



Pilot zandige vooroever Houtribdijk

Samenvatting



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat



Contact

Spuiboulevard 210,
3311 GR Dordrecht
+31 78 6111 099
info@ecoshape.nl
www.ecoshape.nl

Samenvatting

In de periode van 2014 tot 2018 is een pilot uitgevoerd voor een zandige versterking van de Houtribdijk. In 2013 was al onderzocht of de benodigde versterking van de Houtribdijk gedeeltelijk met zand zou kunnen in plaats van met breuksteen. De kennis over de werking van zandige voorlanden in een meeromgeving bleek echter nog te beperkt voor goede besluitvorming, in tegenstelling tot beschikbare kennis over voorlanden aan de kust. Rijkswaterstaat en Stichting EcoShape formuleerden daarom samen een onderzoeksvoorstel om via een pilot deze kennis te vergroten. Het doel van de pilot was kennis te ontwikkelen over de toepassing van zandige versterkingen voor dijken met milde golfcondities. Met deze kennis zou het ontwerp en uitvoering van waterkeringen in een meeromgeving goedkoper kunnen.

De volgende vragen zijn onderzocht:

- Wat zijn mogelijke optimalisaties van de aanleg?
- Hoe moet dit type zandige oplossingen worden getoetst?
- Hoe ziet de beheer- en onderhoudsfase eruit en wat zijn daarvan de kosten?

Onderzoekopzet en financiering

De pilot is bestond uit een voorland van zand aan de zuidkant van de Houtribdijk, ter hoogte van Trintelhaven. Het ontwerp van de driehoekige proefsectie was 400 meter lang en 150 meter breed en werd aan de noordkant begrensd door de Houtribdijk en aan de westzijde door een damwandconstructie die loodrecht op de dijk was aangebracht. De waterlijn van het zandpakket lag loodrecht op de gemiddelde golfvalsrichting van het Markermeer. Om de ontwikkeling van vegetatie onder verschillende omstandigheden te onderzoeken werd in een deel van de proefsectie klei (holoceen materiaal) door de toplaag gemengd. Het voorland is vier jaar gemonitord. In totaal zijn 23 inmetingen uitgevoerd. De monitoring startte in september 2014. De laatste inmeting vond op 20 maart 2018. De pilot is gefinancierd uit het HWBP-innovatiebudget (€ 3,7 miljoen) en door EcoShape (€0,7 miljoen). EcoShape partners Arcadis, Deltares, Wageningen Environmental Research, Royal Haskoning DHV en HKV voerden de pilot uit in opdracht van het HWBP van Rijkswaterstaat.

Ontwikkeling van de vegetatie

Een belangrijk onderdeel van de pilot bestond uit onderzoek naar vegetatie op het voorland. Vegetatie op voorlanden heeft in veel gevallen een golfremmende werking. Bovendien beperkt vegetatie de erosie en gaat het stuifoverlast tegen. Een van de deelvragen ging daarom over het beheer en onderhoud en de golfremmende werking van deze vegetatie. Binnen de proefsectie is een aantal vakken gedefinieerd waarbinnen verschillende combinaties van vegetatie en ondergrond zijn onderzocht. De vakken verschilden in aanplant van vegetatie (wel of geen aanplant), bescherming tegen foeragerende vogels en het mengen van holoceen materiaal (klei) door de toplaag. Een belangrijke conclusie is dat het innemen van holoceen materiaal, zeker in het beginstadium, een groot positief effect heeft op de groei van de vegetatie. Foeragerende vogels hebben een duidelijk negatief effect op de beplanting.

Het onderzoek naar golfremmende werking van rietvegetatie rond de oeverlijn bleek lastig: de golfwerking was te sterk voor het aangebrachte riet waardoor deze niet goed aansloeg. Verschillende pogingen bleken weinig succesvol. Deze ervaring sluit aan bij de elders opgedane inzichten dat rietvegetatie nauwelijks bestand is tegen golven hoger dan grofweg 20 cm.

Ontwikkeling zandvolume en profielvorm

De hoeveelheid zand is vrijwel nagenoeg gelijk gebleven ondanks de soms zware stormomstandigheden met golven tot 1,2 m hoog. Dit geldt zowel voor de gehele proefsectie als voor het loodrecht op de oeverlijn liggende dwarsprofiel. Een stabiele zandige oplossing in een meeromgeving is dus daadwerkelijk mogelijk.

De vorm van de pilot is gedurende de looptijd van de pilot wél veranderd. Het dwarsprofiel heeft zich ontwikkeld in een lager gelegen vooroever en een steiler deel rond de waterlijn. Het steilere, hoger gelegen deel (dwarshelling ongeveer 1 : 10) beweegt mee met de heersende golfvalsrichtingen. Een periode met bijvoorbeeld meer

zuidoostelijke windrichtingen leidde tot een draaiing van de het hoger gelegen deel met de klok mee en een aangroei van de kustlijn ter plaatse van de damwandconstructie. De buitencontour van het lagere deel van het profiel (beneden NAP-1 m) vertoont dit gedrag niet. Dit nam de vorm aan van een plateau.

