlatend is en is opgebouwd met losse elementen. Een goede doorlatendheid en een opbouw bestaande uit losse elementen zijn als eisen opgenomen in de contractstukken.
- Volgens historische data over waterpeilschommelingen zijn lage waterpeilen (lager dan NAP - 0,8m) aan deze kant van het IJsselmeer zeer zeldzaam. De afgelopen 10 jaar is bijvoorbeeld een dergelijke waterstand niet opgetreden. De kans op grootschalige droogval is dan ook klein, desondanks is een ontwerp met diepere gedeeltes aan te bevelen, zodat vissen naar diepere delen kunnen zwemmen;
- Tijdens de realisatiefase kunnen als gevolg van verschillen in zetting en mogelijk ook klink komvormige laagtes ontstaan, waar vissen in opgesloten worden. Deze vissen worden waarschijnlijk snel opgegeten door vogels, waardoor er geen overlast ontstaat;
- Nabij de Maximacentrale kan -door koelwaterlozing- de temperatuur van het water tot een paar graden hoger oplopen dan elders op de vooroever. Vissen en vogels zijn in staat om weg te zwemmen als de temperaturen (zeer tijdelijk) te hoog worden, waardoor er geen problemen worden voorzien.

3.4.4 Flexibele realisatie

Voor de aanleg van het (zandige) grondlichaam is een snelle aanleg minder noodzakelijk en ook niet wenselijk. Het grondlichaam leent zich goed voor een flexibele aanleg. Dat betekent dat het profiel in fases aangelegd wordt, waarbij de aannemer zal proberen zo min mogelijk "boven water" te komen met het grondlichaam. Zettingsversnellende maatregelen op het grondlichaam zijn mogelijk, maar zijn

vanwege de omvang enorm duur en worden daarom (op grote schaal) niet reëel geacht. Lokaal kan een aannemer mogelijk wel baat hebben bij het gebruik van zettingsversnellende maatregelen.

Een belangrijk onderdeel van een flexibele aanleg is het nauwkeurig monitoren van de zetting. We verwachten dat de aannemer in eerste 3-5 jaar circa 70-80% van het benodigde volume aan grond aanbrengt in de vooroever en in de aansluitende periode van circa 7-9 jaar gericht de vooroever verder zal ophogen in kleine geleidelijke ophoogslagen van maximaal 30cm. Het ophogen van een relatieve kleine laag van maximaal 30cm heeft als belangrijk voordeel dat het bodemleven relatief beperkt wordt verstoord en dat reeds ontstaan riet sterk genoeg wordt geacht om door te blijven groeien. In ons referentieontwerp gaan we uit van 2 ophoogslagen van 30cm in de flexibele aanlegperiode van 8 jaar. Na deze 12 jaar (totale aanlegperiode) is de maximale restzetting nog maximaal 30cm. Een flexibele aanleg is daarnaast veel geschikter om veel gericht op te hogen; het is aannemelijk dat er ongelijke zettingen optreden en dat er locaties zijn waar meer erosie optreedt. Een ander belangrijk voordeel is het waterschap en de aannemer samen kunnen optrekken in het leren beheren van een vooroever.

Een snelle aanleg, binnen 5 jaar, kan ook maar heeft grote nadelen. De aannemer kan niet gericht sturen op ongelijke zettingen en verliezen (door stroming, golven en/of wind) en zal een grote overhoogte aanbrengen. Dit vraagt veel zand (en is daarom duur). Bovendien komt de vooroever dan langere tijd boven water te liggen, wat negatieve gevolgen heeft voor het waterbergend vermogen en de ruimte voor onder meer de fuut. Ook kunnen zich ongewenste houtopstanden gaan ontwikkelen en kan stuivend zand schade veroorzaken. Daarom is deze snelle aanleg niet verder beschouwd.

Het is moeilijk om een betrouwbare en gedegen kostenvergelijking te maken tussen een “snelle” aanleg en een “flexibele” aanleg, omdat veel afhangt van aannames over verliezen door natuurlijke processen die moeilijk zijn te voorspellen. Desondanks zijn we er van overtuigd dat een flexibele aanleg waarbij gestuurd en daarmee gericht kan worden opgehoogd waar dat nodig is, altijd goedkoper uitpakt dan een snelle aanleg met een grote kans op grote potentiële zandverliezen door erosie en verstuiving. In een eerste conservatieve zijn de lagere aanlegkosten bij een flexibele aanleg ingeschat op orde 5 miljoen. Het verschil in levensduurkosten zal groter zijn, omdat al tijdens de flexibele aanlegfase kan worden gestuurd op zo laag mogelijke onderhoudskosten.

Voor de aanleg van het grondlichaam van de vooroever voor dit project verwordt daarom uitgegaan van een flexibele aanleg met een totale realisatiefase van circa 12 jaar.

De verschillen tussen snelle en flexibele aanleg van het grondlichaam zijn **-indicatief-** geïllustreerd in voor het traject Meerdijk-Zuid.

VERGELIJK AANLEGMETHODEN VOOROEVERLICHAAM

Snelle aanleg



Adaptieve aanleg



VERGELIJK AANLEGMETHODEN VOOROEVERLICHAAM

Snelle aanleg



Adaptieve aanleg



Relatief gelijk eindbeeld maar andere route

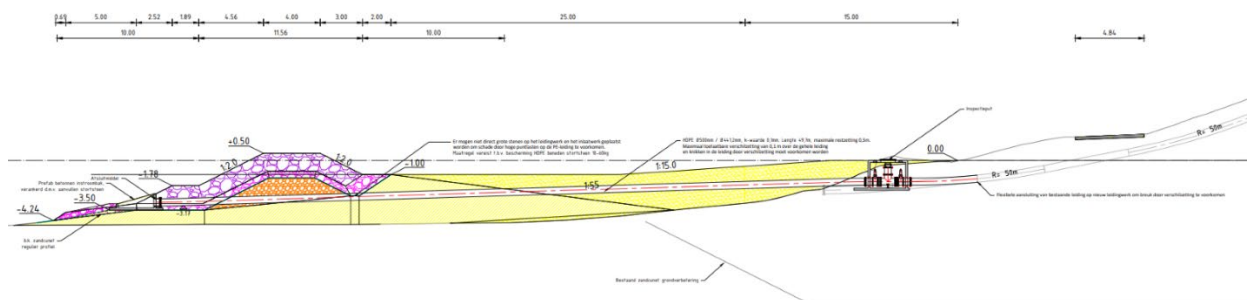
Figuur 3-22 Vergelijking snelle en flexibele aanleg (indicatief)

3.4.5 Inpassing hevel

Zuiderzeeland maakt op dit moment gebruik van een hevel, genaamd de hevel Lelystad noord. De hevel heeft als functie zoet water de polder in te laten om de waterkwaliteit te verbeteren. De hevel heeft een verhang van ongeveer 6 meter en kan daardoor op vrij verval ongeveer 1300 m³/u de polder in hevelen. Het debiet wordt gesplitst in een twee maal 650 m³/u om twee gebieden te voorzien van zoetwater. Voor het gebied Lelystad is het debiet van 650 m³/u een bestuurlijke afspraak om de waterkwaliteit in Lelystad te verbeteren. Dit is een meerjarig project dus het functioneren van de hevel is van groot belang.

Daarnaast is de hevel ook een kunstwerk in de dijk en behoeft daarom een beoordeling op waterveiligheid. De veiligheidsbeoordeling van 2021 heeft niet geresulteerd in een vastgesteld beoordelingsresultaat over de veiligheid van de waterkering vanwege ontbrekende informatie. Tijdens de planuitwerkingsfase zijn de missende gegevens opgehaald en is de bestaande hevel voldoende veilig beoordeeld.

Op de locatie van de hevel en daarmee ook de inlaat van de hevel, komt volgens het referentieontwerp een vooroever van ongeveer 40 m lang (zie paragraaf 3.2.1). Het algemeen functioneren van de hevel komt daarmee in het geding. Er is daardoor een verlengingsontwerp voorgesteld zoals te zien in Figuur 3-.



Figuur 3-23: Toekomstige situatie vooroever met inlaatleiding hevel (referentieontwerp)

Het verlengingsontwerp (referentieontwerp) betreft:

Projectgerelateerd

- Zettingsbeperkende maatregelen door middel van een grondverbeteringscunet ter plaatse van het aan te leggen leiding tracé in het voorland om de zettingen en verschilzettingen van de leiding in de gebruiksfase te beperken (zie Kader 3-1).
- Tijdens de aanlegfase zal een tijdelijke hevel met een drijvende leiding in het IJsselmeer worden aangelegd om de functionaliteit in stand te houden. Mogelijk kan de bestaande hevel gebruikt blijven worden mits met een omleiding, deze optimalisatiekansen wordt aan de geselecteerde aannemer overgelaten.
- Toepassen van een tijdelijke bouwkuip voor de aanleg van de verlenging van de leiding en het nieuwe uitstroomwerk 'in den droge'.
- Aanleg van het nieuwe leidingdeel, PE Ø 500 mm. Dit betreft een verlenging over de lengte van de vooroever van 50 meter. Middels een berekening is aangetoond dat het effect op de capaciteit gering is en acceptabel.
- Aanleg van een nieuw inlaatwerk in de vooroeverdam, eventueel met afsluitmiddel. Het inlaatwerk moet een minimale diepte liggen van NAP -2,10 meter om kolkvorming te voorkomen.
- Aanleg van een inspectieput voor beheer en onderhoud. Beheer en onderhoud kan via de inspectieput. Inspectie en reinigen kan in het natte middels piggen. Een afsluiter op het nieuwe inlaatwerk is daardoor overbodig
- De totale kosten voor de hevelverlenging zijn lager dan een volledige vervanging van de hevel. Verlengen blijft daarmee de voorkeursvariant.

Kader 3-1: Zettingsbeperkende maatregelen bij de hevel

Voor de zettingsbeperkende maatregel zijn drie opties in kaart gebracht: voorbelasting, grondverbeteringscunet of verticale drainage (eventueel gecombineerd met voorbelasting).

In verband met een restzettingseis (max 0,3m) en een verschilzettingseis (max 0,1m over het tracé van de leiding stellen wij een grondverbeteringscunet voor onder de gehele leiding, omdat hiermee de restzetting en verschilzetting in het kleinst zullen zijn:

Uitvoeringsvariant	Eindzetting	Restzetting na aanleg	Maximale verschilzetting na aanleg
Variant 1 - Voorbelasting	2,2 m	0,8 m	0,8 m
Variant 2 – Cunet	0,6 m	<0,1 m	0,1 m
Variant 3 – Verticale drainage	2,2 m	0,3 m	0,2 m

Het eventuele geohydrologische effect van deze ingreep is onderzocht en is vanwege de geringe omvang verwaarloosbaar klein. Wel zal tijdelijk een damwand gezet moeten worden om de dijk waterveilig te houden. De kosten voor het grondverbeteringscunet zijn het laagst in vergelijking met de andere opties voornamelijk doordat de tijdelijke maatregelen die nodig zijn om de hevel te laten functioneren zijn bij deze variant het kortst nodig zijn,

De tijdelijke maatregelen voor het laten functioneren van de hevel zijn te overzien. Het uitwerken van de inpassing van de hevel en de benodigde tijdelijke maatregelen ordt overgelaten aan de gekozen aannemer.

3.5 Ecologische inrichting

Bij de vooroever hoort een ecologische inrichting die mogelijkheden biedt voor waterplanten, vis, watervogels en rietvogels. In deze paragraaf worden de eindbeelden van de vooroever bij traject Meerdijk-Noord en Meerdijk-Zuid geschetst. Hierbij is het belangrijk om op te merken dat er geen eenduidig dwarsprofiel van de vooroever is. Er zal veel variatie in de lengterichting zijn. Er zijn plekken waar meer zetting en/of erosie wordt verwacht en waar dus grotere zandbuffers nodig zijn. Met oog op erosie en ook waterbeweging kan compartimentering gewenst zijn. Ook worden de uiteinden van een vooroever met een dwarsdam duidelijk gescheiden van de delen van de dijk die traditioneel worden versterkt.

Het hieronder geschetste beeld betreft het eindbeeld. Tijdens de aanleg en ook enkele jaren na de aanleg zijn de vooroevers nog volop in ontwikkeling. Door zetting, erosie en stormen zal de natuurontwikkeling niet overal gelijk verlopen. Als gevolg van beheer en onderhoud kan het zijn dat plaatselijk vegetatiesuccessies worden teruggezet, bijvoorbeeld als extra zand moet worden gesuppleerd. Variatie in plaats en tijd is onvermijdelijk en in zeker zin ook wenselijk, want dat biedt meer variatie in condities en een grotere biodiversiteit.

Het is aan de aannemer om het eindbeeld tot een ontwerp uit te werken. Daarbij zal het ontstaan van bepaalde habitatten vooral afhangen van de ontwikkelingen die het gebied na aanleg doormaakt. In grote lijnen beweegt het beheer mee met de ontwikkelingen en wordt alleen ingegrepen als dat voor veiligheid noodzakelijk is, of zeer gewenst voor de natuurontwikkeling. De gewenste ecotypen zijn daarom niet gekoppeld aan een plaats en ook niet aan een oppervlak. In plaats daarvan wordt er uitgegaan van een bandbreedte, tussen wat minimaal wordt geëist en wat maximaal toelaatbaar is. Op basis hiervan kan de aannemer maatregelen uitwerken die nodig zijn om bijvoorbeeld de effecten op bestaande natuurwaarden te beperken, de beheer- en onderhoudskosten laag te houden en een minimaal niveau aan duurzaamheid en biodiversiteit mogelijk te maken.

In paragraaf 3.5.1 en paragraaf 3.5.2 wordt het eindbeeld voor Meerdijk-Noord en Meerdijk-Zuid geschetst waarbij wordt ingegaan op de ecologische inrichtingselementen die voor het ontwerp minimaal van belang zijn. Paragraaf 3.5.3 schetst enkele verdere mogelijkheden voor de ecologische inrichting.

3.5.1 Eindbeeld en inrichtingselementen Meerdijk-Noord

Meerdijk-Noord wordt gerealiseerd in een futenrustgebied. Het ligt parallel aan de molens van Windplanblauw, die op enkele honderden meters voor de dijk staan. Dit betekent onder meer dat de vooroever en de vooroeverdam niet mogen leiden tot de ontwikkeling van broedkolonies, waarmee het aantal aanvaringslachtoffers kan toenemen, en dat verstoring van futen minimaal moet zijn. Dit stelt eisen aan de inrichting, aanleg en het medegebruik.

Het eindbeeld van de vooroever bij Meerdijk-Noord is een groot, open, rustig, luw en visrijk water dat dient als foerageergebied voor de fuut en de aalscholver (zie Figuur 3-). Er is afwisseling tussen kleine eilandjes (als rustgebied voor vogels, maar mogelijk ook voor de ringslang, de otter en zelfs de Noordse woelmuis) en dieper water. De vooroever wordt afgeschermd met een brede rietkraag, waarmee ook een geschikt habitat ontstaat voor rietvogels en mogelijk de grote karekiet.

Referentie Vooroever Noord

Open luw water rijk aan waterplanten en vis, afgeschermd door een rietkraag voor rust. Doelsoorten vooroever fuut en aalscholver in combinatie met rietvogels waaronder de Grote Karekiet, waar passend. Uitkijken over IJsselmeer en naar vogels.

120 meter vooroever met rietkraag
veel open water met waterplanten



Aanvullende maatregelen, bredere
rietkraag en meer onderwaterleven.



Figuur 3-24: Beschrijving en referentiebeelden Meerdijk-Noord.

Voor het eindbeeld zijn de volgende ecologische inrichtingselementen van belang:

- De **vooroeverdam** steekt boven water uit, is over de gehele lengte goed zichtbaar en loopt parallel aan de dijk. Op drie plaatsen zijn grotere openingen aangebracht, voor onderhoudsschepen en waterverversing. Eén daarvan kan zo zijn gelokaliseerd dat deze een oude geul van de IJssel aangeeft. Op meerdere plaatsen zijn daarnaast kleinere openingen zichtbaar, met een drempel net onder winterpeil, waardoor ruiende futen en vissen erdoor kunnen zwemmen.
- Meerdijk-Noord biedt veel **ruimte voor open water**. Dit geeft watervogels de mogelijkheid tot foerageren en rusten, wat vooral voor ruiende futen van belang is. Voor Meerdijk-Noord wordt uitgegaan van minimaal 70% en maximaal 85% open wateroppervlak.
- Door het oplopend talud bestaat dit gedeeltelijk uit diep open water. Voor diep water gelden geen specifieke doelstellingen, maar mogelijk kunnen onderwaterstructuren voor vissen en als aanhechtingssubstraat voor mosselen worden aangebracht op plaatsen waar dat een meerwaarde heeft.
- Waterdiepten kleiner dan NAP -2,5 meter bieden mogelijkheden voor waterplanten. Bij Meerdijk-Noord dient minimaal 50% en maximaal 65% van het grondlichaam geschikt te zijn voor waterplanten.
- Er worden minimaal 4 **rusteilanden** voor natuur aangelegd. De ligging is zodanig dat ze de ligging van oude oeverwallen in de ondergrond, waar resten van de oude Swifterbantcultuur wordt vermoed, aan het oppervlak zichtbaar maken. Nabij de knik van de dijk waar de oeverwallen de dijk kruisen is een informatiepunt over deze oude cultuur.
- Ontwikkeling van bomen en/of grotere oppervlakken moeras is niet mogelijk op los van de dijk staande delen, zodat de vestiging van broedkolonies van de aalscholver wordt voorkomen in Meerdijk-Noord. Opgaande begroeiing moet beperkt blijven tot struikgewas. Bomen die bij storm los kunnen raken en tot schade aan de dijk kunnen leiden of een gevaar voor de scheepvaart vormen zijn niet toegestaan.
- De vooroever wordt afgeschermd door een **rietkraag** van gemiddeld minimaal 12 meter breed over tenminste ca 95% van de totale lengte van de vooroever. Het riet heeft een maximale oppervlakte

van 20% van de vooroever zodat er ook voldoende ruimte is voor open water (met waterplanten). Minimaal de helft van de rietkraag moet bestaan uit waterriet en de rietkraag wordt, vooral waar ze op wat dieper water staan, in het referentieontwerp afgeschermd met een palenrij (zie Figuur 3- voor een impressie). Op enkele plaatsen laten de palenrijen voldoende golfdynamiek door voor vitaal stromingsriet. Op de uiteinden en nabij de knik van de dijk zijn de rietkragen breder en staan ze deels op grotere zandbuffers.

Verdere ecologische meerwaarde is te bereiken door het nog verder verbreden van de rietkragen en het plaatselijk ophogen van de bodem daar waar deze te diep is voor de groei van waterplanten. Zie hiervoor ook paragraaf 3.5.3

Het duurt meerdere jaren voordat het eindbeeld tot ontwikkeling kan komen. In de beginfase, direct na aanleg, zal er minder open water en minder riet aanwezig zijn. Het is belangrijk dat bij de aanleg de juiste condities gecreëerd worden voor de ontwikkeling naar het eindbeeld, waarbij er ook voldoende ruimte is voor foerageergebied voor de aalscholver en fuut. Dit is dan ook de reden dat het grondlichaam niet in een keer wordt aangelegd (zie paragraaf 3.4.3). Een gefaseerde aanleg biedt meer kansen om ontwikkelingen te volgen, kansen te zien en waar nodig en gewenst bij te sturen. De aannemer, die verantwoordelijk is voor de periode van de flexibele aanleg, en het waterschap bepalen samen hoe te reageren op de ontwikkelingen die zich voordoen.

Beheer

Het geheel wordt adaptief beheerd, wat wil zeggen dat autonome ontwikkelingen worden gevolgd en minimaal worden bijgestuurd. Er worden dan ook geen rigide doelen gesteld voor na te streven oppervlakken en plaatsen van bepaalde habitatten. Het waterriet en stromingsriet wordt zeer beperkt gemaaid, het meeste beheer en onderhoud betreft het op volume en op hoogte houden van het veiligheidsprofiel en de vooroeverdam en het maaien van het vochtig riet en landriet, maar dat heeft een beperkte breedte.



Figuur 3-25: Voorbeeld van een palenrij die bescherming biedt aan de achterliggende vegetatie

3.5.2 Eindbeeld en inrichtingselementen Meerdijk-Zuid

Meerdijk-Zuid heeft een golfklimaat dat luwer is. De vooroever is dicht bij stedelijk gebied, bedrijfsterreinen en de vaargeul gelegen. De peilschommelingen zijn in deze uithoek van het IJsselmeer iets groter. Vanwege de nabijgelegen Houtribsluizen is er sprake van extra waterbeweging.

Het eindbeeld is een vooroever met waterplantenrijk ondiep water met brede rietkragen en rietland. Het water -in het referentieontwerp- is minder dan 1 meter diep. Achter de vooroeverdam kan wat dieper water ontstaan als gevolg van overslaande golven. Het zuidelijke deel van deze vooroever is meer golfuw gelegen en biedt ruimte voor rietland en moerasland. Het is daarmee een leefgebied voor rietvogels en reigersoorten. Bij het noordelijke deel is het oeverlandschap meer open, met meer open water. Plaatselijk kunnen hier kleinere eilanden en moerasjes worden aangelegd, voor meer diversiteit- en verder verdichting. Omdat het water ondiep is worden hogere temperaturen en grotere temperatuurschommelingen verwacht. Deze vooroever is daarmee niet geschikt voor (driehoeks)mosselen.

Voor het eindbeeld zijn de volgende ecologische inrichtingselementen van belang:

- De **vooroeverdam** steekt boven water, is over de gehele lengte goed zichtbaar en loopt parallel aan de dijk. Eventueel kan aan de buitenzijde van de vooroeverdam extra aanhechtingssubstraat worden toegevoegd ten behoeve van de (driehoeks)mosselen. Echter, de toegevoegde waarde ten opzichte van de steenbestorting van de vooroeverdam is waarschijnlijk klein.
- Voor Meerdijk-Zuid wordt uitgegaan van minimaal 50% en maximaal 70% **open wateroppervlak**. Vanwege de ondiepe bodem is de gehele vooroever in principe geschikt voor waterplanten, maar een deel van het oppervlak wordt ingenomen door een rietkraag. Daarnaast zal altijd plaatselijk sprake zijn van erosie of beheer en onderhoud, zodat ongeveer de helft van Meerdijk-Zuid uit waterplantenrijk water zal kunnen bestaan (minimaal 45%, maximaal 65%).
- Net als bij Meerdijk-Noord wordt de vooroever van de dijk gescheiden door een **rietkraag** met een gemiddelde minimale breedte van 12 meter over tenminste ca 95% van de totale lengte van het traject van de vooroever. Het riet heeft een maximale oppervlakte van 20% van de vooroever zodat er ook voldoende ruimte is voor open water (met waterplanten). Minimaal de helft van de rietkraag moet bestaan uit waterriet.

Ook voor Meerdijk-Zuid verschilt het eindbeeld van het “**beginbeeld**” net na aanleg. Omdat het eindbeeld uitgaat van een ondiepe vooroever, zal het “beginbeeld” veel minder open water vertonen, vanwege de grote zettingscompensatie die nodig is. Ook hier geldt dat de geleidelijke, flexibele aanleg zo vorm moet krijgen dat er vanaf de aanleg interessante waterpartijen aanwezig zijn voor watervogels, die geleidelijk aan groeien in omvang met het zetten van het maaiveld. Het “beginbeeld” omvat meer vochtig, moerasachtig gebied, dat geleidelijk door ontwikkelt naar rietland en ondiep water rijk aan waterplanten. Het is vooral de zetting die de maaiveldaling bepaalt, maar slechts moeilijk kan worden voorspeld en daarbij ook flink varieert afhankelijk van de ondergrond. Er zullen delen zijn die sneller en meer zakken dan verwacht en delen die dat minder doen. Uiteindelijk speelt de zetting in Meerdijk-Zuid een grotere rol in de uiteindelijke verdeling van land en water dan in Meerdijk-Noord.

3.5.3 Verdere ecologische inrichtingsmogelijkheden

Verbreden van de rietkraag

Uit een expertsessie met ecologen kwam de wens naar voren vooral de condities voor de grote karekiet te verbeteren. Deze soort heeft het moeilijk maar komt in de omgeving voor. Zo wordt er bij herstelprojecten

langs het Ketelmeer geschikt rietland gemaakt voor de grote karekiet. Geschikt habitat kan ervoor zorgen dat de soort op beiden vooroevers verwacht kan worden.

Er zijn vier soorten riet: landriet dat droog staat, vochtig riet, waterriet dat met de wortels in het water staat en stromingsriet (zie Figuur 3-26). Dit stromingsriet is het dikke riet dat geschikt is voor de grote karekiet om in te nestelen. Daarnaast vormt het een habitat voor andere grotere vogels, zoals het Woudaapje en de Roerdomp. Stromingsriet is langer dan waterriet en kan een lengte van 3 meter bereiken in voedselrijke standplaatsen. Doordat dit riet in dieper water staat (tot 1,4 meter diep), zullen de pluimen niet veel hoger dan het waterriet reiken en blijft er zicht op de vooroever vanaf het beheerpad.



Figuur 3-26: Gradiënt van riettypen in Nederland met bijbehorende kensoorten.

Er zijn meerdere mogelijkheden om de rietkraag te verbreden met riet:

- **Meer stromingriet.** Verder naar buiten plaatsen van de palenrij van NAP -0,6 meter naar NAP -0,8 meter of meer. Dit geeft extra meters rietkraag. Stromingriet wordt meestal aangetroffen tussen de 40 en 140 centimeter diepte. Waarschijnlijk biedt de ondiepe vooroever bij Meerdijk-Zuid geen mogelijkheid voor de ontwikkeling van Stromingsriet, omdat het milieu te golfloos is.
- **Meer waterriet.** Hiervoor moet afhankelijk van de plaats de bodem voldoende worden opgehoogd.
- **Meer vochtig riet.** Hiervoor moet de bodem nog wat verder worden opgehoogd zodat het maaiveld net boven zomerpeil komt te liggen. Vochtig riet kan als foerageergebied dienen voor met name vogels en amfibieën, maar vraagt wel meer beheer en onderhoud.
- **Meer landriet.** Meer landriet vraagt een nog hogere bodemligging. Landriet is echter in ecologisch opzicht minder waardevol maar vraagt wel meer beheer en onderhoud. Het

veiligheidsprofiel leidt al tot een strook landriet aan de dijk en het verder verbreden leidt niet tot meer biodiversiteitswinst.

Al het riet moet als jonge aanwas beschermd worden tegen wraat door watervogels, met name ganzen. Dit kan door het plaatsen van rasters, linten of netten gedurende de periode dat jong riet tot ontwikkeling komt. Riet verspreidt zich via stolonen ook naar dieper water. Eventuele golfbescherming en rasters moeten dan enkele keren worden (mee)verplaatst. Afhankelijk van de nagestreefde breedte kan de autonome uitbreiding van het riet meerdere jaren duren en gedurende deze gehele periode is bescherming van het jonge riet nodig. Riet kan zich zeer snel uitbreiden op vochtige bodem. Het is dus waarschijnlijk mogelijk om de zetting van het maaiveld, van vochtig naar ondiep water, te benutten voor een snelle ontwikkeling van het riet.

