

PILOT VOORLANDOPLOSSING HOUTRIBDIJK INTERIM-RAPPORTAGE JULI 2015

RWS/ECOSHAPE-STUURGROEP PILOT HOUTRIBDIJK

26 augustus 2015 (26 augustus 2015)

078499877:0.3 - Concept

C03041.003128.0100

File: BwN_pilot_Houtribdijk-InterimRapportage_Juli2015_v150826pm.docx



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu



Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
Overzicht figuren	9
Overzicht tabellen.....	12
Samenvatting	13
1 Inleiding.....	15
1.1 Algemeen	15
1.2 Doelstelling van de pilot.....	15
1.3 Inrichting activiteiten	15
1.4 Opzet rapportage en leeswijzer	16
1.4.1 Inleiding	16
1.4.2 Algemeen deel in hoofdttekst.....	17
1.4.3 Basisrapporten in annexen	18
1.4.4 Guidelines in bijlagen.....	20
1.5 Totstandkoming en verantwoording	21
2 Voorlandoplossingen.....	22
2.1 Inleiding.....	22
2.2 Typering van voorlandoplossingen	22
2.2.1 Inleiding	22
2.2.2 Types voorlandoplossingen in relatie tot rol van de dijk	23
2.2.3 Volledig zandige oplossingen	24
2.2.4 Dijk als grensprofiel.....	24
2.2.5 Hybride keringen (inclusief dijk-in-duin-oplossing)	25
2.2.6 Duin-in-dijk-oplossing	25
2.2.7 Overzicht typen voorlandoplossingen en implicaties	26
2.3 Rol van vegetatie binnen voorlandoplossingen.....	26
2.3.1 Inleiding	26
2.3.2 Categorieën bijdragen	27
2.3.3 Bijdrage aan natuurwaarde	27
2.3.4 Indirecte bijdrage	27
2.3.5 Directe bijdrage	27
2.4 Ontwerp van zandige versterkingen	28
2.4.1 Inleiding	28
2.4.2 Huidige ontwerp methodiek	28
2.4.2.1 Basisprincipe.....	28
2.4.2.2 Daadwerkelijk versus verwacht benodigd veiligheidsniveau	29
2.4.2.3 Toepassing huidige methodiek bij erosief kustvak	29
2.4.3 Alternatieve methode	30
2.4.3.1 Geleidelijke versterking	30
2.4.3.2 Toepassing alternatieve methode bij erosief kustvak	31

2.4.4	Mogelijke optimalisaties	31
2.4.4.1	Stimulering van natuurlijke aangroei (Geometrie).....	31
2.4.4.2	Inzet vegetatie ter stimulering van volumetoename (indirect effect) ..	32
2.4.4.3	Gebruik van vegetatie ter vergroting van de veiligheid (direct effect) 33	
2.4.5	Overzicht optimalisatiemogelijkheden	33
2.5	Relatie met andere projecten en onderzoek	34
2.5.1	BwN/EcoShape-projecten	34
2.5.1.1	Overzicht.....	34
2.5.1.2	Zandmotor	34
2.5.1.3	BE SAFE	35
2.5.1.4	HPZ Innovatieproject	36
2.5.2	Versterkingsprojecten.....	37
2.5.2.1	Overzicht.....	37
2.5.2.2	Marker Wadden (zandige rand)	37
2.5.2.3	Versterking Markermeerdijken (oeverdijk).....	37
2.5.2.4	Versterking Houtribdijk (zandige versterking)	38
2.5.3	Onderzoeksprojecten.....	39
2.5.3.1	Overzicht.....	39
2.5.3.2	POV-Waddenzeedijken (Voorlanden)	39
2.5.3.3	Definitie onderzoeksplannen WTI2023 (Voorlanden)	39
3	Koppeling met onderzoeksvragen.....	40
3.1	Inleiding.....	40
3.2	Onderzoeksthema's en vragen.....	40
3.3	Producten gekoppeld aan doelen	41
3.4	Productcategorieën.....	42
4	Monitoringsprogramma.....	44
4.1	Inleiding.....	44
4.2	Voortgang en tussenresultaten (WP3)	44
4.3	Input voor nadere analyses (WP4)	44
5	Basisinfo hydro/meteo	45
5.1	Inleiding.....	45
5.2	Gebruikte informatie in overdrachtstabel	45
5.3	Basisanalyses meetresultaten	46
5.3.1	Wind	46
5.3.2	Waterstand.....	48
5.3.3	Golfhoogte	51
5.3.4	Golfperiode.....	56
5.3.5	Golfrichting.....	57
5.4	Opvullen van gaten in tijdreeks.....	60
5.5	PM.....	60
6	Basisinfo bodemligging.....	62
6.1	Inleiding.....	62
6.2	Beschrijving morfologische ontwikkeling op hoofdlijnen.....	62
6.2.1	Inleiding	62
6.2.2	Bodemligging per opname	63

6.2.3	Analyse ontwikkeling op hoofdlijnen.....	67
6.2.4	Nadere verwerking.....	72
6.3	Basisresultaten zettingen	72
7	Basisinfo sedimentkarakteristieken.....	74
7.1	Inleiding.....	74
7.2	Te beantwoorden vraagstukken	74
8	Basisinfo vegetatie.....	76
8.1	Inleiding.....	76
8.2	Te beantwoorden vraagstukken	76
	Literatuur	77
Annex I	NATUURLIJKE GEOMETRIE VAN VOORLANDOPLOSSINGEN	79
1	Inleiding.....	81
1.1	Algemeen.....	81
1.2	Inhoud conform werkplan	81
1.2.1	Inleiding	81
1.2.2	Natuurlijke talud helling (vraag 1).....	81
1.2.3	Validatie morfologisch model (vraag 1)	82
1.2.4	Stabiliseren voorland met vegetatie (vraag 2).....	83
1.2.5	Optimaal geometrisch veiligheidsontwerp (vraag 3).....	84
1.3	Huidige stand van zaken	85
2	Natuurlijke taludhelling	86
2.1	PM.....	86
3	Validatie morfologisch model	89
3.1	Inleiding.....	89
3.2	Afhankelijkheid korreldiameter	89
3.3	Upgrade XBEACH model	91
4	Stabilisatie met vegetatie.....	92
4.1	PM.....	92
5	Veiligheidsontwerp.....	93
5.1	Inleiding.....	93
5.2	Optimale helling buitentalud.....	93
5.3	Optimaal veiligheidsontwerp	93
6	Aanvullende producten	94
6.1	Guideline ontwerp van voorlandoplossingen (zie Bijlage 1).....	94
Annex II	AANLEG VAN VOORLANDOPLOSSINGEN	95
1	Inleiding.....	97
1.1	Algemeen.....	97

1.2	Inhoud rapportage conform werkplan	97
1.2.1	Inleiding	97
1.2.2	Ervaring vergunningentraject (vraag 4).....	97
1.2.3	Ervaring aanleg proefsectie (vraag 5).....	98
1.2.4	Gebruik ander kernmateriaal (vraag 6).....	98
1.2.5	Initiatie van vegetatie (vraag 7).....	99
1.3	Huidige stand van zaken	99
2	Gebruik ander kernmateriaal	100
2.1	PM.....	100
3	Initiatie van vegetatie.....	101
3.1	PM.....	101
4	Gerelateerde producten	102
4.1	Lessons-learned vergunningen-traject (zie Bijlage 2).....	102
4.2	Guide-line vergunningen (zie Bijlage 3)	102
4.3	Lessons-learned aanleg (zie Bijlage 4).....	103
4.4	Guide-line aanleg (zie Bijlage 5)	103
Annex III	BEHEER EN ONDERHOUD VAN VOORLANDOPLOSSINGEN	105
1	Inleiding	107
1.1	Algemeen	107
1.2	Inhoud rapportage conform werkplan	107
1.2.1	Inleiding	107
1.2.2	Ontwikkeling morfologie (vraag 8)	107
1.2.3	Verkenning langstransport-problematiek	108
1.2.4	Lessons-learned ontwikkeling vegetatie (vraag 9)	108
1.3	Huidige stand van zaken	109
2	Morfologische ontwikkelingen.....	110
2.1	Inleiding	110
2.2	Ontwikkeling oeverlijn	110
2.3	Ontwikkeling volumes.....	112
2.3.1	Inleiding	112
2.3.2	Effect zettingen.....	113
2.3.3	Uitwisseling over randen.....	113
2.4	Herverdeling volumes	113
2.4.1	PM	113
2.5	Interactie met constructies.....	113
2.5.1	PM	113
3	Effecten structurele verliezen	115
3.1	PM	115
4	Ontwikkeling van de vegetatie	116
4.1	PM	116

5	Gerelateerde producten	117
5.1	Guide-line beheer en onderhoud (zie Bijlage 6)	117
Annex IV	TOETSING VAN VOORLANDOPLOSSINGEN.....	119
1	Inleiding	121
1.1	Algemeen	121
1.2	Inhoud rapportage conform werkplan	121
1.2.1	Inleiding	121
1.2.2	Toetsing veiligheidsontwerp (vraag 10)	122
1.2.3	Rol vegetatie in veiligheidstoetsing (vraag 11)	122
1.2.4	Monitoring veiligheid (vraag 12).....	123
1.3	Huidige stand van zaken	123
2	Toetsing veiligheidsontwerp.....	124
2.1	PM.....	124
3	Rol van vegetatie.....	125
3.1	PM.....	125
4	Monitoring veiligheid.....	126
4.1	PM	126
5	Gerelateerde producten	127
5.1	Plan van aanpak toetsingsprotocol (zie Bijlage 7)	127
Annex V	OPSCHALING EN BUSINESS-CASES.....	129
1	Inleiding	131
1.1	Algemeen	131
1.2	Inhoud rapportage conform werkplan	131
1.3	Gevolgd aanpak	132
1.4	Huidige stand van zaken	133
2	Mogelijke toepassingen.....	134
2.1	Inleiding	134
2.2	Opschalingslocaties	134
2.2.1	Algemeen	134
2.2.2	Eerste Schil - Markermeer/IJsselmeer.....	134
2.2.3	Tweede Schil - Zoet water, rivierbekkens.....	135
2.2.4	Derde Schil - Intergetijdengebieden	135
3	Business-cases	137
3.1	Inleiding	137
3.2	Verschillende niveaus	137
3.2.1	Nulde niveau: dat van de ontwerpprincipes	137
3.2.2	Eerste niveau: dat van de kosten raming.....	137
3.2.3	Tweede niveau: dat van een MKBA vergelijking	138
3.2.4	Derde niveau; van een (financiële) business case	138

3.3	Nadere uitwerking van de business case benadering.....	138
4	Doorvertaling naar Markermeer	139
4.1	Aanpak.....	139
4.2	Definitie basisontwerpen.....	139
4.3	Kosten van de basisontwerpen.....	140
4.4	Mogelijke baten zachte oplossingen.....	140
4.5	Mogelijkheden cofinanciering.....	140
5	Doorvertaling andere gebieden.....	141
5.1	Doorvertaling naar Haringvliet, Hollands diep situaties.....	141
5.2	Doorvertaling naar Intergetijde-gebieden.....	141
Annex VI	PRODUCTEN.....	143
Bijlage 1	Guideline ontwerp	145
Bijlage 2	Lessons-learned vergunningen	147
Bijlage 3	Guideline vergunningen	149
Bijlage 4	Lessons-learned aanleg.....	151
Bijlage 5	Guideline aanleg.....	153
Bijlage 6	Guideline beheer en onderhoud.....	155
Bijlage 7	Plan van aanpak toetsingsprotocol	157

Overzicht figuren

Algemeen deel

Figuur 1.1	Overzicht proefsectie langs Houtribdijk in september 2014 na afronding van aanlegfase bij aanvang monitoringsprogramma [opname Mennobart van Eerden]. .	16
Figuur 2.1	Hoofdtypen waterkeringen, inclusief combinatie-oplossing met voorland.	22
Figuur 2.2	Schematische weergave mogelijke combinatieoplossingen met afnemende omvang benodigde zandige aanvulling.....	23
Figuur 2.3	Omvang benodigde aanvulling als functie van de rol van de huidige dijk.	23
Figuur 2.4	Ontwikkeling veiligheidsoverschot bij directe realisatie maatgevend geacht veiligheidsniveau.	28
Figuur 2.5	Ontwikkeling veiligheidsoverschot bij directe realisatie maatgevend geacht veiligheidsniveau en afwijkend daadwerkelijke ontwikkeling van het benodigde veiligheidsniveau.	29
Figuur 2.6	Ontwikkeling veiligheidsoverschot bij directe realisatie maatgevend geacht veiligheidsniveau inclusief aanbrengen onderhoudsbuffers bij erosief kustvak.	30
Figuur 2.7	Ontwikkeling veiligheidsoverschot bij stapsgewijs verhogen van het veiligheidsniveau.	30
Figuur 2.8	Ontwikkeling veiligheidsoverschot bij stapsgewijs verhogen van het veiligheidsniveau inclusief aanbrengen onderhoudsbuffers bij erosief kustvak.	31
Figuur 2.9	Ontwikkeling veiligheidsoverschot bij directe realisatie maatgevend geacht veiligheidsniveau en aanwezigheid autonome aangroei.	32
Figuur 2.10	Ontwikkeling veiligheidsoverschot bij stapsgewijs verhogen van het veiligheidsniveau en aanwezigheid autonome trend.	32
Figuur 5.1	Gemeten windsnelheid (m/s), gekleurd op windrichting (graden t.o.v. Noord).	46
Figuur 5.2	Vergelijking windsnelheid KNMI (verticale as) en lokaal gemeten (horizontale as). Links station Lelystad, rechts station Schiphol.	47
Figuur 5.3	Vergelijking windrichting KNMI (verticale as) en lokaal gemeten (horizontale as). Links station Lelystad, rechts station Schiphol.	47
Figuur 5.4	Gemeten waterstand (zwart) en een lopend gemiddelde met een middelingsperiode van een week (rood).	48
Figuur 5.5	Relatie tussen waterstand (verticale as) en windrichting (horizontale as), gekleurd op windsnelheid. Gestippelde lijn: indicatie voor de oriëntatie van oeverlijn van de pilot.	49
Figuur 5.6	Relatie tussen geschatte opwaaiing (verticale as) en windrichting (horizontale as), gekleurd op windsnelheid. Gestippelde lijn: indicatie voor de oriëntatie van oeverlijn van de pilot.	50
Figuur 5.7	Vergelijking tussen waterstanden uit het operationele WAQUA-model voor het Markermeer en lokale waterstandsmetingen.	51
Figuur 5.8	Gemeten significante golfhoogte Hm0 (m).	51
Figuur 5.9	Relatie tussen significante golfhoogte (verticale as) en windrichting (horizontale as), gekleurd op windsnelheid. Gestippelde lijn: indicatie voor de oriëntatie van oeverlijn van de pilot.	52
Figuur 5.10	Combinaties van waterstand en significante golfhoogte voor vier windsectoren.	53

Figuur 5.11	Combinaties van berekende opwaaiing en significante golfhoogte voor vier windsectoren.	54
Figuur 5.12	Verloop in de tijd van waterstand en significante golfhoogte gedurende een tweetal stormen.....	55
Figuur 5.13	Vergelijking tussen de berekende golfhoogte volgens SWAN en op basis van lokale metingen	55
Figuur 5.14	Vergelijking diverse databronnen voor de significante golfhoogte voor de storm van januari 2015.....	56
Figuur 5.15	Vergelijking significante golfhoogte H_{m0} (horizontale as) en piekperiode T_p (verticale as), waarbij de markers zijn gekleurd op windsnelheid.	57
Figuur 5.16	Verhouding tussen windrichting (horizontale as) en golfrichting (verticale as), waarbij de markers zijn gekleurd op windsnelheid.....	58
Figuur 5.17	Vergelijking van de verhouding tussen windrichting en golfrichting vóór en na 22 januari 2015.....	59
Figuur 6.1	Bodemligging conform eindpeiling DE Combinatie van 15 september.	63
Figuur 6.2	Overzicht bodemligging T1 op 18 september 2014.	64
Figuur 6.3	Overzicht bodemligging T2 op 25 oktober 2014.	64
Figuur 6.4	Overzicht bodemligging T3 op 19 november 2014.....	65
Figuur 6.5	Overzicht bodemligging T4 op 28 december 2014.	65
Figuur 6.6	Overzicht bodemligging T5 op 23 januari 2015.	66
Figuur 6.7	Overzicht bodemligging T6 op 14 februari 2015.....	66
Figuur 6.8	Overzicht bodemligging T7 op 18 (en 21) maart 2015.....	67
Figuur 6.9	Overzicht bodemligging T8 op 6 april 2015.	67
Figuur 6.10	Verschillen in bodemligging tussen eerste en laatste inmeting.....	68
Figuur 6.11	Verschil in bodemligging tussen T1- en T2-opname.....	69
Figuur 6.12	Verschil in bodemligging tussen T2- en T3-opname.....	69
Figuur 6.13	Verschil in bodemligging tussen T3- en T4-opname.....	70
Figuur 6.14	Verschil in bodemligging tussen T4- en T5-opname.....	70
Figuur 6.15	Verschil in bodemligging tussen T5- en T6-opname.....	71
Figuur 6.16	Verschil in bodemligging tussen T6- en T7-opname.....	71
Figuur 6.17	Verschil in bodemligging tussen T7- en T8-opname.....	72
Figuur 6.18	Overzicht positie van de zeven geplaatste zakbakens.	73
Figuur 6.19	Voorbeeld vergelijking waargenomen zetting en verwachte theoretische zetting voor zakbakens nr. 3.	73

Annex I

Figuur I - 2.1	Vergelijkbaarheid dwarsprofielen.	86
Figuur I - 3.1	Relatie tussen helling en korreldiameter (Ref...).	90
Figuur I - 3.2	Afhankelijkheid profielontwikkeling van korreldiameter voor XBeach.	90
Figuur I - 3.3	Resultaat eerste verkenning effect aangepaste asymmetrie-factor op profielontwikkeling.	91

Annex III

Figuur III - 2.1	Overzicht ontwikkeling positie oeverlijn (positie doorsnijding op NAP-0,3 m) inclusief naastgelegen secties.	110
------------------	---	-----

Figuur III - 2.2	Detail positie oeverlijn over centrale deel proefsectie (tussen damwand en rijsmatconstructie).	111
Figuur III - 2.3	Overzicht variatie in oeverlijnposities in centrale deel proefsectie.	111
Figuur III - 2.4	Ontwikkeling oriëntatie oeverlijn centrale deel proefsectie als functie van de tijd. .	112
Figuur III - 2.5	Ontwikkeling ligging positie zwaartepunt centrale proefsectie.	112

Overzicht tabellen

Algemeen deel

Tabel 1.1	Hoofdstructuur van de overkoepelende pilot-rapportage.....	17
Tabel 1.2	Overzicht hoofdstructuur algemeen deel van de overkoepelende pilot-rapportage. .	19
Tabel 1.3	Overzicht basisrapportages en plaats binnen de overkoepelende pilot-rapportage. .	19
Tabel 1.4	Overzicht producten en plaats binnen de overkoepelende pilot-rapportage (NB: De hierin met een vinkje gemarkeerde producten zijn in deze fase van het project reeds afgerond en opgeleverd).....	20
Tabel 2.1	Overzicht mogelijke typen zandige versterkingen en relatie tot de (resterende) rol van de aanwezige dijkconstructie.....	26
Tabel 2.2	Overzicht mogelijke bijdragen van vegetatie aan de functies en veiligheid van de waterkering.....	27
Tabel 2.3	Overzicht relevante EcoShape-projecten.	34
Tabel 2.4	Overzicht relevante lopende (versterkings)projecten.	37
Tabel 2.5	Overzicht relevante onderzoeksprojecten.	39
Tabel 3.1	Relatie tussen doelen, onderzoeksthema's en geformuleerde onderzoeksvragen.	41
Tabel 3.2	Relatie tussen doelen, onderzoeksthema's en onderzoeksvragen, inclusief koppeling met de verschillende producten.....	42
Tabel 5.1	Versiebeheer overdrachtstabel hydro/meteogegevens.	45
Tabel 5.2	Overzicht beschouwde periode.	60
Tabel 6.1	Overzicht uitgevoerde bodempeilingen.	62

Annex V

Tabel V - 2.1	Overzicht karakteristieken per beschouwde locatie.	136
---------------	---	-----

Samenvatting

De thans in uitvoering zijnde pilot voorlandoplossing Houtribdijk, bestaande uit de aanleg van een proefsectie met een voor de dijk gelegen zandaanvulling inclusief monitoringsprogramma, data-analyse en het opstellen van toets- en ontwerptools, is expliciet gericht op het bijdragen aan het sneller en beter onderbouwd kunnen realiseren van zandige versterkingswerken voor met name de belastingomstandigheden voor de grotere meren. De (tussen)resultaten van deze pilot zullen hun toepassing moeten vinden in zowel lopende en komende HWBP-projecten. Deze resultaten worden binnen het zogenaamde werkprogramma vastgelegd in de vorm van rapportage en toets- en ontwerptools.

Rol van deze rapportage

Voorliggende rapportage betreft een interim-versie van een 'levend' document waarin de laatste resultaten en inzichten vanuit de pilot in onderlinge samenhang zijn beschouwd. Het aan deze uitwerkingen ten grondslag liggende werkplan is hierbij als basis gehanteerd (EcoShape, 2015a). Dit laatste is ook terug te vinden in de opzet en inrichting van deze overkoepelende rapportage waarin aan de uitwerking van elk van de beschouwde onderzoeksthema's een separate basisrapportage en een of meerdere producten zijn gekoppeld.

Naast een algemeen deel omvat deze overkoepelende rapportage dan ook een eerste versie van een vijftal (in annexen opgenomen) basisrapportages en een beschrijving van een zevental (in bijlagen opgenomen) producten.

In het eerste, algemene deel van deze rapportage wordt met name ingegaan op de analyse van de monitoringsresultaten en de verwerking er van tot de voor de beantwoording van de onderzoeksvragen benodigde basisinformatie. In deze zin zal deze rapportage tijdens de uitvoering van de pilot ook (aan)sturend werken op de in de onderliggende werkdocumenten vastgelegde detailuitwerkingen. Ook is een hoofdstuk ingevoegd waarin de problematiek van voorlandoplossingen in een breder kader is geplaatst.

Stand van zaken

De huidige versie van deze rapportage geeft een beeld van de stand van zaken per medio 2015 (rapportage-versie 26 augustus 2015) en ligt ter vaststelling voor in de stuurgroep-bijeenkomst van 8 september 2015. De rapportage is voor een overgroot deel inhoudelijk gebaseerd op een door de EcoShape-partners opgestelde werkdocumenten, dit aangevuld met algemene overwegingen die bij voorlandoplossingen spelen.

Een overgroot deel van het hoofdrapport (algemeen deel), de annexen (basisrapportages) en bijlagen (producten) is in deze fase van het project natuurlijk nog niet volledig ingevuld, deels omdat de analyse van de reeds beschikbare informatie nog niet geheel is afgerond (en de onderliggende werkdocumenten nog niet een finale vorm hebben gekregen), maar ook omdat de hiertoe benodigde informatie (bijvoorbeeld de effecten van de vegetatie) in dit stadium van de pilot feitelijk nog niet voorhanden is.

In de loop van de uitvoering van het project zal deze rapportage een steeds meer definitieve vorm krijgen en zullen de afgeronde delen als zelfstandig document beschikbaar worden gemaakt.

Dit laatste is nu reeds het geval voor de zogenaamde lessons-learned van het doorlopen vergunningen-traject (zie Bijlage 2 en (EcoShape, 2015b)) en de gerealiseerde aanleg (zie Bijlage 4 en (EcoShape, 2015c)).

Bevindingen tot nu toe

De pilot heeft sinds de aanleg in juli 2014 (slechts een krap jaar geleden) al een grote hoeveelheid aan informatie en inzichten opgeleverd.

Ten aanzien van de morfologische ontwikkeling kan de conclusie worden getrokken dat de profielsectie er, ondanks soms zware hydraulische omstandigheden tot nu toe relatief stabiel bij ligt. Dit geldt niet alleen voor het geheel van de aangebrachte driehoek, maar ook voor het loodrecht op de oeverlijn gelegen dwarsprofiel. Hier is sprake van een stabiel profiel dat bestaat uit een relatief steil deel (helling orde 1 : 10) rond de waterlijn met een zogenaamde swash-berm. De ontwikkeling van deze profielvorm lijkt tenminste gerelateerd aan de aanwezigheid van relatief grof materiaal.

Ten aanzien van de vegetatie blijkt het lastig om deze te laten groeien op het lagere deel van de proefsectie. Op het hoger gelegen deel slaat de vegetatie wel goed aan, mede dankzij de in de initiatie-fase ingezette berekening. Ook lijkt daarbij een positief effect uit te gaan van de inmenging van de holocene toplaag. Het effect van 'graas' op de vitaliteit van de aangebrachte beplanting is duidelijk negatief.

Vooruitblik

Daar waar het afgelopen jaar de nadruk vooral lag op de ontwikkeling van de morfologie (zonder vegetatie), zal de aandacht in het komende jaar zich met name richten op de ontwikkeling van de aangebrachte vegetatie en de mogelijke interactie met de hydrodynamica. Ten aanzien van het laatste is het natuurlijk ook van belang in hoeverre het mogelijk blijkt rietvegetatie zich rond de waterlijn te laten ontwikkelen. Afhankelijk van de waargenomen ontwikkelingen zullen eind 2015, begin 2016 voorstellen worden geformuleerd ter optimalisatie van de monitoringsinspanningen.

Ten aanzien van de morfologie zal de aandacht in de komende periode zich vooral richten op mogelijkheden om een verbeterde versie van het zogenaamde XBEACH-model te formuleren waarmee de waargenomen morfologische ontwikkelingen kunnen worden gesimuleerd. Deze versie kan dan vervolgens ook als basis voor toetsing en ontwerp worden gebruikt.

1 Inleiding

1.1 ALGEMEEN

Op dit moment wordt binnen het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) voor verschillende projecten de afweging gemaakt tussen traditionele versterkingsvormen en meer natuurlijke alternatieven zoals een zandige voorlandoplossing. Deze laatste versterkingsvorm is langs de Noordzeekust, al dan niet in combinatie met een achterliggende harde kering, reeds veelvuldig toegepast. Als voorbeeld kunnen worden genoemd de kustversterkingen bij Scheveningen, Noordwijk en Katwijk.

Voor minder energetische omstandigheden, zoals bij meren en rivieren, spelen informatie-lacunes over de haalbaarheid van een dergelijke oplossingen een nog te grote rol in de besluitvorming over de keuze van het type versterking.

In het kader van het HWBP2-innovatiebudget voor project-overstijgende innovaties, is door RWS-MN met medewerking van Stichting EcoShape een gehonoreerd voorstel gedaan voor de aanleg van een proefsectie van een voorlandoplossing voor de Markermeerzijde van de Houtribdijk. De pilot, bestaande uit de aanleg van een proefsectie inclusief monitoringsprogramma, data-analyse en het opstellen van toets- en ontwerptools, is expliciet gericht op het bijdragen aan het sneller en beter onderbouwd kunnen realiseren van zandige versterkingswerken voor met name de omstandigheden voor de grote meren, en kan zo toepassing vinden in zowel lopende en komende HWBP-projecten.

1.2 DOELSTELLING VAN DE PILOT

Het doel van deze tot voorjaar 2018 lopende pilot is het bevorderen van de toepassing van zandige versterkingen voor dijken met milde golfcondities, om zo te komen tot een goedkopere realisatie van een toetsbare en mogelijk 'onderhoudsarme' waterkering.

Om deze strategische doelstelling iets meer concreet te maken is het doel van de pilot geoperationaliseerd tot een drietal onderdelen, namelijk:

- het komen tot geoptimaliseerde uitvoeringsvormen,
- het toetsbaar maken van een zandige oplossing en
- het inzicht verkrijgen in de beheer- en onderhoudsfase en de hier mee samenhangende kosten.

Passend bij deze doelstelling zijn een groot aantal onderzoeksvragen gedefinieerd. Deze laatste zijn per onderzoeksthema gebruikt om de op te leveren producten te definiëren. Een nadere uitwerking hiervan is beschreven in Hoofdstuk 3 van deze rapportage.

1.3 INRICHTING ACTIVITEITEN

Na een lange voorbereidingsfase is de aanleg van de proefsectie in september 2014 afgerond en is het feitelijke monitoringsprogramma opgestart.



Figuur 1.1 Overzicht proefsectie langs Houtribdijk in september 2014 na afronding van aanlegfase bij aanvang monitoringsprogramma [opname Mennobart van Eerden].

Dit meetprogramma loopt van half september 2015 tot en met maart 2018 en richt zich op drie hoofdonderdelen, te weten de meteorologie en hydrodynamica, de morfodynamica en de vegetatieontwikkeling. De data aangaande de meteorologie en hydrodynamica geeft inzicht in de optredende belasting (windsnelheid, waterstanden, golven) en de morfodynamica geeft inzicht in de respons (profielontwikkeling; zowel erosie/sedimentatie-processen als zetting). Ten aanzien van de vegetatieontwikkeling is met name het effect hiervan op de morfodynamica van belang. Ook wordt gekeken naar ecologische meerwaarde en de rol van het beheer.

Het gezamenlijke eindproduct van het pilotproject is contractueel vormgegeven door middel van een viertal werkpakketten (WP1 t/m WP4) waarin de verschillende hoofactiviteiten zijn ondergebracht. Deze werkpakketten betreffen respectievelijk:

- WP1 - Ontwerp en vergunningen,
- WP2 - Vooronderzoek en aanleg,
- WP3 - Monitoring en analyses en
- WP4 - Werkprogramma en eindrapportage.

De aan de eerste twee werkpakketten (WP1 en WP2) verbonden activiteiten zijn in 2014 al afgerond. Actueel zijn thans dus nog het monitoringsprogramma (WP3) en het zogenaamde werkprogramma (WP4). Binnen het werkprogramma wordt invulling gegeven aan de data-analyse, het beantwoorden van de onderzoeksvragen en de bijdrage aan de toets- en ontwerptools. Het voorliggende document heeft betrekking op het de activiteiten en resultaten van met name het laatste werkpakket (WP4).

1.4 OPZET RAPPORTAGE EN LEESWIJZER

1.4.1 INLEIDING

De voorliggende rapportage betreft in de huidige vorm een interim-versie van een 'levend' document waarin de laatste resultaten en inzichten vanuit de pilot in onderlinge samenhang zijn beschouwd. Het aan deze uitwerkingen ten grondslag liggende werkplan van het werkprogramma is hierbij als basis gehanteerd (EcoShape, 2015a). Dit is ook terug te vinden in de opzet en inrichting van deze rapportage

waarin aan elk van de onderscheiden onderzoeksthema's zowel een basisrapportage als een of meerdere producten zijn gekoppeld (zie Tabel 1.1).

Onderdeel	Toelichting	Locatie
Algemeen deel	Onderzoeksvragen, koppeling met monitoringsprogramma	Hoofdstuk 2 t/m 8
Basisrapportages	Ontwerp, aanleg, beheer en onderhoud, toetsing, opschaling	Annex I t/m Annex V
Producten	Lessons-learned, guidelines, plan van aanpak	Bijlage 1 t/m Bijlage 7

Tabel 1.1 Hoofdstructuur van de overkoepelende pilot-rapportage.

Naast een meer algemeen deel omvat deze rapportage dan ook een eerste versie van een vijftal (in annexen opgenomen) basisrapportages en een zevental (in bijlagen opgenomen) producten. In het algemene deel wordt naast een algemene uiteenzetting over zandige voorlandversterkingen met name ingegaan op de basisanalyse van de monitoringsresultaten en de verwerking er van tot voor beantwoording van de onderzoeksvragen benodigde informatie.

In het volgende is een nadere toelichting gegeven op genoemde onderdelen van deze rapportage.

1.4.2 ALGEMEEN DEEL IN HOOFDTEKST

Het algemene deel van de rapportage bestaat uit een vijftal blokken, te beginnen met dit hoofdstuk met inleiding en achtergronden (Hoofdstuk 1).

In Hoofdstuk 2 wordt vervolgens in gegaan op de bredere relatie met ander onderzoek op het gebied van voorlandoplossingen (het zogenaamde framework).

Na deze verbreding wordt in Hoofdstuk 3 de nadere uitwerking van de onderzoeksvragen en de koppeling ervan met de basisrapportages en producten belicht.

Aansluitend volgt een korte toelichting op de rol en invulling van het monitoringsprogramma (Hoofdstuk 4). Het laatste blok bestaat uit een viertal hoofdstukken waarbinnen een eerste verwerkingsslag van de basisresultaten van het monitoringsprogramma (hydro/meteo-data, bodemligging, sedimentkarakteristieken en vegetatie) is beschreven (Hoofdstuk 4 tot en met 8).

Tabel 1.2 geeft een samenvattend overzicht van de verschillende onderdelen.

Onderwerp	Toelichting	Locatie binnen rapportage
Algemeen deel	Doelstelling, opzet rapportage en verantwoording	Hoofdstuk 1
Framework	Karakterisering voorlandoplossingen	Hoofdstuk 2
Onderzoeksvragen	Koppeling met thema's, basisrapportages en producten	Hoofdstuk 3
Monitoringsprogramma	Algemeen deel	Hoofdstuk 4
	Hydro/meteo-data (wind, waterstanden, golven, ...)	Hoofdstuk 5
	Bodemligging (niveaus, zettingen)	Hoofdstuk 6
	Sedimentkarakteristieken (	Hoofdstuk 7
	Vegetatie (aanleg, ontwikkeling, effecten, ...)	Hoofdstuk 8

Tabel 1.2 Overzicht hoofdstructuur algemeen deel van de overkoepelende pilot-rapportage.

Dit algemene rapportagedeel wordt afgesloten met een overzicht van de relevante literatuur en rapportages, dit inclusief de (soms nog in voorbereiding zijnde) interim-werkdocumenten.

Voorlandoplossingen en relatie met ander onderzoek

In Hoofdstuk 2 is een algemene karakterisering van voorlandversterkingen in relatie tot zowel de rol van het zand en vegetatie binnen de veiligheidsoplossing als de mogelijkheden tot optimalisatie van het

ontwerp van zandige versterkingsoplossingen. Deze laatste heeft onder meer een directe relatie met een van de doelstellingen (onderzoeksthema's) van het HPZ innovatieproject (EcoShape, 2015d).

Ook is een relatie gelegd met ander onderzoek dat op het gebied van voorlanden wordt of gaat worden uitgevoerd. Hierbij komt ook de relatie met andere EcoShape-projecten aan de orde.

Koppeling activiteiten met onderzoeksvragen

De aan de basis van deze pilot ten grondslag liggende onderzoeksvragen vormen het uitgangspunt voor de definitie van de op te leveren producten. Deze vertalingsslag vormt ook de basis voor de definitie van het aan het werkprogramma ten grondslag liggende werkplan (EcoShape, 2015a).

In Hoofdstuk 3 van deze rapportage is deze aansturende uitwerking in nog iets meer detail uitgewerkt.

Aansluiting op monitoringsprogramma

Het zogenaamde monitoringsprogramma levert de basisinformatie die in het werkprogramma wordt gebruikt voor het beantwoorden van de verschillende onderzoeksvragen. De invulling van het binnen WP3 gepositioneerde monitoringsprogramma is op hoofdlijnen beschreven in het zogenaamde monitoringsplan. De vigerende versie van dit monitoringsplan dateert van november 2014 (EcoShape, 2014).

In Hoofdstuk 4 is een korte schets gegeven van het oorspronkelijke plan en is in aanvulling hierop ook aangegeven op welke onderdelen dit plan in de loop van de tijd is aangepast en/of nog zal worden aangepast.¹

Resultaten van het monitoringsprogramma

Zoals aangegeven, richt het monitoringsprogramma zich op drie hoofdonderdelen, te weten de meteorologie en hydrodynamica, de morfodynamica en de vegetatieontwikkeling. De data aangaande de meteorologie en hydrodynamica geeft inzicht in de optredende belasting (windsnelheid, waterstanden, golven) en de morfodynamica in de morfologische respons (profielontwikkeling; zowel erosie- en sedimentatie-processen als de zetting). Ten aanzien van de vegetatieontwikkeling is met name het effect hiervan op de morfodynamica van belang. Ook wordt gekeken naar ecologische meerwaarde en de rol van het beheer.

In Hoofdstuk 5 tot en met 8 zijn de binnen WP3 gevalideerde basisresultaten nader beschouwd en beschreven. Het gaat daarbij dus om respectievelijk de meteorologische en hydrodynamische gegevens, de bodemligging en zettingsinformatie, de sedimentinformatie en de vegetatiedata.

Ook is hier het resultaat beschreven van een eerste verwerkings- en analyseslag. De 'opgewerkte' resultaten zullen vervolgens worden gebruikt voor de opstelling van de verschillende basisrapportages en de daaruit afgeleide producten.

1.4.3 BASISRAPPORTEN IN ANNEXEN

De resultaten van de pilot zullen, conform het in maart 2015 vastgestelde werkplan, per onderzoeksthema worden vastgelegd in een vijftal basisrapporten. Het gaat daarbij om de in Tabel 1.3 genoemde rapportages.

¹ Mogelijk leiden deze inzichten nog tot een update van het thans vigerende monitoringsplan.

Onderzoeksthema	Toelichting	Locatie binnen rapportage
Ontwerp	Natuurlijke geometrie van voorlandoplossingen (rapport I)	Annex I
Aanleg	Aanleg voorlandoplossingen (rapport II)	Annex II
Beheer en onderhoud	Beheer en onderhoud (rapport III)	Annex III
Toetsing	Toetsing van voorlandoplossingen (rapport IV)	Annex IV
Opschaling	Opschaling en business-cases (rapport V)	Annex V

Tabel 1.3 Overzicht basisrapportages en plaats binnen de overkoepelende pilot-rapportage.

Deze rapportages zijn daarbij geclusterd rondom de vijf onderscheiden onderzoeksthema's. Het feit dat een deel van de hiervoor benodigde informatie voor meerdere basisrapporten van belang is en dat er de behoefte om (buiten de basisrapportages om) al een eerste overkoepelende analyse op de monitoringsresultaten te kunnen uitvoeren heeft mede geleid tot de opzet van de voorliggende rapportage en meer specifiek tot het invoegen van een algemeen deel (zie vorige paragraaf) aan deze rapportage. In het volgende is heel kort ingegaan op de inhoud van de vijf basisrapportages.

Rapport I – Geometrie van voorlandoplossingen (in Annex I)

In Annex I (vanaf pagina 79) van deze rapportage wordt op basis van data-analyse en toepassing van numerieke modellen inzicht gegeven in de natuurlijke helling van het voorland ter plaatse van de proefsectie en de mate waarin het morfologisch model XBEACH deze helling kan reproduceren en de mate waarin vegetatie een voorlandoplossing kan helpen een vooroever te stabiliseren. Deze informatie moet uiteindelijk worden gebruikt voor de definitie van een ook voor andere locaties en omstandigheden geschikt veiligheidsontwerp.

Rapport II – Aanleg van voorlandoplossingen (in Annex II)

In Annex II (vanaf pagina 95) van deze rapportage wordt op basis van opgedane ervaringen en data-analyse verslag gedaan van het inzicht in het voor de aanleg van een voorland te doorlopen vergunning-gentraject en de wijze waarop een voorlandtalud op een efficiënte wijze kan worden aangelegd. Ook wordt hierbij aandacht gegeven aan de mogelijkheden voor het gebruik van een mengsel van zand en holoceen materiaal voor (de kern van) een voorlandoplossing en in hoeverre vegetatie op een voorland snel kan worden gerealiseerd.

Rapport III – Beheer en onderhoud van voorlandoplossingen (in Annex III)

In Annex III (vanaf pagina 105) wordt op basis van opgedane ervaringen en data-analyse verslag gedaan van het inzicht in de ontwikkeling van de morfologie, de effecten van structurele verliezen (door de aanwezigheid van een gradiënt in het langstransport) en de voorspelde en gerealiseerde ontwikkeling van de vegetatie.

Rapport IV – Toetsing van voorlandoplossingen (in Annex IV)

Op basis van technische kennis en nadere data-analyse is in Annex IV (vanaf pagina 119) verslag gedaan van nieuwe inzichten in de definitie van een toetsingsprotocol, de rol van de vegetatie binnen de toetsing en de voor de veiligheidstoetsing te hanteren monitoring.

Rapport V – Opschaling en business-cases (in Annex V)

Daar waar de kennisontwikkeling onder de benoemde thema's (ontwerp, aanleg, beheer en onderhoud, toetsing steeds de nadruk gelegd op het 'vertalen' van de waargenomen/afgeleide resultaten van de proefsectie voor de Houtribdijk, naar meer generieke kennis die toepasbaar is in andere omstandigheden en/of locaties is in Annex V (vanaf pagina 129) een meer integrale verkenning van de mogelijkheden voor voorlandoplossingen in meer concrete zin gepresenteerd. Het gaat hier dus om een op basis van de

individuele guidelines gecombineerde verkenning van de (on)mogelijkheden voor de realisatie van een voorlandoplossing op andere locaties.

1.4.4 GUIDELINES IN BIJLAGEN

In aanvulling op de vijf basisrapportages zijn in het kader van de pilot een aantal specifieke producten onderscheiden. Deze zeven producten zijn gelinkt aan de eerder genoemde basisrapportages en separaat opgenomen in een aantal bij deze rapportage gevoegde bijlagen (Bijlage 1 t/m Bijlage 7) zoals toegelicht in Tabel 1.4. Aan het als laatste genoemde onderzoeksthema is, in aanvulling op de in Annex V opgenomen basisrapportage geen product gekoppeld.