Functie en werking plateau

Op grond van de waarnemingen bleek het nog niet goed mogelijk de functie en werking van dit plateau goed te verklaren. Medio 2017 is besloten om een deel van het resterende projectbudget te gebruiken om dit te onderzoeken. Dit aanvullende onderzoek bestond uit twee onderdelen, namelijk:

- Fysische metingen op het plateau zoals golfhoogten en stroomsnelheden
- Het monitoren van het effect van een lokale afgraving van het plateau, om de werking van het plateau te onderzoeken.

De analyse van de fysische metingen van het plateau leverde aanvullende inzichten op over het verloop van de hydraulische condities over het plateau. Dit heeft bijgedragen aan een betere validatie van het morfologisch model XBeach. Een belangrijk resultaat is ook dat er een rekenmodule aan dit model is toegevoegd waarmee de steile profielvorm rond de waterlijn veel beter reproduceerbaar is. Een andere conclusie is dat de huidige versie van het rekenmodel een (te) beperkte gevoeligheid laat zien voor de effecten van de korreldiameter.

De monitoring van de lokale afgraving leverde inzichten op over de werking van het plateau. De hypothese was dat indien het plateau een beschermende werking zou hebben voor het deel rond de waterlijn, het gedeeltelijk afgraven van dit plateau hier vrijwel direct zou leiden lokale erosie. Uit de waarnemingen blijkt echter dat de afgraving geen grote impact had op het gedeelte rond de waterlijn. De opvulling van het aangebrachte 'gat' vond namelijk vooral aan de beide zijkanten plaats als gevolg van stroming langs de pilot (langstransport), en niet vanuit het hoger gelegen deel (dwarstransport). Conclusie is dus dat het plateau geen duidelijke beschermende werking heeft op het hoger gelegen deel van het voorland..

Vorming van het plateau

De vorming van het brede plateau lijkt tenminste voor een deel samen te hangen met de specifieke vormgeving van de proefsectie, namelijk de aanwezigheid van damwand en dijk. Dit is af te leiden uit het feit dat er gedurende de onderzoeksperiode sprake was van extreme hydraulische condities met de hoogste windsnelheid, de hoogste waterstand en golfhoogten tot ruim 1 m en er zelfs toen geen significant effect op de waterlijn aanwezig was.

Verschil tussen meer en open kust

De aanwezigheid van de karakteristieke profielvorm met een steil profiel rond de waterlijn en een vrijwel horizontaal plateau onder water is het meest markante verschil met de situatie aan de kust. De oorzaak is dat er in een meer geen getij aanwezig is. Wel is er in een meer een sterke samenhang tussen waterstand en golfhoogte. De wind zorgt namelijk zowel voor het opstuwten van de waterstand als voor de inkomende golfaanval. Een zwaardere golfaanval gaat samen met een hogere waterstand. Het niveau van het vlakke plateau lijkt samen te vallen met het niveau waarop de golven effectief kunnen aangrijpen bij verschillende combinaties van opzet van de waterstand en golfhoogten.

Resultaten en conclusies van de pilot

De belangrijkste conclusies zijn van de pilot zijn:

Vegetatie

- Zware golfslag belemmert de groei van vegetatie langs de waterlijn
- Bijmengen van klei door het zand heeft in het begin een positief effect op de vegetatiegroei
- Foeragerende vogels hebben een negatief effect op de vegetatieontwikkeling

Morfologie

- Het voorland blijft goed liggen en er is weinig zandverlies
- Voor het voorland (meerzijde) heeft zich onverwacht een plateau gevormd.
- Dit plateau heeft echter geen duidelijke beschermende werking voor het voorland
- Het model XBeach is gevalideerd en uitgebreid op basis van de gegevens over vorming van het plateau

- De damwand en dijk hebben als opsluitconstructie effect gehad op de vorm van het zandpakket en de vorm van het plateau.

Lessons Learned en Guidelines

Een van de doelen van de pilot was om ontwerprichtlijnen (guidelines) te maken voor toekomstige zandige voorlanden en de geleerde lessen vast te leggen. Er zijn guideline en lessons learned documenten over vergunningen en aanleg en er zijn guidelines voor beheer en onderhoud en ontwerp van dijk-voorlandsystemen. Ook is er een document business case met mogelijke andere locaties voor zandige voorlanden. De documenten zijn vrij beschikbaar op de website van EcoShape. De belangrijkste punten uit deze documenten zijn:

Vergunningen

- Snelste manier om in een Natura2000 gebied de benodigde vergunningen te krijgen (Lessons learned)
- Eisen vanuit vergunningverlening en hoe deze toe te passen in het ontwerp (Guideline)

