



STEENBEKLEDING PUTTERZEEDIJK

Een onderzoek naar een inpasbare oplossing voor
de problemen omtrent de steenbekleding



Bachelor Eindopdracht Civiele Techniek
Paul Bakker
S1390198
UNIVERSITEIT TWENTE.

Steenbekleding Putterzeedijk

Een onderzoek naar een inpasbare oplossing voor de problemen omtrent de steenbekleding

Definitief

P. J. J. Bakker
20 juli 2015

Stageperiode: 13 april – 3 juli 2015

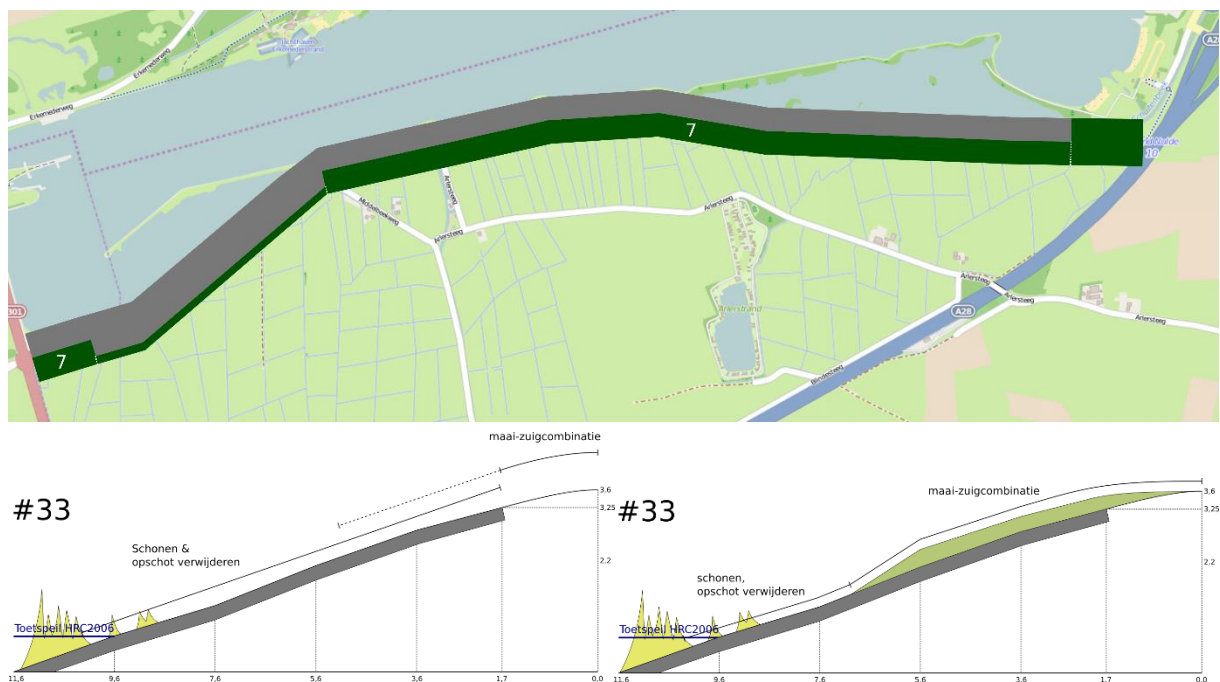
Stagebegeleider: J. T. Borgers
Waterschap Vallei en Veluwe
Apeldoorn

Begeleidend docent: M. S. Krol
Universiteit Twente
Civiele Techniek

Samenvatting

De Putterzeedijk is onderdeel van de zuidelijke randmeerdijken (dijkring 45). Deze dijken zijn op het buitentalud met een bekleding bestaande uit natuur- en basaltstenen afgewerkt. De steenbekleding is in de tweede toetsingsronde goedgekeurd, maar hierbij is wel de voorwaarde gesteld dat schade aan de bekleding dient te worden hersteld. De bekleding kent namelijk losse stenen, open ruimten tussen stenen, gaten in de steenzetting en verzakkingen. Tezamen met de gladheid, oneffenheid en de beperkte zichtbaarheid van de steenbekleding, maakt dit het buitentalud slecht te beheren. Het doel van dit onderzoek is het komen tot een inpasbaar en robuust advies voor het beheer van het buitentalud van de Putterzeedijk op de lange termijn en, indien nodig, aanpassingen die dit beheer mogelijk maken.

Dit onderzoek heeft geleid tot de oplossing weergegeven in het onderstaande figuur. Voor de Putterzeedijk zijn de twee omliggende Natura2000-gebieden van groot belang. Door aan de teen of het ondertalud van de dijk niks te veranderen, is er van compensatiemaatregelen en risico's binnen dit kader geen sprake. Herstellen van de steenbekleding (als toplaag) op manieren anders dan met zetsteen conflicteert met het periodiek opschonen van de steenbekleding. De zetstenen zullen uit het buitentalud van de Putterzeedijk zelf moeten worden gehaald. De steenbekleding op het boventalud wordt amper of niet hydraulisch belast. Door het boventalud met klei te overdekken, kunnen stenen hier vrij worden uitgehaald. De kleilaag maakt tevens het ondertalud beter te bereiken. Dit betekent een gematigde verbetering van de mogelijkheden tot beheer van de Putterzeedijk. Er zijn grotere winsten te halen, maar deze gaan gepaard met aanzienlijk grotere investeringen en een verlies aan inpasbaarheid.



De Putterzeedijk moet worden opgedeeld in deeltrajecten. Wanneer de dijk als één traject wordt beschouwd is het niet mogelijk het buitentalud aan te passen, én de korstmossen en de cultuurhistorische waarde van de steenbekleding te behouden. Door de Putterzeedijk op te delen zijn er veel verschillende alternatieven te formuleren. In dit rapport zijn de meeste mogelijkheden beschouwd. Er zijn echter maar een aantal alternatieven opgesteld. Door mogelijkheden te combineren of binnen het traject anders te plaatsen, zijn er meer alternatieven te formuleren. Het eerste lijkt niet van toegevoegde waarde te zijn. Het tweede wel. Het is daarom mogelijk in bepaalde

opzichten van het de formulering van voorkeursalternatief af te wijken. Zo lang de volgende principes van het alternatief intact worden gelaten:

- Die rietkraag wordt niet verwijderd en aan de teen van de dijk wordt niets veranderd;
- Zo lang het andere belangen dan beheer niet te veel schaadt, wordt de steenbekleding tot 7m van de kruin met een laag van lichte klei overdekt;
- Waar de steenbekleding bovenop ligt, wordt deze naar zijn oude staat hersteld. Hiervoor worden stenen uit de overdekte steenbekleding gebruikt;
- Er wordt een significant gedeelte van het traject van de Putterzeedijk cultuur-historisch verantwoord hersteld;
- Bij het eventueel herplaatsen van korstmossen wordt gelet op de mogelijkheden tot beheer, de expositie, de steensoort van de omliggende stenen en de ligging ten opzichte van de visstekken;

Het is op dit moment niet mogelijk de steenbekleding voor het hele traject van de Putterzeedijk met vooruitzicht op de vierde toetsingsronde goed te keuren. Dit komt door onzekerheden in de te hanteren hydraulische randvoorwaarden en een zwakte van de Putterzeedijk voor materiaaltransport vanuit de ondergrond dat op één plaats kan leiden tot het faalmechanisme 'Erosie onderlagen'.

Het is daarom aangeraden de vierde toetsingsronde af te wachten. Wanneer de vastgestelde hydraulische randvoorwaarden tot een onvoldoende leiden, is het vervolg de steenbekleding ter plaatse van P5 open te breken en de bouw van de filterlagen opnieuw te bepalen, of een kwalitatief oordeel te vellen. Indien de steenbekleding na deze stappen nog steeds onvoldoende scoort, zal het voorkeursalternatief moeten worden aangepast. Dit kan worden gedaan door voor het oostelijke gedeelte van de Putterzeedijk een beheerberm aan te leggen of hier de originele steenbekleding te vervangen met een kunststenen bekleding. Deze maatregelen zijn minder inpasbaar dan (de principes van) het voorkeursalternatief en vergen grote investeringen. De maatregelen zo klein mogelijk houden is daarom gewenst. Om de strekking van de problemen vast te stellen, zullen er extra steekproeven tussen P2 en P9 moeten worden gedaan.

Voorwoord

Voor u ligt het rapport ter afsluiting van mijn stage bij Waterschap Vallei en Veluwe te Apeldoorn en daarmee ook direct mijn bacheloropleiding Civiele Techniek aan de Universiteit Twente in Enschede. Het is het einde van een periode die begin 2015, toen ik voor een mogelijkheid met Reindert Stellingwerff contact opnam, is begonnen. Tenslotte kon ik bij Joost Borgers terecht voor een opdracht met betrekking tot de steenbekleding op de Putterzeedijk.

Tijdens mijn stage heb ik de kans gehad te proeven van de sfeer op het waterschap en de rol die het waterschap binnen de maatschappij heeft. De eerste week kon ik nog net deel nemen aan een excursie voor stagiairs en een cursus dijkbewaking. In de weken daarna, ondanks een lange to-do list, heb ik mijn ogen open gehouden en geleerd. Ik heb mijn tijd bij het waterschap als een aangename periode ervaren. Ookal was het eerst wel even wennen.

Ik zou graag de mensen op de afdeling Planvorming willen bedanken voor hun vriendelijkheid en openheid. De medewerkers Peter van Beers, Peter Boone, Evert Jansen, Gerard Willemsen verdienen het voor hun bereidheid regelmatig met mij van gedachten te wisselen extra te worden uitgelicht. Tenslotte was de totstandkoming van dit rapport niet mogelijk zonder de hulp van mijn twee begeleiders. Daarom wil ik graag Joost Borgers (vanuit Waterschap Vallei en Veluwe) en Maarten Krol (vanuit Universiteit Twente) hartelijk bedanken.

Enschede, 20 juli 2015
Paul Bakker

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	2
Voorwoord	4
1. Inleiding	6
2. Omgevingsanalyse	9
3. Actorenanalyse	12
4. Programma van Eisen	14
5. Afwegingskader	16
6. Ontwerpinsteek	18
7. Selectie mogelijke oplossingen.....	21
8. Uitwerking mogelijkheden.....	23
Mogelijkheid 1: Behouden en herstellen met zetsteen	23
Mogelijkheid 2: Grasbekleding in combinatie met een beheerberm	24
Mogelijkheid 3: Grasbekleding zonder beheerberm.....	26
Sub-mogelijkheid 3a: Maai-zuigcombinatie	26
Sub-mogelijkheid 3b:Drukbeweiding	27
9. Formulering alternatieven.....	29
Alternatief 1.....	29
Alternatief 2.....	32
Alternatief 3.....	34
10. Beoordeling alternatieven	37
11. Robuustheid voorkeursvariant	39
12. Conclusie.....	43
13. Aanbevelingen	44
Referentielijst	47
Bijlage 1a Trajectstudie Putterzeedijk vanaf de A28	48
Bijlage 1b Dijkvakindeling Putterzeedijk vanaf de A28	49
Bijlage 2 Toelichting spreiding van actoren.....	51
Bijlage 3 Toelichting Programma van Eisen.....	54
Bijlage 4 Analyse Natura2000.....	58
Bijlage 5 Opname schade steenbekleding Putterzeedijk	63
Bijlage 6 Eenheidsprijzen kostenraming.....	64
Bijlage 7 Overzicht alternatieven naar criteria	66
Bijlage 8 Steentoets 2014	68
Bijlage 9 Gegevens Promovera 3.0 HRC2006	74

1. | Inleiding

Nederland staat bekend om zijn dijken die de lage gronden beschermen tegen buitenwateren. Wanneer de dijk dit onder maatgevende waterstanden niet kan doen, is er sprake van falen van de waterkering. Er zijn verschillende faalmechanismen te noemen. Deze zijn: overloop, overslag, macro-instabiliteit (zowel binnen als buitenwaarts), micro-instabiliteit, piping of opstuwing, instabiliteit van de vooroever en instabiliteit van de toplaag (nb, 2008). De toplaag beschermt de dijk kern, bestaande uit fijn materiaal, tegen erosie. In het geval van een steenbekleding vertrouwen de toplaagelementen op onderlinge wrijving om stabiel te blijven. Hiervoor is een zetverband zonder te veel gebreken nodig. Zo lang de krachten die de stenen op hun plek houden groter zijn dan de krachten van de golven op en stromingen langs de toplaag, is de toplaag stabiel (Moser, Kok, & Thijs, 2008).

Probleemstelling

De Putterzeedijk (onderdeel van dijkkring 45 'Gelderse Vallei' aan het Nulder nauw) is een oude dijk en heeft een steenbekleding op het buitentalud die op plaatsen in slechte staat verkeert. De steenbekleding is in de tweede toetsingsronde (landelijke toetsing van de waterkeringen) goedgekeurd met de voorwaarde dat de schade aan de bekleding dient te worden hersteld. De schade aan de steenbekleding bestaat uit losse stenen, gaten en verzakkingen in de steenzetting. De oneffenheden inherent aan de steenzetting, de gladheid van de stenen en de beperkte zichtbaarheid van de steenzetting door overwoekering maken, in combinatie met de schade aan de steenbekleding, het betreden van het buitentalud niet verantwoord. Dit geldt voornamelijk voor het ondertalud van de dijk waar niet kan worden gemaaid en verwoekering problematisch is. Het talud moet echter worden belopen om de steenbekleding te inspecteren en opschot op het ondertalud te verwijderen.

Doelstelling

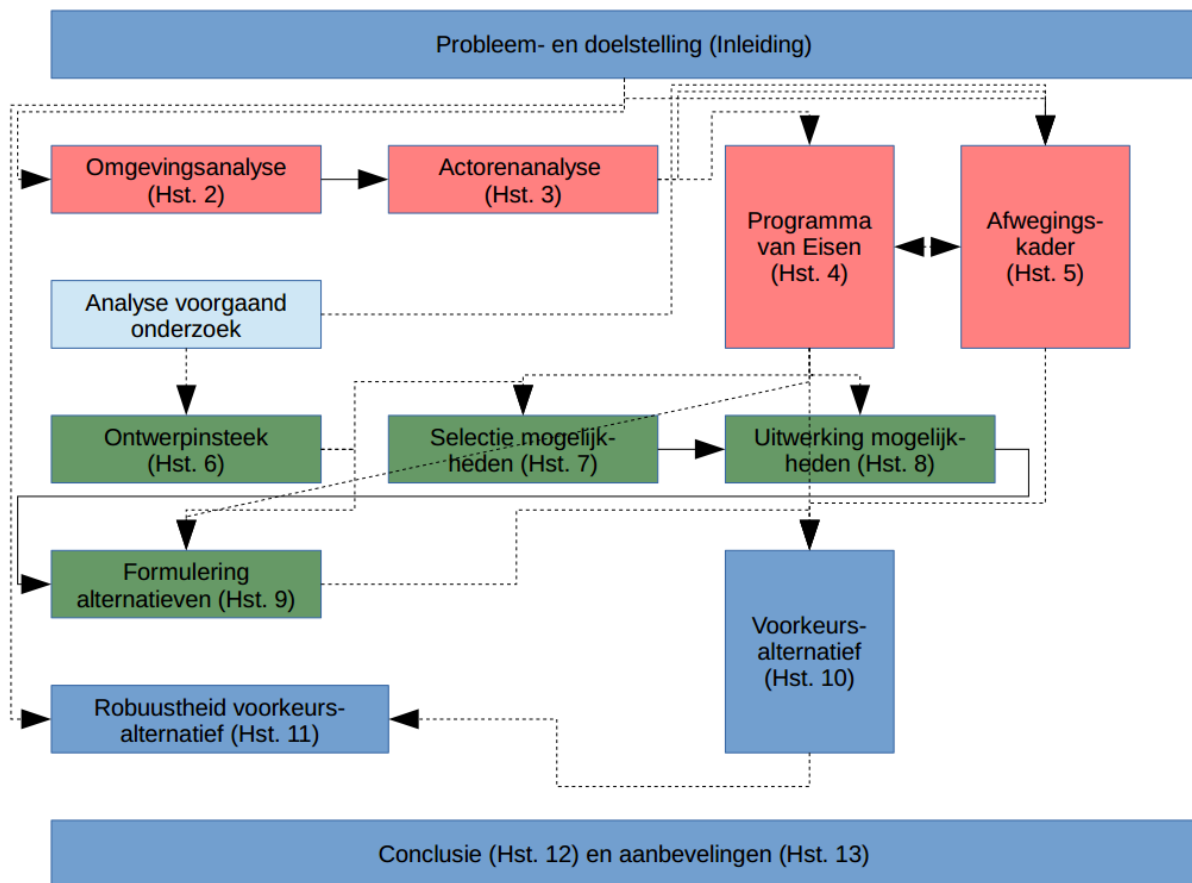
Het doel van dit rapport is het geven van een inpasbaar en robuust advies met betrekking tot het beheer van de buitentaludbekleding voor de Putterzeedijk op de lange termijn en, indien nodige, aanpassingen van het buitentalud waarmee dit kan worden verwezenlijkt. Met 'inpasbaar' wordt gestreefd naar een realistisch advies dat het meest eenvoudig en met de minst negatieve effecten voor de omgeving van de Putterzeedijk kan worden overgenomen. 'Robuust' doelt onder andere op het feit dat het advies bestand moet zijn tegen onzekerheden en mogelijke toekomstige veranderingen.

Afbakening

In dit rapport wordt alleen gekeken naar de maatregelen die moeten worden genomen om de stabiliteit van de steenbekleding te waarborgen. Hieronder valt het onderhouden en inspecteren van de steenbekleding, inclusief het toetsen van de steenbekleding. In eerste instantie wordt de inkadering beperkt tot het traject van de Putterzeedijk. In de aanbevelingen wordt het rapport gespiegeld met de aansluitende Arkemheense Zeedijk. Dit betekent dat er wordt gekeken in hoeverre de bevindingen ook voor de Arkemheense van kracht zijn (zeer algemene bevindingen kunnen nog verder buiten de originele context worden gebruikt, maar hiertoe worden geen inspanningen gedaan).

Procesbeschrijving

In plaats van een alleen een leeswijzer te geven, wordt hier vooral ook geprobeerd het proces toe te lichten. Figuur 1-1 geeft dit in globale lijnen weer. In deze figuur is ook de positie van verschillende onderdelen en de samenhang tussen de onderdelen binnen de hoofdtekst van het rapport zien. Hiermee worden niet alle maar wel het gros van de verbanden binnen dit rapport opgevangen.



Figuur 1-1 | Overzicht onderzoeksproces en opbouw rapportage

Om tot een inpasbaar advies te komen, wordt ingezoomd op de omgeving van de Putterzeedijk. Deze beschouwing van de omgeving is bedoeld om de lezer een goed beeld te geven van de dijk en bovendien een opzet te geven voor de actorenanalyse. De actorenanalyse gebruikt een spreiding om een keuze te maken welke belangen nader te beschouwen en draagkracht voor het advies te creëren. De belangen die uiteindelijk worden meegenomen, worden als items binnen het Programma van Eisen vertegenwoordigd. De opbouw van het Programma van Eisen is afhankelijk van de samenwerking met het afwegingskader. Hier wordt straks dieper op ingegaan. Voor het Programma van Eisen is met actoren contact geweest en zijn er binnen het waterschap gesprekken gehouden.

Om te leren van eerdere rapporten en tot een hernieuwd advies te komen, is het onderzoek van advies- en ingenieursbureau RPS geanalyseerd. Dit heeft informatie geleverd voor het afwegingskader en is van invloed geweest op de manier waarop alternatieven zijn geformuleerd (ontwerpinsteek). Daarnaast is het rapport van RPS gebruikt om de verzameling van alternatieven te vergroten.