Onderzoeksthema	Gerelateerd product	Locatie
Ontwerp	Guideline ontwerp	Bijlage 1
Aanleg	✓ Lessons-learned vergunningen	Bijlage 2
	Guideline vergunningen	Bijlage 3
	✓ Lessons-learned aanleg	Bijlage 4
	Guideline aanleg	Bijlage 5
Beheer en onderhoud	Guideline beheer en onderhoud	Bijlage 6
Toetsing	Plan van aanpak toetsingsprotocol	Bijlage 7
Opschaling	N.v.t.	N.v.t.

Tabel 1.4 Overzicht producten en plaats binnen de overkoepelende pilot-rapportage (NB: De hierin met een vinkje gemarkeerde producten zijn in deze fase van het project reeds afgerond en opgeleverd).

In het volgende is een korte schets gegeven van deze producten.

Guideline ontwerp (Bijlage 1)

Deze rapportage beschrijft de wijze waarop voor een specifieke locatie een veiligheidsontwerp voor een voorland kan worden gedefinieerd. Daarbij is ook aandacht worden gegeven aan de rol van de achterliggende dijk bij het ontwerp van de (eventueel hybride) waterkering

Lessons-learned vergunningen (Bijlage 2)

In deze rapportage zijn de tijdens de voorbereiding van de pilot met betrekking tot het vergunningentraject opgedane ervaringen vastgelegd. Daarbij is onder andere ingegaan op de wijze waarop de in een Natura2000-gebied benodigde vergunningen toch relatief snel konden worden verkregen (EcoShape, 2015b).²

Guideline vergunningen (Bijlage 3)

Deze rapportage beschrijft een leidraad voor het te doorlopen vergunningen proces voor het realiseren van voorlandoplossingen. Hierin is beschreven welke vergunningen een rol spelen en op welke wijze het vergunningentraject zo soepel mogelijk kan worden doorlopen. Onderdeel daarvan is ook het inventariseren van de eisen die de vergunningen aan het ontwerp stellen en de wijze waarop er in het ontwerp reeds rekening mee kan worden gehouden.

² Deze rapportage is inmiddels vastgesteld en daarmee separaat beschikbaar.

Lessons-learned aanleg (Bijlage 4)

Deze rapportage beschrijft de tijdens de aanleg van de zandaanvulling opgedane ervaringen. Onderdeel hiervan is ook de analyse van de opgetreden zettingen en de opgetreden verliezen en de mate waarin de in detail ontworpen geometrie daadwerkelijk is gerealiseerd (EcoShape, 2015c).³

Guideline aanleg (Bijlage 5)

Dit rapport heeft betrekking op een guideline waarin wordt beschreven op welke wijze een grootschaliger voorlandoplossing zo adequaat mogelijk kan worden aangelegd en wat daarbij de meest kosteneffectieve uitvoeringsmethodieken zijn.

Guideline beheer en onderhoud (Bijlage 6)

Deze rapportage betreft een guideline waarin is beschreven op welke wijze beheer en onderhoud van een voorlandoplossing zo adequaat mogelijk kan worden uitgevoerd. Daarbij komt tenminste het nut van het innemen van de holocene topklaar, de effecten van verschillende soorten vegetatie, de 'werking' van de rijsmatten en de effecten van begrazing aan de orde.

Plan van Aanpak Toetsingsprotocol (Bijlage 7)

Omdat de verschillende activiteiten per definitie niet tot een volwaardig toetsingsprotocol leiden is separaat product gedefinieerd dat een plan van aanpak voor de definitie van een dergelijk protocol beschrijft. Ook zal hierbij worden aangegeven of het nuttig en verantwoord lijkt de effecten van de aanwezigheid van vegetatie op de veiligheid van een voorlandoplossing in rekening te brengen.

1.5 TOTSTANDKOMING EN VERANTWOORDING

De initiële versie van deze rapportage is opgesteld door H.J. Steetzel en op onderdelen besproken met de direct betrokken EcoShape-partners (zie ook het Colofon op pagina 159 aan het eind van deze rapportage). Voor de opstelling van deze rapportage is mede gebruik gemaakt van door de EcoShape-partners en/of onderaannemers (in het geval van Shore Monitoring voor de monitoring) opgestelde werkdocumenten waaronder (Deltares/Alterra, 2015), (Shore Monitoring, 2015), (HKV, 2015), (Arcadis, 2015a), (Arcadis, 2015b) en (Arcadis, 2015c).

Een eerste, ruwe versie van begin juli is ingebracht in het zogenaamde EcoShape/RWS-afstemmings-overleg van 13 juli 2015 en op 14 juli 2015 op hoofdlijnen besproken met RWS (H. Senhorst).

In de daarop volgende periode is de rapportage op een aantal onderdelen iets verder ingevuld om zo een vollediger beeld te geven van de actuele stand van zaken per medio 2015.

De allerlaatste ontwikkelingen zullen worden opgenomen in een volgende versie van de rapportage.

³ Deze rapportage is inmiddels vastgesteld en daarmee separaat beschikbaar.

2 Voorlandoplossingen

2.1 INLEIDING

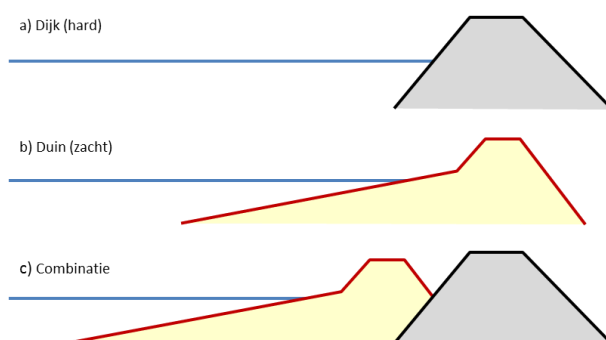
In dit hoofdstuk is de algemene karakterisering van voorlandoplossingen beschreven (Paragraaf 2.2), de rol van vegetatie verkend (Paragraaf 2.3), de uitgangspunten voor het ontwerp van voorlandoplossingen tegen het licht gehouden (Paragraaf 2.4) en is de relatie met aanverwante projecten en onderzoeken benoemd (Paragraaf 2.5).

De thans voorliggende invulling van dit (ingelaste) hoofdstuk moet als een eerste aanzet worden gezien.

2.2 TYPERING VAN VOORLANDOPLOSSINGEN

2.2.1 INLEIDING

In Figuur 2.1 is een zeer schematische weergave gepresenteerd van de verschillende typen waterkeringen. Van boven naar beneden respectievelijk een normale dijk, een normaal duin en een combinatieoplossing waarbij de dijk aan de buitenzijde is voorzien van een zandige voorlandaanvulling.

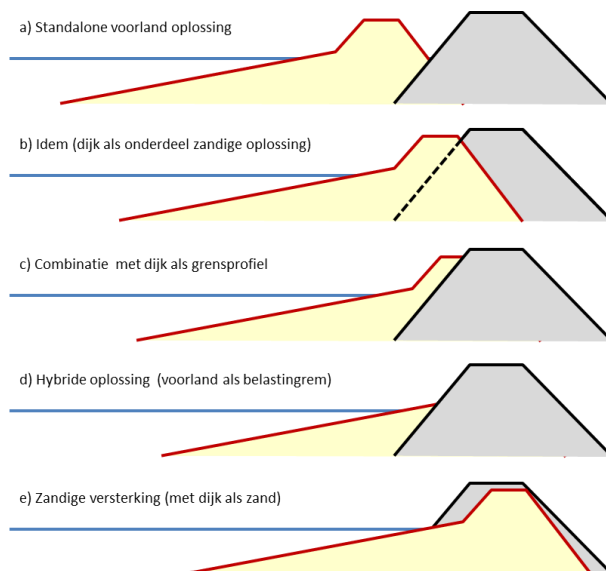


Figuur 2.1 Hoofdtypen waterkeringen, inclusief combinatie-oplossing met voorland.

De laatste combinatie-oplossing vormt het onderwerp van het uitgevoerde onderzoek en de voorliggende rapportage. Duidelijk mag zijn dat er veel mogelijkheden zijn voor de vormgeving en omvang van deze zandige aanvulling, dit afhankelijk van de rol die het voorland en de dijk moeten spelen binnen de totale waterkering.

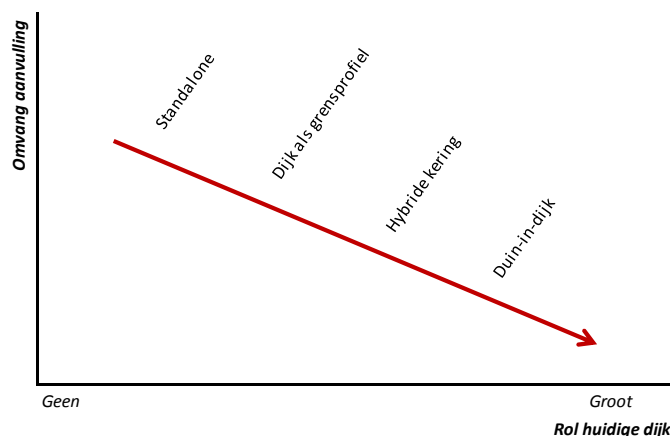
2.2.2 TYPES VOORLANDOPLOSSINGEN IN RELATIE TOT ROL VAN DE DIJK

Bij een (aanwezig of voorzien) veiligheidstekort van een waterkering kan er voor worden gekozen om deze zandig te versterken. Dit kan door het aan de voorzijde toevoegen van een zekere hoeveelheid zand. De omvang van de dan benodigde zandige veiligheidsversterking hangt nauw samen met de (resterende) rol van de aanwezige dijk binnen de nieuwe waterkering. De hierbij relevant geachte mogelijkheden zijn geschetst in Figuur 2.2.



Figuur 2.2 Schematische weergave mogelijke combinatieoplossingen met afnemende omvang benodigde zandige aanvulling.

Hierbij neemt de omvang van de (benodigde) zandige aanvulling van boven naar beneden geleidelijk af. De relatie tussen de rol van de aanwezige dijk en de benodigde versterkingsomvang is schematisch weergegeven in Figuur 2.3.



Figuur 2.3 Omvang benodigde aanvulling als functie van de rol van de huidige dijk.

Op grond van deze karakterisering kan onderscheid worden gemaakt worden tussen de volgende vier basis-typen voorlandoplossingen:

- De volledig zandige oplossingen: optie a) en b);
- Een 'dijk-als-grensprofiel'-oplossing: optie c);
- Een hybride oplossing: optie d);

- Een 'duin-in-dijk-oplossing' (met dijk als zandlichaam): optie e).

In de volgende secties zijn deze versterkingsoplossingen nader beschreven.

2.2.3 VOLLEDIG ZANDIGE OPLOSSINGEN

Optie a) heeft betrekking op een zogenaamde standalone zandige oplossing waarbij de dijk feitelijk geen waterkerende functie meer heeft. De voorliggende zandige waterkering neemt in de nieuwe situatie de waterkerende functie van de dijk volledig over.

Aandachtspunt hierbij is dan mogelijk nog wel de mate waarin de nieuwe zandige waterkering grondwaterdicht is, iets waarin de dijk alsnog een rol zou kunnen spelen.

Een dergelijke versterkingsoplossing komt bijvoorbeeld in beeld op het moment dat de dijk een serieus geotechnisch probleem heeft en dus niet meer kan worden gegarandeerd dat deze onder maatgevende omstandigheden stabiel is en blijft.

Optie b) verwijst naar een oplossing waarbij het zandige versterkingsprofiel iets verder richting de dijk is verschoven. De achterzijde van de zandige waterkering vertoont hierbij een zekere overlap met de huidige dijk. Feitelijk wordt dit deel van de dijk in deze oplossing dus als zandig beschouwd. Dit deel van het zandvolume behoeft natuurlijk niet te worden aangebracht en daarmee neemt het benodigde aanvulvolume ten opzichte van de vorige optie enigszins af.

Ook in dit geval wordt de sterkte van de nieuwe waterkering nagenoeg volledig overgenomen door de zandige oplossing. Indien de huidige dijk 'slechts' een kruinhoogte en/of bekledings-probleem heeft, mag duidelijk zijn dat de reststerkte van de huidige, achterliggende dijk dan niet volledig wordt aangesproken.

Voorbeelden

Geaccepteerde voorbeelden van de eerste variant van een dergelijke oplossing zijn de zogenaamde oeverdijkoplossing voor de Markermeerdijk (Arcadis/RHDHV/HHNK, 2015a) (Arcadis/RHDHV/HHNK, 2015b) en de reeds uitgevoerde zandige versterking van de Hondsbossche en Pettemer Zeewering. In beide gevallen speelt de huidige dijk geen rol meer binnen de nieuwe waterkering.

2.2.4 DIJK ALS GRENSPROFIEL

Optie c) schetst een oplossing waarbij de huidige dijk een meer expliciete rol vervult binnen de nieuwe waterkering. Van belang hierbij is dat voor het ontwerp en toetsen van een zandige waterkering in een technische uitwerking (in principe conform het zogenaamde Technisch Rapport Duinafslag 2006) onderscheid wordt gemaakt tussen het profieldeel dat onder invloed van de maatgevende belasting zal vervormen/afslaan (feitelijk het deel landafwaarts van het maatgevende afslagpunt) en het daarachter nog aanwezige extra benodigde volume dat een daadwerkelijke doorbraak van de waterkering moet voorkomen.

Dit laatste volume wordt in de reguliere uitwerking veelal als het zogenaamde grensprofiel(volume) aangeduid. In deze versterkingsuitwerking wordt dit deel van de waterkering dus overgenomen door een deel van de huidige dijk. De maatgevende afslag mag in een dergelijke oplossing dus reiken tot op het buitentalud van de dijk. In plaats van een zandig grensvolume is er nu dus sprake van een deel van de dijk dat puur rekentechnisch als zandig wordt beschouwd. Omdat het hier primair gaat om een volume-eis en omdat het aangesproken deel van het dijklichaam sowieso 'sterker' is dan los zand, is dit acceptabel. Ten opzichte van optie a) en b) levert dit dus een extra dijkwaartse verschuiving op van de zandige aanvulling en vraagt dit om een geringer aanvulvolume.

Voorbeelden

Voorbeelden van geaccepteerde versterkingsoplossingen die gebruik maken van het principe 'dijk-als-grensprofiel' bevinden zich in Zeeuws-Vlaanderen. Hier is voor een aantal strekkingen van de Zwakke Schakel de zandige versterking (in eerste aanleg) zo ontworpen dat de maatgevende afslag precies tot de voorzijde van de oude dijk reikt (Alkyon, 2007). De achterliggende dijk neemt dan de functie van het grensprofiel over.

2.2.5 HYBRIDE KERINGEN (INCLUSIEF DIJK-IN-DUIN-OPLOSSING)

Bij het nog verder opschuiven van de zandige aanvulling zou de afslag tot ergens in het dijkprofiel reiken. Indien de dijk, ook in de versterkte situatie, als constructief element wordt beschouwd, leidt het aanwezig zijn van het zandige voorland tot een beperking van de maatgevende golfbelasting op de dijk. Onder de maatgevende belasting (waterstand en golven) zal het voorland niet alleen afslaan en vervormen, maar ook leiden tot een zekere reductie van de maatgevende golfaanval op het buitentalud van de dijk. Afhankelijk van de omvang van het voorland kan bij een initieel afgekeurde dijk de golfaanval op deze constructie dus worden teruggebracht tot een omvang waarbij de aanwezige bekleding en/of de hoeveelheid golfoverslag over de kruin van de dijk alsnog voldoet aan de gestelde criteria. Deze zogenaamde hybride oplossing is in Figuur 2.2 weergegeven als optie d).

Bij een te zwak duin kan het sterktekort ook worden opgelost door het inpassen van een nieuwe dijkconstructie aan de achterzijde van de duinwaterkering. De benodigde omvang van de zandige kering neemt is dan geringer ten opzichte van de eerder genoemde optie iets wat in een kustplaats-omgeving voordelen kan bieden.

Voorbeelden

Voorbeelden van dergelijk versterkingsoplossingen zijn de Zwakke Schakel versterkingen in Scheveningen-Dorp ('dijk-in-boulevard'), Noordwijk en Katwijk ('dijk-in-duin'). In deze gevallen is een nieuwe dijk gecombineerd met een zandig voorland en is de omvang van het benodigde voorland vastgesteld door uit te gaan van een kritieke golfbelasting op de nieuwe dijk.

Een dergelijke hybride versterking is in eerste instantie ook voorgesteld voor de versterking van de Hondsbossche en Pettemer Zeewering (HPZ) waarbij de benodigde omvang van de zandige aanvulling is afgestemd op de nog toelaatbare belasting op de aanwezige dijk (Arcadis, 2011).

Uiteindelijk is hier, mede op basis van geotechnische argumenten en de veel eenvoudige toetsingsprocedure, gekozen voor een standalone zandige versterking conform optie a).

2.2.6 DUIN-IN-DIJK-OPLOSSING

Daar waar in optie c) slechts een deel van het dijklichaam als zandig wordt beschouwd, kan er natuurlijk ook worden gekozen voor een oplossing waarbij het zandige ontwerpprofiel nog verder in de dijk wordt geschoven. De in optie e) gegeven schets heeft daarbij betrekking op de situatie waarbij het eerder genoemde grensprofiel helemaal achter in het dijklichaam is gepositioneerd. Duidelijk mag zijn dat een dergelijke benadering slechts vraagt om een relatief beperkte zandige aanvulling voor de dijk. De combinatie van voorland en dijk moet nu dus als duin worden doorgerekend.

Aandachtspunt hierbij is wel het bezwijkgedrag van de voorzijde van de aanwezige dijk. Indien er rekening moet worden gehouden met een in langsrichting afwijkend gedrag (bijvoorbeeld als gevolg van het lokaal falen van de bekleding), moet een extra (bres)toeslag op de benodigde duin/dijkvolume in

rekening worden gebracht. In voorkomende gevallen kan zelfs worden overwogen om de bekleding van de voorzijde van de dijkconstructie (deels) te verwijderen.

Voorbeelden

Een dergelijke benadering is ook aan de orde geweest rondom de inpassing van het grensprofiel in de zandige versterking van de Hondsbossche en Pettemer Zeewering, dit mede ingegeven door het feit dat een dergelijke insteek in principe het meest sober en doelmatig is. Zoals al eerder aangegeven is daar, mede op basis van geotechnische argumenten, uiteindelijk gekozen voor een standalone zandige versterking conform optie a).

Mogelijk kan een dergelijke (in principe zeer doelmatige en sobere) oplossing voor een deel van de versterking van de Houtribdijk worden overwogen.

2.2.7 OVERZICHT TYPEN VOORLANDOPLOSSINGEN EN IMPLICATIES

Tabel 2.1 geeft een samenvattend overzicht van de verschillende typen voorlandoplossingen.

Versterkingsoptie	Indicatieve aanduiding	Rol dijklichaam	Opmerking
a) Volledig zandig	Duin als waterkering	Geen	Grensprofiel vóór dijk
b) Idem; verschoven		Beperkt (volume)	Overlap grensprofiel/dijk
c) Combinatie	Dijk als grensprofiel	Grensprofiel	Grensprofiel voor in de dijk
d) Hybride kering	Duin-in-dijk-oplossing	Regulier	Belastingreductie op de dijk
e) Duin-in-dijk	Dijk als duin rekenen	'Duinvolume'	Grensprofiel achter in de dijk

Tabel 2.1 Overzicht mogelijke typen zandige versterkingen en relatie tot de (resterende) rol van de aanwezige dijkconstructie.

2.3 ROL VAN VEGETATIE BINNEN VOORLANDOPLOSSINGEN

2.3.1 INLEIDING

Vegetatie op een zandig voorland kan, hetzij direct dan wel indirect, een rol spelen binnen de waterkering. Hierbij valt te denken aan bijvoorbeeld:⁴

- Het vasthouden van het ondiepe deel van de vooroever waardoor er relatief gezien minder (morphologisch) onderhoud nodig is;
- Het invangen van materiaal waardoor het volume sneller groeit;
- Het toevoegen van natuurlijke waarde aan een zandige omgeving;
- Het verminderen van de erodeerbaarheid van het sedimentpakket;
- Het reduceren van de golfaanval op de achterliggende kering door de vegetatie zelf;
- ...

In het geval dat de vegetatie ook onder maatgevende omstandigheden, hetzij door reductie van de inkomende golfaanval en/of verminderde erodeerbaarheid van de bodem, een bijdrage levert, resteert natuurlijk nog de discussie of het wel verstandig is om deze mee te nemen in de veiligheidsbeschouwing. Ook als hiertoe niet wordt besloten, kan vegetatie een bijdrage geven aan de groei van het volume en daarmee indirect alsnog van belang zijn voor de ontwikkeling van de veiligheid.

⁴ Dit lijstje kan (en zal) natuurlijk nog verder worden uitgebreid.

2.3.2 CATEGORIEËN BIJDRAGEN

In onderstaande tabel is getracht de mogelijke bijdragen van vegetatie aan, en functies binnen een waterkering op hoofdlijnen te categoriseren.

Rol vegetatie	Effect op dagelijks beheer	Rol in toetsing en ontwerp
Aanwezigheid	Specifiek onderhoud nodig?	Meerwaarde ontwerp/acceptatie
Invang/vasthouden sediment	Ontwikkeling duinvolume	Gunstig voor volume/veiligheid
	Reductie verliezen/stuifoverlast	Gunstig voor volume/veiligheid
Stabilisatie ondergrond	Reductie beheer door verminderde erosie?	Nog te beoordelen
Reductie golfaanval	Reductie beheer door verminderde belasting?	Nog te beoordelen

Tabel 2.2 Overzicht mogelijke bijdragen van vegetatie aan de functies en veiligheid van de waterkering.

De eerste, basale rol verwijst simpelweg naar de aanwezigheid van vegetatie en de rol die de waardering ervan speelt bij het ontwerp van een nieuwe waterkering. Het invangen en vasthouden van sediment heeft betrekking op een indirect effect van de vegetatie en draagt positief bij aan de volumebalans van de waterkering en daarmee ook aan de mate van veiligheid. De twee laatste rollen van de vegetatie betrekking op de directe fysische effecten van vegetatie op toetsing en mogelijk ook het ontwerp van een waterkering met een voorland.

In het volgende is nog iets verder ingegaan op de verschillende effecten en rollen.

2.3.3 BIJDRAGE AAN NATUURWAARDE

De aanwezigheid van (bepaalde soorten van) vegetatie leidt veelal tot een hogere waardering van de waterkering. Bij het ontwerp van een nieuwe of te versterken waterkering kan deze waardering een rol spelen binnen de afweging die moet worden gemaakt tussen verschillende versterkingsvarianten. Deze waarderingsproblematiek maakt geen onderdeel uit van de voorliggende uitwerkingen.

2.3.4 INDIRECTE BIJDRAGE

De aanwezigheid van vegetatie kan een positief effect hebben op het binnen de waterkering aanwezige zandvolume door het gunstig beïnvloeden van het effect op het wind-gedreven sedimenttransport. Deze bijdrage kan bestaan uit het tegengaan van verliezen door het voorkomen van uitstuiven van materiaal naar achteren en/of juist door het invangen van materiaal aan de voorzijde van de waterkering. Deze bijdrage speelt ook een rol in de tijdsontwikkeling van de veiligheid en daarmee mogelijk ook in het optimaliseren van het ontwerp van voorlandoplossingen (zie ook Paragraaf 2.4.4). Daarnaast leidt een beperking van de verstuiving natuurlijk ook tot een afname van de stuifoverlast, iets wat juist in de afweging en acceptatie van zandige versterkingen een belangrijke rol speelt.

2.3.5 DIRECTE BIJDRAGE

Zoals al beschreven kan de aanwezigheid van vegetatie ook een direct effect hebben op de veiligheid van de waterkering, namelijk door het vergroten van de erosiebestendigheid en of het reduceren van de hydraulische belasting. Op dit moment bestaan er nog geen gevalideerde procedures waarmee deze effecten op een betrouwbare wijze kunnen worden gekwantificeerd.

Doel van deze pilot is om hier juist een stap in te zetten en zelfs te komen tot een voorstel voor de wijze waarop dergelijke gunstige effecten in de toetsing zouden kunnen worden meegenomen (zie Hoofdstuk 3 van Annex IV en Bijlage 7 (Plan van aanpak toetsingsprotocol)).

2.4 ONTWERP VAN ZANDIGE VERSTERKINGEN

2.4.1 INLEIDING

Voor het ontwerp van de in Paragraaf 2.2 beschreven typen voorlandoplossingen gelden voor het ontwerp van het zandige deel van de versterkingsoplossing thans vrij specifieke richtlijnen.

Bij het huidige ontwerp van zandige versterkingen wordt bijvoorbeeld uitgegaan van:

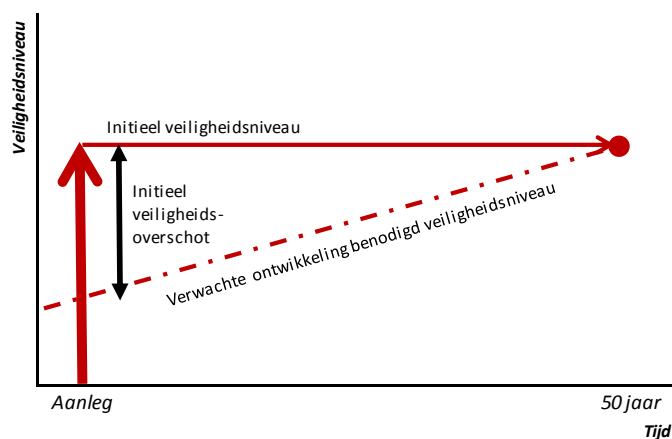
- Een zichttermijn voor de (zandige) versterking van 50 jaar (planperiode);
- Het ontwerpprofiel van de versterking dient te worden gebaseerd op de dan (over 50 jaar) van toepassing veronderstelde hydraulische randvoorwaarden;
- Deze hebben ten minste betrekking op het toepassen van een correctie op de ontwerppeilen voor de verwachte zeespiegelstijging (0,6 m per eeuw conform het zogenaamde middenscenario) en de bij deze hogere ontwerppeilen behorende golfaanval;
- Ook dient er op voorhand te worden gecompenseerd voor de tijdens de planperiode te verwachten zettingen;
- Daarnaast worden er, enigszins afhankelijk van het watersysteem, ook nog soms opslagen (voor waterstand, golfhoogte en golfperiode) in rekening gebracht voor het reduceren van de met onzekerheden samenhangende risico's.

Een dergelijk recept is ook gebruikt ten behoeve van de versterkingsoplossingen voor de zwakke schakels in Noord-Holland (Rijkswaterstaat, 2004).

2.4.2 HUIDIGE ONWERP METHODIEK

2.4.2.1 BASISPRINCIPE

De genoemde uitgangspunten leiden er toe dat de versterkingsoplossing direct na oplevering per definitie een overmaat aan veiligheid bezit. Dit laatste is geïllustreerd aan de hand van de in Figuur 2.4 gegeven afbeelding waarin de tijdsontwikkeling van het zowel het benodigde als het gerealiseerde veiligheidsniveau is gegeven.



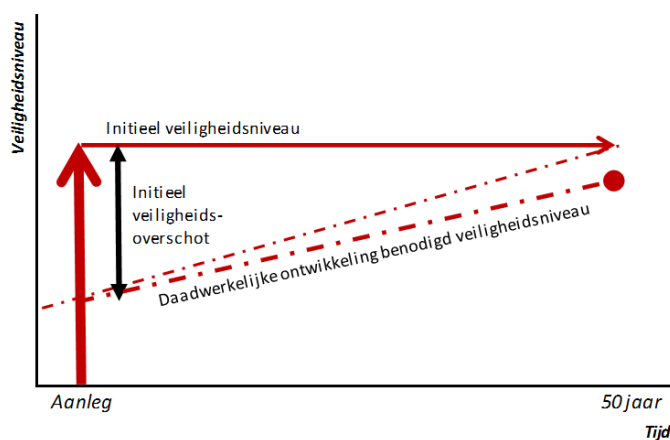
Figuur 2.4 Ontwikkeling veiligheidsoverschot bij directe realisatie maatgevend geacht veiligheidsniveau.

In dit geval wordt het uiteindelijk gewenste veiligheidsniveau (op basis van de verwachte ontwikkeling van het benodigde niveau) direct na realisatie aangelegd. Daarbij wordt dus een deel van de kosten die nodig zijn om de waterkering over 50 jaar precies veilig te laten zijn, reeds bij aanleg gemaakt.

Voordeel van deze methode is overigens wel dat de versterking in de periode na aanleg geen grote ingrepen meer behoeft en dat er reeds kan worden begonnen met optimaal inpassen van de zogenaamde 'ruimtelijke kwaliteit'.

2.4.2.2 DAADWERKELIJK VERSUS VERWACHT BENODIGD VEILIGHEIDSNIVEAU

Het moet niet worden uitgesloten dat de versterking over 50 jaar nog steeds een overmaat aan veiligheid heeft. Reden hiervoor kan zijn dat de zeespiegelstijging en/of de zetting alsnog beperkter van omvang is en dat er geen onverwachte ontwikkelingen optreden die aanspraak maken op de onzekerheidsopslagen. Deze situatie is voor de situatie zonder natuurlijke trend geschetst in Figuur 2.5.



Figuur 2.5 Ontwikkeling veiligheidsoverschot bij directe realisatie maatgevend geacht veiligheidsniveau en afwijkend daadwerkelijke ontwikkeling van het benodigde veiligheidsniveau.

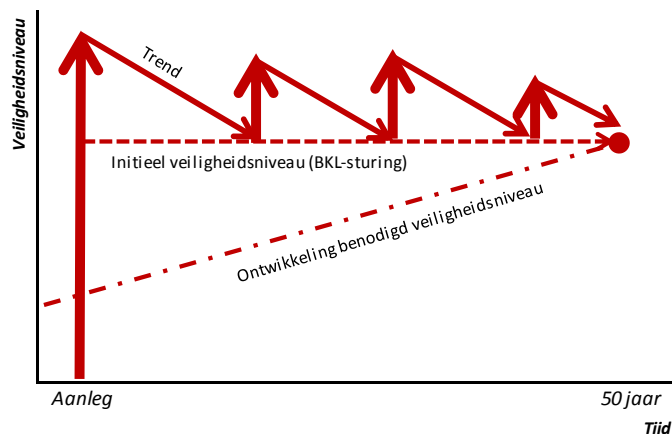
Na 50 jaar is er dan nog steeds sprake van een veiligheidsoverschot.

Hierbij moet worden opgemerkt dat ook tal van niet fysische oorzaken ten grondslag kunnen liggen aan de ontwikkeling van het benodigde veiligheidsniveau. Te noemen zijn bijvoorbeeld het herzien van de wijze van veiligheidstoetsing door aanpassing van de aard (overstromingskansen in plaats van overschrijdingskansen) en de zwaarte van de norm alsmede de voor de toetsing te gebruiken procedures en rekenmodellen. Dergelijke beleidsaanpassingen hebben, zeker relatief gezien, een grotere impact op het benodigde veiligheidsniveau.

2.4.2.3 TOEPASSING HUIDIGE METHODIEK BIJ EROSIEF KUSTVAK

Bij het in Figuur 2.4 gepresenteerde voorbeeld is verondersteld dat het aanwezige veiligheidsniveau niet in de tijd wijzigt. Bij het beschouwen van een erosief kustvak is dit natuurlijk een niet realistisch beeld. In een dergelijk geval is er sprake van een negatieve trend en zal het veiligheidsniveau zonder ingrepen in de tijd afnemen.

Door het aanbrengen van onderhoudsbuffers kan hierop worden geanticipeerd. Dit leidt dan tot de in Figuur 2.6 gegeven ontwikkeling van het veiligheidsniveau.



Figuur 2.6 Ontwikkeling veiligheidsoverschot bij directe realisatie maatgevend geacht veiligheidsniveau inclusief aanbrengen onderhoudsbuffers bij erosief kustvak.

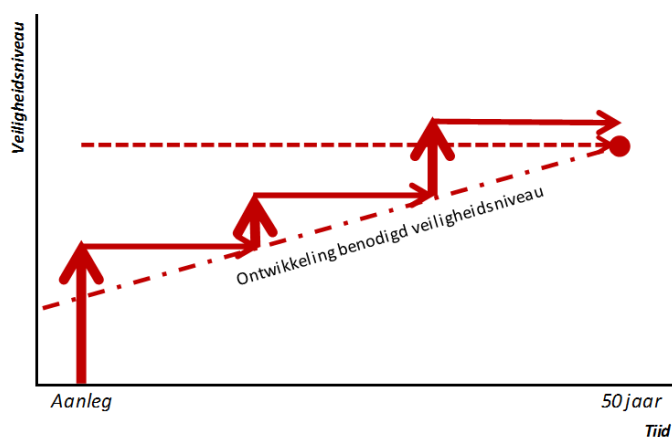
De eerder genoemde nadelen van deze methode gelden in dit geval natuurlijk ook. Het gemiddelde veiligheidsoverschot ligt hier zelfs nog hoger.

2.4.3 ALTERNATIEVE METHODE

2.4.3.1 GELEIDELIJKE VERSTERKING

Een logische vraag is dan wel of het gelijk aanbrengen van de '50-jaars veiligheid' eigenlijk wel nodig is en of het niet effectiever zou zijn de benodigde toename van de omvang van de zandige versterking geleidelijk aan te brengen. Dit laatste heeft bovendien het voordeel dat de versterkingsomvang precies kan worden afgestemd op de daadwerkelijke ontwikkeling van de maatgevende condities waardoor over 50 jaar precies wordt aangesloten op de dan daadwerkelijk aanwezige omstandigheden.

In Figuur 2.7 is deze wijze van werken bij het geleidelijk ophogen van het veiligheidsniveau schematisch weergegeven voor een situatie zonder erosieve trend.



Figuur 2.7 Ontwikkeling veiligheidsoverschot bij stapsgewijs verhogen van het veiligheidsniveau.

In dit voorbeeld is de er zelfs sprake van een beperkt veiligheidsoverschot na 50 jaar en kan de laatste versterking dus nog een paar jaar extra mee.

Tijdens de beschouwde periode is er gemiddeld min of meer sprake van een beperkt veiligheidsoverschot, daar waar in de oorspronkelijke uitwerking (van Figuur 2.3) dit veiligheidsoverschot in de tijd afnam.

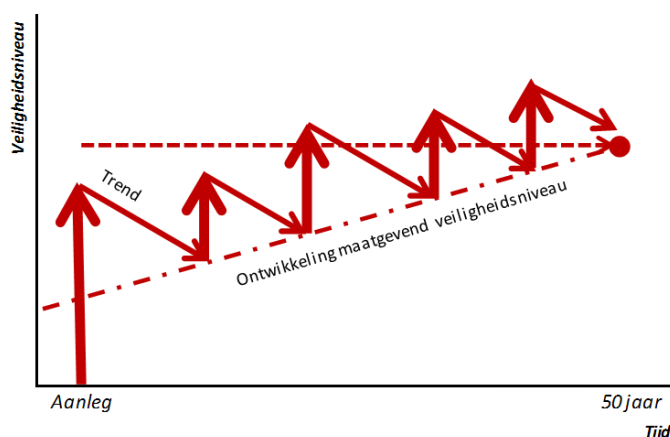
Voor beide opties dient (voor het verkrijgen van een vergelijkbaar eindniveau) uiteindelijk een gelijke versterkingsomvang te worden aangebracht.

Voordeel van de laatste, stapsgewijze methode is natuurlijk wel dat een groot deel van de totale versterkingsopgave in de toekomst kan worden uitgevoerd. In de veronderstelling dat er ook op andere plaatsen onderhoud moet worden uitgevoerd (en daarmee de vaste kosten relatief laag zullen zijn), lijkt het een redelijke aanname te veronderstellen dat de deze insteek tot kostenbesparing leidt.

2.4.3.2 TOEPASSING ALTERNATIEVE METHODE BIJ EROSIEF KUSTVAK

In lijn met de eerdere uitwerking kan een stapsgewijze versterking natuurlijk ook worden toegepast voor een erosief kustvak.

Dit leidt tot het in Figuur 2.8 geschetste verloop van het veiligheidsniveau.



Figuur 2.8 Ontwikkeling veiligheidsoverschot bij stapsgewijs verhogen van het veiligheidsniveau inclusief aanbrengen onderhoudsbuffers bij erosief kustvak.

De totale versterkingsopgave is ook hier weer gelijk aan de situatie van Figuur 2.6. Ook hier geldt echter weer geldt dat een groter deel van de versterkingsopgave naar de toekomst kan worden verschoven.

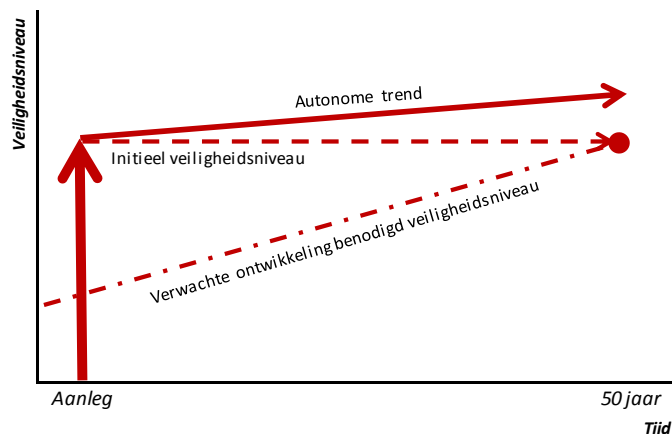
Conclusie is dan ook dat, onafhankelijk of er al dan niet sprake is van een autonome erosieve trend het stapsgewijs versterken van de waterkering mogelijkheden biedt voor kostenbesparingen.

2.4.4 MOGELIJKE OPTIMALISATIES

2.4.4.1 STIMULERING VAN NATUURLIJKE AANGROEI (GEOMETRIE)

In de eerdere uitwerkingen is steeds uitgegaan dat er geen sprake is van een zekere autonome ontwikkeling in de sterkte van de waterkering, waarbij de benodigde toename van de sterkte van de waterkering in de loop van de komende 50 jaar 'eigenhandig' zal moeten worden toegevoegd.

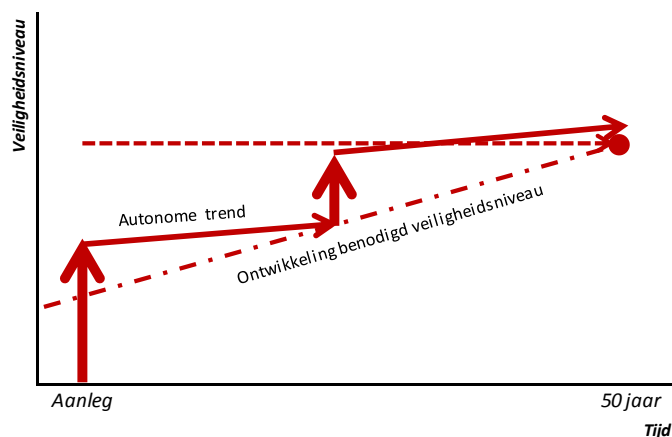
Indien dit wel het geval is neemt het gemiddelde veiligheidsoverschot nog verder toe (zie Figuur 2.9).



Figuur 2.9 Ontwikkeling veiligheidsoverschot bij directe realisatie maatgevend geacht veiligheidsniveau en aanwezigheid autonome aangroei.

Daar waar er sprake is van een natuurlijke aangroei van het dwarsprofiel is het natuurlijk niet nodig om het volledige tekort 'eigenhandig' aan te vullen. Deze natuurlijke aangroei is voor een situatie langs de Noordzeekust enigszins afhankelijk van de breedte van het voorliggende strand en bedraagt orde 10 tot 20 m³/m¹/jaar. Deze 'gratis' aanrijking maakt het kiezen voor de 'geleidelijk toevoegen'-optie natuurlijk nog interessanter.

Dit leidt tot het in Figuur 2.10 geschetste ontwikkeling.



Figuur 2.10 Ontwikkeling veiligheidsoverschot bij stapsgewijs verhogen van het veiligheidsniveau en aanwezigheid autonome trend.

Het totaal nog 'eigenhandig' toe te voegen volume neemt hiermee immers nog verder af en de hiermee samenhangende kosten dus ook.

2.4.4.2 INZET VEGETATIE TER STIMULERING VAN VOLUMETOENAME (INDIRECT EFFECT)

Voor het nog een stapje verder reduceren van het ontbrekende volume kan de aanwezigheid van vegetatie worden gebruikt. Door de aanwezigheid van vegetatie kan de invang/aangroei van het volume (en daarmee de sterkte van de waterkering) nog worden versterkt. De mate waarin hangt hierbij af van de omvang van de vegetatie en is weer afhankelijk van de ontwikkelingsfase van de vegetatie.

Dit leidt tot een nog verdere reductie van het nog toe te voegen volume.

2.4.4.3 *GEBRUIK VAN VEGETATIE TER VERGROTING VAN DE VEILIGHEID (DIRECT EFFECT)*

De aanwezigheid van vegetatie kan ook een direct positief effect hebben op de veiligheid van de waterkering. De mate waarin hangt af ook af van het ontwikkelingsstadium van de vegetatie. De mate waarin er met deze effecten kan en mag worden rekening gehouden is onderwerp van de pilot. In het geval dat vegetatie een daadwerkelijke bijdrage kan leveren, kan het ook van belang zijn om deze veiligheidsbijdrage te gebruiken voor de toetsing en het ontwerp van voorlandoplossingen.

