

# *Building with Nature*



*Veiligheidsbuffer Oesterdam: morfologische ontwikkeling van de suppletie (voorkeursvariant) en implementatie van oesterriffen als erosieremmende maatregel in het ontwerp*



Date 27-06-2012

## Memo

Direct  
T 0317-487419  
E tom.ysebaert@wur.nl

**Onderwerp** *Veiligheidsbuffer Oesterdam: morfologische ontwikkeling van de suppletie en implementatie van oesterriffen als erosieremmende maatregel in het ontwerp*

**Datum** 27 juni 2012

**Bijdrage** Tom Ysebaert (Imares, NIOZ), Jasper Dijkstra (Deltares), Nicolette Volp (TUD), John de Ronde (Deltares), Zhengbing Wang (Deltares), Bas Borsje (Deltares), Bram van Prooijen (TUD), Marije Smit (Witteveen & Bos)

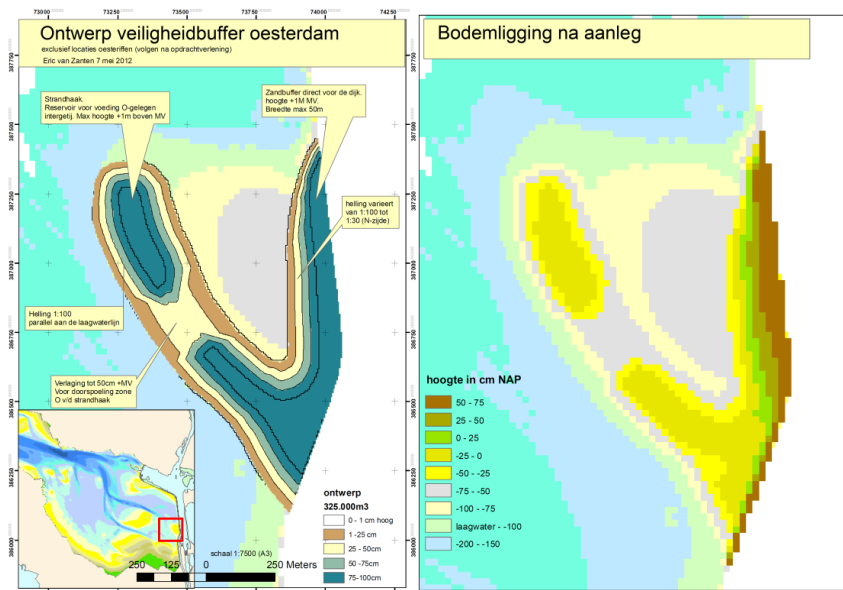
## Achtergrond

Door Rijkswaterstaat, de Coalitie Natuurlijke Klimaatbuffers en de Provincie Zeeland (hierna Coalitie Oesterdam genoemd) wordt de praktijkproef Veiligheidsbuffer Oesterdam ontwikkeld en gefinancierd. Het doel van de praktijkproef is het realiseren van een innovatieve natuurlijke kering waarin veiligheid gecombineerd wordt met verhoogde waarde voor natuur, landschap en recreatie. In de praktijk zal een hoeveelheid zand langs de Oesterdam gesuppleerd worden met als doel het verlengen van de levensduur van de primaire waterkering en het verhogen van de kwaliteit van natuur en landschap dat verloren dreigt te gaan door de zandhonger in de Oosterschelde.

De missie van Stichting Ecoshape is om de kennis en toepasbaarheid van *Building with Nature* (BwN) te vergroten door daadwerkelijke toepassing in projecten. De Oesterdam is in dit opzicht in potentie een prachtige case. Ecoshape is betrokken bij het tot stand brengen van het technische ontwerp, en deze memo gaat specifiek over hoe en waar oesterriffen als erosieremmende maatregel ingezet kunnen worden in combinatie met de voorliggende suppletievariant. Hiertoe zijn een aantal meetings en een workshop gehouden met deskundigen.

## Doel van de workshop

Een voorkeursontwerp is door Rijkswaterstaat gemaakt en wordt door Witteveen & Bos verder technisch uitgewerkt. Dit voorkeursontwerp omhelst een haakvormige suppletie die als “zandmotor” voor het achterliggende intergetijdengebied moet gaan fungeren, aangevuld met een suppletie langs de dijk die de veiligheidsduur van de dijk moet verlengen (Figuur 1).