Stromingsriet hoeft niet te worden gemaaid en ook waterriet maar zelden. Vochtig riet en landriet moeten periodiek worden gemaaid om de opslag van houtig gewas te voorkomen. Waterriet hoeft alleen te worden gemaaid als de vitaliteit achteruitgaat omdat organisch materiaal zich te veel ophoopt.

Aanvullende onderwaterstructuren IJsselmeerszijde

Door het plaatsen van aanvullende onderwaterstructuren aan de IJsselmeerszijde, zoals rifballen, kan het gebied aantrekkelijker gemaakt worden voor vis- en mossel-etende vogels. De meest geschikte plaatsen zijn het noordelijke deel van de vooroever, nabij de broedkolonie Kamperhoek en ver van het koelwater van de Maxima-centrale.

Onderwaterstructuren bestaan doorgaans uit beton en de toepassing daarvan is minder duurzaam, maar er zijn alternatieven beschikbaar die met minder inzet van energie en uitstoot van emissies worden gemaakt. Aan de buitenzijde wordt vanwege het golfklimaat geen dood hout toegepast. Bij het plaatsen van onderwaterstructuren moet rekening worden gehouden met vaarveiligheid en het toegankelijk houden van de openingen en de vooroeverdam voor beheer.

De vooroeverdam wordt gebouwd met een grote steensortering of grote betonelementen. Vanwege de grote stenen zijn ook veel grotere nissen beschikbaar voor vis. Een kleinere steensortering die aanwezig zal zijn als de bodembescherming biedt juist schuilplaatsen voor jonge vis. Extra onderwaterstructuren, zoals rifballen, hebben dan nog maar weinig toegevoegde waarde.

Extra luwtestructuren op de vooroever

Het plaatsen van extra luwtestructuren op de vooroever kan helpen om de gewenste en robuustere ontwikkeling van de watervegetatie mogelijk te maken. Extra bijplaatsen van dood hout kan een dubbele bijdrage aan de biodiversiteit leveren, door het bieden van luwte en habitat. Beheer en onderhoud zijn een aandachtspunt. Hierbij staat de toegang tot de rietkraag en de vooroeverdam centraal. De kosten zijn aanzienlijk als gebruik wordt gemaakt van betonnen constructies, welke uit oogpunt van duurzaamheid minder gewenst zijn. Dode bomen zijn wat dat betreft beter en goedkoper, maar moeten weer goed worden verankerd, waarvoor in het rivierengebied 4.000 tot 5.000 kg beton per boom wordt gebruikt. Het is onduidelijk of dit nodig is in de vooroever. Als vrijkomende grotere stenen die uit de steenbeschoeiing kunnen worden ingezet dan is de aanleg duurzamer en goedkoper. Vrijkomende stenen kan men bundelen in gabions en als verankering en luwtestructuur gebruiken.

Takkenbossen kunnen met minder gewicht worden verzwaard en de verankering is minder kritisch. Losgeraakte takken leiden niet tot onveilige situaties voor de scheepvaart of schade aan de dijk. Takkenbossen zijn mogelijk goedkoper en kunnen worden gecombineerd met het verwijderen van houtopslag.

Ook wiepen kunnen als luwtestructuur worden gebruikt. Een voorwaarde is wel dat ze dood zijn en niet kunnen uitlopen omdat opgaande houtige opslag niet gewenst is. Mogelijk dat de kraagstukken met wiepen die vrijkomen bij de traditionele versterking van de dijk hiervoor kunnen worden ingezet. Wiepen kunnen mogelijk ook worden ingezet om depotruimtes te maken waarbinnen men “moeilijk” cunet materiaal kan plaatsen.

Beheer en onderhoud zijn een aandachtspunt bij alle bovenstaande maatregelen. Dood hout heeft niet het eeuwige leven en moet gemiddeld om de 25 jaar worden vervangen wat gepaard kan gaan met hoge kosten. Takken moeten vaker worden vervangen. Gabions zijn onderhoudsarm. De structuren mogen geen belemmering vormen van inspectie en beheer en niet leiden tot lokale gradiënten in langstransport en daarmee tot lokale erosie. In de eisen binnen het contract is opgenomen dat onderwaterstructuren alleen mogelijk zijn als met restmaterialen worden gebouwd en onderhoudsarm zijn.

Meer hard substraat voor mosselen en mosseletende vogels

Driehoeksmosselen hebben hard substraat nodig om te kunnen hechten. In het IJsselmeergebied hechten driehoeksmosselen zich vaak op oude zuiderzeeschelpen en andere mosselen of op de steenbestorting van dammen en dijken. Vestiging op een zandige waterbodem lukt alleen goed als het hechtingssubstraat stabiel is gelegen en niet periodiek wordt afgedekt met slib. Een sliblaag op de bodem beperkt de vestiging en is een reden voor het aanbieden van hard substraat op constructies die boven de waterbodem staan. Succesvol zijn bijvoorbeeld de mosselsubstraat constructies bij IJburg. Ook op de zogenaamde rifballen kunnen mosselen zich goed boven de waterbodem vestigen.

Voor vogels die mosselen eten, zoals de kuifeend, is het ideaal als de mosselen niet dieper dan 3 meter zijn gelegen. De vooroeverdam met zijn stenen taluds biedt dus een goede vestigingsplaats voor mosselen. De IJsselmeerszijde van de vooroeverdam biedt daarbij vergelijkbare condities als het talud van de huidige dam.

De mosselpopulatie van het IJsselmeer is de laatste jaren sterk afgenomen. Een van de redenen is het gebrek aan voedsel, groenalgen, omdat het meer steeds voedselarm wordt vooral vanwege een afname in voedingsstoffen, met name fosfaat. Echter, het noordelijk deel van Meerdijk-Noord ligt nabij de monding van de IJssel. Het water van de IJssel is wat voedselrijker dan van het IJsselmeer. Van oudsher werden hoge dichtheden aan mosselen ook in de zuidoosthoek van het IJsselmeer aangetroffen.

Mosselen kunnen daarentegen niet overleven bij grote schommelingen in de watertemperatuur. Grote schommelingen komen vooral voor in ondiep water. Om deze reden verwachten we geen mosselen bij Meerdijk-Zuid, ook als geschikt aanhechtingssubstraat beschikbaar is. Bij Meerdijk-Noord moet rekening worden gehouden met de invloed van het koelwater van de Maxima-centrale. Deze leidt tot grote temperatuurschommelingen en hoge temperaturen in de bovenste waterkolom. Het is onduidelijk hoe groot deze schommelingen zijn nabij de bodem op een grotere diepte. Om al te grote temperaturen en temperatuurschommelingen te voorkomen is voor Meerdijk-Noord gekozen voor een oplopende vooroever en plaatselijk dieper water. Het zuidelijk deel van Meerdijk-Noord staat het meest onder invloed van het koelwater. Hierdoor is een groot deel minder geschikt als leefgebied voor mosselen.

Vanwege het grote extra oppervlak aan hard substraat is de toegevoegde waarde van extra hard substraat aan de buitenzijde van de vooroeverdam gering. Aan de binnenzijde zijn er geen mogelijkheden bij Meerdijk-Zuid. Bij Meerdijk-Noord bevinden mogelijkheden zich vooral in het noordelijke deel, dicht bij de invloed van de IJssel maar ver van de invloed van het koelwater van de Maxima-centrale. Observaties elders, zoals bij de vooroeverdammen bij Trintelzand doen vermoeden dat vooral de openingen in de dammen geschikte plaatsen bieden voor mosselen. Hier treedt de meeste stroming op.

Openingen in vooroeverdam Meerdijk-Zuid

Openingen in de vooroeverdam bij Meerdijk-Zuid zijn met oog op onderhoud en beheer niet nodig omdat men overal met een moeraskraan op deze ondiepe vooroever kan werken. Tijdens aanleg kan een grotere doorvaarbare opening tijdelijk gewenst zijn om materiaal aan te voeren. Kleinere openingen kunnen met oog op de verversing van water, voor vogels en grotere vissen en voor het aanbrengen van meer variatie in condities gewenst zijn.

Herplaatsen van stenen met bijzondere korstmossen

In het projectgebied zijn een aantal bijzondere korstmossen aangetroffen (zie). Deze korstmossen bevinden zich vooral aan de dijkzijde van de steenbestorting op het meest geëxposeerde deel van Meerdijk-Noord, de zogenoemde spatwaterzone. Door de aanleg van de vooroever en vooroeverdam gaat de huidige spatwaterzone, en daarmee ook de geschikte habitat voor deze korstmossen, geheel verloren.

De breukstenen uit deze zone kunnen verplaatst worden naar nieuwe geschikte spatwaterzones aan de binnenzijde van de vooroeverdam. Ook andere plaatsen in het IJsselmeergebied, zoals langs de oevers van de Noordoostpolder, mogelijk ook op de harde randen van Marker Wadden of de vooroeverdammen van Trintelzand, kunnen interessant zijn.

Bij het herplaatsen moet erop gelet worden dat de stenen ruim boven waterpeil en mogelijk deels ook afgeschermd van direct instraling door de zon komen te liggen. Bij het herplaatsen hangen de extra kosten vooral af van de transportkosten. Gedacht kan worden aan herplaatsen van een 6-tal clusters van 20 stenen op verschillende plaatsen. Begeleiding door een expert in korstmossen is daarbij nodig.



Figuur 3-27: Links: Waterkrijtkorst (Endocarpon psorodeum). Een korstmos dat in Nederland alleen op de IJsselmeerdijk voorkomt. Rechts: Bruine waterstippelkorst (Verrucaria cernaensis). Een korstmos dat met de status "bedreigd" op de Rode Lijst staat.

De bijzondere korstmossen op basaltstenen op de traditioneel te versterken delen van de dijk kunnen mogelijk op een andere wijze een plek krijgen. Deze stenen worden al verwijderd als onderdeel van de dijkversterking en het herplaatsen is niet prijzig. Tijdens de aanlegfase worden daarom minimaal een 40-tal stenen met korstmossen samen gebracht in een korstmossenreservaat. Hierbij wordt gelet op de oriëntatie en ligging van de stenen. Begeleiding door een expert in korstmossen is essentieel. De expert zal de meest interessante stenen aanwijzen en zorgdragen dat de stenen op de juiste wijze worden herplaatst.

Zaaïen van wortelknollen van gewenste watervegetatie (kranswieren en fonteinkruiden)

De ontwikkeling van watervegetatie vergt meerdere jaren maar door zaaïen kan dit worden versneld. Wortelknollen kunnen mogelijk worden geoogst waar maaibeheer gericht is op het verwijderen van fonteinkruiden, zoals in de randmeren en voor de Markermeerkust van Noord-Holland. De kosten bestaan dan vooral uit transportkosten. Mogelijk kunnen wortelknollen inclusief grond in bio-afbreekbare manden op de bodem worden geplaatst. Als de wortelknollen aanslaan is geen verder beheer en onderhoud nodig. Er zijn meerdere soorten fonteinkruiden. Gezien de diepte en het verwachte doorzicht lijkt het handig om uit te gaan van schedefonteinkruid. Deze soort heeft wortelknollen en kan zich beter vestigen op wat dieper water en bij wat minder doorzicht.

Ophogen diepste delen van de waterbodem bij Meerdijk-Noord

Door het ophogen van de diepste delen van de waterbodem wordt de groei van waterplanten beter mogelijk. Bij Meerdijk-Noord loopt de vooroever plaatselijk door naar NAP -2,5 meter of meer. Op deze diepte dringt te weinig licht door voor de ontwikkeling van waterplanten. Daarbij is de waterbeweging beperkt zodat hier relatief wat meer slib zal kunnen bezinken. Samen leidt dit ertoe dat op deze diepte geen waterplanten worden verwacht. Voor waterplanten is een ophoging tot NAP -2,5 meter nodig. Bij deze diepte verwachten we een lage bedekking met waterplanten. De bedekkingsgraad wordt een stuk groter bij een diepte van NAP -2,0 meter.

In het IJsselmeergebied worden de meeste waterplanten op geringe waterdiepte aangetroffen, vaak minder dan 1,5 meter. Dit heeft o.a. te maken met het doorzicht dat in het Markermeer en ook vanwege de invloed van de wind langs de kust van Friesland, in het IJsselmeer beperkt is. In de geulen tussen Marker Wadden worden waterplanten aangetroffen vanaf een waterdiepte van omstreeks 2,5 meter. Dit is luwgelegen water maar het slibgehalte in de waterkolom is nog hoog. Naar verwachting is het doorzicht op de vooroever hoger, omdat een deel van de vooroever ondieper is en begroeid met waterplanten. Dit gaat de opwerveling van slib tegen.

Wel is een groot deel van het traject Meerdijk-Noord zo gelegen dat er bij de overheersende zuidwestelijke wind sprake is van een grote strijklengte. Dit kan achter de vooroeverdam tot grotere golven leiden. Waterplanten in minder grote dichtheden maar wel op waterdiepten van NAP -3 meter worden plaatselijk aangetroffen voor de kust van Noord-Holland. Het gaat daarbij vooral om fonteinkruiden. De conclusie is dat de waterdiepte niet groter dan NAP -3 meter mag zijn, maar dat een verder ophoging tot NAP -2,5 of zelfs NAP -2 meter beter is.

Het is niet nodig om het gehele oppervlak te verhogen. Plaatselijk dieper water geeft meer variatie en is ook voor bepaalde vissoorten interessant. Mogelijk dat vooral nabij openingen en waar weinig erosie wordt verwacht, diepere delen de voorkeur genieten. De beheer- en onderhoudskosten nemen niet toe bij een verhoging van de waterbodem.

Broed- en rusteilanden

Broedeilanden voor grondbroeders, waaronder de visdief, mogen niet tot extra aanvaringslachtoffers leiden vanwege Windplanblauw. Visdieven foerageren in een ruimer gebied en zullen daarbij Windplanblauw passeren. Rusteilanden, die te klein zijn voor een broedkolonie maar wel een rustplaats vormen voor vogels en zoogdieren, kunnen wel. Uitgangspunt is een eilandje in de orde van 10*10 meter, 100 m². De kosten bestaan vooral uit extra grond voor het ophogen en extra oeverbescherming om erosie tegen te gaan. Periodiek is beheer en onderhoud nodig om opgaande begroeiing te verwijderen. Doordat veel extra grond moet worden aangebracht, welke ook niet zonder oeverbescherming kan, is een rusteiland op dieper water een dure maatregel. In Meerdijk-Zuid is alles bereikbaar met een moeraskraan, voor Meerdijk-Noord dienen de rusteilanden op dieper water ook bereikbaar te zijn voor beheer en onderhoud, mogelijk met varend materieel.

Een broedeiland is wel mogelijk voor Meerdijk-Zuid. Hier speelt het risico van aanvaringsslachtoffers veel minder. De aanleg van een broedeiland is op Meerdijk-Zuid ook goedkoper omdat de vooroever al hoger is gelegen.

Extra moeras

Er kan meer moerashabitat aangebracht worden door compartimenteren en door een verdere verondieping en nog golfjuwere milieus aan te bieden. Deze moeras habitatten zijn geschikt voor amfibieën, ringslang en moerasvogels en reigers. Compartimentering kan mogelijk gecombineerd worden met plaatsen waar zandbuffers nodig zijn. Daarnaast zullen er plaatsen zijn waar zand sedimenteert zodat een verlandingsmilieu ontstaat. Ook kan een aannemer voor moeilijk materiaal uit de cunet ontgraving een depot aanleggen, en dat als moeras inrichten.

Tijdens de expertmeeting werd de zorg geuit dat een groter moeras ook grotere aantallen vogels aan kan trekken, zoals ganzen, die dan tot een toename van aanvaringsslachtoffers kunnen leiden, of tot operationele belemmeringen voor Windplanblauw. Moeras is wel mogelijk in kleinere oppervlakten vooral om meer diversiteit aan te brengen.

Slim terugplaatsen van fuiken

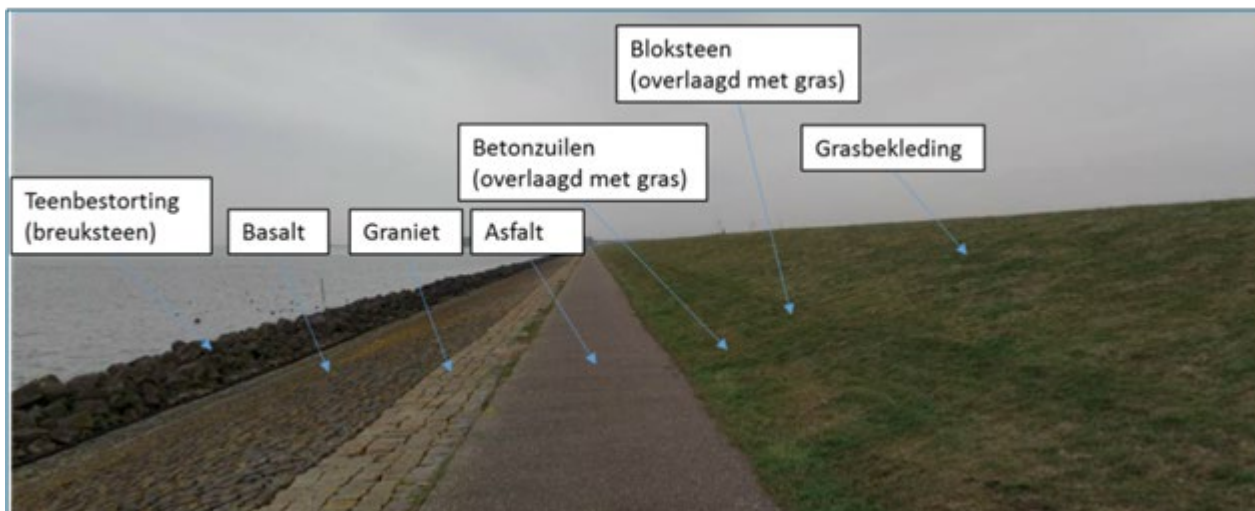
Voor het (her)plaatsen van fuiken bij de vooroevers zijn afspraken gemaakt tussen de visserij en het RVO. Bij Meerdijk-Zuid wordt het visvak verplaatst naar de buitenzijde van de vooroevervooroeverdam. Fuikenregels moeten hierbij op minimaal 25 meter van de betonning staan tot maximaal 180 meter gezien vanaf de huidige voet van de dijk. Bij Meerdijk-Noord worden het visvak en de fuikenregels eveneens naar de buitenzijde van de vooroevervooroeverdam verplaatst. Voor de biodiversiteit kan het gunstig zijn om afspraken te maken met de vissers en het RVO dat fuikenregels niet rondom de openingen van de vooroevervooroeverdam worden geplaatst. Dit is op dit moment niet opgenomen in de gemaakte afspraken.

3.6 Werkzaamheden aan de dijk

3.6.1 Afwegingen golfploopbekleding vooroever

De vooroever reduceert de golfaanval enorm, maar de vooroever kan niet voorkomen dat tijdens de meest extreme stormen (maatgevende condities) golven klappen op het huidige boventalud en water over de dijk heen stroomt (golfoverslag).

De huidige golfploopbekleding (zie voor de locatie in het huidige dijkprofiel) is nooit ontworpen om golfklappen te weerstaan. De betonzuilen en bloksteen liggen direct op het klei zonder goede filterconstructie.



Figuur 3-28: Locatie van de aanwezige golfloopbekleding (betonzuilen en bloksteen) in het huidige dijkprofiel

In de planuitwerking zijn een vijftal versterkingsopties beschouwd om deze bekleding te versterken, waarbij een aantal opties ook een (positief) effect hebben op het binnendijkse onderhoudspad omdat ze golfremmend werken.

De varianten die beschouwd zijn:

- **Variant 1A: behoud huidige dijkgeometrie;**
Vervangen betonblokken voor zetsteen en overlagen met gras
Geen effect op (eventuele) opgave onderhoudspad
- **Variant 1B: behoud huidige dijkgeometrie;**
Vervangen betonblokken voor OSA en overlagen met gras
Geen effect op (eventuele) opgave onderhoudspad
- **Variant 2A: Ophogen berm tot NAP+3m (+1,2m).**
Zetsteen aanhelen op ondertalud
Geen opgave aan golfloopbekleding en geen opgave binnendijks
- **Variant 3A: Ophogen berm tot NAP+2,2m (+0,4m)**
Zetsteen aanhelen op ondertalud
Kleine opgave met zetsteen aan golfloopbekleding en geen opgave binnendijks
- **Variant 3B: Ophogen berm tot NAP+2,2m (+0,4m)**
Zetsteen aanhelen op ondertalud,
Kleine opgave met OSA aan golfloopbekleding en geen opgave binnendijks

Deze varianten zijn kwalitatief vergeleken op kosten, milieu-impact, beheerbaarheid en ruimtelijke kwaliteit. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 3-2. Bij het criterium investeringskosten komt duidelijk naar voren dat zetsteen een stuk duurder is dan asfalt (circa factor 1,5). De verschillen in de onderhoudskosten zijn minimaal. De milieu-impact van zetsteen is hoger dan die van open steenasfalt. Bij beheerbaarheid is vooral naar de hoogte van de buitenberm gekeken, waarbij een hogere buitenberm het onderhoud aan het zetsteentalud moeilijker maakt. Bij het criterium ruimtelijke kwaliteit scoort een hogere berm ook onwenselijk.

Tabel 3-2: Kwalitatieve Afweegtabel – golfoploopbekleding en opgave binnendijks onderhoudspad

Alternatief	investeringskosten	onderhoudskosten	milieu-impact	beheerbaarheid	ruimtelijke kwaliteit
1A					
1B					
2A					
3A					
3B					

Voor het referentieontwerp wordt derhalve gekozen voor variant 1B; behoud van huidig dijkprofiel en het toepassen van OSA boven de buitenberm als golfklapbekleding. De materialisatie wordt echter niet voorgeschreven in het contract. Wel dient de golfklapbekleding verholten onder een grasmat te worden gerealiseerd.

3.6.2 Binnendijks klinkerpad

Hoeveel golfoverslagdebiet er veilig tijdens een superstorm over een dijk kan en mag stromen hangt van de sterkte van het binnentalud af. Juist daar waar een vooroever is voorzien, is over een groot traject binnendijks een inspectiepad met klinkerverharding aanwezig welke direct op de dijk kern van zand liggen. Dit is een plek die gevoelig is voor erosie en dus een relatief laag golfoverslagdebiet kan weerstaan.

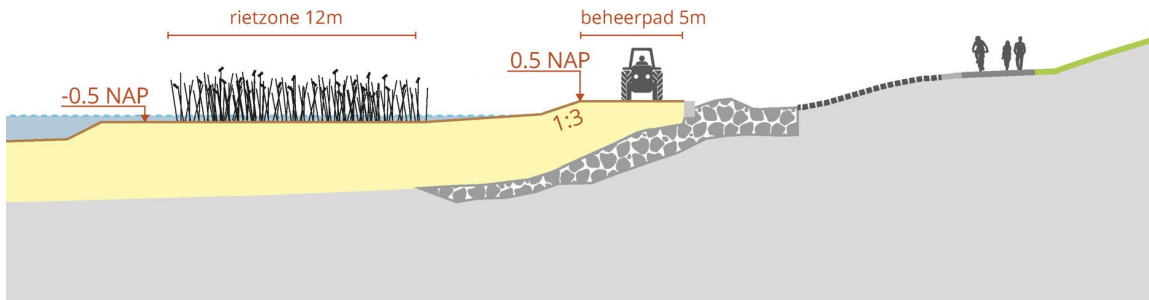
In paragraaf 3.6.1 is onderzocht of het kan lonen om het vooroeverprofiel aan te passen of het dijkprofiel aan te passen, zodat het golfoverslagdebiet wordt beperkt. Echter vragen beide ingrepen enorme investeringen die niet opwegen tegen het verstrekken van een klinkerpad. Daarnaast bestaat de mogelijkheid dat nieuwe golfgootproeven van het ontwerp van de aannemer aantonen dat het golfoverslagdebiet dusdanig laag is dat het binnendijkse klinkerpad niet versterkt hoeft te worden.

In het referentieontwerp is nu aangenomen dat het klinkerpad alleen bij traject Meerdijk-Noord versterkt hoeft te worden en dus niet bij traject Meerdijk-Zuid, omdat bij dat traject minder hoge faalkansen worden berekend. De versterking van het klinkerpad bestaat uit het verwijderen van de klinkers en weggraven van circa 80cm zand, om vervolgens aan te vullen met klei, een dunne fundatiebed en grasbetontegels. De breedte van het onderhoudspad blijft ongewijzigd.

3.6.3 Beheerpad op vooroever

In afstemming met de beheerorganisatie van het waterschap is gekozen om -voor het referentieontwerp van de vooroever- een beheerpad op te nemen langs de rietkraag. Het 5m brede beheerpad is ontworpen op circa NAP+0,5m en zal tussen de bestaande teenbestorting van de huidige dijk en de rietkraag van de vooroever liggen. Naast het beheerpad worden een aantal (circa om 2km) opstelplaatsen gerealiseerd om een dieplader te kunnen vullen met gemaaid riet. Het beheerpad is niet toegankelijk voor wandelaars. toont de locatie van het beheerpad in het profiel van de vooroever en toont een inspiratiebeeld van een opstelplaats.

De geselecteerde aannemer krijgt de mogelijkheid om met andere voorstellen te komen voor de beheerinfrastructuur van de vooroever.



Figuur 3-29: Schematisatie weergave locatie van het beheerpad Meerdijk-Zuid (referentieontwerp)



Figuur 3-30: Inspiratiebeeld opstelplaats en beheertoegang tot vooroever

3.6.4 Opgave drainage vooroevertrajecten

Tijdens maatgevende condities (golfoverslag) bestaat het risico op het opbarsten van de dijkbekleding. Een effectieve maatregel om dit risico te verkleinen is het aanbrengen van drainage nabij de binnenteen van de dijk. In de huidige situatie zijn daarom al veel drainagebuizen aanwezig. Op een aantal plekken ontbreekt momenteel echter deze drainage en is de dijk afgekeurd op de toetsporen GABI/STMI². Zo is rond de fly-over van afrit 12 van de A6 richting Swifterbant momenteel geen drainage aanwezig over een lengte van circa 300m. Ook in het traject van DP28.4 tot DP28.9 (Meerdijk Zuid) ontbreekt in de huidige situatie drainage.

Het referentieontwerp voorziet in het aanbrengen van drainagebuizen parallel aan de dijk (binnenteen) als versterkingsopgave. De nieuwe drainage kan afwateren op bestaande greppels/sloten.

3.7 Referentieontwerp vooroeverversterking

Op basis van de hierboven beschreven afwegingen is het referentieontwerp uitgewerkt. Hierbij is ook beschouwd wat minimaal gerealiseerd moet worden en waar de denkkraft van de aannemer voor verdere optimalisaties het beste ingezet kan worden. De ontwerp vrijheid wordt uitgebreider geduid in paragraaf 3.8.

² GABI staat voor Grasbekleding Afschuiving Binnentalud en STMI voor microstabiliteit.

De vooroeverversterking is ontworpen als een toevoeging aan de bestaande dijk met ook in de vooroever een zo groot mogelijke continuïteit. Deze continuïteit is in het ontwerp gevonden in het profiel en de vooroeverdam die parallel aan de dijk loopt. De hoogte van de aansluiting van het zand van de vooroever met het dijklichaam is constant waardoor een heldere grens ontstaat tussen de dijk en de vooroever.