Om tot een voorkeursalternatief te komen is een afweging tussen verscheidene alternatieven gedaan. Het afwegingskader is deels in lijn met de multicriteria-analyse van RPS opgebouwd. Op een aantal punten wordt er echter afgeweken. Dit is gedaan om ervoor te zorgen dat de afweging beter bij de huidige situatie met betrekking tot de Putterzeedijk past. Hierbij is gebruik gemaakt van onder andere de actorenanalyse, en de probleem- en doelstelling. Het afwegingskader werkt nauw samen met het Programma van Eisen.

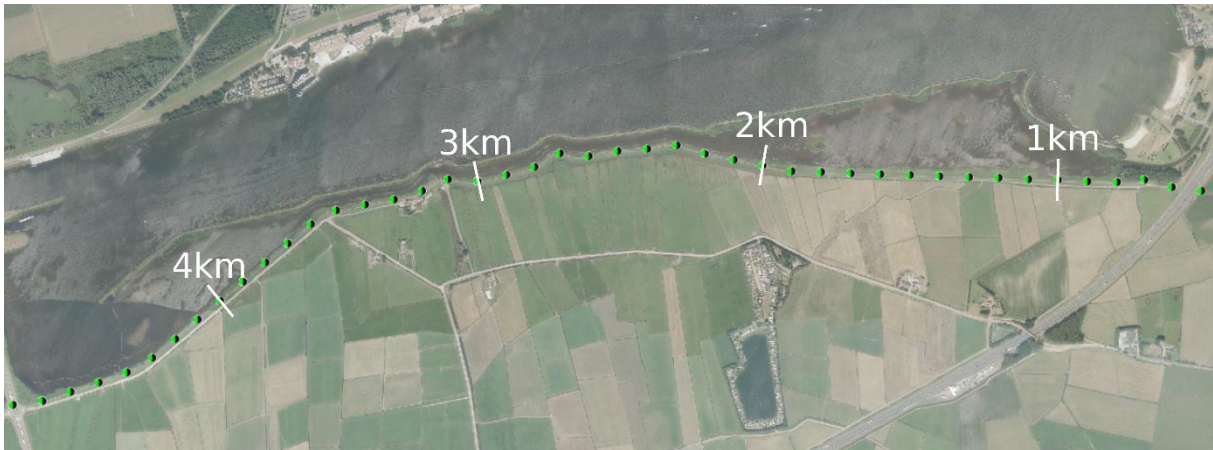
Het formuleren van alternatieven is gedaan volgens een ontwerpinsteek die drie stappen kent. De eerste is het maken van een voorselectie van kansrijke mogelijkheden. Deze mogelijkheden worden vervolgens verder uitgewerkt waarna alternatieven worden geformuleerd. In dit proces is steeds aandacht geschonken aan het Programma van Eisen. Met een beoordeling van de alternatieven (in dit

rapport geformuleerd of overgenomen van RPS) bestaande uit een toetsing aan het Programma van Eisen en het invullen van het afwegingskader is tenslotte een voorkeursalternatief gevonden. Dit alternatief is qua inpasbaarheid het beste voor de Putterzeedijk.

Naast inpasbaar moet het advies ook robuust zijn. Daarom is onderzocht of een aantal onzekerheden en discussiepunten het voorkeursalternatief of de afweging kunnen beïnvloeden. De analyse kent in zijn kern de volgende vragen: Wat speelt er, wat zijn de gevolgen voor het voorkeursalternatief en hoe kan het binnen het voorkeursalternatief worden opgevangen.

2. | Omgevingsanalyse

Om ervoor te zorgen het advies inpasbaar is, wordt als eerste een omgevingsanalyse gedaan. In de analyse wordt steeds vanuit een bepaald thema naar de Putterzeedijk gekeken. Deze omgevingsanalyse geeft een aanzet voor het uitvoeren van een actorenanalyse. In de omgevingsanalyse komen namelijk actoren of aspecten waaraan actoren kunnen worden gekoppeld, naar voren. Daarnaast biedt dit hoofdstuk een duidelijk en omvattend beeld van de dijk en zijn omgeving waarop terug kan worden gevallen.



Figuur 2-1 | Satellietfoto 2013 Putterzeedijk

Directe omgeving

De Putterzeedijk loopt van het begin van de straat 'Voordijk' tot de hoogte van de Nijkerkersluis en heeft daarmee een lengte van 4,7km. De Putterzeedijk keert aan de zuidzijde van de het Nulderneauw het buitenwater voor de achterliggende Arkemheense polder. Naar het oosten (ter hoogte van 0,6km) wordt de functie van de Putterzeedijk overgenomen door de aardebaan van de A28. Het gedeelte van de Putterzeedijk van 0 tot 0,6km ligt niet aan het Nulderneauw en steekt als een met gras bekleed grondlichaam de polder in. Dit gedeelte kent geen hydraulische belastingen meer en is daarom niet van belang. Wanneer wordt gesproken over het traject van de Putterzeedijk, wordt het traject vanaf de A28 bedoeld. Van 0,6 tot 0,8km beschikt de Putterzeedijk over voorland. Dit voorland gaat over in Strand Nulde. Door dit voorland ligt de bekleding op het buitentalud van dijkvak 1 in de luwte en komt er nauwelijks water bij. Dit dijkvak is binnen toetsingen van weinig belang en is om deze reden 1 met het opschonen van de Putterzeedijk in 2014 niet meegenomen (Boone, 2015).

Op 4,7km eindigt de Putterzeedijk bij de N301 (Berencamperweg) welke naar de Nijkerkersluis leidt. De Nijkerkersluis kent twee kunstwerken, een schut- en een spuisluis en valt onder het beheer van Rijkswaterstaat directie IJsselmeergebied. Door de ligging achter de Nijkerkersluis wordt de Putterzeedijk beschouwd als een primaire waterkering categorie C (Veldhuizen, 2013).

De overzijde van het Wolderwijd wordt grotendeels gebruikt door (kleine) stranden en een jachthaven behorende tot het 'Erkemedstrand'.

Waterhuishouding

Het Nulderneauw heeft een open verbinding naar het Wolderwijd waardoor kan worden gezegd dat de twee meren in grote mate van elkaar afhankelijk zijn. Het Nulderneauw spuit via de Nijkerkersluis op het Nijkerkernauw. Op de Veluwerandmeren wordt een kunstmatig meerpeil gehanteerd. Dit streefpeil is voor de zomer- en wintermaanden verschillend. Het zomerstreefpeil is -0,10m+NAP en het winterstreefpeil is 0,30m+NAP (Van der Wildt, 1992). Het zomerstreefpeil zou afhankelijk van de waterbehoefte meer flexibel worden, maar dit wordt niet doorgezet. Ook hoeft er door het vergroten

van de pompcapaciteit (Borgers, 2015) geen rekening te worden gehouden met de stijgingen van de streefpeilen als gevolg van klimaatveranderingen en zeespiegelstijgingen (den Bieman & Smale, 2014).

Achter het grootste gedeelte van de Putterzeedijk, met uitzondering van km 0-0,8 en 3,1-3,5 loopt een kwelsloot. Oppervlaktewater uit de Arkemheense polder wordt door een gemaal ter hoogte van 3,1km op het buitenwater geloosd. De installatie die dit verzorgt staat dicht tegen de dijk aan. Het oude Putter Stoomgemaal wordt door de stichting 'Vrienden van het Putter Stoomgemaal' beheerd. Ter hoogte van 0,6km bevindt zich aan de voet van de A28 een inlaat die gebruik maakt van een duiker onder het grondlichaam van de A28 en de Putterzeedijk door.

Voor de Putterzeedijk ligt het project 'Delta Schuitenbeek'. Deze delta wordt door een vooroeverwal die vanaf de monding van de Schuitenbeek (0,8km) loopt tot aan de gemeentegrens van Putten op 5,4km. De delta is aangelegd om het water uit de Schuitenbeek en het Puttergemaal langer apart te houden en de waterkwaliteit te verbeteren alvorens deze het Nuldernauw instroomt. De zuiverende werking wordt verzorgd door een rietmoeras die ook een belangrijk onderdeel is van natuurontwikkeling binnen de delta (Reeders, 1997). Door de aanwezigheid van de vooroeverwal is scheepvaart vlak langs de dijk uit te sluiten.

Situatie in de Arkemheense polder

Vanaf de N301 loopt (in zowel oostelijke als westelijke richting) een weg de Arkemheense polder in. Deze weg ('Zeedijk' genaamd) loopt van 4,7 tot 3,3km langs de voet van de Putterzeedijk. Ter hoogte van 3,6km kruist het de 'Middelbeekweg' die van de dijk af en als de 'Arlersteeg' op omstreeks 400m afstand evenwijdig met de Putterzeedijk oostelijk naar de A28 loopt. Ter hoogte van de kruising 'Zeedijk-Middelbeekweg' is er een parkeerplaats en een fietspad de dijk op. Hier is de buitentalud van de dijk zeer goed te bereiken. Bij Waterschap Vallei en Veluwe bestaat het vermoeden dat de schade aan de taludbekleding ter hoogte van deze op- en afrit het gevolg is van het uithalen van stenen door mensen.

Het land direct achter de Putterzeedijk wordt gebruikt voor agrarische doeleinden. De gronden zijn vanaf de weg 'Zeedijk' toegankelijk. De agrarische bedrijven zijn geclusterd in de buurt van het Puttergemaal. Hier is ook bebouwing aan de binnenvoet van de dijk aanwezig. Langs de Arlersteeg zijn nog twee objecten van bebouwing ter hoogte van omstreeks 1,5km en een recreatieplek het 'Arlerstrand' ter hoogte van 2,1km te vinden.

De dijk zelf

Kijkend naar de dwarsprofielen van de Putterzeedijk, kan worden opgemerkt dat het talud ter hoogte van de steenbekleding uit grofweg twee hellingen en daarmee ook taluddelen bestaat. Deze twee taluddelen zijn het boventalud met een helling van 1:3 of flauwer, en het ondertalud met een helling van over het algemeen steiler dan 1:3. Het buitentalud heeft een gemiddelde taludlengte van 12m en de steenbekleding heeft een gemiddelde taludlengte van 10,5m. Het bovenste gedeelte van het buitentalud bestaat uit een grasbekleding.

Vanaf het Strand Nulde loopt er een fietspad over de kruin richting de Arkemheense Zeedijk. Tezamen met de ontsluiting door de N301 en de parkeermogelijkheden maakt dit de Putterzeedijk, het buitentalud daar gelaten, goed toegankelijk. De Putterzeedijk wordt dan ook door recreanten gebruikt. Waar wandelaars en fietsers zich hoogstwaarschijnlijk tot de kruin (fietspad en grasstroken ernaast) beperken, begeven sportvissers zich ook op het buitentalud.

Sportvisserij

Ten behoeve van sportvisserij zijn aan de teen van de Putterzeedijk twee visstekken aanwezig. Deze visstekken bestaan uit voor de dijkvoet geplaatste damwanden en zijn aangevuld met zand. De oostelijke visstek loopt van omstreeks 1,8 tot 2,1km en de westelijke van omstreeks 3,7 tot 3,9km. De westelijke visstek wordt in de zomermaanden naar waarnemingen door ongeveer 4 vissers per dag benut. De oostelijke visstek wordt aanzienlijk minder gebruikt. Dit wordt voornamelijk toegeschreven aan de beperkte bereikbaarheid van de visstek. Naast het gebruiken van de visstekken wordt er in het algemeen langs de hele oever van de Delta Schuitenbeek gevist. Dit wordt gedaan op de vlakkere stukken dijkvoet (oostzijde van het Puttergemaal en dan vooral richting Strand Nulde) (Wever, 2015).

Flora en Fauna

Op steenbekleding van het buitentalud komen op meerdere plaatsen Rode Lijst korstmossen voor. Het buitentalud van de Putterzeedijk wordt daarom op drie punten gemonitord. Op twee hiervan bevonden zich in 2012 ter hoogte van 3,5-3,6km en 4,0-4,5km nog korstmossen (RPS, 2012). Hoewel Waterschap Vallei en Veluwe niet wettelijk verplicht is tot het in stand houden van de korstmossen, ziet het waterschap dit wel als haar maatschappelijke plicht en is het behouden van de korstmossen daarom van belang.

Het Nuldernauw is reeds onderdeel van Natura2000-gebied #76 'Veluwerandmeren'. Voor dit gebied gelden de Vogel- en Habitatrichtlijn. Voor de Arkemheense Polder bestaat er een aanwijzingsbesluit als Vogelrichtlijngebied (Natura2000-gebied #56 'Arkemheen') (Ministerie van Economische Zaken, 2015).

Het bevoegd gezag van een Natura2000-gebied bestaat uit, waar aanwezig, 3 ministeries (EZ, I&M, Defensie) en de 12 provincies. Een partij binnen het bevoegde gezag is in zijn mandaat gebonden aan het eigendom van percelen. De partij met het grootste aandeel binnen het gebied en fungeert als voortouwnemer (publiek persoon voor het bevoegd gezag). Het beheer van Natura2000-gebied #56 (Arkemheen) is ondergebracht bij Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten en particulieren. Voor Natura2000-gebied #76 (Veluwerandmeren) zijn dit Staatsbosbeheer, Rijkswaterstaat, Natuurmonumenten en particulieren.

Verkaveling en grenzen

De Putterzeedijk bevindt zich in zijn geheel binnen de grenzen van provincie Gelderland. Het traject van de Putterzeedijk valt binnen twee gemeenten. Van 0-4,4km is dit gemeente Putten en van 4,4-4,7km is dit gemeente Nijkerk. Vanaf de teen van de dijk het water in, zijn de kavels van de Rijksoverheid. Achter de dijk zijn kavels in het bezit van Bureau Beheer Landbouwgronden, Staatsbosbeheer en particulieren. De grond onder de dijk is van de teen tot de kwelsloot van Waterschap Vallei en Veluwe.

3. | Actorenanalyse

De omgevingsanalyse heeft een overzicht gegeven van de belangen van mogelijke betrokkenen bij een project omtrent de Putterzeedijk. Deze belangen worden gerepresenteerd door een actor (een instantie, vereniging of groep particulieren). Om in te schatten hoe bepaalde actoren mee moeten worden genomen, wordt er een actorenanalyse gedaan. In deze analyse zijn de actoren naar twee eigenschappen geordend, namelijk de macht die een actor binnen het project heeft en het belang die de actor bij zijn betrokkenheid heeft. Deze ordening leidt tot een indeling naar vier groepen. Deze zijn 'crowd', 'subjects', 'key players' en 'context setters'. Binnen deze groepen is het mogelijk een verdere spreiding van actoren aan te houden. Het is echter niet mogelijk een degelijke spreiding met kleine verschillen te verantwoorden. Daarom is er gekozen deze spreiding niet verder te brengen dan een indicatieve rangorde binnen de groepen. De toelichting op de spreiding weergegeven in figuur 3-1 is in bijlage 2 opgenomen.



Figuur 3-1 | Spreiding van betrokken actoren naar vier groepen

Beschrijving groepen

Hieronder volgt een korte beschrijving van elke groep en een beschrijving hoe deze groep in dit rapport wordt meegenomen.

Crowd

De actoren behorende tot de groep 'crowd' kennen geen blijvende (negatieve) veranderingen als gevolg van de werkzaamheden aan het buitentalud van de Putterzeedijk. Ze beschikken verder over weinig middelen om zich te mengen met het proces. 'Recreatie Nulderneauw' en 'Stichting vrienden van het Putter Stoomgemaal' beschikken over meer middelen dan de andere in de groep, maar zijn door hun kleine belang hier ingedeeld. Het informeren van deze groep om onnodige hinder te voorkomen, denk bij verkeer aan het tijdig aankondigen van wegafsluitingen en aangeven van alternatieve routes, zal nodig zijn.

Subjects

Subjects ondervinden van de nieuwe situatie of gedurende de uitvoering dermate veel invloeden dat met deze groep rekening moet worden gehouden. Voor de actor 'particulieren dichtbij' kan dit het beste worden gedaan door de actor geïnformeerd te houden en in overleg te treden om te kijken hoe de belangen van de actor gefaciliteerd kunnen worden. Hierbij wordt vooral gedacht aan aanpassingen aan de fasering of uitvoeringsmethoden om de overlast te beperken. Het opnemen van de actor in het proces van begin af aan is niet nodig (De Vor, 2015). De actor 'recreatie Nulderneauw' kan op eenzelfde manier worden gefaciliteerd. De belangen van de actoren 'BLWG', 'aannemer' en 'recreante gebruikers' is dermate groot dat het voor de draagvlak zeer bevordelijk is wanneer deze wel in het proces worden betrokken.

Context setters

Context setters zullen zich vrij afzijdig houden. Zo lang hun belangen niet worden geschaad, zullen zij zich niet mengen in het project. Wanneer zij zich mengen, kunnen zij vrij veel teweeg brengen. Voor dit project wordt verwacht dat de actoren binnen deze groep zich afzijdig zullen houden. Door de inkadering en omvang zullen geen belangen van de context setters worden geschaad. Wanneer dit wel het geval is, zal in het proces rekening met hen moeten worden gehouden. Nu zal naar verwachting informeren volstaan.

Key players

Actoren behorende tot de groep 'key players' spelen een actieve rol binnen het project. Om voldoende draagvlak onder de key players te verkrijgen, zullen ze moeten worden meegenomen. De belangen van de key players zijn meegenomen in het Programma van Eisen.

4. | Programma van Eisen

Om ervoor te zorgen dat de op te stellen alternatieven en het uiteindelijke advies voldoen aan de doelstelling wordt er een Programma van Eisen opgesteld. Het programma van Eisen is een overzicht van de verschillende aspecten waaraan moet worden voldaan, die mee moeten worden genomen, of die gewenst zijn om in te voegen. Zoals te zien is, kennen de items van het Programma van Eisen een bepaalde mate van prioriteit. Afhankelijk van de mate van prioriteit is een item (van hoge naar lage dwang) gecategoriseerd als een randvoorwaarde, eis of wens.

Naast de bovengenoemde categorisering is er een onderverdeling naar vijf groepen aangehouden. De groepen zijn 'Kosten', 'Waterveiligheid', 'Beheer', 'Ecologie' en 'Beleving'. Deze vijf groepen sluiten aan op de bouw van het afwegingskader en vergemakkelijken het terugvinden van de items binnen het PvE. Het afwegingskader en het Programma van Eisen zijn sterk met elkaar verbonden. Bij het formuleren van alternatieven wordt ook volgens de criteria gewerkt. Daarnaast wordt gebruik gemaakt van verwijzingen naar de items binnen het PvE. Hiervoor wordt de code voor de items gebruikt.

Samenstellen

Het Programma van Eisen is op basis van verschillende bronnen samengesteld. Een belangrijk uitgangspunt is de actorenanalyse. Om een actor te vertegenwoordigen is in eerste instantie gebruik gemaakt van documentanalyse of literatuurstudie, en gesprekken met medewerkers van het waterschap. Wanneer dit niet tot genoeg informatie leidde, is contact opgenomen met de actor zelf. Met de nieuwe inzichten is gepoogd eenduidige items te formuleren. Wanneer dit niet mogelijk was is er weer opnieuw overlegd met medewerkers van het waterschap. Dit hoofdstuk bevat alleen een opsomming van de items. In bijlage 3 worden de items toegelicht. Hier is ook te zien dat belangen soms dermate conflicteren dat één voorrang moet worden verleend. Dit is in overleg met medewerkers van het waterschap gedaan.

Kosten

(R01) Het advies moet, kijkend naar de kosten, te verantwoorden zijn.