Figuur 1. Ontwerp suppletie Oesterdam

De Coalitie Oesterdam heeft aan Ecoshape gevraagd bijkomend aan de suppletie te onderzoeken hoe en waar oesterriffen als erosieremmende maatregel ingezet kunnen worden in combinatie met de voorliggende suppletievariant. Om hierop een antwoord te geven heeft een groep van deskundigen, op basis van bestaande kennis, data en expert opinie, getracht om de volgende vragen te beantwoorden:

1. Wat zijn de hydrodynamische omstandigheden (golven, stromingen) ter hoogte van de proeflocatie, en wat betekent dit voor het sedimenttransport in het gebied?
2. Hoe gaat de Oesterdam suppletie (voorkeursalternatief zoals geschetst in Figuur 1) zich morfologisch ontwikkelen?
3. Op basis van 1) en 2), waar kunnen dan oesterriffen een bijkomend positief effect hebben doordat ze de erosie beïnvloeden (tegengaan), en welke dimensies moeten ze hebben (lxbxh). Het doel is om te leren of dit soort riffen als erosieremmende maatregel kunnen dienen. De technische uitwerking van de oesterriffen in het ontwerp wordt vervolgens door Witteveen & Bos verzorgd. Een expert van Witteveen & Bos was dan ook betrokken bij de workshop.

## Beschikbare informatie

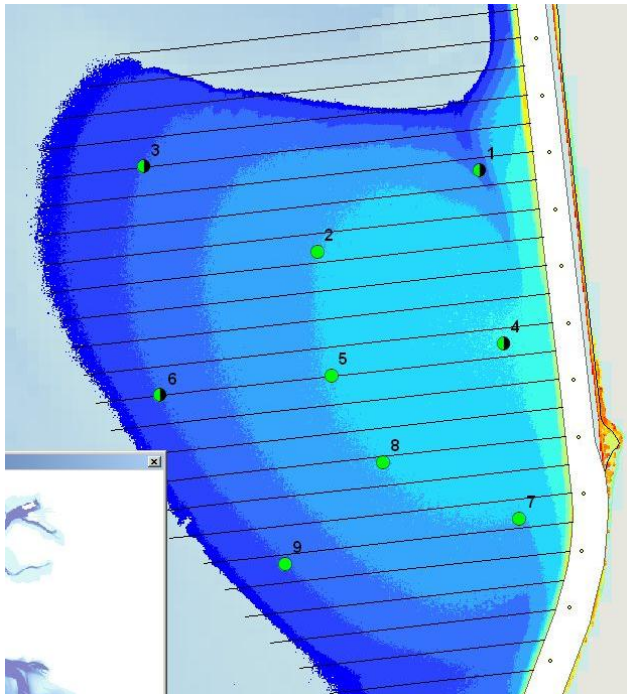
De volgende informatie is gebruikt bij het beantwoorden van de vragen

- Lodingskaarten 1990, 2001, 2010
- Niet gevalideerde stromingsgegevens van het proefgebied (data Meetdienst)
- Golfhoogtes, windsnelheden en richting van meetlocatie Marollegat van 1 januari 2009 - 31 december 2011 (HMCZ)
- Data van één meting met minisuppleties uitgevoerd in mei 2012
- Rapport L.L. de Graaf, Nourishing intertidal foreshore; improving safety and nature at the Oesterdam, Deltares 1206094-000-ZKS-0007
- The potential of artificial oyster reefs as coastal protection in the Oosterschelde (MSc. Thesis Christian Dorsch, Phillips Universität Marburg)
- Theoretische onderbouwing van effect van een oesterrif op golfklimaat en daarmee op sedimentbeweging
- Memo: "*Effects of (artificial) oyster reefs on wave dissipation*".

Benadrukt moet worden dat er geen ruimte was om een grondige analyse van de beschikbare data uit te voeren, noch dat het mogelijk was om via modelberekeningen extra inzicht te krijgen in de hydrodynamische processen die in het gebied plaatsvinden. Tevens kwamen we tot de vaststelling dat een interessante dataset is verzameld in het kader van de T0 metingen door de Meetdienst, maar dat deze data onvoldoende zijn opgewerkt, gevalideerd, geanalyseerd en geïnterpreteerd. Grondige analyse van deze data zou een nauwkeuriger beeld van de hydrodynamische processen in het proefgebied geven.