Met de gekozen hoogte is het nog steeds mogelijk om met een open zicht -over het riet- naar de horizon te kijken. In de loop der tijd zal door windwerking en erosie het beeld van de vooroever tussen de bestaande dijk en de vooroeverdam diverser en interessanter worden, mits de bestaande dijkteen van stortsteen wordt vrijgehouden van ongewenste begroeiing. In het Esthetisch Programma van Eisen is de ontwerpruimte van de aannemer op dit punt geduid.

De vooroeverdam is even robuust en stoer qua uiterlijk als de bestaande stortsteenbekleding van de dijkteen. De noodzakelijke openingen in de vooroeverdam dienen zo ontworpen te worden dat de continuïteit van de doorgaande lijn overheerst in het beeld.

3.7.1 Referentieontwerp Meerdijk-Noord

Het traject Meerdijk-Noord loopt vanaf de Ketelbrug tot ongeveer 600 meter noordelijk van de Maxima-centrale (zie Figuur 2-3 voor overzichtkaart). In het IJsselmeer komt een vooroeverdam, deze wordt boven water op circa NAP +0,8m aangelegd waarna deze door zetting eindigt op circa NAP+0.5m. Afhankelijk van het IJsselmeerpeil zal de vooroeverdam circa een halve tot een hele meter boven water uitsteken. In de vooroeverdam worden openingen aangelegd voor de uitwisselingen van water en vissen. Ook wordt er rekening gehouden met doorvaartmogelijkheden voor beheer en onderhoud.

Tussen de vooroeverdam en de bestaande dijk wordt een brede vooroever aangelegd van circa 110 meter breed met een beperkte ecologische inrichting. De breedte van de vooroever is gemeten vanaf de buitenteen van de vooroeverdam tot het waterlijnniveau van circa NAP+0m.

De bodem van de vooroever loopt schuin op tot aan de bestaande dijk met een hellend talud van minimaal 1:20 of flauwer, waar hij aansluit op de bestaande dijk op NAP 0,0m. De waterbodem van de vooroever bestaat uit een toplaag van zand. Er wordt extra zand aangebracht om zandverliezen door erosie aan te vullen.

De schuine vooroever creëert een extra oppervlak aan luwtegebied dat geschikt is voor een ecologische inrichting. De volgende ecologische maatregelen zijn minimaal voorzien:

- Het aanplanten van een brede rietkraag zodat deze een geschikt leefgebied is voor rietvogels;
- Het herplaatsen van stenen met bijzondere korstmossen. Deze stenen zijn afkomstig van de bestaande dijk;
- Het aanleggen van vier rusteilandjes voor vogels en zoogdieren. Deze rusteilandjes worden ook gebruikt om de Swifterbant cultuur aan te geven.

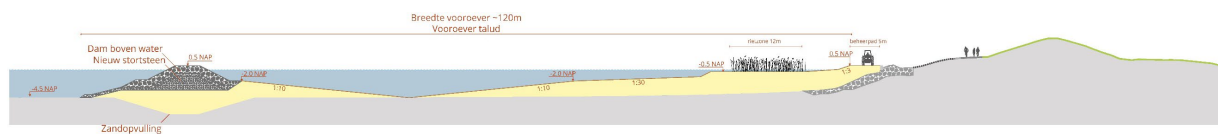
Aan de bestaande dijk worden de volgende maatregelen genomen:

- Het vervangen van de asfaltbekleding op de buitenberm en de golfoploopbescherming op het boventalud geschikt maken voor golfklappen. De bekleding ligt verholten onder een grasmat.
- Opwaardering van het inspectiepad voor recreatief medegebruik door o.a. obstakels te verwijderen en betere overgangen te maken.
- Versterking van het klinkerpad aan de binnenzijde van de dijk, hierbij worden klinkers vervangen door grasbetontegels en er wordt erosiebestendige klei aangebracht.

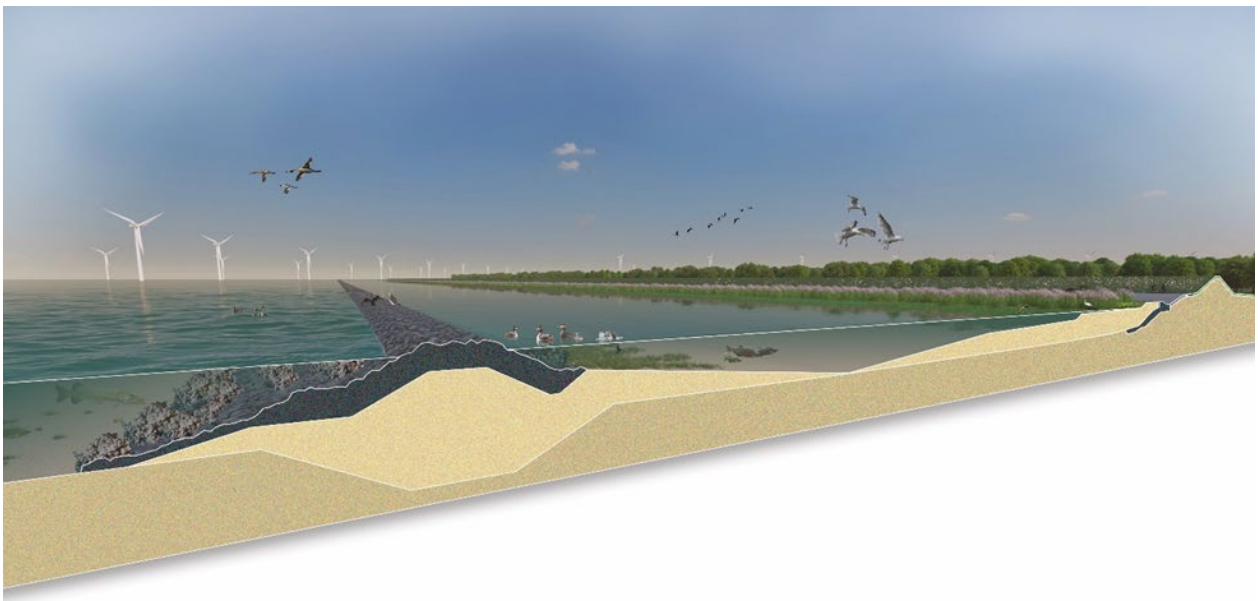
In Figuur 3- is de schetsmatige dwarsdoorsnede van het referentieontwerp van traject Meerdijk-Noord te zien en in Figuur 3- zijn visualisaties van het referentieontwerp opgenomen.

Projectgerelateerd

De geselecteerde aannemer krijgt -binnen bepaalde marges- enige vrijheid om het ontwerp van de dam en het vooroeverlichaam te optimaliseren. Uiteraard mag dit alleen zolang hij kan aantonen dat zijn ontwerp voldoet aan de waterveiligheidsopgave, de gestelde contractuele eisen, de vergunningseisen en goed beheerbaar is. Voor meer duiding wordt verwezen naar paragraaf 3.8.



Figuur 3-31: Dwarsdoorsnede van het referentieontwerp op het traject Meerdijk-Noord





Figuur 3-32: Visualisatie referentieontwerp Meerdijk-Noord

3.7.2 Referentieontwerp Meerdijk-Zuid

Het traject Meerdijk-Zuid sluit ten zuiden aan op het traject Meerdijk-Midden en loopt door tot Flevo Marina. Voor de dijk wordt een vooroever aangelegd. De breedte van deze vooroever varieert van 70 meter aan de noordzijde tot 50 meter bij de zuidzijde (ter hoogte van Flevo Marina). De breedte van de vooroever varieert doordat de maatgevende ontwerpcondities (combinatie van golven en waterstand) minder zwaar worden in zuidelijke richting, vanwege de dijk oriëntatie. Een bredere vooroever, zoals bij Meerdijk-Noord, is hier niet gewenst vanwege de bedrijvigheid en het recreatieve karakter van dit traject. Ook kan een bredere vooroever leiden tot beïnvloeding van de bedrijfsvoering van Flevokusthaven.

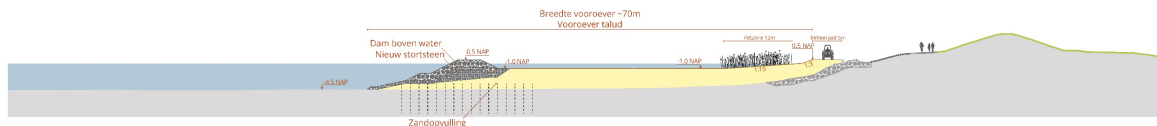
Net als bij de vooroever in Meerdijk-Noord wordt een vooroeverdam aangelegd, deze wordt boven water op NAP +0,8m aangelegd waarna deze door zetting eindigt op circa NAP+0.5m. Afhankelijk van het IJsselmeerpeil zal de vooroeverdam circa een halve tot een meter boven water uitsteken. In de vooroeverdam worden openingen aangelegd voor de uitwisselingen van water en vissen.

In tegenstelling van Meerdijk-Noord gaat het referentieontwerp voor het traject Meerdijk-Zuid uit van een vlakke vooroever aangelegd op NAP -1m (exclusief restzetting, het aanlegprofiel ligt minimaal 30cm hoger). De aannemer mag van het profiel afwijken zolang hij aan de waterveiligheidsopgave voldoet. De ecologische inrichting van de vooroever bij Meerdijk-Zuid is beperkt tot een brede rietkraag.

Bij de bestaande dijk wordt de asfaltbekleding op de buitenberm vervangen en de golfoploopbekleding op het boventalud wordt geschikt gemaakt om golfklappen te kunnen weerstaan. De bekleding op het boventalud ligt verholten onder een grasmat.

In wordt de dwarsdoorsnede van het referentieontwerp van het traject Meerdijk-Zuid te getoond en in Figuur 3- is een visualisatie van het referentieontwerp opgenomen.

De geselecteerde aannemer krijgt -binnen bepaalde marges- enige vrijheid om het ontwerp van de dam en het vooroeverlichaam te optimaliseren. Uiteraard mag dit alleen zolang hij kan aantonen dat zijn ontwerp voldoet aan de waterveiligheidsopgave, de gestelde contractuele eisen, de vergunningseisen en goed beheerbaar is. Voor meer duiding wordt verwezen naar paragraaf 3.8.



Figuur 3-33: Dwarsdoorsnede van het referentieontwerp op het traject Meerdijk-Zuid



Figuur 3-34: Visualisatie referentieontwerp Meerdijk-Zuid

3.8 Ontwerpvrijheid vooroeverversterking

Zoals reeds beschreven krijgt de geselecteerde aannemer -binnen bepaalde marges- enige vrijheid om het ontwerp van de dam en het vooroeverlichaam te optimaliseren. Uiteraard mag dit alleen zolang hij kan aantonen dat zijn ontwerp voldoet aan de waterveiligheidsopgave, de gestelde contractuele eisen, de vergunningseisen en goed beheerbaar is. Voor het uitgewerkte referentieontwerp van de vooroever is gekeken waar de denkkraft van de aannemer voor verdere optimalisaties het beste ingezet kan worden en hier wordt dan ook (enige) vrijheid geboden. Contractueel liggen een aantal belangrijke zaken vast. Onderstaande lijst (niet uitputtend) geeft de belangrijkste contractuele zaken aan die zijn vastgelegd, voor de volledige lijst wordt verwezen naar de vraagspecificatie eisen (VSE). Naast de VSE worden in het esthetisch programma van eisen (EPVE) ook nog esthetische eisen gesteld aan het ontwerp van de aannemer.

- De vooroever (vooroeverdam en grondlichaam) dient te bestaan uit een vastgesteld minimaal waterveiligheidsprofiel die te alle tijden geborgd dient te worden;
- Het ruimtebeslag van de vooroeverversterking (vooroeverdam en het grondlichaam), dus zowel de breedte als de lengte van de vooroever liggen vast;

Projectgerelateerd

- De vooroeverdam dient een kruinhoogte te hebben van minimaal NAP +0,5m en maximaal NAP +1,0m;
- De vooroeverdam dient dusdanig waterdoorlatend te zijn dat waterverversing door de dam mogelijk blijft;
- De buitenkant van de vooroeverdam dient opgebouwd te worden met losse elementen (waterbouwsteen);
- Het grondlichaam van de vooroever dient een toplaag te hebben van zand;
- Er dient een rietkraag te ontwikkelen met een minimaal gemiddelde breedte van 12m;
- De vooroever dient eenvoudig te kunnen worden beheerd en daardoor een beheerinfrastructuur te hebben;
- Voor Meerdijk Noord dient het grondlichaam te bestaan uit een oplopend profiel;
- De huidige dijkteen en zetsteen op het ondertalud van de dijk dienen in stand te blijven;
- Het binnendijkse onderhoudspad voor Meerdijk Noord dient op voorgeschreven wijze versterkt te worden;
- Het asfalt op de buitenberm/inspectiepad dient vervangen te worden voor nieuw waterbetonasfalt met een voorgeschreven dikte;
- De huidige dijkbekleding boven de buitenberm dient golfklapbestendig gemaakt te worden tot NAP+2,7m, waarbij de groene dijktop behouden dient te blijven;
- Onderhoudsbuffers van zand dienen zo te worden vormgegeven dat maximaal eens per 10jaar extra zand op de vooroever aangebracht mag worden;
- De vooroeverdam dient binnen 5 jaar te worden gerealiseerd met een relatief strenge restzettingseis;
- Het grondlichaam dient binnen 5jaar zo te worden gerealiseerd dat er na 5 jaar altijd wordt voldaan aan de waterveiligheidseisen, in een navolgende flexibele aanleg-/onderhoudsperiode dient de aannemer gericht (door monitoring) op te hogen zodat na 12 jaar aan een relatief strenge restzettingseis wordt voldaan.

De vrijheid die aan de aannemer wordt geboden, bestaat (niet uitputtend) vooral uit de volgende ontwerpaspecten:

- De aanlegmethodiek en de bijhorende realisatieplanning;
- Locatie, vormgeving en inrichting tijdelijke werkterreinen;
- De geometrie van de vooroeverdam en het grondlichaam;
- De materialisatie van de vooroeverdam en de kern van het grondlichaam;
- De vormgeving van de ecologische inrichting;
- De inrichting van de beheerinfrastructuur;
- De keuze voor de inzet van (eventuele) zettingsversnellende maatregelen;
- De materialisatie van de golfklapbestendige bekleding op het boventalud;

4 Traditionele dijk

4.1 Inleiding

Bij Meerdijk-Midden en de Baaidijk wordt de dijk traditioneel versterkt. Er zijn grote verschillen tussen deze trajecten. De versterkingsopgave voor de Meerdijk is enorm (veel hoogte-tekort en grote bekledingsopgave) door de hoge golfaanval. Voor de Baaidijk is de opgave een stuk kleiner door de luwte van de Houtribdijk. Bij de Baaidijk bestaat de opgave uit een gefragmenteerde bekledingsopgave aan asfalt, zetsteen- en teenbekleding. Daarnaast zijn er een aantal maatwerkvakken.

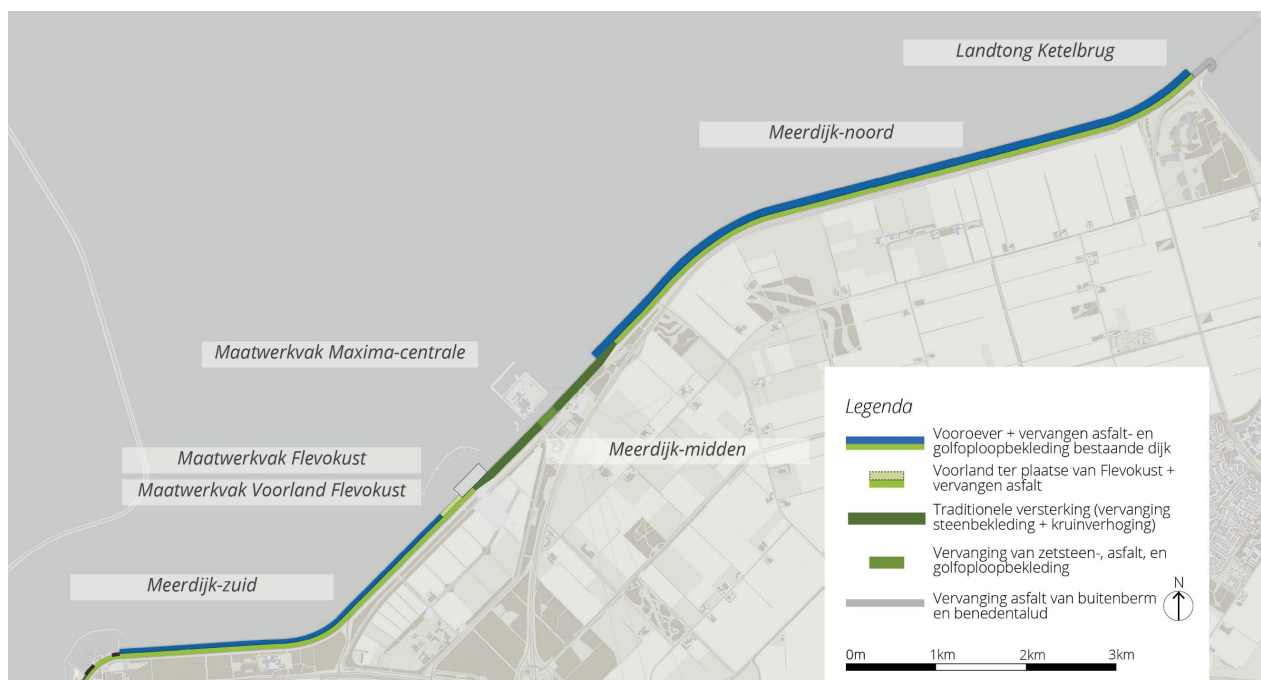
De grote versterkingsopgave bij de Meerdijk heeft er toe geleid dat juist hier een vooroever een effectieve versterkingsmethodiek is. Rondom de Maxima-centrale is de aanleg van een vooroever echter niet mogelijk, hier wordt de dijk traditioneel versterkt. De afwegingen en het ontwerp voor dit deel van de dijk wordt toegelicht in paragraaf 4.2.

In paragraaf 4.3 en 4.4 wordt ingegaan op de ontwerpafwegingen voor respectievelijk de Baaidijk en de maatwerkvakken.

Op basis van deze afwegingen is het referentieontwerp uitgewerkt. Dit wordt beschreven in paragraaf 4.5. De ontwerpvruchtheid voor de geselecteerde aannemer wordt geduid in paragraaf 4.6.

4.2 Afwegingen Meerdijk-Midden

Meerdijk-Midden is ingeklemd tussen Meerdijk-Noord en Meerdijk-Zuid. Op dit traject is een vooroever niet mogelijk en wordt de dijk traditioneel versterkt. In is het dijktraject Meerdijk inclusief de gekozen versterkingsoplossing weergegeven.



Figuur 4-1: Dijktraject Meerdijk inclusief de gekozen versterkingsoplossing

De Meerdijk kenmerkt zich door een grote mate aan continuïteit in het profiel en materialisering. Ten opzichte van de Baaidijk hebben aan dit deel van de IJsselmeerdijk maar beperkt wijzigingen plaatsgevonden. Met de keuze voor een vooroeverversterking en een traditionele versterking ontstaat een onderbreking in de kenmerkende continuïteit van de dijk. Uitgangspunt in het ontwerp is daarom ook het

zo kort mogelijk maken van de traditionele dijkversterking en dit als incident te zien in de vooroeverversterking van de gehele dijk.

4.2.1 Binnenwaartse of vierkante versterking

Traject Meerdijk van de IJsselmeerdijk kent een grote hoogte-opgave. In de verkenningsfase is besloten om het traject Meerdijk -midden (daar waar een vooroever niet realiseerbaar is) binnenwaarts te versterken (met een kruinverhoging van orde 2m) met behoud van de huidige taludhelling van het buitenwaartse ondertalud (het zetsteentalud). Echter is de optie om het ondertalud iets te verflauwen richting IJsselmeerdijk open gehouden, omdat dit het ruimtegebruik binnenwaarts beperkt. Zo is in de verkenningsfase besloten om in de planuitwerkingsfase te beschouwen of het beperkt verflauwen van het ondertalud (wel met extra ruimtebeslag richting IJsselmeer, maar met minder ruimtebeslag binnenwaarts) positief opweegt tegen het VKA-ontwerp (behoud huidige ondertalud met (relatief) veel ruimtebeslag binnendijk maar geen extra ruimtebeslag buitendijks).

De volgende versterkingsvarianten voor het traject Meerdijk Midden zijn tegen elkaar afgewogen:

- Variant A - Volledig Binnenwaarts, hoge kruin, ondertalud 1:4 (conform verkenningsfase)**
 Variant A heeft een ondertalud van zetsteen met een helling van 1:4, dit is conform het huidige talud. Er is (afgezien van een mogelijk teenverzwaring) geen extra ruimtebeslag in buitenwaartse richting. De zetsteen wordt vervangen en heeft een totale lengte van orde 8,8m. De berm start op NAP +2,2m. Dit is een kleine verhoging (40cm) t.o.v. hoe deze nu ligt. Het boventalud dient tot NAP +3,2m golfklapbestendig gemaakt te worden middels het aanbrengen van zetsteen.

De kruin moet worden opgehoogd tot NAP +7m (circa +2m) om te zorgen voor voldoende golfremming. Dit is fors en heeft het effect dat de binnenberm met de binnendijkse weg volledig opschuift in binnenwaartse richting.



Figuur 4-2: Variant A – volledig binnenwaarts, kruin op NAP +7m

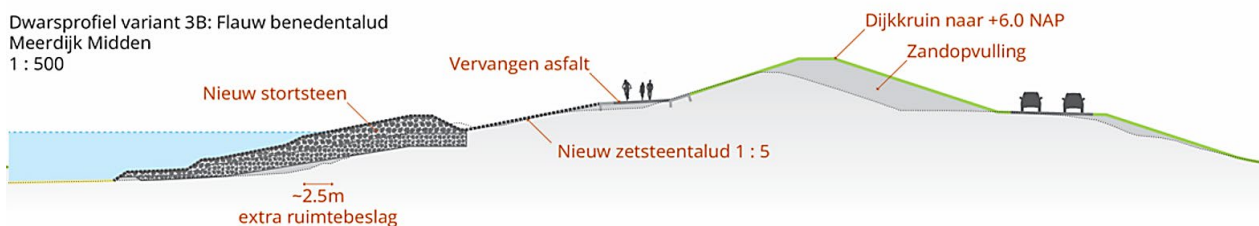
- Variant B - Vierkante versterking, Lagere Kruin, ondertalud 1:5**
 Variant B heeft een ondertalud van zetsteen met een helling van 1:5 (i.p.v. 1:4). Door de verflauwing is meer zetsteen nodig (11 m/m wat een verschil is van 2,2 m/m t.o.v. van variant A).

De berm start op NAP +2,2m. Dit is een kleine verhoging (circa 40cm) t.o.v. hoe deze nu ligt. Het boventalud dient tot NAP +3,2m golfklapbestendig gemaakt te worden middels het aanbrengen van zetsteen. Dit is iets lager dan bij variant A. Er wordt hiermee dus 0,6 m/m zetsteentalud bespaard. Netto is er dus 1,6 m/m horizontale zetsteenbreedte meer nodig dan bij variant A.

De kruinhoogte van de dijk kan door de verflauwing significant omlaag naar NAP +6,0m. Hierdoor wordt het ruimtebeslag binnenwaarts substantieel kleiner; het verschil is wel 6-8 meter t.o.v. variant A. Logischerwijs wordt er ook een groot volume aan grondaanvulling bespaard en zijn eventuele zettingsproblemen kleiner. De weg wordt in deze variant ook volledig opgeschoven buiten de huidige wegfunderingslijnen, maar komt minder op het ondertalud te liggen dan variant

A. Zetting en klink hebben hierdoor minder effect op de nieuwe wegfundering, waardoor deze minder kans heeft om scheuren te ontwikkelen door verschilzettingen.

De variant gaat echter wel ongeveer 2,5 meter naar buiten (verschuiving richting IJsselmeer, inname Natura2000 gebied). Dit heeft effect op de locatie van de teenconstructie die al buiten het cunet treedt in dit ontwerp. Er zal dus meer materiaal voor de teen nodig zijn om deze op de ontwerphoogte te krijgen.



Figuur 4-3: Variant B – deels buitenwaarts, kruin op NAP + 6m

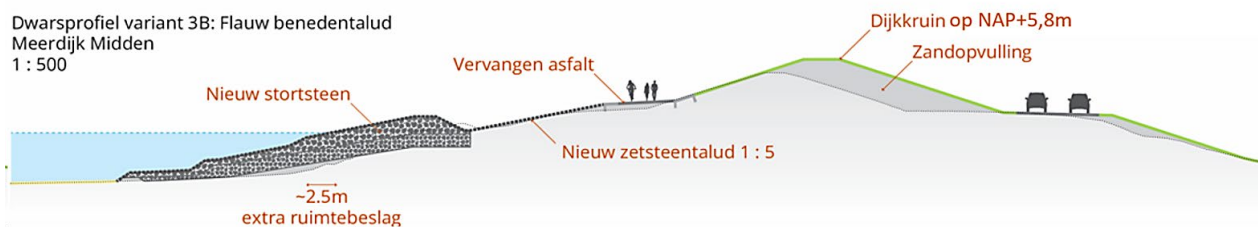
Met behulp van het afweegkader is een afweging gemaakt. De scoretabel is opgenomen in Bijlage 1 (Tabel 3). De belangrijkste afwegingen zijn:

- Qua uitvoerbaarheid wordt variant B licht negatief beoordeeld omdat er buitenwaarts wordt versterkt. Werkzaamheden nabij de waterlijn zijn ingewikkelder dan aan de binnenzijde. Daarnaast is het plaatsen van zetsteen ingewikkelder dan het realiseren van een grondaanvulling. Ook is er bij het naar buiten gaan meer kans op restzetting (de teen treedt dan nog verder buiten het cunet).
- Het flauwe ondertalud van variant B is effectief in de golfremming, maar bij toekomstige peilverhogingen (hoger dan nu is meegenomen), zal dit effect direct minder zijn en is een grootschalige versterking direct nodig. De uitbreiding zelf is echter wel gemakkelijker in te passen doordat een kruinverhoging mogelijk is binnen het cunet. Bij variant A kan met minimale ophogingen of extra verruwing van het ondertalud de dijk blijven voldoen.
- Doordat het verflauwde ondertalud (variant B) naar buiten schuift ontstaat er ruimtebeslag in het Natura 2000-gebied IJsselmeer. Indien er sprake is van ruimtebeslag in een Natura 2000-gebied dienen de effecten te worden beschouwd en mogelijk te worden gecompenseerd. De verwachting is dat de aanleg van de vooroever een dussdanige kwaliteitsimpuls aan het gebied geeft dat compensatie geen probleem is. Ook wordt de waterbergende functie van het IJsselmeer negatief beïnvloed. Voor het uitvoeren van dijkversterkingen gelden echter bepaalde uitzonderingen op dit vlak.
- In variant A wordt verhoudingsgewijs veel secundair materiaal toegepast, maar absoluut gezien ook veel materiaal door de hoge kruin. In variant B wordt minder materiaal toegepast, maar het aandeel primaire, niet-hernieuwbare materialen is veel hoger. Doordat bij variant B minder materiaal benodigd is, is er ook minder materieel benodigd, wat weer zorgt voor minder emissies van het materieel.
- Doordat er bij variant A binnendijs veel zand en klei aangebracht moet worden, is deze variant duurder in aanleg. Ook duurt de aanleg hierdoor langer, wat tot meer hinder leidt. Bij variant B zijn de instandhoudingskosten echter weer hoger, omdat er van wordt uitgegaan dat de gehele zetsteenbekleding een keer vervangen dient te worden.