2.4.5 *OVERZICHT OPTIMALISATIEMOGELIJKHEDEN*

...

2.5 RELATIE MET ANDERE PROJECTEN EN ONDERZOEK

2.5.1 BWN/ECOSHAPE-PROJECTEN

2.5.1.1 OVERZICHT

Binnen het Building with Nature (BwN) innovatieprogramma worden zogenaamde waterbouwkundige infrastructuren ontwikkeld, die zowel aan de eisen van de samenleving voldoen, als dat ze nieuwe kansen creëren voor de natuur. Het belangrijkste resultaat van het programma zijn ontwerprichtlijnen om 'Bouwen met de Natuur' in praktijk te brengen. Het programma wordt uitgevoerd door EcoShape, een consortium van overheden, kennisinstellingen en private partijen.

In EcoShape-kader zijn er meerdere projecten in uitvoering welke zijn thans ingedeeld naar de fysieke waar deze worden uitgevoerd. Daarbij worden onderscheiden:

- Zandige oevers;
- Estuaria;
- 'Tropical coastal seas';
- 'Shallow coastal seas';
- Meren ('Delta lakes').

De pilot Houtribdijk maakt deel uit van de als laatste genoemde categorie. Hieronder vallen ook het NWO BE-SAFE project en de 'Zachte zandmotor Friese IJsselmeerkust'.

Het is met name het BE-SAFE-project dat een nauwe relatie heeft met het voorliggende onderzoeksprogramma.

Verder is er een verbondenheid met de binnen de categorie 'Zandige oevers' lopende projecten. Dit betreft de Delflandse zandmotor en de Hondsbossche en Pettemer Zeewering (HPZ).

Tabel 2.3 geeft een overzicht van de EcoShape-projecten die een relatie hebben met de pilot Houtribdijk.

Project	Status	Toelichting
Zandmotor	Lopend project	Veel relevante onderzoeksporen
NWO BE-SAFE	Lopend project	Richt zich o.a. op de effecten van kwelders en schorren
HPZ innovatieproject	Recent opgestart	Met name een relatie met thema B (optimalisatie veiligheidsoplossing)
...		

Tabel 2.3 Overzicht relevante EcoShape-projecten.

Een korte toelichting op deze projecten is gegeven in het volgende.

2.5.1.2 ZANDMOTOR

Binnen het zandmotorproject worden de voordelen van zandige suppleties geconcentreerd in ruimte en tijd verkent. Dit betreft een nieuwe strategie voor kustonderhoud gericht op het gebruik van de krachten van de natuur zoals de wind, golven en stromingen om zo de Nederlandse kust te versterken. Tegelijkertijd stimuleert deze oplossing de ontwikkeling van nieuwe duinen en bijbehorende waardevolle flora en fauna. De eerste resultaten laten zien dat deze strategie effectief is in het tegengaan van kusterosie terwijl het de mogelijkheden van natuur en recreatie stimuleert.

Sinds de oplevering van het project in 2011 vindt regelmatig monitoring van de ontwikkeling van de zandmotor plaats. Voorlopige resultaten laten zien dat deze zich gedraagt zoals verwacht. Sediment wordt verspreid langs de kust en naar de duinen, zeehonden bezoeken het gebied en er groeien zeldzame planten op nieuwgevormde jonge duinen. Daarnaast is de zandmotor zeer in trek bij wind- en kitesurfers.

Een traditioneel ontwerp van een zandige suppletie heeft als hoofddoel het onderhouden van de kustlijn, gebruik makend van middelgrote zandvolumes (2 tot 5 miljoen m³). De levensduur van de suppletie is typisch zo'n vijf jaar, wat betekent dat de suppletie elke vijf jaar herhaald moet worden resulterend in een frequente verstoring van het aanwezige ecosysteem. Het zandmotor experiment bestaat uit een geconcentreerde zandsuppletie van 21,5 miljoen m³ die tot ongeveer 5 meter boven zeeniveau is aangelegd. Het zand wordt door de natuurlijke processen geleidelijk verdeeld over de vooroever, strand en duinen. Deze innovatieve aanpak streeft er naar om de verstoring van het ecosysteem te beperken door gebruik te maken van de natuurlijke processen, terwijl het nieuwe plekken biedt voor natuur en recreatie.

De strategie van geconcentreerde suppleties wordt gezien als een klimaat-robuuste en natuurvriendelijke oplossing van het tegengaan van kusterosie, terwijl het (tijdelijke) surplus van zand ook nieuwe gebieden voor natuur en recreatie met zich mee brengt. Aangezien de frequentie van verstoring veel lager is dan de traditionele suppleties, krijgt de natuur langer de tijd om zich te ontwikkelen naar nieuwe ecosystemen met meer biodiversiteit.

Vanaf het begin is het zandmotorexperiment een samenwerkingsverband tussen publieke instanties, private ondernemingen en onderzoeksinstituten. Dit heeft geresulteerd in het feit dat de zandmotor een speerpunt vormt voor kustonderzoek en wordt gezien als een innovatieve oplossing voor het beheer van de kust. In de komende vijf jaar zal het project veelvuldig gemonitord worden en zijn er uitgebreide onderzoeksprogramma's opgesteld die de ontwikkeling van de zandmotor nauwkeurig zullen onderzoeken evenals de drijvende krachten – zowel fysisch, ecologisch als sociaal.

In het kader van het zandmotorexperiment worden de volgende producten ontwikkeld:

- Praktische richtlijnen voor het ontwerp en implementatie van kustbeheerprojecten;
- Instrumenten voor een snelle inschatting van optimale locaties, volumes, frequentie en vorm van suppleties;
- Gedetailleerde simulatiemodellen voor de voorspelling van de morfologische ontwikkeling in de tijd, het proces van duinvorming en de effecten op het milieu;
- Lessons-learned, inclusief de potentie van geconcentreerde suppleties om de kustveiligheid te vergroten terwijl het mogelijkheden biedt voor natuur en recreatie;
- Advies op het gebied van bestuurskunde, zoals hoe identificeer (en betrek) je alle relevante eindgebruikers en hoe zorg je ervoor dat de publieke, private en academische partners deelnemen.

Rijkswaterstaat en de provincie Zuid-Holland zijn initiatiefnemers. Boskalis en Van Oord hebben de pilot uitgevoerd, terwijl de monitoring wordt uitgevoerd door Deltares, Imares en Witteveen+Bos.

2.5.1.3 BE SAFE

Het BE SAFE programma heeft tot doel bij te dragen aan de “vergroening van de waterveiligheid” en richt zich op het benutten van begroeide vooroevers, zoals schorren en kwelders, om overstromingsrisico's te reduceren. Het doel is om meer inzicht te krijgen in de werking van vooroever systemen en de wijze waarop deze kunnen bijdragen aan hoogwaterbescherming. Het project zal resulteren in nieuwe kennis en methoden om vooroeversystemen te kunnen beoordelen, ontwerpen, aanleggen en beheren.

Het project integreert daarbij kennis op het gebied van ecologie, morfologie, waterbouwkunde en bestuurlijke implementatie. Aan de hand van verschillende case studies wordt het fundamentele gedrag van vooroeversystemen in het veld, in het laboratorium en met computermodellen bestudeerd. In een toegepaste case wordt onderzocht hoe een vooroever kan bijdragen aan een geplande dijkversterking in Nederland en hoe de samenwerking tussen diverse betrokken partijen kan worden vormgegeven. Door de samenwerking van de onderzoekers met Rijkswaterstaat, het bedrijfsleven en natuurorganisaties kunnen de oplossingen die uit het onderzoek volgen direct in de praktijk geïmplementeerd worden.

Het doel is dus het ontwikkelen van nieuwe methoden voor het beoordelen hoe en hoeveel begroeide vooroevers kunnen bijdragen aan het verminderen van overstromingsrisico's. Het project zal leiden tot een beter begrip van (de onzekerheden in) de werking en stabiliteit van deze ecosystemen en de ontwikkeling van nieuwe bestuurlijke afspraken. Dit vereist de integratie van kennis uit de ecologie, biogeomorfologie, waterbouw en governance.

Door veldwaarnemingen en stroomgoot metingen zullen we fundamentele ecologische en fysische processen analyseren van verschillende soorten vooroever vegetaties. De verkregen kennis zal in één implementatie casestudy worden toegepast voor een locatie in Nederland waar dijkversterking nodig is in de toekomst. Deze case studie integreert fundamentele kennis uit alle disciplines. Het project zal zorgen voor de kennis, methoden en hulpmiddelen (bijvoorbeeld een interactieve ontwerptool) die nodig zijn voor het ontwerp en de uitvoering van begroeide vooroevers als een veilige, ecologisch wenselijk en kosteneffectief alternatief in waterveiligheid.

2.5.1.4 HPZ INNOVATIEPROJECT

Op dit moment vindt er nog overleg plaats over het nader invullen van een innovatieproject gerelateerd aan het aanleggen van een vooroever, duin en strandsuppletie zoals deze recent is uitgevoerd bij de Hondsbossche en Pettemer Zeewering. Het innovatieproject heeft als doel het analyseren van meet- en monitoringsgegevens afkomstig van dit "zachte" kustverdedigingsproject, alsmede het opschalen van de resultaten voor mogelijke toepassingen elders.

Binnen het op hoofdlijnen gedefinieerde werkprogramma worden drie verschillende themalijnen gedefinieerd, te weten:

- A. Habitatontwikkeling;
- B. Optimalisatie veiligheidsontwerp;
- C. Beleving.

Binnen de themalijn B 'Optimalisering Veiligheidsontwerp' ligt de focus op de profielontwikkeling. Belangrijke vragen zijn daarbij: welke elementen en maatregelen zijn gebruikt in het ontwerp, wat was hun functie en wat was hun effect op de veiligheid van de kustverdediging? Dit leidt tot vragen zoals:

- Hadden sommige elementen optimaler kunnen worden ingezet om de gewenste veiligheid te krijgen?
- Waren eisen van de Opdrachtgever hierin beperkend?
- Welke eisen dient een opdrachtgever te stellen om optimaal gebruik van maatregelen en ontwerp-principes mogelijk te maken?
- Hoe zeker is het effect van de maatregelen?
- Hoe kunnen deze inzichten landen in het toetsen?

Er wordt hierbij gekeken naar de verschillende elementen, zoals:

- de aangebrachte maatregelen zelf (e.g. rijshout, helm),

- de functie van het geometrisch profiel (e.g. een breder duin zal meer doorstuif tegengaan dan een smal duin).

2.5.2 VERSTERKINGSPROJECTEN

2.5.2.1 OVERZICHT

Relevante lopende projecten zijn samengebracht in Tabel 2.4. Het gaan hier zowel om versterkingsprojecten als projecten in (komende) realisatie waar een zandig voorland deel uit maakt van de

Project	Status	Toelichting
Marker Wadden	Gaat binnenkort in uitvoering	Mogelijkheden voor aanvullende monitoring
Versterking Markermeerdijken	Najaar 2015 start voorbereiding van de uitvoering	Met name de zandige versterking (oeverdijk-oplossing)
Versterking Houtribdijk	Nog in planfase	Reeds lopende afstemming op invulling onderdelen aanbestedingscontract
...		

Tabel 2.4 Overzicht relevante lopende (versterkings)projecten.

2.5.2.2 MARKER WADDEN (ZANDIGE RAND)

Dit betreft een uniek project dat zorgt voor natuurherstel van het Markermeer door de aanleg van eilanden met zand, klei en slib uit het Markermeer. Met de aanleg van Marker Wadden worden meerdere problemen aangepakt. Zand, klei en slib uit het Markermeer worden gebruikt om op grote schaal paaiplaatsen, eilanden en natuurlijke oevers te maken. Bedreigde dieren en planten profiteren hier van. Met dit herstel wordt een robuust natuurgebied in het hart van Nederland gecreëerd dat voor de hele Nederlandse natuur van groot belang is. Tegelijkertijd wordt het Markermeer zo aantrekkelijker. Zo zijn de nieuwe natuureilanden straks toegankelijk voor natuurliefhebbers en watersporters. Het project Marker Wadden is een initiatief van Natuurmonumenten en kan in de loop van de tijd doorgroeien tot 10.000 hectare en is daarmee één van de grootste natuurherstelprojecten van West Europa.

Stand van zaken juli 2015

Tijdens de voorbereiding van de aanbiedingen is eind mei door de pilot/EcoShape een presentatie gegeven aan de belangstellende partijen. Doel van deze bijeenkomst was het delen van de laatste inzichten en daarmee ook het gelijkschakelen van de kennis vanuit de pilot.

Medio juli is er een keuze gemaakt voor een van de aanbieders. Afgesproken is inmiddels dat er na de daadwerkelijke opdrachtverlening in overleg zal worden getreden over de wederzijdse afstemming van de onderzoeksprogramma's.

2.5.2.3 VERSTERKING MARKERMEERDIJKEN (OEVERDIJK)

De zogenaamde oeverdijk betreft een alternatieve dijkversterkingsmethode, waarbij de waterkerende functie van de thans aanwezige dijk wordt overgenomen door een nieuwe, voor de huidige dijk aan te leggen waterkering. Dit alternatief voor de dijkversterking tussen Hoorn en Amsterdam, is als voorkeursvariant gekozen voor een aantal langere dijktrajecten op het noordelijke deel tussen Hoorn en Volendam (HHNK, 2014).

Stand van zaken

Afgelopen voorjaar is er door Arcadis gewerkt aan de laatste versie van de technische onderbouwing van de zogenaamde oeverdijkrapportages. Deze zijn eind mei opgeleverd. In met name het zogenaamde veiligheidsrapport zijn de laatste inzichten vanuit de pilot Houtribdijk al verwerkt.

Kern daarvan is dat het basisontwerp van de oeverdijk (met een korreldiameter van 0,2 mm) niet zonder meer bruikbaar is als er gebruik wordt gemaakt van veel grover zand. Dit lijkt een van de meest belangrijke eerste uitkomsten van de pilot. In deze zin is de kennis uit de pilot direct geland binnen het versterkingsproject MMD. In het kader van de pilot is inmiddels verkend in hoeverre de modellen (en dan met name het zogenaamde XBeach-model) geschikt kan worden gemaakt om deze vertaling te doen.

Ten aan zien van de planning vinden er nu gesprekken plaats met de verschillende marktpartijen die in aanmerking willen komen om toe te treden tot de zogenaamde projectalliantie. De keuze wordt deze zomer gemaakt en de alliantie (aannemerscombinatie, HHNK/RWS, adviseurs) gaat in principe september van start. Vanaf dat moment zal ook de laatste info vanuit de pilot moeten worden ingebracht. Omdat Arcadis ook HHNK en de alliantie adviseert/ondersteunt, lijkt deze toelevering/afstemming ook voldoende geborgd.

2.5.2.4 VERSTERKING HOUTRIBDIJK (ZANDIGE VERSTERKING)

De Houtribdijk ligt tussen Lelystad en Enkhuizen en tussen Markermeer en IJsselmeer. Bij de landelijke toetsing aan de norm voor de waterveiligheid in 2006 is gebleken dat verbeteringen nodig zijn om het achterland ook op lange termijn veilig te houden. Deze dijk moet dan ook over een lengte van ruim 25 km versterkt worden.

In april 2014 heeft minister Schultz van Haegen van Infrastructuur en Milieu het voorkeursalternatief voor de versterking van de dijk vastgesteld. Dit voorkeursalternatief gaat uit van een overslagbestendige dijk met een stenen bekleding tussen Lelystad en Trintelhaven aan beide zijden van de dijk en een versterking met zand tussen Trintelhaven en Enkhuizen.

De zandige versterking 'raakt' zowel technisch inhoudelijk als qua locatie direct aan de pilot.

Stand van zaken

De afstemming op het versterkingsproject is meerdere keren doorgesproken met de verantwoordelijk technisch en projectmanager. Daarbij is ook steeds de actuele stand van zaken en de vooralsnog door het project aangehouden planning (met start aanbesteding begin 2016) aan de orde geweest.

De reeds beschikbare pilot-inzichten die van nut kunnen zijn voor de definitie van het voorontwerp van de zandige versterking zijn beschikbaar gesteld.

Er is nog wel een mogelijk probleem in 2017/2018. Bij de uitvoering van een zandige versterking aan de Markermeerszijde van de dijk valt de pilot samen met de zuidoostelijke beëindiging van deze zandaanvulling. Gelet op de aanwezige richting van het netto zandtransport (naar noordwest) lijkt het logisch om op ter hoogte van Trintelhaven juist een sedimentbuffer te plaatsen en de verdere aanvulling van de vooroeverversterking van hier uit in noordwestelijke richting uit te bouwen. Dit zou mogelijk kunnen leiden tot een probleem. Op 16 juli is daartoe afgesproken dat de verschillende aanbieders rekening moeten houden met een niet toegankelijke zone in de directe omgeving van de pilot.

2.5.3 ONDERZOEKSPROJECTEN

2.5.3.1 OVERZICHT

De in de pilot opgedane kennis is relevant voor de in Tabel 2.5 opgenomen onderzoeksprojecten.

Project	Status	Toelichting
POV-Waddenzeedijken	Onderzoek in voorbereiding; opstart najaar 2015	Thema voorlanden binnen HR-spoor
Definitie onderzoeks-plannen WTI2023	Verkenning onderzoeksthema's	Voorlandproblematiek binnen duinenspoor
...		

Tabel 2.5 Overzicht relevante onderzoeksprojecten.

2.5.3.2 POV-WADDENZEEDIJKEN (VOORLANDEN)

In het kader van de POV-Waddenzeedijken heeft een onderdeel van een van de drie studiesporen (het spoor dat zich richt op de hydraulische randvoorwaarden) betrekking op voorlanden. In het betreffende projectvoorstel is reeds een directe link gelegd met de pilot Houtribdijk.

Inmiddels is ook afgesproken dat dit studieproject direct zal worden gekoppeld aan een 'naar voren gehaald' HWBP versterkingsproject langs de Noord Friese Waddenkust.

De verdere vervolgstappen (inclusief het daadwerkelijk opstarten van de studie) worden vanaf september 2015 opgestart. Afgesproken is dat er dan weer contact zal zijn met de POV-projectleider.

2.5.3.3 DEFINITIE ONDERZOEKSPANNEN WTI2023 (VOORLANDEN)

Binnen het thans in ontwikkeling zijnde Wettelijk Toetsingsinstrumentarium (WTI2017) hebben voorlanden en hybride keringen helaas geen plaats gekregen.

Voor het daaropvolgende WTI is dit vooralsnog wel de bedoeling.

Momenteel worden er, ten behoeve van het opstellen van de kennisagenda waterveiligheid, meerdere onderzoeksvoorstellen voor het WTI2023 voorbereid.

Daarbij is inmiddels met de Robert Slomp (als trekker van dit project) afgesproken dat Henk Steetzel invulling zal geven aan het opstellen van een onderzoeksvoorstel voor de studies rondom voorlanden en hybride keringen.

Dit geeft ook de mogelijkheid om deze optimaal te laten aansluiten op de resultaten van onze pilot.

3

Koppeling met onderzoeksvragen

3.1 INLEIDING

Binnen het zogenaamde werkprogramma zijn de aan de pilot ten grondslag liggende onderzoeksvragen opgesteld alsmede de aan de doelen gekoppelde producten gedefinieerd.

Het voorliggende hoofdstuk gaat iets dieper in op deze koppeling en legt daarmee een direct verband tussen de oorspronkelijke onderzoeksvragen, de nagestreefde producten en het onderdeel van de rapportage waarin deze resultaten zijn beschreven.

3.2 ONDERZOEKSTHEMA'S EN VRAGEN

Het in het werkplan aangehouden startpunt voor de inhoudelijke invulling van het werkprogramma was dat er een zo groot mogelijke bijdrage moest worden geleverd aan de voor de pilot geformuleerde doelen (zie Paragraaf 1.2).

Met name het inhoudelijke deel van het werkprogramma geeft hier invulling aan, waarbij onder meer data uit het monitoringsprogramma nader geanalyseerd wordt teneinde zo veel mogelijk generieke inzichten en guidelines te kunnen ontwikkelen.

Onderzoeksvragen

Om invulling te geven aan de drie operationele doelen van Paragraaf 1.2, zijn reeds in de voorstudie een aantal onderzoeksvragen geformuleerd die gekoppeld zijn aan een vijftal thema's (EcoShape, 2013).

Het betreft de volgende 13 vragen:

1. Wat is de invloed van de taludhelling van het voorland op de effectiviteit en de stabiliteit van het voorland?
2. Wat is de invloed van vegetatie in het dwarsprofiel op de effectiviteit en de stabiliteit van het voorland?
3. Hoe kan een dijk-voorlandstelsel worden ontworpen dat voldoet aan de veiligheidsnormen?
4. Hoe ziet het vergunningenproces voor de aanleg van een voorland eruit?
5. Hoe kan het beoogde talud worden aangelegd met minimale inspanning?
6. Kan er gebruik worden gemaakt van een mengsel van zand en holocene klei bij de aanleg van het voorland?
7. Hoe kan de beoogde vegetatie zo snel mogelijk worden gerealiseerd?
8. Welk beheer en onderhoud is benodigd voor het behoud van een stabiel talud?
9. Welk beheer en onderhoud is gewenst voor de ontwikkeling en instandhouding van vegetatie?
10. Hoe kan getoetst worden of een dijk-voorlandstelsel voldoet aan de veiligheidsnormen?
11. Wat is de rol van vegetatie in de toetsing?
12. Welke monitoringsfrequentie is nodig om de veiligheid van het stelsel te waarborgen?
13. Hoe kan de proefsectie worden opgeschaald naar locaties met andere karakteristieken?

Onderzoeksthema's

Deze 13 vragen zijn gekoppeld aan de volgende onderzoeksthema's:

- A. het ontwerp van een veilig en stabiel voorland,
- B. de efficiënte aanleg van een voorland (inclusief vergunningen),
- C. het optimale beheer en onderhoud,
- D. het definiëren van geschikte toetsingsmethoden,
- E. de opschaalbaarheid van de resultaten van deze proefsectie naar locaties met andere karakteristieken.

De thema's A en B zijn gekoppeld aan het als eerste genoemde operationele doel (het komen tot geoptimaliseerde uitvoeringsvormen), thema C en D respectievelijk aan doel 3 (inzicht in beheer- en onderhoudsfase) en 2 (toetsbaar maken van een zandige oplossing).

De onder E genoemde opschaalbaarheid heeft een meer algemeen karakter en betreft de vertaling van de resultaten van de pilot/proefsectie naar andere locaties met andere omstandigheden, locaties en/of toepassingen.

In Tabel 3.1 is de relatie gelegd tussen de verschillende doelen, thema's en onderzoeksvragen.

Doelen	Thema's	Onderzoeksvragen
Geoptimaliseerde uitvoeringsvormen	A - Ontwerp	1 – Invloed taludhelling
		2 – Invloed vegetatie op stabiliteit
		3 – Veiligheidsontwerp
	B – Aanleg	4 – Vergunningenproces
		5 – Efficiënte aanleg talud
		6 – Gebruik mengsel als kern
		7 – Realisatie vegetatie
Beheer en onderhoud	C – Beheer en onderhoud	8 – Behoud stabiel talud
		9 – Instandhouding vegetatie
Toetsing	D - Toetsing	10 – Toetsprotocol veiligheidsontwerp
		11 – Rol vegetatie
		12 – Monitoringsfrequentie
	Opschaalbaarheid	13 – Toepassingsbereik

Tabel 3.1 Relatie tussen doelen, onderzoeksthema's en geformuleerde onderzoeksvragen.

3.3 PRODUCTEN GEKOPPELD AAN DOELEN

Omdat onder het eerste doel (geoptimaliseerde uitvoeringsvormen) meerdere subdoelen zijn ondergebracht, is er voor gekozen om dit onderwerp ook in meerdere producten te laten terugkomen.

Verder moeten de producten ook aansluiten op de beschikbaar komende 'input'. Hierbij valt te denken aan:

- Ervaringen opgedaan tijdens het ontwerp- en vergunningetraject (WP1);
- Ervaringen opgedaan tijdens het aanleggen van de proefsectie (WP2);
- Resultaten van de analyses van de basisresultaten van het monitoringsprogramma (WP3).

Tabel 3.2 geeft (vergelijkbaar met Tabel 3.1) een overzicht van de doelen, onderzoeksthema's en onderzoeksvragen, echter nu met de toevoeging van een extra vierde kolom waarin de in het werkplan afgeleide producten zijn benoemd.

Doelen	Thema's	Onderzoeksvragen	Producten
Geoptimaliseerde uitvoeringsvormen	A - Ontwerp	1 – Invloed taludhelling	1 - Rapport I
		2 – Invloed vegetatie op stabiliteit	2 - Guidelines ontwerp
		3 – Veiligheidsontwerp	3 - <i>XBeach-module</i>
	B – Aanleg		4 - <i>Bijdrage DMS</i>
		4 - Vergunningenproces	5 - Rapport II
		5 – Efficiënte aanleg talud	6 – Guidelines vergunningen
		6 – Gebruik mengsel als kern	7 – Guidelines aanleg
Beheer en onderhoud	C – Beheer en onderhoud	7 – Realisatie vegetatie	
		8 – Behoud stabiel talud	8 – Rapport III
Toetsing	D - Toetsing	9 – Instandhouding vegetatie	9 – Guidelines B&O
		10 – Toetsprotocol veiligheidsonderzoek	10 – Rapport IV
		11 – Rol vegetatie	11 – Plan van aanpak
		12 - Monitoringsfrequentie	
	E - Opschaalbaarheid	13 - Toepassingsbereik	12 – Roadmaps (Rapport V)

Tabel 3.2 Relatie tussen doelen, onderzoeksthema's en onderzoeksvragen, inclusief koppeling met de verschillende producten.

De producten zijn gecategoriseerd naar de onderzoek thema's A t/m E waarbinnen aan een aantal onderzoeksvragen wordt gewerkt en waaruit de producten volgen die in de vierde kolom zijn beschreven. In het totaal worden er in het werkplan 12 producten onderscheiden.

Het gaat daarbij om vijf basisrapportages (Rapport I t/m V; zie ook Paragraaf 1.4.3 voor plaats binnen voorliggend rapport), een viertal guidelines, een plan van aanpak (zie Paragraaf 1.4.4 voor plaats binnen voorliggend rapport) en twee cursief aangegeven producten die niet expliciet terugkomen in deze rapportage.

Deze hebben betrekking op de XBeach-module (software) en de bijdrage aan het DMS (dataopslag).

3.4 PRODUCTCATEGORIEËN

Binnen de in het werkplan genoemde producten is onderscheid gemaakt naar een vijftal categorieën/types, te weten:

- Achtergrondrapportages;
- Generieke rekenmodules;
- Generieke guidelines;
- Roadmaps en business-cases;
- Datamanagementsysteem bijdragen (DMS).

Achtergrondrapportages

In de achtergrondrapportages worden de ervaringen, analyses en inzichten uitgewerkt op basis van input uit de pilot Houtribdijk. Deze rapportages zijn bedoeld als basis voor de afleiding van de meer generieke guidelines.

De vier op te leveren rapportages zijn:

- Rapport I: Natuurlijke geometrie van voorlandoplossingen
- Rapport II: Aanleg voor voorlandoplossingen

- Rapport III: Beheer en onderhoud
- Rapport IV: Bijdrage ontwikkeling toetsingsprotocol voor zandige voorlanden.

In de voorliggende rapportage komen deze rapporten terug als separate in annexen opgenomen rapportage-onderdelen.

Generieke rekenmodules

Dit product heeft betrekking op generieke rekenmodules en standaard settings in XBEACH op basis waarvan het gemonitorde gedrag van de voorlandoplossing op een generieke manier gereproduceerd kan worden. De op te leveren producten betreffen:

- Gekalibreerd morfologisch model (standaard settings);
- XBEACH module effect vegetatie.

De software zelf is beschikbaar via de open source XBEACH-site (<http://oss.deltares.nl/web/XBeach>).

In de rapportage komen de resultaten van de toepassing van XBEACH natuurlijk uitgebreid terug. Het model speelt immers een belangrijke rol in de toetsing- en ontwerpprocedures.

Generieke guidelines

Generieke guidelines kunnen worden toegepast in vervolginiciatieven en projecten. De op te leveren guidelines hebben betrekking op:

- Guidelines voor ontwerp van een voorlandoplossing;
- Guidelines voor het vergunningentraject van een voorlandoplossing;
- Guidelines voor de aanleg van een voorlandoplossing;
- Guidelines voor het beheer & onderhoud van een voorlandoplossing.

Zowel voor de guideline voor het vergunningentraject als de aanleg zijn, als ‘voorloper’ op de guideline, ook nog een de lessons-learned van de voorbereidings- en aanlegfase op schrift gesteld.

Roadmaps en business-cases

Een zogenaamde roadmap heeft betrekking op het opschalen van de toepassing van de ontwikkelde guidelines en eventueel rekenmodules voor een aantal nader te bepalen opschalingslocaties. Feitelijk moet hieruit blijken wat de pilot heeft opgeleverd voor de ruimere toepassing van voorlandoplossingen. Als onderdeel hiervan zal per opschalingslocatie ook een eerste-orde business-case worden geformuleerd. Dit kan gezien worden als een belangrijk en overkoepelend eindproduct van de pilot en is qua rapportage ondergebracht in het vijfde basisrapport.

Data Management Systeem

Het zogenaamde Data Management Systeem (DMS) heeft betrekking op de omgeving waarin nader geanalyseerde verbanden en data opgeslagen worden en welke toegankelijk is voor project partners. In een later stadium zal deze ook toegankelijk worden gemaakt voor derden.

4

Monitoringsprogramma

4.1 INLEIDING

Het monitoringsprogramma levert input voor de nadere analyses die vereist zijn voor het ontwikkelen van de gevraagde producten. De inrichting van het monitoringsprogramma is beschreven in het zogenaamde monitoringsplan (EcoShape, 2014). Het monitoringsplan geeft een gedetailleerd beeld van de uitgevoerde en nog uit te voeren metingen en geeft tevens aan welke kennisvragen op basis van deze metingen beantwoord kunnen worden.

Voor meer informatie kan vooralsnog worden verwezen naar dit in 2014 opgestelde (en vastgestelde) plan.

4.2 VOORTGANG EN TUSSENRESULTATEN (WP3)

De voortgang van de monitoring is beschreven in een door Deltares en Alterra opgesteld werkdocument (Deltares/Alterra, 2015). In dit werkdocument is ingegaan op de uitgevoerde werkzaamheden en is een eerste beschrijving gegeven van de hierbij opgedane inzichten.

De huidige versie van dit werkdocument dateert van 16 juni 2015.

4.3 INPUT VOOR NADERE ANALYSES (WP4)

De monitoring is onderdeel van WP3 en levert de input voor de binnen WP4 uit te voeren analyses. Binnen WP3 vindt daartoe reeds een eerste verwerkingsslag van de basisdata plaats. Zo worden bijvoorbeeld de resultaten van de druksensor (als output van een van de sensoren in het meetframe) al omgezet via een hoogfrequente tijdserie van waterstanden naar een golfhoogte en tijdsgemiddelde waterstanden. Ook de ingemeten bodems zullen een eerste verwerkingsslag hebben ondergaan. Deze informatie zal worden omgezet naar een voor verdere analyses bruikbaar format.

De waargenomen vegetatieontwikkeling zal worden vastgelegd, zowel op basis van de inmetingen als meer globaal op basis van de camerabeelden.

Dit onderdeel van de rapportage gaat met name in op de beschrijving van de monitoringsresultaten op hoofdlijnen en de opwaardering van specifieke monitoringsresultaten.

Daarbij is onderscheid gemaakt tussen de volgende clusters:

- De hydro/meteo-data
- De bodemligging;
- Het sediment;
- De vegetatie.

Deze onderdelen komen terug in Hoofdstuk 5 tot en met 8 van dit algemene rapportagedeel.

5

Basisinfo hydro/meteo

5.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt een algemeen beeld geschetst van de gemeten wind, waterstanden en golfcondities. Daarbij worden de afhankelijkheden tussen deze grootheden inzichtelijk gemaakt, en wordt een duiding gegeven van de kwaliteit van de data.

De data wordt vervolgens gebruikt bij de analyse van onder meer de morfologische ontwikkeling van de proeflocatie.

5.2 GEBRUIKTE INFORMATIE IN OVERDRACHTSTABEL

Zoals al aangegeven worden binnen WP3 de resultaten van de gemeten wind, waterstanden en golfcondities reeds vertaald naar een voor de verdere analyses te gebruiken waarden. Voor het eenduidig toeleveren van deze verwerkte en gecontroleerde informatie is overeengekomen dat deze wordt samengebracht in een zogenaamde overdrachtstabel.

In Tabel 5.1 is de thans vigerende versie van deze tabel benoemd.

Deze tabel is voor de projectpartners beschikbaar op de repository.

Versie	Benaming	Bereik
12 juni 2015	houtribdijk-150612-data.asc	19 november 2014 (17:30 uur) - 10 juni 2015 (14:30 uur)

Tabel 5.1 Versiebeheer overdrachtstabel hydro/meteogegevens.

In de huidige versie van deze tabel zijn de volgende gegevens opgenomen:

- De datum en tijdstip (elk half uur);
- De waterstand in m t.o.v. NAP;
- De significante golfhoogte in m;
- De golfperiode (piekwaarde) in s;
- De golfrichting in ° t.o.v. Noord;
- De windsnelheid in m/s;
- De windrichting in ° t.o.v. Noord.

In aanvulling van de reeds in het genoemde werkdocument opgenomen beschrijvingen is in het volgende per karakteristiek een korte analyse gegeven van deze gegevens.

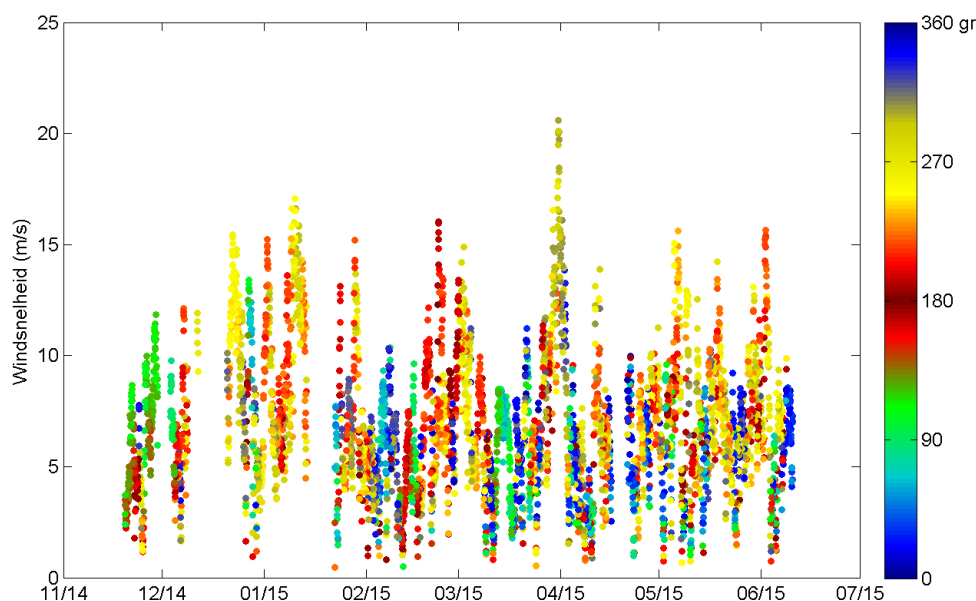
Deze informatie is deels ontleend aan een recent door HKV, 2015).

5.3 BASISANALYSES MEETRESULTATEN

5.3.1 WIND

Op de damwand naast het zandige voorland is een windmeter geïnstalleerd op de daar aanwezige monitoringsmast. Deze levert informatie over zowel de windrichting als de windsnelheid (Deltares/Alterra, 2015).

In Figuur 5.1 is een overzicht gegeven van de tijdsontwikkeling van de windsnelheid. De kleuren van de gebruikte datapunten zijn hierbij gerelateerd aan de aanwezige windrichting.



Figuur 5.1 Gemeten windsnelheid (m/s), gekleurd op windrichting (graden t.o.v. Noord).

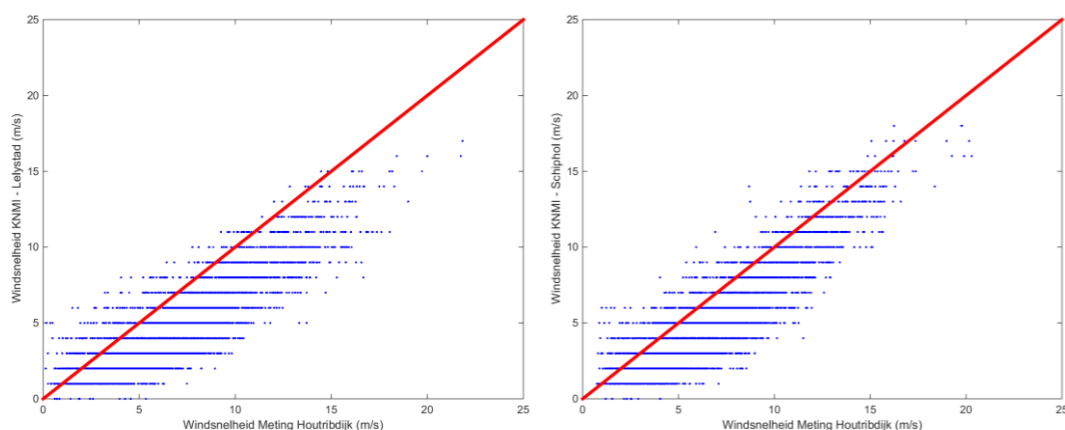
Te zien is dat de maximale windsnelheid orde 20 m/s (72 km/uur) bedraagt. Deze valt samen met het optreden van de zware storm van eind maart 2015.

Validatie/verificatie

Ter verificatie van deze informatie is een vergelijking gemaakt tussen windsnelheden zoals deze zijn geregistreerd door het KNMI en de lokaal gemeten windsnelheid.

De hierbij gebruikte figuren tonen deze vergelijking voor de stations Lelystad en Schiphol.

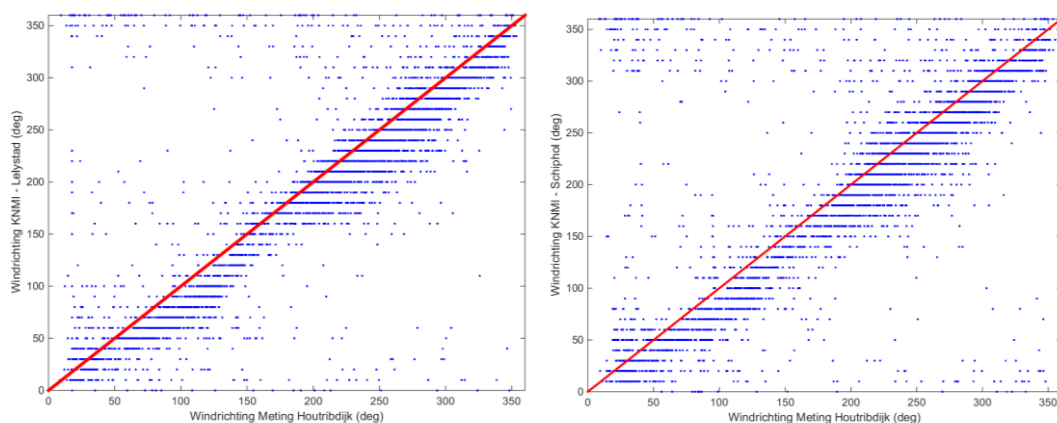
Figuur 5.2 geeft een vergelijking van de windsnelheden waarbij de windsnelheid op de proeflocatie op de horizontale as staat.



Figuur 5.2 Vergelijking windsnelheid KNMI (verticale as) en lokaal gemeten (horizontale as). Links station Lelystad, rechts station Schiphol.

Uit deze figuur blijkt dat de lokaal gemeten windsnelheid gemiddeld hoger ligt dan de windsnelheid gemeten bij de beide landmeetstations van het KNMI. Het verschil in beschutting en ruwheid is een aannemelijke oorzaak voor dit verschil.

In Figuur 5.3 is een vergelijking gegeven tussen de windrichtingen.



Figuur 5.3 Vergelijking windrichting KNMI (verticale as) en lokaal gemeten (horizontale as). Links station Lelystad, rechts station Schiphol.