(E01) Het advies moet rekening houden met een levensduur van 50jaar.

Waterveiligheid

(R02) Indien de steenbekleding als toplaag wordt gezien, moet deze voldoen aan de steentoetsing binnen het Wettelijk Toetsings Instrumentarium.

(R03) Indien de steenbekleding als toplaag wordt gezien, moeten de vastgelegde schadebeelden worden verholpen.

(R04) Indien een grasbekleding als toplaag wordt gezien, moet het aannemelijk zijn dat deze van voldoende kwaliteit zal blijven om binnen het WTI als erosiebestendig te worden beschouwd.

Beheer

(E02) Indien meerdere soorten taludbekledingen in de lengterichting of dwarsdoorsnede worden gebruikt, mag dit niet leiden tot een beheerbeeld van een lappendeken.

(E03) Het introduceren van nieuwe bekledingstypen tot het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe moet als fout worden beschouwd.

(W01) Het is van meerwaarde wanneer het voorgestelde beheer overeenkomt met de mogelijkheden van de huidige aannemer.

Indien steenbekleding wordt toegepast:

(E04) De steenbekleding moet arbotechnisch verantwoord te beheren zijn.

(E05) De steenbekleding moet elke zes jaar worden geschoond zodat de steenbekleding goed zichtbaar is.

(E06) Opschot moet elke jaar van de steenbekleding worden verwijderd.

(W02) Het aansluiten van de opschoonmethode op de voorgaande schoningen is gewenst.

Indien grasbekleding wordt toegepast:

(E07) Indien een maai-hooi combinatie wordt toegepast, moet er een beheerberm aanwezig zijn.

(E08) Ten behoeve van de bereikbaarheid moeten beheertrajecten aaneengesloten zijn.

(E09) Spoorvorming op de taludbekleding dient voorkomen te worden.

(E0901) Indien een beheerberm wordt aangelegd, moet deze voldoende breed zijn om meerdere sporen te rijden of over meerdere ontsnappingsmogelijkheden beschikken.

(E0902) Indien een beheerberm wordt aangelegd, moet deze voldoende hoog zijn om in de zomermaanden gedurende normale omstandigheden met materieel te berijden.

Ecologie

Korstmossen:

(E10) De korstmossen op het buitentalud van de Putterzeedijk moeten behouden blijven.

(E11) Indien met korstmos begroeide stenen worden verplaatst, is voorzichtigheid geboden.

(E12) Als korstmossen worden behouden, moet de steenbekleding waar deze groeien vrij worden gehouden van andere vormen van begroeiing, zoals gras, brandnetels en riet.

(W03) Indien met korstmos begroeide stenen worden verplaatst, is het gewenst dat deze met enige clustering terug worden geplaatst.

Natura2000:

(R05) De werkzaamheden aan de Putterzeedijk mogen de instandhoudingsdoelstellingen van Natura2000-gebieden #76 'Veluwerandmeren' en #56 'Arkemheen' niet (tijdelijk) bemoeilijken.

Beleving

Sportvisserij:

(E13) De mogelijkheden tot hengelsport langs het Nuldernauw moeten behouden blijven.

(E14) De visstekken moeten vanaf de kruin van de dijk te bereiken zijn.

Cultuurhistorie:

(E15) Met cultuurhistorische waarden moet verantwoord en volgens beleid om worden gegaan.

(E1501) De steenbekleding moet (voor een significant gedeelte van het traject van de Putterzeedijk) voor de gehele taludlengte bewaard blijven en zichtbaar zijn.

(E1502) Indien steenbekleding om cultuur-historische redenen zichtbaar blijft, moet herstel en onderhoud cultuur-historisch verantwoord gebeuren (d.w.z. met dezelfde soort zetsteen).

5. | Afwegingskader

De op te stellen alternatieven worden beoordeeld door middel van een afwegingskader. Het alternatief dat het beste wordt beoordeeld (het voorkeursalternatief) zal voor de Putterzeedijk best inpasbaar zijn. Het afwegingskader wordt onder andere ingevuld naar hoe gunstig of ongunstig een alternatief voor een criterium wordt beschouwd. De huidige situatie wordt in dit geval niet als ijkpunt gebruikt, maar wel als vertrekpunt.

Samenwerking met randvoorwaarden PvE

Het afwegingskader werkt op twee manieren samen met het Programma van Eisen. Ten eerste worden in het PvE randvoorwaarden ondergebracht. Waterveiligheid is iets waar alle alternatieven aan behoren te voldoen. Deze is daarom opgenomen in randvoorwaarden en niet als een criterium. Beleidsmatig wordt veel waarde gehecht aan de kosten van een alternatief. Deze is daarom ook als randvoorwaarde opgenomen. Indien een voorkeursalternatief meer kosten met zich draagt, moet dit ook in een meerwaarde voor de criteria terug te zien zijn.

Naast randvoorwaarden worden in het Programma van Eisen eisen en wensen opgenomen die bepalend kunnen zijn voor de beoordeling van de criteria. Bij het invullen van de criteria wordt daarom onder andere gebruik gemaakt van een toetsing van het Programma van Eisen. Criteria worden ook op basis van eigenschappen van het alternatief zelf ingevuld. Welke criteria worden gehanteerd en op welke eigenschappen bij een criterium wordt gelet, wordt hieronder verder toegelicht.

Criteria

Voor de criteria is in eerste instantie gekeken naar de criteria die door RPS zijn gehanteerd. Deze criteria zijn toentertijd met het waterschap afgesproken. De criteria "Onderhoud" en "Inspecteerbaarheid" zijn overgenomen en geschaard onder de noemer 'Beheer'. Het criterium "Flora en Fauna" is hernoemd naar 'Ecologie' en gesplitst in de criteria 'Natura2000' en 'Korstmossen'. Het criterium 'Cultuur-historische waarde' is na de voorgaande hoofdstukken (omgevings- en actorenanalyse) hernoemd tot 'Beleving'.

Het criterium "Planning/Procedureel" wordt niet meegenomen. Binnen de multicriteria-analyse van RPS was dit criterium van belang aangezien de Putterzeedijk toentertijd aangemeld was voor het nu lopende Hoogwaterbeschermingsprogramma HWBP-2. Dit is niet meer het geval. De Putterzeedijk is aangemeld voor het HWBP en heeft daarom een nieuwe tijdshorizon. Of de plannen op korte termijn kunnen worden uitgevoerd, is daarom op het moment van minder belang. Daarnaast is de voornaamste redenen voor de plannen niet meer geldig en leidt het aansluiten op bestaande plannen bij voorbaat tot het denken in een bepaalde richting.

Met de kosten (bestaande uit de beheer- en onderhoudskosten, en investeringskosten) wordt omgegaan als beschreven in het Programma van Eisen. Dit is tevens overeenstemmend met de handelswijze van RPS. De kosten van het alternatief worden naast de opgetelde scores voor de criteria gehouden.

Tabel 5-1

Alternatief #	Beheer		Ecologie		Beleving	Totaal	Kosten
	Onderhoud	Inspecteerbaarheid	Korstmosse	Natura2000			
Geformuleerd							
1	-2 ... +2	-2 ... +2	-2 ... +2	-2 ... +2	-2 ... +2	-10 ... +10	€.../jaar
...							
Beschouwd door RPS (gehele Putterzeedijk)							
....							

Doordat de noemers beheer en ecologie beiden uit twee criteria bestaan, zullen deze noemers binnen de afweging zwaarder wegen dan beleving. Hier is bewust voor gekozen. Met het opstellen van het afwegingskader zijn medewerkers van Waterschap Vallei en Veluwe gevraagd verschillende aspecten te rangschikken naar belang. Op basis van deze inventarisatie kan een verschil in Beheer en Ecologie, en Beleving worden onderbouwd. Tussen Beheer en Ecologie bestaat er te weinig verschil.

Onderhoud: Op het moment wordt het onderhoud (van het ondertalud) als ongunstig ervaren. In hoeverre verkleint of vergroot het alternatief de benodigde inspanningen om het buitentalud in goede staat te houden. Hierbij speelt onder andere de bereikbaarheid, het soort onderhoud en de beschikbaarheid van het materieel een rol.

Inspecteerbaarheid: Voor de inspecteerbaarheid speelt de omvang van de benodigde opschoningen een rol. Ook is het van belang met welk gemak een inspectie van de toplaag uitgevoerd kan worden en of er mogelijkheden zijn om inspecties op het oog uit te voeren. Op het moment scoort dit criterium negatief.

Korstmossen: Van de korstmossen is bekend waar deze liggen. Zodoende kan per alternatief ook goed worden bepaald of de korstmossen achteruit gaan en in welke mate. De huidige situatie, met het periodiek schonen van korstmossen, is overwegend positief voor de korstmossen.

Natura2000: Door de ligging van de Putterzeedijk tussen twee Natura2000-gebieden in, vormen deze een belangrijk onderdeel binnen ecologie. Het is niet mogelijk de gevolgen voor de Natura2000-gebieden in te schatten. Dit komt doordat:

- De schade aan de ecologie afhankelijk is van de definitieve invulling van de aanpak van de Putterzeedijk en de werkzaamheden die plaats zullen gaan vinden;
- De omvang van de werkzaamheden aan de Putterzeedijk verschillen met die beschouwd in eerdere rapporten;
- Het gedrag van organismen niet te voorspellen is. Waarnemingen, telwaarden en conclusies uit rapporten zijn daarmee tijdsgebonden en kunnen veranderen (Peter van Beers).

Bij de score voor dit criterium wordt daarom bekeken hoeveel rekening er met Natura2000 belangen gehouden moet worden en hoe gecompliceerd de situatie daardoor wordt. Dit criterium is een uitzondering op de regel en kent geen startwaarde.

Beleving: Coöperatie Randmeren houdt zich bezig met het meer aantrekkelijk maken van het gebied voor recreatie. Hierin speelt de zichtbaarheid van de cultuur-historische steenbekleding een belangrijke rol, maar niet de enige. De beleving van de dijk is bijvoorbeeld ook afhankelijk van de aanwezigheid van schapen op de dijk of de mogelijkheden tot recreatie. Deze zijn als bevorderlijk te zien. De cultuur-historische waarde is voornamelijk afhankelijk van de trajectlengte aan herstelde steenbekleding die zichtbaar is. Hierbij wordt in de eerste kilometer meer waarde gerealiseerd dan in langere lengtes (Willemsen, 2015). Indien de steenbekleding niet zichtbaar maar wel aanwezig is, heeft de dan steenlaag ook nog een cultuur-historische waarde. Op het moment is het criterium beleving als positief te beoordelen.

6. | Ontwerpinsteek

Het formuleren van alternatieven wordt in een drietal stappen gedaan. Om deze stappen en keuzes binnen deze stappen toe te lichten, worden in dit hoofdstuk een aantal onderdelen van de centrale ontwerpinsteek behandeld. Het is daarbij ook van belang aan te geven waarin (en waarom) deze insteek verschilt met die gevolgd door RPS.

Vergelijking met RPS

In het advies van de RPS werden de dijken binnen het project PAO (Putterzeedijk, Arkemheense Zeedijk en Oostdijk) als één gezien. Daarmee werd niet alleen de Putterzeedijk gelijk gesteld aan de Arkemheense Zeedijk en de Oostdijk, maar werd de Putterzeedijk zelf ook als één traject gezien. Door dit laatste is het niet mogelijk alternatieve bekledingen te combineren met de criteria die de inpasbaarheid beoordelen. Dit is ook terug te zien in de multicriteria-analyse uitgevoerd door RPS. Om dit tegen te gaan is besloten het traject van de Putterzeedijk vanaf de A28 niet als één traject, maar als opgebouwd uit meerdere kleine trajecten te beschouwen. Deze kleine trajecten worden 'dijkvakken' genoemd. De dijkvakken fungeren als de ontwerp vrijheid voor het formuleren van alternatieven in deze studie (stap 3).

Opdeling naar dijkvakken

De opdeling naar dijkvakken is gedaan naar een aantal eigenschappen van de buitentaludbekleding. Deze zijn:

- Noodzaak van de steenbekleding
- Staat van de steenbekleding
- Golfbelasting

De noodzaak van de steenbekleding is een eerste randvoorwaarde. Wanneer een grasbekleding op een gedeelte van de dijk niet kan voldoen, moet hier worden gekozen voor een harde bekleding. De grastoets uitgevoerd in 2003 heeft aangetoond dat voor het grootste gedeelte van het traject van de Putterzeedijk een grasbekleding in principe voldoet (DHV Milieu en Infrastructuur, 2003). Een klein gedeelte van het traject (4,55-4,70km) heeft de benaming 'Ontwerp harde bekleding'. De exacte betekenis van deze benaming is onbekend, maar het is aannemelijk en tevens een conservatieve benadering deze als 'vereiste aanwezige harde bekleding' te vertalen.

Volgens de steentoetsing uitgevoerd in 2003 voldoet de bouw van de steenbekleding aan de steentoets. De stenen zijn zwaar genoeg, het talud is flauw genoeg en zo verder. De staat van de steenbekleding op de Putterzeedijk is echter wisselend. De staat van de bekleding is onderverdeeld naar 'goed' (egale gezette steenbedekking), 'matig' (enkele steen ligt los, ontbreekt, of holle ruimte tussen stenen) en 'slecht' (meerdere stenen ontbreken of liggen los) (DHV Milieu en Infrastructuur, 2004). Deze onderverdeling is overgenomen. Om aan waterveiligheid te voldoen, moet de gehele steenbekleding naar het oordeel 'goed' worden gebracht.

De invloed van golfbelasting (de hydraulische belastingen) wordt door de toetsresultaten van de grastoets al grotendeels opgevangen. Binnen golfbelasting is toch gekozen de oriëntatie van het buitentalud apart op te nemen. Zodoende worden dijkvakken van meer gelijke lengte verkregen. Daarnaast is het, wanneer ervoor wordt gekozen dijkvakken met steenbekleding te behouden, aannemelijk deze dijkvakken zo te kiezen dat ze een ongunstige oriëntatie hebben ten opzicht van de maatgevende windrichting.

Voor dijkvak 2 t/m 9 is een vooroeverdam aanwezig. Deze vooroeverdam zou een reducerende werking kunnen hebben op de golfwerking. Echter is deze vooroeverdam puur uit ecologisch oogpunt aangelegd (DHV Milieu en Infrastructuur, 2003). Wat de reducerende werking is tijdens maatgevende

hoogwaterstanden is daarmee niet bekend. Gekozen is om uit te gaan van de meest nadelige situatie en de invloed van de vooroeverdam in de opdeling naar dijkvakken te verwaarlozen. Voor de indeling op basis van de oriëntatie ten opzichte van de maatgevende windrichting is gebruik gemaakt van een maatgevende windrichting van 300-330graden t.o.v. het Noorden (DHV Milieu en Infrastructuur, 2003), en de oriëntatie en de dijkvakindeling gehanteerd door DHV Milieu en Infrastructuur.

Dit heeft geleid tot de dijkvakken zoals weergegeven in figuur 6-1. In bijlage 1a is een overzichtsafbeelding van de drie eigenschappen opgenomen. In bijlage 1b is een groter formaat van figuur 2-1 opgenomen, vergezeld van meer informatie per geformuleerd dijkvak.



Figuur 6-1 | Onderverdeling traject Putterzeedijk vanaf de A28 naar geformuleerde dijkvakken

Toelichting Ontwerpproces

Onderstaand worden de drie stappen van het ontwerpproces om tot alternatieven te komen, toegelicht.

Stap 1: Selecteren mogelijkheden

Als eerste worden verschillende mogelijkheden voor het onderhanden nemen of aanpassen van de steenbekleding beschouwd. In verband met de hoeveelheid beschikbare tijd wordt er vroeg per mogelijkheid een keuze gemaakt deze wel of niet verder mee te nemen. Dit is te beschouwen als een voorselectie om vervolgens alleen met kansrijke mogelijkheden verder te werken. Bij de voorselectie spelen nadelen die kunnen worden opgevangen door het traject op te delen geen rol.

Stap 2: Uitwerken mogelijkheden

In deze stap worden de kansrijke mogelijkheden verder uitgewerkt. Bij de uitwerking wordt gelet op de eigenschappen van een mogelijkheid met betrekking tot de criteria uit het afwegingskader. Er wordt hier gewerkt met dwarsdoorsneden. Er wordt geen rekening gehouden met de opdeling van het traject naar dijkvakken. Dit wordt pas in stap 3 gedaan.

Stap 3: Formuleren alternatieven

Het formuleren van alternatieven wordt gedaan door aan elk dijkvak een mogelijkheid te koppelen. Elk alternatief kent steeds het zo veel mogelijk toepassen van één mogelijkheid en het voldoen aan het Programma van Eisen als basis. Hiermee wordt maar een fractie van alle te formuleren alternatieven ook daadwerkelijk geformuleerd. Het is in verband met de beschikbare tijd niet reëel het aantal geformuleerde alternatieven te vergroten.

Het gekozen basisprincipe steeds één mogelijkheid zo veel mogelijk toe te passen heeft een paar voordelen. De alternatieven laten de grootst mogelijke verandering ten opzichte van de huidige situatie zien. Daarmee geven ze tegelijk ook de grenzen van de mogelijkheden aan. Daarnaast zijn de

mogelijkheden goed onderling te vergelijken. Tenslotte sluit het steeds toepassen van één mogelijkheid aan op de werkwijze van RPS. Zodoende zijn de geformuleerde alternatieven ook tot een bepaald niveau te vergelijken met de alternatieven van RPS. Bij het formuleren van alternatieven wordt gezocht naar alternatieven die nog niet door RPS zijn beschouwd. Het gehele traject behouden en herstellen met zetsteen wordt daarom niet als alternatief uitgewerkt.

7. | Selectie mogelijke oplossingen

Stap 1 van 3 (beschreven in hoofdstuk 6). Er zijn verschillende mogelijkheden om de steenbekleding op het buitentalud van de Putterzeedijk onder handen te nemen zodat deze beheerkundig wordt verbeterd. Deze zijn:

1. Behouden van de steenbekleding en verhelpen van de schade aan de steenzetting middels eenmalig groot onderhoud. Met de schade kan op twee manieren om worden gegaan:
 - 1.1. Verhelpen door op te vullen en te egaliseren met klei;
 - 1.2. Herstellen met steen.
2. Toepassen van een alternatieve bekleding. Hierbinnen zijn er een aantal opties:
 - 2.1. Asfaltbekleding;
 - 2.2. Kunststenen bekleding;
 - 2.3. Grasbekleding wel of niet in combinatie met een beheerberm.

Hieronder wordt voor elke mogelijkheid de keuze gemaakt deze wel of niet verder mee te nemen. Deze voorselectie is volgens de ontwerpinstek in hoofdstuk 6 gedaan. Dit betekent dat nadelen die kunnen worden opgevangen door het traject op te delen, niet van belang zijn.

Behouden en herstellen met zetsteen

Om de steenbekleding te kunnen behouden, moeten de schadebeelden worden verholpen. Dit kan door ter plaatse van de schade klei aan te brengen en deze in te zaaien met gras (1.1) of door het verband te herstellen (1.2). De eerste manier is mogelijk aangezien een grasbekleding volgens de grastoets voldoet en door de lage hydraulische belastingen geen problemen hoeven te worden verwacht met betrekking tot de stabiliteit van de bekleding (Jansen, 2015). Het toepassen van klei (mogelijkheid 1.1) wordt niet als rendabel geacht aangezien het gebruiken van klei zal leiden tot een spreiding van begroeide kleiplekken op het buitentalud. Deze plekken zullen intensiever onderhoud nodig hebben dan de omliggende steenbekleding, waardoor er een ingewikkeld beheerbeeld ontstaat. Dit gaat tegen E02 van het PvE in. Daarnaast bestaat er het risico dat de klei met het schonen van de steenbekleding (E05 PvE) ook weg wordt geschraapt. Dit geldt ook voor andere maatregelen die los op de steenbekleding liggen terwijl deze periodiek moet worden geschoond.