Omdat de werkzaamheden bij variant B minder groot zijn in vergelijking met variant A, kan de uitvoering sneller, is er minder hinder en is de aanleg goedkoper. Daarentegen zijn de instandhoudingskosten juist hoger. Grootste nadeel is echter dat deze variant een stuk “gevoeliger” lijkt voor een eventuele wijziging in

de hydraulische belasting (met name voor de maatgevende waterstand), waardoor de variant waarschijnlijker sneller weer zal worden afgekeurd. De resultaten van de berekeningen riepen echter vragen op en zijn daarom nog eens extra beschouwd door Deltares. Hieruit bleek dat een verflauwing van het talud wel degelijk bestand is tegen peilverhogingen. Daarmee is gekozen om voor het traject Meerdijk-midden het ondertalud te verflauwen naar 1:5. De huidige plasberm verdwijnt dan. Het verflauwen van het ondertalud wordt niet toegepast direct achter de Maxima-centrale, omdat dit onwenselijk is voor de stroming van geloosd koelwater.

Daarnaast is het resultaat van de proef erosiebestendige overgangen meegenomen (zie paragraaf 2.2.1). Hierdoor kan de dijkkruin van de traditionele dijkversterking voor het traject Meerdijk-midden 20cm lager kan worden gerealiseerd. Een schetsmatig ontwerpprofiel van dijktraject Meerdijk-midden is weergegeven in .



Figuur 4-4: Ontwerpprofiel Traditionele dijkversterking Meerdijk-midden (inclusief effect kruinverlaging 20cm van proef erosiebestendige overgangen)



Figuur 4-5: Visualisatie versterking dijktraject Meerdijk-midden

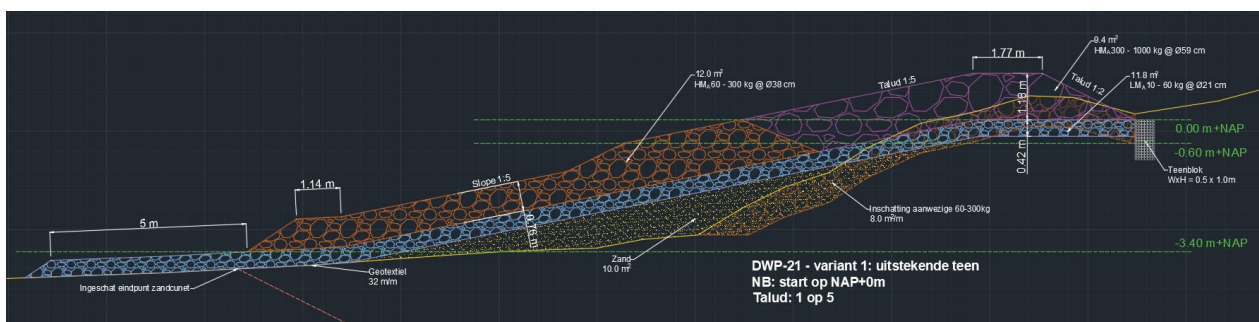
4.2.2 Teenontwerp

De huidige teenconstructie dient op drie trajecten te worden versterkt: Meerdijk-midden, Flevo Marina en Baaidijk-Midden. De bijbehorende randvoorwaarden voor deze locaties zijn herijkt op basis van uitgevoerde gootproeven.

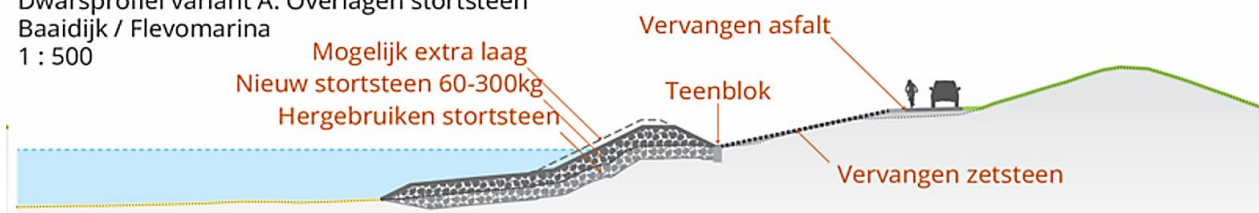
Er zijn twee varianten opgesteld die sterk van elkaar verschillen om zo een principiële keuze te kunnen maken in het ontwerp:

- **Variant A - Overlaging teen**

Variant A is een hoge teen die bestaat uit een toplaag van 300-1000kg op een filterlaag van 10-60kg. De toplaag wordt opgevangen door een tweede armourlaag, om de hoeveelheid 300-1000kg te beperken en zoveel mogelijk hergebruik mogelijk te maken. Deze tweede armourlaag bestaat uit 60-300kg en begint met 3-lagen dik (even dik als 2-laags 300-1000kg) en neemt vervolgens af naar 2 lagen tot aan de onderkant van de teen. De teen is van zichzelf geotechnisch stabiel met een teenblok van ongeveer 1 meter hoog.



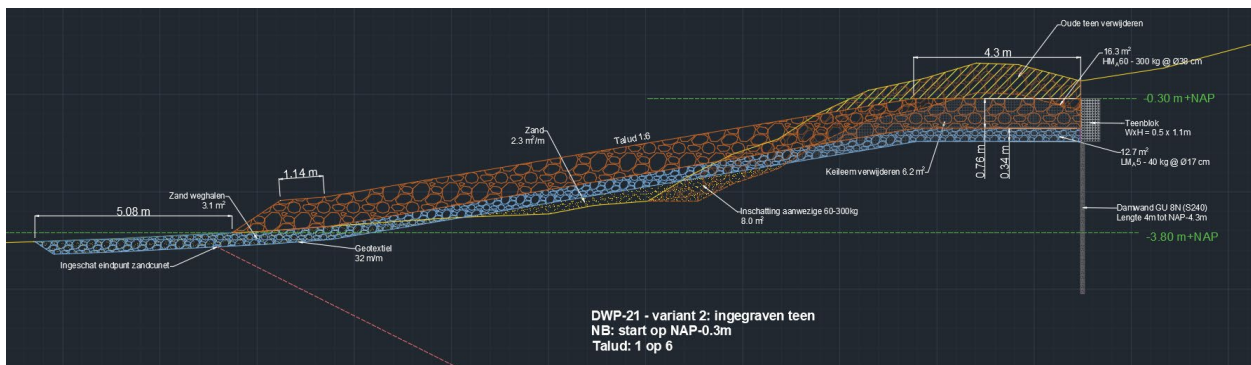
Dwarsprofiel variant A: Overlagen stortsteen
Baaidijk / Flevomarina
1 : 500



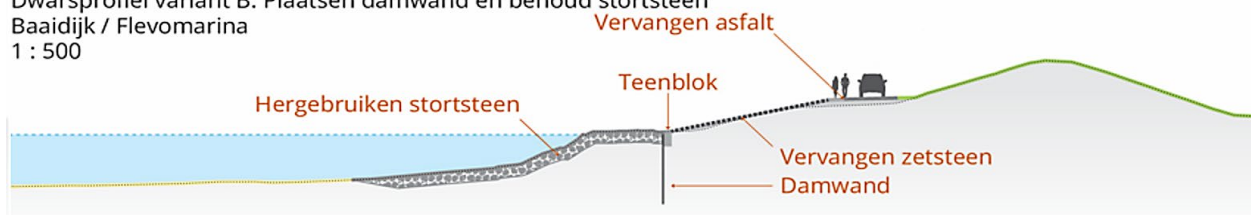
Figuur 4-6: Variant A – overlaging teen (boven Meerdijk-midden, onder Baaidijk-Midden/Flevo Marina)

- **Variant B - Ingegraven teen**

Variant B is een ingegraven teen, die bestaat uit een armourlaag van 60-300kg (wat mogelijk is door de lagere ligging) op een filterlaag van 5-40kg. Omdat in theorie de 5-40kg op de bodem van het IJsselmeer zelf niet stabiel genoeg is, zal deze ook moeten worden ingegraven. De teen is van zichzelf geotechnisch niet stabiel. Derhalve is een teenblok van ongeveer 1 meter hoog nodig met een damwand van 4 meter lang tot en met NAP-4.3m. De damwand dient minimaal type GU 8N (S240) te zijn.



Dwarsprofiel variant B: Plaatsen damwand en behoud stortsteen
Baaidijk / Flevomarina
1 : 500



Figuur 4-7: Variant B – Ingegraven teen (boven Meerdijk-midden, onder Baaidijk midden/Flevo Marina)

Met behulp van het afweegkader is een afweging gemaakt. De scoretabel is opgenomen in Bijlage 1 (Tabel 4). De belangrijkste afwegingen zijn:

- Variant B is lastiger uitvoerbaar: De teen moet ingegraven worden (onder water), daarnaast moet er een damwand worden ingetrild welke aan vervormingseisen moet voldoen. Variant A heeft als nadeel dat er een grotere zetting moet worden gecompenseerd omdat er buiten het cunet wordt gebouwd. Er zijn echter wel meer optimalisatiemogelijkheden in de geometrie van de teen en kan de aannemer slimme technieken inzetten om zetting te voorkomen en materiaal te besparen.
- Voor het criterium robuustheid scoort variant A iets beter. Dit heeft te maken met de extra ruwheid hoger in het profiel. Deze ruwheid heeft een groot effect op de golfremming. De extra ruwheid is nu niet meegerekend in de waterveiligheidsanalyse. Variant B is beter uitbreidbaar omdat de teen nog overlaagd kan worden in de toekomst zonder grote effecten op landschappelijke inpassing.
- Op het criterium milieu-impact en broeikasgassen scoort variant B licht negatief, onder meer door de stalen damwand die moet worden aangebracht. Op het criterium biodiversiteit scoort deze variant licht positief omdat stortsteen onder water meer natuur oplevert dan stortsteen bovenwater. Een grote hoeveelheid stortsteen bovenwater kan zelfs als verlies van natuurwaarden worden gezien.
- Bij variant A is veel stortsteen nodig en dat is relatief duur, maar toch is de damwand bij variant B dusdanig prijzig dat variant B duurder is geraamd. De instandhoudingskosten van variant B zijn ook duurder geraamd omdat aangenomen is dat de damwand een keer vervangen dient te worden.
- Variant B scoort beter op het criterium ruimtelijke kwaliteit en beleving. Dit komt doordat bij variant B de teen is ingegraven en daardoor minder in het zicht ligt, terwijl er bij variant A de waterlijn een stuk opgeschoven ligt t.o.v. bijvoorbeeld het fietspad. Aandachtspunt daarbij is dat opschot en rietvorming voorkomen wordt in deze lage zone.

Het gebruik van een damwand om de dijkteen te versterken (variant B) lijkt op de thema's haalbaarheid, kosten en planning en duurzaamheid niet voor de hand te liggen op deze locatie. Vanuit ruimtelijk oogpunt en natuurwaarden is deze variant wel beter beoordeeld, omdat er een minder grote "bult stenen" voor de dijk ligt. Dit is misschien een ontwerpuitdaging om mee te geven aan een aannemer. Op basis van de

totale scores (zie Tabel 4, Bijlage 1) is variant A gekozen als referentieontwerp. Variant B wordt contractueel niet uitgesloten. De kans dat een aannemer echter met een dergelijk ontwerp komt lijkt echter minimaal door de hogere kosten en de hogere MKI score van de damwand.

4.2.3 Golfklapbekleding traditionele dijkversterking – Meerdijk-midden

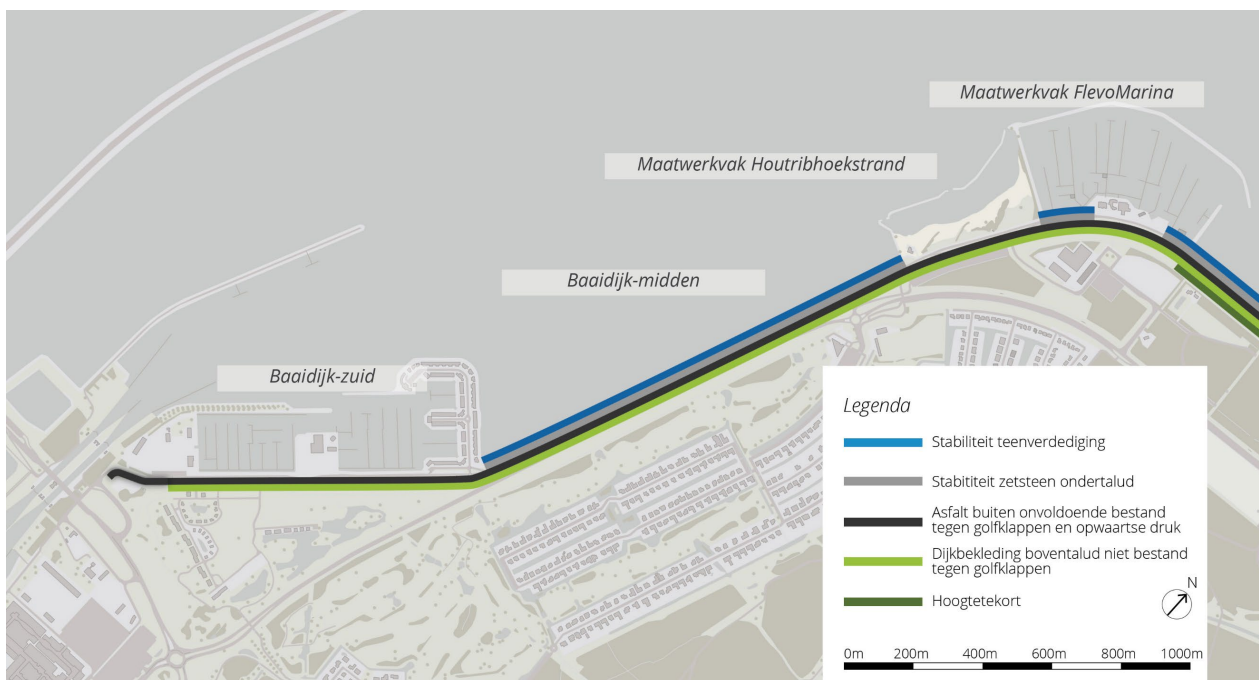
De huidige harde bekleding boven de berm, bestaande uit betonzuilen en bloksteen, zijn tijdens maatgevende condities onvoldoende bestand om golfklappen te weerstaan. De bestaande dijkbekleding wordt daarom vanaf de berm tot aan NAP +3m vervangen door een dijkbekleding die bestand is tegen tegen forse golven. Het gebruik van open steenasfalt (OSA) lijkt hier niet toepasbaar en daarom is voor het referentieontwerp uitgegaan van zetsteen. De huidige betonblokken die hoger liggen dan NAP+3m kunnen blijven liggen, die liggen namelijk boven de golfklapzone.

Voor het ruimtelijke beeld wordt de bekleding overlaagd met teelaarde en gras, waarbij wordt toegestaan dat de grasmat dus faalt bij hele heftige stormen met golfklappen op het boventalud. Dit wordt qua beheerinspanning haalbaar geacht, omdat de kans van voorkomen van een dergelijke storm enorm klein is, in de orde van 1/10.000 per jaar.

4.3 Afwegingen Baaidijk

Baaidijk kent een gefragmenteerde opgave aan de buitendijkse bekleding. Het dijktraject is weergegeven in .

In de planuitwerking is het ontwerp van de Baaidijk getoetst aan de maatgevende faalmechanismen en is een kleine optimalisatie in het teenontwerp van Baaidijk-Midden doorgevoerd, waardoor er minder stortsteen nodig is. In tegenstelling tot wat eerder werd gedacht, is het aanbrengen van een harde bekleding tot NAP+2,7m nodig. Om het ruimtelijke beeld van de dijk niet te verstoren wordt de harde bekleding verholten aangebracht (overlaagd met grond en gras). In het referentieontwerp is gekozen voor een open steenasfalt bekleding boven de buitenberm als harde bekleding, welke wordt overlaagd met teelgrond en gras.



Figuur 4-8: Dijktraject Baaidijk, inclusief de versterkingsopgave

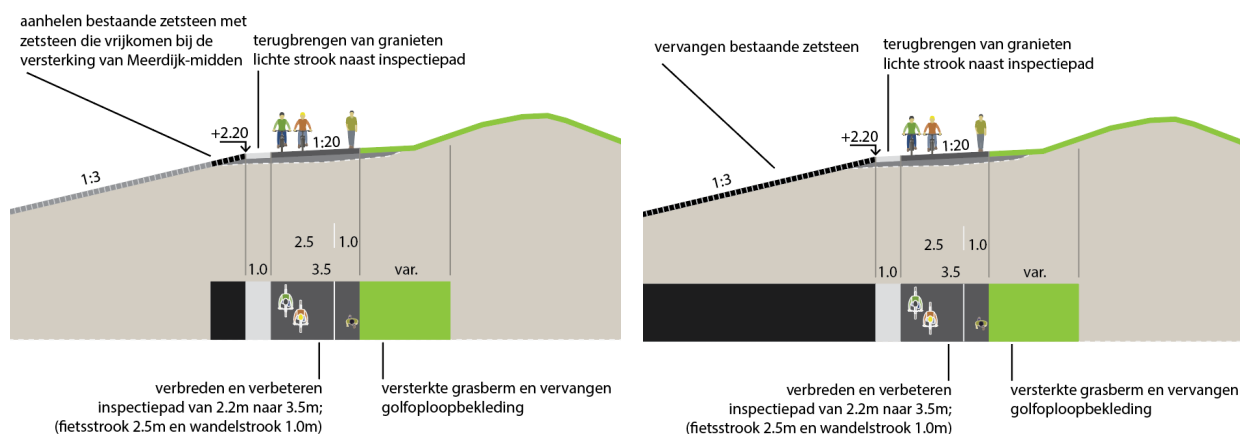
In de planuitwerking is ook aandacht besteed aan de ruimtelijke inpassing (o.a. overgangen) voor dit deel van de dijk.

De Baaidijk was bij de bouw van de dijk sterk vergelijkbaar met de Meerdijk. Alleen de aanleghoogte van de kruin was wat lager doordat de Baaidijk zich in de relatieve luwte bevindt van de Houtribdijk. De rest van het profiel en materialisering was identiek. In de loop van de tijd zijn aan de Baaidijk diverse voorlanden ontstaan van jachthavens, een strand en het woonwijkje Parkhaven. Door deze ontwikkelingen is de kenmerkende continuïteit van de IJsselmeerdijk als ruimtelijk element onder druk komen te staan.

Met het uitwerken van de waterveiligheidsopgave is onderzocht hoe het continue en stoere karakter van de dijk als ruimtelijk structurerend element versterkt kan worden. Daarbij is actief gezocht naar het herschikken van diverse inrichtingselementen en deeloplossingen om het soms wat rommelig beeld weer helder te krijgen.

In het ontwerp is de technisch opgave van de noodzakelijke verhoging van de buitenberm aangegrepen om de eenheid in de uitwerking van het dijkprofiel zo veel mogelijk terug te brengen. De buitenberm is ontworpen op een continue breedte van 3,5meter, met de karakteristieke 1 meter brede granieten band aan de IJsselmeerzijde en de 'groene dijktop' aan de polderzijde. Om de continuïteit verder te versterken is de buitenberm op een aantal plekken weer 'rechtgetrokken' in het kenmerkende IJsselmeerdijkprofiel.

Het helder en overzichtelijk maken van de buitenberm levert daarbij een bijdrage in het verhogen van de verkeersveiligheid op twee kruisingen. Het inspectiepad kan daardoor de functie voor recreatief gebruik ook beter vervullen. Voor de verdere versterking van recreatieve potentie van het inspectiepad is door middel van het aanbrengen van een lijnmarkering een afzonderlijke strook voor voetgangers gecreëerd, zie voor principeprofiel.



Figuur 4-9: Principeprofiel voor de versterkte buitenberm met recreatief medegebruik (links Baaidijk-zuid en Houtribhoekstrand en rechts Baaidijk-midden)

4.3.1 Baaidijk-Midden

Technisch en ruimtelijk ontwerp

Op het dijktraject Baaidijk-Midden past de verhoging van de buitenberm zonder problemen in het dijkprofiel. Voor dit dijktraject wordt naast het asfalt ook de zesteen vervangen en de teen versterkt. Het extra ruimtebeslag in het IJsselmeer blijft minimaal doordat alleen de teenbestorting wordt overlaagd met een grotere stortsteensortering. Het extra ruimteslag op waterlijnniveau is orde 1m. Een visualisatie van het referentieontwerp is opgenomen in Figuur 4-10.



Figuur 4-10: Visualisatie referentieontwerp Baaidijk-Midden

4.4 Afwegingen maatwerkvakken

4.4.1 Landtong Ketelbrug

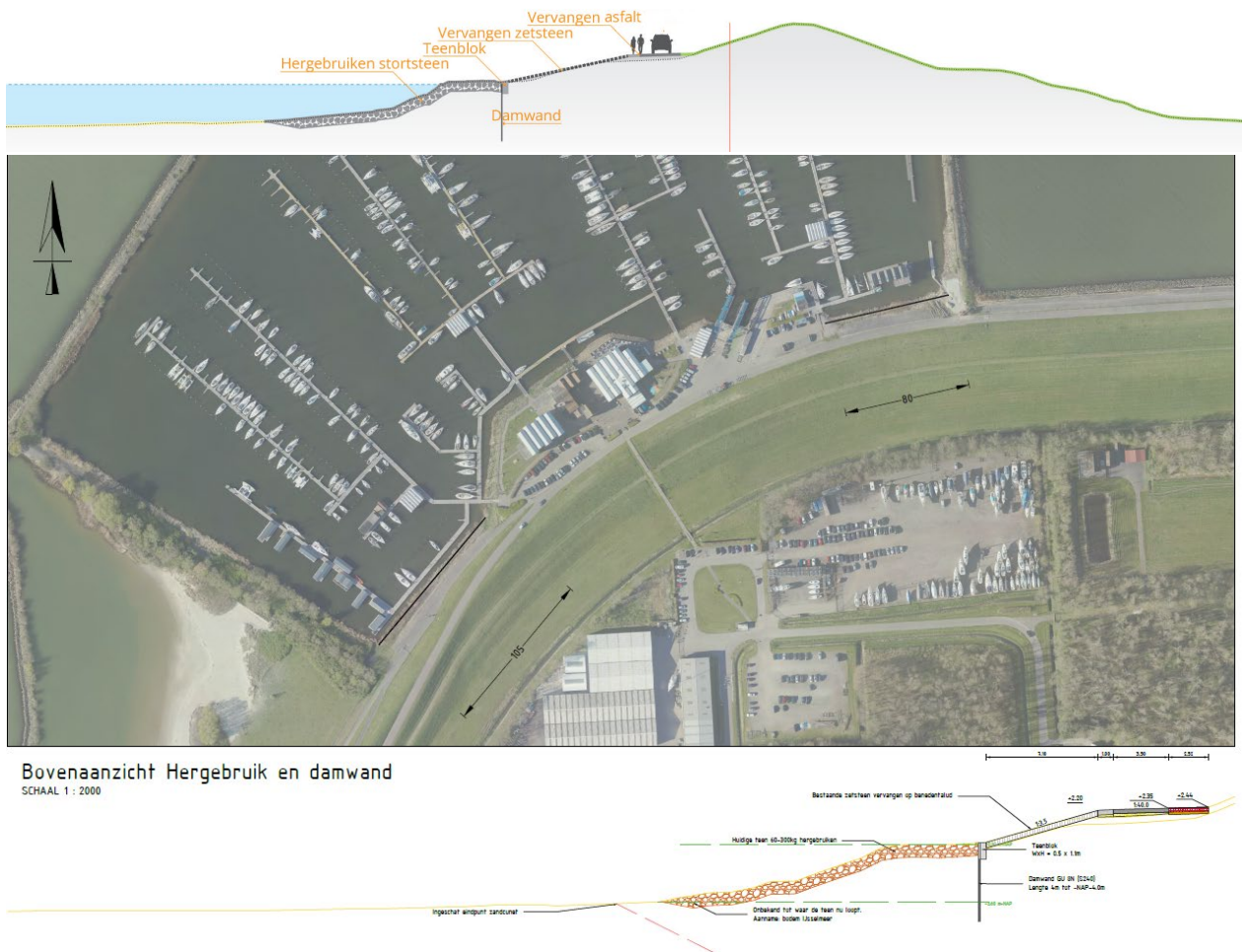
De landtong Ketelbrug maakt geen deel uit van de primaire waterkering van Flevoland, maar het dijkversterkingsproject sluit wel aan op de landtong. Deze aansluiting bestaat uit een opsluitdam (strekdam) van de vooroever die haaks aansluit op de landtong. Op deze manier blijft de landtong dus afzonderlijk goed te onderscheiden en wordt het hoekpunt van Flevoland nog helderder vormgegeven. Omdat de huidige asfaltbekleding op de buitenberm en het ondertalud van de landtong in een slechte staat verkeren is besloten om deze binnen het dijkversterkingsproject te vervangen. Dit betreft dus een onderhoudsopgave, waarbij het asfalt op het ondertalud en inspectiepad van de landtong wordt vervangen voor respectievelijk een zetsteenbekleding en een nieuwe asfaltbekleding. De materialisatie van de zetsteenbekleding sluit aan bij zetsteenbekleding die wordt toegepast voor de dijkversterking.

4.4.2 Flevo Marina

Bij de Flevo Marina bestaat de versterkingsopgave uit het versterken van de teenbekleding, de zetsteenbekleding en de asfaltbekleding. In de verkenningsfase is aangetoond dat de huidige havendammen onvoldoende sterk zijn om standzeker te zijn tijdens een maatgevende storm en dat het versterken van deze havendammen niet (kosten)efficiënt is.