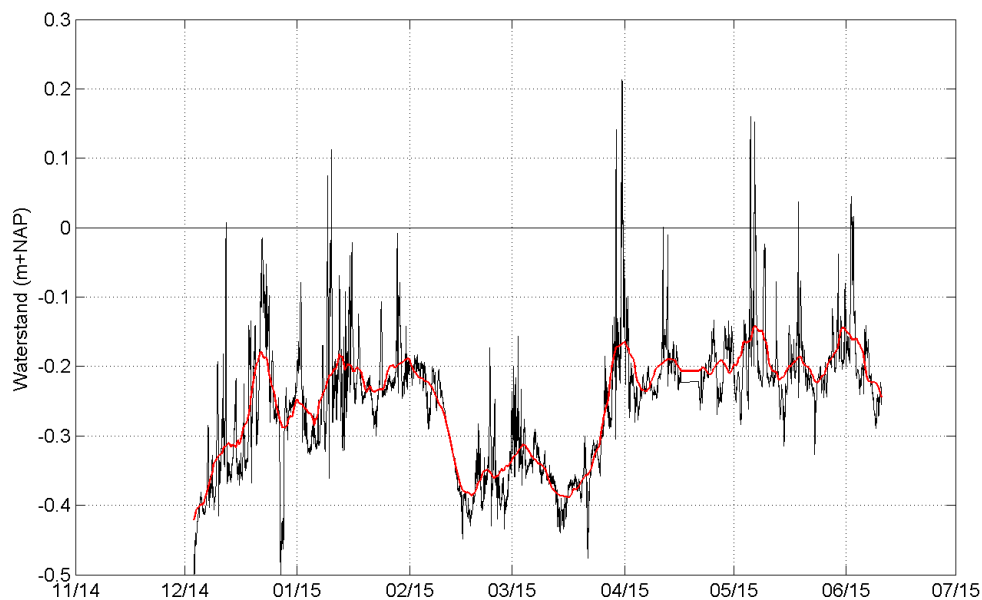
Voor beide KNMI-stations geldt dat er lagere getallen voor de windrichting geregistreerd worden, ofwel de lokaal gemeten windrichting is iets groter, met de klok mee.

Aangezien het verschil voor beide stations te zien is, kan een kalibratiefout van de lokale windmeter aan de orde zijn (Het zou daarbij kunnen gaan om een orde 10 tot 20 °)⁶

⁶ Dit is op dit moment nog een punt van onderzoek/afstemming. Verondersteld mag worden dat dit 'probleem' op korte termijn kan worden opgelost.

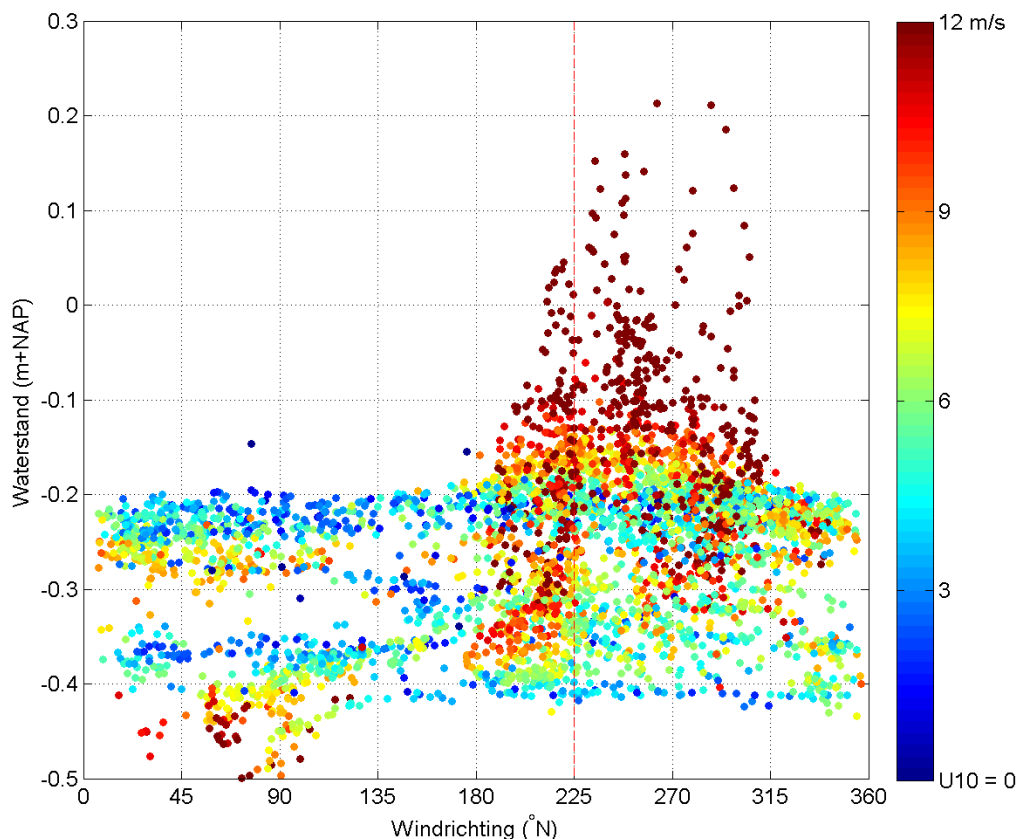
5.3.2 WATERSTAND

In Figuur 5.4 is de ontwikkeling van de lokale waterstand gegeven. Duidelijk herkenbaar zijn de in het Markermeer aangehouden streefpeilen; NAP-0,4 m in de winterperiode en NAP-0,2 m in de zomerperiode.



Figuur 5.4 Gemeten waterstand (zwart) en een lopend gemiddelde met een middelingperiode van een week (rood).

Ook is te zien dat er door windopzet tijdelijk hogere waterstanden kunnen optreden. Dit is ook herkenbaar in Figuur 5.5 waar de lokale waterstand als functie van de windrichting is gepresenteerd.

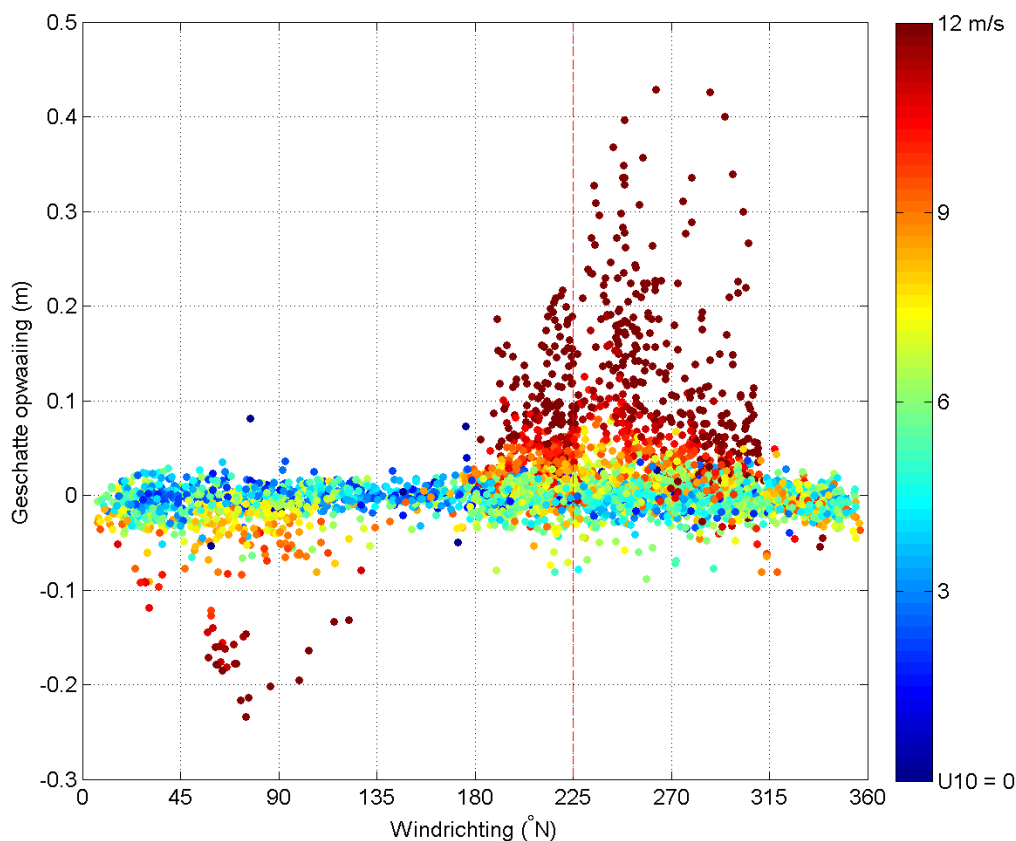


Figuur 5.5 Relatie tussen waterstand (verticale as) en windrichting (horizontale as), gekleurd op windsnelheid. Gestippelde lijn: indicatie voor de oriëntatie van oeverlijn van de pilot.

Duidelijk is te zien dat de waterstanden zich bij lage waterstanden primair bevinden rondom de eerder genoemde streefpeilen. Voor grotere windsnelheden treden hier afwijken van op. Bij oostelijke winden is er sprake van afwaaiing en dalen de waterstanden onder de streefpeilwaarde van NAP-0,4 m. Voor zuidwestelijke winden is er juist sprake van opwaaiing en worden waterstanden tot ruim NAP+0,2 m bereikt.

De lokale waterstand is dus een combinatie van het ruimtelijk gemiddelde meerpeil en lokale opwaaiing. Om het effect van de opwaaiing beter te kunnen duiden, zijn perioden geselecteerd met een windsnelheid lager dan 10 m/s. Voor deze selectie van de data is een lopend gemiddelde berekend met een middelingsperiode van een maand. De schatting voor de opwaaiing is vervolgens het verschil tussen de gemeten waterstand en dit lopende gemiddelde.

De aldus geconstrueerde relatie tussen geschatte opwaaiing en windrichting is weergegeven in Figuur 5.6. Uit deze figuur blijkt des te duidelijker dat de lokale waterstanden sterk gedomineerd worden door de lokale windcondities.



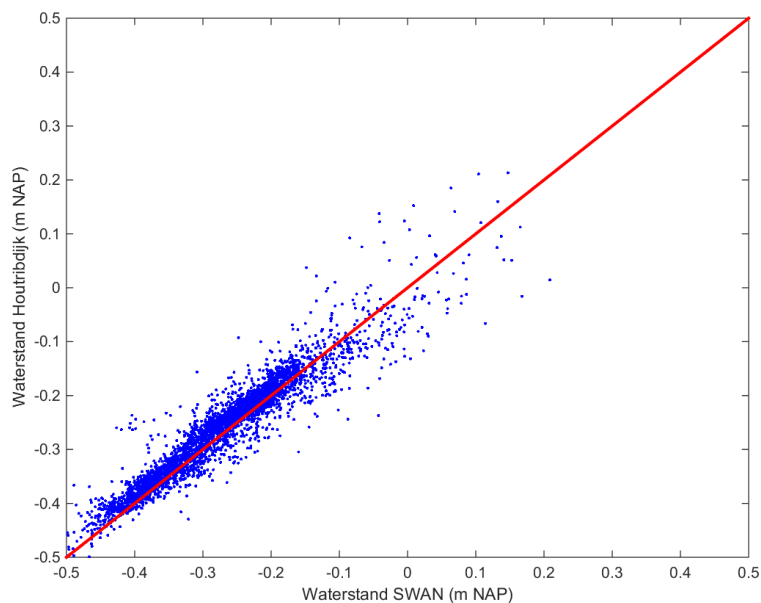
Figuur 5.6 Relatie tussen geschatte opwaaiing (verticale as) en windrichting (horizontale as), gekleurd op windsnelheid. Gestippelde lijn: indicatie voor de oriëntatie van oeverlijn van de pilot.

Validatie/verificatie

Op 22 januari 2015 is om 14h30 uur met behulp van een GPS installatie een waterstand gemeten van NAP-0,254 m (Ref: (Deltares/Alterra, 2015)). In de tijdreeks in 'houtribdijk-150612-data.asc' is op dat moment een waterstand van NAP-0,268 m opgenomen. Het verschil bedraagt 1,4 cm en zou betekenen dat de in de tabel opgenomen waarden iets te laag zijn.⁷

Ter verificatie zijn de opgeleverde waterstanden vergeleken met de resultaten van het operationele model voor het Markermeer, een gecombineerd WAQUA+SWAN instrumentarium van Rijkswaterstaat. Het resultaat van deze vergelijking is weergegeven in Figuur 5.7.

⁷ Nog uit te zoeken

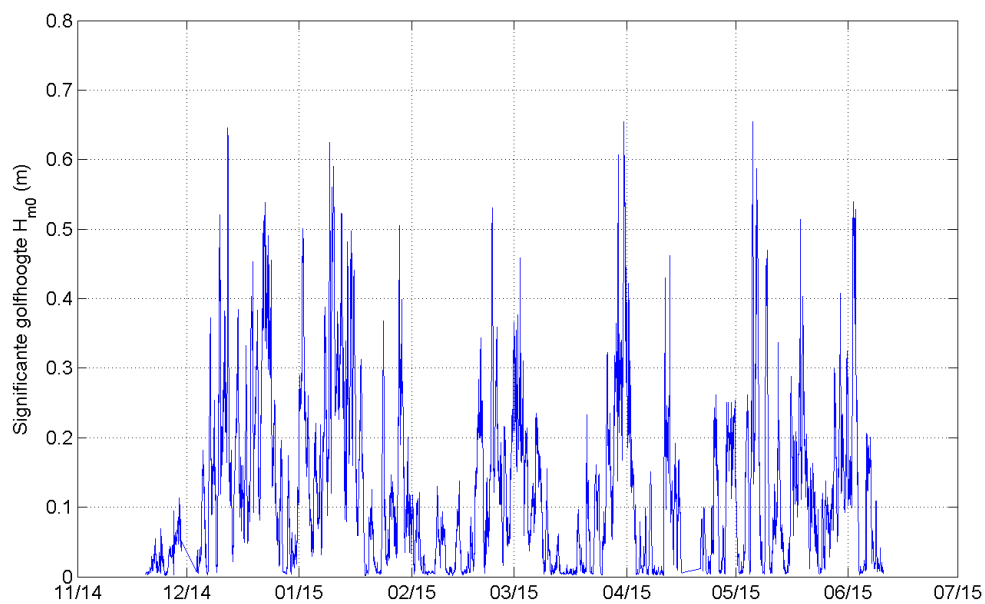


Figuur 5.7 Vergelijking tussen waterstanden uit het operationele WAQUA-model voor het Markermeer en lokale waterstandsmetingen.

Uit de figuur blijkt dat de overeenkomst gemiddeld genomen sterk is. In het geval van hoge windsnelheden en relatief sterke opwaaiing, nemen de afwijkingen tussen model en metingen echter toe, tot verschillen in de orde van 10 cm.

5.3.3 GOLFHOOGTE

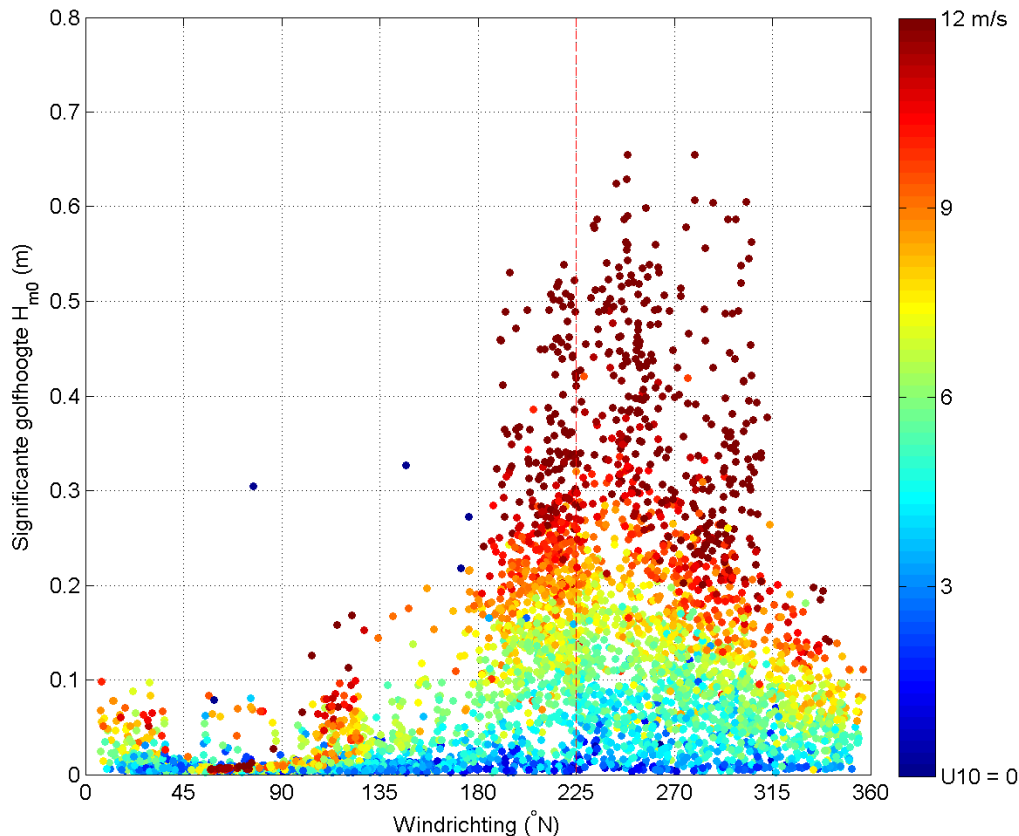
Figuur 5.8 geeft een weergave van de opgeleverde (significante) golfhoogte.



Figuur 5.8 Gemeten significante golfhoogte H_{m0} (m).

Volgens deze gegevens zou de maximale golfhoogte ongeveer 0,65 m bedragen.⁸

De lokaal optredende golfhoogte is natuurlijk gekoppeld aan de optredende windcondities. De resultaten van een basisanalyse van deze relatie zijn samengebracht in Figuur 5.9.

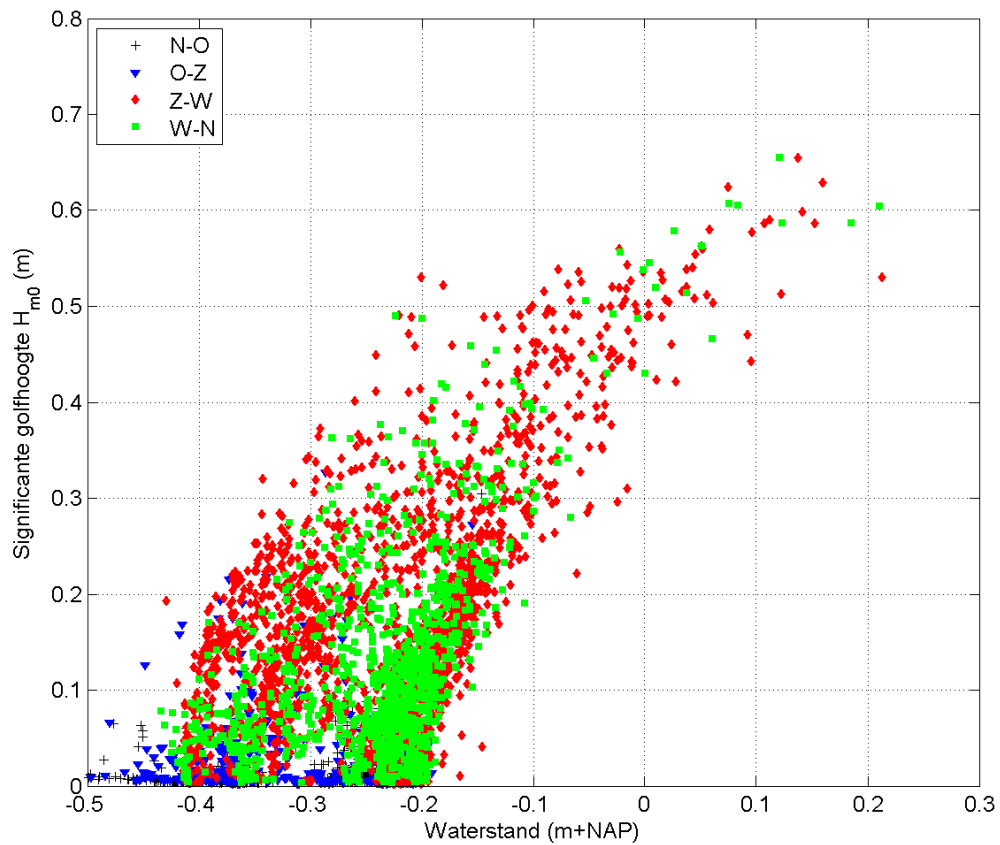


Figuur 5.9 Relatie tussen significante golfhoogte (verticale as) en windrichting (horizontale as), gekleurd op windsnelheid. Gestippelde lijn: indicatie voor de oriëntatie van oeverlijn van de pilot.

Te zien is dat de maximale golfhoogtes met name optreden bij condities met harde wind uit zuidwestelijke tot westelijke richtingen.

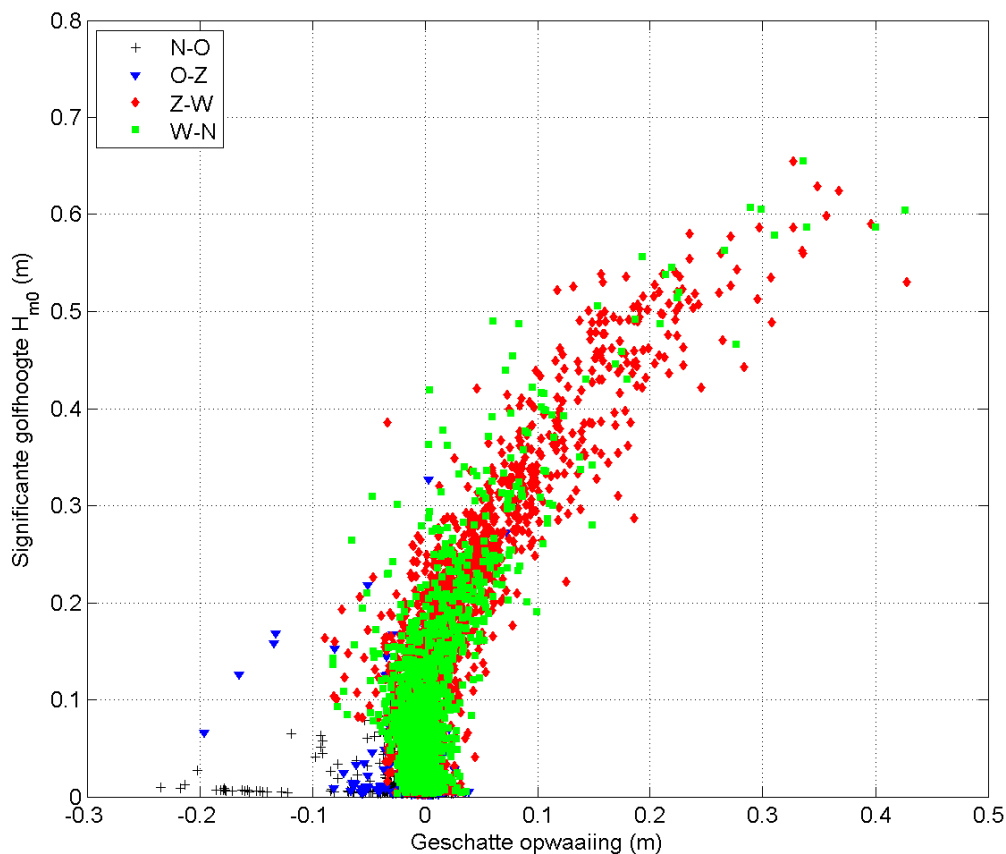
Dat laatste is ook te zien bij het beschouwen van de relatie tussen de lokale waterstand en de golfhoogte zoals weergegeven in Figuur 5.10.

⁸ Deze waarde lijkt vrij laag (want eerder leek er sprake van golven tot wel 1 m hoog). Nog te verifiëren (zie verderop).



Figuur 5.10 Combinaties van waterstand en significante golfhoogte voor vier windsectoren.

Te zien is dat met name de westelijke winden zorgen voor de grotere opzetten en golfhoogten. Dit is nog duidelijker te zien in Figuur 5.11 waarin de golfhoogte is uitgezet als functie van de geschatte omvang van de opwaaiing.

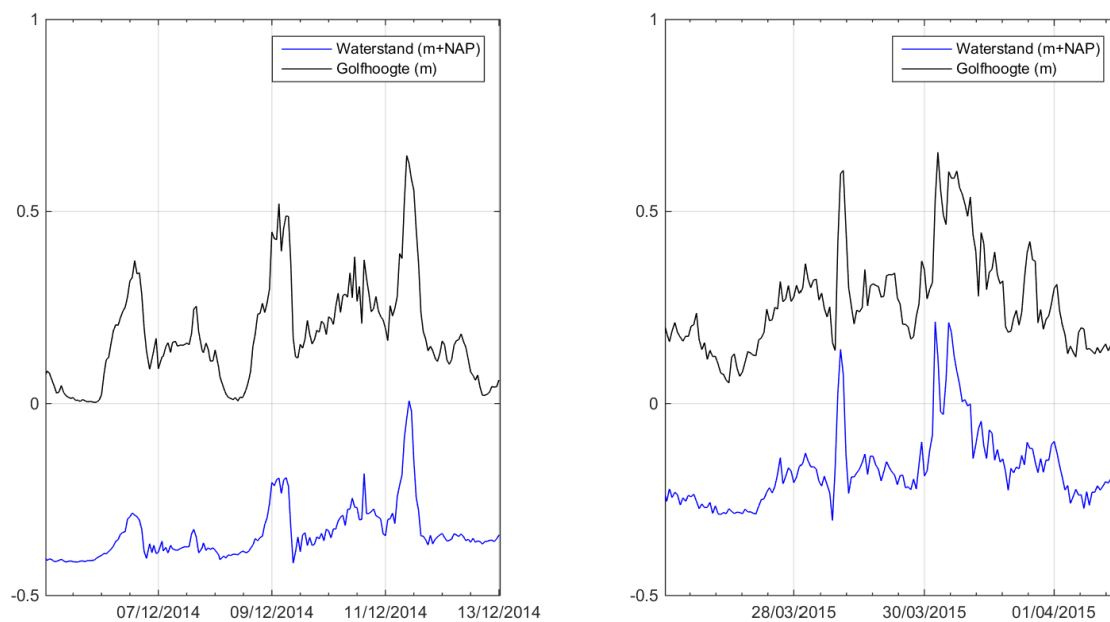


Figuur 5.11 Combinaties van berekende opwaaiing en significante golfhoogte voor vier windsectoren.

Voorlopige conclusies

- Er is een sterke relatie tussen opwaaiing en golfhoogte vanwege het wind-gedomineerde karakter van het systeem;
- Bij windrichtingen vanuit de oostelijke helft van de windrichtingen zijn de golfhoogtes beperkt, en treedt enige afwaaiing op;
- De respons van golfhoogtes en waterstanden kent een vergelijkbare tijdschaal, want er worden geen combinaties gemeten van hoge opwaaiing en lage golven of hoge golven en weinig opwaaiing;
- Er zijn enkele afwijkende golfhoogtes zichtbaar in Figuur 5.9.

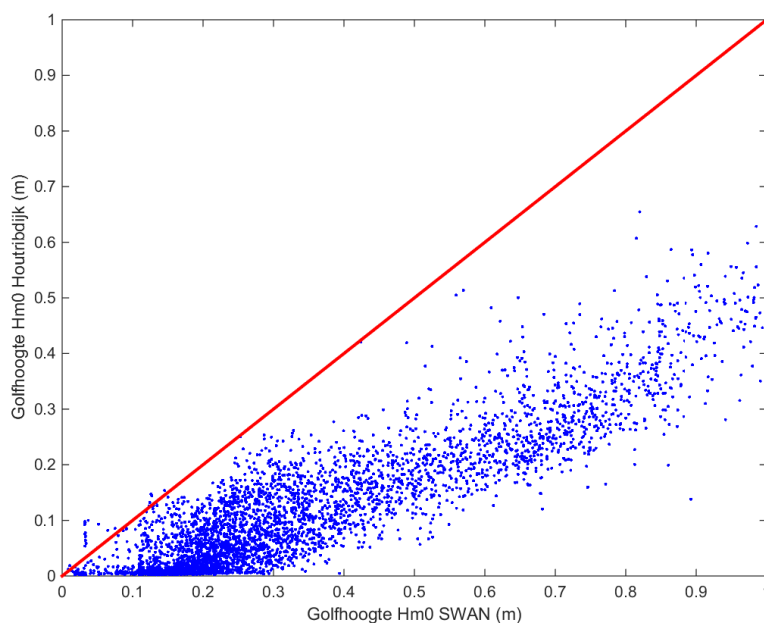
In Figuur 5.12 is een voorbeeld gegeven van de snelle respons van zowel de waterstand als de golfhoogte op de momentane windcondities. De rechter figuur heeft hierbij betrekking op de zware storm van eind maart 2015 waarbij de lokale waterstand binnen zeer korte tijd met ruim 0,4 m toenam.



Figuur 5.12 Verloop in de tijd van waterstand en significante golfhoogte gedurende een tweetal stormen.

Validatie/verificatie

Ter verificatie van de absolute waarde van de significante golfhoogte (uit de overdrachtstabel) zijn de golfhoogtes vergeleken met de resultaten van het operationele model voor het Markermeer, een gecombineerd WAQUA+SWAN instrumentarium van Rijkswaterstaat. Uit onderstaande figuur blijkt dat de golfhoogtes in SWAN structureel hoger liggen dan de waarden in de gebruikte overdrachtstabel (Tabel 5.1 op pagina 45).

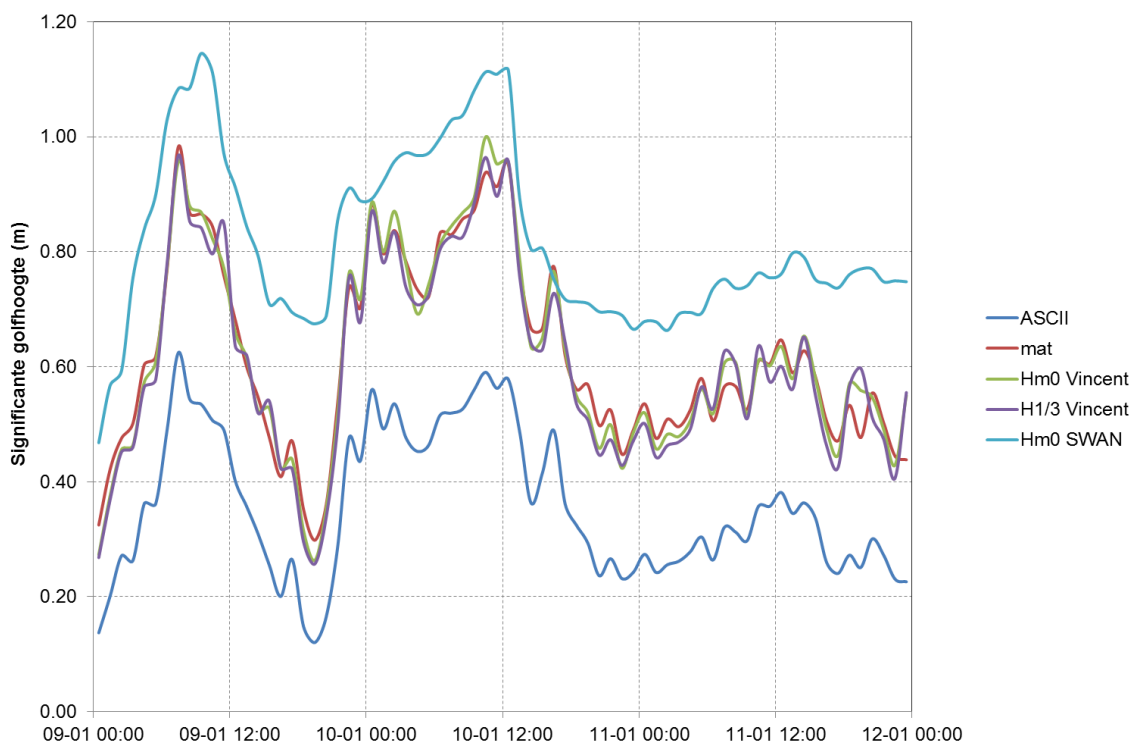


Figuur 5.13 Vergelijking tussen de berekende golfhoogte volgens SWAN en op basis van lokale metingen

Nadere interim-analyses

Deze observatie gaf aanleiding tot een vergelijking met andere berekeningen van de significante golfhoogte op basis van de gemeten drukfluctuaties. Onderstaande figuur toont voor de ZW-storm van januari 2015 de golfhoogte volgens:

1. De overdrachtsdata in 'houtribdijk-150612-data.asc';
1. Een eerdere versie van deze data, opgeslagen in de vorm van mat-files op de repository;
2. De resultaten van het operationele SWAN-model van Rijkswaterstaat;
3. De significante golfhoogte, berekend met spectraalanalyse met HKV-scripts (van Vincent Vuik);
4. De significante golfhoogte, berekend met zero-crossing analyse met HKV-scripts.



Figuur 5.14 Vergelijking diverse databronnen voor de significante golfhoogte voor de storm van januari 2015.

Deze figuur laat zien dat:

- De opgeleverde data structureel onder de originele data zijn gelegen.
- Deze laatste achter blijft bij de SWAN-resultaten.

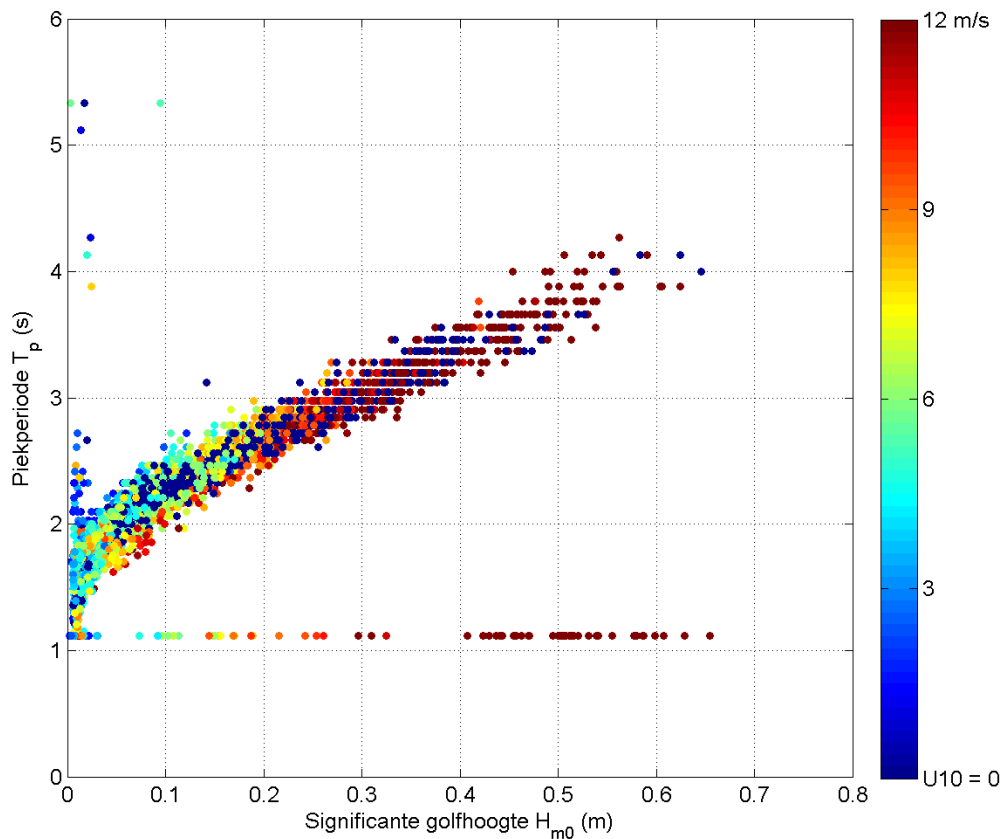
Deze nadere analyse en consequenties van deze bevindingen zijn onderdeel van nog lopende discussies.⁹

5.3.4 GOLFPERIODE

De golfperiode is direct gekoppeld aan de golfhoogte.

Dit blijkt ook uit de in Figuur 5.15 opgenomen relatie.

⁹ Op het moment dat er helderheid is over de resultaten zal dit rapportage-deel worden herzien. Verondersteld mag worden dat dit 'probleem' op korte termijn kan worden opgelost.



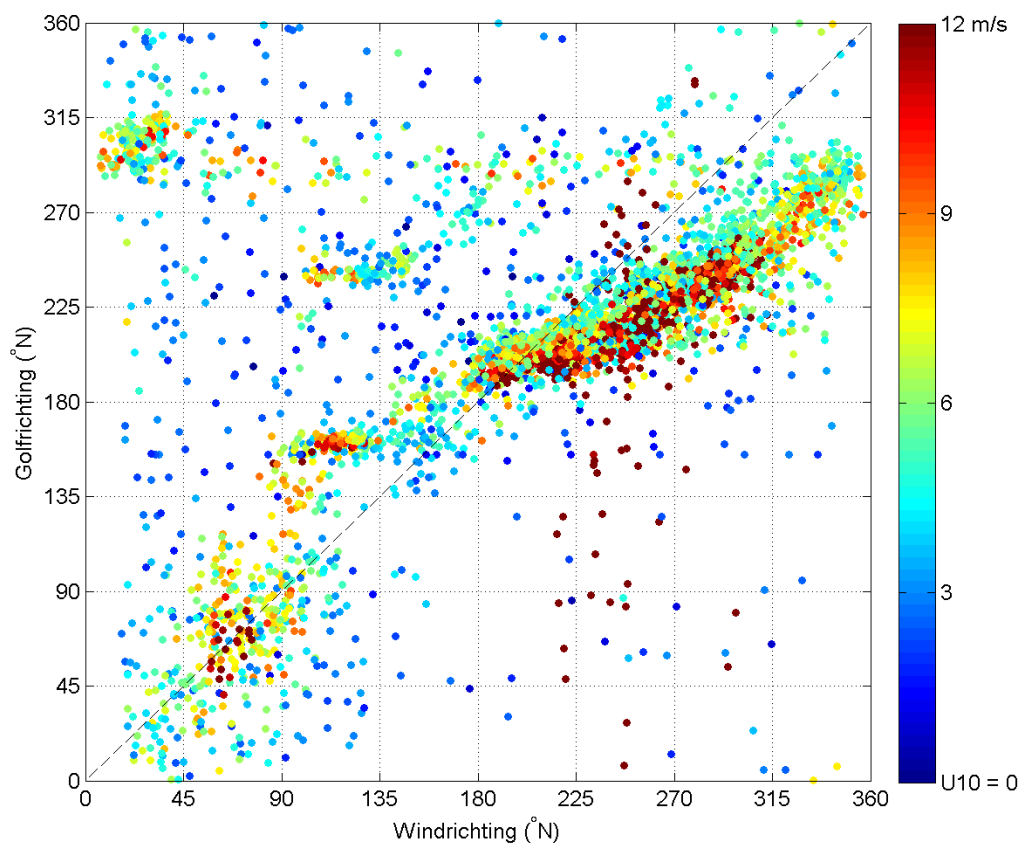
Figuur 5.15 Vergelijking significante golfhoogte H_{m0} (horizontale as) en piekperiode T_p (verticale as), waarbij de markers zijn gekleurd op windsnelheid.

Voorlopige conclusies

- De verhouding tussen golfhoogte en golfperiode is vrij consistent.
- Een deel van de golven heeft een foutieve of niet representatieve piekperiode van ca. 1 s.
- Een ander deel van de golven heeft een grote periode bij een lage golfenergie. Ook hier is waarschijnlijk sprake van een meet- of verwerkingsfout.

5.3.5 GOLFRICHTING

In Figuur 5.16 is de relatie gegeven tussen de gemeten windrichting en de uit de meetresultaten afgeleide golfrichting.



Figuur 5.16 Verhouding tussen windrichting (horizontale as) en golfrichting (verticale as), waarbij de markers zijn gekleurd op windsnelheid.

Conclusies per windrichting

- Bij windrichtingen tussen Noord en Noordoost (van de dijk afwaaiend) is de golfrichting overwegend Noordwest (parallel aan de dijk). Mogelijk beïnvloedt circulatiestroming in het Markermeer hier de gepresenteerde golfrichting.
- Bij windrichtingen tussen Noordoost en Oost komen windrichting en golfrichting gemiddeld genomen overeen.
- Bij windrichtingen tussen Oost en Zuid is een bijdraaiing van de golven richting Zuid te zien, mogelijk door refractie.
- Tussen zuid en noord is een vrij duidelijke curve aanwezig, waarbij de golven ten opzichte van de windrichting meer in de richting haaks op de dijk bewegen. Ook hier speelt mogelijk refractie een rol.

Algemene conclusies:

- De windrichting is mogelijk niet zeer nauwkeurig (zie de paragraaf over wind).
- Er zijn punten in de data aanwezig met een sterk afwijkende golfrichting bij een hoge windsnelheid en een richting tussen 200 en 300 graden t.o.v. Noord.