Om de steenzetting te herstellen met zetsteen (mogelijkheid 1.2), moeten stenen uit het buitentalud van de Putterzeedijk zelf worden gehaald. Er zijn bij Waterschap Vallei en Veluwe geen reserves behalve kleine depots op het talud zelf (voor de Putterzeedijk in de grootte van 1m²). Het zal zeer lastig zijn om aan nieuwe te komen en als het al lukt dan tegen vermoedelijk zeer hoge prijzen (Kuiper, 2015). Een oplossing hiervoor is het herstellen met basalt. Dit introduceert een derde soort steen tot de steenbekleding en is nadelig voor de inspecteerbaarheid. Daarnaast kent herstellen met basalt nadelen voor de cultuur-historische waarde en mogelijk korstmossen. (E10 en E15 PvE). Het herstellen met uitgehaalde van zetstenen heeft daarom de voorkeur.

Asfaltbekleding

Gekozen is deze mogelijkheid niet verder mee te nemen. Hiervoor zijn een aantal redenen te noemen:

- Op geen van de primaire waterkeringen binnen het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe wordt asfalt gebruikt voor de bekleding van het buitentalud. Het toepassen van asfalt vereist nieuwe expertise binnen het Waterschap en gaat tegen E03 van het PvE in.
- Het aanbrengen van een asfaltbekleding zal een ingrijpende verandering van het landschapsbeeld betekenen. Deze mogelijkheid voldoet zeer waarschijnlijk niet aan R06 van het PvE.
- Asfaltbekledingen kunnen zich op het gebied van de snelheid van verwerking en de levensduur verschillend gedragen (Boone, 2015). Daardoor bestaat er het risico dat asfaltbekleding voortijdig niet meer voldoet aan toetsingen. Voor asfaltbekledingen zijn binnen het

Programma van Eisen geen items geformuleerd, maar indien wel, is het twijfelachtig of de mogelijkheid voldoet aan de randvoorwaarden (zoals R02 en R04).

Kunststenen bekleding

Kunststenen bekledingen in de vorm van basalt worden binnen het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe in kleine oppervlakten, voornamelijk onder bruggen, toegepast (Boone, 2015). Basalt komt niet in grote oppervlakten op buitentaluds voor. Het vervangen van de huidige steenbekleding met een bekleding van basalt lijkt, gekeken naar de kosten en baten, niet reëel (conflicterend met R01). Dit is tevens de heersende opvatting binnen het waterschap. RPS heeft ook een kunststenen bekleding voor het traject PAO beschouwd. Ook hier blijkt basalt een (te) dure mogelijkheid die binnen de criteria van RPS weinig verschillen met een grasbekleding kent.

Grasbekleding in combinatie met een beheerberm

De steenbekleding wordt vervangen voor een kleilaag met een erosiebestendige graszode. Om beheer van de grasbekleding faciliteren wordt er een beheerberm langs de teen van de dijk aangelegd. Voor deze beheerberm kunnen de verwijderde stenen worden hergebruikt.

Grasbekleding zonder een beheerberm.

Deze mogelijkheid kan gezien worden als een alternatief op de het aanleggen van een beheerberm. Door deze achterwege te laten, is een verplaatsing van de buitenteen van de dijk niet noodzakelijk. Deze mogelijkheid kan op twee manieren worden ingevuld. De steenbekleding wordt ter plaatse van de grasbekleding verwijderd en opgevuld met klei alvorens een erosiebestendige graszode wordt neergelegd, of de huidige steenbekleding wordt met een laag grond of klei overdekt en ingezaaid zodat deze kleilaag erosiebestendige wordt.

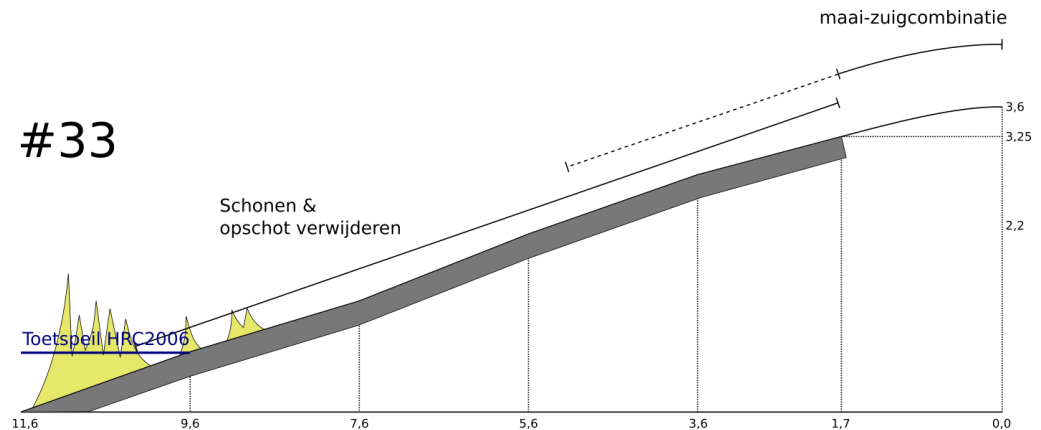
In het geval van de tweede invulling worden er geen aanpassingen aan de steenzetting gedaan. Schadebeelden worden opgelost door deze tezamen met het aanleggen van de kleilaag op te vullen. De steenbekleding wordt door de kleilaag en graszode 'geconserveerd'. Beheer zal zich beperken tot de afdekkende laag. Wanneer deze er goed bij ligt, zal de kwaliteit van de steenbekleding naar alle waarschijnlijkheid niet achteruit gaan.

Er is binnen de mogelijkheid 'Grasbekleding zonder onderhoudsberm' gekozen voor de tweede invulling. De voornaamste reden hiervoor is dat de steenbekleding niet hoeft te worden verwijderd. Hierdoor wordt niet ingeleverd op veiligheid (een steenbekleding is te beschouwen als robuuster dan een grasbekleding (Denekamp, 2015)), hoeven stenen niet te worden afgevoerd en zijn de kosten waarschijnlijk lager, en blijft de cultuur-historische waarde van de overdekte steenbekleding, op het uithalen van stenen na, intact.

8. | Uitwerking mogelijkheden

Stap 2 van 3 (beschreven in hoofdstuk 6). De drie in het vorige hoofdstuk gekozen kansrijke mogelijkheden worden in dit hoofdstuk verder uitgewerkt. Dit wordt met het detailniveau van een dwarsdoorsnede gedaan. De mogelijkheden worden aan de hand van de groepen 'Beheer', 'Ecologie' en 'Beleving' uitgewerkt. In hoofdstuk 9 kunnen met deze dwarsdoorsneden alternatieven worden geformuleerd. Hier wordt dan ook ingegaan op 'Waterveiligheid' en 'Kosten'. De uitwerkingen gaan voornamelijk in op de mate waarin de mogelijkheid verschilt met de huidige situatie en hoe de mogelijkheden onderling verschillen.

Mogelijkheid 1: Behouden en herstellen met zetsteen



Figuur 8-1 | Dwarsprofiel Behouden en herstellen met zetsteen

Deze mogelijkheid brengt het buitentalud terug naar de oorspronkelijke staat.

Beheer

Het beheer is in grote mate overeenkomstig met de voorlopige beheervisie die met het schonen van de steenbekleding in 2014 is gestart. In tegenstelling tot de opschoning in 2014 is een combinatie van schoonborstelen en schoonschrappen niet nodig en voldoet periodiek schoonschrappen. Borstelen is alleen nodig bij sterk vastzittende vegetatie. Het voldoen van schoonschrappen geldt voor de steenbekledingen binnen alle mogelijkheden.

Naast een periodieke grondige inspectie met een frequentie van 1/6 jaar (E05 PvE), is het streven ook jaarlijkse inspecties op het oog te doen. In het jaar (of de jaren vlak) na het schonen is het uitvoeren dergelijke inspecties mogelijk. Op het moment dat het buitentalud weer begroeid raakt, zijn gaten, loszittende stenen of kleine verzakkingen niet meer te zien. Het buitentalud is dan ook niet meer veilig te betreden. Inspecties vanaf de kruin voldoen niet. Op deze manier kunnen alleen grote verzakkingen, faalmechanismen in een eigenlijk al te ver stadium, worden waargenomen (Boone, 2015)

Ecologie

De rietkraag aan de teen hoeft niet te worden verwijderd. Het riet mag tussen schoningen in het buitentalud omhoog kruipen. Hierdoor ontstaat een weerbarstige rietkraag die beschutting kan bieden aan vogels zowel in het water als op het land.

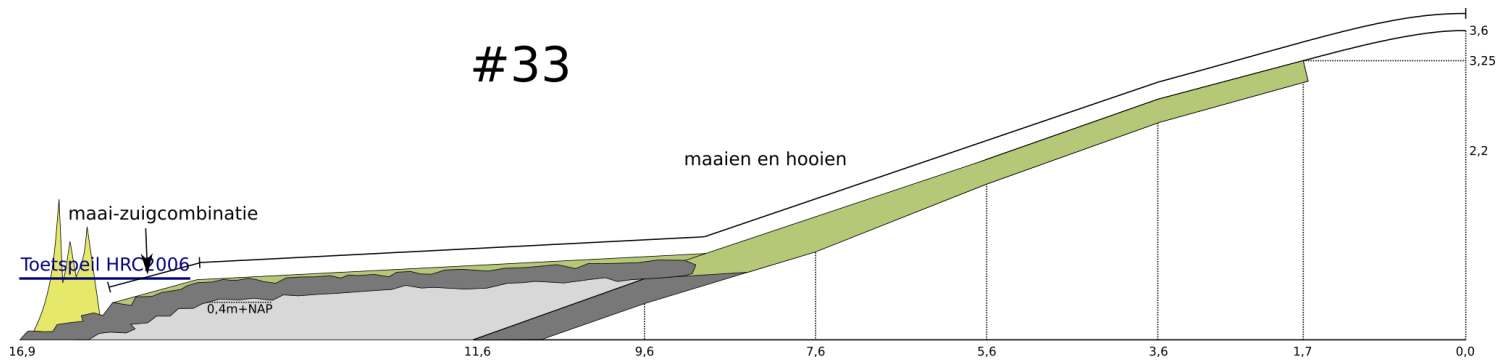
Om te voorkomen dat korstmossen op de steenbekleding overwoekerd raken (E12 PvE), zal de steenbekleding waar korstmossen zijn waargenomen (in de huidige situatie dijkvak 7,9 en 10) tot zeven meter vanaf de kruin in het maaien worden meegenomen. De begroeiing wordt hierdoor geremd, maar dit voorkomt niet dat de stenen begroeid raken. De gedeelten op het buitentalud waar

korstmossen groeien, worden door BLWG gemonitord en schoongehouden (Boone, 2015). Daarnaast zal de steenbekleding periodiek worden afgeschrapt. Dit mag als voldoende worden gezien.

Beleving

De steenbekleding loopt tot hoog op het talud en is vanaf het fietspad op de dijk goed te zien. Hierdoor zijn er geen mogelijkheden voor het uithalen van stenen om gaten in de steenzetting op te lossen.

Mogelijkheid 2: Grasbekleding in combinatie met een beheerberm



Figuur 8-2 | Grasbekleding in combinatie met een beheerberm

Voor het aanleggen van de grasbekleding worden de steenbekleding en het filtermateriaal verwijderd. Hierbij komt ongeveer acht meter taludlengte aan stenen vrij. De ontstane ruimte wordt met klei opgevuld en het talud wordt, om het beheer tegemoet te komen, gladgestreken naar een taludhelling van 1:3. Het talud van de beheerberm zal ook een helling van 1:3 bedragen; de berm een helling van 1:20.

Om met standaard materieel meerdere sporen te kunnen rijden is een breedte van minimaal 5m benodigd. De maximale breedte van zowel een tractor als een getrokken machine bedraagt namelijk 3m. Voor de hoogte van de beheerberm wordt 0,70m+NAP werkbaar geacht (Boone, 2015). Dit is voldoende om de beheerberm gedurende de zomermaanden (wanneer er een streefpeil van - 0,10m+NAP geldt) te berijden. Een stijging van het meerpeil met 0,50m in het jaar 2100 blijft uit, waardoor hier geen rekening mee hoeft te worden gehouden. Het aanhouden van deze vormgeving van de beheerberm voldoet aan beiden eisen binnen E09 van het PvE.

Het is niet noodzakelijk een steenbekleding op de beheerberm toe te passen. Om uitspoeling van het kernmateriaal te voorkomen wordt door RPS een bescherm laag van stortsteen aangeraden. Over deze stortstenen laag wordt vervolgens klei aangebracht en ingereden. Met een grasbekleding op de berm is deze eenvoudig op te nemen in het beheer. Voor een egale berm zal bij het aanbrengen van de stortstenen moeten worden voorkomen dat stenen uitsteken. Na egaliseren met klei zal ook nodig zijn (Boone, 2015). Het is niet mogelijk grasbekleding aan te laten sluiten op het meerpeil. Wanneer dit wel wordt gedaan, ontstaat er een rand waar in de afwezigheid van gras erosie van de kleilaag plaatsvindt (R04 PvE). Een overgang via een (breuk)stenen is daarom nodig.

Beheer

Door de aanwezigheid van de beheerberm is het buitentalud (met uitzondering het talud van de beheerberm) met standaard apparatuur te maaien. Maai-hooien kent de volgende voordelen ten opzichte van een maai-zuigcombinatie:

- Het maaisel kan als veevoer worden gebruikt en hoeft daarom niet te worden gecomposteerd (n. d., 2015).

- Voor maai-hooien is in tegenstelling tot een maai-zuigcombinatie geen gespecialiseerd materieel benodigd (Boone, 2015).
- Bij een maai-hooi combinatie blijft het maaisel een korte tijd te laten liggen en kunnen zaden eruit vallen (n. d., 2015). Met uit uitvallen van zaden blijft de soortenrijkdom beter behouden.

Ecologie

Met het gladstrijken van het talud naar 1:3 en het aanleggen van een beheerberm zal de buitenteen tot ongeveer 5,5m het Nulder Nauw in komen te liggen. Hierdoor zal het oeverbeeld sterk veranderen en zullen er, in overeenstemming met R05 van het PvE, maatregelen voor de Kleine modderkruiper moeten worden genomen. Hierbij moet worden gedacht aan het wegvangen van de dieren (Griep, 2013).

Het beeld van de rietkraag zal op twee manieren veranderen. De eerste is het (tijdelijk) verdwijnen van het riet gedurende de werkzaamheden. De tweede is het ontstaan van een beperking van de groei van het riet tot het gedeelte van het talud van de beheerberm waar geen grasbekleding wordt onderhouden. Hierdoor ontstaat een dunne rietkraag die weinig schuilmogelijkheden biedt, verstoringgevoelig is, minder goed vast zit aan het buitentalud en gevoeliger is voor vergiftiging (van Beers, 2015).

Zonder compensatiemaatregelen is er niet te voldoen aan R05 van het PvE. Riet is slecht in kleine hoeveelheden terug te brengen (Boone, 2015). Voor het terugbrengen van het riet is het daarom het beste de rietkraag in grote stukken af te steken en tijdelijk elders te parkeren. Hiervoor zal binnen de delta een plek moeten worden gezocht. Voor het compenseren voor de smalle rietkraag zijn er twee manieren; het verflauwen van de vooroever of het aanleggen van rieteilanden voor de dijk. Hierdoor gaat er wel oppervlakte aan Kranswierwateren (zie bijlage 4) verloren. Deze afname is gekeken naar het geheel aan Kranswierwateren binnen het Natura2000-gebied 'Veluwerandmeren' (wanneer de stand van de Kranswieren niet verandert) waarschijnlijk als marginaal te beschouwen. Bovendien is het buitentalud door de steile helling maar gematigd geschikt voor riet (Rijkswaterstaat, 2013a) en kan met de compensatiemaatregelen riet van een betere kwaliteit worden gerealiseerd.

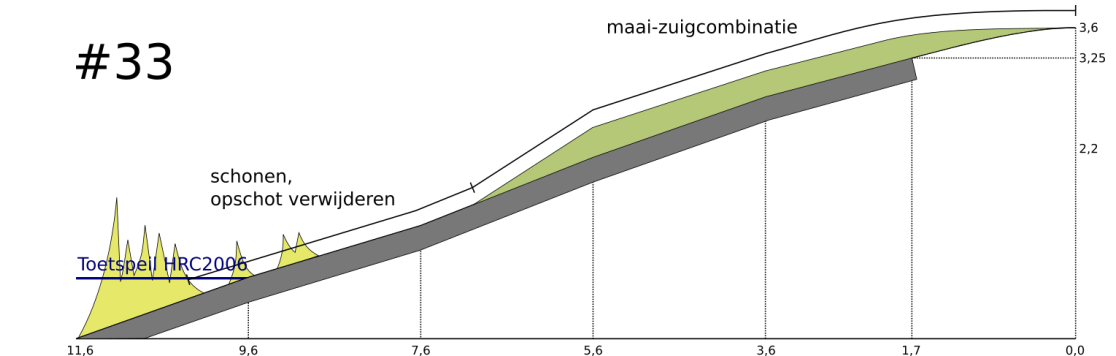
Indien alleen deze mogelijkheid wordt toegepast, zullen de korstmossen van de Putterzeedijk verdwijnen. Dit gaat tegen E10 van het PvE in. Terugplaatsen op een andere buitentalud betekent voor de korstmossen een andere expositie en moet daarom in eerste instantie als ongewenst worden beschouwd.

Beleving

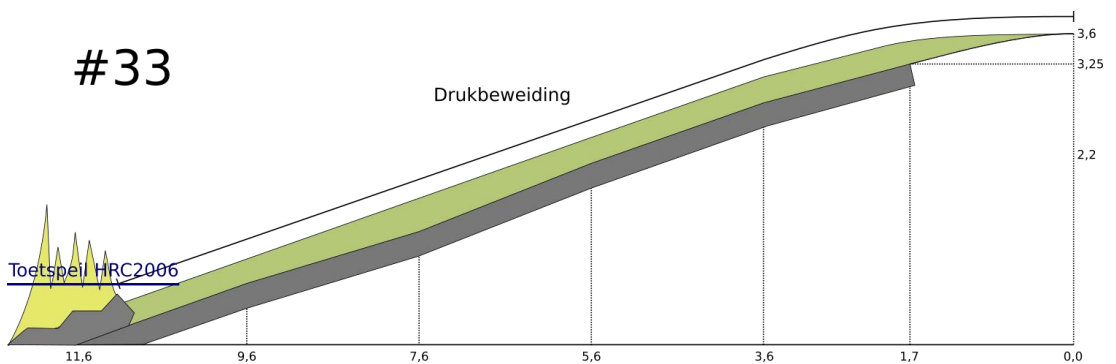
De cultuur-historische waarde van het de steenbekleding wordt door het weghalen van de steenbekleding vernietigd. Een klein gedeelte van de bekleding resteert bij de teen, maar dit brengt geen verschil.

Mogelijkheid 3: Grasbekleding zonder beheerberm

Afhankelijk van het soort beheer, kan de grasbekleding tot verschillende hoogtes worden gelegd. Dit resulteert in twee sub-mogelijkheden, namelijk: 'Grasbekleding zonder beheerberm & maai-zuigcombinatie' (figuur 8-3) en 'Grasbekleding zonder beheerberm & drukkeweiding' (figuur 8-4).