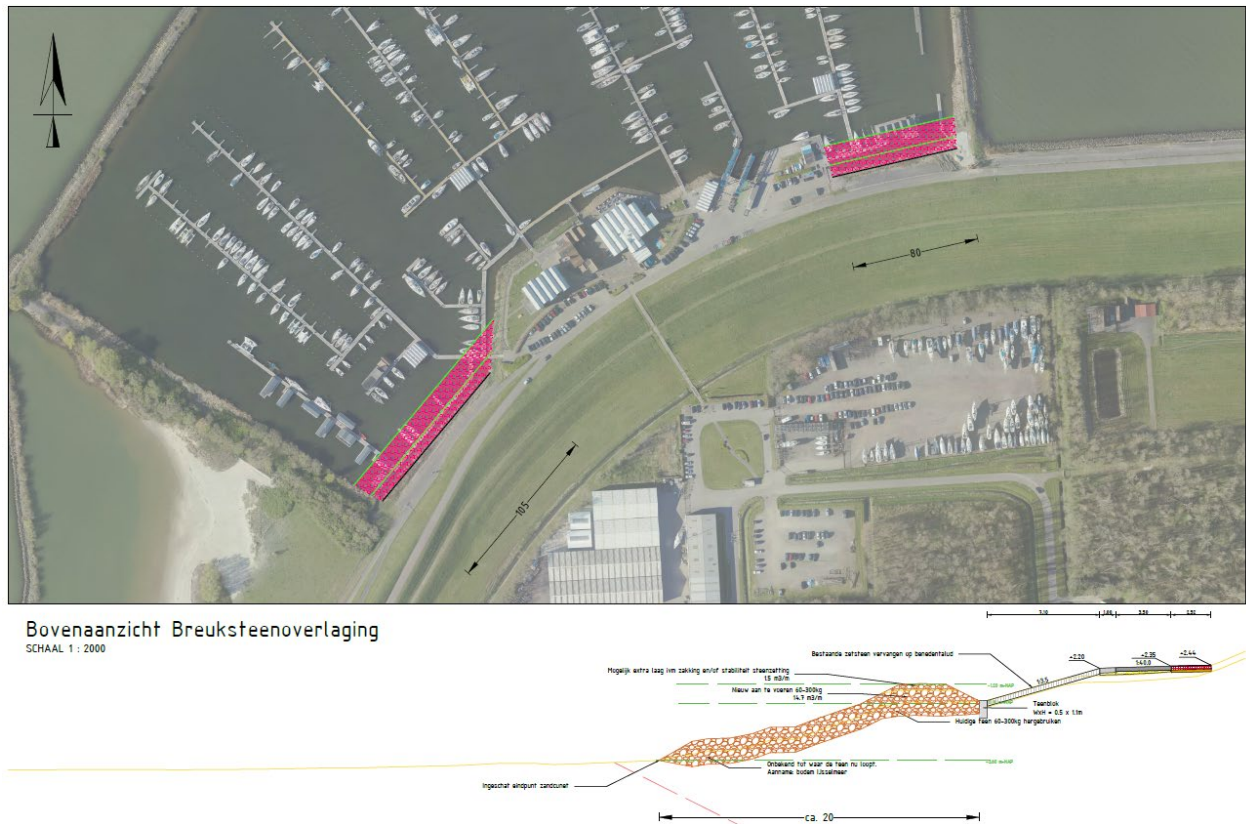
Bij de start van de planuitwerking zijn er 3 varianten beschouwd:

- **Variant A - Hergebruik huidige teen, aanbrengen damwand, vervangen zetsteen en asfalt**
De eerste variant is de huidige teenbekleding in z'n volledigheid te laten liggen en dus her te gebruiken. Met de nieuwe inzichten uit de golfgootproeven lijkt de dijkteen stabiel te zijn tijdens maatgevende stormen (m.a.w. de stenen blijven als gevolg van de golfbelasting voldoende op hun plek liggen).
Echter de huidige dijkteen is niet geotechnisch stabiel. De zetsteen op het ondertalud dient namelijk wel te worden vervangen voor zwaardere stenen en dat leidt tot een toename van de belasting op de teen. Om de teen geotechnisch stabiel te maken, is een 4 meter lange damwand nodig van het type GU 8N (S240) en een betonnen teenblok van 1.0x0.5m. Deze dient te worden ingegraven nadat de zetsteen is verwijderd en voordat de nieuwe zetsteen wordt opgebouwd.



Figuur 4-11: Variant A – Hergebruik teen en aanbrengen damwand

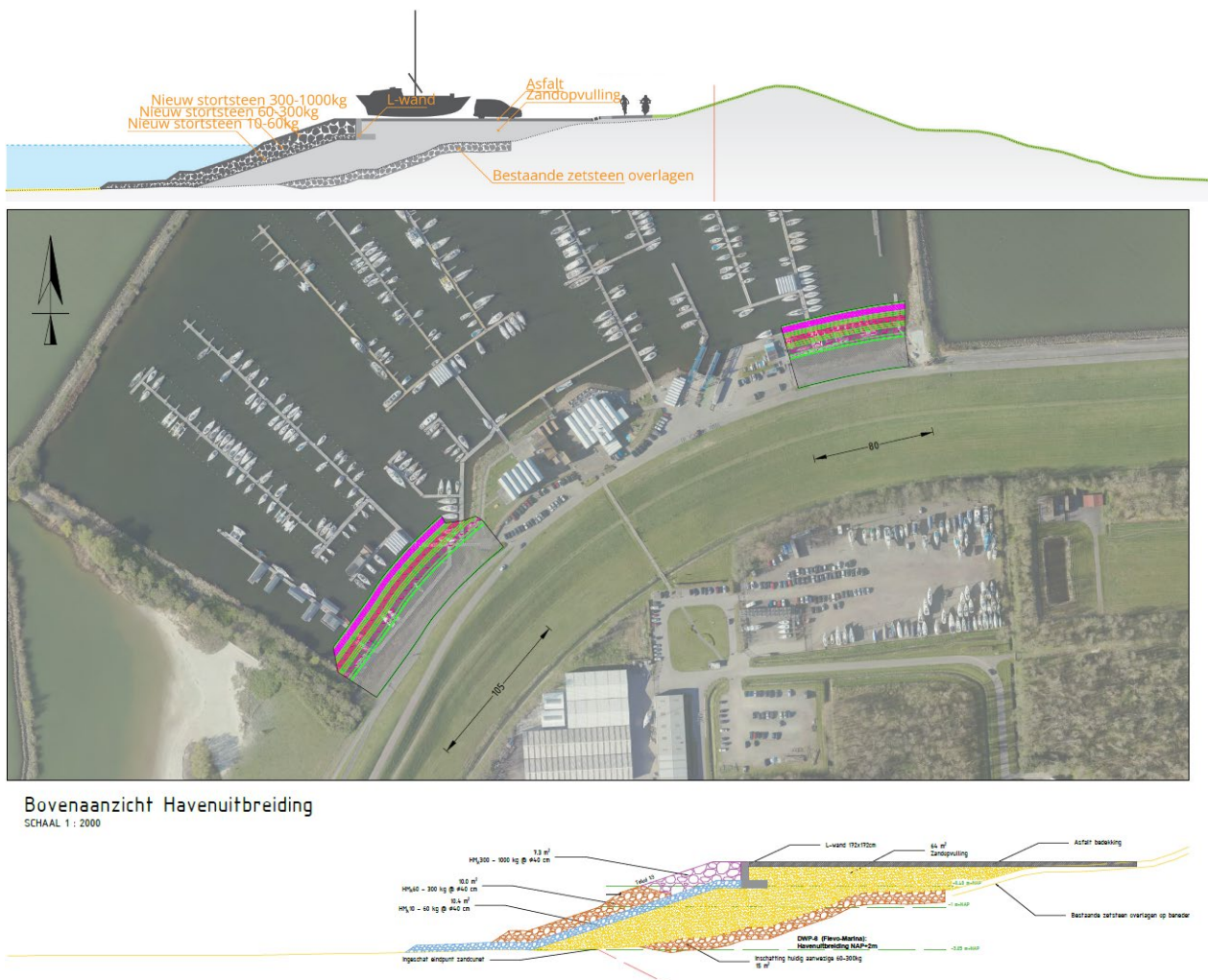
- Variant B - Overlaging huidige teen, vervangen zetsteen en asfalt**
 Deze variant is opgenomen in het voorkeursalternatief in de verkenningsfase. Bij deze variant wordt de huidige teen met nieuwe breuksteen overlaagd. Deze overlaging zal ervoor zorgen dat een damwand niet nodig is, omdat deze overlaging voldoende tegendruk zal geven op het zetstenen ondertalud om deze stabiel te houden. Waarschijnlijk zal een overlaging 2-laags 60-300kg sortering voldoende zijn, maar enige voorbehoud is vereist want het huidige onderwaterprofiel is niet geheel bekend. Door de overlaging wordt een ruimtebeslag van orde 2-3 m op waterlijnniveau ingenomen in de havenkom van de Flevo Marina, waardoor aanpassingen nodig zullen zijn aan de huidige steigers.



Figuur 4-12: Variant B – Overlaging huidige teen

- **Variant C – Buitendijkse uitbreiding Flevo Marina**

De Flevo Marina overweegt een uitbreiding van het (droge) haven terrein, binnen het project wordt dit beschouwd als meekoppelkans. Deze mogelijke uitbreiding is -conform afstemming met de eigenaar- veronderstelt als een buitenwaartse verplaatsing van 20 meter. Dit betekent dat er 20 m extra oppervlak bijkomt op NAP+2,0m. De aansluiting met het IJsselmeer geschiedt door een oever met een helling van 1:3 welke wordt bekleed met stortsteen. Aangenomen is dat de huidige zetsteen blijft liggen, deze hoeft niet te worden vervangen.



Figuur 4-13: Variant C - Uitbreiding Flevo Marina (meekoppelkansen)

Met behulp van het afweegkader is een afweging gemaakt. De scoretabel is opgenomen in Bijlage 1 (Tabel 5). De belangrijkste afwegingen zijn:

- Het aanbrengen van een damwand op deze locatie (variant A) is uitdagend en wordt daarmee het meest complex ingeschat. Een breuksteenoverlaging (variant B) is redelijk eenvoudig te realiseren. Het ontwerp van de uitbreiding (variant C) is niet heel ingewikkeld, maar is gevoelig met (rest)zettingen.
- Variant A heeft weinig golfremmende werking. De overlaging van breuksteen (variant B) zorgt voor golfremming en is minder gevoelig voor peilverhogingen. Van de drie varianten is variant C met afstand de meest robuuste versterkingsmaatregel.
- Voor het criterium milieu-impact en broeikaseffect scoort variant C het laagst, wat verklaarbaar is door de hoeveelheid extra materialen die wordt toegepast door de uitbreiding. Variant B scoort iets beter dan variant A, omdat de impact van het stortsteen aanbrengen beduidend lager is dan het aanbrengen van de damwand.
- Op het gebied van circulariteit scoort variant A neutraal. Voor variant B is massagewijs veel stortsteen nodig en bij variant C is de hoeveelheid materialen nog hoger, zeker in vergelijking met

variant A. Ook de inzet van materieel is bij variant C hoger, daardoor scoort deze variant slecht op stikstofuitstoot.

- Variant C is het best inspecteerbaar en is dusdanig robuust dat periodieke inspectie minder frequent hoeft uitgevoerd te worden. Variant A heeft een damwand en die is slecht inspecteerbaar, maar de breuksteen behoeft minder aandacht. Bij variant B is het breuksteen goed te inspecteren maar bijstorten is op deze locatie lastig.
- De geraamde investeringskosten van de verschillende varianten liggen dicht bij elkaar, waarbij variant B (overlagen) het duurst is en de variant A (damwand) het meest kostenefficiënt. Ondanks dat variant C wordt beschouwd als meekoppelkans blijkt het toch een redelijk kostenefficiënte maatregel om de dijk te versterken. Dit komt doordat bij deze variant de huidige zetsteen op het ondertalud niet vervangen hoeft te worden. Het aanbrengen van nieuw zetsteen is relatief duur. De instandhoudingskosten voor variant C zijn wel hoger, omdat is aangenomen dat de gehele uitbreiding wordt afgedekt met waterbouwasfalt en dat dit gedurende 100 jaar 2x wordt vervangen. Bij variant A is aangenomen dat tijdens de levensduur van 100 jaar de damwand een keer wordt vervangen en daardoor stijgen de kosten flink.
- Variant B (breuksteenoverlaging) scoort minder op ruimtelijke kwaliteit omdat bij deze variant het contact met het water wordt beperkt.
- Op het thema Gebruik en draagvlak scoort vooral variant C positief. Met de uitbreiding komt er extra werkruimte, zijn er meer mogelijkheden voor recreatief medegebruik en is er meer ruimte om het fietsverkeer en het verkeer van en naar de haven te scheiden. Bij de overlaging (variant B) is er voor deze aspecten juist minder ruimte. Voor het criterium "hinder tijdens aanleg" scoort variant B wel beter, want de werkzaamheden zijn relatief snel uit te voeren. Het slaan van een damwand vergt groot materieel en de aanleg van C is qua omvang het grootst.

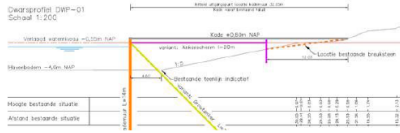
De meest logische versterking leek hier op voorhand de variant waarbij de teen wordt overlaagd en de zetsteen en de huidige onderhoudsweg wordt vervangen (variant B). Deze variant kan echter op weinig draagvlak rekenen. Variant C scoort op veel criteria beter, maar kan alleen doorgang vinden met aanvullende financiering vanuit Flevo Marina. De uitbreiding richting IJsselmeer is namelijk niet HWBP subdiabel omdat dit niet benodigd is om te voldoen aan de de waterveiligheidseisen. Omdat de aanvullende financiering te gortig bleek viel variant C af. Omdat variant A te duur is en variant B niet op draagvlak kan rekenen is een nieuwe variant samengesteld. Een variant die de positieve aspecten van variant C bundelt, maar niet uitgaat van een uitbreiding richting IJsselmeer en hierdoor wel subsidiabel is.

Deze nieuwe oplossing gaat ervan uit dat de dijkteen versterkt wordt door de huidige plasberm te overlagen met een zwaardere steensortering. Op de plasberm wordt een L-muur geplaatst. De ruimte die ontstaat tussen de bestaande L-muur en de huidige zetsteen op het buitentalud wordt opgevuld met zand en afgedekt met asfalt. Zo ontstaat een bredere berm en daarmee de mogelijkheid om functies (bedrijvigheid en gebruik van het inspectiepad van de dijk) beter en veiliger te scheiden. Groot voordeel van deze oplossing is dat de huidige zetsteen niet vervangen hoeft te worden en daarmee is dit ontwerp in aanlegkosten goedkoper dan de eerder beschouwde varianten. Ander groot voordeel is dat er geen ruimtebeslag meer benodigd is in de havenkom en dat uitvoering vanaf land mogelijk is, wat de overlast voor Flevo Marina enorm beperkt. Dit alternatief is opgenomen als dijkversterkingsmaatregel bij het maatwerkvak Flevo Marina.

In onderstaand overzicht zijn de voordelen op de meest belangrijke criteria van het nieuwe ontwerp ten opzichte van andere varianten inzichtelijk gemaakt:

Projectgerelateerd

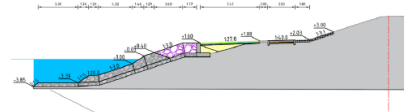
¹ *Damwand als kademuur*



Damwand als teenschot



Voorgesteld oplossing OL2



Kosten

Hoog (ten minste factor 5 meerkosten)

Kosten bij binnenwaarts verschuiven beperkt lager.

Uitvoeringsduur

Lang

Uitvoering vanaf land mogelijk?

Nee

Duurzaamheidsscore

Laag, door meer materiaal gebruik en ingewikkelde uitvoeringsmethode

HWBP-subsidiemogelijkheid

Beperkt, want niet sober de doelmatig

Kosten

Relatief hoog, door vervanging van zetsteen

Uitvoeringsduur

5 - 9 maanden (moet in open seizoen)

Uitvoering vanaf land mogelijk?

Waarschijnlijk wel

Duurzaamheidsscore

Matig, door damwand en vervanging zetsteen

HWBP-subsidiemogelijkheid

Waarschijnlijk wel

Kosten

Beperkt, doordat zetsteen overlaagd wordt

Uitvoeringsduur

2 - 7 maanden (kan in gesloten seizoen)

Uitvoering vanaf land mogelijk?

Ja

Duurzaamheidsscore

Het duurzaamste alternatief

HWBP-subsidiemogelijkheid

Ja, want de oplossing is sober de doelmatig

Figuur 4-14: Voorgesteld ontwerp ten opzichte van alternatieven met een damwand

Vanuit ruimtelijk oogpunt is gekozen om de nieuwe bredere berm aan de oostzijde volledig te bekleden met waterbouwasfalt en aan de westzijde een grasstrook aan te brengen onder een verborgen bekleding van opensteenafalt. Op het boventalud wordt de zetsteenbekleding versterkt tot NAP+2,7m. Gekozen is om open steenafalt aan te brengen welke overlaagd wordt met teelaarde en een grasbekleding, op het oog verandert er zo niks aan het beeld. In is met behulp van een point cloud visualisatie het ontwerp inzichtelijk gemaakt, waarbij de huidige situatie aan linkerkant is weergegeven en het nieuwe ontwerp aan de rechterzijde.



Figuur 4-15: Ontwerp Flevo Marina op basis van een point cloud visualisatie (links bestaand en rechts ontwerp dijkversterking)

De versterking van de Flevo Marina sluit aan op de vooroever en wordt gescheiden door een strekdam. Het is de wens van Flevo Marina om deze deels recreatief in te richten. Het ontwerp van de aansluiting is weergegeven in .



Figuur 4-16: Aansluiting vooroever met tegen Flevo Marina

Fiets- en wandelpad bij Flevo Marina/Houtribhoekstrand

Binnen het dijkversterkingsproject wordt het bestaande inspectiepad opgewaardeerd naar een pad dat recreatief medegebruik mogelijk maakt. Hier is deels een subsidie voor beschikbaar.

Specifiek ter hoogte van Flevo Marina en Houtribhoekstrand is de combinatie lastig, omdat veel (verkeers)stromen samenkomen en dit leidt tot een rommelig beeld en zelfs geregeld tot onveilige situaties tussen fietsers en bedrijfsverkeer. In het verleden zijn -volgens de eigenaar van Flevo Marina- al meerdere ongelukken gebeurd. Van de huidige situatie is onderstaande visualisatie gemaakt:

Huidige situatie

Variantenstudie inpassing versterkingsopgave rond Flevo Marina en Houtribhoekstrand



Figuur 4-17: Huidige situatie verkeerssituatie rond Flevo Marina en Houtribhoekstrand

Voor het deel tussen Houtribhoekstrand en Flevo Marina zijn drie varianten beschouwd:

- **Variant A - Fietspad op de buitenberm**

Deze variant gaat uit van de integratie van een fiets- en wandelpad op de buitenberm waar ook het inspectiepad op is gelegen. Deze variant gaat dus grotendeels uit van de huidige situatie, behalve dat in de nieuwe situatie waarschijnlijk betere bebording en belijning zal worden geplaatst en de huidige slagbomen worden vervangen voor meer fietsvriendelijke alternatieven. Deze variant kan worden beschouwd als de “basis-variant”. De variant is in kosten beperkt en biedt in de basis “fietscomfort” omdat over de volledige lengte van IJsselmeerdijk op de buitenberm kan worden gefietst (er zijn dus geen overgangen naar de kruin of de binnenberm). Grootste nadeel van deze variant is dat het optreden van onveilige situaties bij Flevo Marina slechts zeer beperkt kan worden opgelost; het raakvlak blijft immers in stand. Een visualisatie van deze variant is hieronder weergegeven.

Variant ‘fietspad’ op buitenberm

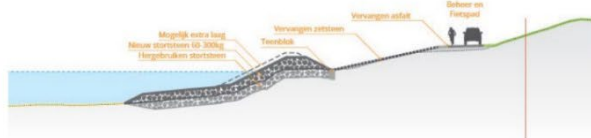
Variantenstudie inpassing versterkingsopgave rond Flevo Marina en Houtribhoekstrand

Plussen

- Continuïteit van dijkprofiel en de buitenberm
- Fietscomfort door afwezigheid van hoogteverschillen in route
- In de basis zijn de kosten beperkt

Minnen

- Afhankelijk van versterkingsoptie wordt de knoop tussen fiets- en bedrijfsverkeer meer of minder ontward
- Beperking in fietscomfort en/of bedrijfsvoering Flevo Marina



Figuur 4-18: Variant A – Fietspad op buitenberm

- **Variant B - Fietspad op de kruin**

Variant B gaat uit van het creëren van een fietspad/wandelpad op de kruin van de dijk over de volledige trajectlengte Houtribhoekstrand en Flevo Marina. De variant heeft een aantal grote plussen:

1. Gevaarlijke situaties tussen fietsers en bedrijfsverkeer bij de Flevo Marina worden vermeden;
2. Er ontstaat meer ruimte voor Flevo Marina en Houtribhoekstrand;
3. Er ontstaat een route met een panoramisch uitzicht.

Daarentegen heeft deze variant ook een aantal nadelen:

1. Het vergt een grote en kostbare ingreep aan het binnentalud, de weg Overstag en de parkeerplaats ter hoogte van het Houtribhoekstrand
2. Door het hoogteverschil vermindert het fietscomfort langs de IJsselmeerdijk.

Een visualisatie van deze variant is in Figuur 4-19 weergegeven.

Variant 'fietspad' op kruin

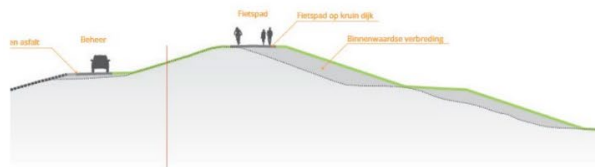
Variantenstudie inpassing versterkingsopgave rond Flevo Marina en Houtribhoekstrand

Plussen

- Ontwarren knoop fiets- en bedrijfsverkeer
- Prachtige route met panoramisch uitzicht op bijzondere locatie
- Meer ruimte voor Flevo Marina
- Mogelijkheid om hellingen van het binnentalud weer scherp te maken
- Dijkberm onderdeel van Houtribhoekstrand

Minnen

- Discontinuïteit van dijkprofiel en de buitenberm
- Vermindering fietscomfort door het extra hoogteverschil in route
- Grote en kostbare ingreep aan het binnentalud, beheerpad, Overstag en parkeerplaats



Figuur 4-19: Variant B - Fietspad op de kruin

• Variant C - Een losliggend fietspad op de binnenberm

Variant C betreft het realiseren van een losliggend fietspad op de huidige binnenberm van de dijk over de trajectlengte Houtribhoekstrand en Flevo Marina. De variant heeft een aantal grote plussen:

1. Gevaarlijke situaties tussen fietsers en bedrijfsverkeer bij de Flevo Marina worden vermeden;
2. Er ontstaat meer ruimte voor Flevo Marina en Houtribhoekstrand;
3. De ingreep is beperkt en daardoor de kosten ook.

Daarentegen heeft deze variant ook een aantal nadelen;

1. Het is de minst aantrekkelijke fietsroute qua uitzicht (beperkte kwaliteit) en
2. Doorgaande fietsers krijgen te maken met grote hoogteverschillen omdat zij van eerst van de buitenberm naar de binnenberm en vervolgens weer naar de buitenberm worden geleid; dit is een sterke vermindering van het fietscomfort. De vraag is zelfs of fietsers niet alsnog kiezen om op de buitenberm te fietsen langs het Houtribhoekstrand en de Flevo Marina.

Een visualisatie van deze variant is in Figuur 4-20 weergegeven.

Variant 'fietspad' op binnenberm

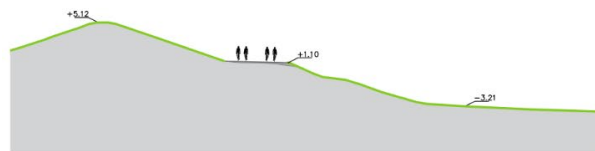
Variantenstudie inpassing versterkingsopgave rond Flevo Marina en Houtribhoekstrand

Plussen

- Ontwarren knoop fiets- en bedrijfsverkeer
- Meer ruimte voor Flevo Marina
- Beperkte kosten van ingreep
- Dijkberm onderdeel van Houtribhoekstrand

Minnen

- Discontinuïteit van dijkprofiel en de buitenberm
- Beperkte kwaliteit van fietsroute
- Sterke vermindering fietscomfort door het grote hoogteverschillen in route



Figuur 4-20: Variant C - Fietspad op de binnenberm

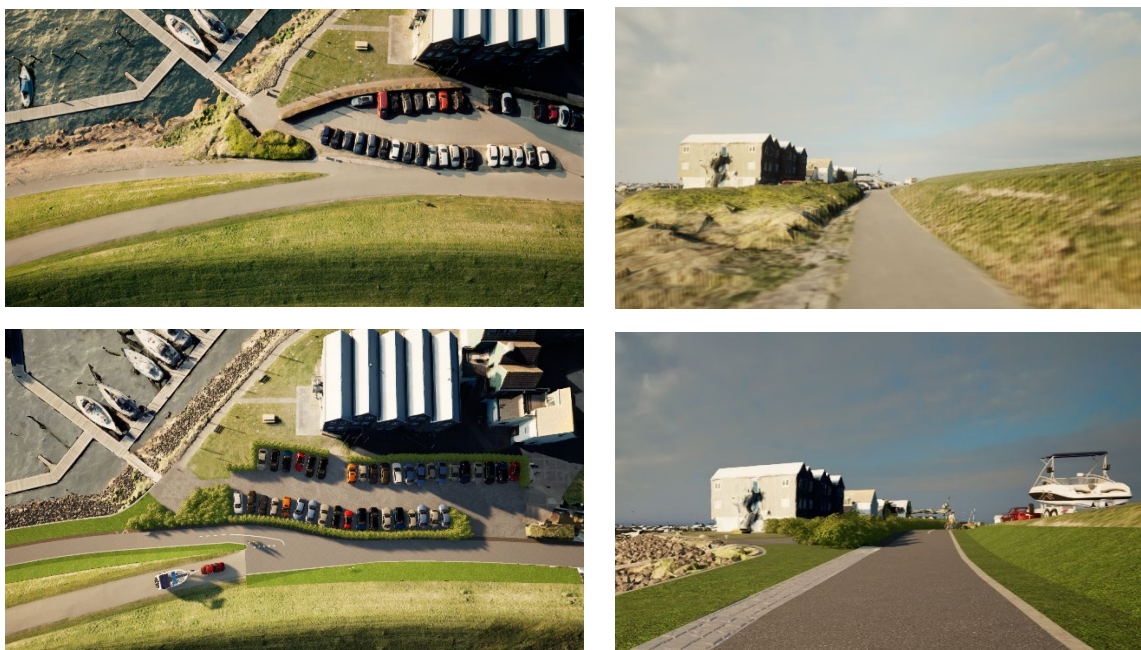
Met behulp van het afweegkader is een afweging gemaakt. De scoretabel is opgenomen in Bijlage 1 (Tabel 7). De belangrijkste afwegingen zijn:

- Voor het criterium uitvoerbaarheid wordt variant C (binnenberm) positief onderscheidend beoordeeld, bij deze variant is het aanbrengen van asfalt zeer eenvoudig. Variant B (kruin) wordt juist onderscheidend negatief beoordeeld omdat bij deze variant de meeste en grootste werkzaamheden plaatsvinden en ook aanpassing aan de binnendijkse parkeerplaats bij Houtribhoekstrand en de weg Overstag nodig is.
- Voor het criterium veiligheid scoort variant A licht negatief en varianten B en C juist licht positief. Bij variant A blijft de onveilige situatie bij de Flevo Marina (gedeeld gebruik bedrijfsverkeer en fietsers) onveranderd, terwijl bij varianten B en C dit juist wordt aangepast (gescheiden). Hierdoor scoren deze varianten ook positief op recreatief medegebruik en op verkeer en bereikbaarheid.
- Voor het criterium milieu-impact en broeikaseffect en circulariteit scoort variant A het beste, omdat hier amper werkzaamheden zijn. Voor variant C is er enkel de aanleg van asfalt op de binnenberm, terwijl bij variant B significant veel werk moet plaatsvinden. Hierdoor scoort variant B ook negatief op stikstofuitstoot.
- De investeringskosten voor variant B en C zijn hoger dan voor variant A en het is niet zeker of deze kosten subsidiabel zijn. Ook de onderhoudskosten zijn voor variant B en C hoger.
- Op ruimtelijke kwaliteit en beleving scoort variant B sterk onderscheidend positief: een fietspad op de kruin biedt op dit punt een panoramisch uitzicht over de Baaidijk en de Meerdijk (waar een vooroever komt) en dit voegt echt veel belevingswaarde toe. Voor variant C wordt de belevingswaarde juist een stuk minder doordat binnendijks geen mooi uitzicht is (loodsen in plaats van ruim uitzicht over het IJsselmeer).
- Voor criterium bebouwing en bedrijvigheid scoort variant A het meest negatief omdat een fietspad op deze locatie conflicteert met de bedrijvigheid in de Flevo Marina. Varianten B en C hebben dit conflict niet, maar variant B heeft wel invloed op de binnendijkse parkeerplaats bij Houtribhoekstrand.
- De hinder tijdens de aanleg zal bij variant B het grootst zijn (de ingreep is simpelweg het grootst) en bij variant C het minst (want weinig raakvlak met verkeersstromen)

- Variant A heeft minder draagvlak bij Flevo Marina. Waarschijnlijk is het draagvlak bij omgevingspartijen en bij de fietsersbond voor variant B het grootst.