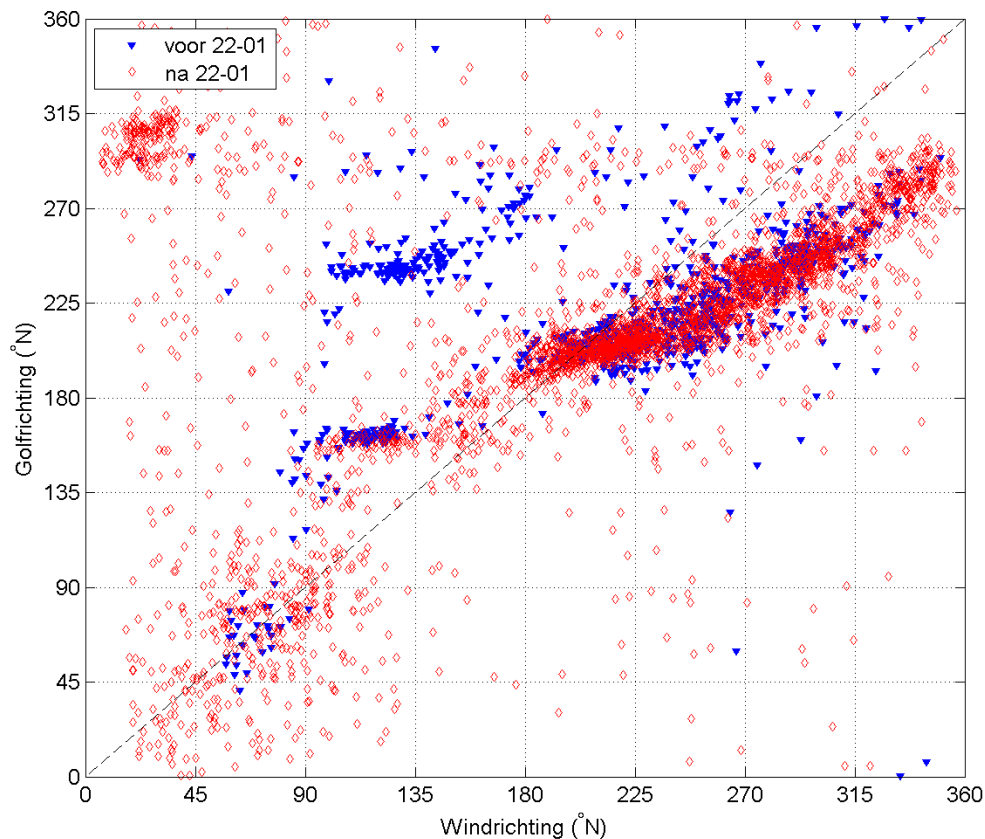
Nadere interim-analyses

Vóór 22 januari 2015 werd de watersnelheid gecorrigeerd met de uitlezing van het kompas om de richting van de snelheid te krijgen in ENU assenstelsel. Deze automatische procedure bleek tot foutieve golfrich-

tingen te leiden. Na 22 januari is de automatische, variabele correctie vervangen door een vaste correctie. Alleen golfrichtingen na 22 januari kunnen als betrouwbaar worden gezien (Ref (Deltares/Alterra, 2015)).

Uit onderstaande figuur blijkt dat in de huidige dataset het beeld vóór en na 22 januari vrij consistent is. Alleen in de periode van voor 22 januari zijn perioden met flinke oostenwind (90-135 graden) opgetreden.

Het is op dit moment nog niet duidelijk welke correcties er zijn toegepast op de data van vóór 22 januari, om deze consistent te krijgen met de data na 22 januari.



Figuur 5.17 Vergelijking van de verhouding tussen windrichting en golfrichting vóór en na 22 januari 2015.

5.4 OPVULLEN VAN GATEN IN TIJDREEKS

Opmerkingen:

- De data in 'houtribdijk-150612-data.asc' start op 19 november 2014. Volgens het werkdocument is de ADV vanaf deze datum continu operationeel. Het meetframe was echter al aanwezig vanaf 2 oktober 2014. Mogelijk is er ook data beschikbaar tussen 2 oktober en 19 november.
- De monitoringsmast met windmeter en waterstandsmeter is al op 3 september 2014 geplaatst, en er is data beschikbaar vanaf 8 september 2014 op de repository. Deze data is niet verwerkt in 'houtribdijk-150612-data.asc'.
- Van de windrichting, golfrichting, golfhoogte, golfperiode en waterstand ontbreekt data begin december 2014 en medio april 2105. In de tijdreeks van de windsnelheid ontbreekt daarnaast nog data medio januari 2015.
- De tijdreeks van de waterstand heeft vóór begin december geen goede resultaten (waterstand ca. -99 m)

Gaten in de winddata kunnen worden aangevuld met de KNMI data van Schiphol, met een zelfde windrichting, maar waarbij voor de windsnelheid een correctie moet worden gehanteerd:

- $U_{HRD} = U_{10_Schiphol} * 1,27$

Gaten in de hydrodynamica kunnen worden aangevuld op basis van de resultaten van het operationele model van Rijkswaterstaat, met de volgende correcties:

- $Hm0_{HRD} = (Hm0_{SWAN} - xxx) * yyy$
- $Tp_{HRD} = Tm - 1,0_{SWAN} / 1.1$
- Waterstand gelijk aan waterstand in WAQUA
- Golfrichting gelijk aan gemeten windrichting

5.5 KARAKTERISTIEK KLIMAAT PER PERIODE

De metingen van de morfologische veranderingen zijn in de periode september 2014 tot en met april 2015 maandelijks uitgevoerd. In totaal zijn er in deze periode 8 morfologische metingen uitgevoerd (zie Hoofdstuk 6 voor meer informatie).

Periode	Interval	Opmerking
T1-T2	18-9 t/m 25-10	Eerste periode na aanleg
T2-T3	25-10 t/m 19-11	
T3-T4	19-11 t/m 28-12	
T4-T5	28-12 t/m 23-01	
T5-T6	23-01 t/m 15-02	
T6-T7	15-02 t/m 18-03	
T7-T8	18-03 t/m 06-04	Laatste periode met zware storm uit westelijke richting.

Tabel 5.2 Overzicht beschouwde periode.

Deze paragraaf gaat in op de karakteristieke hydrodynamica in de periodes tussen de metingen. Deze kan vervolgens worden gebruikt voor de analyse van de profielvormen (zie Hoofdstuk 2 in Annex I) en de aansturing van het morfologisch model dat de waargenomen morfologische veranderingen zal moeten simuleren (zie Hoofdstuk 3 in Annex I).

Ontbrekende data

Pas vanaf T3 (19 november 2014) is lokaal gemeten hydrodynamische data beschikbaar. Voor de intervallen T1-T2 en T2-T3 is de analyse gebaseerd op data van het KNMI, waarbij op dit moment een eenvoudige omrekenfactor van 1,27 is gebruikt.

De verschillen tussen SWAN en lokaal gemeten data zijn zodanig groot, dat de SWAN-resultaten voor deze periode vooralsnog buiten beschouwing zijn gelaten.

Nog verder in te vullen na beschikbaar komen meer definitieve analyseresultaten

6

Basisinfo bodemligging

6.1 INLEIDING

Het inmeten van de lokale bodemligging is in de periode september 2014 tot en met april 2015 maandelijks uitgevoerd door Shore Monitoring. Dit heeft geleid tot een achttal veldrapportages alsmede een oplevering van de onderliggende bodemdata (Shore Monitoring, 2015).

Deze laatste zijn beschikbaar gemaakt op de repository en kunnen zo worden gebruikt voor de verdere analyses.

In Tabel 6.1 is een overzicht gegeven van de tot op heden (26 augustus 2015) uitgevoerde inmetingen.

Opname	Datum	Opmerkingen
T1	18 september 2014	
T2	25 oktober 2014	
T3	19 november 2014	
T4	28 december 2014	
T5	23 januari 2014	
T6	15 februari 2015	
T7	18 maart 2015	onderwaterdeel aangevuld op 21 maart 2015
T8	6 april 2015	
T9		Gepland in augustus 2015 vlak voor verwijdering beschermingswandje

Tabel 6.1 Overzicht uitgevoerde bodempeilingen.

In aanvulling op de gebiedsdekkende inmetingen zijn door Shore Monitoring ook zettingen van de ondergrond gemeten (6 zakbakens) en sedimentmonsters genomen. De resultaten van de sedimentmonsters komen samen met de resultaten van de opnames van Alterra aan de orde in Hoofdstuk 7 van deze rapportage.

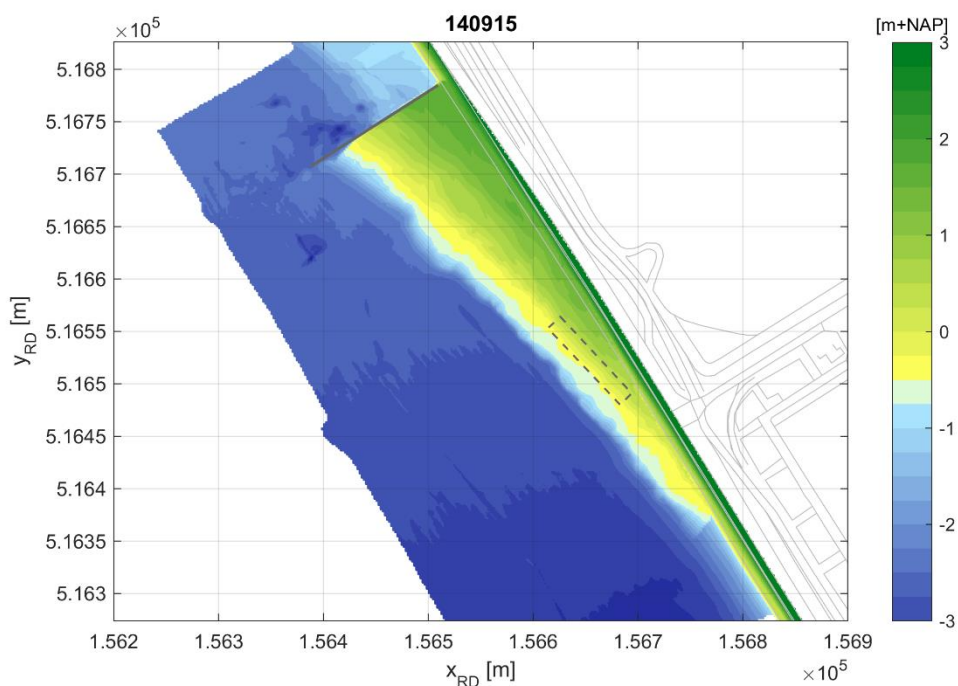
De basisanalyse van de zettingsinformatie is ondergebracht in Paragraaf 6.3.

6.2 BESCHRIJVING MORFOLOGISCHE ONTWIKKELING OP HOOFDLIJNEN

6.2.1 INLEIDING

In het volgende is een korte schets gegeven van de waargenomen morfologische ontwikkelingen. Voor meer gedetailleerde informatie kan worden verwezen naar de door Shore Monitoring opgestelde veldrapportages (Shore Monitoring, 2015).

Figuur 6.1 geeft de situatie zoals deze aanwezig was ten tijde van de eindpeiling van de aannemers-combinatie.



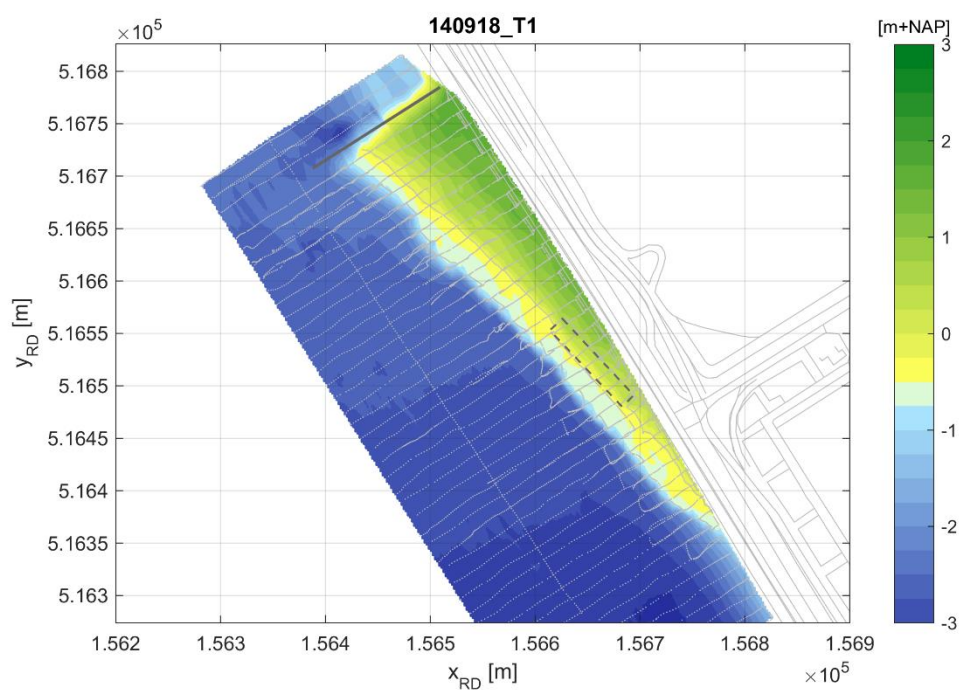
Figuur 6.1 Bodemligging conform eindpeiling DE Combinatie van 15 september.

Deze bodemligging heeft dus betrekking op de situatie voor de feitelijke start van het monitoringsprogramma. In deze (en de volgende) figuren is naast de positie van de damwand tevens de locatie van de zogenaamde rijmatconstructie aangegeven.

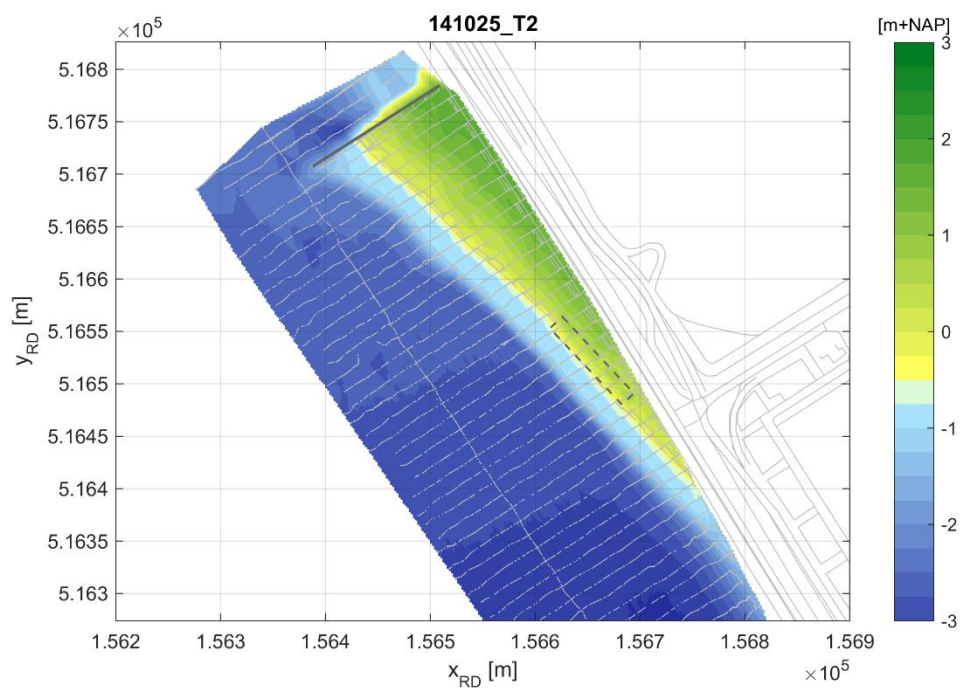
6.2.2 BODEMLIGGING PER OPNAME

Resultaten van de uitgevoerde inmetingen zijn in bovenaanzicht samengebracht in Figuur 6.2 tot en met Figuur 6.9. Hierin zijn ook de door Shore Monitoring aangehouden meettracks (grijze lijntjes) herkenbaar. In het totaal gaat het om 43 verschillende dwarsprofielen die reiken tot op een afstand van maximaal 250 m uit de dijk.

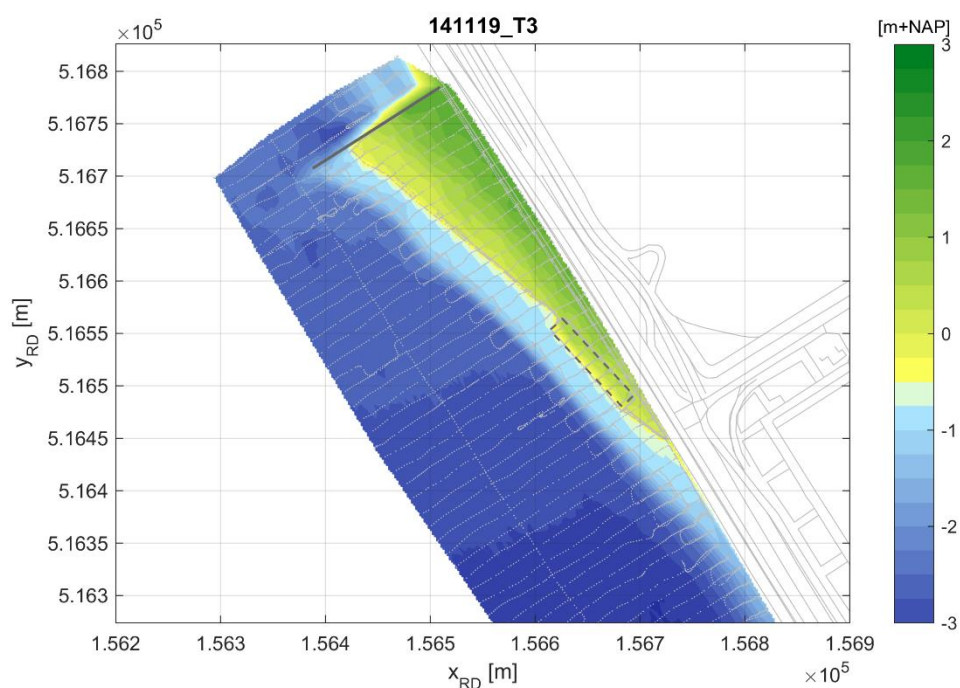
De onderlinge afstand tussen deze profielen bedraagt 15 m. Het meest noordwestelijke profiel (#01) bevindt zich op 45 m van de damwand. Het meest zuidoostelijke profiel (#43) op een afstand van 600 m.



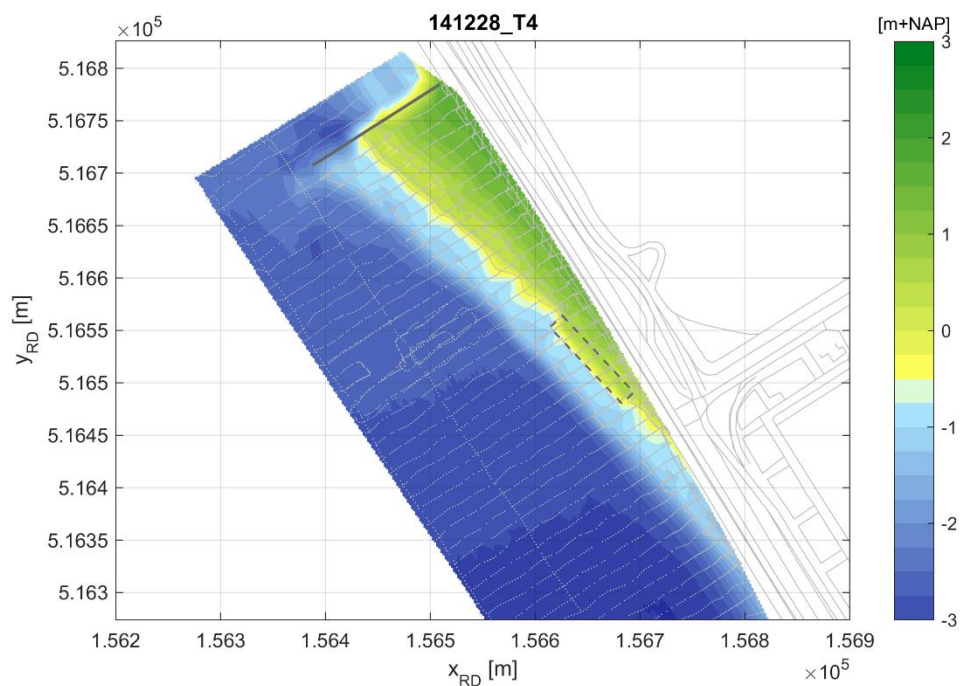
Figuur 6.2 Overzicht bodemligging T1 op 18 september 2014.



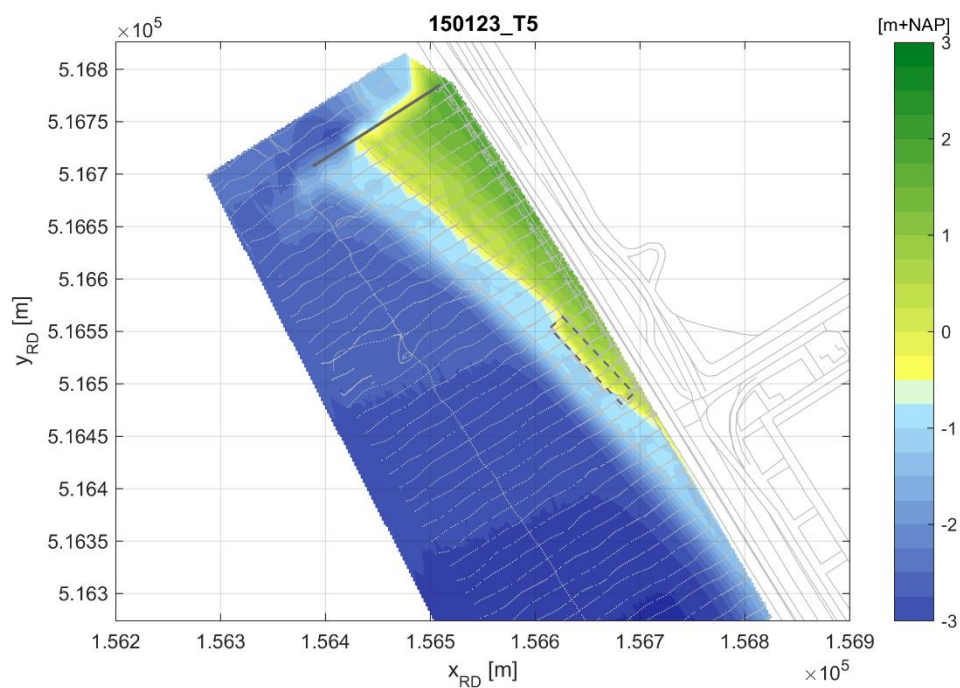
Figuur 6.3 Overzicht bodemligging T2 op 25 oktober 2014.



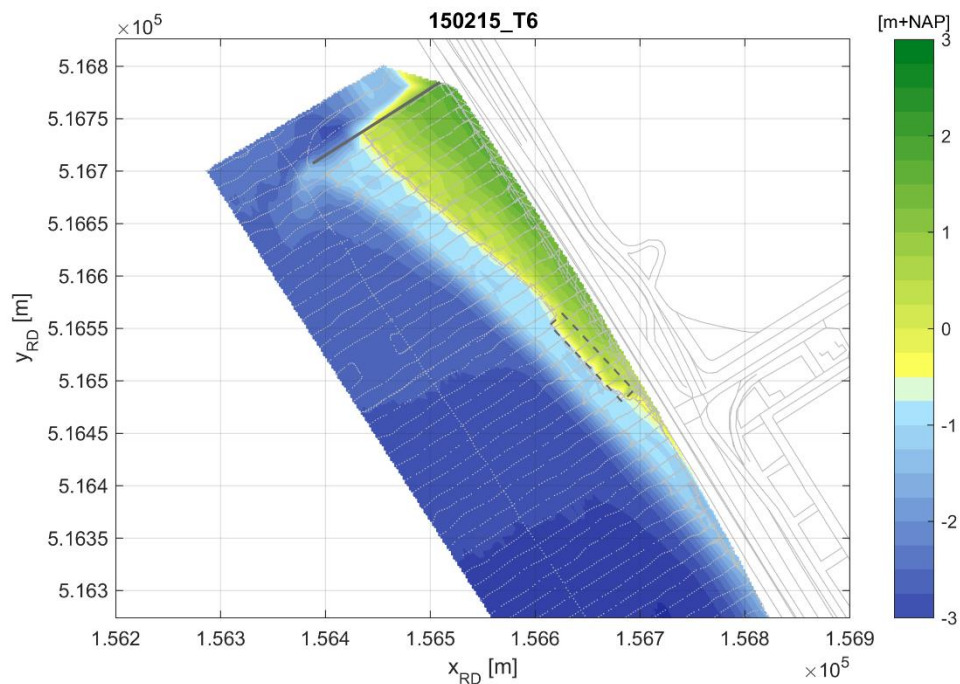
Figuur 6.4 Overzicht bodemligging T3 op 19 november 2014.



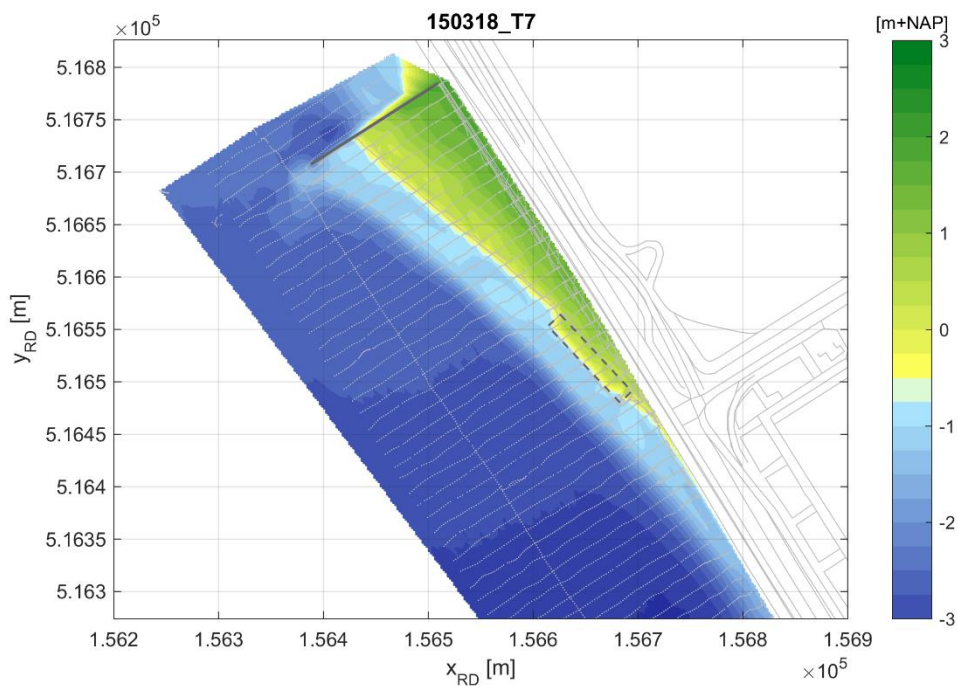
Figuur 6.5 Overzicht bodemligging T4 op 28 december 2014.



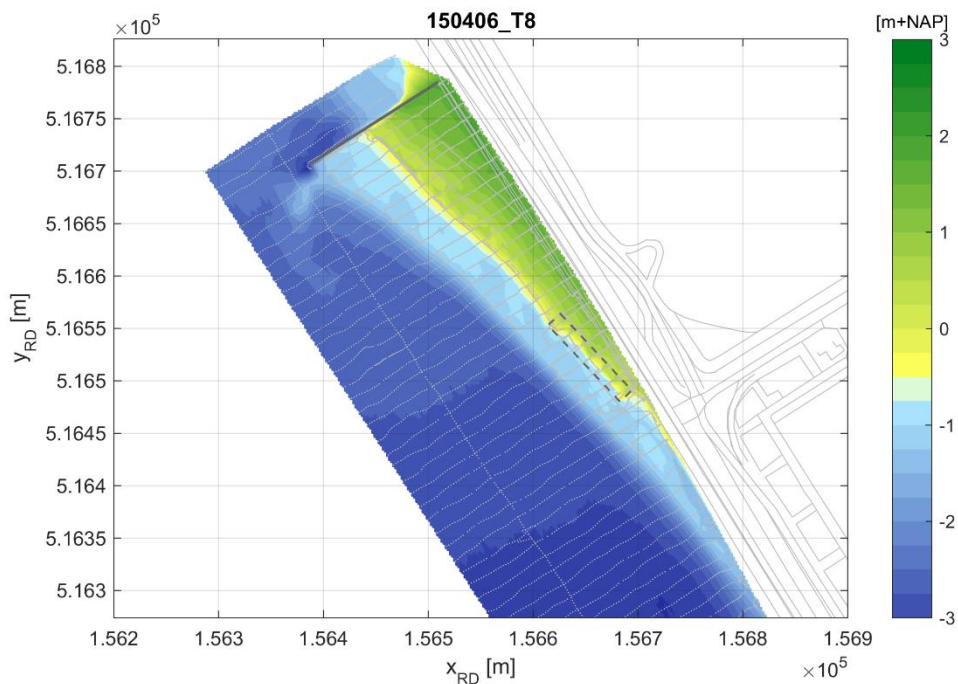
Figuur 6.6 Overzicht bodemligging T5 op 23 januari 2015.



Figuur 6.7 Overzicht bodemligging T6 op 14 februari 2015.



Figuur 6.8 Overzicht bodemligging T7 op 18 (en 21) maart 2015.



Figuur 6.9 Overzicht bodemligging T8 op 6 april 2015.

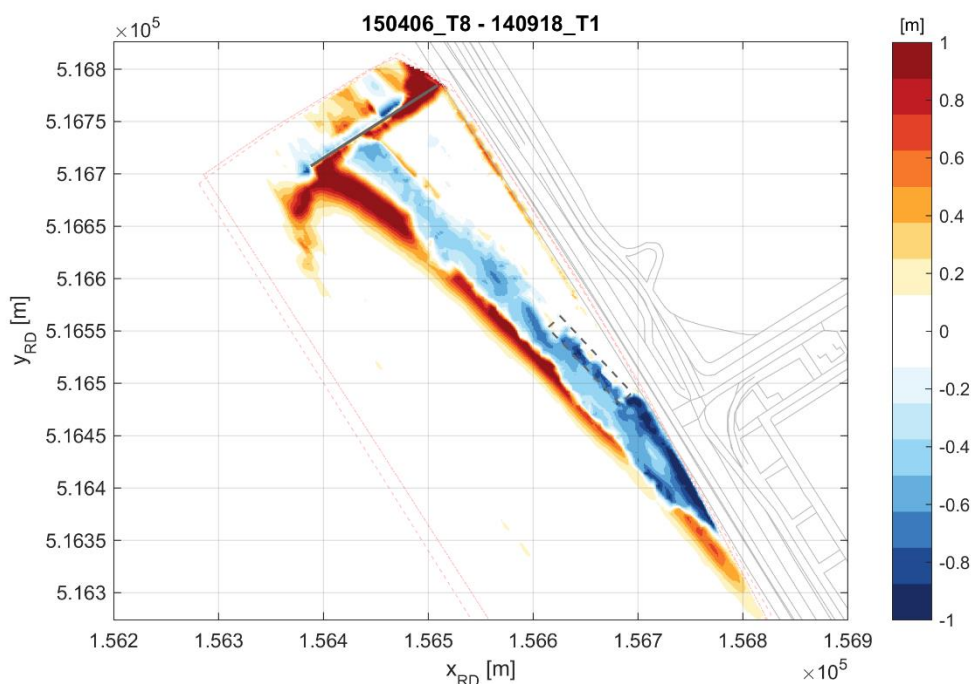
6.2.3 ANALYSE ONTWIKKELING OP HOOFDLIJNEN

Een nadere analyse van de gepresenteerde ontwikkeling laat zien dat:

- Het aangebrachte materiaal grotendeel in de proefsectie blijft liggen;
- Er geen echte verliezen optreden;

- Er wel sprake is van een interne herverdeling van het aangebrachte materiaal;
- Er erosie plaatsvindt bij de rijsmatconstructie;
- Er primair sprake is van een ontwikkeling in dwarsrichting.

Dit laatste komt ook naar voren in de zogenaamde verschilbodem (zie Figuur 6.10). Deze geeft het verschil in bodemligging tussen de eerste T1-opname van 18 september 2014 en de laatste inmeting (T8) van 6 april 2015.



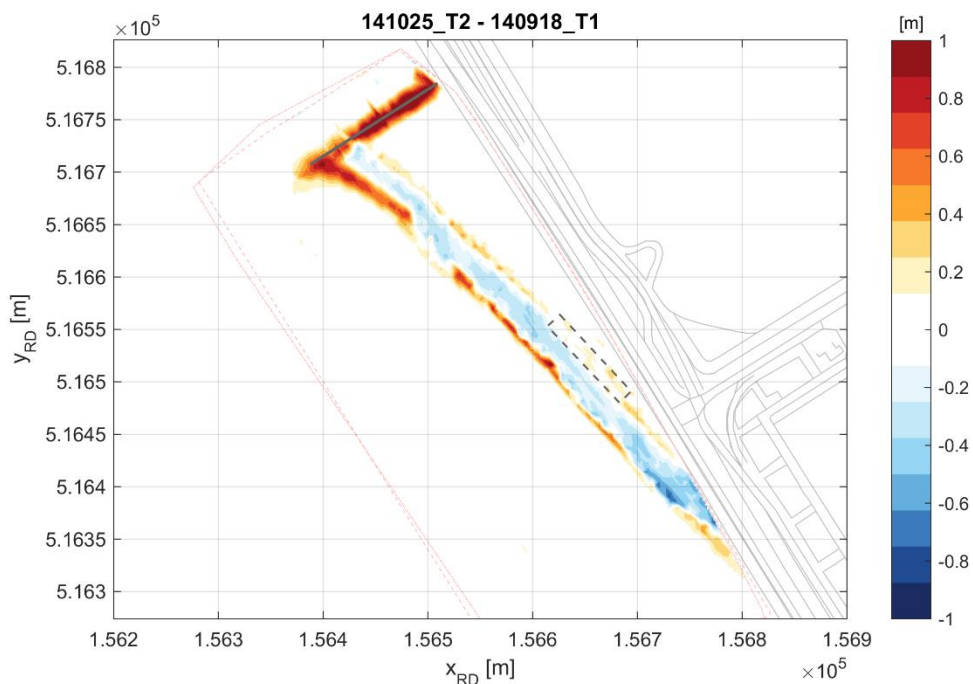
Figuur 6.10 Verschillen in bodemligging tussen eerste en laatste inmeting.

Op deze verschilkaart kunnen een aantal ontwikkelingen worden onderscheiden, te weten:

- De ontwikkelingen rond de damwandconstructie (welke deels toe te schrijven zijn aan interpolatieproblemen)¹⁰;
- De afzetting boven op het talud, parallel aan de dijk ter plaatse van het hier aanwezige windscherm;
- De erosie ter plaatse van de rijsmattenconstructie, deels als gevolg van de overgang van de kale dijk naar het zandige voorland;
- De ontwikkeling van de oeverlijn op het centrale deel van de proefsectie (tussen damwand en rijsmatconstructie) welke gemiddeld genomen primair het gevolg is van dwarstransportprocessen.

In Figuur 6.11 tot en met Figuur 6.17 is een overzicht gegeven van de tijdens de meetintervallen opgetreden verschillen in bodemligging.

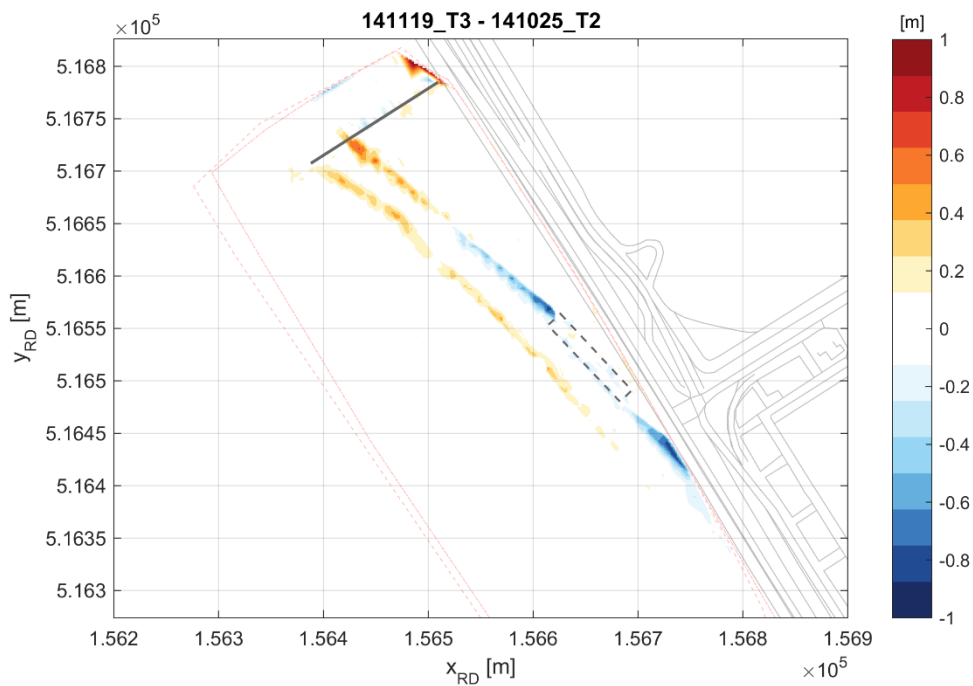
¹⁰ Nog nader te controleren!



Figuur 6.11 Verschil in bodemligging tussen T1- en T2-opname.

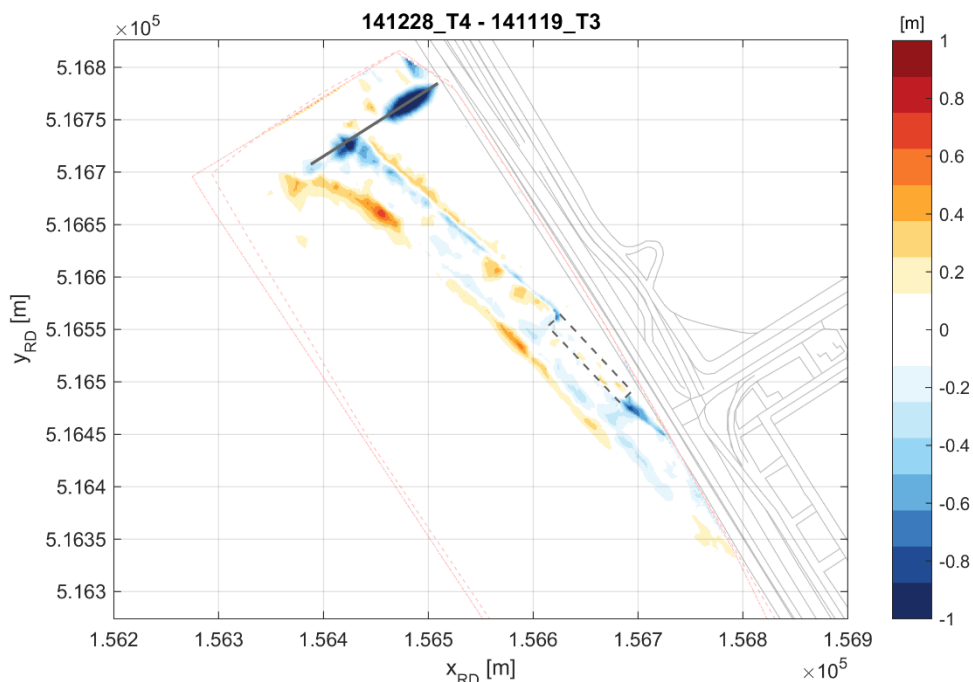
Tijdens de eerste periode (18 september tot 14 oktober; Figuur 6.11) is er duidelijk sprake van een instelling van een stabiele oeverligging. Dit lijkt met name te gelden voor de profielontwikkeling in dwarsrichting.

De afzetting in de omgeving van de damwand is mogelijk gerelateerd aan een interpolatie-probleem.

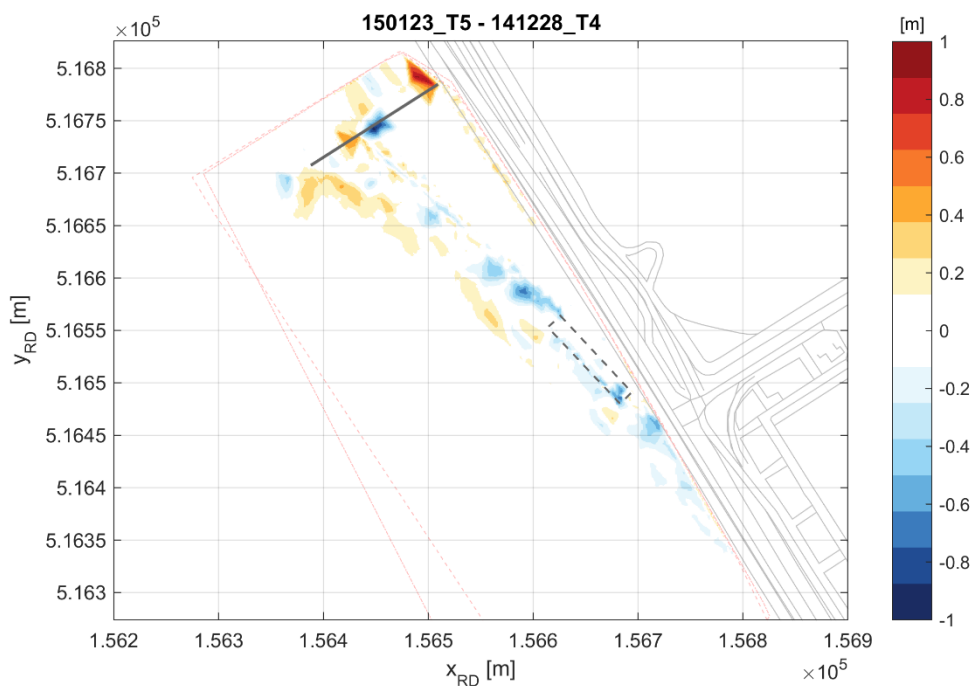


Figuur 6.12 Verschil in bodemligging tussen T2- en T3-opname.

De tweede periode (Figuur 6.12) laat primair het effect zien van een bijdraaiing van het centrale deel van de proefsectie (tegen de klok in). Dit is het gevolg van de tijdens deze periode overheersend oostelijke windrichtingen (zie ook Paragraaf 5.5).