Figuur 8-4 | Grasbekleding zonder beheerberm & maai-zuigcombinatie



Figuur 8-3 | Grasbekleding zonder beheerberm & drukkeweiding

Sub-mogelijkheid 3a: Maai-zuigcombinatie

In deze sub-mogelijkheid komt de 'afdekkende laag' tot 7m vanaf de rand van de kruin te leggen. Deze afstand is bepaald aan de hand van de maximale reikwijdte van een maai-zuigcombinatie. Met 7m komt de afdekkende laag tot op sommige plaatsen tot 1,2m+NAP te liggen. Hierdoor wordt de onderrand (voor dijkvak 2, 3, 4, 5, 7, 8 en 9) nog wel geraakt door golfploop met een kans op voorkomen van 1/1250 jaar. In deze zone speelt alleen de erosie door golfploop (GEOP) een rol. Met een goede (en zeer waarschijnlijk ook met een voldoende) kwaliteit grasmat behoort GEOP geen problemen te geven (R04 PvE). Wanneer ervoor wordt gekozen de afdekkende laag in zijn geheel buiten de zone van golfploop te leggen, volstaat het de afdekkende laag (voor de eerder genoemde dijkvakken) tot 6m vanaf de rand van de kruin te leggen.

Beheer

In dit alternatief zal het boventalud met een maai-zuig combinatie worden onderhouden. Dit is overeenkomstig met de huidige situatie. Het ondertalud betreft een steenbekleding die periodiek moet worden geschoond (E05 PvE). Het schonen hoeft alleen voor het ondertalud te worden gedaan. Omdat het ondertalud niet te bereiken is met een maai-zuigcombinatie, moet opschot hier handmatig worden verwijderd (E06 PvE). Voor deze werkzaamheden is het ondertalud door de afdekkende laag beter te bereiken. Dit komt omdat de afdekkende laag beter zichtbaar, egaler en stroever is dan de nu aanwezige steenbekleding (Boone, 2015). Daarnaast ligt de afdekkende laag op taludhellingen niet groter dan 1:3, waardoor de rand van de afdekkende laag met onderhoudsmaterieel kan worden bereikt (n. d., 2015). De afdekkende laag betekent geen verbetering van de mogelijkheden tot inspectie op het oog.

Ecologie

Net als in de mogelijkheid 'Behouden en herstellen met zetsteen' blijft het riet aanwezig en kan deze tussen schoningen in tegen het buitentalud omhoog klimmen. Korstmossen zijn voornamelijk boven op het talud aanwezig en zullen moeten worden herplaatst. Korstmossen zijn in staat een dergelijke verplaatsing te overleven, maar afhankelijk van de veranderingen in expositie het overlevingspercentage verschillen. In de praktijk worden overlevingspercentages van 90% gehaald (Sparrius, 2011). Het is niet mogelijk de met korstmos begroeide stenen lager op het talud terug te zetten. Deze zone zal begroeid raken met riet en andere vegetatie en bovendien is het niet mogelijk de begroeiing hier, door middel van maaien, te remmen (E12 PvE). Om niet met E10 van het PvE in conflict te komen, kan deze sub-mogelijkheid niet voor het gehele traject worden toegepast.

Beleving

De steenbekleding zal overwegend slecht te zien zijn. De steenbekleding op het boventalud is niet te zien en die op het ondertalud alleen vlak na het schonen. Hoewel de steenbekleding niet goed te zien is, blijft deze wel aanwezig. De waarde van de steenbekleding is in dit geval wetenschappelijk.

Sub-mogelijkheid 3b: Drukbeweyding

In deze sub-mogelijkheid komt de grasbekleding tot vlak boven het water te liggen. Verder doortrekken van de afdekkende laag is niet mogelijk, aangezien rond de streefpeilen vegetatie voor lange tijden onder water zal staan (zie mogelijkheid 'Grasbekleding in combinatie met beheerberm').

In dit geval komt de afdekkende laag in zones te liggen waar rekening moet worden gehouden met erosie door golfklap (GEKL) en afschuiving (GAF). Om een erosiebestendig te zijn en te voldoen aan R03 (PvE), moet er een goede doorworteling en dekkingsgraad worden gehaald. Op de meeste dijktafsluitingen wordt een lichte klei toegepast die, in tegenstelling tot een zware klei, niet hinderlijk voor de doorworteling. Afschuiving kan op twee manieren worden tegengegaan. De dikte van de kleilaag onder de grasbekleding is dikker dan de Significante golfhoogte (ongeveer 0,5m) of er bestaat een mechanisch verband tussen de afdekkende laag en de onderliggende steenbekleding. Tenslotte is het belangrijk te voorkomen dat er onder de afdekkende laag waterspanningen ontstaan die de laag van de steenbekleding af kunnen duwen.

Met een dikte van 0,3m (benodigd om uitdroging te voorkomen) kan de steenbekleding door wortels worden gehaald, waardoor een mechanisch verband ontstaat. Het is hierbij van belang de doorworteling niet te remmen met een te zware klei en te bevorderen met behulp van verschraling. Nadelig voor de stabiliteit is de gladheid van de oppervlakte van de stenen in de steenzetting. De steenzetting als geheel (vooral het natuursteen laag op het talud) beschikt wel over genoeg ruwheid om voor het gladde oppervlak te compenseren (Borgers, 2015). Om ervoor te zorgen dat er geen waterspanningen ontstaan in de filterlaag, moeten de ruimtes tussen de stenen van toplaag worden ingereden met klei. Deze klei wordt vastgehouden door de wortels waardoor uitspoeling wordt tegengewerkt. De doorworteling van de kleilaag zorgt er wel voor dat deze niet in zijn geheel waterdicht is. De afdekkende laag zal pas van de steenzetting worden afgelicht wanneer de doorlatendheid van de afdekkende laag dermate groot is dat grote waterspanningen kunnen ontstaan. Dat de doordringing van wortels dit in deze mate zal veroorzaken is onwaarschijnlijk. Het lijkt mogelijk de gehele afdekkende laag met een lichte klei uit te voeren.

Wanneer de afdekkende laag afschuift is de onderliggende steenbekleding vooralsnog aanwezig. Er bestaat dus een dubbele veiligheid. Het loskomen van de afdekkende laag is om de volgende redenen ongewenst:

- Schade aan de steenbekleding kan weer open komen te liggen (R04 PvE);
- Er ontstaat een rommelig beeld van het buitentalud. Dit is onder andere nadelig voor het beheer (E02 PvE).

Bij het herstellen van de losgelaten afdekkende laag is het aannemelijk dat er schade aan de nog wel intacte gedeelten van het buitentalud ontstaat.

Beheer

Drukbeweiding is het beweiden van oppervlakten met een grote dichtheid aan schapen. Hierdoor wordt de grasmat egaal weggegrazen en wordt het ontstaan van kale plekken en schapenpaden voorkomen. Drukbeweiding verhoogt de graasdruk, maar is bevorderlijk voor de verschraling en daarmee de doorworteling. Eén graasdruk (uitgedrukt in gd) staat voor de hoeveelheid gras dat één schaap op één dag kan consumeren.

De graasdruk is geschat op 2500gd/ha en de omvang van de kudde op omstreeks 120. Deze waarden zijn bepaald door de situatie te vergelijken met bestekken voor beweiding van de Grebbedijk. Wanneer de bodem te veel verschraald raakt, zal de graasdruk naar beneden moeten worden bijgesteld. Dit kan worden gedaan door de schapen een groter gebied te geven om te grazen of de kudde met een grotere snelheid over het buitentalud te houden. Het bijstellen van de grootte van de kudde is alleen mogelijk voor bijstellingen op de langere termijn (Boone, 2015).

Met drukteweiding kan over het algemeen een goede kwaliteit grasmat worden gehaald (R03 PvE). Gekeken naar de mate waarin een bepaalde kwaliteit doorworteling, soortenrijkdom, en bedekkingsgraad gehaald wordt, wordt drukteweiding minder goed beoordeeld dan maaien en afvoeren (n. d., 2015). Drukteweiding kent vergeleken met maaien nog een aantal praktische nadelen. Drukteweiding vergt duidelijke afspraken met de herder; het is lastig de juiste graasdruk te behalen (vaak te veel of te weinig), en het is gemakkelijker met maaien, indien nodig, een extra maaibeurt te organiseren (Boone, 2015).

Ecologie

Met het aanbrengen van de stortstenen zal de rietkraag tijdelijk verdwijnen. Bij het terugkeren is de rietkraag beperkt tot de stortstenen. De rietkraag kan verder omhoog groeien, maar dit zal dan concurreren met de grasbekleding. De compensatiemaatregelen zijn hetzelfde als in mogelijkheid 'Grasbekleding in combinatie met een beheerberm'. Korstmossen zullen van het buitentalud verdwijnen. Dit in strijd met E10 van het PvE.

Beleving

De steenbekleding is met het toepassen van deze sub-mogelijkheid niet meer te zien. De steenbekleding blijft net als in sub-mogelijkheid 'Grasbekleding zonder beheerberm & maai-zuigcombinatie' nog wel aanwezig. Door het toepassen drukteweiding zijn er gedurende de zomermaanden schapen op de dijk aanwezig. Dit heeft een positief effect op de beleving van de dijk.

9. | Formulering alternatieven

Stap 3 van 3 (beschreven in hoofdstuk 6). In dit hoofdstuk worden alternatieven geformuleerd. Deze alternatieven worden in hoofdstuk 10 beoordeeld om tot een voorkeursalternatief voor de Putterzeedijk te komen. Voor het formuleren van alternatieven wordt steeds één mogelijkheid genomen en voor zo veel mogelijk dijkvakken van het traject van de Putterzeedijk toegepast.

Tabel 9-1: Geformuleerde alternatieven

# alternatief	
1	Mogelijkheid: grasbekleding zonder beheerberm & maai-zuigcombinatie
2	Mogelijkheid: grasbekleding zonder beheerberm & drukkeweiding
3	Mogelijkheid: grasbekleding in combinatie met beheerberm

Alternatief 1

Mogelijkheid: Grasbekleding zonder beheerberm & maai-zuigcombinatie (3a)



Figuur 9-1 | Overzicht alternatief 1

Om cultuur-historische en ecologische belangen (E1501 en E10 PvE) tegemoet te komen wordt een gedeelte van het traject van de Putterzeedijk teruggebracht naar zijn oorspronkelijke staat. Er is gekozen dit voor dijkvak 8,9 en 10 te doen. Door deze dijkvakken te kiezen wordt het gedeelte van de dijk met de meest nadelige oriëntatie (omstreeks 330 graden ten opzichte van het Noorden) steenbekleding gelaten en worden de effecten op korstmossen klein gehouden. Er kan voor worden gekozen dijkvak 7 en/of 11 net als dijkvak 8,9 en 10 te herstellen. Hierdoor is het niet nodig stenen voor het behouden van korstmossen te verplaatsen (dijkvak 7). Echter moet hierdoor wel meer schade worden hersteld, zijn de korstmossen over een langer traject verspreid en moet er meer steenoppervlak periodiek schoon worden gemaakt.

Tabel 9-2 | Overzichtstabel alternatief 1

Dijkvak #	Bekleding (vanaf de kruin)	Beheer	Object
1	Huidige situatie (lastig te verwijderen grasmat over de steenbekleding) Schade aan de steenbekleding met klei hersteld.	Eerste 7m vanaf de kruin: 2x per jaar maaien en direct afvoeren. Resterend gedeelte talud 1x per jaar opschot verwijderen	
2	Afdekkende laag vanaf de buitenrand tot 7m op het buitentalud. Resterend talud steenbekleding tot aan de	Grasbekleding: 2x per jaar maaien en direct afvoeren	
3			
4			Grasbetonnen pad naar de oostelijke visstek

5	buitenteen met zetsteen hersteld.	Steenbekleding: 1x per jaar opschot verwijderen en 1x per 6 jaar schonen.	
6			
7			
8	Huidige situatie. Schade aan de steenbekleding met zetsteen hersteld.	Grasbekleding en steenbekleding tot 7m vanaf de kruin: 2x per jaar maaien en direct afvoeren Steenbekleding: 1x per jaar opschot verwijderen (resterend talud) & 1x per 6 jaar schonen.	
9			
10			
11	Afdekkende laag vanaf de buitenrand tot 7m op het buitentalud. Resterend talud steenbekleding tot aan de buitenteen met zetsteen hersteld.	Grasbekleding: 2x per jaar maaien en direct afvoeren Steenbekleding: 1x per jaar opschot verwijderen en 1x per 6 jaar schonen.	

Waterveiligheid

De steenbekleding wordt niet verwijderd en wordt voor de gehele taludlengte of tot de afdekkende laag (ruim boven het toetspeil van 0,7m+NAP uit 2009) met steen hersteld (R03 PvE). Dit houdt in dat de volgende herstelwerkzaamheden moeten plaatsvinden:

- Ontbrekende stenen: $82,9\text{m}^2$ (dijkvak 8 t/m 10) + $20,2\text{m}^2$ (dijkvak 2 t/m 7 en 11)
- Verzakkingen: $6,0\text{m}^2$ (dijkvak 8 t/m 10) + $22,0\text{m}^2$ (dijkvak 2 t/m 7 en 11)

Schade onder de afdekkende laag wordt met het neerleggen van de laag verholpen. Dit conflicteert niet met E02 (PvE) en zo lang de afdekkende laag niet in zijn geheel wordt weggehaald, blijft de klei zitten. De schade aan dijkvak 1 wordt tevens hersteld door op te vullen met klei. Hier wordt de begroeiing van de steenlaag behouden en kan er met klei worden hersteld zonder dat dit tegen E02 van het PvE ingaat. De steenbekleding kent hier door zijn ligging geen tot weinig hydraulische belastingen en hoeft daarom zeer waarschijnlijk niet voor inspectie te worden geschoond.

Beheer

Op dijkvak 8,9 en 10 zijn korstmossen aanwezig en dijkvak 9 wordt betreden om bij de westelijke visstek te komen. Maaien tot 7 meter vanaf de kruin voor deze dijkvakken zal hierin (deels) tegemoetkomen (E12 en E14 PvE).

Ecologie

Omdat er geen aanpassingen aan de taludhellingen zijn, blijft een verplaatsing van de buitenteen het Natura2000-gebied 'Veluwerandmeren' in uit. Om herstelwerkzaamheden aan de steenbekleding plaats te laten vinden, zal riet op het talud op plaatsen worden verwijderd. De rietkraag langs de Putterzeedijk zal blijven bestaan.

De korstmossen in dijkvak 9 en 10 hoeven niet verplaatst te worden. Voor de korstmossen in dijkvak 7 is dit door het aanleggen van de afdekkende laag wel het geval. De met korstmos bedekte stenen bevinden zich op de bovenste helft (horizontaal gezien) van het buitentalud. De afdekkende laag komt tot 7m meter van de kruin en overdekt daarmee de bovenste helft van het buitentalud.

De korstmossen in dijkvak 7 kunnen zich op zowel basalt- als natuursteen bevinden. Basaltstenen met korstmos erop kunnen aansluitend op of in de basaltstenen bekleding in dijkvak 8 worden teruggezet.

De basaltstenen bekleding in dit dijkvak ligt hoog op het talud en kent volgens bijlage 5 gaten waar de stenen in kunnen worden geplaatst.

De natuurstenen waar korstmossen op zitten, kunnen in dijkvak 8,9 (westelijke gedeelte) en 10 worden teruggezet. In dijkvak 9 en 10 zijn in de huidige situatie al korstmossen aanwezig. Het oostelijke gedeelte van dijkvak 9 is minder geschikt aangezien hier de taludbekleding in verband met de westelijke visstek wordt betreden. In dijkvak 10 en het westelijke gedeelte van dijkvak 9 zijn hoog op het talud ook gaten te vinden waar de natuurstenen in kunnen worden geplaatst. Terugplaatsen in dijkvak 8 betekent dat deze stenen midden op het talud worden geplaatst. Wanneer de plaatsing van de stenen in dijkvak 8 niet met een maai-zuigcombinatie te bereiken is (E12 PvE), heeft de hoge plaatsing in dijkvak 10 of het westelijke gedeelte van dijkvak 9 de voorkeur.

Omdat het dijkvak waar de stenen uit worden gehaald en de dijkvakken waar ze in terug worden geplaatst dicht bij elkaar liggen, hoeven ze niet ver te worden getransporteerd en zullen ze wat betreft fasering niet ver uit elkaar liggen. Des te korter de stenen uit de steenzetting zijn, des te kleiner is de kans dat de korstmossen bij het verplaatsen beschadigd raken (E11 PvE).

Beleving

Er is geen noodzaak de visstekken aan de oost- en westzijde van het Puttergemaal aan te passen. Deze blijven daarom in hun ligging en uitvoering onveranderd. De westelijke visstek is over de taludbekleding te bereiken. Om de oostelijke visstek te bereiken, zullen vissers over de afdekkende laag lopen. Om dit te faciliteren en slijting van de afdekkende laag te voorkomen zal een pad van bijvoorbeeld grasbeton van de kruin tot de rand van de afdekkende laag kunnen worden gelegd. Voor het resterende gedeelte tot de visstek zal men zich over de steenbekleding moeten begeven.

Dijkvakken 8, 9 en 10 worden naar hun oorspronkelijke staat teruggebracht. Dit resulteert in een traject van 1km lang waar de steenbekleding goed vanaf het fietspad over de kruin te zien is. Voor de rest van het traject blijft de steenbekleding, op het verplaatsen van stenen vanwege aanwezige korstmossen of het herstellen van schade na, zoals deze nu is.

Kosten

Uitleg met betrekking tot de gehanteerde de prijzen in de onderstaande en ook andere kostenramingen is opgenomen in bijlage 6. Bij het berekenen van de kosten is er overeenkomstig met E01 (PvE) rekening gehouden met een levensduur van 50jaar.

Tabel 9-3/ Kostenraming alternatief 1

	Prijs	Per	Hoeveelheid	
Alternatief 1				€19.000-20.400/jaar
Initiële investering				€154.980-186.900
Schade steenbekleding				
o	€86,50	m2	103,1	€8.918
v	€86,50	m2	28	€2.422
Afdekkende laag (7m)	€5.040-6.160	hm	28,5	€143.640-175.560
Beheer				€15.913-16.650/jaar
Maai-zuigcombinatie (7m)	€147	hm	41	€6.027
Composter (7m)	€140	hm	41	€5.740
Verwijderen opschot (5m)	€22,50	hm	41	€923
Schoonschrapen (5m)	€65-80	hm	28,5	€1.853-2.280
Schoonschrapen (10,5m)	€137-168	hm	10,0	€1.370-1.680

Alternatief 2

Mogelijkheid: Grasbekleding zonder beheerberm & drukkbeweiding (3b)



Figuur 9-2 | Overzicht alternatief 2

De positionering van originele en alternatieve bekleding verschilt weinig met die in alternatief 1. Hierin zijn ook dezelfde overwegingen geweest. Op dijkvak 7 is in tegenstelling tot alternatief 3 wel een alternatieve bekleding toegepast. Deze keuze is gemakkelijk in te passen en zal voor drukkbeweiding geen problemen geven. Door dijkvak 7 te overdekken hoeven hier geen schadebeelden te worden verholpen en wordt het oppervlakte dat met beweiding wordt onderhouden vergroot.