## Hydrodynamische processen in het proefgebied

De hydrodynamica rondom het beoogde suppletiegebied is in de periode 28-10-2011 tot 28-12-2011 vrij uitgebreid door Rijkswaterstaat bemeten door middel van ADCP's (2 MHz Aquadopps van Nortek, geschikt voor gebruik in ondiep water) en druksensoren (Figuur 2). Tijdens de metingen op punt 1, 2 en 3 in november kwam de wind voornamelijk uit oostelijke richting en was zelden harder dan  $10 \text{ ms}^{-1}$ ; eerder rond de  $5 \text{ ms}^{-1}$ . De tweede meetperiode (punten 4-9) kende voornamelijk wind uit het zuidwesten tussen  $5$  en  $15 \text{ ms}^{-1}$  en een korte periode met winden van  $5-10 \text{ ms}^{-1}$  uit het noordwesten.



Figuur 2. Locaties ADCP's (groen) en drukdozen (zwart) Oesterdam (bron: Meetdienst)

### Getij en stroming

Een korte analyse van de stroomsnelheidsmetingen geeft het volgende beeld: Voor alle meetpunten is de stroming in zuid- tot zuidoostelijke richting tijdens vloed, en noord- tot noordwestelijk tijdens eb. Tijdens een periode van matige wind uit het zuidwesten (3-4 december), een conditie die waarschijnlijk veel voorkomt, was de residuele stroomrichting over één getijperiode noordelijk voor de punten 4 t/m 9. Ook tijdens een periode met matige noordwesten wind (16-18 december) en een periode met steviger zuidwesten wind (14-16 december) is de residuele stroomrichting noordelijk. In het laatste geval zijn vooral de stromingen op punten langs de dam (4 en 7) sterker noordwaarts gericht dan anders. Hierbij dient opgemerkt te worden dat dit slechts een momentopname is, en dat de betrouwbaarheid van de meetdata niet is aangetoond.

De dieptegemiddelde snelheid is onder normale omstandigheden kleiner dan  $0.25 \text{ ms}^{-1}$  voor alle meetpunten, wat in afwezigheid van golven onvoldoende lijkt voor het initiëren van erosie.

#### Golven

Golfhoogtes zijn wel geregistreerd op de punten 1, 3, 4 en 6 in Figuur 2, maar momenteel slechts als ruwe data beschikbaar. De meetpaal in het Marollegat ten noordwesten van de suppletie locatie geeft wel golfhoogte maar geen richting. De verwachting is dat onder rustige omstandigheden wind uit het zuidwesten dominant is, met kleine golven (geschatte orde 10-15 cm) uit zuidwestelijke richting. Tijdens stormen uit het zuidwesten tot west belemmeren ondieptes ten zuidwesten en westen van de suppletie de vorming van grote golven; de grootste golven zullen het suppletiegebied waarschijnlijk bereiken uit het noordwesten, via het Marollegat. De lokale topografie zal de richting en hoogte van de golven aanzienlijk veranderen.

#### Sedimenttransport

Het transport van sediment of de concentratie van sediment in de waterkolom is niet bemeaten. Wel zijn door studenten van de Hogeschool Zeeland, onder begeleiding van IMARES en NIOZ, een aantal minisuppleties uitgevoerd: Tijdens een periode met rustige, overwegend noordwestelijke, wind lieten deze enig transport de plaat op zien. De voornaamste richting van het transport gedurende deze rustige periode was plaatopwaarts. O.a. bij Viane en bij de Dortsman is de dijkwaartse verplaatsing van zand (schelp) richels eveneens geconstateerd. Echter al deze gebieden laten in totaliteit een erosie zien. Dit duidt er vermoedelijk op dat de meer extreme situaties met meer wind en golven domineren.

## Morfologische ontwikkeling van de suppletie

Zonder gedegen analyse van de huidige condities en zonder modelstudie is het onmogelijk te zeggen in welke richting de suppletie zich zal verplaatsen, laat staan hoe snel dit zal gaan. Daarom zijn twee hypothesen betreffende het gedrag van de suppletie opgesteld. Eén voor rustige condities die vaak zullen optreden en één voor zeldzamer periodes met harde wind en hogere golven. Het effect van de suppletie op (residuele) stromingen is bij deze complexe bathymetrie zonder model niet te bepalen, maar wel zeer belangrijk voor het sedimenttransport.

Of het materiaal van de haak zich daadwerkelijk over de kom zal verspreiden is de vraag, en zal mede afhangen van het gebruikte sediment en de wijze van aanleg (verdichting): de proefsuppletie op de Galgeplaat is immers weinig dynamisch. Analyse van optredende bodemschuifspanningen geven wel aan dat het huidige gebied dynamischer is dan het midden van de Galgeplaat (thesis B.J.L Broekhoven, Hogeschool Zeeland). In de huidige situatie treedt er erosie op in dit gebied (tussen de 5 a 20 mm/jaar). Dit is nog slecht te kwantificeren vanwege het ontbreken van RTK

metingen. Vanuit de sedimentatie/erosie patronen is af te leiden dat het sediment vermoedelijk voornamelijk in noordwaartse richting afgevoerd wordt (sedimentatie treedt op in het naastgelegen noordelijke diepere deel).