Aanleg

- Ervaringen tijdens aanleg en analyse van de opgetreden zettingen en zandverliezen. (Lessons learned)
- De mate waarin het ontwerp qua geometrie daadwerkelijk is gerealiseerd. (Lessons learned)
- Leidraad voor kosteneffectieve aanleg van grootschaligere voorlandoplossingen (Guideline)

Ontwerp en beoordeling dijk-voorlandsystemen

- Een overzicht van de technische belemmeringen om het ontwerp te beoordelen?
Deze komen voort uit het gebrek aan concrete rekenregels. Het document bevat daarom ook:
- Aanzet voor ontwikkeling van concrete rekenregels voor ontwerp van zandige voorlanden
- Handvatten voor ontwerp en beoordeling van voorlandoplossingen voor (bestaande) dijken.
- Handvatten voor de integrale beoordeling van de veiligheid van de hybride waterkeringen

Beheer en onderhoud

- De standzekerheid bij een zandig voorland is deels afhankelijk van de keuzes die al in het ontwerpstadium worden gemaakt. Dit komt doordat ook profielvorm en bodemopbouw onderdeel zijn van het ontwerp. Dit heeft grote invloed op de morfologische ontwikkeling van het voorland zelf en op de vegetatieontwikkeling.
- Slimme keuzes in de ontwerpfasen maken het mogelijk om te sturen op de uiteindelijke veldsituatie en het benodigde beheer en onderhoud.

Het document Business-Case bevat tot slot een verkenning van mogelijkheden voor de aanleg van een voorlandoplossing op andere type locaties.

Bijdrage aan andere projecten

Een van de hoofddoelstellingen van de pilot was gericht op het toepassen van de resultaten in zowel lopende als komende HWBP-projecten. De kennis uit de pilot is inmiddels toegepast bij de dimensionering van de zandige versterking van de Houtribdijk en de zandige buitenranden van de Marker Wadden. Verder zijn de inzichten ook toegepast bij de versterking van de Markermeerdijken tussen Hoorn en Edam, de zogenaamde oeverdijk. De pilot heeft dus al tijdens de uitvoering bijgedragen aan projecten in en om het Markermeer.

Beschikbaarheid ingewonnen data

Alle data die tijdens de looptijd van de pilot is ingewonnen is beschikbaar. Ook de onderliggende technische rapportages zijn openbaar. Deze datasets hebben een zogenaamde DOI en blijven gegarandeerd (minimaal) 15 jaar bewaard en ontsloten.

Nog openstaande vragen

Het merendeel van de onderzoeksvragen uit de pilot is beantwoord. Vragen die nog openstaan zijn:

- Hoe beschermt vegetatie het voorland tegen golfwerking? Beantwoording van deze vraag was niet mogelijk omdat deze golfwerking op de pilotlocatie te zwaar was.

- Wat zijn de mogelijkheden van het grootschalig gebruik van holocene materiaal in het voorland?
Beantwoording van deze vraag was niet mogelijk omdat de schaal van de pilot te klein was om holocene materiaal als kernmateriaal te gebruiken. Als doormenging in de toplaag kan natuurlijk wel.
- Hoe ontwikkelt de aangeplante en spontane vegetatie zich op het zandige voorland? Beantwoording was niet mogelijk vanwege de beperkte duur van de pilot (drie groeiseizoenen).

De aanbeveling is om het antwoord deze vragen alsnog te onderzoeken binnen de twee lopende versterkingsprojecten Markermeerdijk en Houtribdijk.

Nieuwe vragen en vervolgonderzoek

De resultaten van de pilot geven richting aan vervolgonderzoek naar de morfologische verschillen tussen zandige voorlanden aan de kust en de meeromgeving. Met name interessant zijn:

- Effecten van windopzet en golfhoogte op de morfologische ontwikkelingen. Met de projecten Houtribdijk en Marker Wadden en een aantal andere locaties is contact over de het inwinnen van gegevens over profielmetingen in combinatie met waterstanden en golfhoogten. Dit gebeurt binnen het Kennis- en Innovatieprogramma voor de Markerwadden en de Living Labs. Op de versterking van de Markermeerdijk komen in een later stadium ook drie locaties voor gegevensinwinning. De combinatie van windopzet en golfhoogte verschilt naar verwachting op elk van de onderzoekslocaties, wat leidt tot een ander niveau van het plateau.
- Nader onderzoek naar het effect van de opsluitconstructie van damwand en dijk, door andere locaties te onderzoeken zonder deze constructie.

Deze vervolgvragen geven invulling aan een van de pijlers van het door ENW opgestelde 'Beter leren keren'-voorstel, waarbij de monitoring over de projecten heen wordt ingericht. Beantwoording van kennisvragen gebeurt daardoor efficiënter en effectiever.

Contact

Spuiboulevard 210,
3311 GR Dordrecht
+31 78 6111 099
info@ecoshape.nl
www.ecoshape.nl