Tabel 9-4 | Overzichtstabel alternatief 2

Dijkvak #	Bekleding (vanaf de kruin)	Beheer	Object
1	Afdekkende tot het voorland Afdekkende laag aansluitend op 1m stortsteen aan de teen van de dijk.	Drukbeweiding ingeschat op 2500gd/ha.	
2			
3			
4			Grasbetonnen pad naar de oostelijke visstek. Aanpassing oostelijke visstek.
5			
6			
7			
8	Huidige situatie. Schade aan de steenbekleding met zetsteen hersteld.	Grasbekleding en steenbekleding tot 7m vanaf de kruin: 2x per jaar maaïen en direct afvoeren Steenbekleding: 1x per jaar opschot verwijderen (resterend talud) & 1x per 6 jaar schonen.	
9			
10			
11			

Beheer

Dijkvak 7 staat door de afwatering van het Puttergemaal redelijk los van dijkvak 1t/m6. Het betreft een oppervlakte van omstreeks 0,50ha. Met beweiding worden, onder andere op de Grebbedijk met 0,21ha aan oppervlakte als onderdeel een groter beheeroppervlak van 2ha, kleinere oppervlaktes onderhouden. Daarnaast kan de uitwatering via het fietspad worden gekruist. Op dijkvak 11 wordt geen beweiding toegepast. Dit zou leiden tot een klein oppervlak van 0,17ha en een afstand van 1km die door de schaapskudde over het fietspad of het binnentalud moet worden afgelegd.

De steenbekleding in dijkvak 8, 9 en 10 moeten in verband met korstmossen en de bereikbaarheid van de westelijke visstek tot waar mogelijk mee worden gemaaid (E12 en E14 PvE). Voor dijkvak 11 is dit niet vereist, maar het leidt wel tot een ruiger beheerbeeld.

Waterveiligheid

Alleen de steenbekleding in dijkvak 8 t/m 11 wordt hersteld. Voor alle andere dijkvakken wordt de schade door de afdekkende laag met klei verholpen. Dit leidt tot de volgende werkzaamheden:

Ontbrekende stenen: 82,9m²

Verzakkingen: 9,0m²

Ecologie

Door de afdekkende laag tot de teen van de dijk te leggen, verschuift de teen maximaal een halve meter het Nulderneauw in. De verschuiving van een halve meter zal hier geen significant verschil maken. Wel moeten er om te voldoen aan R05 van het PvE rietcompensatiemaatregelen voor dijkvak 2 t/m 7 worden getroffen. De situatie voor de korstmossen in dijkvak 7 is hetzelfde als beschreven in alternatief 1. De met korstmossen begroeide stenen worden in gaten in de steenbekleding van andere dijkvakken teruggezet.

Beleving

De bereikbaarheid van de westelijke en oostelijke visstekken verschilt niet met alternatief 1. De oostelijke visstek moet om bruikbaar te blijven, worden aangepast (E13 PvE). Dit kan het ophogen van de visstek zijn of het opnieuw plaatsen van de damwanden. De laatste optie heeft door de trillingen negatieve effecten voor de Kleine modderkruiper in het Nulderneauw (van Beers, 2015).

Dijkvakken 8 t/m 11 worden naar hun oorspronkelijke staat teruggebracht. Dit resulteert in een traject van 1,2km lang waar de steenbekleding goed te zien is. Voor de rest van het traject van de Putterzeedijk is de steenbekleding niet meer te zien, maar wel behouden.

Kosten

Tabel 9-5| Kostenraming alternatief 2

Alternatief 2	Prijs	Per	Hoeveelheid	€22.900-27.700/jaar
Initiële investering				€521.325-624.000
Steenbekleding				
o	€ 86,50	m2	82,9	€ 7.171
v	€ 86,50	m2	9	€ 779
Afdekkende laag (11m)	€8.250-9.900	hm	29,5	€243.375-292.050
Stortsteen (2m)	€10.000-12.000	hm	27	€270.000-324.000
Beheer				€12.437-15.227/jaar
Maai-zuigcombinatie (7m)	€ 147	hm	11,5	€ 1.691
Composter (7m)	€ 140	hm	11,5	€ 1.610
Verwijderen opschot (5m)	€ 22,50	hm	11,5	€ 259
Schoonschrappen (10,5m)	€137-168	hm	11,5	€1.576-1.932
Beweiding	€247,5-330	hm	29,5	€7.301-9.735

Alternatief 3

Mogelijkheid: Grasbekleding in combinatie met beheerberm (2)



Figuur 9-3 | Overzicht alternatief 3

Voor dijkvak 1 tot en met 6 wordt de steenbekleding vervangen met een grasbekleding in combinatie met een beheerberm van vijf meter breed. Om de beheerberm van de oostzijde te bereiken kan gebruik worden gemaakt van het voorland voor dijkvak 1 en de aansluiting op 'Strand Nulde' (zie ter illustratie figuur 9-4c. Aan de westzijde van de beheerberm moet een op en afrit naar de kruin worden verwezenlijkt. Hiervoor kan de oostelijke zijde van de punt in de dijk voor de uitwatering van het Puttergemaal worden gebruikt (zie figuur 9-4b) Door de grote lengte van de beheerberm zullen er waarschijnlijk meer op- en afritten, en mogelijk ook één op het binnentalud nodig zijn (Boone, 2015). Een op- en afrit op het binnentalud is tot halverwege dijkvak 3 in te passen.



Figuur 9-4 | op en afritten beheerberm (a, b en c)

Wederom is om cultuurhistorische en ecologische redenen gekozen dijkvak 8,9 en 10 als steenbekleding te houden en naar oorspronkelijke staat te herstellen. Dijkvak 11 behoort, zoals in hoofdstuk 2 aangenomen steenbekleding te blijven. De grasbekleding kan door worden getrokken naar dijkvak 7. Dit verlengt het traject dat als grasbekleding moet worden onderhouden en voorkomt dat schade aan de steenbekleding in dijkvak 7 moet worden hersteld. Om de beheerberm voor dijkvak 7 te bereiken, moeten echter wel twee op en afritten naar de kruin worden verwezenlijkt. De oostelijke op en afrit zou op eenzelfde manier als figuur 9-4b kunnen worden verwezenlijkt. Voor de westelijke op en afrit zie figuur 9-4a. Met korstmoss begroeide stenen moeten uit dijkvak 7 naar andere dijkvakken worden verplaatst. In alternatief 1 is het herplaatsen in detail uitgewerkt. Dijkvak 7 meenemen lijkt, gekeken naar de kosten en baten, niet rendabel. Dit gaat deels tegen R01 in. Dijkvak 7 wordt in dit alternatief niet meegenomen als grasbekleding.

Tabel 9-6 | Overzichtstabel alternatief 3

Dijkvak #	Bekleding (vanaf de kruin)	Beheer	Object
1	Grasbekleding overgaand op stortsteen aan de teen van de beheerberm.	Talud en beheerberm 2x per jaar maaien en hooien. Talud beheerberm 2x per jaar maaien en direct afvoeren	Op en afrit steunberm naar kruin (evt. met grasbetonnen bekleding)
2			
3			Grasbetonnen pad naar de beheerberm
4			
5			
6			Op en afrit steunberm naar kruin (evt. met grasbetonnen bekleding)
7	Huidige situatie. Schade aan de steenbekleding met zetsteen hersteld.	Grasbekleding en steenbekleding tot 7m vanaf de kruin: 2x per jaar maaien en direct afvoeren Steenbekleding: 1x per jaar opschot verwijderen (resterend talud) & 1x per 6 jaar schonen.	
8			
9			
10			
11			

Waterveiligheid

Waar de steenbekleding blijft liggen, moet de volgende schade worden hersteld:

Ontbrekende stenen: 174,7m²

Verzakkingen: 12,1m²

Beheer

Om te voorkomen dat korstmossen overwoekerd raken, moet de steenbekleding in dijkvak 7, 9 en 10 met de grasbekleding boven de steenbekleding mee worden gemaaid. Er kan voor worden gekozen dit niet te doen voor dijkvak 8 en 11. Dit zal het beheerbeeld echter wel ingewikkelder maken.

Ecologie

Door de beheerberm voor dijkvak 2 tot en met 6 komt de buitenteen van de dijk hier omstreeks 5 tot 5,5m het Nuldernauw in te liggen. Voor het nauwe gedeelte van de 'Delta Schuitenbeek' voor dijkvak 5, 6 en 7 betekent dit een redelijk significante versmalling (5-5,5 op 30-45m). De rietkragen voor de Putterzeedijk zullen voor een lengte van 2,25km (dijkvak 2 tot en met 6) worden verwijderd. Op de beheerberm is met maaien en hooien vegetatietype H2/H3 te behalen. Voor de korstmossen verandert de situatie niet. Er hoeven geen stenen te worden verplaatst. Ook zullen, er waar korstmossen groeien geen nieuwe verplaatsingen over het buitentalud ontstaan.

Beleving

De westelijke visstek blijft onveranderd. De huidige oostelijke visstek komt onder de beheerberm te liggen. Gekeken naar de dijkversterkingsmaatregelen bij de Arkemheense Zeedijk, zullen deze visstekken terug moeten worden geplaatst. Vissen vanaf de beheerberm brengt te veel afstand tussen de visser en de waterlijn (E13 PvE).

Dijkvakken 7 tot en met 11 worden naar hun oorspronkelijke staat teruggebracht. Hierdoor is 1,6km van de oorspronkelijke steenbekleding vanaf de kruin goed te zien. Voor de rest van de Putterzeedijk wordt de steenbekleding weggehaald. Wat dit betreft is dit alternatief onomkeerbaar.

Kosten

Tabel 9-7| Kostenraming alternatief 3

Alternatief 3	Prijs	Per	Hoeveelheid	€35.400-47.700/jaar
Initiële investering				€1470.909-1835.909
Steenbekleding				
o	€ 86,50	m2	174,7	€ 15.112
v	€ 86,50	m2	12,1	€ 1.047
Verwijderen steenbekleding (8m)	€7.040-10.240	hm	25	€176.000-256.000
Aanleggen kleilaag (8m)	€12.000-14.400	hm	25	€300.000-360.000
Aanleggen beheerberm	€43.500-53.500	hm	22,5	€978.750-1203.750
Beheer				€6.022-11.018/jaar
Verwijderen opschot (5m)	€ 22,50	hm	16	€ 360
Schoonschrappen (10,5m)	€137-168	hm	16	€2.192-2.688
Maai-hooien (13m)	€65-325	hm	25	€1.625-8.125
Maai-zuigcombinatie (2m)	€42	hm	22,5	€945
Composteren (2m)	€40	hm	22,5	€900

10. | Beoordeling alternatieven

Om een inschatting te maken welk alternatief (of welke alternatieven) voor de Putterzeedijk het meest geschikt zijn, volgt in dit hoofdstuk een beoordeling van de alternatieven. Om de verzameling aan alternatieven te vergroten, zijn er alternatieven van RPS overgenomen. Op basis van de eigenschappen van dijkvak 11 en de keuzes in hoofdstuk 7 zijn de volgende alternatieven gekozen:

- Eenmalig groot onderhoud (schoonschrapen);
- Beheerberm tegen het buitentalud.

Tabel 10-1 | Nummering alternatieven

# alternatief	
Geformuleerd in dit rapport	
1	Mogelijkheid: grasbekleding zonder beheerberm & maai-zuigcombinatie
2	Mogelijkheid: grasbekleding zonder beheerberm & drukkeweiding
3	Mogelijkheid: grasbekleding in combinatie met beheerberm
Geformuleerd door RPS (gehele traject Putterzeedijk)	
4	Eenmalig groot onderhoud
5	Beheerberm tegen het buitentalud

Toetsing Programma van Eisen

In tabel 10-2 is kort weergegeven aan welke onderdelen van het Programma van Eisen de alternatieven wel, gematigd, of niet voldoen. In de tabel zijn alleen randvoorwaarden, eisen en wensen opgenomen die hier van belang zijn. Randvoorwaarden, eisen en wensen waar alle alternatieven aan voldoen, of die nog niet kunnen worden getoetst, zijn dus uit tabel 10-2 gelaten. Een beoordeling 'matig/twijfel' wordt steeds toegelicht.

Tabel 10-2 | Toetsing Programma van Eisen

# alternatief	R04	E02	W01	E09	E10	E15
Geformuleerd in dit rapport						
1						
2						
3						
Beschouwd door RPS (gehele traject Putterzeedijk)						
4				*		
5						

* RPS houdt hier rekening met afmetingen van 3 m breed en tot 1,0 m+NAP hoog. Deze afmetingen voldoen niet aan E09. Het omzetten van de afmetingen is eenvoudig.

legenda

ja	matig/ twijfel	nee	n.v.t.
----	-------------------	-----	--------

R04: De noordelijke oriëntatie van het buitentalud van de Putterzeedijk maakt het lastiger een goede kwaliteit grasmat te behalen. Er is geen vegetatietype dat hierin beter gedijt dan anderen. Welke kwaliteit grasbekleding wordt gehaald is afhankelijk van veel factoren. Er worden op veel taludhellingen met een noordelijke helling gras met een voldoende kwaliteit behaald. Welke kwaliteit

wordt gehaald is met deze oriëntatie toch in bepaalde mate overgelaten aan willekeur (Boone, 2015). In het geval van alternatief 2 is het niet mogelijk de grasbekleding ter plaatse van de hydraulische belastingen anders dan door middel van beweiding te onderhouden. Met beweiding kan een grasbekleding van voldoende kwaliteit worden gehaald. Echter wanneer deze kwaliteit niet wordt gehaald of wanneer er problemen zijn met ongewenste maar weerbarstige soorten, zijn er geen mogelijkheden tot omvormingsbeheer. Voor omvormingsbeheer moeten er mogelijkheden zijn om te maaien en het maaisel af te voeren. Alleen vertrouwen op beweiding brengt risico's op het gebied van beheer met zich mee.

E02: RPS houdt geen rekening met de beperkte beschikbaarheid van basaltstenen. Wanneer het gehele talud steenbekleding blijft, is het niet mogelijk stenen uit te lichten en elders te hergebruiken. Om gaten in de steenbekleding te vullen kunnen basaltstenen worden toegepast. Dit introduceert een derde soort steenbekleding tot het buitentalud. Herstellen met klei zal helemaal niet voldoen.

E10: Basalton kan door de uitspoeling van kalk negatieve effecten hebben op de Korstmossen (Sparrius, 2015). Zowel de korstmossen als het overgrote gedeelte van de schade aan de steenbekleding bevinden zich op het boventalud. Hoe de positionering van de basaltstenen ten opzichte van de korstmossen precies uitpakt, moet nader worden beschouwd. Het is daarmee wel een aandachtspunt en het is goed mogelijk dat de stenen moeten worden verplaatst.

E15: Door te herstellen met basaltstenen, zullen maar kleine gedeelten van het traject echt originele steenbekleding zijn. Dit zijn de gedeelten van de dijk waar in eerste instantie geen schade was.

Invullen afwegingskader

Voor het invullen van het afwegingskader is in bijlage 7 een overzicht van de onderling relevante voor en nadelen ten opzicht van de huidige situatie opgesteld. De opbouw van het afwegingskader wordt in hoofdstuk 5 toegelicht. De relevantie van deze onderdelen is met medewerkers van het waterschap overlegd. Tezamen met de toetsing van het PvE bepaalt dit overzicht de scores voor de criteria. Het toekennen van de scores met als vertrekpunt de huidige situatie gedaan door de voor en nadelen te sommeren. Bij deze laatste stap is aan een marginale invloed van eigen interpretatie niet te ontkomen.

Tabel 10-3 | MCA ingevuld

# alternatief	Beheer		Ecologie		Beleving	Totaal	kosten
	Onderhoud	Inspecteerbaarheid	Korstmossen	Natura2000			
Geformuleerd in dit rapport							
1	0	-1	+1	+2	+2	+4	€19000-20400
2	-2	+1	+1	-1	+2	+1	€22900-27700
3	+1	+1	+2	-2	0	+2	€33600-45900
Beschouwd door RPS (gehele traject Putterzeedijk)							
4	-1	-2	+1	+2	+1	+1	€22800-24000*
5	+2	-2	+1	-2	-1	-2	€67300-76300**

*Beheerkosten zijn berekend door RPS voor 9km. Deze zijn omgezet naar 4,1km. Een schoningsfrequentie van 1/6 jaar (ook voor alternatief 5) is aangehouden**en een beheerbermlengte van 3,85km (zonder hergebruik van stenen).

Gekeken naar totaalscore, heeft alternatief 1: 'Primaire insteek: grasbekleding zonder beheerberm & maai-zuigcombinatie' de voorkeur. In dit alternatief worden de mogelijkheden tot beheer licht verbeterd. Verder is deze (samen met alternatief 4) het beste in te passen met Natura2000. Het voorkeursalternatief wat betreft de kosten voor beheer het minst voordelig van de in dit rapport geformuleerde alternatieven. Dit wordt echter volledig gecompenseerd door de lage investeringskosten. Hierdoor zijn er geen problemen met R01 van het PvE te verwachten.

11. | Robuustheid voorkeursvariant

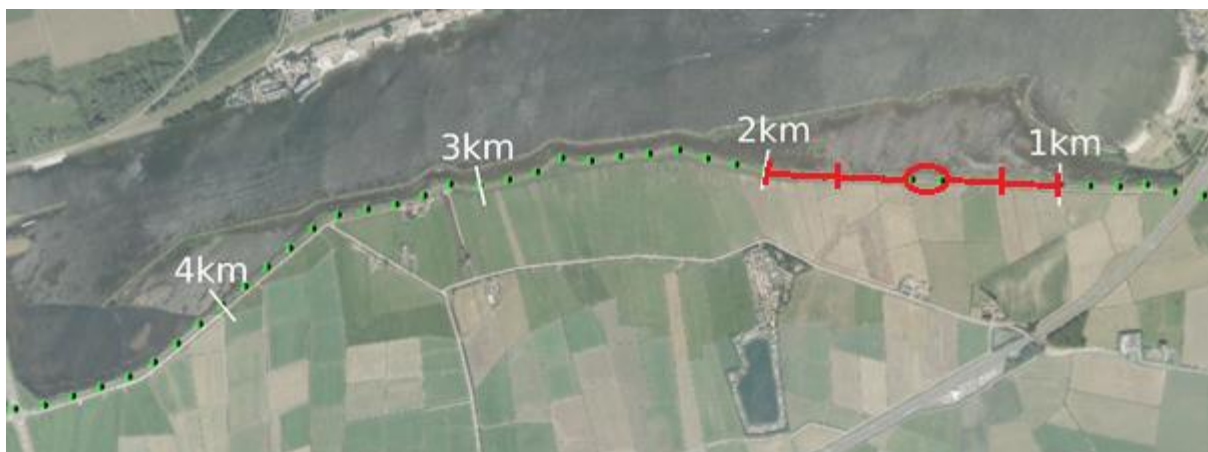
In het voorgaande hoofdstuk is een voorkeursalternatief voor de Putterzeedijk gevonden. Omdat het doel is naast een inpasbaar ook een robuust advies te formuleren, wordt onderzocht of het voorkeursalternatief door onzekerheden of punten van discussie wordt beïnvloed. Deze robuustheidsanalyse is tevens bedoeld om te bepalen hoe de invloeden (indien van belang) kunnen worden opgevangen.

Oordeel stabiliteit steenbekleding (STBK)

Bij het formuleren van het voorkeursalternatief is er uitgegaan van een voldoende beoordeling voor STBK. Zodoende kan er in dit opzicht vrij worden gekozen wel of niet de steenbekleding te behouden en worden voldaan aan R02 (PvE). Met de toetsing van de bekleding binnen de vierde toetsingsronde is er een kans dat dit oordeel gaat veranderen. Met Steentoets2014 is het niet mogelijk de steenbekleding met afdoende zekerheid als voldoende te beoordelen. Deze twijfel bestaat door onzekerheden in de toekomstige hydraulische randvoorwaarden en de opbouw van de lagen onder de stenen toplaag. Bijlage 8 gaat hier verder op in.