Hypothese 1: Matige wind en lage golven uit het zuidwesten

Tijdens laag water vormt de haak van de suppletie een golfbreker die het daar achter gelegen deel van de bestaande plaat zal beschermen. De erosie van dit deel ('de kom') kan daardoor verminderen, hoewel de doorstroomopening ook een opening aan golven biedt die de kom wel kunnen eroderen. Daarnaast zal golfgedreven transport het sluiten van de doorspoelopening in de hand werken, evenals een uitbreiding van de top van de haak in noordelijke richting ('spit'). Op het centrale deel is een opwaartse verplaatsing te verwachten (richting minisuppleties), door de verminderde golven zal dit vermoedelijk minder zijn.

Hypothese 2: Harde wind en hogere golven uit het westen tot noordwesten

Door de lokale bathymetrie zullen golven bijdraaien en de kom kunnen bereiken, waarbij ze sediment los kunnen maken. Het getij of een golfgeïnduceerde retourstroom (bij lagere waterstanden werkt de kom als een baai) zal dit sediment meevoeren. Bij een waterstand hoger dan de top van de haak is het mogelijk dat een golfgeïnduceerde retourstroming ontstaat die de kom aan de noordzijde of via de doorspoelopening verlaat. Deze zorgt voor enige extra erosie.

## Oesterriffen

*Achtergrond op basis van bestaande riffen*

In Viane en de Val zijn in 2010 drie oesterriffen aangelegd. Mede in het kader van Building with Nature is een uitgebreide meetcampagne uitgevoerd naar de effecten op golven en stroming enerzijds en ecologie anderzijds. Op basis van deze metingen zijn ontwerpregels geformuleerd.

*Het effect op golven*

Het grootste effect van het rif op golven treedt op als de waterstand relatief laag is. De golven breken (of worden sterk gedissipeerd) op het rif in plaats van ergens op het achterliggende intergetijdengebied. Extra dissipatie door toegenomen wrijving door verandering van de ondergrond (oesters in plaats van zand) is verwaarloosbaar. Voor golven betekent dit dat de hoogte van het rif en de significante golfhoogte de effectiviteit bepalen. De breedte van het rif is van veel minder belang voor golfdemping, wel voor de levensvatbaarheid als een deel bedolven wordt onder sediment. Op basis van theorie is gevonden dat de effecten van het rif niet meer belangrijk zijn als de waterstand boven het rif hoger is dan het brekingscriterium maal de significante golfhoogte. De waterstand is dan zo hoog dat de golven het rif niet meer voelen. Uit metingen volgde een brekingscriterium van ca. 0.5.



### *Het effect op stroming*

In de voorgaande experimenten hebben we geen grootschalig effect gevonden van verandering in stroming op de omgeving. De stroming wordt alleen bij lage waterstanden door het rif beïnvloed, wanneer de waterstand lager tot slechts iets hoger ligt dan de maximale hoogte van het rif. Alleen dan wordt de stroming eromheen gestuurd. Bij een waterpeil veel hoger dan het rif zal het water er simpelweg overheen stromen. We zien dan ook alleen zeer dichtbij het rif (binnen de eerste meter) geultjes ontstaan. Op dit moment zijn er geen aanwijzingen dat achter het rif sediment wordt ingevangen door een gewijzigd stromingspatroon. Wel zien we op een aantal plekken dat sediment wordt ingevangen in het rif zelf. Dit kan een negatief effect hebben, want de overlevingskansen van het rif kunnen hierdoor afnemen.

### *Het morfologische effect op korte en lange termijn*

In algemene zin vindt er alleen sedimenttransport plaats als de kritische schuifspanning wordt overschreden en er stroming is om het opgewoelde sediment te verplaatsen. Op basis van een initiële analyse van de metingen wordt de kritische schuifspanning niet overschreden met stroming alleen. Dit gebeurt alleen door of in combinatie met golven.