De varianten scoren dus zeer verschillend. Variant A (buitenberm) is niet de gewenste oplossing van een belangrijke stakeholder en lost de huidige onveilige situatie minder op dan varianten B en C. Maar door de gekozen dijkversterkingsmaatregel waarbij de buitenberm wordt verbreed, is toch veel verbetering mogelijk om tot een meer veilige inrichting te komen. Variant B (kruin) lost het veiligheidsprobleem wel op en biedt de recreant enorme meerwaarde door het panoramische uitzicht vanaf de kruin, echter de meerkosten van deze variant zijn fors. Variant C is een alternatief dat enigszins voelt als een niet geheel geslaagd compromis. De kosten zijn beperkt en het raakvlak met de bedrijvigheid kan worden voorkomen, maar het is de vraag of de fietser/wandelaar de moeite neemt om tweemaal de dijkkruin over te steken naar deze minder aantrekkelijke route als de mogelijkheid blijft bestaan om op de buitenberm te blijven.

Als uitgangspunt voor het verdere ontwerpproces is variant A gekozen. De opgave is in samenhang met het ontwerp van Flevo Marina verder uitgewerkt. In de verdere planuitwerking is de kruising met de Overstag opnieuw ontworpen. Vanaf deze kruising delen het recreatief verkeer en bedrijfsmatig verkeer de buitenberm tot aan de scheepslift. Hier is het scheiden van de verkeersstromen niet mogelijk en worden weggebruikers alert gemaakt dat gemengd gebruik van de weg van toepassing is. Dit is gedaan door onder andere goede belijning met duidelijk voorrangregels toe te passen, paaltjes en terreinafscheidingen te plaatsen en een andere kleur en type slijtlaag van het asfalt te gebruiken (specifieke eisen zijn opgenomen in het contractstuk Esthetisch Programma van Eisen). Een visualisatie van de kruising van buitenberm met de weg Overstag is weergegeven in .



Figuur 4-21: Visualisatie kruising buitenberm met de weg Overstag (boven bestaand en onder nieuw)

4.4.3 Maxima-centrale

Direct achter de Maxima-centrale is de waterveiligheidsopgave beperkt tot het vervangen van zetsteen en het vervangen van het asfalt op de buitenberm. Vanuit landschappelijk oogpunt is echter in de

verkenningfase gekozen om de versterkte “hoge dijk” door te laten lopen tot de entree van de Maxima-centrale terwijl dit vanuit waterveiligheidsoogpunt dus niet noodzakelijk is. Het doortrekken van de hoge dijk leidt echter tot een knelpunt: er zijn hoogspanningskabels aanwezig die over de dijk hangen, waarbij een minimale vrije ruimte van 6m in acht genomen dient te worden. Deze eis geldt zowel voor personen als voor (onderhouds)materieel. De minimale vrije ruimte heeft invloed op het (beheer)materieel dat kan worden toegestaan op de dijk. Vanuit veiligheidsoogpunt is het daarom nodig om maatregelen te treffen om te voorkomen dat er ongelukken gebeuren. Er zijn twee varianten onderzocht die als doel hebben de 6m vrije ruimte te garanderen.

- **Variant A - Kruin verhogen en beheersmaatregelen**

Binnen deze variant zal de dijkkruin volgens het standaardontwerp worden verhoogd, wat resulteert in een afname van de ruimte tussen de kabels en de kruin. Hierbij wordt uitgegaan van een volledig binnenwaartse versterking (zie paragraaf 4.2.1); de minder hoge vierkante versterking is ter plaatste van de Maxima-centrale niet gewenst. Om de veiligheid te waarborgen, worden beheersmaatregelen geïmplementeerd, waarbij bepaalde voertuigen niet toegestaan worden onder de kabels. De maximale hoogte van een voertuig op de kruin wordt beperkt tot 2,4 meter. Dit biedt enkel ruimte voor kleinschalig onderhoudsmateriaal, wat afwijkt van de standaardmethodes van het waterschap.

Om te garanderen dat te hoge voertuigen niet onder de kabels kunnen komen, moet er een solide en duidelijk zichtbaar hekwerk worden geplaatst. Het is mogelijk dat er ook borden geplaatst moeten worden, aangezien het gevaar van hoogspanning niet direct zichtbaar is vanaf het maaiveld.

Landschappelijk gezien loopt de dijk vanuit aangrenzende gebieden in een vloeiende lijn en wordt alleen onderbroken door een verlaging in de dijk die dient als toegang tot de Maxima-centrale.

Deze maatregel behoudt het uniforme en strakke karakter van de dijk, maar aanvullende maatregelen zijn nodig voor het beheer van de dijk.



Figuur 4-22 Impressie van de kruin verhogen en hekwerken plaatsen (variant 6A)

- **Variant B: Huidige situatie behouden en aansluiten**

Binnen deze variant wordt de opening in de dijk “de Maximapoort”, die toegang verleent tot de Maxima-centrale, vergroot. Deze verlaging in de nieuwe dijk omvat zowel de toegangsweg als de twee groepen kabels. Deze aanpassing is zoals eerder genoemd mogelijk binnen het raamwerk van hoogwaterveiligheid. De verhoging van de dijkkruin heeft voornamelijk als doel om overslag

van golven tegen te gaan. Echter, aangezien de Maxima-centrale zelf de impact van deze golven vermindert, is de verhoging van de dijkkruin niet noodzakelijk.

Bij deze variant blijft de huidige dijkkruin dus over een langere lengte intact en de bestaande IJsselmeerdijk kan over een langere afstand worden gehandhaafd. Deze variant biedt voordelen door een afname in benodigd grondverzet en het beheer kan worden uitgevoerd met standaard materieel, wat ook als veiliger kan worden beschouwd. Het nadeel is dat de dijk onderbroken wordt en op een andere manier landschappelijk dient te worden ingepast.



Figuur 4-23 Impressie van de opening in de dijkversterking (Variant 6B)

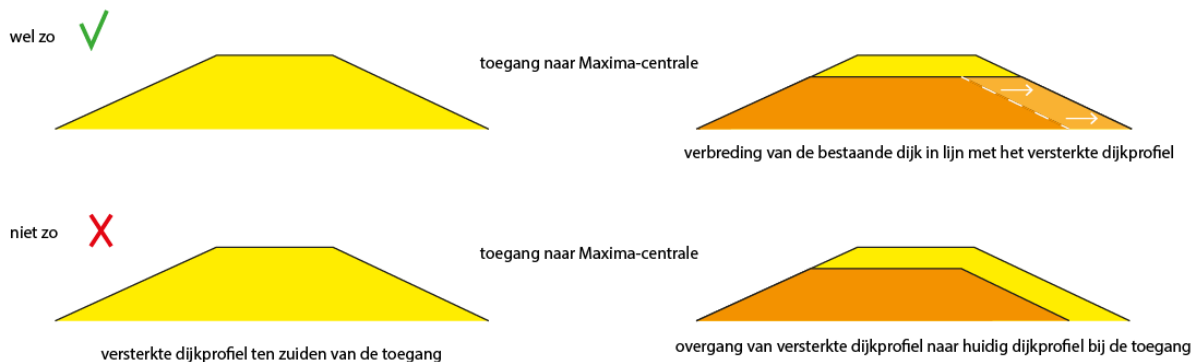
Met behulp van het afweegkader is een afweging gemaakt. De scoretabel is opgenomen in Bijlage 1 (Tabel 6). De belangrijkste afwegingen zijn:

- Variant B scoort licht positief vanwege de kleinere opgave en het resulterende kleinere grondverzet. Ook scoort deze variant positiever op het aspect veiligheid, omdat er minder ingrijpende werkzaamheden plaatsvinden direct onder de elektriciteitskabels. Hierdoor is de dijk ook beter beheerbaar. Variant A scoort positiever op robuustheid omdat deze variant beter bestand is tegen verandering van de randvoorwaarden zoals dominante windrichting of peilstijgingen.
- Variant B scoort zeer positief op de criteria milieu-impact en broeikaseffect, circulariteit en stikstofuitstoot omdat er veel minder inzet van materiaal en materieel is. Dit is ook de reden waarom variant A duurder is.
- Variant A scoort beter op ruimtelijke kwaliteit en beleving omdat de hoge dijk aansluit op de naastgelegen hoge dijk.
- Voor Variant A is er minder draagvlak omdat de aanleg van de dijk onder de hoogspanningskabels, ondanks de mitigerende maatregelen, een veiligheidsrisico is voor de Maxima-centrale.

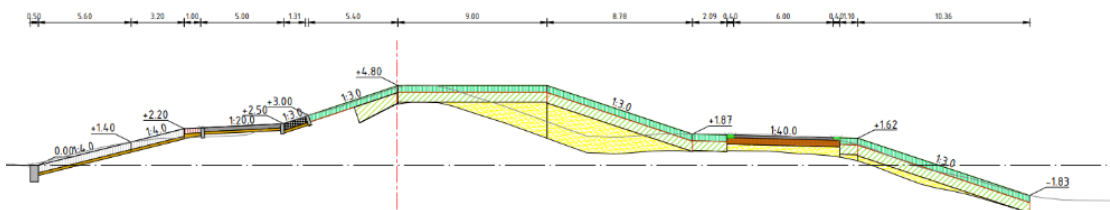
Het doortrekken van de hoge dijk voldoet beter aan het opgestelde ruimtelijk kwaliteitskader en is ook een robuuste keuze, maar op heel veel andere criteria scoort variant B aanzienlijk beter. Bij variant B wordt de dijk dus niet verhoogd en daardoor wordt het raakvlak met de hoogspanningskabels goed beheerst en zijn er nagenoeg geen werkzaamheden aan de dijk op dit dijktraject. Dit zorgt voor onderscheidend positieve scores op de volgende criteria; uitvoerbaarheid; veiligheid tijdens aanleg en beheerfase, beheerbaar, investeringskosten, instandhoudingskosten, planning, milieu-impact, stikstofuitstoot, hinder tijdens aanleg en draagvlak.

Er is gekozen om variant B op te nemen als referentieontwerp. In de verdere planuitwerking is onderzocht hoe de huidige "lage" dijk goed ingepast kan worden tussen twee strekkingen waar de dijk flink wordt verhoogd.

Direct achter de Maxima-centrale wordt de zetsteen vervangen, maar de huidige dijksteen niet. Het ondertalud wordt hier ook niet verflauwd naar 1:5 om geen ruimte van de uitstroomkom in te nemen. Vanuit het uitgangspunt om de continuïteit van het dijkprofiel zo groot mogelijk te maken, is in het ontwerp wel de hele breedte van de versterkte dijk aangehouden waarbij de kruinhoogte op het huidige niveau wordt gehouden (zie onderstaande afbeelding). Groot voordeel daarbij is dat de entree naar de Maxima-centrale het best als een snede in de dijk kan worden vormgegeven, dit principe is schetsmatig weergegeven in . Een technisch versterkingsprofiel achter de Maxima-centrale is weergegeven in .



Figuur 4-24: Principe van ontwerp 'coupure' bij de toegang van de Maxima-centrale



Figuur 4-25: Technisch ontwerpprofiel dijkversterking Maxima-centrale

Voor het kruispunt bij de Maxima-centrale is een alternatief wegontwerp gemaakt, passend bij een 60 km/u weg (ook wel Erftoegangsweg), zodat dit beter aansluit bij de rest van de weg. Op dit moment is het kruispunt passend bij een 80 km/u weg, terwijl de weg zelf (IJsselmeerdijk) conform CROW richtlijnen niet geschikt is voor een snelheid van 80 km/h. Voor de weg ten noorden van de Maxima-centrale zijn flink veel maatregelen voorzien om deze niet meer aantrekkelijk te maken voor illegale autoraces. Ook in dit licht is het niet passend om een enorm kruispunt behorend bij 80 km/h aan te leggen. In het ontwerp is rekening gehouden met de boogstralen van vrachtverkeer. Een visualisatie van het nieuwe kruispunt is opgenomen in Figuur 4-.



Figuur 4-26: Visualisatie nieuw kruispunt Maxima-centrale

4.4.4 Baaidijk-Zuid - Houtribhaven

De toegang naar de Houtribhaven vanaf de buitenberm van de dijk is een pakkend voorbeeld van hoe in de loop van de tijd een stapeling van deeloplossingen hebben geresulteerd in een behoorlijk verrommeld beeld. Door het rechtstrekken van de buitenberm en het iets binnenwaarts opschuiven van de huidige klinkerweg, komt het beeld van de doorlopende buitenberm terug en wordt de verkeersveiligheid rond de ingang verbeterd. De bestaande begroeiing tussen hekwerk en inspectiepad op de buitenberm wordt omgevormd in een haagbeplanting en ook ten zuiden van de toegang wordt een haagbeplanting toegevoegd tussen het hekwerk en pad. Dit levert een eenduidig en rustig beeld op. Door de ruimere toegang naar de Houtribhaven wordt de kans op het kapotrijden van het gras van de binnenberm sterk gereduceerd. Een plattegrond van de nieuwe aansluiting is opgenomen in en een visualisatie van de nieuwe situatie in .



Figuur 4-27: Plattegrond van de nieuwe aansluiting van Houtribhaven met een doorgetrokken binnenberm



Figuur 4-28: Visualisatie van de nieuwe situatie en huidige situatie

4.4.5 Baaidijk-Zuid - DEKO Marina

In de huidige situatie bij DEKO Marina buigt het inspectiepad naar de IJsselmeerdijkweg toe, waardoor de continuïteit van het pad beperkt is. Met het rechte trekken van het inspectiepad ontstaat niet alleen een continu beeld, maar verbetert de verkeersveiligheid rond de uitrit ook. Verkeer vanuit DEKO Marina heeft nu immers een opstelgelegenheid tussen het kruisen van de inspectiepad en het invoegen op de N307, waardoor niet in één verkeersbeweging twee verkeersstromen ingeschat hoeft te worden.

De coniferenhaag die ten noorden van de toegang naar de DEKO Marina staat, kan in de toekomst vervangen worden door een meer inheemse beplanting en afgestemd worden op de haag die tussen het inspectiepad en hekwerk van de Houtribhaven staat. Een bovenaanzicht van de nieuwe aansluiting naar DEKO Marina in weergegeven in en een visualisatie is weergegeven in .



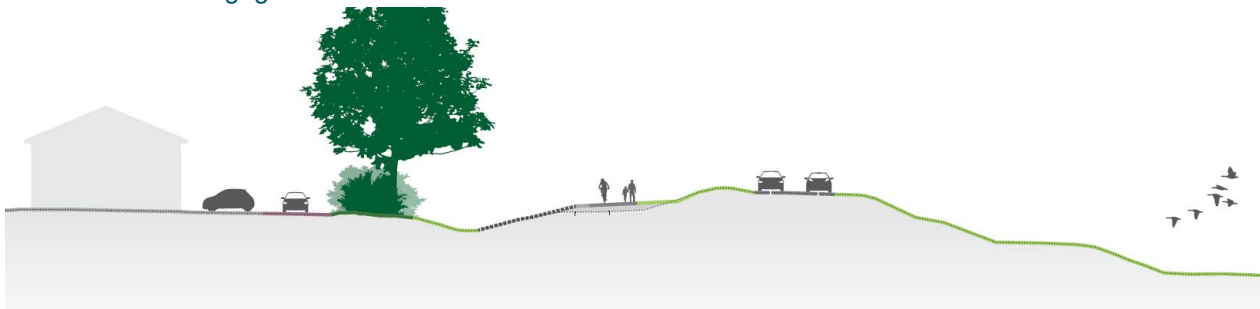
Figuur 4-29: Plattegrond van de nieuwe aansluiting van DEKO Marina met een doorgetrokken binnenberm



Figuur 4-30: Visualisatie van de nieuwe situatie en huidige situatie bij DEKO Marina

4.4.6 Baaidijk-Zuid - Parkhaven

Bij Parkhaven past de verhoging van de buitenberm zonder problemen in het dijkprofiel. Het alignement van de buitenberm ten noorden van Parkhaven en langs Parkhaven wordt met één vloeiende boog op elkaar aangesloten, waarbij het bestaande speeltuintje op z'n plek kan blijven. De voorrangssituatie van de kruising van het inspectiepad op de buitenberm en de toegangsweg van Parkhaven moet duidelijker worden weergegeven met bebording. Tevens dient hier het rommelige beeld van voertuigwerende voorzieningen, borden e.d. te worden opgeschoond in het nieuwe ontwerp. Het principeprofiel bij Parkhaven is weergegeven in .



Figuur 4-31: Principeprofiel ter hoogte van Parkhaven

4.4.7 Houtribhoekstrand

De huidige situatie van de IJsselmeerdijk langs het Houtribhoekstrand is misschien wel het duidelijkste voorbeeld van hoe in de loop van de tijd een stapeling van deeloplossingen hebben geresulteerd in een verrommeld beeld. In het nieuwe ontwerp wordt door het scheiden van verschillende verkeersstromen rust gebracht in het beeld van de dijk en wordt een heleboel overbodige verharding op het dijkprofiel opgeruimd. De toegang vanaf de fietsbrug over de N307 is opnieuw vormgegeven en gescheiden van de voetgangersovergang van de parkeerplaats naar Houtribhoekstrand. Deze voetgangersovergang vormt in

het ontwerp een 'strandslag' die in één lijn over de dijk heen gaat. Het voetpad dat vanaf de brug over de N307 komt, wordt ook met de strandslag verbonden. Aan deze plek wordt een nieuw uitzichtpunt gekoppeld ter vervanging van het huidige uitzichtpunt dat uitkeek op een strekdam welke weelderig en rommelig is begroeid. De tweede dijktrap die in de huidige situatie aanwezig is, wordt vervangen en conform de wensen van de afdeling beheer ingepast in de dijk.

Vanuit waterveiligheid en beheer kwam nadrukkelijk de wens naar vormen om de 'uitstulping' aan de dijk te verwijderen. Dit komt mooi samen met het beter inpassen van recreatieve routing en het helderder maken van het Houtribhoekstrand als voorland van de IJsselmeerdijk.

De parkeerplaats vormt ook het startpunt voor fietsrecreanten die met de auto aankomen. Om de verkeersstromen nog verder te scheiden, wordt een dijkovergang gerealiseerd aan de noordzijde van de huidige binnendijkse parkeerplaats. Deze dijkovergang dient ook voor de bevoorrading van horecagelegenheid. Een plattegrond van het ontwerp is opgenomen in .



Figuur 4-32: Plattegrond van de nieuwe situatie rond het Houtribhoekstrand

4.5 Referentieontwerp Traditionele dijk

4.5.1 Meerdijk-midden

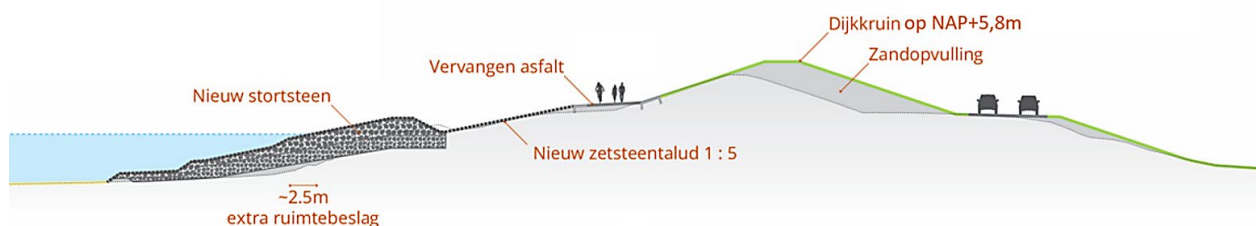
Het traject Meerdijk-midden sluit ten zuiden aan op het traject Meerdijk-Noord (600m noordelijk van de Maxima-centrale) tot aan Flevokust (zie ook Figuur 4-1). Vanwege aanwezige functies in het IJsselmeer zoals de Maxima-centrale is het realiseren van een vooroever hier niet mogelijk. Dit traject wordt daarom traditioneel versterkt met een kruinverhoging om overslag van golven tegen te gaan. Het ondertalud van de dijk wordt verflauwd naar 1:5, door de verflauwing is de verhogingsopgave kleiner.

De kruinverhoging gebeurt door een binnendijkse versterking. Het gaat om een verhoging van circa 1 meter tot een kruinhoogte van NAP + 5,8m. De dijk wordt versterkt met zand als kernmateriaal, welke wordt afgedekt met een klei- en grasbekleding.

De verflauwing van het ondertalud zorgt voor een minimaal extra ruimtebeslag van circa 2,5 meter in het IJsselmeer doordat de huidige plasberm (het horizontale vlak bij de waterlijn) kan worden gebruikt om de verflauwing te realiseren. De teen van de dijk wordt vervolgens voorzien van nieuw stortsteen van een grotere sortering. Op het ondertalud komt nieuw zetsteen (betonnen zuilen).

Aanvullend wordt het inspectiepad ingericht voor recreatief medegebruik door o.a. obstakels te verwijderen en betere overgangen te maken. De buitenberm wordt iets verhoogd aangelegd. Ook wordt de asfaltbekleding op de buitenberm vervangen en wordt de golfploopbekleding geschikt gemaakt om golfklappen te kunnen weerstaan. De bekleding op het boventalud ligt verholten onder een grasmat. Binnendijks zal de huidige weg, IJsselmeerdijk, worden vervangen voor een nieuwe weg (van dezelfde afmetingen) waarbij de as van de weg verschuift in landrichting (zuidoostelijke richting).

In is de dwarsdoorsnede van referentieontwerp van het traject Meerdijk-midden te zien en in is een visualisatie van de nieuwe versterkte situatie opgenomen.



Figuur 4-33: Dwarsdoorsnede van het referentieontwerp op het traject Meerdijk-midden



Figuur 4-34: Visualisatie traditionele dijkversterking Meerdijk-midden

4.5.2 Maatwerkvak Maxima-centrale

De aanwezigheid van de Maxima-centrale in het IJsselmeer zorgt voor een verminderde impact van golven op de dijk. Hierdoor is lokaal een dijkverhoging niet nodig. Vanuit landschappelijk oogpunt is gekozen om de dijkkruin ter hoogte van de Maxima-centrale te verbreden, waardoor geen storende knikken in het dijkprofiel en de weg komen.

Binnendijks wordt het kruispunt aangepast. In de huidige situatie is dit kruispunt ingericht op een 80 km/uur kruispunt met vijf banen. In het referentieontwerp wordt als richtlijn een 60 km/uur kruispunt als uitgangspunt gehanteerd. Daarmee sluit het kruispunt aan op de rest van de weg op de IJsselmeerdijk welke niet voldoet aan de richtlijn voor een 80 km/uur weg. Ook wordt met deze aanpassing het ruimtebeslag beperkt.

In onderstaande is een sfeerimpressie van het maatwerkvak Maxima-centrale te zien.



Figuur 4-35: Sfeerimpressie van maatwerkvak Maxima-centrale

Rond maatwerkvak Maxima-centrale is momenteel geen drainage aanwezig bij de binnentoe van de dijk. In het westelijk deel is drainage niet nodig geacht door de aanwezigheid van een hoge, brede berm en een binnendijkse sloot. Voor het oostelijke deel van het maatwerkvak (meer specifiek; van dijkpaal 25.45 tot dijkpaal 25.6) wordt nieuwe drainage wel nodig geacht. Deze drainage kan afwateren op een greppel.

4.5.3 Maatwerkvak Flevokust

Het maatwerkvak Flevokust heeft geen versterkingsopgave. Aan de zuidzijde wordt de vooroeverversterking van Meerdijk-Zuid doorgetrokken tot aan Flevokust, waarbij de huidige reserveringszone voor uitbreiding van de overslaghaven wordt ingericht met een verhoogd voorland, zie maatwerkvak voorland Flevokust. Aan noordzijde sluit het huidige voorland van Flevokust aan op een traditioneel versterkt dijkprofiel met een verhoogde kruin en verschuiving van de IJsselmeerdijkweg. Om dit geleidelijk te kunnen “opvangen” is een vloeiende overgangszone ontworpen, waarbij het kruispunt van de Flevokust niet aangepast hoeft te worden.

4.5.4 Maatwerkvak voorland Flevokust

Er zijn op dit moment geen concrete plannen voor uitbreiding van de Flevokust. Maar om uitbreiding in de toekomst niet onmogelijk te maken, wordt de huidige reserveringszone voor de overslaghaven ingericht als een voorland, en dus niet als een vooroever met plas/drasgebied. Het voorland (totale breedte 75 meter en lengte 330 meter) wordt permanent boven water aangelegd. Het gebied wordt “kaal” ingericht zodat de kans dat er natuur ontstaat minimaal is, waardoor uitbreiding van Flevokust in de toekomst niet moeilijker/onmogelijk wordt gemaakt. Bijkomend voordeel is dat in de uitvoeringsfase de geselecteerde aannemer dit gebied kan gebruiken als depotlocatie of loswal. In Figuur 4-36 is een visualisatie van het beschouwde maatwerkvak weergegeven.



Figuur 4-36: Visualisatie referentieontwerp maatwerkvak voorland Flevokust

4.5.5 Maatwerkvak Flevo Marina

Tussen de Meerdijk en de Baaidijk in ligt de recreantenhaven Flevo Marina. Bij het ontwerp van de dijkversterking is rekening gehouden met de bedrijfsvoering van Flevo Marina en een veilig gebruik van het inspectiepad voor recreatieve medegebruikers. Op dit traject wordt de huidige stortsteenbekleding overlaagd en opgetrokken, waarbij de huidige zetsteen wordt overlaagd met zand en afgedekt met waterbouwasfalt. Daarbij is géén sprake van ruimtebeslag in de havenkom. De uitvoering kan vanaf het land en in het gesloten seizoen plaatsvinden.

Door deze manier van versterken ontstaat een bredere buitenberm en de mogelijkheid om functies op het haventerrein beter en veiliger te scheiden. Het gaat dan om bedrijvigheid en het gebruik van het inspectiepad van de dijk. Het inspectiepad komt visueel gescheiden te liggen van het werkterrein van Flevo Marina. De granieten band doet daarbij dienst als grenslijn, maar is wel overrijdbaar.