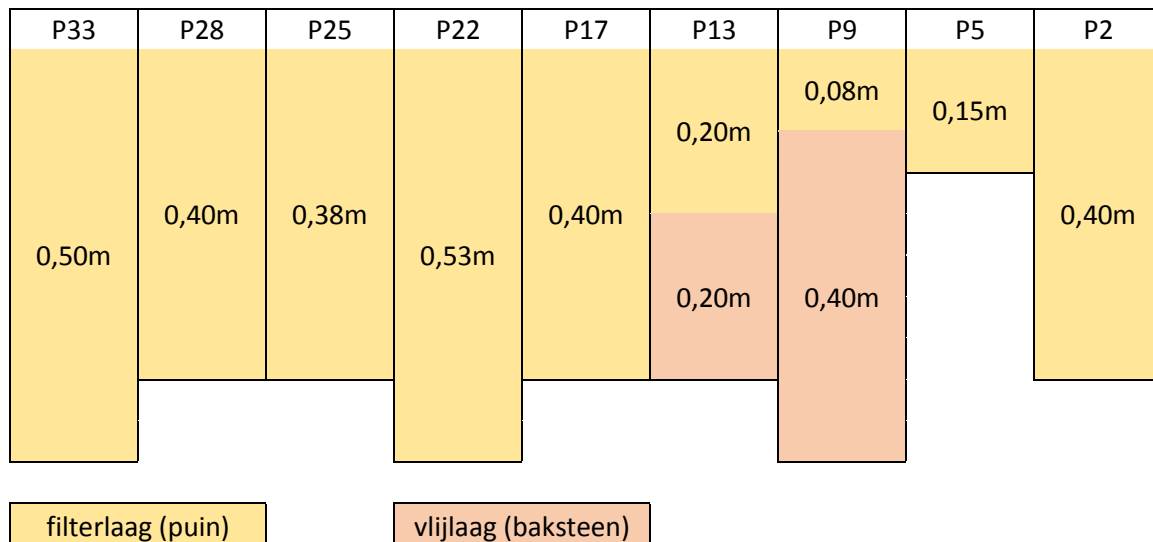
Erosie van onderlagen

Voor het grootste gedeelte van het traject van de Putterzeedijk vormt het mechanisme 'Materiaaltransport vanuit ondergrond' een aandachtspunt. Materiaaltransport vanuit de ondergrond houdt in dat materiaal uit de dijk kern door golven in de filterlaag wordt gebracht. Alleen op de gedeelten waar een vlijlaag aanwezig is, is er van dit mechanisme geen sprake. Voor het overgrote gedeelte van het traject waar geen vlijlaag aanwezig is, is de filterlaag voldoende dik om te voorkomen dat materiaaltransport vanuit de ondergrond leidt tot erosie van de onderlagen. Voor P5 (ter hoogte van 1,4-1,5km, zie figuur 11-1) is dit door een opmerkelijk dunne filterlaag (zie figuur 11-2) niet het geval.



Figuur 11-1 | Positie P5 (1,4-1,5km)

Omdat de toetsing steekproefsgewijs is gedaan, is het op het moment niet precies te stellen hoe groot het probleem is. Wanneer wordt aangenomen dat P5 representatief is voor de helft van de afstand tot naastgelegen metingen binnen de steekproef, zal de score voor P5 voor omstreeks 0,5km van het traject geldig zijn. Erosie van de onderlagen is echter pas ter hoogte van een naastgelegen meting uit te sluiten. Wanneer de paden beschreven in de aanbevelingen niet leiden tot een voldoende beoordeling is het daarom van belang extra metingen tussen P9 en P2 uit te voeren.



Figuur 11-2 | Opbouw filterlagen Putterzeedijk

Mogelijke oplossingen

Indien de steenbekleding door erosie van de onderlagen niet voldoet, is het niet mogelijk de oorspronkelijke steenbekleding ter hoogte van het toetspeil als toplaag te houden.

Materiaaltransport vanuit de ondergrond is afhankelijk van:

- De eigenschappen van de ondergrond (korrelgrootte D_{50});
- De hydraulische belastingen (golfhoogte H_s);
- De doorstroombaarheid van de toplaag (K'/D);
- De bouw van de granulaire laag (openingsgrootte D_{f15} en doorstroombaarheid $k \cdot b_g$);
- De vormgeving van de dijk (de taludhelling $\cot(a)$). (Royal Haskoning, 2003)

Voor de eerste en de laatste afhankelijkheid zijn er geen realistische maatregelen. De hydraulische belastingen zijn te beïnvloeden door het aanleggen van een beheerberm. Een beheerberm van 0,70m+NAP is even hoog als het nu geldende en hoger dan het ingeschatte toekomstige toetspeil (zie bijlage 8). Met het huidige toetspeil van 0,70m+NAP zullen de golven op de berm breken. Bij een toetspeil kleiner dan 0,70m+NAP, zullen de golven tegen het talud van de beheerberm slaan. In het eerste geval wordt de steenbekleding niet belast. In het tweede geval nemen de hydraulische belastingen en daarmee ook het materiaaltransport af.

De doorstroombaarheid van de toplaag is op te lossen door de steenzetting ter hoogte van het toetspeil te overdekken met een grasbekleding. De grasbekleding fungeert dan als een barrière tegen het water. Deze grasbekleding zal door de opbouw en afbouw van een storm op wisselende punten worden belast. Of een voldoende kwaliteit grasmat in de afwezigheid van een beheerberm wordt gehaald is echter niet zeker (zie toetsing van het PvE voor alternatief 2 in hoofdstuk 10).

Om de bouw van de granulaire laag te veranderen, kan de steenbekleding worden vervangen met een kunststenen bekleding. Deze is niet in de selectie van mogelijkheden (hoofdstuk 7) meegenomen. Bij de selectie is er gedacht in lange trajectlengten. Hierbinnen is basalton een weinig belovende oplossing. Indien het probleem zeer plaatselijk is (alleen ter hoogte van P5 of maar beperkt daaromheen) is het vervangen van dit gedeelte met basalton het overwegen waard.

Gevolgen voorkeursalternatief

In het geval van een onvoldoende voor STBK zal het voorkeursalternatief moeten worden aangepast. Het voorkeursalternatief wordt niet verworpen. De alternatieven waarbij voor P5 een beheerberm wordt aangelegd en daarmee nog wel aan de waterveiligheid voldoen, scoren in het afwegingskader

onder het voorkeursalternatief. Daarnaast kan het toepassen van de basaltontbekleding in de trant van het voorkeursalternatief worden toegepast (basaltont tot de hoogte van golfoploop en grasbekleding tot aan de kruin). Met de stenen die hierbij vrijkomen, kan de schade op de rest van het talud worden hersteld. Zodoende is het toepassen van de afdekkende laag op andere gedeelten van het traject om deze reden niet meer nodig. Er wordt met een afdekkende laag binnen beheer echter meer gewonnen dan het weglaten voor de beleving van de dijk zal betekenen.

Rol van cultuur-historische waarde

Hoe binnen het waterschap naar cultuur-historische waarde wordt gekeken, kan per persoon verschillen. Dit zou het voorkeursalternatief eigenlijk maar op één manier kunnen beïnvloeden. De rol van cultuurhistorie vertaalt zich beleidsmatig naar onder andere het budget dat aan het in stand houden van cultuur-historische waarden wordt toegekend. De kosten voor beheer van het voorkeursalternatief zijn binnen de in dit rapport geformuleerde alternatieven het hoogst. Er zijn een aantal redenen te noemen die gevolgen voor het voorkeursalternatief uitsluiten:

- De Putterzeedijk als onderdeel van de Zuiderzeedijken is gecategoriseerd als een A-object. In alle drie de scenario's, omschreven binnen beleidsnota voor cultuurhistorie, wordt ingezet op het behouden en onderhouden van deze categorie.
- De hoge beheerkosten worden veroorzaakt door het opschonen van de steenbekleding. Opschoning wordt ter behoeve van inspecties gedaan. Cultuurhistorie heeft geen invloed gehad op de schoningsfrequentie.
- De lage initiële kosten compenseren voor de hoge beheerkosten.

Criterium Natura 2000

Een punt van discussie binnen dit rapport is de kwaliteit van de informatie met betrekking tot de nabij gelegen Natura2000-gebieden. Hierdoor is de uitwerking van de verschillende alternatieven op de belangen vanuit Natura2000 (de instandhoudingsdoelstellingen) op dit moment niet goed te bepalen. Wanneer deze informatie wel beschikbaar komt, zal de aard van het criterium Natura2000 veranderen. Namelijk van een mate van complexiteit naar een cumulatie van gevolgen. De Natura2000-gebieden en daarmee het criterium blijven voor de Putterzeedijk wel van belang.

Een beter overzicht van de situatie in de Natura2000-gebieden heeft geen invloed op de keuze voor het voorkeursalternatief. Het voorkeursalternatief raakt (behalve met overlast door werkzaamheden) geen of nauwelijks Natura2000-belangen. Het is wel mogelijk dat alternatieven die wel Natura2000-belangen raken door een beter overzicht op het criterium anders scoren. Dit zal echter niet fundamenteel afwijken van de nu gegeven scores.

In bijlage 4 is een overzicht van de instandhoudingsdoelstellingen van de twee Natura2000-gebied opgesteld. Dit overzicht mag niet als meer dan een opzet of eerste inventarisering worden gezien, maar kan wel worden gebruikt om te kijken welke compensatiemaatregelen waarschijnlijk te verwachten zijn. Dit is gedurende het proces ook gedaan. De beschreven compensatiemaatregelen zullen waarschijnlijk ook daadwerkelijk nodig zijn. Daarnaast zijn er in de beoordeling alleen onderdelen van Natura2000 meegenomen waarvan het vrij zeker is dat deze van belang blijven.

Het laatste waar de keuze binnen het criterium Natura2000 afhankelijk van kan zijn, is de fasering van de werkzaamheden. Dit aspect is tot nu toe niet belicht (omdat dit nu nog niet voor een alternatief te concretiseren is), maar is ook niet van invloed op de keuze voor het voorkeursalternatief. Gekeken naar bijlage 4 is het einde van het broedseizoen het meest geschikt. De periode na het broedseizoen (augustus – oktober) zou ook mogelijk zijn, maar is een stuk minder gunstig. Door deze kleine periode is het mogelijk dat een verschil tussen beschikbare tijd en benodigde tijd een rol speelt. Van de vijf alternatieven is het aannemelijk dat het voorkeursalternatief behoort tot de alternatieven die minder omvangrijke werkzaamheden vereisen. De fasering zal dus, relatief gezien, meevallen.

Selectie van alternatieven

Door te werken met dijkvakken zijn er veel alternatieven te formuleren. In dit rapport zijn er in totaal vijf beschouwd. Dit is maar een fractie van het scala aan alternatieven. Het is redelijk triviaal te stellen dat er een nog niet geformuleerd alternatief is dat beter inpasbaar is dan het voorkeursalternatief.

Wanneer het scala aan mogelijke alternatieven snel door wordt geblikt, blijft de exacte formulering van het voorkeursalternatief niet staan. Er lijkt echter geen aanleiding te zijn om van de principes van het voorkeursalternatief af te stappen. Combinaties van meer dan twee mogelijkheden (een alternatieve bekleding en de huidige situatie) heeft (behalve in het geval van waterveiligheid, zie 'Oordeel stabiliteit steenbekleding (STBK)') geen meerwaarde.

De ontwerpinsteek is dusdanig geformuleerd dat een verbetering van beheer niet mogelijk of reëel is. De andere criteria kunnen wel worden beïnvloed door in de formulering van de alternatieven met enkele dijkvakken af te wijken. In het geval van het voorkeursalternatief komt dit het vooral neer op dijkvak 7. De exacte formulering van het voorkeursalternatief staat dus niet vast, maar de principes van het voorkeursalternatief wel. Van het voorkeursalternatief kan worden afgeweken mits de volgende punten worden gevolgd:

- De rietkraag wordt niet verwijderd en aan de teen van de dijk wordt niets veranderd;
- Zo lang het andere belangen dan beheer niet te veel schaadt, wordt de steenbekleding tot 7m van de kruin met een laag van lichte klei overdekt;
- Waar de steenbekleding bovenop ligt, wordt deze naar zijn oude staat hersteld. Hiervoor worden stenen uit de overdekte steenbekleding gebruikt;
- Er wordt een significant gedeelte van het traject van de Putterzeedijk cultuur-historisch verantwoord hersteld;
- Bij het eventueel herplaatsen van korstmossen wordt gelet op de mogelijkheden tot beheer, de expositie, de steensoort van de omliggende stenen en de ligging ten opzichte van de visstekken.

12. | Conclusie

Om tot een inpasbaar advies te komen, moet worden gedacht in deeltrajecten (in dit rapport 'dijkvakken' genaamd). Wanneer dit niet wordt gedaan, is het behalen van een inpasbaar advies uitgesloten. Welke eigenschappen bij de opsplitsing worden gebruikt, is geen gegeven. De gebruikte onderverdeling heeft zich als bruikbaar bewezen. Grotere dijkvakken zouden ook kunnen voldoen.

Het herstellen van de steenbekleding met natuur- en basaltstenen is noodzakelijk. Deze noodzaak komt niet voort uit waterveiligheid, aangezien herstellen met klei mogelijk is, maar uit het beheer van de steenbekleding. Wanneer klei wordt gebruikt, maakt dit het beheer ingewikkelder en bestaat er het risico dat de klei wordt beschadigd bij het schonen van de steenbekleding. Het zetten van basalt is nadelig voor het beheer, de cultuurhistorische waarde en mogelijk ook de korstmossen.

De steenbekleding op de Putterzeedijk ligt enkele meters aan taludlengte hoger dan de golfoploophoogte met een kans op voorkomen van 1/1250jaar. De steenbekleding is hier niet nodig en kan worden gebruikt voor het herstellen van schade. De door het uithalen ontstane gaten moeten in dit geval wel weer gemakkelijk en zonder nadelige gevolgen voor het beheer van het buitentalud op te vullen zijn. De kosten voor het herstellen van de gehele strekking aan steenbekleding met uitgemaakte natuur- en basaltstenen en het herzetten van verzakkingen vallen lager uit dan werd verwacht. Voor het herstellen van het gehele traject zal ongeveer €20.000 moeten worden geraamd. Het gebruiken van basalt kost ongeveer €20.000-23.000.

Het voorkeursalternatief op basis van het afwegingskader is: 'Primaire insteek: grasbekleding zonder beheerberm & maai-zuigcombinatie'. De criteria zijn zo opgesteld dat ze leiden tot het meest inpasbare alternatief waarin verschillende aspecten worden vertegenwoordigd. Door het traject op te delen, zijn er veel verschillende alternatieven te formuleren. Het is daarom beter om de principes in plaats van de exacte formulering van het voorkeursalternatief over te nemen. De formulering in dit rapport voldoet, maar kent ontwerpkeuzes voor dijkvak 7 en 11 die beheer prioriteren boven korstmossen en/of cultuurhistorie. Of deze ontwerpkeuzes blijven bestaan is afhankelijk van hoe hiernaar wordt gekeken. Een tweede onderdeel van robuustheid, de beoordeling van de stabiliteit van de steenbekleding, wordt ook met het gebruiken van principes opgevangen.

Het is op het moment niet mogelijk om met voldoende zekerheid de gehele strekking aan steenbekleding goed te keuren. Voor het grootste gedeelte van het traject is er door het ontbreken van een vlijlaag sprake van materiaaltransport vanuit de ondergrond. Dit is met voldoende dikke filterlagen niet meer dan een aandachtspunt. De beschikbare informatie met betrekking tot de opbouw van de onderlagen beschrijft (in ieder geval) ter hoogte van P5 een opmerkelijk dunne filterlaag. Op dit punt kent P5 een zwakte voor het faalmechanisme 'Erosie onderlagen'. Of deze zwakte tot een onvoldoende voor het faalmechanisme leidt, is afhankelijk van welke hydraulische randvoorwaarden worden gehanteerd. Deze gevoeligheid is onvoorspelbaar. Indien de steenbekleding voor de vierde toetsingsronde onvoldoende scoort voor het bovengenoemde faalmechanisme, moeten maatregelen worden getroffen. De noodzaak van deze maatregelen geldt alleen voor een stuk van het oostelijke gedeelte van de Putterzeedijk.

13. | Aanbevelingen

Om de afweging tot een voorkeursalternatief verder uit te werken en aan te scherpen, uitsluitend met betrekking tot de beoordeling van STBK te krijgen en dit rapport te extrapoleren naar de Arkemheense Zeedijk, zijn er een aantal aanbevelingen opgesteld.

Ecologie

In dit rapport is met ecologie (met uitzondering van korstmossen) omgegaan als een onzekerheid. Om de uitwerking van het voorkeursalternatief of de andere alternatieven te bepalen zal er een habitattoets moeten worden gedaan.

Om bij het aanleggen van een beheerberm natura2000-belangen te faciliteren, kunnen (naast de al genoemde rietcompensaties) de volgende maatregelen in gedachten worden gehouden.

- Het geschikt maken van de onderste rand van de beheerberm voor de Rivierdonderpad.
- Het nastreven van een vegetatietype met een hoge ecologische waarde op de beheerberm.

Oordeel stabiliteit steenbekleding

Met het uitvoeren van Steentoets2014 is gepoogd deze zo veel mogelijk naar de komende toetsingsronde te voegen. Omdat hierbij rekenprogramma's zijn gebruikt die voor het komende toetsingsinstrumentarium worden geüpdatet of vervangen, is er niet met zekerheid voldoende te beoordelen. Er zijn een paar mogelijke paden om tot een oordeel te komen.

Oordeel beheerder: Hierbij moet een oordeel zo op basis van zo veel mogelijk kwalitatieve informatie worden gedaan. Hierbij kan worden berust op de ouderdom van de dijk en het gebruik vroeger vlijlagen toe te passen. Ook kan de aanwezigheid van klei in de filterlaag (dichtgeslibd) of het voorkomen van verzakkingen in beschouwing worden genomen.

Uitsluiten twijfel aanwezigheid vlijlaag of dikte filterlaag P5: De documentatie die de inventarisatie uit 2003 vergezelt is duidelijk met betrekking tot de dikte van de metselpuin filterlaag. Dit is voor de aanwezigheid van een vlijlaag niet het geval. Deze onduidelijkheid geeft alleen voor P5 problemen. Wanneer in werkelijkheid er een vlijlaag aanwezig is voldoet de steenbekleding aan de verschillende ingevoerde hydraulische randvoorwaarden. Om de aanwezigheid van een vlijlaag aan te tonen, zal de steenbekleding in P5 opnieuw worden opgebroken. Hierbij moet worden voorkomen dat de vlijlaag bij het openbreken kapot gaat en deze niet meer te onderscheiden is.

Afwachten toekomstig toetsingsinstrumentarium: Door te wachten met het treffen van maatregelen, kan met vastgestelde hydraulische randvoorwaarden en een aangepaste versie van Steentoets een oordeel worden geveld. Wanneer de steenbekleding dan voor P5 (of andere gedeelten) niet voldoet, maar een score geavanceerd geeft voor erosie onderlagen, is de eerste stap de invoer aan een expert voor te leggen. Daarna kan worden overwogen de andere paden te bewandelen.

Welke aanpak wordt gekozen is een bestuurlijke keuze die onder andere met de beschikbare tijd te maken heeft. Het laatste pad geniet de voorkeur aangezien deze de meest betrouwbare uitkomst geeft. Daarnaast zal er voor de vierde toetsing al een toetsing moeten worden gedaan.