Op basis van de resultaten gevonden bij Viane en de Val, wordt de schuifspanning achter de riffen drastisch verminderd als de golven op het rif breken. Door de riffen zo te plaatsen dat het gebied erachter beschermd is tegen golven, verminderen we de schuifspanning, waarschijnlijk onder het niveau van de kritische waarde. Dit vermindert de erosie achter de riffen, zoals duidelijk te observeren is bij het westelijke rif bij Viane. Het gebied ( $G_{golf}$ ) dat beïnvloed wordt door het rif is een directe functie van de hoogte van het rif ( $H_{rif}$ ), de significante golfhoogte ( $H_s$ ), de brekingsindex ( $\gamma$ ) en de bodemhelling ( $i_b$ ) (zie Figuur 4 voor definitie van deze parameters):

$$G_{golf} = \frac{H_{rif} + \gamma H_s}{i_b} = \frac{H_T}{i_b}$$

Hiermee kunnen we de juiste locatie voor een rif bepalen.

### *Uitgangspunten ontwerp*

In de paragraaf *Hydrodynamische processen in het proefgebied* zijn een aantal onzekerheden omtrent de huidige situatie naar voren gebracht. Om toch een ontwerp te maken en hypothesen te formuleren zijn noodgedwongen een aantal aannames gemaakt.

De dominante windrichting is zuidwest. Golven onder normale condities (golven tot +/- 40 cm) komen daarmee uit het zuidwesten en naar verwachting zullen de golven door refractie meedraaien met de dieptecontouren. Ruigere condities (golven tot ca. 80 cm) zullen naar verwachting optreden bij wind uit het (noord)westen, aangezien de strijklengte langer is.

Aan de buitenkant van de suppletie (zuidwestelijke kant) is naar verwachting de ebstroom noordnoordwest gericht en de vloedstroom zuidoost. In het binnengebied is