Projectgerelateerd

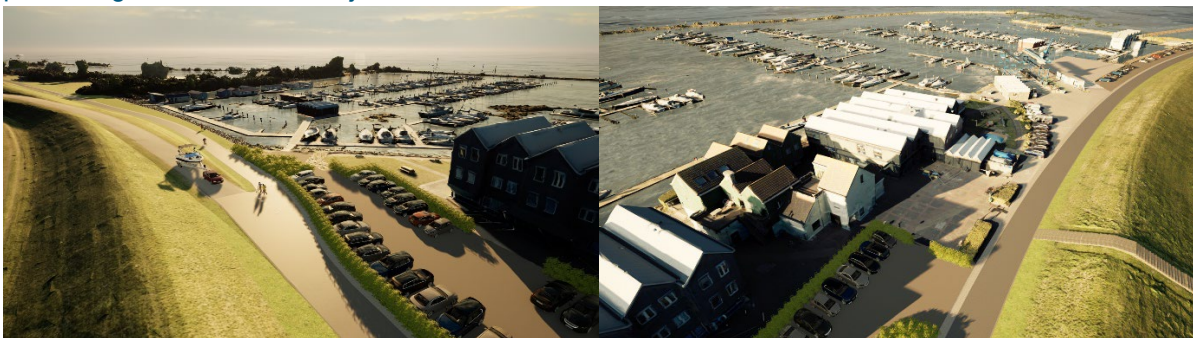
De nieuwe brede berm aan de westzijde wordt ingericht als parkachtige grasstrook (bovenop een verborgen bekleding van opensteenafsluiting). In deze zone ligt een groen wandelpad naar de botenhuisjessteiger.



De kruising met de Overstag opnieuw ingedeeld, waarbij het inspectiepad en de Overstag samengaan. Het fietsverkeer dat op het inspectiepad rijdt dient daarbij voorrang te verlenen aan het verkeer op de Overstag.



Ook aan de westzijde in het parkeren opnieuw ingedeeld in een kader van hagen, welke aansluit bij de parkachtige sfeer van deze zijde van Flevo Marina.



De nieuwe bredere berm aan de oostzijde wordt volledig bekleed met waterbouwasfalt en gaat dienstdoen als parkeervoorziening. Hierdoor kan het werkterrein van Flevo Marina opnieuw worden ingedeeld, waardoor bedrijfsmatig gebruik van het inspectiepad verdwijnt. De betonnen band wordt verder doorgetrokken dan het te versterken deel van de dijk. Waardoor meer parkeermogelijkheden ontstaan en het werkdeel van het terrein verder wordt gescheiden van het doorgaande inspectiepad. Ter plaatse van de toegang naar het werkterrein van Flevo Marina dient de doorlopende granieten band vlak te zijn en goed overrijdbaar.



4.5.6 Maatwerkvak Houtribhoekstrand

Maatwerkvak Houtribhoekstrand is onderdeel van het dijktraject Baaidijk. De versterkingsopgave is hier beperkt. De buitenberm wordt met circa 40 cm verhoogd, waarbij ook de zetsteen van het ondertalud tot aan de hoogte van de nieuwe buitenberm verlengd wordt. De zetsteen wordt overlaagd met gras om het huidige groene uiterlijk te behouden. Ook wordt er een nieuwe asfaltbekleding op de (verhoogde) buitenberm teruggebracht en wordt het inspectiepad op de buitenberm beter ingericht voor recreanten, zoals fietsers en wandelaars. Daarnaast wordt de golfploopbekleding tot circa NAP+2,7 geschikt gemaakt om golfklappen te weerstaan. Vervolgens wordt deze bekleding overlaagd met gras, zodat er weer een groene dijktop ontstaat.

Verder worden de huidige op- en overgangen over de dijk anders ingericht. In het nieuwe ontwerp wordt door het scheiden van verschillende verkeersstromen rust gebracht in het beeld van de dijk en wordt een heleboel overbodige verharding op het dijkprofiel opgeruimd. De toegang vanaf de fietsbrug over de N307 is opnieuw vormgegeven en gescheiden van de voetgangersovergang van de parkeerplaats naar Houtribhoekstrand. In de nieuwe situatie komen er twee bruggen over de dijk, waarbij er een nieuw rustpunt/uitzichtpunt wordt gemaakt op de kruin van de dijk. Om de verkeersstromen nog verder te scheiden, wordt een dijkoevergang gerealiseerd aan de noordzijde van de huidige binnendijkse parkeerplaats. De parkeerplaats vormt namelijk een startpunt voor fietsrecreanten die met de auto aankomen. Deze dijkoevergang dient ook voor de bevoorrading van de horecagelegenheid. Een plattegrond van het ontwerp is opgenomen in Figuur 4-32 en een visualisatie vanaf Baaidijk Midden is opgenomen in Figuur 4-37.



Figuur 4-37: Visualisatie vanaf Baaidijk-midden naar Houtribhoekstrand

4.5.7 Baaidijk-Midden

De Baaidijk is het meest zuidelijke deel van de dijkversterking IJsselmeerdijk. Bij het traject Baaidijk-Midden wordt de buitenbekleding van de dijk versterkt. Hiervoor wordt de buitenberm circa 20-40cm verhoogd, waarbij het asfalt op de buitenberm wordt vervangen. Op deze manier ligt het asfalt hoger dan de maatgevende grondwaterstand en zal de asfaltbekleding niet bezwijken door golfklappen.

De huidige stortsteen wordt overlaagd met een grotere sortering aan stenen. De huidige zetsteenbekleding wordt vervangen voor zetsteen met een grotere zuilhoogte. Daarnaast wordt het inspectiepad ingericht voor recreatief medegebruik en wordt de huidige golfoploopbekleding tot NAP +2,7m geschikt gemaakt om golfklappen te kunnen weerstaan. De bekleding op het boventalud ligt verholten onder een grasmatten.

In Figuur 4-38 is een visualisatie van de versterking Baaidijk te zien.



Figuur 4-38: Visualisatie versterking Baaidijk

4.5.8 Maatwerkvak Baaidijk-Zuid

Maatwerkvak Baaidijk-Zuid bestaat uit de deelgebieden/jachthavens Parkhaven, DEKO Marina, en Houtribhaven. De versterkingsopgave is beperkt. De buitenberm wordt met circa 40 cm verhoogd, waarbij ook de zetsteen van het ondertalud tot aan de hoogte van de nieuwe buitenberm verlengd wordt. Ook wordt er een nieuwe asfaltbekleding op de (verhoogde) buitenberm teruggebracht en wordt het inspectiepad op de buitenberm beter ingericht voor recreanten, zoals fietsers en wandelaars. Daarnaast wordt de golfploopbekleding tot circa NAP+2,7 geschikt gemaakt om golfklappen te weerstaan. Vervolgens wordt deze bekleding overlaagd met gras, zodat er weer een groene dijktop ontstaat. Voor visualisaties van de nieuwe situatie zie paragrafen 4.4.4, 4.4.5 en 4.4.6.

4.6 Ontwerpvrijheid traditionele dijk

Net als bij de vooroeverversterking krijgt de geselecteerde aannemer -binnen bepaalde marges- enige vrijheid om het ontwerp traditionele dijk te optimaliseren. Uiteraard mag dit alleen zolang hij kan aantonen dat zijn ontwerp voldoet aan de waterveiligheidsopgave, de gestelde contractuele eisen, de vergunningseisen en het ontwerp goed beheerbaar is. Voor het uitgewerkte referentieontwerp van de traditionele dijkversterking is gekeken waar de denkkracht van de aannemer voor verdere optimalisaties het beste ingezet kan worden en hier wordt dan ook (enige) vrijheid geboden. Contractueel liggen veel belangrijke zaken vast. De ontwerpvrijheid van de traditionele dijkversterking is daarmee geringer in vergelijking met de vooroeverversterking. Dit komt met name doordat in een uitvoerig participatietraject met belangrijke stakeholders al veel is vastgelegd in de verkenningsfase en planuitwerkingsfase. Onderstaande lijst (niet uitputtend) geeft de belangrijkste contractuele zaken aan die zijn vastgelegd, voor de volledige lijst wordt verwezen naar de vraagspecificatie eisen (VSE). Naast de VSE worden in het esthetisch programma van eisen (EPVE) ook nog esthetische eisen gesteld aan het ontwerp van de aannemer.

- De geometrie van de dijkversterking (uitgezonderd de teenversterking bij Meerdijk-Midden) ligt vast;

Projectgerelateerd

- De dijk dient te voldoen aan de waterveiligheidseisen, die specifiek zijn gemaakt in een toetskader waterveiligheid;
- De dijkteen dient versterkt te worden met natuurlijke waterbouwsteen;
- De dijk dient versterkt te worden binnen vastgestelde systeemgrenzen;
- Nieuw zetsteen dient qua vorm en uitstaling aan te sluiten bij de huidige basalt;
- Het asfalt op de buitenberm/inspectiepad dient vervangen te worden voor nieuw waterbetonasfalt met een voorgeschreven dikte;
- De huidige dijkbekleding boven de buitenberm dient golfklapbestendig gemaakt te worden tot NAP+2,7m (Baaidijk) of NAP+3,0 (Meerdijk-Midden), waarbij de groene dijktop behouden dient te blijven;

De vrijheid die aan de aannemer wordt geboden bestaat (niet uitputtend) vooral uit de volgende ontwerpaspecten:

- De aanlegmethodiek en de bijhorende realisatieplanning;
- Het ontwerp van de dijkteen bij Meerdijk-Midden;
- Materialisatie van de dijkbekleding (m.n. type zetsteen);
- Het ontwerp van de golfklapbestendige bekleding op het boventalud;

5 Recreatieve route en rustpunten

5.1 Inleiding

Momenteel wordt de buitenberm van de IJsselmeerdijk gebruikt voor recreatief verkeer. Dit gebruik leidt in de huidige situatie tot conflicten en verkeersonveilige situaties. Deze conflicten zijn het meest aanwezig op de Baaidijk, waar ook het meest gerecreëerd door zowel omwonenden als door bezoekers van de diverse jachthavens.

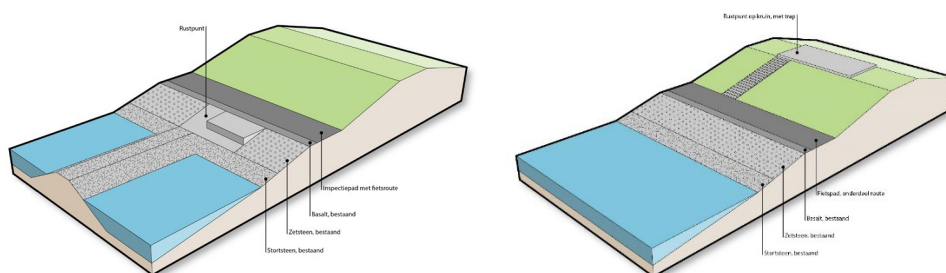
Bij de dijkversterking is de ambitie uitgesproken om de IJsselmeerdijk aantrekkelijker te maken voor recreatief gebruik. Voor de opwaardering van het inspectiepad tot een recreatieve fietsroute krijgt het waterschap subsidie van de Provincie Flevoland en de gemeente Lelystad (rustpunt Klokbeckerweg) en Dronten (rustpunt Rivierduintoelt, verhaal over Swifterbantcultuur) leveren beiden ook een bijdrage.

5.2 Recreatieve route

In de huidige situatie zijn de afstanden groot en het beeld langs de dijk is vrij eentonig. Hierbij is een duidelijk onderscheid tussen de Baaidijk en de Meerdijk aanwezig. De Baaidijk heeft meer functies die aan de dijk gekoppeld zijn: jachthavens, wonen en een strand. Op dit dijktraject richt het ontwerp zich met name op het opruimen van overbodige inrichtingselementen die in de loop van de tijd op en langs de dijk aangebracht zijn en op het in ere herstellen van de dijk als structurerend element in de omgeving. Het zo continu mogelijk uitwerken van de buitenberm met inspectiepad is daarbij de basis (de dijkroute). Ook langs de Meerdijk is deze dijkroute ontworpen. Op dit dijktraject richt het ontwerp zich op het continu en stoer houden van deze extensief gebruikte dijk, maar met de vooroeverversterking ontstaat een natuurgebied dat wel meer afwisseling in het beeld biedt.

5.3 Rustpunten

Aan de recreatieve route worden rustpunten toegevoegd waar het verhaal van de dijk verteld kan worden. Om deze elementen langs de dijk familie van elkaar te laten zijn deze op elkaar afgestemd. De materialen en uitwerking van de rustpunten dienen te passen bij het karakter van de dijk: stoer en robuust met natuurmaterialen en grijstonen. De IJsselmeerdijk kent daarbij twee plekken voor een rustpunt: op het buitendijkse benedentalud, direct grenzend aan de buitenberm en op de kruin van de dijk met een betonnen dijktrap als toegang. Het rustpunt is een soort van presenteerblad dat past in het profiel van de dijk, waarop de overige voorzieningen een plek krijgen. Het rustpuntconcept is verbeeld in Figuur 5-1.



Figuur 5-1: Rustpuntconcept IJsselmeerdijk

Projectgerelateerd

Het rustpuntconcept is met de afdeling beheer van Zuiderzeeland besproken en uitgewerkt in referentieontwerpen in en . De locatie van de rustpunten is weergegeven in . De basis voor de rustpunten is een betonnen verharding waarbij de hoogteverschillen van het dijktaalud gebruikt zijn om zitgelegenheden te creëren. De dijklijnen worden zo veel mogelijk in ere gehouden. De hoogteverschillen van het laaggelegen rustpunt en het rustpunt op de kruin zijn uitgewerkt in betonnen treden. De mogelijke informatievoorziening op de rustpunten wordt zo veel mogelijk geïntegreerd in het totaal ontwerp van de verschillende rustpunten.

De verdere uitwerking en materialisering van de rustpunten is opgenomen het esthetisch programma van eisen (EPvE).



Figuur 5-2: Referentieontwerp voor rustpunt gekoppeld aan buitentalud van de IJsselmeerdijk



Figuur 5-3: Referentieontwerp voor rustpunt gekoppeld aan de kruin van de IJsselmeerdijk

Rustpunten IJsselmeerdijk

LEGENDA

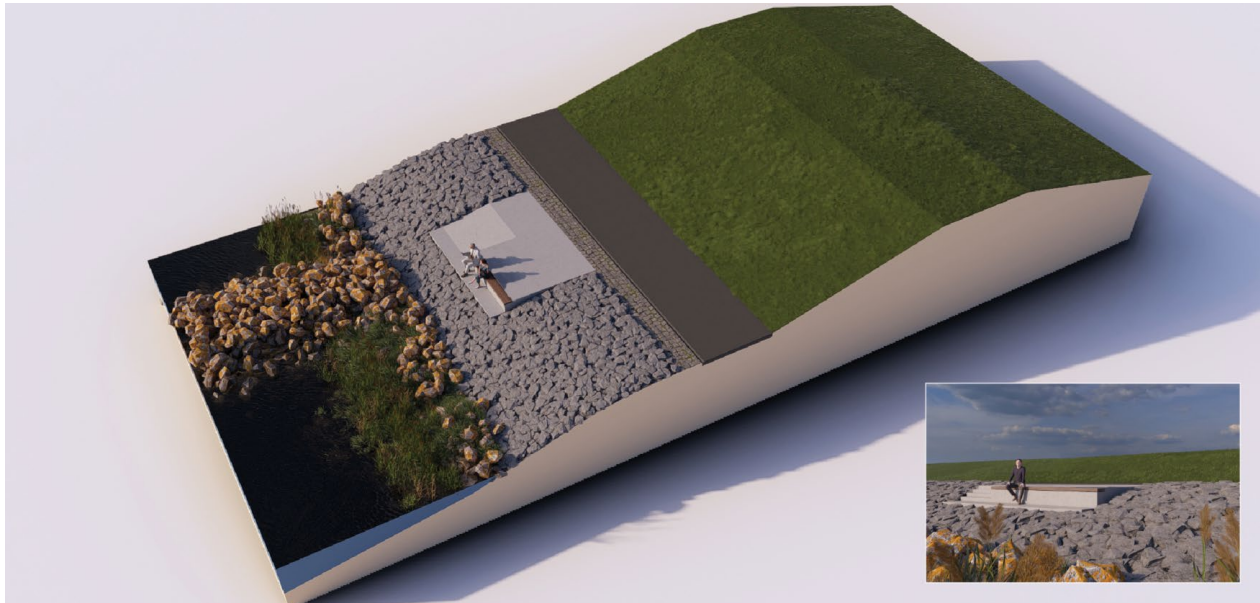
- Baaidijk
- Meerdijk vooroever
- Meerdijk traditioneel
-  Rustpunt op dijkkrui
-  Rustpunt op dijkberm
-  Dijktrap
-  Toegang dijkberm
-  Versmalling dijkberm
-  Parkeerplek
-  Horeca gelegenheid



Figuur 5-4: Overzicht van de rustpunten langs de IJsselmeerdijk

5.3.1 Hoekpunt van Flevoland

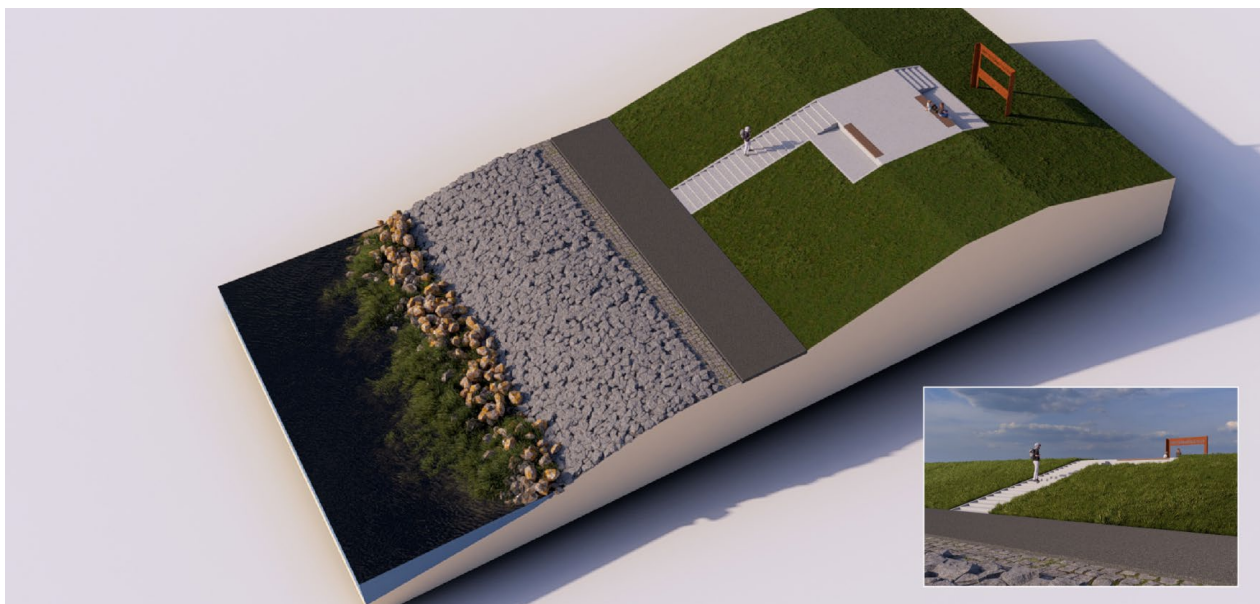
Met het realiseren van de vooroever ter hoogte van de Ketelbrug ontstaat een nieuw 'Hoekpunt van Flevoland'. Door het toegankelijk maken van de dwarsdam van de vooroever ontstaat een bijzondere ervaring van de weidsheid en ruimte die deze plek te bieden heeft. Vanaf hier kan over de langste lengte van het IJsselmeer worden gekeken en ontstaat een spectaculair perspectief op de verschillende windturbine-opstellingen in het IJsselmeer. Als basis is een plateau in beton toegevoegd op de benedenberm. Het hoogteverschil dat daardoor ontstaat met het benedentalud is gebruikt om zitelementen te integreren. Het referentieontwerp is opgenomen in Figuur 5-5.



Figuur 5-5: Referentieontwerp - Hoekpunt van Flevoland

5.3.2 Swifterbancultuur

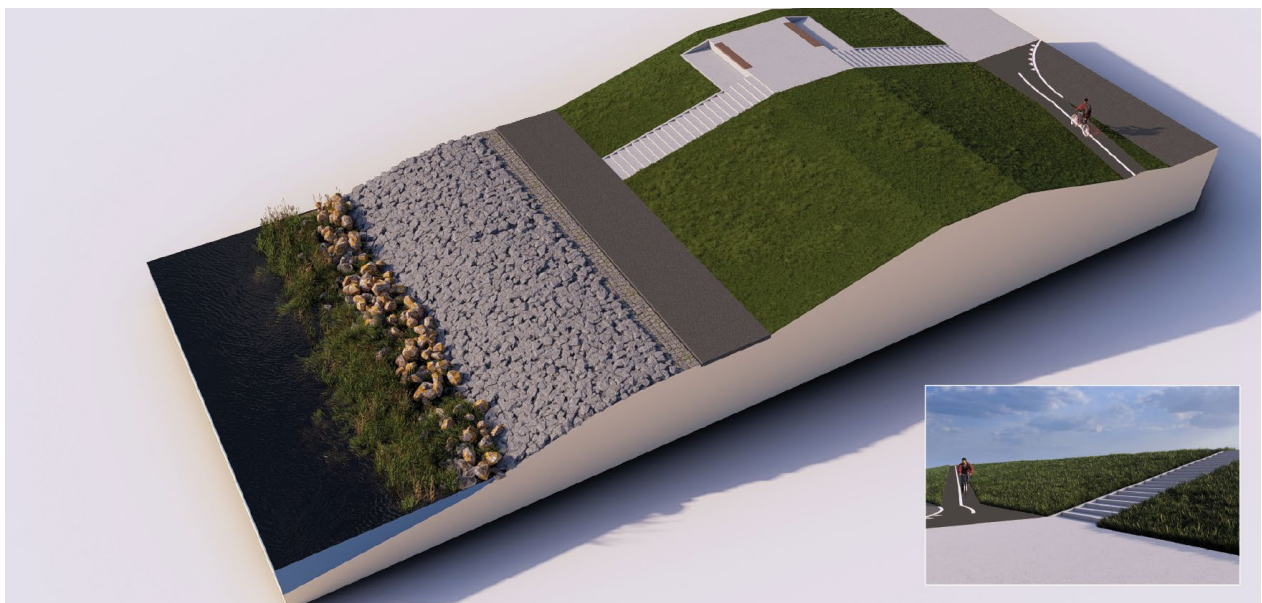
De gemeente Dronten wil graag een rustpunt aan de IJsselmeerdijk toevoegen, waarop het verhaal van de Swifterbancultuur verteld kan worden. Op de plek waar de Rivierduintoicht loodrecht op de IJsselmeerdijk aankomt, is hiervoor een rustpunt bovenop de dijk kruin ontworpen. Aan de binnendijkse zijde staat op het talud een doorkijkpaneel, die precies de juiste hoogte heeft voor de bezoekers die op het bankje zitten. Ook aan de buitendijkse zijde van het rustpunt op de dijk kruin wordt een bankje gerealiseerd. Zo kan gekeken worden naar de eilandjes in de vooroever die een verwijzing vormen naar de Rivierduinen. Het referentieontwerp is weergegeven in Figuur 5-6.



Figuur 5-6: Referentieontwerp rustpunt Swifterbancultuur

5.3.3 Klokbeckerweg

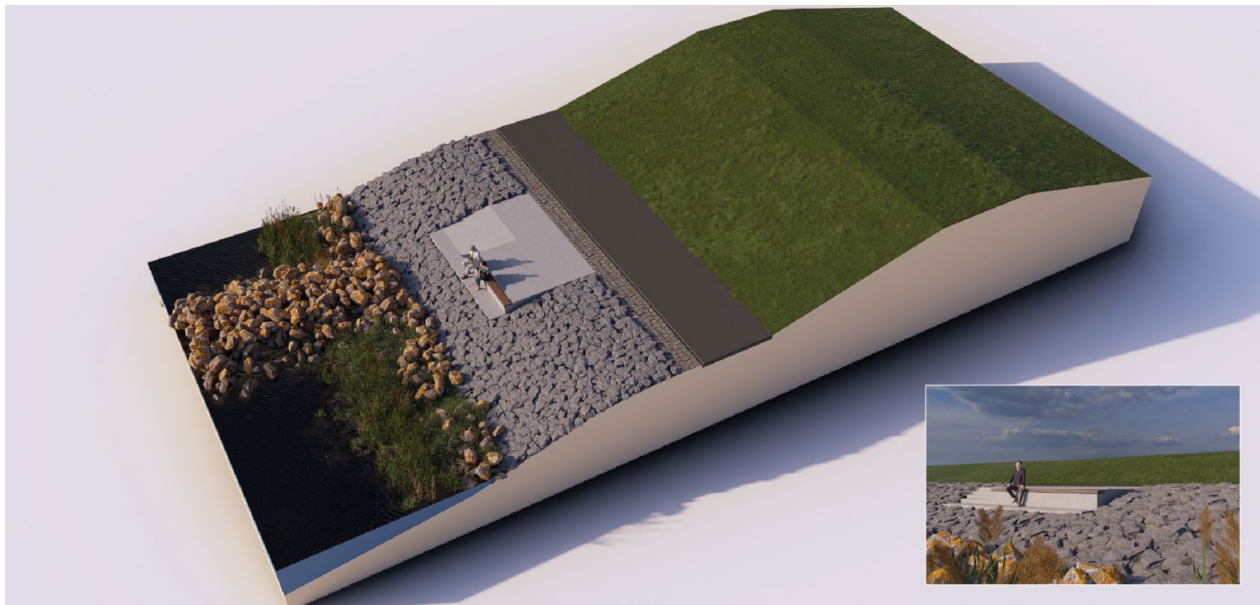
De Klokbeckerweg is onderdeel van het fietsroutenetwerk van de provincie Flevoland. Om de verbinding van deze route met de dijkroute op de buitenberm te verbeteren, is een dijkovergang ontworpen. Omdat op deze plek ook parkeergelegenheid aanwezig is wordt de bestaande dijktrap ook uitgebouwd worden tot een rustpunt. De gemeente Lelystad wil hier het verhaal vertellen van het energielandschap. Doordat dit zowel binnendijs (in de polder en ook op de dijk) als buitendijs aanwezig is, zijn hier ook twee bankjes gerealiseerd. De informatie wordt geïntegreerd in het beton voor het bankje. Het referentieontwerp is weergegeven in Figuur 5-7.



Figuur 5-7: Referentieontwerp rustpunt en dijkovergang Klokbeckerweg

5.3.4 Overgang traditioneel <> Meerdijk-Noord

De overgang van de traditionele dijkversterking en de vooroeverversterking is ontworpen als een bijzonder punt. Net als bij de dwarsdam ter hoogte van de Ketelbrug (zie paragraaf 5.3.1) wordt deze ook toegankelijk gemaakt en gekoppeld aan een rust- en schuilgelegenheid. Dit is bij uitstek een plek waar het verhaal van de dijkversterking van de jaren '20 van deze eeuw verteld kan worden. Een visualisatie ter inspiratie is opgenomen in Figuur 5-8.