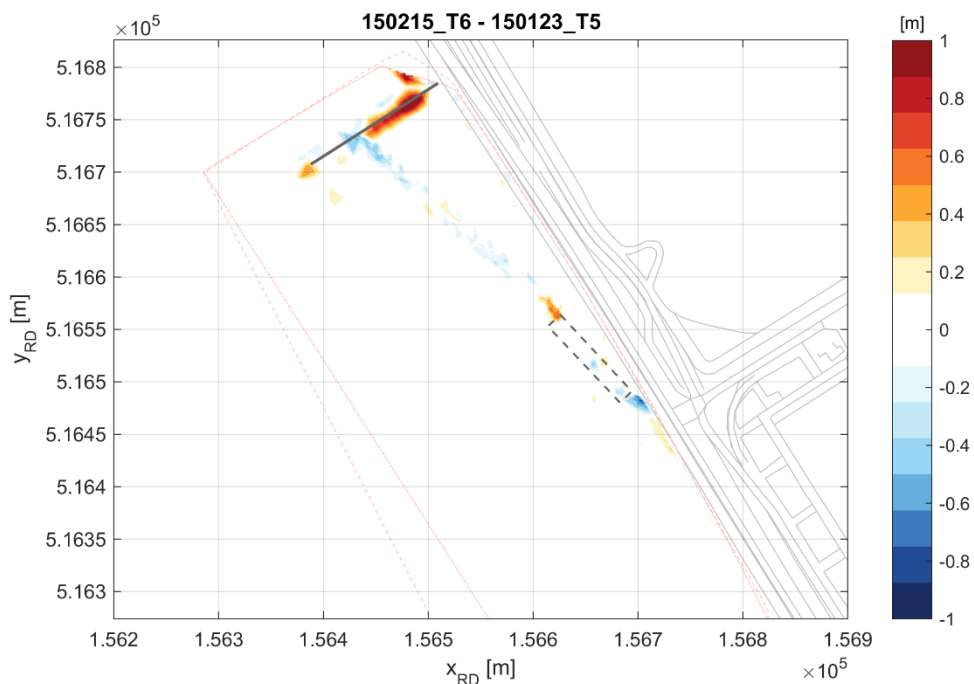


Figuur 6.13 Verschil in bodemligging tussen T3- en T4-opname.

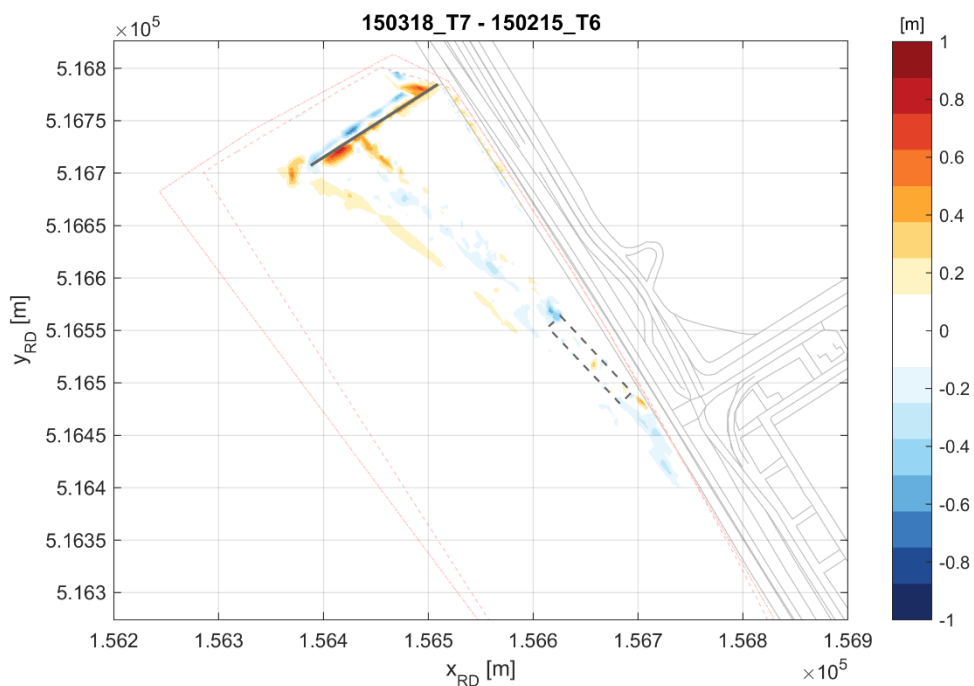


Figuur 6.14 Verschil in bodemligging tussen T4- en T5-opname.

Zowel tijdens de derde (Figuur 6.13) als de vierde periode (Figuur 6.14) zijn de veranderingen relatief beperkt en lijkt er sprake te zijn van een min of meer stabiele bodemligging.



Figuur 6.15 Verschil in bodemligging tussen T5- en T6-opname.

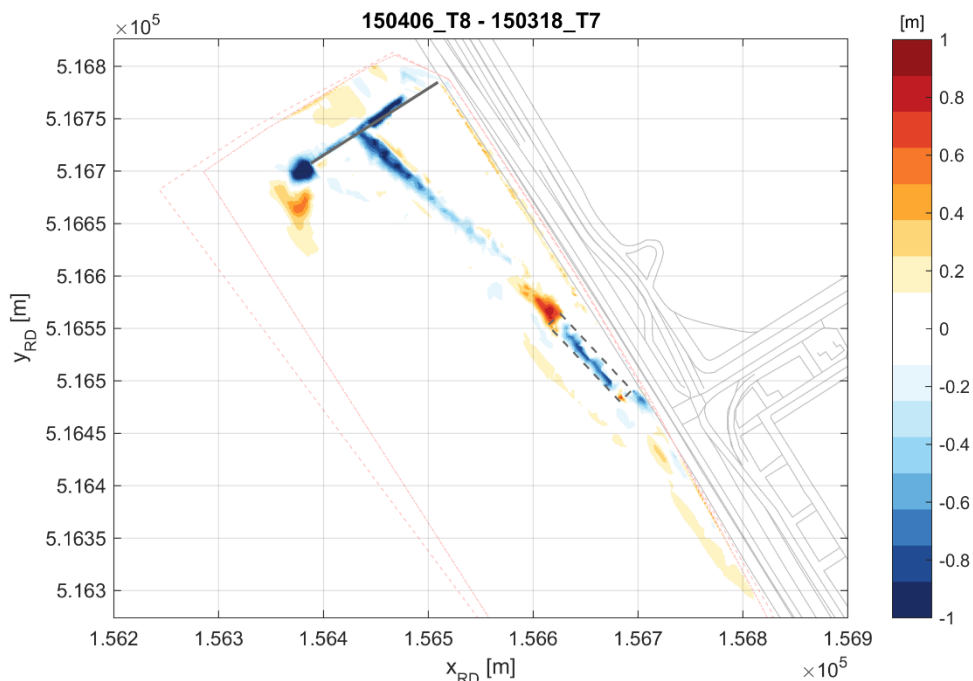


Figuur 6.16 Verschil in bodemligging tussen T6- en T7-opname.

Dit laatste geldt ook voor vijfde en zesde periode (Figuur 6.15 en Figuur 6.16).

In de zevende periode (Figuur 6.17) was er eind maart sprake van een vrij zware storm uit het westen. Deze had als gevolg dat de oriëntatie van de oeverlijn in het centrale deel van de proefsectie enigszins met de klok mee draaide. Dit leidde tot een achteruitgang van het dwarsprofiel bij de damwand een enige

aanzanding tegen en op de noordwestelijke beëindiging van de rijssmatconstructie. Ook heeft dit geleid tot de ontwikkeling van een ontgrondingskuil bij de beëindiging van de damwand. Het hier geërodeerde materiaal heeft zich zuidelijk van deze verdieping weer afgezet.



Figuur 6.17 Verskil in bodemligging tussen T7- en T8-opname.

De over de gehele periode (vanaf 18 september 2014) waargenomen ontwikkeling is combinatie van:

- Zettingen van de ondergrond;
- Transport richting dijk als gevolg van transport door wind;
- Bijdraaiing proefsectie als gevolg van een tijdsvariatie in golfrichtingen en interactie met 'constructies'.
- Profielontwikkeling in dwarsrichting als gevolg van waterstand en golfaanval.

6.2.4 NADERE VERWERKING

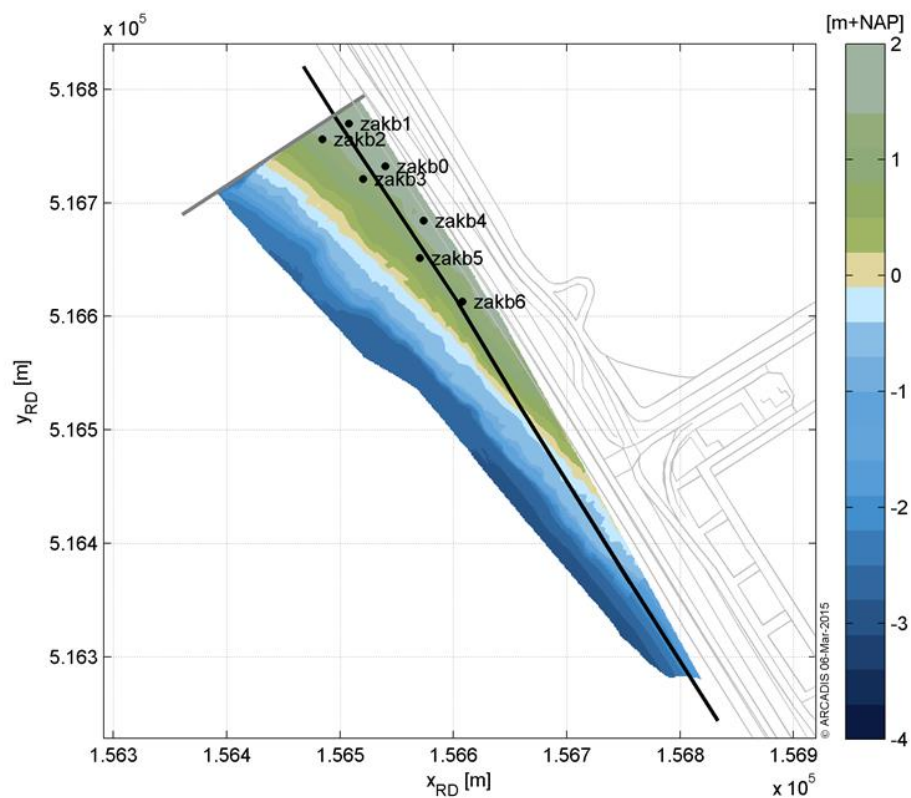
De resultaten van de nadere verwerking zijn onderdeel van lopende activiteiten (Arcadis, 2015c) en zullen onder andere moeten leiden tot nieuwe inzichten in de stabiele profielvorm (zie Hoofdstuk 2 in Annex I) alsmede een beschrijving van de morfologische veranderingen (zie Hoofdstuk 2 in Annex III).

De laatste resultaten zullen op een later tijdstip nog worden geïntegreerd in deze versie van de interim-rapportage.

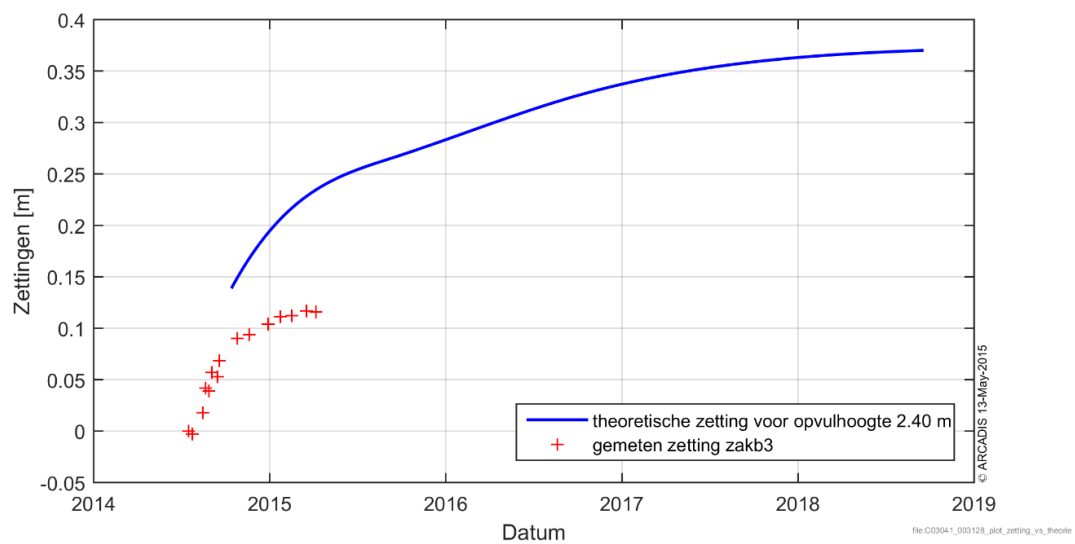
6.3 BASISRESULTATEN ZETTINGEN

Voor de resultaten van de eerste verwerking van de zettingsresultaten wordt vooralsnog verwezen naar de inhoud van het onderliggende werkdocument (Arcadis, 2015a).

Hierin in onder andere beschreven waar de zakbakens zijn geplaatst (zie Figuur 6.18) en wat de waargenomen zetting is vergeleken met het op voorhand verwachte zettingsverloop (zie Figuur 6.19).



Figuur 6.18 Overzicht positie van de zeven geplaatste zakbakens.



Figuur 6.19 Voorbeeld vergelijking waargenomen zetting en verwachte theoretische zetting voor zakbakens nr. 3.

7

Basisinfo sedimentkarakteristieken

7.1 INLEIDING

Zowel door Shore Monitoring als door Alterra zijn sedimentgegevens verzameld.

Voor meer informatie kan worden verwezen naar de huidige versie van de werkrapportage (Deltares/Alterra, 2015).

7.2 TE BEANTWOORDEN VRAAGSTUKKEN

Tijdens de uitvoering van de monitoringscampagne en de inrichting van de nadere analyses zijn een aantal vraagstukken gedefinieerd waar aandacht aan zou moeten worden besteed en waarvan de resultaten zouden moeten terugkomen in de voorliggende rapportage.

Algemeen

- Naar welke karakteristieke maten kijken we überhaupt (D50, steilheid curve D85-D15 of zo, percentage fijn, ...)
- Nu vooral zeefkrommen, maar vertaling naar karakteristieken levert voor vergelijkbaarheid mogelijk meer inzicht.

Aanvoer

- Wat is nu de karakteristieke gemiddelde diameter van het aangevoerde materiaal?
- Zitten hierin duidelijke outliers en levert analyse van een ander monster per aanvoerdag een ander resultaat op?
- Wat is het karakteristieke percentage fijn?
- Leidt de tijdsvariatie ook tot een plaatsvariatie in de korrelgrootte?

Talud

- Wat is de invloed van het anders bemonsteren?
- Hoe vergelijk je de taludmonsters met de aanvoermonsters?
- Wat is de gemiddelde D50 en het percentage fijn
- Hoe verhoudt zich dit ten opzichte van het aangevoerde materiaal
- Is de D50 vergelijkbaar (en zo nee, wat is daarvoor de verklaring)
- Is er sprake van een afname van het percentage fijn materiaal en wat betekent dit voor het aanlegverlies
- Is per zone sprake van een langsvariatie (en past dat in het beeld van de tijdsvariatie van de diameter bij de aanvoer)
- Wat is de dwarsvariantie (is al kort beschreven) en wat betekent dit en hoe komt dit?
- Welke rol speelt het al dan niet aanwezig zijn van holoceen materiaal

Onder water

- Is er sprake van een langsvariatie of is dwarsvariatie dominant.
- Wat is de afhankelijkheid van de diepte (niveau t.o.v. NAP?) als je de monsters van meerdere opnamen bekijkt ...
- Hoe verklaren we deze variaties?

Literatuur

- Alkyon. (2007). *Versterking Zwakke Schakel West Zeeusch-Vlaanderen; Achtergrondrapportage duinveiligheid en morfologie, samenvattend document*. Alkyon rapportage A1642, november 2007.
- Arcadis. (2011). *Versterking zwakke schakel Noord-Holland; Basisvariant veiligheid, onderdeel morfologie*. Rapportage C04021.002599/A2559, 28 maart 2011.
- Arcadis. (2015a). *Zettingen Pilot Houtribdijk*. Werkdocument 13 mei 2015.
- Arcadis. (2015b). *Modelverkenning*. Werkdocument versie 27 mei.
- Arcadis. (2015c). *Morfologische analyses*. Werkdocument versie 9 juli 2015.
- Arcadis/RHDHV. (2015). *Guideline aanleg*. Werkdocument (in voorbereiding), augustus 2015.
- Arcadis/RHDHV. (2015). *Guideline vergunningen*. Werkdocument (in voorbereiding), augustus 2015.
- Arcadis/RHDHV/HHNK. (2015a). *Oeverdijkrapportage deel 1 - veiligheidsontwerp*. Arcadis/HHNK-rapportage 15.0015935 d.d. 22 mei 2015.
- Arcadis/RHDHV/HHNK. (2015b). *Oeverdijkrapportage deel 2 - basisontwerp*. Arcadis/HHNK-rapportage 15.0015937 d.d. 21 mei 2015.
- Deltares/Alterra. (2015). *Voortgang monitoringsprogramma pilot Houtribdijk*. Werkdocument versie 16 juni 2015.
- EcoShape. (2013). *Projectplan pilotoplossing Houtribdijk; Ontwerp, uitvoering, monitoring en resultaten*. EcoShape, mei 2014 (definitief).
- EcoShape. (2014). *Pilot Voorlandoplossing Houtribdijk, Monitoringsprogramma*. Deltares/Alterra, Rapport 1209013-000-ZWS-0019, 12 november 2014, definitief.
- EcoShape. (2015a). *Pilot Voorlandoplossing Houtribdijk, Werkprogramma (update febr. 2015)*. Arcadis, Rapport C03041.003128.0100_078336593:A, Definitieve versie, 11 maart 2015.
- EcoShape. (2015b). *Pilot Voorlandoplossing Houtribdijk, Lessons Learned vergunningentraject*. C03041.0028.0100_072275948:A, Definitief 11 maart 2015.
- EcoShape. (2015c). *Pilot Voorlandoplossing Houtribdijk, Lessons Learned aanleg*. C03014.003128.0100_078276043:A, Definitief, 11 maart 2015.
- EcoShape. (2015d). *HPZ innovatieproject; Werkplan thema B. Versie juli 2015 (concept)*.
- HHNK. (2014). *VoorOntwerp ProjectPlan (VOPP) dijkversterking Markermeerdijken*.
- HKV. (2015). *Analyse hydrodynamica*. Werkdocument versie 8 juli 2015.
- Rijkswaterstaat. (2004). *Recept met uitgangspunten voor het bepalen van de ontwerprandvoorwaarden ten behoeve van de provinciale planstudies langs de Nederlandse kust*. Kennis Coördinatie Punt Zwakke Schakels, 31 augustus 2004.
- Shore Monitoring. (2015). *Veldrapportage monitoring pilot Houtribdijk*. Werkdocumenten #1 t/m #8; 8 april 2015 (laatste).

Annex I

NATUURLIJKE GEOMETRIE VAN VOORLAND- OPLOSSINGEN

1 Inleiding

1.1 ALGEMEEN

Dit rapport betreft het basisproduct voor het ontwerp van de waterkering en wordt in het werkplan omschreven als rapport I: Natuurlijke geometrie van voorlandoplossingen.

1.2 INHOUD CONFORM WERKPLAN

1.2.1 INLEIDING

In het werkplan staat beschreven wat de (oorspronkelijke) inhoud van dit onderdeel van de rapportage is. In het volgende is deze ter referentie opnieuw kort aangehaald.

In deze achtergrondrapportage wordt op basis van data-analyse en toepassing van numerieke modellen inzicht gegeven in:

- De natuurlijke helling van het voorland ter plaatse van de proefsectie en de mate waarin het morfologisch model XBEACH deze helling kan reproduceren (vraag 1);
- De mate waarin vegetatie een voorlandoplossing kan stabiliseren (vraag 2);
- De mate waarin de geometrie van het voorland als toegepast in de pilot ook geschikt is als veiligheidsontwerp voor andere locaties (vraag 3).

Het rapport wordt opgeleverd in 2018 met een tussenrapportage in het voorjaar van 2016 (zie ook Hoofdstuk 5 planning) en is bedoeld als achtergrondrapportage voor inhoudelijke eindgebruikers. De eerste resultaten en vervolg activiteiten worden besproken in de begeleidingsgroep (medio 2015).¹¹

1.2.2 NATUURLIJKE TALUD HELLING (VRAAG 1)

De pilot richt zich primair op de buitenzijde van een voorlandoplossing en wel op het kennis opdoen over de meest ideale helling van het hier aanwezige talud. Basisidee is dat hier idealiter sprake is van een zogenaamde evenwichtshelling (natuurlijke talud helling). Een dergelijke helling leidt tot een geleidelijke afname van de inkomende golfaanval, zonder dat deze gepaard gaat met een significante vervorming van het profiel. Dit laatste sluit aan bij de wens om het beheer en onderhoud van het voorland zoveel mogelijk te beperken.

De pilot zal dus inzicht moeten opleveren ten aanzien van het gebruik van het concept van een dergelijke evenwichtshelling voor deze locatie en de helling van het hiermee samenhangende talud.

¹¹ Deze terugkoppeling heeft inmiddels plaatsgevonden op 22 juni 2015.

Effect hydraulische condities

Met behulp van data beschikbaar uit het monitoringsprogramma wordt onderzocht op welke wijze de waargenomen buitentaludhelling op de pilotlocatie afhangt van de hydraulische condities en over welk deel van het profiel deze helling te verwachten is. Doel is om beter inzicht te krijgen in het afzonderlijke en gecombineerde effect van waterstand en golven op de natuurlijke helling.

Vraag daarbij is bijvoorbeeld of een natuurlijke taludhelling die behoort bij een extremere combinatie van waterstand (iets hogere waterstand) en golfaanval (iets zwaardere golfaanval) geometrisch gezien in het verlengde ligt van het talud dat hoort bij een normale combinatie van waterstand en golfaanval. De combinatie van beide is immers leidend voor de helling van het 'ontwerp-talud'.

Effect korreldiameter

Daarnaast zal (indien mogelijk) worden gekeken naar het effect van de (ruimtelijk) variërende korreldiameter op de proefsectie. Grover zand zal immers samengaan met een relatief steilere helling. Complicerend effect kan ook nog zijn dat er in dwarsrichting sprake is van verschillende korreldiameters, dit als gevolg van tijdens de aanleg en dagelijkse omstandigheden optredende uitzettingseffecten.

Effect zettingen

In de analyse van de profielgegevens zal tenslotte ook rekening worden gehouden met de effecten van de optredende zettingen. De waargenomen profielontwikkeling is immers een resultante van de zetting en morfologische ontwikkeling. De omvang van de opgetreden zetting volgt uit de zakbaken-informatie en hangt lokaal ten minste af van de omvang van de aanvulling en de dikte van de onderliggende weinig draagkrachtige laag. Dicht bij de dijk speelt ook de zetting-reducerende aanwezigheid van het dijkcunet een rol.

De input voor bovenstaande activiteiten betreffen monitoringsdata ten aanzien van de waterstanden, golfaanval, de meteo-data, de ingemeten profielen, de zettingsinformatie en sediment eigenschappen uit de bodemonmonsters.

Effect rijsmatconstructie

Op de grens van vak 3 en 4 van de proefsectie zijn rijsmatten aangelegd met de bedoeling om de groei van rietvegetatie te bevorderen. De rijsmatconstructie kan in deze zin als een middel worden gezien. Feit is echter ook dat de aanwezigheid van deze constructie (afhankelijk van de momentane staat ervan) lokaal effect zal hebben op de morfologische ontwikkeling en daarmee op een ter plaatse aanwezige profielvorm. Ook dit effect zal nader worden gekwantificeerd.

De hoofdaandacht gaat echter uit naar het bredere deel van het proefvak waar een dergelijke constructie afwezig is en de morfologische ontwikkeling meer natuurlijk en ongestoord is. Bij de analyses zal het effect van de vegetatie en de ondersteunende maatregel (het middel) aandacht krijgen. Ook zal worden gekeken worden naar de verschillen tussen wel/geen vegetatie en wel/geen rijsmatconstructies. In dit kader zal ook de effectiviteit van het aangebrachte windscherm worden beschouwd.

In de rapportage zullen de resultaten van de verschillende analyses worden beschreven.

1.2.3 VALIDATIE MORFOLOGISCH MODEL (VRAAG 1)

Met het morfologische model XBEACH wordt getracht de dynamiek in de natuurlijke talud helling en daarbij horende profielontwikkeling zo goed mogelijk te reproduceren. Met het gevalideerde model kan inzicht worden verkregen in het afzonderlijk effect van waterstand en golven op de natuurlijke taludhelling en profiel dynamiek. Ook kan aanvullend inzicht verkregen worden in het effect van de korreldiameter.

Doel is om modelinstellingen af te leiden waarmee het model het beste de profiel dynamiek uit de monitoring data kan reproduceren. Op basis van deze instelling (settings) kan het XBEACH-model vervolgens toegepast worden om het veiligheidsontwerp te definiëren en te optimaliseren. Ook kan deze worden gebruikt voor het definiëren van een concept toetsingsprotocol.

De input voor bovenstaande activiteiten betreffen monitoringsdata ten aanzien van de waterstanden, golfaanval, de meteo-data, de ingemeten profielen, de zettingsinformatie en sediment eigenschappen uit de bodemonmonsters. Voor de modellering van XBEACH zal gebruikt worden van de laatst beschikbare release versie van XBEACH (open source freeware).

1.2.4 STABILISEREN VOORLAND MET VEGETATIE (VRAAG 2)

In de pilot zijn uiteenlopende vakken gespecificeerd met verschillende bodemeigenschappen (wel of niet innemen klei in toplaag), type vegetatie en vegetatie dichtheden. Ook is er sprake van een zich in de tijd ontwikkelende vegetatie. Met behulp van de beschikbare data uit het monitoringsprogramma wordt een verband gelegd tussen de vegetatie eigenschappen (hoogte, stijfheid, dichtheid) en de stabiliteit van het voorland (morfodynamiek). Op basis van deze analyses wordt getracht beter inzicht te krijgen in het relatieve belang van enerzijds de golfremming door vegetatie en anderzijds de erosiebestendigheid van de bodem door de aanwezigheid van het wortelstelsel van de vegetatie.

In het kader van het monitoringsprogramma vinden er regelmatig vegetatieopnamen plaats.

De metingen in augustus zijn essentieel want ze geven aan wat er aan maximale biomassa op het talud staat. Dit is van invloed op de golfuitdoving die afhankelijk is van de hoeveelheid biomassa op het talud ten tijde van een 'storm'. Vegetatie op een voorland beïnvloedt in de inkomende golven waardoor de golfbelasting op het voorland en de daarmee samenhangende bodemverandering iets afneemt. Dat kan in theorie leiden tot een stabiel voorland.

Daarnaast kunnen wortels van de vegetatie de toplaag van het voorland extra cohesie geven waardoor het voorland (onder gelijke belasting) minder gevoelig voor erosie is (wat ook leidt tot een stabiel voorland). Ook hiervoor zijn de metingen in augustus essentieel omdat dan daarmee kan worden vastgesteld hoeveel productie er in een seizoen behaald kan worden (opbouw ondergrondse biomassa over de tijd) en wat de spreiding in biomassa is over het jaar. Ook kan in augustus worden bekeken wat voor een-jarigen er zijn (ruigtekruiden, soortsaanblijfsel (bijdrage aan meerwaarde biodiversiteit)) en zo kan worden gekeken in hoeverre die in de winter nog bijdragen aan de golfuitdoving (deze kruiden kunnen in de winter niet goed worden gedetermineerd).

Om beide effecten van elkaar te kunnen scheiden zal de data-analyse nader geanalyseerd worden met behulp van XBEACH-modellering.

De data uit de pilot zal tevens worden gebruikt om de settings voor verschillende type vegetatie in XBEACH af te leiden. Hierbij gaat het bijvoorbeeld om de drag-coëfficiënt en de effectieve hoogte van de vegetatie in het model in geval van flexibele vegetatie. Het model kan immers worden gebruikt om eerder benoemde effecten los van elkaar te onderzoeken.

Resultaat van deze uitwerkingen is een eerste uitspraak over de rol van vegetatie voor stabilisatie van het voorland.

1.2.5 OPTIMAAL GEOMETRISCH VEILIGHEIDSONTWERP (VRAAG 3)

Op basis van data-analyse in combinatie met morfologische modelering van de natuurlijke talud-helling en dynamiek daarin wordt enerzijds duidelijk in hoeverre voorlanden in grote meren zich morfologisch anders gedragen als de zandige kust. Anderzijds geeft het inzicht in de toepasbaarheid van morfologische modellen als XBEACH om deze dynamiek te voorspellen.

Ten behoeve van het ontwerp van een morfologisch optimale vormgeving speelt dit model als kennisdrager een belangrijke rol. Het aansturen van het model met andere condities geeft immers inzicht in welke voorlandprofielen voor andere locaties verwacht kunnen worden.

Optimale helling buitentalud

Het gevalideerde morfologische model XBEACH zal worden toegepast (met eerder afgeleide modelinstellingen) om op ook voor andere locaties/omstandigheden de natuurlijke profielvorm te kwantificeren. Streven is hierbij om een relatie te leggen tussen de karakteristieken van het hydraulische klimaat, het aanwezige korrelmateriaal en de taludhelling. Deze resultaten zullen beschikbaar komen in de vorm van ontwerpgrafieken waarin de ideale helling als functie van de omgevingsparameters wordt gevisualiseerd, dit expliciet rekening houdend met de hierbij aanwezige onzekerheden. Bij de hiervoor gebruikte XBEACH-modellering is immers sprake van onzekerheden omdat de waargenomen profielontwikkeling niet tot in detail kan worden gereproduceerd.

Deze uitwerking zal met name worden gebaseerd op de profielontwikkeling in het bredere gedeelte van de proefsectie (vak 1 en 2) waar de effecten van de rijmatconstructie afwezig zijn.

Optimaal veiligheidsontwerp

Daarnaast wordt op basis van XBEACH berekeningen voor normatieve omstandigheden het veiligheidsontwerp geoptimaliseerd door de geometrie (helling, breedte en hoogte) van het voorland te variëren. Voor deze uitwerking is het uitgangspunt dat het voorland een bepaalde mate van bescherming biedt voor de achterliggende dijk. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt tussen bijvoorbeeld een voorlandoplossing waarbij de dijk wordt ontzien en een oplossing waarbij de dijk nog wel (maar niet teveel) wordt belast. In dat laatste geval spreken we over een hybride oplossing.

Bij aanwezigheid van een voorland is de resterende golfaanval op de dijk een nette functie van de omvang van het voorland (en dus de geometrie). Bij toenemende omvang van het voorland neemt de effectieve belasting af van 'origineel' (zonder voorland of met beperkt volume), via 'voldoende' (voor het daadwerkelijk voldoende reduceren van de belasting bij een hybride oplossing) tot volledig (stand-alone zandige versterking voor de dijk).

Voor de uitwerking zal in eerste instantie de zelfstandige voorlandoplossing worden uitgewerkt. Dit betekent dat de profielverandering tijdens de normatieve condities niet mag leiden tot een belasting op de dijk. De 'afslag' van het voorland moet dus binnen het voorlandprofiel worden opgevangen.

Binnen de combinatie helling, breedte en hoogte zijn er meerdere 'oplossingen' mogelijk voor een voldoende robuust voorland. Een flauwere helling (en dus meer dissipatie van inkomende golfenergie) zal immers vragen om een minder brede kruin. Ook de hoogte van het voorland heeft een effect op deze breedte, waarbij een hoger voorland minder breedte zal vragen.

De betrouwbaarheid van de verkregen resultaten zal hierbij de nodige aandacht krijgen. Het gaat immers om een extrapolatie van modelresultaten buiten het validatie-gebied. Speciale aandacht zal daarbij moeten uitgaan naar de situatie waarbij het kruinniveau van het voorland slechts beperkt hoger ligt dan de maatgevende waterstand omdat ervaringen leren dat dit model-technisch lastig kan zijn (golfploop op de bovenzijde).

Deze exercitie leidt tot een inzicht in de mogelijke en optimale geometrie voor een voorlandoplossing. Het resultaat hiervan zal worden gevisualiseerd in de vorm van ontwerpgrafieken.

Soortgelijke uitwerkingen zijn ook voorzien voor het geval dat de achterliggende dijk wel een waterkerende functie heeft. In dat geval is de resterende golfaanval op de dijk het maatgevende criterium.

De minimaal benodigde input data voor bovenstaande analyses betreffen hydraulische condities, materiaal eigenschappen van het voorland en globale bodemligging. Daarnaast zijn de normatieve hydraulische condities vereist. De resultaten van deze uitwerking zullen worden gebruikt voor de formulering van ontwerp-guidelines.

1.3 HUIDIGE STAND VAN ZAKEN

Nog toe te voegen.

2

Natuurlijke taludhelling

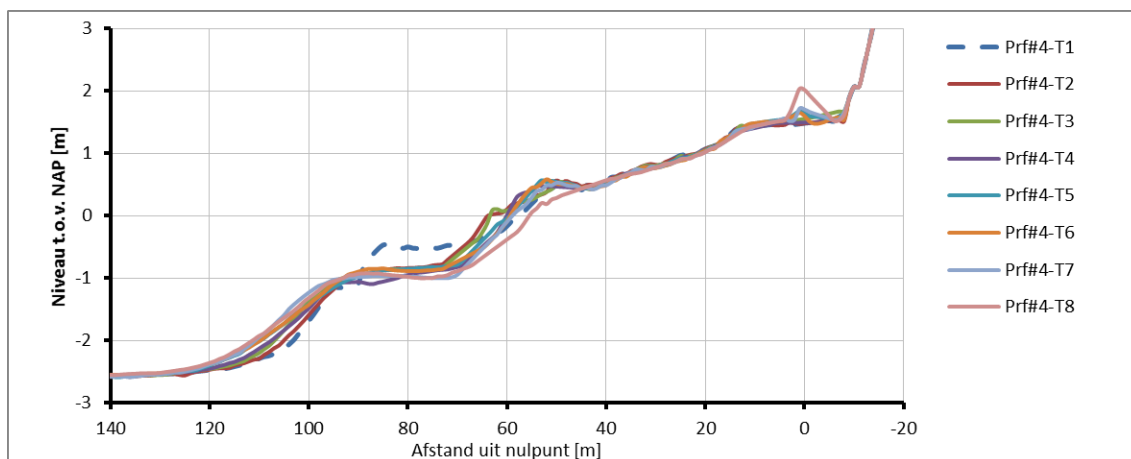
2.1 ALGEMEEN

Dit hoofdstuk is in de huidige versie van de rapportage nog niet ingevuld.

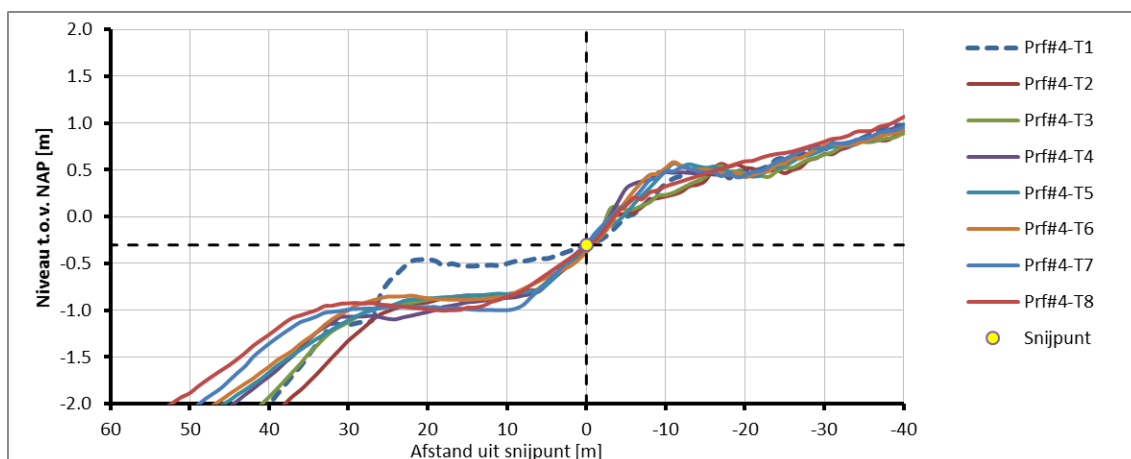
Voor meer informatie kan worden verwezen naar de vigerende versie van de werkrapportage (Arcadis, 2015c).

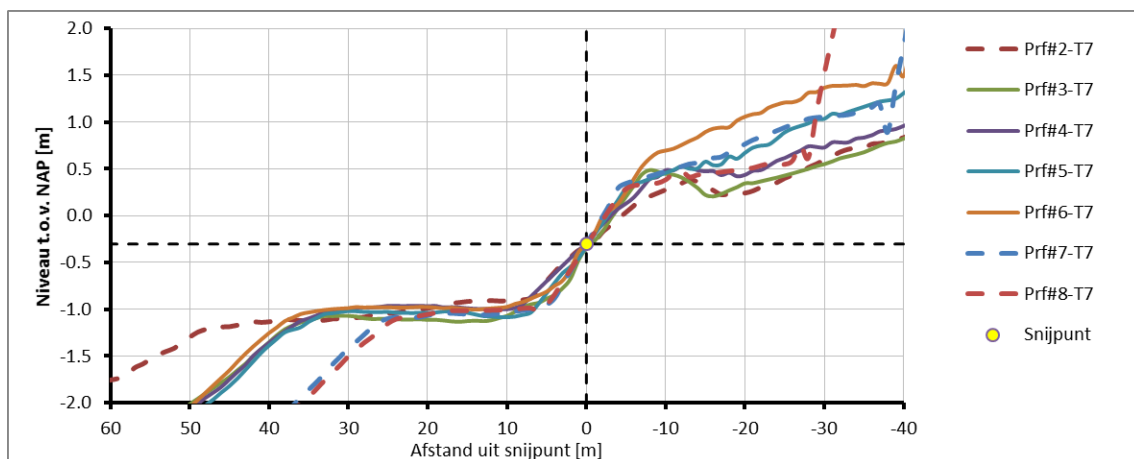
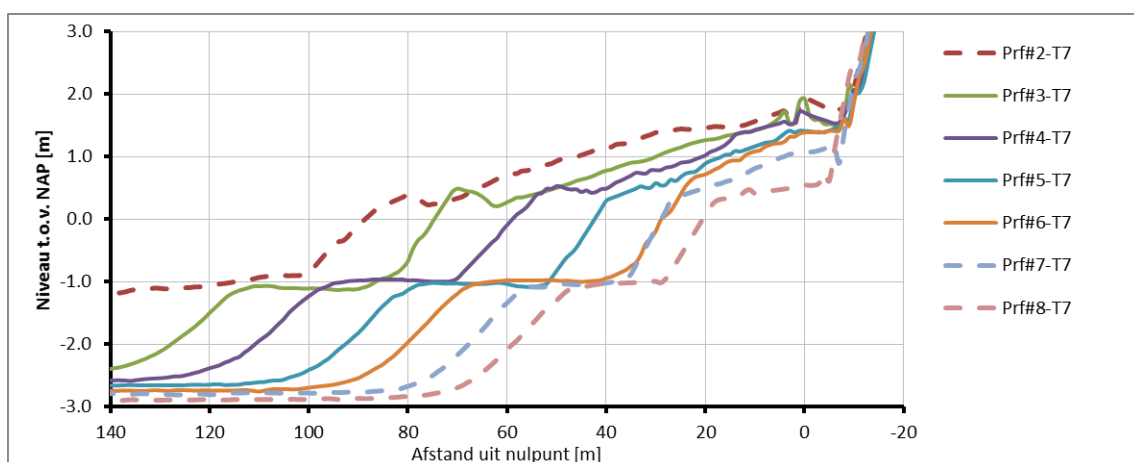
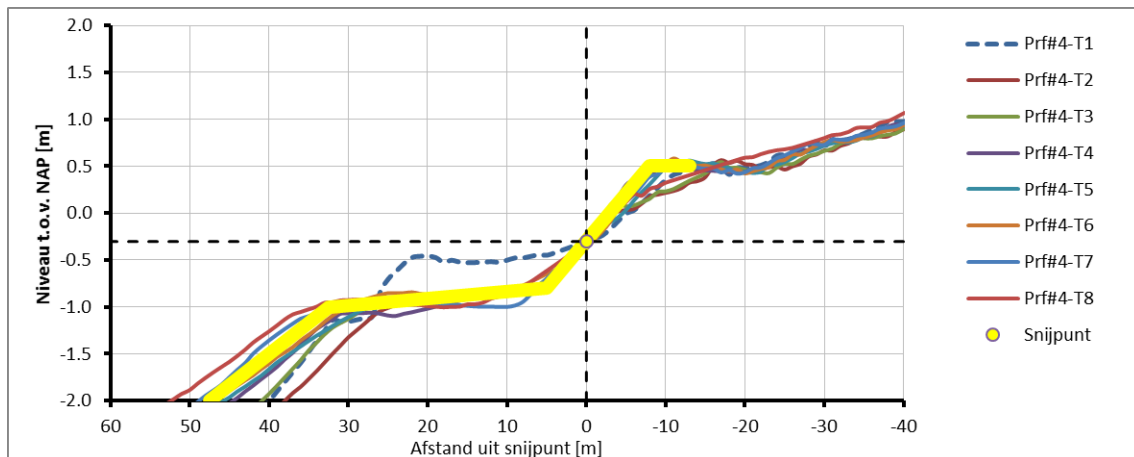
2.2 VERKENNING STABIELE VORM

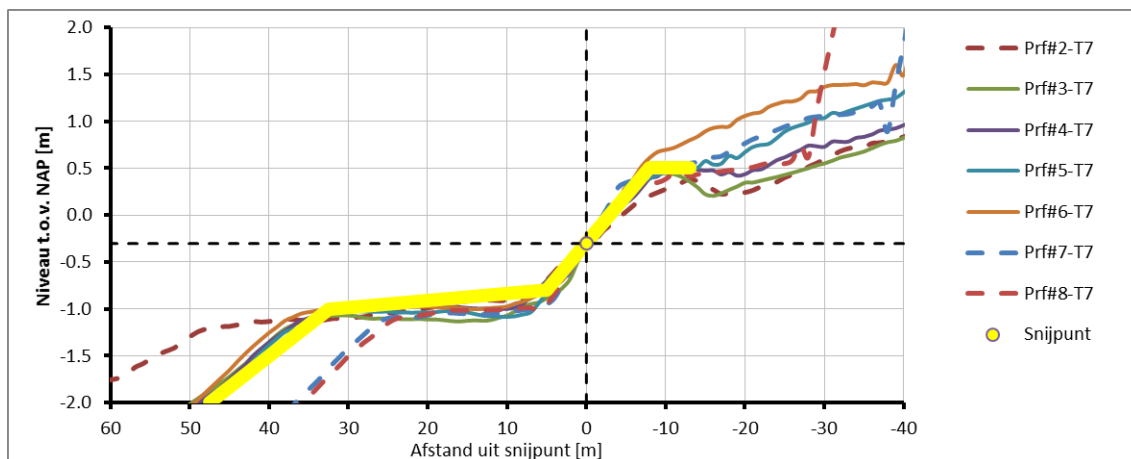
In de huidige versie van de rapportage zijn alleen een aantal karakteristieke figuren toegevoegd.