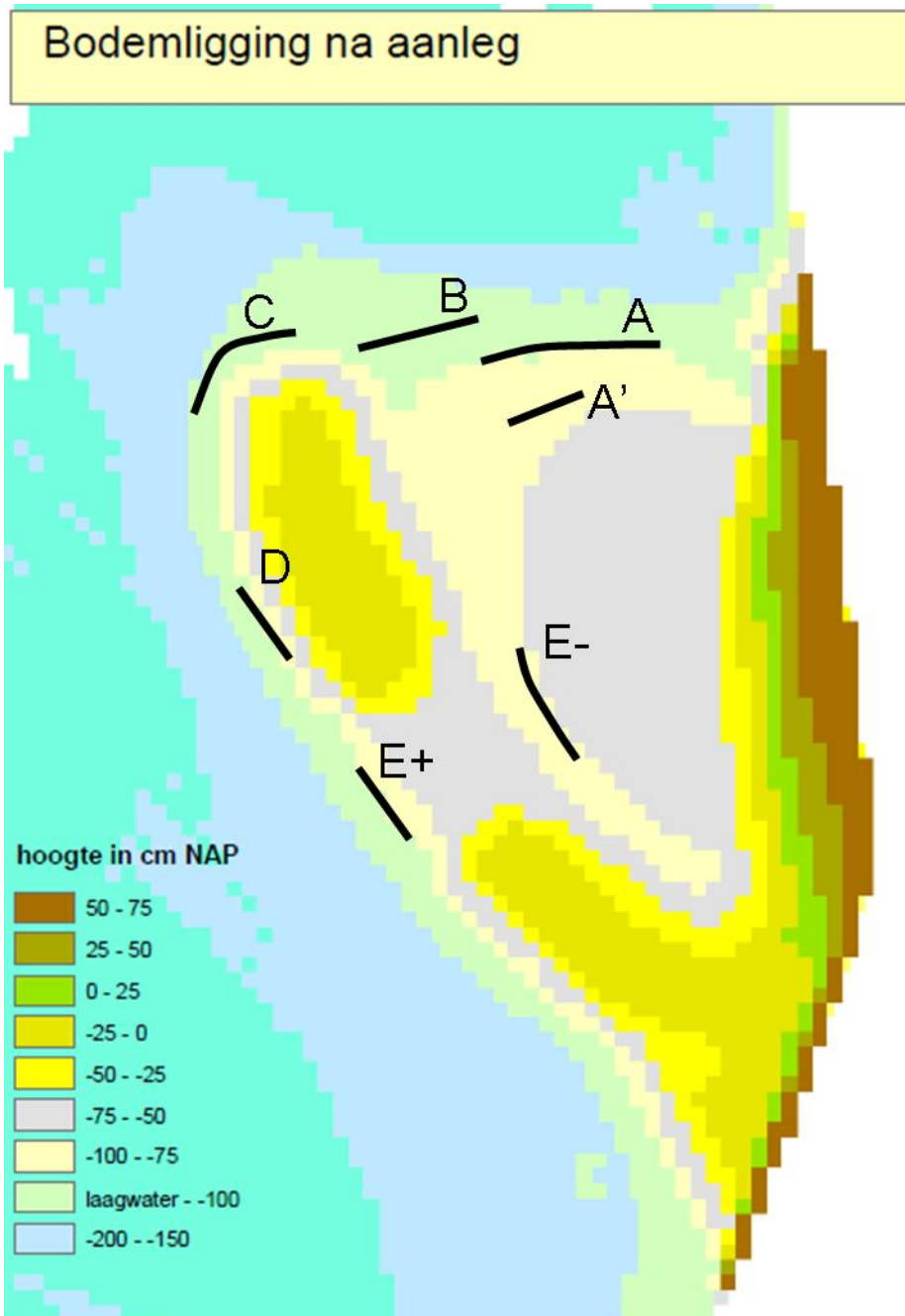


de huidige stroming noord-zuid. Het stromingspatroon na de suppletie is moeilijk te voorspellen. De verwachting is dat het van de hogere delen naar het dichtstbijzijnde laaggelegen deel stroomt tijdens eb. De vloed komt op uit het noorden en wordt van af een zeker moment aangevuld met een vloedstroom door het gat aan de westkant. Een uitgebreide analyse van de stroming mist echter. Numerieke simulaties zijn nodig om een beeld van de stroming te krijgen.

#### *De locaties*

De locaties zijn gedefinieerd in twee fases: In de eerste fase zijn vijf deelgebieden gedefinieerd waar riffen mogelijk positieve effecten zouden kunnen hebben, in de tweede ronde is gedetailleerder gekeken naar afmetingen en exacte locatie. In deze ronde vielen een aantal locaties af, omdat ze onrealistisch bleken of overeen kwamen met een andere locatie.

In figuur 3 zijn de potentiële gebieden aangegeven (A-E). De locaties A, D en E blijken het meest geschikt. We geven voor alle 5 de locaties aan waarom we ze geschikt, dan wel ongeschikt zijn. Figuur 4 geeft de afmetingen van de riffen op de uiteindelijk gekozen locaties en aan.



*Figuur 3. Overwogen locaties van oesterriffen*

*Locatie A (basisrif: hoogte: 0.3 m; breedte: 10 m; lengte: 250 m; Diepte: -1.1 m; cascaderif (A'): hoogte: 0.2 m; breedte: 10 m; lengte: 100 m; Diepte: -0.8 m)*

Dit rif zal het binnengebied moeten beschermen tegen golfaanval vanuit het (noord)westen. Vanuit deze richting worden hogere golven verwacht vanwege de grotere strijklengte. Het rif wordt op de -1.1 m diepte contour gelegd en heeft een hoogte van 0.3 m. Op deze manier wordt bij maximale golfhoogte (ca 0.8 m) zelfs het hoogste punt in het binnengebied door het rif beïnvloed. Om het hoogste deel van het binnengebied ook te beschermen tijdens mildere condities wordt een tweede rif op -0.8 m aangelegd met een hoogte van 0.2 m. Tevens biedt dit rif de mogelijkheid de combinatie van meerdere riffen ('cascade') te bestuderen.

Aangetoond kan worden of het rif, naast de reductie in golfhoogte, sediment transport kan tegenhouden. Daarom wordt een lang onderste rif (250 m) voorgesteld, terwijl het bovenste rif 100m lang wordt om een vergelijking tussen een gebied met en zonder cascade te kunnen maken. De hoogte van het laagste rif is enkele centimeters groter dan die van de bestaande riffen van De Val en Viane om effectief te zijn bij een grotere range aan waterdieptes en golfhoogtes; voor het hoger gelegen rif is dit niet nodig. De breedte van beide riffen is gelijk gekozen aan die van de bestaande riffen in verband met verwachte inzanding vanaf de plaat.

#### *Locatie B*

Deze locatie komt te vervallen, omdat deze weinig toegevoegde waarde heeft ten opzichte van locatie A en vanwege de ligging beneden de laagwaterlijn moeilijker aan te leggen is.

#### *Locatie C*

Op deze plek zou het rif de hoge delen van suppletie moeten beschermen. Door de steile helling, golven van verschillen kanten en het relatief hoog gelegen gedeelte dat beschermd moet worden, is dit een ongeschikte plek voor een oesterrif.