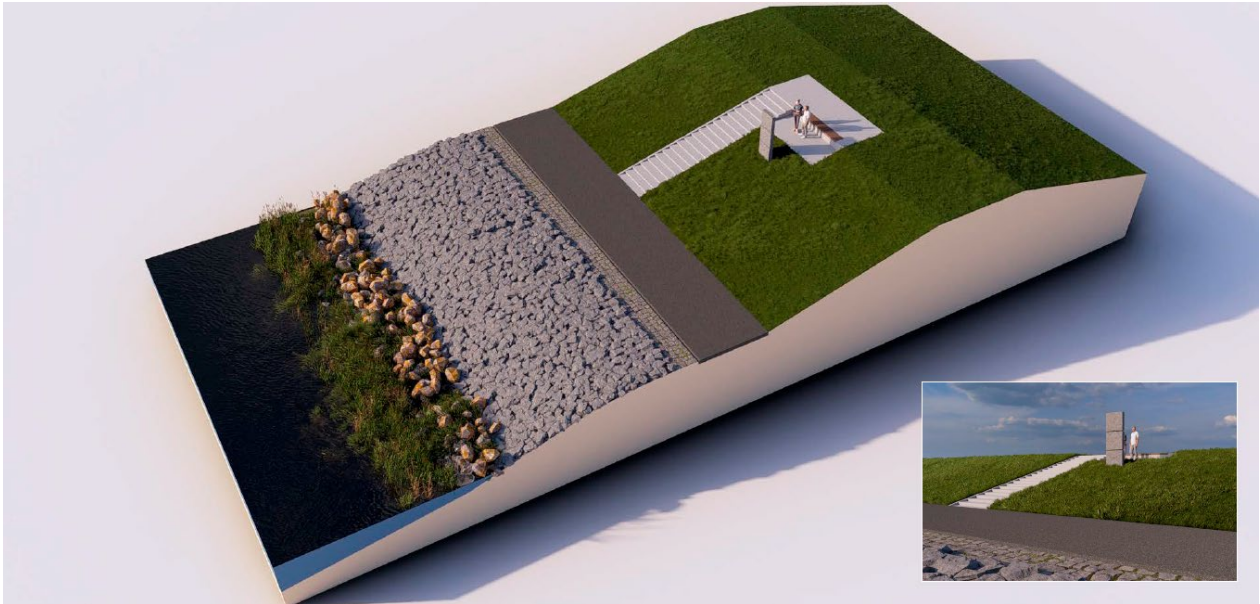
Figuur 5-8: Overgang Traditionele dijkversterking – Meerdijk-Noord (referentieontwerp)

5.3.5 Sluitsteen en monument

Met de traditionele dijkversterking moet de sluitsteen en monument (zie Figuur 5-9) worden opgepakt en op dezelfde locatie een nieuwe plek krijgen in het dijkprofiel. In het ontwerp wordt de sluitsteen teruggeplaatst op de buitenberm. Het behorende monument wordt verplaatst naar een nieuw rustpunt boven op de kruin van de dijk, zie Figuur 5-10 voor een visualisatie.



Figuur 5-9: Sluitsteen en monument huidige situatie



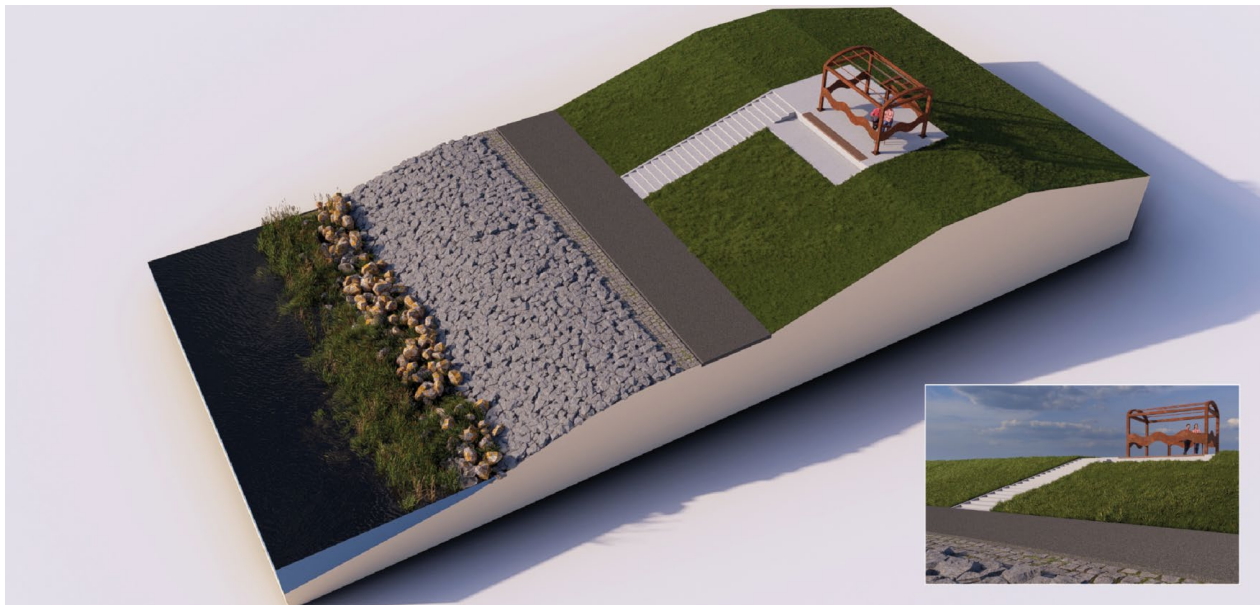
Figuur 5-10: Ontwerp sluitsteen en monument

5.3.6 Hevelhuisje

Het Hevelhuisje (Figuur 5-11) is een bestaand rustpunt op de kruin van de IJsselmeerdijk. De locatie wordt gehandhaafd maar de materialisering wordt aangepast, zodat deze passen bij de overige rustpunten. Op deze manier krijgt de recreatieve route op de dijk een eenduidige uitstraling, zie Figuur 5-12.



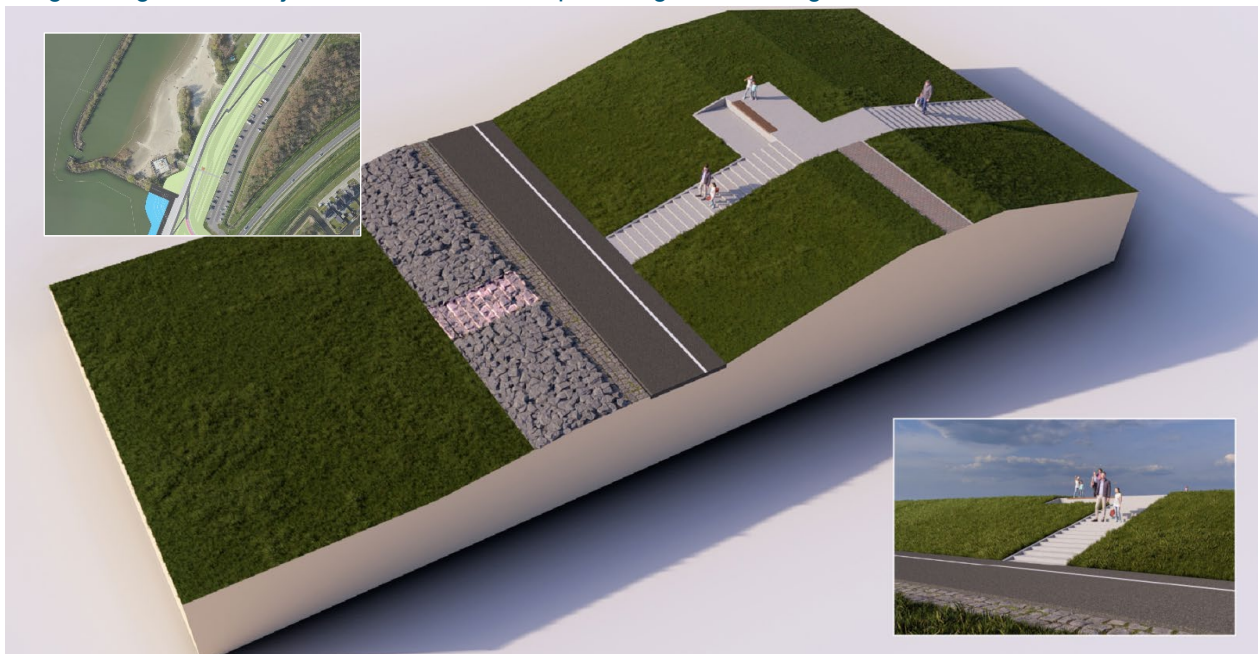
Figuur 5-11: Huidig hevelhuisje



Figuur 5-12: Referentieontwerp rustpunt Hevelhuisje

5.3.7 Strandslag Houtribhoekstrand

Gekoppeld aan de strandslag van het Houtribhoekstrand wordt een uitzichtpunt toegevoegd aan de kruin van de dijk. Basis voor de uitwerking van het rustpunt is om het verhaal van de dijk als functie toe te voegen langs de Baaidijk. Het referentieontwerp wordt getoond in Figuur 5-13.



Figuur 5-13: Referentieontwerp uitzichtpunt Houtribhoekstrand.

5.3.8 Dijktrap bij Houtribhoogte

Ter plaatse van de nieuwe woonwijk Houtribhoogte is een geitenpaadje over de dijk naar de buitenberm ontstaan. Bewoners in de omgeving maken graag gebruik van de dijk voor een ommetje. Deze overgang

wordt uitgewerkt is een vaste dijktrap die bij de rustpunten ook gebruikt is. Het referentieontwerp is weergegeven in Figuur 5-14.



Figuur 5-14: Locatie en referentieontwerp nieuwe dijktrap Houtribhoogte

5.4 Ontwerpvrijheid recreatieve route en rustpunten

De geselecteerde aannemer krijgt enige vrijheid om het ontwerp van de recreatieve route en de rustpunten te optimaliseren. Uiteraard mag dit alleen zolang hij kan aantonen dat zijn ontwerp voldoet aan de waterveiligheidsopgave, de gestelde contractuele eisen, de vergunningseisen en het ontwerp goed beheerbaar is. De ontwerpvrijheid van de recreatieve route en de rustpunten is relatief klein. Zo staan de locaties en de omvang van de rustpunten vast. Ook zijn al veel esthetische eisen opgenomen in het esthetisch programma van eisen (EPvE). De vrijheid voor de aannemer is beperkt omdat in een uitvoerig participatietraject met belangrijke stakeholders al veel is vastgelegd in de verkenningsfase en planuitwerkingsfase.

Bijlage 1. Afweegtabellen

Tabel 1: afweging geometrie vooroever

Geometrie Vooroever Noord			
Criterium	1A Basis variant	1B Oplopend talud 1:30 met dam onder water	1C Oplopend talud 1:20 met dam boven water
Haalbaarheid			
Uitvoerbaarheid	4	3	3
Robuustheid	3	4	4
Vergunbaarheid	3	3	3
Vrijheid aannemer	3	3	3
Veiligheid tijdens aanleg en beheerfase	3	2	3
Duurzaamheid			
Milieu-impact en broeikaseffect	3	3	3
Berekende MKI-waarde per strekkende meter	€ 381	€ 369	€ 374
Circulariteit	3	3	3
Biodiversiteit	3	3	5
Stikstofuitstoot	2	2	2
Beheerbaarheid			
Beheerbaar	2	4	3
Uitbreidbaarheid	3	3	3
Kosten en Planning			
Investeringskosten	basis	+2%	+8%
instandhoudingskosten	basis	+10%	-2%
Subsidiabiliteit	3	3	3
Planning	3	3	3
Inpassing in de Omgeving			
Ruimtelijke kwaliteit en beleving	4	2	3
Natuurwaarden	3	4	5
Historische waarden en erfgoedwaarden	3	3	3
Bodem en water	3	3	3
Gebruik en draagvlak			
Bebouwing en bedrijvigheid	2	3	2
Recreatief medegebruik	3	3	3
Verkeer en bereikbaarheid	3	2	3
Hinder tijdens aanleg	3	3	3
Draagvlak	3	4	3

Projectgerelateerd

Geometrie Vooroever Zuid		
Criterium	1A Basis variant	1B Oplopend talud 1:20
Haalbaarheid		
Uitvoerbaarheid	4	3
Robuustheid	3	4
Vergunbaarheid	3	3
Vrijheid aannemer	3	3
Veiligheid tijdens aanleg en beheerfase	3	3
Duurzaamheid		
Milieu-impact en broeikaseffect	3	3
Berekende MKI-waarde per strekkende meter	€ 299	€ 328
Circulariteit	3	2
Biodiversiteit	3	4
Stikstofuitstoot	3	2
Beheerbaarheid		
Beheerbaar	2	4
Uitbreidbaarheid	3	3
Kosten en Planning		
Investeringskosten	basis	+25%
Instandhoudingskosten	basis	0%
Subsidiabiliteit	3	3
Planning	3	3
Inpassing in de Omgeving		
Ruimtelijke kwaliteit en beleving	3	3
Natuurwaarden	3	3
Historische waarden en erfgoedwaarden	3	3
Bodem en water	3	3
Gebruik en draagvlak		
Bebouwing en bedrijvigheid	3	3
Recreatief medegebruik	3	3
Verkeer en bereikbaarheid	3	3
Hinder tijdens aanleg	3	3
Draagvlak	3	4

Projectgerelateerd

Tabel 2: Afweging vooroeverdam opbouw

Vooroeverdam opbouw			
Criterium	2A Zonder cunet	2B met cunet	2C verticale drainage
Duurzaamheid			
Milieu-impact en broeikaseffect	3	2	4
Berekende MKI-waarde per strekkende meter	€ 84	€ 117	€ 56
Circulariteit	2	4	4
Biodiversiteit	3	3	3
Stikstofuitstoot	3	2	2
Beheerbaarheid			
Beheerbaar	1	4	4
Uitbreidbaarheid	3	3	3
Kosten en Planning			
Investeringskosten	+1,5 miljoen euro per km	basis	+0,3 miljoen euro per km
instandhoudingskosten	+1,6 miljoen euro per km	basis	gelijk
Subsidiabiliteit	3	3	3
Planning	2	3	3
Inpassing in de Omgeving			
Ruimtelijke kwaliteit en beleving	3	3	3
Natuurwaarden	3	3	3
Historische waarden en erfgoedwaarden	3	3	3
Bodem en water	3	3	3
Gebruik en draagvlak			
Bebouwing en bedrijvigheid	3	3	3
Recreatief medegebruik	3	3	3
Verkeer en bereikbaarheid	3	3	3
Hinder tijdens aanleg	1	3	3
Draagvlak	3	3	3

Tabel 3: Afweging ondertalud/kruinhoogte

Ondertaludhelling/kruinhoogte		
Criterium	3A Hoge kruin, ondertalud 1:4	3B Lage Kruin ondertalud 1:5
Haalbaarheid		
Uitvoerbaarheid	3	2
Robuustheid	4	2
Vergunbaarheid	3	3
Vrijheid aannemer	3	3
Veiligheid tijdens aanleg en beheerfase	3	3
Duurzaamheid		
Milieu-impact en broeikaseffect	3	3
Berekende MKI-waarde per strekkende meter	€ 452	€ 412
Circulariteit	3	3
Biodiversiteit	3	3
Stikstofuitstoot	3	4
Beheerbaarheid		
Beheerbaar	3	3
Uitbreidbaarheid	3	4
Kosten en Planning		
Investeringskosten	basis	-1,2 miljoen euro per km
instandhoudingskosten	basis	+0,5 miljoen euro per km
Subsidiabiliteit	3	3
Planning	3	4
Inpassing in de Omgeving		
Ruimtelijke kwaliteit en beleving	3	3
Natuurwaarden	3	3
Historische waarden en erfgoedwaarden	3	3
Bodem en water	3	3
Gebruik en draagvlak		
Bebouwing en bedrijvigheid	3	3
Recreatief medegebruik	3	3
Verkeer en bereikbaarheid	3	3
Hinder tijdens aanleg	2	4
Draagvlak	3	3

Tabel 4: afweging teenontwerp

Teenontwerp		
Criterium	4A Overlaging dijkteen	4B Ingegraven dijkteen
Haalbaarheid		
Uitvoerbaarheid	4	2
Robuustheid	4	3
Vergunbaarheid	3	3
Vrijheid aannemer	4	3
Veiligheid tijdens aanleg en beheerfase	3	3
Duurzaamheid		
Milieu-impact en broeikaseffect	3	2
Berekende MKI-waarde per strekkende meter	€ 114	€ 173
Circulariteit	2	2
Biodiversiteit	3	4
Stikstofuitstoot	3	3
Beheerbaarheid		
Beheerbaar	3	3
Uitbreidbaarheid	3	4
Kosten en Planning		
Investeringskosten	basis	+0,8 miljoen euro per km
Levensduurkosten	basis	+0,3 miljoen euro per km
Subsidiabiliteit	3	3
Planning	4	3
Inpassing in de Omgeving		
Ruimtelijke kwaliteit en beleving	3	4
Natuurwaarden	3	4
Historische waarden en erfgoedwaarden	3	3
Bodem en water	3	3
Gebruik en draagvlak		
Bebouwing en bedrijvigheid	3	3
Recreatief medegebruik	3	3
Verkeer en bereikbaarheid	3	3
Hinder tijdens aanleg	3	3
Draagvlak	3	3

Projectgerelateerd

Tabel 5: Flevo Marina

Flevomarina versterking			
Criterium	5A Damwand	5B overlaging	5C Uitbreiding
Haalbaarheid			
Uitvoerbaarheid	2	4	3
Robuustheid	3	4	5
Vergunbaarheid	3	3	2
Vrijheid aannemer	3	3	3
Veiligheid tijdens aanleg en beheerfase	3	3	3
Duurzaamheid			
Milieu-impact en broeikaseffect	3	4	2
Berekende MKI-waarde per strekkende meter	€ 76	€ 58	€ 253
Circulariteit	3	2	1
Biodiversiteit	3	3	3
Stikstofuitstoot	3	3	2
Beheerbaarheid			
Beheerbaar	3	3	4
Uitbreidbaarheid	3	2	3
Kosten en Planning			
Investeringskosten	-10%	basis	+2%
instandhoudingskosten	+30%	basis	+110%
Subsidiabiliteit	3	3	2
Planning	3	3	2
Inpassing in de Omgeving			
Ruimtelijke kwaliteit en beleving	3	2	3
Natuurwaarden	3	3	3
Historische waarden en erfgoedwaarden	3	3	3
Bodem en water	3	3	3
Gebruik en draagvlak			
Bebouwing en bedrijvigheid	3	2	4
Recreatief medegebruik	3	2	4
Verkeer en bereikbaarheid	3	3	4
Hinder tijdens aanleg	2	4	2
Draagvlak	3	2	4

Tabel 6: versterking Maxima-centrale

Versterking Maximacentrale		
Criterium	6A Doortrekken Hoge Dijk	6B Lage dijk
Haalbaarheid		
Uitvoerbaarheid	3	4
Robuustheid	4	3
Vergunbaarheid	3	3
Vrijheid aannemer	3	3
Veiligheid tijdens aanleg en beheerfase	2	4
Duurzaamheid		
Milieu-impact en broeikaseffect	3	5
Berekende MKI-waarde per strekkende meter	€ 152	€ -
Circulariteit	3	5
Biodiversiteit	3	3
Stikstofuitstoot	3	5
Beheerbaarheid		
Beheerbaar	2	4
Uitbreidbaarheid	3	3
Kosten en Planning		
Investeringskosten	+1,1 miljoen euro	basis
instandhoudingskosten	+0,3 miljoen euro	basis
Subsidiabiliteit	2	3
Planning	2	3
Inpassing in de Omgeving		
Ruimtelijke kwaliteit en beleving	5	2
Natuurwaarden	3	3
Historische waarden en erfgoedwaarden	3	3
Bodem en water	3	3
Gebruik en draagvlak		
Bebouwing en bedrijvigheid	3	3
Recreatief medegebruik	3	3
Verkeer en bereikbaarheid	3	3
Hinder tijdens aanleg	3	4
Draagvlak	2	3

Projectgerelateerd

Tabel 7: fietspad bij Flevo Marina

Fietspad bij Flevomarina			
Criterium	7A Buitenberm	7B Kruin	7C Binnenberm
Haalbaarheid			
Uitvoerbaarheid	3	2	4
Robuustheid	3	3	3
Vergunbaarheid	2	3	3
Vrijheid aannemer	3	3	3
Veiligheid tijdens aanleg en beheerfase	2	4	4
Duurzaamheid			
Milieu-impact en broeikaseffect	5	1	4
Berekende MKI-waarde per strekkende meter	€ 1	€ 60	€ 7
Circulariteit	5	1	4
Biodiversiteit	3	3	3
Stikstofuitstoot	5	1	5
Beheerbaarheid			
Beheerbaar	3	3	3
Uitbreidbaarheid	3	3	3
Kosten en Planning			
Investeringskosten	basis	+1,9 miljoen euro	+0,3 miljoen euro
Instandhoudingskosten	basis	+0,3 miljoen euro	+0,3 miljoen euro
Subsidiabiliteit	3	2	2
Planning	3	2	3
Inpassing in de Omgeving			
Ruimtelijke kwaliteit en beleving	3	5	1
Natuurwaarden	3	3	3
Historische waarden en erfgoedwaarden	3	3	3
Bodem en water	3	3	3
Gebruik en draagvlak			
Bebouwing en bedrijvigheid	2	3	4
Recreatief medegebruik	2	5	4
Verkeer en bereikbaarheid	2	4	4
Hinder tijdens aanleg	3	2	4
Draagvlak	1	4	3

Projectgerelateerd

Tabel 8: Grens vooroever Zuid

Grens vooroever Zuid				
Criterium	8A grens hevelhuisje	8B grens tegen uitbreiding Flevokust met (tijdelijke) versterking	8C grens tegen uitbreiding Flevokust zonder versterking	8D grens tegen huidige Flevokust
Haalbaarheid				
Uitvoerbaarheid	3	3	2	3
Robuustheid	3	3	2	3
Vergunbaarheid	3	3	3	2
Vrijheid aannemer	3	3	4	3
Veiligheid tijdens aanleg en beheerfase	3	3	2	3
Duurzaamheid				
Milieu-impact en broeikas-effect	3	2	3	2
Berekende MKI-waarde per strekkende meter	€ 666	€ 739	€ 637	€ 770
Circulariteit	4	3	3	3
Biodiversiteit	2	4	4	4
Stikstofuitstoot	2	2	2	2
Beheerbaarheid				
Beheerbaar	4	3	2	3
Uitbreidbaarheid	3	4	4	4
Kosten en Planning				
Investeringskosten	basis	-2,6 miljoen	-6,4 miljoen euro	-3,4 miljoen euro
instandhoudingskosten 100jaar	basis	-1,3 miljoen euro	-2 miljoen euro	-1,8 miljoen euro
Subsidiabiliteit	3	3	3	3
Planning	3	3	3	3
Inpassing in de Omgeving				
Ruimtelijke kwaliteit en beleving	2	4	3	3
Natuurwaarden	2	4	4	4
Historische waarden en erfgoedwaarden	3	3	3	3
Bodem en water	3	3	3	3
Gebruik en draagvlak				
Bebouwing en bedrijvigheid	3	2	2	2
Recreatief medegebruik	3	4	4	4
Verkeer en bereikbaarheid	3	2	3	3
Hinder tijdens aanleg	2	3	4	4

Tabel 9: Grens vooroever Noord

Grens Vooroever Noord			
Criterium	9A - 1000m	9B - 700m	9C - 350m
Duurzaamheid			
Milieu-impact en broeikaseffect	4	3	2
Berekende MKI-waarde per strekkende meter	€ 552	€ 627	€ 749
Circulariteit	4	3	2
Biodiversiteit	2	3	4
Stikstofuitstoot	3	3	3
Beheerbaarheid			
Beheerbaar	4	3	2
Uitbreidbaarheid	2	3	4
Kosten en Planning			
Investeringskosten	basis	-0,5 miljoen euro	-0,8 miljoen euro
Instandhoudingskosten	basis	-0,3 miljoen euro	-0,6 miljoen euro
Subsidiabiliteit	3	3	3
Planning	3	3	3
Inpassing in de Omgeving			
Ruimtelijke kwaliteit en beleving	2	3	4
Natuurwaarden	2	3	4
Historische waarden en erfgoedwaarden	3	3	3
Bodem en water	3	3	3
Gebruik en draagvlak			
Bebouwing en bedrijvigheid	4	3	2
Recreatief medegebruik	2	3	4
Verkeer en bereikbaarheid	3	3	3
Hinder tijdens aanleg	4	3	2
Draagvlak	4	3	2

Projectgerelateerd

Tabel 10: Secundaire materialen

Secundaire Materialen			
Criterium	10A Zand	10B lichter (bijvoorbeeld slib)	10C zwaarder (bijvoorbeeld Noordse leem)
Haalbaarheid			
Uitvoerbaarheid	4	1	3
Robuustheid	3	3	3
Vergunbaarheid	3	2	2
Vrijheid aannemer	2	4	4
Veiligheid tijdens aanleg en beheerfase	3	2	3
Duurzaamheid			
Milieu-impact en broeikaseffect	3	3	4
Berekende MKI-waarde per strekkende meter	€ 263	€ 245	€ 232
Circulariteit	5	5	5
Biodiversiteit	3	3	3
Stikstofuitstoot	3	3	3
Beheerbaarheid			
Beheerbaar	4	2	4
Uitbreidbaarheid	3	3	3
Kosten en Planning			
Investeringskosten	basis	-15%	-5%
Instandhoudingskosten	basis	+0,25 miljoen euro per km	geen verschil
Subsidiabiliteit	3	3	3
Planning	3	2	3
Inpassing in de Omgeving			
Ruimtelijke kwaliteit en beleving	3	2	2
Natuurwaarden	3	4	4
Historische waarden en erfgoedwaarden	3	3	3
Bodem en water	3	3	3
Gebruik en draagvlak			
Bebouwing en bedrijvigheid	3	1	3
Recreatief medegebruik	3	3	3
Verkeer en bereikbaarheid	3	3	3
Hinder tijdens aanleg	4	2	3
Draagvlak	4	2	2

Projectgerelateerd

Tabel 11: breedte vooroever

Criterium	11A - 60 m	11B - 120 m
Haalbaarheid		
Uitvoerbaarheid	3	3
Robuustheid	3	3
Vergunbaarheid	3	3
Vrijheid aannemer	3	4
Veiligheid tijdens aanleg en beheerfase	3	3
Duurzaamheid		
Milieu-impact en broeikaseffect	3	2
Berekende MKI-waarde per strekkende meter		maximaal +10%
Circulariteit	3	4
Biodiversiteit	3	4
Stikstofuitstoot	3	2
stikstofdepositie	3	3
Beheerbaarheid		
Beheerbaar	3	3
Uitbreidbaarheid	3	4
Kosten en Planning		
Investeringskosten	3	2
verschilkosten in miljoenen	-	+2,06 M
Instandhoudingskosten	3	2
verschilkosten in miljoenen	-	+0,98 M/100j
Subsidiabiliteit	3	2
Planning	3	3
Inpassing in de Omgeving		
Ruimtelijke kwaliteit en beleving	3	4
Natuurwaarden	3	4
Historische waarden en erfgoedwaarden	3	3
Bodem en water	3	3
Gebruik en draagvlak		
Bebouwing en bedrijvigheid	3	3
Recreatief medegebruik	3	3
Verkeer en bereikbaarheid	3	3
Hinder tijdens aanleg	3	3
Draagvlak	3	4

Bijlage 2. Contracttekeningen