Figuur I-2.1 Vergelijkbaarheid dwarsprofielen.







Conclusie:

- Er ontstaat al vrij snel een min of meer stabiel profiel
- Steil talud (1 : 10) rond de waterlijn;
- Swash-berm met kruin rond NAP+0,5 m;
- Voorliggende plateau relatief vlak;
- Is (waarschijnlijk) effect van grover zand.

2.3 EFFECT HYDRAULISCHE CONDITIES

....

2.4 EFFECT KORRELDIAMETER

...

2.5 EFFECT ZETTINGEN

...

2.6 EFFECT CONSTRUCTIES (DAMWAND, RIJSMAT, BESCHERMINGSCONSTRUCTIE)

...

3

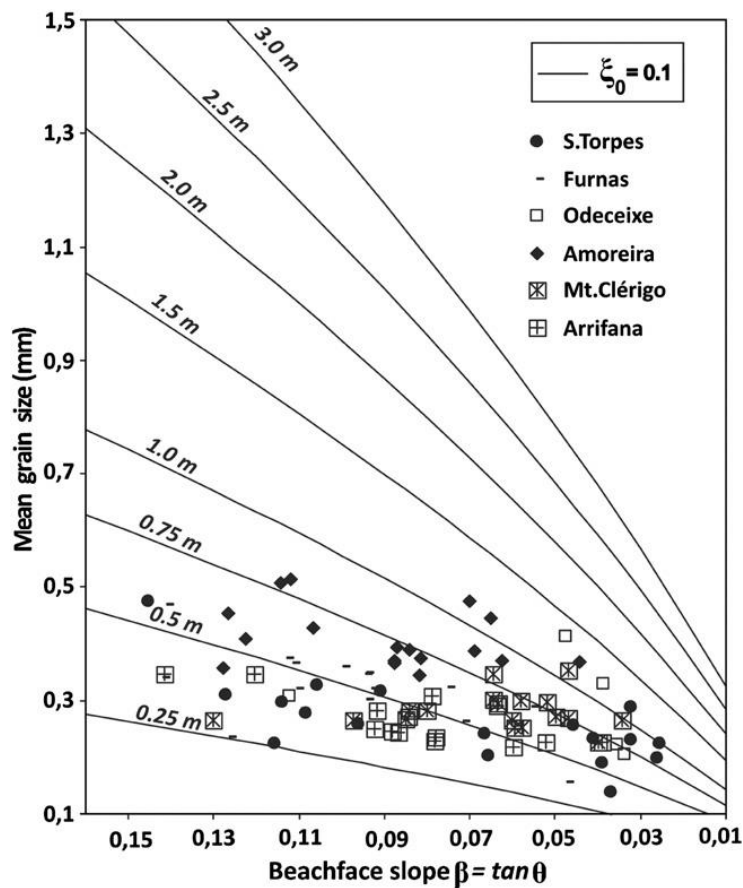
Validatie morfologisch model

3.1 INLEIDING

Ten aanzien van dit onderwerp is onderzocht in hoeverre het voor het ontwerp en toetsing in te zetten morfologische model in staat is om de waargenomen profielontwikkelingen te simuleren. Cruciaal daarbij lijkt de aanwezigheid van relatief grof materiaal. Ook infiltratie van de golfplooptong zou hierbij van belang kunnen zijn.

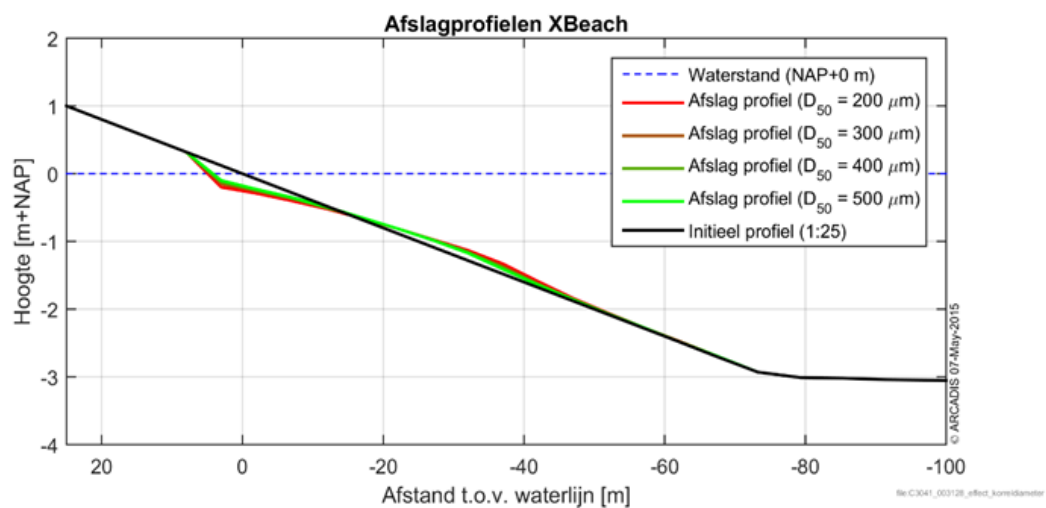
3.2 AFHANKELIJKHEID KORRELDIAMETER

Het ontwerp (met de 1 : 30 helling) is gebaseerd op het gebruik van sediment met een karakteristieke diameter van 200 μm . Het aanwezige zand is echter veel grover (300 tot 400 μm). Ook op basis van literatuurgegevens (zie bijvoorbeeld Figuur I - 3.1) leidt dit grovere materiaal tot een veel steilere profielhelling bij de waterlijn.



Figuur I - 3.1 Relatie tussen helling en korreldiameter (Ref...).

De huidige versie van het XBEACH-model geeft geen direct bruikbare resultaten (zie Figuur I - 3.2).



Figuur I - 3.2 Afhankelijkheid profielontwikkeling van korreldiameter voor XBEACH.

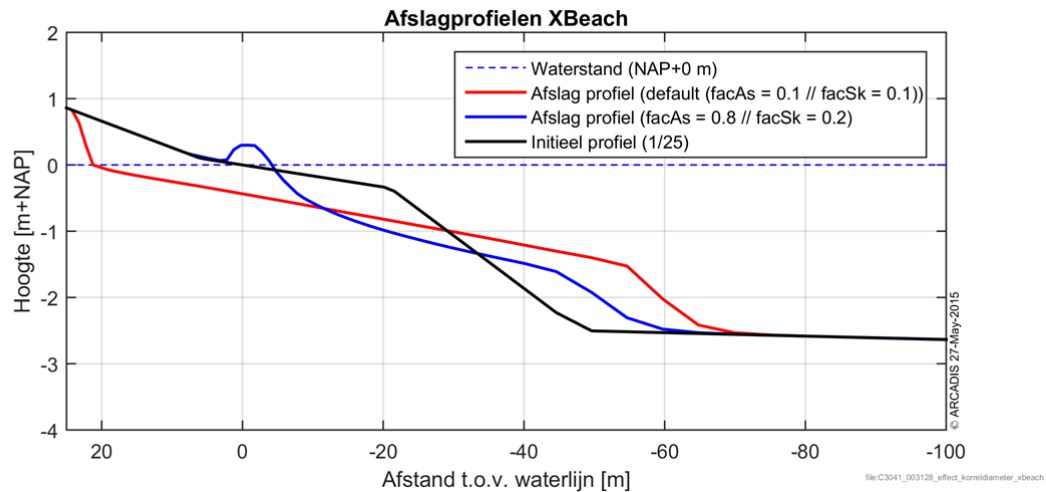
Voorlopige conclusies:

- Grover zand levert slechts een reductie van de profielvervorming
- Er ontstaat geen wash-berm

3.3 UPGRADE XBeach MODEL

Het effect van de korreldiameter moet beter worden gemodelleerd.

Hiervoor zou de asymmetrie-factor kunnen worden gebruikt, maar een aanpassing van de interne formuleringen van het model lijkt een veel betere oplossing te zijn.



Figuur I - 3.3 Resultaat eerste verkenning effect aangepaste asymmetrie-factor op profielontwikkeling.

6

Aanvullende producten

6.1 GUIDELINE ONTWERP VAN VOORLANDOPLOSSINGEN (ZIE BIJLAGE 1)

De guideline voor het ontwerp van voorlandoplossingen is als separaat product van deze pilot opgenomen in Bijlage 1 (zie pagina 145) van deze rapportage.

Inhoud conform werkplan

Op basis van de inzichten uit rapport I worden guidelines voor het ontwerp van een voorland afgeleid. Dit product beschrijft de wijze waarop voor een specifieke locatie een veiligheidsontwerp voor een voorland kan worden gedefinieerd. Daarbij zal ook aandacht worden gegeven aan de rol van de achterliggende dijk bij het ontwerp van de (eventueel hybride) waterkering.

De guideline zal bestaand uit ontwerpgrafieken waarin afhankelijk van de hydraulische belasting (normaal en extreem), het aanwezige materiaal (korreldiameter) en de nog toelaatbare golfaanval op de achterliggende dijk het bereik van de optimale combinaties van hellingen, hoogtes en breedtes worden gepresenteerd. De nog toelaatbare golfaanval op de dijk zegt iets over de mate waarin de achterliggende dijk bijdraagt aan de veiligheidsoplossing.

Deze guidelines kunnen door eindgebruikers (consultants, aannemers, overheid) gebruikt worden om voorlandoplossing te ontwerpen dan wel te evalueren. Deze guidelines zullen qua niveau van uitwerking vergelijkbaar zijn met de zogenaamde EDD-guidelines.

Annex II

AANLEG VAN VOORLAND- OPLOSSINGEN

1 Inleiding

1.1 ALGEMEEN

Dit rapport betreft het basisproduct voor de aanleg-gerelateerde informatie en wordt in het werkplan omschreven als rapport II: Aanleg van een voorlandoplossing.

1.2 INHOUD RAPPORTAGE CONFORM WERKPLAN

1.2.1 INLEIDING

In het werkplan staat beschreven wat de (oorspronkelijke) inhoud van dit onderdeel van de rapportage is. In het volgende is deze opnieuw kort aangehaald.

In deze achtergrondrapportage wordt op basis opgedane ervaringen en data-analyse verslag gedaan van het inzicht in:

- Het voor de aanleg van een voorland te doorlopen vergunningen-traject (vraag 4);
- De efficiënte aanleg van een voorlandtalud (vraag 5);
- Het gebruik van een mengsel van zand en holocene materiaal voor de kern van een voorlandoplossing (vraag 6);
- In hoeverre vegetatie op een voorland snel kan worden gerealiseerd (vraag 7).

1.2.2 ERVARING VERGUNNINGENTRAJECT (VRAAG 4)

Binnen deze taak zullen de tijdens de voorbereiding van de pilot met betrekking tot het vergunningen-traject opgedane ervaringen worden vastgelegd. Daarbij zal onder andere worden ingegaan op de wijze waarop de in een Natura2000-gebied benodigde vergunningen toch relatief snel konden worden verkregen.

Deze ervaringen zullen worden aangevuld met informatie die is ontleend aan een aantal interviews met de bij deze procedures betrokken partijen/personen. Het op een rij zetten van deze ervaringen is toeleverend aan de vraag hoe een waterkeringbeheerder het vergunningentraject van een grootschalige versterking het best kan inrichten.

Naast het opleveren van de 'lessons-learned' van het voor de aanleg van de proefsectie doorlopen vergunningenproces, is de volgende stap de procedures voor een toekomstig vergunningen traject ten behoeve van een meer grootschaliger voorlandoplossing (voor bijvoorbeeld een groot deel van de Houtribdijk) in kaart te brengen.

De resultaten hiervan zullen worden opgenomen in de guideline vergunningen.

1.2.3 ERVARING AANLEG PROEFSECTIE (VRAAG 5)

Dit product heeft betrekking op de tijdens de aanleg van de zandaanvulling opgedane ervaringen. Onderdeel hiervan is ook de analyse van de opgetreden zettingen en de opgetreden verliezen en de mate waarin de in detail ontworpen geometrie daadwerkelijk is gerealiseerd.

Ten aanzien van de zettingen is het bijvoorbeeld de vraag op welke wijze de compensatie voor de verwachte zettingen het best in het ontwerp kan worden meegenomen. Bij de aanleg is er voor gekozen om het te realiseren aanlegprofiel op een iets hoger niveau te leggen, zonder rekening te houden met de tijdens de aanleg zelf optredende zettingen.

Ten aanzien van de opgetreden verliezen doet zich de vraag voor uit welke componenten deze verliezen bestaan (pakkingsverschillen, uitspoeling fijn materiaal, windverliezen, zetting tijdens de aanleg, ...).

Ook een belangrijke vraag is of het geforceerd aanleggen van een bepaald profiel nodig is (of dat het gewoon vanzelf ontstaat) en/of wat er gebeurt als het onderwaterprofiel initieel veel te steil wordt aangelegd.

Voor deze uitwerking zal gebruik worden gemaakt van de ervaringen zoals deze zijn opgedaan in het kader van WP2, aangevuld met de resultaten van een aantal met de aannemerscombinatie te houden interviews. Voor de verdiepende morfologische analyse zal gebruik worden gemaakt van de tijdens de aanlegfase ingewonnen profielgegevens en zettingen alsmede de eerste monitoringsgegevens van na de oplevering.

Dit resultaat zal worden opgeleverd in de vorm van een rapportage, waarin een overzicht is gegeven van de aandachtspunten die bij de aanleg van een voorlandoplossing spelen en de relatie tussen het ontwerp en de (gerealiseerde of te realiseren) aanleg. Een eerste bijdrage hieraan is reeds beschikbaar in de vorm van een interne rapportage van de aannemerscombinatie aan EcoShape.

De oplevering van deze rapportage is voorzien in het vroege voorjaar van 2015.

1.2.4 GEBRUIK ANDER KERNMATERIAAL (VRAAG 6)

Een van de initieel geformuleerde onderzoeksvragen heeft betrekking op het gebruik van de holocene top laag als kernmateriaal. Achterliggend idee was dat door de inzet van relatief goedkoper te verkrijgen materiaal (holocene top laag die sowieso zou moeten worden verwijderd alvorens het onderliggende zandpakket kan worden aangeboord) er netto sprake zou zijn van een reductie van de gemiddelde prijs per m³ aanlegmateriaal.

Bij de aanleg van de proefsectie bleek dit niet opportuun door gebrek aan zowel ruimte als tijd. Voor een efficiënte inzet van ander materiaal zou het tenminste moeten gaan om veel grotere hoeveelheden en bovendien vraagt het kwalitatief mindere materiaal om extra consolidatietijd.

Denkbaar is dat dit wel tot de mogelijkheden behoort bij een meer grootschaliger voorlandversterking. Dit onderwerp komt dus weer terug binnen de guideline aanleg (zie Paragraaf 6.1 en Bijlage 5).

Dit vereist een nadere analyse waarbij moet worden gekeken naar de schaal van de oplossing, de materiaaleigenschappen en oorsprong (welke winlocaties), alsmede de mogelijke werkmethoden.

Duidelijk is dat hier een directe relatie ligt met andere in het Markermeer en IJsselmeer lopende en komende projecten. Uitwisseling van kennis speelt hier dus een belangrijke rol. In dit verband er ook gezocht naar mogelijkheden om de opgedane kennis en inzichten interactief te delen met de gerelateerde projecten.

1.2.5 INITIATIE VAN VEGETATIE (VRAAG 7)

Doel van deze taak is het vastleggen van de tijdens het aanbrengen van de vegetatie opgedane ervaringen. Deze zijn immers van belang voor toekomstige voorlandversterkingen. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de ervaringen zoals deze zijn opgedaan in het kader van WP2 ten aanzien van het aanbrengen van de holocene topplaag en de rijsmatten, aangevuld met de resultaten van een aantal interviews met de hierbij betrokken personen.

Duidelijk mag zijn dat niet alleen het aanbrengen van de vegetatie van belang is maar nog meer hoe de vegetatie vervolgens aanslaat. De aard en omvang (hoeveel per m²) van de vegetatie in combinatie met het niveau boven de waterlijn waar deze is aangebracht zal immers van invloed zijn op de ontwikkeling. Binnen WP3 wordt de ontwikkeling van de vegetatie gemonitord als functie van verschillende vegetatie initiatie methodieken (niks doen, zaaien, planten, planten op rijsmatten). Een nadere analyse van deze data kan deze ervaringen mogelijk beter onderbouwen.

Doel van de verschillende uitwerkingen is het conceptueel modelleren/beschrijven van de (van de standplaatsfactoren afhankelijke) groei van de vegetatie en de daarmee samenhangende effecten op de effecten van deze vegetatie. Uitdaging is om gegeven de gekozen vegetatie een voorspelling te doen en deze later bij te stellen aan de hand van de waargenomen ontwikkelingen. Het bijgestelde voorspelmodel speelt ook een rol in de beschouwingen over de beheer- en onderzoeksfase.

Dit resultaat zal ook separaat worden opgeleverd in de vorm van een interim-rapportage. Een eerste bijdrage hieraan is (voor wat betreft de aanleg van de rijsmatten) beschikbaar in de vorm van een interne rapportage van de aannemerscombinatie aan EcoShape. Een update van deze informatie is voorzien medio 2015 op het moment dat ook de overige vegetatie is aangebracht en medio 2016 als ook helder wordt hoe de aangebrachte vegetatie zich heeft ontwikkeld.

1.3 HUIDIGE STAND VAN ZAKEN

Naast de separaat te ontwikkelen guidelines heeft deze rapportage dus betrekking op een verhandeling over de mogelijkheden tot het gebruik van afwijkend kernmateriaal voor de aanleg van een voorland (Hoofdstuk 2) en de mogelijkheden tot het realiseren van vegetatie (Hoofdstuk 3).

Op dit moment wordt specifiek ervaring opgedaan over het initiëren van vegetatie. De resultaten hiervan komen terug in de door Deltares/Alterra opgestelde werkrapportage (Deltares/Alterra, 2015) en zullen in een later stadium worden opgewaardeerd tot een aantal bevindingen en aanbevelingen in deze rapportage.

Daarbij zal gebruik worden gemaakt van de reeds vastgelegde ervaringen aangevuld met een overzicht van alle regionale, relevante vergunningen en met een op basis van interviews verkregen visie op de vergunningsproblematiek. Op deze wijze worden ook inzichten verkregen in hoeverre eerdere ervaringen representatief zijn voor bijvoorbeeld het project Houtribdijk of ander potentiële voorlandprojecten nabij de grote meren.

Ook zal aandacht worden besteed aan na realisatie relevante vergunningen en voorschriften. Deze kunnen immers een groot effect hebben op het beheer en onderhoud van een dergelijk type waterkering.

Huidige status

Dit product is nog in ontwikkeling.

4.3 LESSONS-LEARNED AANLEG (ZIE BIJLAGE 4)

De tijdens de aanleg van de zandaanvulling opgedane ervaringen zijn als separaat product van deze pilot opgenomen in Bijlage 4 (zie pagina 151) van deze rapportage.

Inhoud rapportage conform werkplan

Dit product heeft betrekking op de tijdens de aanleg van de zandaanvulling opgedane ervaringen.

Onderdeel hiervan is ook de analyse van de opgetreden zettingen en de opgetreden verliezen en de mate waarin de in detail ontworpen geometrie daadwerkelijk is gerealiseerd.

Ten aanzien van de zettingen is het bijvoorbeeld de vraag op welke wijze de compensatie voor de verwachte zettingen het best in het ontwerp kan worden meegenomen. Bij de aanleg is er voor gekozen om het te realiseren aanlegprofiel op een iets hoger niveau te leggen, zonder rekening te houden met de tijdens de aanleg zelf optredende zettingen.

Ten aanzien van de opgetreden verliezen doet zich de vraag voor uit welke componenten deze verliezen bestaan (pakkingsverschillen, uitspoeling fijn materiaal, windverliezen, zetting tijdens de aanleg, ...).

Ook een belangrijke vraag is of het geforceerd aanleggen van een bepaald profiel nodig is (of dat het gewoon vanzelf ontstaat) en/of wat er gebeurt als het onderwaterprofiel initieel veel te steil wordt aangelegd.

Voor deze uitwerking zal gebruik worden gemaakt van de ervaringen zoals deze zijn opgedaan in het kader van WP2, aangevuld met de resultaten van een aantal met de aannemerscombinatie te houden interviews. Voor de verdiepende morfologische analyse zal gebruik worden gemaakt van de tijdens de aanlegfase ingewonnen profielgegevens en zettingen alsmede de eerste monitoringsgegevens van na de oplevering.

Dit resultaat zal worden opgeleverd in de vorm van een rapportage, waarin een overzicht is gegeven van de aandachtspunten die bij de aanleg van een voorlandoplossing spelen en de relatie tussen het ontwerp en de (gerealiseerde of te realiseren) aanleg. Een eerste bijdrage hieraan is reeds beschikbaar in de vorm van een interne rapportage van de aannemerscombinatie aan EcoShape.

Huidige status

Dit product is inmiddels afgerond.

4.4 GUIDE-LINE AANLEG (ZIE BIJLAGE 5)

Richtlijnen voor de wijze waarop grootschalige voorlandoplossingen kunnen worden aangelegd zijn als separaat product van deze pilot opgenomen in Bijlage 5 (zie pagina 153) van deze rapportage.

Inhoud rapportage conform werkplan

Dit product heeft betrekking op een guideline waarin wordt beschreven op welke wijze een grootschaliger voorlandoplossing zo adequaat mogelijk kan worden aangelegd en wat daarbij de meest kosteneffectieve uitvoeringsmethodieken zijn. Op basis van interviews met de aannemerscombinatie zal een inventarisatie worden gemaakt van mogelijke uitvoeringstechnieken. Hierbij zal ook rekening worden gehouden met de opschalingseffecten. Afhankelijk van de omvang van het werk zullen andere uitvoeringsmethoden immers haalbaarder worden.

De oplevering van de definitieve versie van deze guideline is voorzien in 2016 om zo de mogelijkheid te bieden dat het versterkingsproject Houtribdijk hier optimaal gebruik van kan maken. Een interim-versie is medio 2015 gepland. In deze interim-versie zal de vegetatie echter nog niet kunnen worden behandeld.

Huidige status

Dit product is nog in ontwikkeling.

Annex III

BEHEER EN ONDERHOUD VAN VOORLAND- OPLOSSINGEN

1 Inleiding

1.1 ALGEMEEN

Dit rapport betreft het basisproduct voor de beheer en onderhoud -gerelateerde informatie en wordt in het werkplan omschreven als rapport III: Basisinformatie beheer en onderhoud.

1.2 INHOUD RAPPORTAGE CONFORM WERKPLAN

1.2.1 INLEIDING

In het werkplan staat beschreven wat de (oorspronkelijke) inhoud van dit onderdeel van de rapportage is. In het volgende is deze opnieuw kort aangehaald.

In deze achtergrondrapportage wordt op basis opgedane ervaringen en data-analyse verslag gedaan van het inzicht in:

- De ontwikkeling van de morfologie (vraag 8);
- De effecten van structurele verliezen.
- De ontwikkeling van de vegetatie (vraag 9);

Omdat er ten aanzien van beheer- en onderhoud in willekeurige versterkingsprojecten een veelheid aan aspecten van belang is, is er voor gekozen om een van de cruciale parameters van een nadere verdieping te voorzien, namelijk het effect van een structureel verlies van materiaal door de aanwezigheid van een gradiënt in het langstransport. Deze is op voorhand niet als onderzoeksvraag geformuleerd, maar verdient wel aandacht met de doorkijk naar grootschaligere toepassing van voorlandoplossingen.

1.2.2 ONTWIKKELING MORFOLOGIE (VRAAG 8)

Binnen deze taak worden de eventuele trends en fluctuaties in de morfologische ontwikkeling van de proefsectie geanalyseerd en beschreven. Een significante trend zal hierbij waarschijnlijk ontbreken als gevolg van het afwezig zijn van een (netto) gradiënt in het langstransport. In dit kader zal ook worden gekeken naar de effecten van windtransport en de hiermee samenhangende morfologische veranderingen.

In de analyse zal gebruik worden gemaakt van de meetgegevens aangaande de morfologie en sedimentologie. Ook de profielverandering ter plaatse van het stuifscherm is hierbij van belang. Deze levert immers informatie over de omvang van het windtransport.

Ook de camera-beelden spelen hierbij een rol. Daarbij moet worden opgemerkt dat de camera's er in eerste instantie zijn geplaatst om de proefsectie in de gaten te houden. Dit heeft zijn meerwaarde al opgeleverd omdat we nu weten als er ongenode gasten op de site zijn (kitesurfers, ganzen) die potentieel schade

kunnen veroorzaken waar we anders geen weet van hebben. Ook effecten van stormschade en kruierend ijs kunnen zo worden bekeken zonder dat er een daadwerkelijk veldbezoek voor nodig is. De analyse van de morfologische ontwikkeling via deze beelden gebeurt vooralsnog kwalitatief. Combinatie met de resultaten van de monitoring (inmetingen) geeft naar verwachting voldoende inzicht in deze ontwikkeling. Mocht uit de eerste analyses echter volgen dat er significante witte vlekken resteren, dan kan overwogen worden om de camerabeelden (achteraf) ook meer kwantitatief te verwerken. De beslissing hierover komt aan de orde bij de jaarlijkse update van het monitoringsprogramma.

1.2.3 VERKENNING LANGSTRANSPOORT-PROBLEMATIEK

Voor met name het onderhoud van een voorland zijn de morfologische ontwikkelingen op korte maar met name langere termijn van groot belang.

De pilot levert echter slechts inzicht in de morfologische ontwikkelingen binnen een min of meer stabiele proefsectie. Door de gekozen configuratie van de proefsectie (loodrecht op invalshoek van de jaargemiddelde golfenergieflux) is immers geen sprake is van een structureel verlies van materiaal in langsrichting. Met andere woorden: de zogenaamde langstransportgradiënt ontbreekt hier.

Voor beheer en onderhoud van andere voorlanden (op andere locaties) kan dit type verlies echter essentieel zijn. In het streven om een generieke guideline te maken voor beheer en onderhoud is hier dan ook sprake is van een witte vlek.

Binnen deze taak zal getracht worden deze witte vlek op te lossen door het uitvoeren van berekeningen met behulp van het XBEACH-model, dit in combinatie met het analyseren van de meer grootschalige ontwikkeling (draaiing) van de proefsectie onder invloed van incidenteel schuin invallende golven. Deze informatie zal worden gebruikt ter kalibratie van de langstransportcomponent van het rekenmodel. Met dit afgeregeld model kan vervolgens een meer realistische schatting worden gegeven van de grootte van het langstransport als functie van bijvoorbeeld de hoek van golfaanval en de aanwezigheid van een bepaalde netto langsstroom. Ook kan op deze wijze het netto langstransport worden gekoppeld aan een lokaal golfklimaat.

Een dergelijke uitwerking is met name van belang voor het versterkingsproject Houtribdijk. Dit is dan ook de reden dat deze activiteit is toegevoegd aan het oorspronkelijk voorziene werkprogramma.

1.2.4 LESSONS-LEARNED ONTWIKKELING VEGETATIE (VRAAG 9)

Binnen deze taak worden de eventuele trend en fluctuaties in de ontwikkeling van de vegetatie op de proefsectie beschreven. Feitelijk weten we nog niet wat ons de komende vier jaar te wachten staat. Mogelijk dat beheer (het opnieuw inplanten of verwijderen van te veel (ongewenste) vegetatie, herprofilering, etc.) wel nodig is. De voorkeur gaat echter uit naar het niet ingrijpen omdat dat het meest representatieve en neutrale resultaat geeft. Ingrijpen willen en kunnen we dus niet uitsluiten.¹² Uit deze analyse moet volgen welke soort vegetatie waar in het dwarsprofiel (niveau t.o.v. waterlijn) onder welke condities (bodemsamenstelling) het best voldoet en wat de verwachte 'evenwichts-omvang' van de vegetatie dan is. Deze laatste is weer afhankelijk van het soort vegetatie.

¹² Het al dan niet actief helpen van de vegetatie blijft afhankelijk van de ontwikkeling ervan dus een punt van aandacht. Mogelijk dat er nog beheerstechnieken als onderdeel van de pilot in samenwerking met beheerders kunnen worden meegenomen.

Ook is inzicht gekregen in de effecten van (ongewenste) begrazing door bijvoorbeeld ganzen op de vegetatie-ontwikkeling. Niet uitgesloten is dat ook het effect van eolisch transport een rol speelt bij de ontwikkeling van vegetatie.¹³

Mogelijk moet hier de waargenomen ontwikkeling van de vegetatie worden geëxtrapoleerd. Extrapolatie op de langere termijn zal worden gedaan door te kijken naar de daadwerkelijke ontwikkeling in de komende vier jaar en te zien in hoeverre de verschillende aanlegstrategieën hierop van invloed zijn. Voor het in kaart brengen van deze ontwikkelingen zal gebruik worden gemaakt van zogenaamde standplaatsfactoren.

Dit geeft informatie die belangrijk is voor de aanleg elders (heeft het zin om vegetatie bij de aanleg te stimuleren?) en geeft ook een doorkijk naar de te verwachte vegetatie op langere termijn, aan de hand van expert inschattingen en data van andere locaties. Hiervoor is het noodzakelijk om jaarlijks te monitoren. Deze laatste stap is nodig voor het invullen van het benodigde beheer en de hiermee samenhangende kosten alsmede de natuur-waardering (baten).

Voor deze uitwerking zal gebruik worden gemaakt van de meetgegevens aangaande de vegetatie inclusief de uit de camerabeelden afgeleide kwalitatieve informatie.

1.3 HUIDIGE STAND VAN ZAKEN

De aandacht gaat op dit moment uit naar de analyse van de morfologisch ontwikkelingen. Daarbij wordt voortgebouwd op de resultaten van de in het hoofdrapport (Paragraaf 6.2.3) beschreven basisanalyses. De resultaten hiervan zullen worden vastgelegd in Hoofdstuk 2 van dit rapportagedeel. Het daarop aansluitende hoofdstuk gaat in op de langstransporten.

Op dit moment wordt specifiek ervaring opgedaan over de ontwikkeling van de vegetatie. De resultaten hiervan komen terug in de door Deltares/Alterra opgestelde werkrapportage (Deltares/Alterra, 2015) en zullen in een later stadium worden opgewaardeerd tot een aantal bevindingen en aanbevelingen in Hoofdstuk 4 van dit rapportagedeel.

¹³ Op dit moment zien we al dat een deel van de rijsmatten als zand-invang fungeert (en er daardoor minder vegetatie-ontwikkeling is) ook is er sprake van een profielontwikkeling bij het windscherm.

2

Morfologische ontwikkelingen

2.1 INLEIDING

Uit de basisanalyse volgt al dat de morfologische ontwikkeling van de proefsectie een combinatie is van langs- en de dwarstransport door golven en stroom, transport door wind het effect van de zetting van de ondergrond.

Voor de eerste twee processen speelt ook de interactie met de aanwezige constructies een rol.

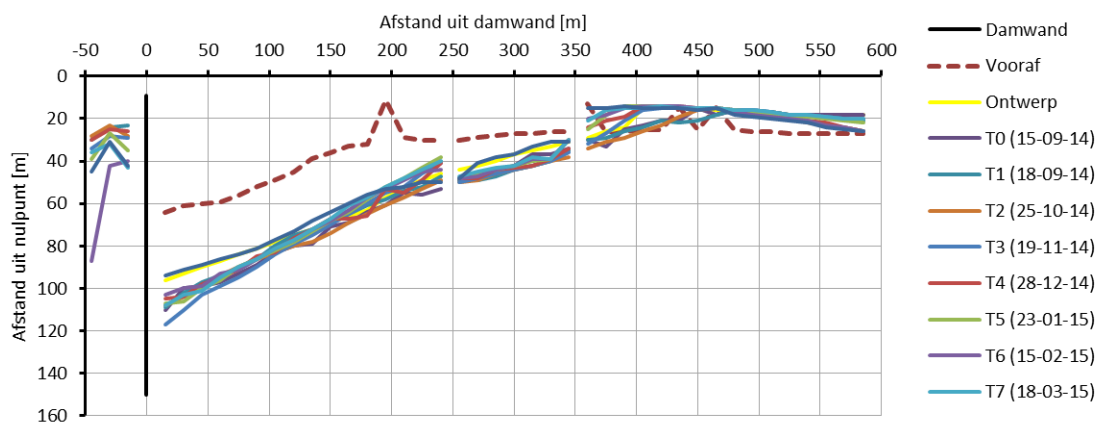
Een en ander zal in dit hoofdstuk nader worden uitgewerkt.

De thans in ontwikkeling zijnde werkrapportage zal als basis voor deze verslaglegging worden gebruikt (Arcadis, 2015c). Op basis hiervan zal dit hoofdstuk op korte termijn een meer uitgebreide invulling krijgen.

In het volgende zijn ter informatie alvast enkele figuren gepresenteerd.

2.2 ONTWIKKELING OEVERLIJN

In Figuur III - 2.1 is een overzicht gegeven van de ontwikkeling van de oeverlijn. De positie van deze lijn is bepaald door voor elk van de gemeten dwarsprofielen de positie van de doorsnijding met het NAP-0,3 m niveau te bepalen.

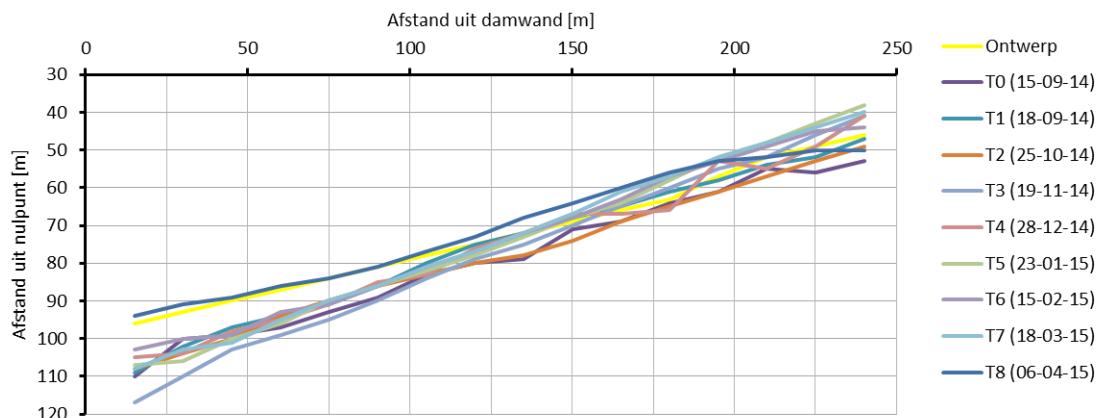


Figuur III - 2.1 Overzicht ontwikkeling positie oeverlijn (positie doorsnijding op NAP-0,3 m) inclusief naastgelegen secties.

In het aldus verkregen bovenaanzicht is onderscheid gemaakt tussen:

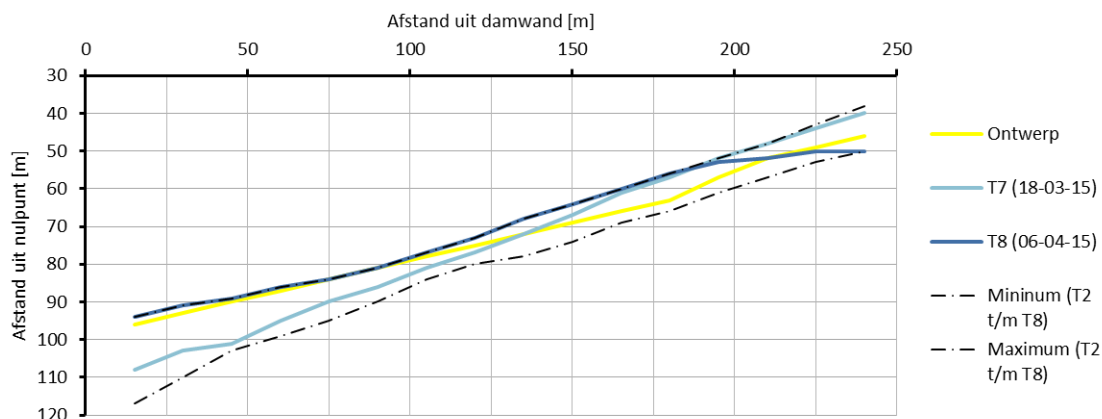
- het deel 'links' van de damwand;
- het centrale deel van de proefsectie (van 0 tot 250 m uit de damwandconstructie);
- het deel ter plaatse van de rijsmattenconstructie (van 250 tot 350 m);
- en het deel 'rechts' hier van.

Bij de analyses is met name gekeken naar de ontwikkeling van het centrale deel van de proefsectie. Deze ontwikkeling is in Figuur III - 2.2 nader uitvergroot.



Figuur III - 2.2 Detail positie oeverlijn over centrale deel proefsectie (tussen damwand en rijmatconstructie).

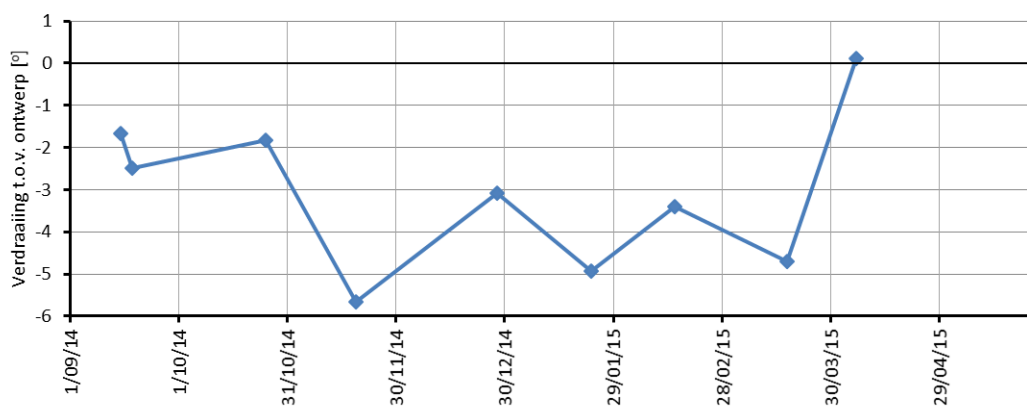
Er is sprake van een behoorlijke variatie in de tijd. Dit is ook te zien in Figuur III - 2.3 waarin de zowel de meest 'dijkwaartse' als meest 'meerwaartse' positie is gegeven. De variaties bedragen maximaal 10 m (voor het grootste deel) tot 20 m (bij de aansluiting op de damwand).



Figuur III - 2.3 Overzicht variatie in oeverlijnposities in centrale deel proefsectie.

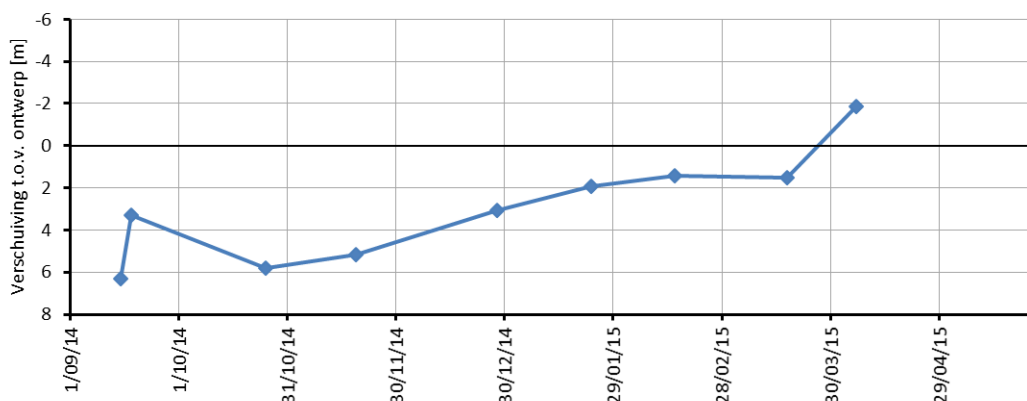
In deze figuur is ook de positie van de oeverlijn voor (T7-opname) en na (T8-opname) de zware storm van eind maart 2015 gegeven. Te zien is dat deze zowel leidde tot een bijdraaiing van de oeverlijn als tot enige verplaatsing in dijkwaartse richting.