*Locatie D (rif: hoogte: 0.4 m; breedte: 7.5 m; lengte: 100 m; Diepte: -0.8 m)*

Eenzijds willen we met dit rif de verplaatsing van de suppletie naar de oostzijde vertragen. Anderzijds willen we hier kennis op doen met een rif dat wat hoger (0.4 m, 25 % hoger) en smaller (7.5 m, 25 % smaller) is. De buitenzijde van de suppletie wordt vooral blootgesteld aan golven vanuit het zuidwesten (tot een hoogte van 0.4 m). Bovendien zijn we geïnteresseerd in de effecten van het rif bij een wat steilere helling. Deze locatie is mede bepaald, omdat hier ruimte is om een referentie gebied ten noorden van het rif aan te wijzen.

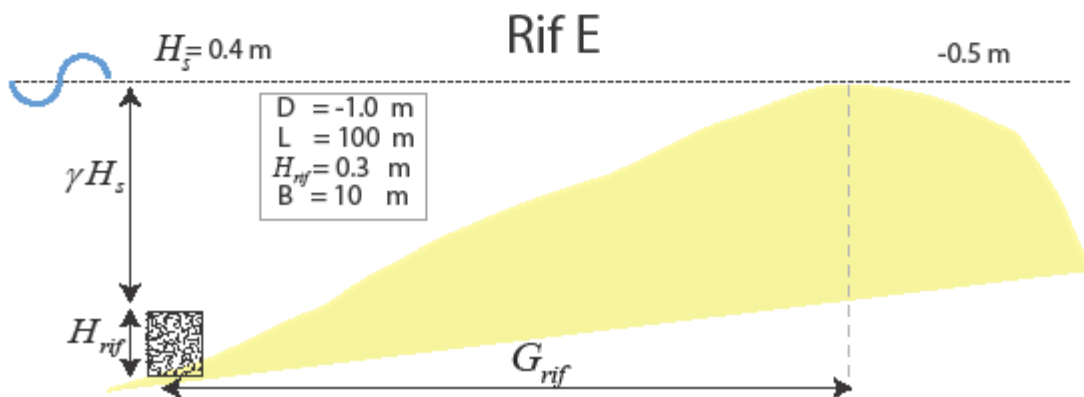
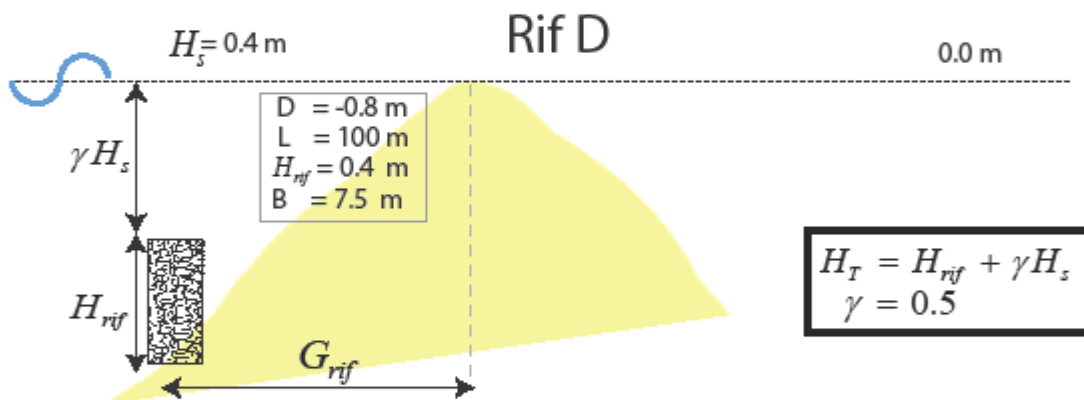
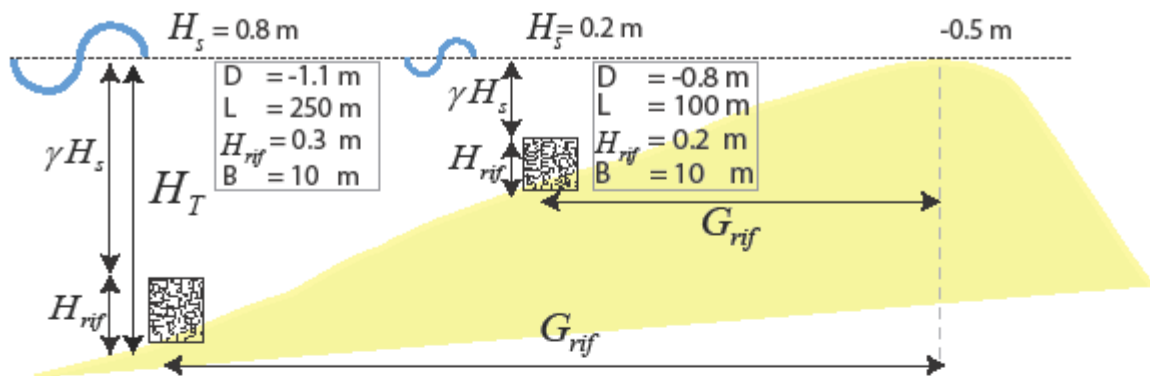
Een helling van 1:100 is vrij steil en geeft daarmee een lage effectiviteit van het oesterrif. Ook vanuit ecologisch oogpunt is het wenselijk om de helling te verlagen. Wij stellen voor om hier maximaal een helling van 1:200 toe te passen.