Deze verdraaiing is weergegeven in Figuur III - 2.4 waarin de ontwikkeling van de oriëntatie van een geschematiseerde oeverlijn is gegeven ten opzichte van de ontworpen oriëntatie bij aanleg van de proefsectie.



Figuur III - 2.4 Ontwikkeling oriëntatie oeverlijn centrale deel proefsectie als functie van de tijd.

Te zien is dat er tweede periode (van T2 naar T3) als gevolg van oostelijke wind een grotere verdraaiing (tegen de klok in) plaatsvindt (zie ook Figuur 6.12 op pagina 69). De storm van eind maart (met westelijke wind) was verantwoordelijk voor een tegengestelde bijdraaiing.



Figuur III - 2.5 Ontwikkeling ligging positie zwaartepunt centrale proefsectie.

Figuur III - 2.5 geeft de ontwikkeling van het zwaartepunt van de oeverlijn en laat zien dat zich na enige herschikking in de beginfase er sinds het begin van 2015 een min of meer stabiele positie van de oeverlijn aanwezig lijkt op slechts 2 m buiten het oorspronkelijk gedefinieerde ontwerp.

Het effect van de laatste zware storm komt tot uitdrukking in een extra verschuiving over bijna 4 m. In hoeverre hierbij sprake is van een tijdelijk effect zal de toekomst leren.

2.3 ONTWIKKELING VOLUMES

2.3.1 INLEIDING

...

5

Gerelateerde producten

5.1 GUIDE-LINE BEHEER EN ONDERHOUD (ZIE BIJLAGE 6)

Richtlijnen voor adequaat beheer en onderhoud van een voorlandoplossing zijn als separaat product van deze pilot opgenomen in Bijlage 6 (zie pagina 155) van deze rapportage.

Inhoud rapportage conform werkplan

Dit product heeft betrekking op een guideline waarin wordt beschreven op welke wijze beheer en onderhoud van een voorlandoplossing zo adequaat mogelijk kan worden uitgevoerd. De pilot levert daartoe inzicht in het nut van het innemen van de holocene top laag, de effecten van verschillende soorten vegetatie, de 'werking' van de rijsmatten en de effecten van begrazing. Uiteindelijk moet dit leiden tot een aanbeveling over de wijze waarop het beheer van een voorland het meest effectief (goedkoop) kan worden uitgevoerd. Daarbij spelen de extra aanlegkosten ook een rol. Vraag is daarbij of de meerkosten van het innemen van de top laag bij aanleg inderdaad een netto goedkoper beheer levert en of het wel verstandig is om rijsmatten te hanteren voor het opstarten van riet-vegetatie.

Verder levert de pilot inzicht in de het effect van niets doen, inzaaien of inplanten en kan daarmee de vraag beantwoord worden wat als de meest verstandige strategie kan worden gezien.

Startpunt daarbij is een inventarisatie en kwantificering van processen die het beheer en onderhoud van een voorlandoplossing sterk kunnen beïnvloeden. Te noemen zijn de langstransporten (en gradiënten daarin), de kustdwarse respons tijdens stormen en eolische transporten.

Voor de pilot is deze laatste informatie beschikbaar dan wel (voor het langtransport) aanvullend gegenereerd.

Op basis van de verkregen inzichten zullen een aantal beheersmaatregelen worden ontwikkeld. Hierbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan oplossingen waarbij vegetatie wordt ingezet om het onderhoud aan een voorlandoplossing te beperken.

Dit zal worden gedaan aan de hand van een aantal werksessies waarbij RWS en waterkeringbeheerders betrokken zullen worden. De inbreng van de waterkeringbeheerders is hierbij essentieel.

In de guideline zullen per beheersmaatregel ook de bijbehorende kosten worden gekwantificeerd. Hiervoor zullen kentallen deels worden gebaseerd op de voor bij de aanleg van de pilot gemaakte kosten. Belangrijker zijn echter de ervaringscijfers van de waterkeringbeheerders.

Naast de kosten zal er ook worden gekeken naar de batenkant: welke waarde vertegenwoordigt de ontstane natuur en hoe speelt dit een rol in de afweging van de keuze voor een zandige voorlandoplossing?

Op basis van deze onderdelen zal een stappenplan worden ontwikkeld dat de beheerder kan helpen bij het optimaliseren van het beheer en onderhoud van een voorlandoplossing.

Huidige status

Dit product is nog in ontwikkeling.

Annex IV

TOETSING VAN VOORLAND- OPLOSSINGEN

1 Inleiding

1.1 ALGEMEEN

Dit rapport betreft het basisproduct voor de toetsings-gerelateerde informatie en wordt in het werkplan omschreven als rapport IV: Bijdrage ontwikkeling toetsingsprotocol.

1.2 INHOUD RAPPORTAGE CONFORM WERKPLAN

1.2.1 INLEIDING

In het werkplan staat beschreven wat de (oorspronkelijke) inhoud van dit onderdeel van de rapportage is. In het volgende is deze opnieuw kort aangehaald.

In deze achtergrondrapportage wordt op basis van technische kennis en nadere data-analyse verslag gedaan van nieuw inzicht in:

- De definitie van een toetsingsprotocol (vraag 10);
- De rol van de vegetatie binnen de toetsing (vraag 11);
- De voor toetsing te hanteren monitoring (vraag 12).

Doel van deze taak is het eenduidig definiëren van een toetsingsprotocol voor een voorlandversterking in een 'meer'-omgeving. De pilot zal hiertoe echter niet alle benodigde informatie kunnen leveren. Wel zal er inzicht beschikbaar komen over de eisen die aan een stabiele buitenzijde van het voorland moeten worden gesteld. Ook kunnen door het beschikbaar komen van een afgeregeld numeriek model (XBEACH) de dimensies van een veiligheidsprofiel indirect worden verkend. In het eerste achtergrondrapport komt deze verkenning al aan de orde. Op basis hiervan kan een ontwerp en dus ook een hieraan gekoppeld toetsingsprotocol worden afgeleid. Nog meer dat bij het ontwerp geldt dat hier expliciet rekening zal moeten worden gehouden met de aanwezige onzekerheden. Bij de hiervoor gebruikte XBEACH-modellering is immers sprake van onzekerheden (de waargenomen ontwikkeling zal immers niet tot in detail kunnen worden gesimuleerd) en bovendien vereist een toetsingstoepassing nog een extrapolatie buiten het gebied van de waarnemingen.

Bij het opstellen van een toetsingsprotocol zal ook aansluiting worden gezocht bij de in het kader van het WTI in ontwikkeling zijnde voorlandmodule.

Nog geen definitief voorstel

Het definitief valideren van het voorgestelde toetsingsprotocol vereist echter een aparte actie. Onderdeel daarvan zou ook het nader analyseren van reeds in fysische faciliteiten (o.a. Deltares) uitgevoerd modelonderzoek. Voor name de grote-schaal testen is de in de goot gehanteerde golfhoogte redelijk vergelijkbaar met de maatgevende golfaanval in een meer-omgeving.

Hierbij kan ook worden gedacht aan een voorstel voor een set van grootschalige testen in een Deltagoot-achtige faciliteit. In het kader van de pilot zal hiervoor een plan van aanpak worden opgesteld. De in het kader van de pilot uitgevoerde activiteiten moeten in dit licht dan ook worden gezien als een bijdrage aan het toetsingsprotocol.

De resultaten van deze uitwerkingen zullen tijdens een werksessie aan de projectpartners (RWS, HBWP, ENW, WTI, waterkering beheerders) worden gepresenteerd. De input van de aanwezigen zal worden meegenomen in de definitieve uitwerkingen.

1.2.2 TOETSING VEILIGHEIDSONTWERP (VRAAG 10)

Voorlandoplossingen zijn uitvoerbaar in uiteenlopende volumes waarbij de veiligheid in zijn geheel of gedeeltelijk gevonden wordt in het voorland. Er zal een globale toetsingsmethodiek ontwikkeld worden voor situaties waarbij de veiligheid in zijn geheel gevonden wordt in de voorlandoplossing en voor situaties waarin een hybride kering ontstaat (en de achterliggende dijk ook nog een waterkerende functie houdt). Door gebruik te maken van model resultaten met XBEACH, waar de invloed van de geometrie (hoogte, breedte, helling) van het voorland onderzocht is voor verschillende locaties zal getracht worden zo eenvoudig mogelijke toets protocollen op te stellen.

De bijdrage aan de toetsing van het veiligheidsontwerp is daarmee direct gekoppeld aan het eerder uitgewerkte veiligheidsontwerp zoals dit al is uitgewerkt in Paragraaf 1.2.5.

Indien de bij het ontwerp gehanteerde uitgangspunten en methodiek technisch gesproken goed in elkaar steken, kan dezelfde methode in principe ook voor de toetsing van het veiligheidsontwerp worden gebruikt. Het enige verschil is dat er bij het ontwerp gebruik wordt gemaakt van zwaardere hydraulische condities omdat deze wordt betrokken op een situatie over een aantal jaren (bijvoorbeeld zichtperiode 50 jaar).

1.2.3 ROL VEGETATIE IN VEILIGHEIDSTOETSING (VRAAG 11)

Vegetatie kan een rol spelen bij het stabiliseren van het veiligheidsprofiel. De finale toets zal echter niet in het fysieke bereik liggen van de tijdens de doorlooptijd van de pilot te verwachten stormcondities.

De bijdrage van het effect van de vegetatie op de veiligheid van een voorlandoplossing kan dus alleen in kaart worden gebracht door de inzet van het eerder genoemde afgeregelde numerieke model.

Hiertoe worden verschillende zandige versterkingsoplossingen zowel met als zonder vegetatie doorgerekend. Dit leidt potentieel tot een effect op de benodigde omvang van de voorlandoplossing. Als voorbeeld kan worden gedacht aan de benodigde breedte van de voorlandoplossing welke bij aanwezigheid van vegetatie op het buitentalud mogelijk reduceert.

Het resultaat kan zijn dat de bijdrage beperkt is of dat deze echt 'zoden aan de dijk' zet. In het eerste geval kan de rol van de vegetatie in de veiligheidstoetsing wellicht achterwege worden gelaten.

In het laatste geval dient er (in consultatie met ENW) een fundamentele keuze te worden gemaakt of de vegetatie daadwerkelijk een rol krijgt in de veiligheidsbeschouwing.

Onderdeel van deze taak is het rapporteren aan ENW over de rol die vegetatie kan spelen in de veiligheidstoetsing van voorlandoplossingen en de onzekerheden die daarbij spelen. Een dergelijk advies kan pas worden gegeven op het moment dat het hiervoor te hanteren XBEACH-model afdoende is afgeregelde voor de meer volgroeide vegetatie. Dit betekent dat een eindadvies pas in 2018 beschikbaar zal kunnen komen. Een interim-advies is halverwege de pilot voorzien.

Hierbij zal ook worden aangegeven wat er nog moet gebeuren om (anders dan de resultaten van de met het XBEACH-model uitgevoerde verkenningen) meer zekerheid te krijgen over het effect van vegetatie onder ontwerpomstandigheden.

1.2.4 MONITORING VEILIGHEID (VRAAG 12)

De wijze waarop de veilige voorlandoplossing kan worden getoetst hangt nauw samen met de 'werking' van een dergelijk zandlichaam. Vermoedelijk is de werking van een aan een meer gesitueerde voorlandoplossing slechts beperkt vergelijkbaar met de situatie langs bijvoorbeeld de Noordzee- of Waddenkust. Voor de toetsing en monitoring van de veiligheid van een duinwaterkering moet in principe gebruik gemaakt worden van het resultaat van de doorrekening met een morfologisch duinafslagmodel. Dit kan gezien worden als een soort van detailtoets.

Denkbaar is ook dat de veiligheid van een voorlandoplossing in overwegende mate afhangt van het volume van het voorland. Mocht dat het geval zijn, dan zou de monitoring van de veiligheid zich kunnen richten op de aanwezigheid van een zeker minimaal volume.

Nog eenvoudiger wordt het als er een eis kan worden gesteld aan het beschikbaar zijn van een zeker volume binnen een bepaalde door een boven en ondergrens gedefinieerde schijf. Deze benadering komt overeen met de methodiek die voor de kust wordt gehanteerd voor de positie van de Momentane KustLijn (MKL).

Het meest eenvoudig is dat, gegeven dat het concept van een min of meer stabiel buitentalud daadwerkelijk werkt, mogelijk kan worden volstaan met het definiëren van een kritieke positie op de buitenkruin van het voorland.

Op basis van de ervaringen die zijn opgedaan tijdens de monitoringcampagne en het concept protocol voor het veiligheidsontwerp zullen de verschillende monitoringsconcepten worden vergeleken en zal een voorstel worden gedaan voor de te meten indicatoren, hun frequentie en een suggestie voor meetmethodiek.

1.3 HUIDIGE STAND VAN ZAKEN

Nog geen echte activiteiten.

5

Gerelateerde producten

5.1 PLAN VAN AANPAK TOETSINGSPROTOCOL (ZIE BIJLAGE 7)

De in het kade van de pilot gedefinieerde bijdrage aan de ontwikkeling van een toetsingsprotocol is als separaat product van deze pilot opgenomen in Bijlage 7 (zie pagina 157) van deze rapportage.

Inhoud rapportage conform werkplan

De ten behoeve van de vorige producten uitgevoerde activiteiten zullen per definitie niet tot een volwaardig toetsingsprotocol leiden. Om toch, gegeven de tijdens de pilot opgedane kennis, effectief richting te geven aan de daadwerkelijke formulering van een toetsingsprotocol, is een separaat product gedefinieerd dat een plan van aanpak voor de definitie van een dergelijk protocol beschrijft.

Ook zal op basis van het resultaat van rapport IV (zie Annex IV) worden aangegeven of het nuttig en verantwoord lijkt de effecten van de aanwezigheid van vegetatie op de veiligheid van een voorlandoplossing in rekening te brengen.

De oplevering van dit product is halverwege de pilot voorzien. Hiermee kan de in de eerste helft opgedane kennis worden 'meegenomen' en kan simultaan aan de tweede helft van de pilot een toegespitst onderzoeksprogramma worden opgestart. Het kader (bijvoorbeeld WTI2023) waarin een dergelijk programma kan worden opgenomen zal nog moeten worden vastgesteld.

Het inzicht in de veiligheidseffecten van de vegetatie neemt natuurlijk toe in de tijd. Het op basis van deze inzichten geformuleerde advies over de rol van vegetatie in de veiligheidsbeschouwing zal aan het eind van de pilot dan ook beter zijn onderbouwd dan halverwege. Desalniettemin zal er halverwege ook al een eerste indicatie worden afgegeven.

Annex V

OPSCHALING EN BUSINESS-CASES

1 Inleiding

1.1 ALGEMEEN

Dit rapport gaat in op het resultaat van de zogenaamde opschaling van de ontwikkelde kennis. Deze rapportage wordt in het werkplan omschreven als rapport V: Opschaling.

1.2 INHOUD RAPPORTAGE CONFORM WERKPLAN

In het werkplan staat beschreven wat de (oorspronkelijke) inhoud van dit onderdeel van de rapportage is. In het volgende is deze opnieuw kort aangehaald.

In de kennisontwikkeling onder de benoemde thema's (ontwerp, aanleg, beheer en onderhoud, ...) is steeds de nadruk gelegd op het 'vertalen' van de waargenomen/afgeleide resultaten van de proefsectie voor de Houtribdijk naar meer generieke kennis die toepasbaar is in andere omstandigheden/locaties. Om te komen tot een meer integrale verkenning van de mogelijkheden voor voorlandoplossingen in meer concrete zin, zal in aanvulling hierop worden gekeken naar concrete opties voor opschaling. Het gaat hier dus om een op basis van de individuele guidelines gecombineerde verkenning van de (on)mogelijkheden voor de realisatie van een voorlandoplossing op andere locaties.

Doel van een dergelijke verkenning (de zogenaamde 'roadmap') is om via een eenvoudige 'procedure' en business-case aan te geven of een voorlandoplossing voor een bepaalde locatie inderdaad als een kansrijke oplossing kan worden gezien. Dergelijke informatie kan behulpzaam zijn in de verkenningsfase van een dijkversterkingsproject waarin kansrijke alternatieven worden geselecteerd. Het ontbreken ervan zou kunnen leiden tot het (achteraf gezien) onterecht afvallen van een dergelijke optie.

Deze overkoepelende verkenning geeft ook de mogelijkheid om een meer expliciete koppeling te leggen met andere BwN-projecten, zoals de zandmotor en het recent voor de HPZ opgestarte innovatie/monitoringsprogramma.

Roadmaps en business-cases (12)

Doel van deze activiteit is het opleveren van een rapportage over de ruimere toepasbaarheid van voorlandoplossingen, dit uitgewerkt voor een specifieke locaties waar door waterkeringbeheerders wordt nagedacht over de mogelijke toepassing van een zandige versterking.

Als voorbeeld van dergelijke locaties moet niet alleen worden gedacht aan de voor de hand liggende locaties als de Houtribdijk en de Markermeerdijk, maar ook aan bijvoorbeeld dijken langs de Friese kust, het IJsselmeer en het Haringvliet. De te onderzoeken locaties zullen in overleg met project partners (RWS, HBWP en Waterkeringbeheerders) worden geselecteerd.

Voor de uitwerking zal gebruik worden gemaakt van de karakteristieken van de beschouwde locaties

Als onderdeel daarvan zal ook worden gekeken naar de problemen met de te versterken dijk. Het type voorlandoplossing hangt immers samen met dit veiligheidsprobleem. Is er bijvoorbeeld sprake van een geotechnisch probleem (HPZ, Markermeerdijk), dan komt een standalone voorlandoplossing in beeld. Heeft de dijk nog wel enige sterkte, maar wordt de voorzijde te veel aangevallen (bekleding en/of overslagprobleem), dan ligt een hybride oplossing voor de hand.

Na vaststelling van de mogelijke oplossingsrichting kan op basis van de 'guideline ontwerp' een eerste indicatie worden verkregen over de benodigde afmetingen van het voorland. Vervolgens kan met de 'guideline aanleg' inzicht worden verkregen in de mogelijke aanlegmethodes en de hiermee samenhangende kosten en de 'guideline vergunningen' in het hiervoor te doorlopen vergunningentraject. De 'guideline beheer- en onderhoud' geeft tenslotte inzicht in de met het beheer en onderhoud samenhangende aspecten.

Resultaat is een set van voorontwerpen waarin de opgedane kennis wordt toegepast op specifieke locaties. Door de toepassing van alle guidelines op concrete locaties komt alle ontwikkelde kennis bij elkaar en kan de toepasbaarheid ervan voor de geselecteerde gevallen worden beoordeeld. Mogelijk leidt dit weer tot een bijstelling/aanscherping van individuele guidelines.

Voor de beschouwde locaties laat deze oefening zien in hoeverre het mogelijk is om veel sneller en beter een inschatting te kunnen maken van de mogelijke toepasbaarheid van voorlandoplossingen. Onderdeel hiervan zal ook het opstellen van een business-case per beschouwde locatie zijn.

Deze activiteit geeft daarmee invulling aan het oorspronkelijke hoofddoel van deze pilot.

Gegeven het feit dat de helft van de definitieve guidelines pas in 2018 beschikbaar komt, is er voor gekozen om halverwege de pilot een eerste exercitie te plannen (najaar 2016). Deze sessie leidt ook mogelijk weer tot enige bijstelling van de guidelines. De finale sessie is gepland in het voorjaar van 2018.

1.3 GEVOLGDE AANPAK

Het onderzoeksthema opschaalbaarheid c.q. de onderzoeksvraag betreffende het toepassingsbereik (vraag 13) komt enerzijds als product terug in Tabel 3.2, maar is daarnaast ook integraal onderdeel van de andere thema's waar op basis van inzichten uit de pilot generieke kennisproducten worden ontwikkeld die elders toepasbaar zijn.

Opschaalbaarheid heeft immers steeds betrekking op de 'vertaling' van de resultaten van de pilot naar andere locaties of toepassingen. Hiermee komt opschaalbaarheid terug in de formulering van een bepaald product waarbij het nagestreefde product de lokale dimensie van de proefsectie/pilot overschrijdt. Het is immers niet de bedoeling om enkel en alleen de ervaringen op de proefsectie te beschrijven, maar juist om ervan te leren voor andere locaties en toepassingen.

Als voorbeeld van deze benadering kan de productcategorie 'vergunningen' worden genoemd. Doel van het product van de pilot is niet zozeer het opleveren van de 'lessons-learned' van het voor de aanleg van de proefsectie doorlopen vergunningenproces, maar de hierop gebaseerde lessen voor een toekomstig vergunningentraject ten behoeve van een meer grootschaliger voorlandoplossing (voor bijvoorbeeld een groot deel van de Houtribdijk).

Het te leveren product is een via opschaling verkregen 'guideline vergunningen' welke ingezet kan worden in toekomstige initiatieven.

Een soortgelijke guideline benadering geldt ook voor de guideline binnen de andere thema's met uitzondering van de Toetsing. De hier op te leveren producten zijn een bijdrage aan de ontwikkeling van een toetsingsprotocol voor voorlandoplossingen (en zijn geen eindproduct dat ingezet kan worden in vervolg initiatieven voor voorlandoplossingen). De tijdens de doorlooptijd van de pilot te verwachten hydraulische belasting zal naar waarschijnlijkheid kleiner zijn dan de voor een toetsing te hanteren ontwerpbelasting. Hiermee zullen de monitoringsgegevens dus wel relevant inzicht leveren, maar geen definitief antwoord kunnen geven op de toetsingsproblematiek.

1.4 **HUIDIGE STAND VAN ZAKEN**

Nog geen activiteiten.

2

Mogelijke toepassingen

2.1 INLEIDING

Onderdeel van het werkprogramma is het definiëren van zogenaamde opschalingslocaties en het ontwikkelen van de basis voor business cases voor zandige oplossingen. Voor deze locaties zal de mogelijkheid voor het toepassen van een zandige vooroeveroplossing in beeld worden gebracht en nader worden onderbouwd met een business case. In onderstaande is een toelichting gegeven op de opschalingslocaties die onderzocht zullen worden en de wijze waarop invulling wordt gegeven aan de business case.

2.2 OPSCHALINGSLOCATIES

2.2.1 ALGEMEEN

De verkenning naar opschalingslocaties start vanuit een beter begrip van zachte (voorland)oplossingen wat betreft ontwerp, aanleg en beheer en onderhoud. Belangrijkste bron van inspiratie daarbij is de pilot bij de Houtribdijk en in eerste instantie zal daarom gezocht worden naar vergelijkbare opgaven in vergelijkbare situaties. Met dit als uitgangspunt worden locaties gecategoriseerd in drie schillen waarbij de situatie steeds meer gaat afwijken van de situatie bij de pilot in het Markermeer.

In Tabel V - 2.1 is een overzicht gegeven van enkele locaties met een korte beschrijving van de relevante karakteristieken.

2.2.2 EERSTE SCHIL - MARKERMEER/IJSSELMEER

Dit zijn projecten om het Markermeer waarin een zachte kering een rol speelt, zoals de Markermeerdijken, de Houtribdijk en het project Marker Wadden. Dit zijn projecten die wat betreft golfdynamiek en stroming in essentie niet veel afwijken van de situatie bij Trintelhaven. De golfdynamiek is voor loefzijde Marker Wadden groter, maar voor de andere projecten kleiner (zie onderstaande tabel). Dit laatste maakt het mogelijk om eerder tot een doorvertaling naar het gedrag naar maatgevende condities te kijken. Een verder kenmerk van deze projecten is dat ze al ver zijn in de planvorming c.q. contractering. Dit heeft als voordeel dat er veel projectmatige kennis is, die het mogelijk maakt een business-case ook nader te onderbouwen en te kwantificeren. Nadeel is dat nuttige input vanuit het pilot project, al dan niet in een business case format, snel moet gebeuren. Een volledige business-case benadering (zie onder) zal in de 1^e schil niet aan de orde zijn. Zo is voor de Markermeerdijken en Oeverdijk de beslissing om zacht te versterken is genomen maar zoeken deze initiatieven nog wel naar cofinanciering, vooral vanuit de verwachte natuurbaten.

2.2.3 TWEEDE SCHIL - ZOET WATER, RIVIERBEKKENS

Dit zijn projecten in groot open en zoet water waarbij golven een rol van betekenis spelen maar tevens een (onregelmatige) rivierafvoer invloed heeft op de (ontwerp) waterstanden. Er wordt daarbij in hoofdzaak gedacht aan Haringvliet en Hollands Diep, waar op dit moment geen concrete versterkingsopgaven spelen. In de tweede schil gaat het om de doorvertaling van het concept naar andere zoet water situaties waarbij de maatgevende condities mede bepaald worden door een ver boven gemiddelde (rivier) waterstand. Ter illustratie, de opwaaiing leidt bij het Markermeer tot een extra opzet van 1 tot 2 meter. Voor het benedenrivierengebied gaat het om meerdere meters. Hierdoor zal ook de vegetatie ontwikkeling rond het waterpeil en het langjarig langstransport wezenlijk anders zijn.

2.2.4 DERDE SCHIL - INTERGETIJDENGEBIEDEN

Dit zijn projecten in inter-getijde gebieden. Zand speelt naast vegetatie, in de vorm van kwelders een rol. Daarnaast zijn getij en zout zijn erg bepalend voor het functioneren, aanleggen en beheer van de voorlandoplossing. De aandacht in de derde schil gaat in eerste instantie uit naar de Waddenzeedijken en wanneer nog relevant de Ooster- en Westerschelde.

Locatie	Hydrodynamica	Vegetatie	Overig
Trintelhaven	Langjarig: opzet tot 0,5 meter, T=1 golven orde 1 meter. Maatgevend: opzet tot 2 meter, T=10.000 orde 2 meter. Langstransport, groot bruto, beperkt netto.	Oeverzone blijft kaal zand. Hoger op het profiel afhankelijk van inrichting en beheer gras en struiken.	Aanleg in hoofdzaak met fracties D50 200 tot 250 µm. Beperkte zetting.
Houtribdijk	Langjarig: opzet tot 0,3 tot 0,5 meter, T=1 golven orde 0,5 tot 0,9 m. Maatgevend: opzet tot 2 meter, T=10.000 orde 1,2 tot 2 meter. Langstransport, varieert ook stukken waar netto vrijwel gelijk is aan bruto.	Oeverzones deels kaal zoals bij Ecoshape pilot, deels beschut met mogelijke ontwikkeling van rietoevers.	Aanleg in hoofdzaak met fracties D50 200 tot 250 µm. Beperkte zetting, maar plaatselijk tot 30 a 40%.
Marker Wadden	Langjarig: opzet tot 0,5 0,5 meter, T=1 golven orde 0,9 m. Maatgevend: opzet tot 1m meter, T=50 orde 1,2 tot 1,5 m. Langstransport, varieert ook stukken waar netto vrijwel gelijk is aan bruto.	Zoals hierboven. Afhankelijk van het ontwerp komen loef, lij en achter vooroeverdammen gelegen zachte randen voor.	Aanleg mogelijk in verschillende fracties.
Markermeerdijken, oeverdijken.	Langjarig: opzet tot 0,3 tot 0,5 meter, T=1 golven orde 0,5 tot 0,9 m. Maatgevend: opzet tot 1,5 meter, T=10.000 orde 1,2 tot 1,5 meter. Langstransport, varieert ook stukken waar netto vrijwel gelijk is aan bruto.	Oeverzones deels kaal zoals bij EcoShape pilot, mogelijk dat ook deels beschutte oevers worden aangelegd met mogelijke ontwikkeling van rietoevers.	Aanleg in hoofdzaak met fracties D50 200 tot 250 µm. Grote zetting 50 tot 100%.

Tabel V - 2.1 Overzicht karakteristieken per beschouwde locatie.

3

Business-cases

3.1 INLEIDING

Het doel van de business case is om op basis van het technische inhoudelijk ontwerp, kosten, baten en kansen voor financiering inzichtelijk te krijgen zodat een beter idee verkregen wordt waar een zachte voorlandoplossing toegepast kan worden.

Hart van de business case is een ontwerp voor een zachte voorlandoplossing dat wordt gemaakt op basis van de ontwerprichtlijnen die in de pilot verder worden ontwikkeld waarbij specifiek aandacht zal zijn voor beheer en onderhoud, inspectie en toetsing. Daarnaast wordt gekeken naar de wijze waarop een zachte kering kan worden aangelegd (slimme uitvoeringsmethoden). Voor wat betreft het voorvertalen van het technisch ontwerp naar kosten wordt aansluiting gezocht met de SSK systematiek waarin gebruik gemaakt zal worden van ramingen en kentallen uit lopende trajecten. Door de voorlandoplossing qua kosten te vergelijken met een alternatieve (meer conventionele) waterveiligheidsoplossing wordt aan het HBWP inzichtelijk gemaakt of een zachte voorlandoplossing een kosteneffectief alternatief kan zijn. Tot slot wordt nog gekeken of er eventuele maatschappelijke baten dan wel vermeden kosten zijn en of op grond hiervan cofinanciering gevonden kan worden voor de aanleg dan wel het beheer en onderhoud. Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan subsidies voor natuurbeheer.

3.2 VERSCHILLENDE NIVEAUS

3.2.1 NULDE NIVEAU: DAT VAN DE ONTWERPPRINCIPES

Mede op basis van de EcoShape-pilot worden ontwerpprincipes opgesteld voor het ontwerp van een zachte kering. Het gaat daarbij om de wijze waarop het vereiste volume kan worden berekend en waar in het profiel dat moet zijn gelegen. Het gaat ook om het eventueel conditioneren van de bodem met oog op vegetatiegroei en de inzet van constructies voor het beperken van het onderhoud. De aanleg van de pilot geeft in beperkte mate ook aanwijzingen over de uitvoering. Onduidelijk is of de EcoShape pilot ook informatie levert voor de beheer en onderhoudsfase. Er een sterke link met de overige activiteiten binnen de pilot die zullen leiden tot een ontwerpleidraad. Belangrijk voor de lopende ontwerptrajecten langs het Markermeer is het kunnen schatten van het langstransport. De EcoShape pilot is de enige plek die hiervoor echte meetwaarden levert.

3.2.2 EERSTE NIVEAU: DAT VAN DE KOSTEN RAMING

Op basis van een kosteneffectiviteit vergelijking in termen van directe (bouw)kosten kan al een vergelijking worden gemaakt tussen een zachte en een conventionele kering. Vooral bij meer sectoraal ingestoken projecten kan dit al voldoende zijn om een duidelijke vergelijking mogelijk te maken. Omdat er doorgaans sprake is van een groot verschil in de beheer en onderhoudsdimensie is het raadzaam daarbij in

ieder geval ook naar een vergelijking in LCC termen te kijken op termijn van 20 jaar (o.a. contractperiode) en langer. Een ander punt dat kan worden meegenomen in de vergelijking zijn de indirecte kosten, inclusief de waardering van risico's.

3.2.3 TWEEDE NIVEAU: DAT VAN EEN MKBA VERGELIJKING

Hierbij wordt gekeken naar zaken als vermeden kosten, mogelijke maatschappelijke baten. Feitelijk wordt hierbij ook een MKBA benadering gevolgd waarbij gekeken wordt naar maatschappelijke baten.

3.2.4 DERDE NIVEAU; VAN EEN (FINANCIËLE) BUSINESS CASE

Dit is het niveau waarop wordt gekeken naar welke geïdentificeerde baten in de MKBA verband daadwerkelijk mogelijkheden geven tot (co-)financiering. Dus het gaat om echte Euro's.

3.3 NADERE UITWERKING VAN DE BUSINESS CASE BENADERING

Hiervoor wordt aansluiting gezocht op lopende initiatieven binnen EcoShape. Vanuit kennisontwikkelings-projecten rondom de ZandMotor wordt in 2015 gewerkt aan het ontwikkelen van een zogenaamde business case template voor zandige strategieën in lijn met Building with Nature. Uitgangspunt daarbij is dat de interactie tussen ontwerp, kosten, baten en financiering inzichtelijk worden gemaakt gedurende het (interactieve) ontwerpproces. Vanuit het project pilot voorlandoplossing Houtribdijk zal de ontwikkelde template concreter gemaakt worden voor wat betreft de ontwerprichtlijnen en raming, met ook meer aandacht voor de uitvoering. Daarnaast bestaat de mogelijkheid om expertise vanuit het HBWP wat betreft business cases te koppelen aan het lopende project binnen EcoShape om aan de voorkant de template mee te ontwikkelen. Het resultaat is een korte omschrijving van een business case.

4

Doorvertaling naar Markermeer

4.1 AANPAK

Voor de projecten rond het Markermeer worden alle niveaus van de business case (integraal) doorlopen:

- **Bepalen van mogelijke basisontwerpen.**
Deze worden in hoofdzaak afgeleid van lopende trajecten, en waar zinvol aangevuld dan wel geoptimaliseerd met kennis vanuit de EcoShape pilot.
- **Bepalen van de kosten van basisontwerpen.**
Hiervoor wordt aangesloten bij de lopende projecten. Punt van aandacht is wel dat SSK ramingen niet openbaar zijn. Er wordt daarom veeleer gewerkt met een generiek schema voor het bepalen van aanleg en onderhoudskosten. Voor het Markermeer is de wijze waarop zand kan worden gewonnen en de deklaag een plaats kan krijgen bepalend voor de kosten. De kosten van een zacht basisontwerp worden daarbij ook naast de kosten van een conventionele dijkversterking gezet.
- **Bepalen van de mogelijke baten van de zachte oplossingen.**
Voor de projecten om het Markermeer is hierbij vooral de betekenis van een zachte kering inclusief daarvoor benodigde winputten voor het ecologische herstel van het ecosysteem Markermeer van belang en de bijdrage die kan worden geleverd aan KTW, TBES en Natura 2000 beheersdoelen. De baten zijn dus in hoofdzaak kwalitatief, maar kunnen mogelijk via de band van vermeden kosten, of kostenbesparingen wel aan Euro's worden gekoppeld. Plaatselijk spelen ook recreatiebaten. Hiervoor kan o.a. ook gebruik worden gemaakt van de TEEB-studie (economie, ecologie en biodiversiteit) die de provincie Noord Holland heeft laten uitvoeren in het kader van de oeverdijk ontwikkelingen. Een verder punt van aandacht is het kunnen waarderen van de inherente flexibiliteit die een zachte kering biedt ten aanzien van veranderingen in (meer)peil en normering. Deze laatste onderdelen kunnen evenwel ook een plaats krijgen in de raming.
- **Bepalen van mogelijkheden voor cofinanciering.**
Dit is een concrete discussie die voor de projecten oeverdijk en Houtribdijk loopt of gaat lopen. Voor Marker Wadden ligt de situatie anders. Dit project heeft niet de veiligheid maar juist het ecologische herstel van het Markermeer als uitgangspunt en wordt vanuit dit oogpunt dan ook gefinancierd..

Deze stappen resulteren in ontwerpen en overwegingen bij het ontwerp, aanleg en beheer en onderhoud, kostenvergelijkingen, vergelijkingen op MKBA niveau en suggesties voor cofinanciering.

4.2 DEFINITIE BASISONTWERPEN

...

5

Doorvertaling andere gebieden

5.1 DOORVERTALING NAAR HARINGVLIET, HOLLANDS DIEP SITUATIES.

Deze doorvertaling is minder concreet, vooral ook omdat deze situaties sterk afwijken van die langs het Markermeer. Wel is mogelijk om aan te geven welk onderdeel van de ontwerprichtlijnen overdraagbaar is, en op welke aspecten meer locatie-specifiek naar het ontwerp moet worden gekeken. Ook de volgende stappen, dat van een basisontwerp, de daarmee samenhangende kosten en mogelijke baten worden globaal genomen.

5.2 DOORVERTALING NAAR INTERGETIJDE-GEBIEDEN.

Deze doorvertaling is ook globaal, zie hiervoor. Wel kan bij de doorvertaling naar ontwerpen ook kennis worden ingeschakeld uit andere trajecten waarin gekeken wordt naar de inzet van kwelders en duinen als onderdeel van de primaire kering.

Annex VI PRODUCTEN

Bijlage 1 Guideline ontwerp

Deze guideline zal pas op middellange termijn (2016/17) worden ingevuld.

Eerst is daarbij immers inzicht nodig in tenminste de mogelijkheden om het XBEACH-model voor de kwantificering van de profielontwikkeling tijdens maatgevende omstandigheden te kunnen gebruiken.

Wel zal in een eerder stadium een eerste voorzet (inhoudsopgave, stappenplan) worden opgesteld waarmee aanvullend richting wordt gegeven aan de invulling van deze guideline.

Bijlage 2 Lessons-learned vergunningen

Deze rapportage is inmiddels afgerond en vastgesteld (EcoShape, 2015b).
Deze notitie is inmiddels via de website beschikbaar gemaakt.

Bijlage 3 Guideline vergunningen

Een eerste opzet van deze guideline is in deze fase van het project alleen als intern werkdocument beschikbaar (Arcadis/RHDHV, 2015).

In dit werkdocument komen de volgende onderwerpen aan de orde:

- De inrichting, verantwoording en afbakening van deze verkenning;
- De voor voorlandoplossingen relevante vergunningen (gebaseerd op ervaringen bij zowel de pilot als elders opgedane inzichten) voor wat betreft de aanleg en de fase na realisatie;
- De vanuit de vergunningen aan het ontwerp te stellen eisen;
- De vanuit de vergunningen aan het onderhoud en beheer te stellen eisen;
- De wijze waarop hier rekening mee in beide fasen optimaal rekening kan worden gehouden.

Een eerste conclusie is al wel dat de vergunningseisen vaak erg projectspecifiek zijn en mede afhankelijk van onderhandeling. Dit maakt het lastig om een vaste set van specifieke eisen op te stellen. Een lijst met onderwerpen die om specifieke aandacht vragen is daarentegen wel heel erg nuttig.

Zodra dit een meer complete vorm heeft, zal deze worden overgehaald naar deze rapportage (of in later stadium separaat beschikbaar worden gesteld).

Dit zal, conform de planning, op korte termijn (najaar 2015) plaatsvinden.

Bijlage 4 Lessons-learned aanleg

Deze rapportage is inmiddels afgerond en vastgesteld (EcoShape, 2015b).

Deze notitie inmiddels via de website beschikbaar gemaakt.

Bijlage 5 Guideline aanleg

Een eerste aanzet voor deze guideline is alleen als intern werkdocument beschikbaar (Arcadis/RHDHV, 2015).

Hierin is aandacht besteed aan:

- De mogelijke aanlegvormen;
- De mogelijke uitvoeringstechnieken;
- De effectiviteit van deze technieken;
- De afhankelijkheid van de omvang van het werk.

Omdat niet alle benodigde info aan de aanleg van de proefsectie kan worden ontleend, is/wordt ook nog aanvullende info bij externe partijen ingewonnen.

Zo gauw de informatie meer compleet is zal deze worden overgehaald naar de voorliggende rapportage (planning: najaar 2015).

Bijlage 6 Guideline beheer en onderhoud

Deze guideline zal pas op termijn (2016/17) kunnen worden ingevuld. Eerst is daarbij immers inzicht nodig in tenminste de ontwikkeling van de op de proefsectie aangebrachte vegetatie. Wel zal in een eerder stadium (najaar 2015) een eerste voorzet (inhoudsopgave) worden opgesteld waarmee aanvullend richting wordt gegeven aan de invulling van deze guideline.

Bijlage 7

Plan van aanpak toetsingsprotocol

Dit product zal pas op termijn (2016/17) kunnen worden ingevuld.

Wel zal in een eerder stadium een eerste voorzet worden opgesteld waarmee aanvullend richting wordt gegeven aan de invulling van dit protocol.

Colofon

PILOT VOORLANDOPLOSSING HOUTRIBDIJK INTERIM-RAPPORTAGE JULI 2015

OPDRACHTGEVER:

RWS/EcoShape-stuurgroep Pilot Houtribdijk

STATUS:

Concept

AUTEUR:

H.J. Steetzel
R.B. van Santen
V. Vuik

GECONTROLEERD DOOR:

R.C. Steijn
H. Senhorst

VRIJGEGEVEN DOOR:

H.J. Steetzel

26 augustus 2015 (26 augustus 2015)
078499877:0.3

EcoShape, Building with Nature

Burgraadt Gebouw
Burgemeester de Raadsingel 69
3311 JG Dordrecht
Tel: +31 (0)78 6111 099
Fax: +31 (0)78 6111 090
E-mail: info@EcoShape.nl
Website: www.EcoShape.nl

Disclaimer: De in deze rapportage opgenomen informatie in is vrij toegankelijk en vrij te gebruiken. Hoewel ten tijde van publicatie deze informatie met de grootste zorg is samengesteld, is deze uitsluitend bedoeld als richtsnoer en moet derhalve niet beschouwd worden als een advies. Gebruikers zijn zelf volledig verantwoordelijk voor het gebruik en interpretatie van de informatie.