*Locatie E- of E+ (rif: hoogte: 0.3 m; breedte: 10 m; lengte: 100 m; diepte: -1.0 m)*

Er zijn twee mogelijkheden om het gebied achter de opening in de suppletie te beschermen tegen golven tijdens gematigde condities (golven uit het zuidwesten). Een rif (E-) kan aangelegd worden in het binnengebied, op vergelijkbare wijze als op locatie A. Het rif is dan vooral bedoeld om golven te dissiperen. Een rif (E+) kan ook vlak voor de opening aangelegd worden. Dit rif kan naast het effect van golfdissipatie ook invloed hebben op de stroming.

De effect van de eerste optie (E-) is vergelijkbaar met rif A. Het verschil is de oriëntatie en de plaatsingshoogte, omdat we het binnengebied nu beschermen tegen andere golven. Dit rif is pas effectief als het gat tussen de suppletie voldoende is geïrodeerd. De tweede optie is rif E+ aan de buitenkant van de suppletie. De voet van het rif komt op dezelfde diepte contour als rif A. Dit rif zal niet alleen het binnengebied (zoals bij rif E-) beschermen, maar ook de opening in het suppletiegebied zelf. Het is ook een uitgelezen plek om de interactie van een rif met de stroming te bekijken. Naar verwachting zullen er geultjes ontstaan tussen de hogere suppletie en het rif. Achter het rif verwachten we dan sedimentatie. De hogere delen zullen naar waarschijnlijkheid niet beïnvloed worden door dit rif, aangezien de stroming zich zal concentreren in de geultjes langs het rif. Juist deze interactie tussen golven, stroming, sediment transport en het rif creëert een meerwaarde voor zowel de toepassing als de kennisontwikkeling.

## Cascade Rif A



Figuur 4. Dimensies van riffen en beschermd gebied locaties A, D, en E (ontwerp)

### Samenhang

Uiteindelijk worden er drie locaties voorgesteld om de suppletie en het binnengebied te beschermen. De combinatie van deze riffen op verschillende diepten en met verschillende afmetingen, beschermt enerzijds het binnengebied en vertraagt erosie van de suppletie zelf. Het cascade rif op locatie A beschermt het binnengebied vooral tijdens ruigere condities en houdt het noordwaarts gerichte sedimenttransport tegen.

De riffen op locaties D en E+ vertragen de erosie van de suppletie door bescherming te bieden tegen golven onder normale omstandigheden. E+ biedt tevens bescherming van het binnengebied en geeft extra inzicht in stroming rondom het rif. Er moet nog een keus worden gemaakt tussen de riffen E- en E+.

## **Monitoring**

Met het suppleren van intergetijdengebieden is nog niet veel praktijkervaring opgedaan, laat staan met het type van suppleren zoals bij de Oesterdam zal plaatsvinden. Hetzelfde geldt voor de rol die oesterriffen kunnen hebben als erosieremmende maatregel in combinatie met een zandsuppletie. Het project Veiligheidsbuffer Oesterdam is een proef en heeft als belangrijk doel te leren van de gekozen aanpak. Een gedegen monitoring is daarbij noodzakelijk.

Naast de opvolging van morfologische en ecologische veranderingen in het proefgebied ten gevolge van de suppletie en de aanleg van de oesterriffen, moeten ook fysische metingen uitgevoerd worden die inzicht verschaffen in het effect van de suppletie en de riffen op stromingen, golven en sedimenttransporten. Hiervoor zal EcoShape een bijdrage leveren aan het monitoringsplan dat door Witteveen & Bos in opdracht van de Coalitie Oesterdam zal worden voorbereid.