Voor de toetsing kunnen waarden uit de bijgevoegde steentoetsen worden gebruikt. Hierin zijn tabelwaarden gebruikt (zie bijlage 8) die met nieuwe inzichten moeten worden aangevuld. Voor het rekenen met Hydra (berekenen hydraulische randvoorwaarden) kunnen, indien de punten hetzelfde zijn, de profielen uit bijlage 9 worden gebruikt.

In bijlage 8 wordt geen uitspraak over de keuze voor een schematisering. De aanbeveling is een schematisering met meerdere taluddelen aan te houden. Dit sluit beter aan op de instructies voor Steentoets2014 (en waarschijnlijk ook latere versies) dan de schematisering door DHV. Tevens is de helling van invloed op de mate van materiaaltransport. Tenslotte zijn de waarden uit 2003 (waaronder de helling) rond het toen geldende toetspeil gemeten. Dit toetspeil is naar beneden bijgesteld en dat zal met de overstap naar de overstromingskansnorm niet ongedaan worden gemaakt.

Selectie van mogelijkheden

Bij het selecteren van de mogelijkheden is uitgegaan van een steenbekleding die voldoet. De mogelijkheid de huidige steenbekleding te vervangen met een basalt bekleding was in deze context weinig belovend. Wanneer de steenbekleding plaatselijk niet voldoet, kan er worden gekozen deze mogelijkheid opnieuw te beschouwen. Dit zou in combinatie met het voorkeursalternatief een oplossing kunnen vormen. Hoe het basalt aan zal sluiten op de huidige constructie is daarbij een aandachtspunt.

Spiegeling met Arkemheense Zeedijk

Omdat de problemen niet alleen voor de Putterzeedijk gelden, is gevraagd ook te kijken naar de aanliggende Arkemheense Zeedijk. Deze spiegeling is bedoeld aan te geven in hoeverre conclusies voor Arkemheense Zeedijk relevant zijn en blijven bestaan.

Vertaling voorkeursalternatief

De lengte van het steentalud verschilt niet veel met dat van de Putterzeedijk. Het toetspeil ligt echter wel aanzienlijk hoger (1,5-1,6m+NAP). Het aanhouden van de reikwijdte van een maai-zuigcombinatie resulteert ook in een hoogte van omstreeks 1,5m+NAP. Wanneer de afdekkende laag op deze hoogte wordt aangelegd, zal deze niet blijven liggen. Tot welke hoogte de afdekkende laag wel mag worden neergelegd (boven de hoogte van golfoploop) is niet berekend.

Met de afdekkende minder ver op het buitentalud neemt het voordeel dat het voorkeursalternatief heeft binnen beheer af. In dit opzicht zal het voorkeursalternatief minder verschillen met het alternatief 'eenmalig groot onderhoud' dan het voor de Putterzeedijk doet. Het toepassen van de afdekkende laag biedt nog wel uitkomst voor het ontbreken van zetsteenreserves. Dit kan ook door het onderhanden nemen van de Putterzeedijk te combineren met het herstellen van de steenbekleding op de Arkemheense zeedijk worden opgelost.

De criteria gebruikt voor de afweging om tot een voorkeursalternatief te komen kunnen niet één op één over worden genomen. De ecologische situatie die sterk afwijkt met die van de Putterzeedijk (de afwezigheid van het Natura2000-gebied 'Veluwerandmeren' en de 'Delta Schuitenbeek') maakt het criterium 'Natura2000' minder relevant. In tegenstelling tot de Putterzeedijk, is de Arkemheense Zeedijk wel onderdeel van het HWBP gebleven. Om de stabiliteit van de dijk te verbeteren zijn op drie gedeelten van de dijk buitendijkse aanbermingen aangelegd. Voor de afweging zal een criterium die de aansluiting op deze uitgevoerde werken beschrijft van toegevoegde waarde zijn (zie ook 'Robuustheid').

Robuustheid

Het invullen van Steentoets2014 met de oude hydraulische randvoorwaarden en schematisering voor de natuursteen bekleding geeft eenzelfde beeld als bij de Putterzeedijk te zien is. Waar geen vlijlaag aanwezig is scoort de steenbekleding voor materiaaltransport vanuit de ondergrond onvoldoende. Voor 'Erosie onderlagen' scoort de steenbekleding nog wel voldoende. Of dit oordeel met de komst van het nieuwe toets instrumentarium hetzelfde blijft, is niet te zeggen. Kwalitatief is de volgende informatie van belang:

Overstromingskansnorm 45-2: 1/300jaar.

Filterlaag A3 (dp 59-60):

Dikte filterlagen: 0,18m.

Dikte eerste filterlaag: 0,18m.

Omschrijving eerste filterlaag: vaste metsellaag metselsteen, 3 lagen 4cm.

Eerste filterlaag dichtgeslibd?: onbekend.

Filterlaag A44 (dp 100-101)

Dikte filterlagen: 0,08m.

Dikte eerste filterlaag: 0,08m.

Omschrijving eerste filterlaag: metselpuinlaag.

Eerste filterlaag dichtgeslibd?: ja.

A3 en A44 liggen beiden in gedeelten van de dijk waar een aanberming is gedaan. Door deze aanberming is het verloop van het buitentalud veranderd. Zolang het toetspeil (nu 1,5-1,6m+NAP) boven de beheerberm valt (1,0m+NAP) is de beoordeling van de stabiliteit van de steenbekleding wel relevant. Bij een onvoldoende zal er gekeken kunnen worden naar mogelijkheden als het toepassen van basalton. Wanneer de schematisatie van DHV wordt gebruikt, geeft Steentoets 2014 voor A12 (dp 68-69) een waarschuwing voor de stabiliteit van de teen. Dit is, wanneer dwarsdoorsnede 15 van de bestektekeningen uit 1916 wordt aangehouden, niet het geval. Ter hoogte van A12 zijn nog geen dijkversterkingsmaatregelen toegepast.

Openstaande wensen

Bij de eerste onderdelen van het rapport (omgevings- en actorenanalyse) zijn twee wensen naar voren gekomen die binnen de inkadering niet van belang waren, maar in het vervolg in overweging kunnen worden genomen.

Met werk werk maken en het fietspad over de kruin verbreden.

Het fietspad op de kruin is op het moment relatief smal. Door recreanten en organisaties is in het verleden de wens voor een breder fietspad geuit. Of deze wens kan worden vervuld is afhankelijk van twee aspecten.

1. Een mogelijke stijging van de recreatiedruk door de verbreding van het fietspad en de uitwerking op de fauna.
2. De berijdbaarheid van de kruin met materieel om de steenbekleding te schonen. Bij de schoning van de steenbekleding van de Putterzeedijk is er, gekeken naar foto's van de werkzaamheden, veel gebruik gemaakt van het gras tussen het fietspad en de steenbekleding om zodoende schade aan het fietspad te voorkomen. Het verbreden van het fietspad kan leiden tot meer schade.

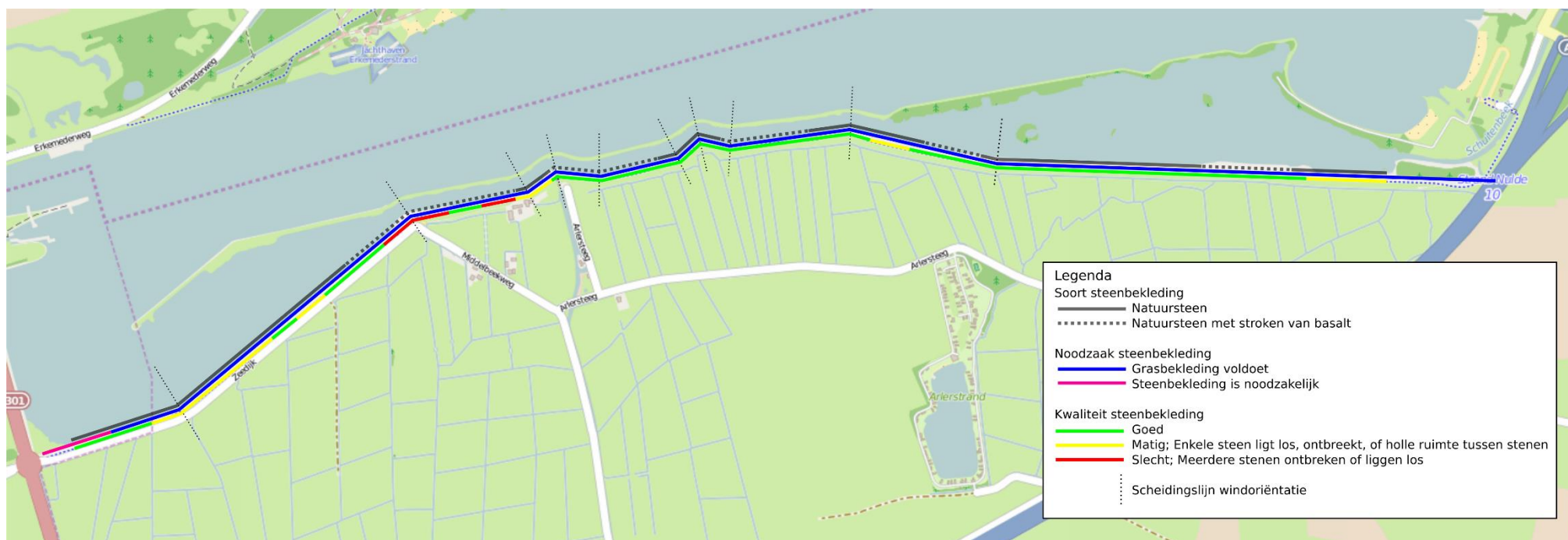
Behouden van vismogelijkheden tijdens werkzaamheden.

Vanaf het voorjaar tot in het najaar worden de visstekken gebruikt om verenigingswedstrijden te vissen. Door steeds het vissen op één visstek mogelijk te houden, zou hierin tegemoet kunnen worden gekomen.

Referentielijst

- Boone, P. (2015) Persoonlijke communicatie Waterschap Vallei en Veluwe.
- Borgers, J. (2015) Persoonlijke communicatie Waterschap Vallei en Veluwe.
- De Vor, W. (2015) Persoonlijke communicatie Waterschap Vallei en Veluwe.
- den Bieman, J. P., & Smale, A. J. (2014). Werkwijze bepaling hydraulische ontwerpcondities; ten behoeve van nHWBP 2014 projecten (pp. 45): Deltares.
- Denekamp, I. (2015) Persoonlijke communicatie Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.
- DHV Milieu en Infrastructuur. (2003). Veiligheidstoetsing dijkkring 45 en 46; Dijklichaam Eem en Randmeren. Amersfoort.
- DHV Milieu en Infrastructuur. (2004). Inventarisatie en toets steenbekledingen (pp. 26).
- Griep, J. J. (2013). *Vergunning Versterking Zuidelijke Randmeren en Eem*.
- Jansen, E. (2015) Persoonlijke communicatie Waterschap Vallei en Veluwe.
- Klein Breteler, M. (2015) Persoonlijke communicatie Deltares.
- Kuiper, B. (2015) Persoonlijke communicatie Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.
- Labrugere, A. (2015) Persoonlijke communicatie Rijkswaterstaat.
- Ministerie van Economische Zaken. (2015). Natura 2000-gebieden per provincie. van <http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=n2k&groep=0>
- Moser, G. M., Kok, J. W., & Thijs, F. J. (2008). Basisinformatie Dijken: Stowa.
- n. d. (2015). Beheervisie Eem- en Randmeerdijken (B. Watersysteem, Trans.): Waterschap Vallei en Veluwe.
- Natura2000, P. (2009). *Natura 2000-gebied Arkemheen*.
- nb. (2008). Faalmechanismen en de Hydraulische Belastingen. 6. <http://www.helpdeskwater.nl/algemene-onderdelen/structuur-pagina%27/zoeken-site/@6660/trob - h06/>
- Reeders, H. H. (1997). Delta Schuilenbeek; een beleidsvoorbereidende studie: Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied.
- Rijksoverheid. (2015). *Ontwerp wijziging Waterwet*.
- Rijkswaterstaat. (2013a). *Natura 2000 ontwerpbeheerplan IJsselmeergebied 2014-2019*. Rijkswaterstaat.
- Rijkswaterstaat. (2013b). *Natura 2000 ontwerpbeheerplan IJsselmeergebied 2014-2019*.
- Royal Haskoning. (2003). Technisch Rapport Steenzettingen; deel ontwerp.
- RPS. (2012). Flora en fauna onderzoek Putterzeedijk, Arkemheense Zeedijk en Oostdijk; inventarisatie korstmossen.
- Sparrius, L. (2011). Natuurwinst door hergebruik van natuursteen bij dijkverzwaringen. *H2O*.
- Sparrius, L. (2015) Persoonlijke communicatie BLWG.
- van Beers, P. (2015) Persoonlijke communicatie Waterschap Vallei en Veluwe.
- van Bree, B. (2015) Persoonlijke communicatie Kennisplatform Risicobenadering.
- Van der Wildt, C. D. (1992). *Peilbesluit Rijkswateren IJsselmeergebied*. Ministerie V&W.
- van Rijswijk, M. (2014). Handreiking landschappelijke inpassing en ruimtelijke kwaliteit.
- Veldhuizen, D. J. (2013). *Ter kennisname AB veiligheidssituatie Putterzeedijk*.
- Vergouwe, R. (2015). Eindrapportage vnk; de veiligheid van Nederland in kaart: Royal Haskoning DHV.
- Vries, E. d., & Goutbeek, A. (2011). Passende Beoordeling Dijkversterking Randmeerdijken. Zwolle: EcoGroen Advies.
- Wever, D. (2015) Persoonlijke communicatie Hengelsportvereniging Hoop op Geluk.
- Willemsen, G. (2015) Persoonlijke communicatie Waterschap Vallei en Veluwe.

Bijlage 1a | Trajectstudie Putterzeedijk vanaf de A28



Figuur b1a-1 | Overzicht traject Putterzeedijk vanaf de A28

Bijlage 1b | Dijkvakindeling Putterzeedijk vanaf de A28



Figuur b1b-1 | Onderverdeling traject Putterzeedijk vanaf de A28 naar geformuleerde dijkvakken

Tabel b1b-0-1 | Overzichtstabel dijkvakken Putterzeedijk vanaf de A28

#	... t/m ... km	Aanwezige bekleding	Staat steenbekleding	Noodzaak steenbekleding	Oriëntatie t.o.v. Noord	Korstmossen	Dwarsprofiel
1	0,60-0,85	-	-	Gras voldoet	0 (N)	Niet	-
2	0,85-1,05	Natuursteen	Matig	Gras voldoet	0 (N)	Niet	33
3	1,05-1,90	Natuursteen	Goed	Gras voldoet	0 (N)	Niet	33
4	1,90-2,30	Natuursteen	Overwegend goed	Gras voldoet	10 (N)	Niet	33, 31, 30
5	2,30-2,70	Natuursteen met middenin het talud 200m basalt	Goed	Gras voldoet	345 (NNW)	Niet	30, 28, 26
6	2,70-3,10	Natuursteen met richting de kruin 300m basalt	Goed	Gras voldoet	345 (NNW)	Niet	26, 24, 21
7	3,10-3,55	Natuursteen met richting de kruin 300m basalt	Slecht	Gras voldoet	345 (NNW)	Wel	21, 19, 17
8	3,55-3,65	Natuursteen met richting de kruin basalt	Slecht	Gras voldoet	320 (NW)	Niet	17
9	3,65-4,25	Natuursteen	Matig	Gras voldoet	320 (NW)	Wel	17, 15, 13, 11
10	4,25-4,55	Natuursteen	Goed	Gras voldoet	345 (NNW)	Wel	11, 8
11	4,55-4,70	-	-	Steenbekleding noodzakelijk voor stabiliteit van kunstwerk	345 (NNW)	Niet	8, 6

Dijkvakken 1 en 11 zijn voor de toetsing in 2003 niet geïnventariseerd. Er is daarom ook geen kwaliteitsoordeel voor de steenbekleding op deze gedeelten van het traject. De nummers in de laatste kolom verwijzen naar de bestektekeningen uit 1916. Het is onwaarschijnlijk dat de dijk in de tussentijd dermate is veranderd dat deze bestektekeningen niet meer representatief zijn. In de bestektekeningen zijn dwarsprofielen genummerd naar de afstand in hectometer tot de Nijkerker havensluis. Er is aangenomen dat een dwarsdoorsneden in de bestektekeningen aan weerszijden representatief is voor de helft van de afstand tot de volgende bekende dwarsdoorsnede.

Voor het toekennen van een kwaliteitsscore aan de steenbekleding is de minst voordelige beoordeling overgenomen indien deze een significant gedeelte van het dijkvak beslaat. Dijkvak 4 kent een klein gedeelte waar de steenzetting een matige kwaliteit heeft. Dit gedeelte apart nemen zou leiden tot het ontstaan van 3 kleine trajecten. Er is gekozen dit niet te doen.

Bijlage 2 | Toelichting spreiding van actoren

Deze bijlage dient als onderbouwing van de spreiding in de actorenanalyse (hoofdstuk 3).

Provincie Flevoland, Waterschap Zuiderzeelanden en Gemeente Zeewolde

Deze onderdelen van de overheid hebben hun beleidsgebieden in de buurt van de Putterzeedijk. Zij worden niet geschaad in hun belangen en zullen zich om deze reden niet mengen. De gemeente Zeewolde is onderdeel van de Coöperatie Randmeren. Dit samenwerkingsverband heeft het doel de randmeren meer aantrekkelijk te maken voor recreatie. Voor Coöperatie Randmeren zijn er wel kansen. De drie actoren zijn onderdeel van de overheid. Hoewel ze geen hiërarchische relatie tot Waterschap Vallei en Veluwe hebben, hebben zij wel de mogelijkheden invloed uit te oefenen.

Particulieren op afstand

Met 'particulieren op afstand' wordt de volgende groep bedoeld: "particulieren in het bezit van percelen grenzend aan of dicht in de buurt van de Putterzeedijk, maar zonder bebouwing op deze percelen of pas op grotere afstand". Deze actor zal door de afstand tot de Putterzeedijk weinig last ondervinden van de werkzaamheden. Indien het grondwaterpeil als gevolg van het project verandert, heeft dit gevolgen voor bijvoorbeeld de bewerkbaarheid van de percelen en worden de belangen van deze actor geraakt. Dit is ook zo wanneer binnendijs land wordt gekocht. Beiden zullen niet voorkomen. Deze actor bestaat uit particulieren die waarschijnlijk niet over een platform beschikken om van zich te laten horen. Zowel het belang als de macht van deze actor wordt als klein ingeschat.

Bureau Beheer Landbouwgronden (BBL)

BBL heeft eigendom over percelen vlak achter de Putterzeedijk. Om ervoor te zorgen dat de percelen die zij in bewaring heeft in goede staat blijven, worden deze onder andere verpacht. Hiervoor moeten de percelen bereikbaar blijven. Ook zullen veranderingen in het grondwaterpeil de belangen van BBL raken. Dit laatste zal niet gebeuren. Het eerste is afhankelijk van hoe de werkzaamheden uitgevoerd zullen worden. Met het opheffen van 'Dienst Landelijk Gebied' zal BBL ook ophouden te bestaan. De percelen zullen waarschijnlijk onder de hoede van Provincie Gelderland komen te liggen (Jansen, 2015).

Particulieren dichtbij

Particulieren met hun woning of bedrijf dicht bij de dijk, zullen last ondervinden van de werkzaamheden. Wanneer het resultaat volledig niet inpasbaar is met de omgeving zullen zij, net als andere actoren, ontevreden zijn. Verder zullen er waarschijnlijk geen belangen worden geschaad. Deze actor heeft net als de actor 'Particulieren op afstand' weinig mogelijkheden om invloed uit te oefenen.

Verkeer

Voor een gedeelte van het traject van de Putterzeedijk loopt tegen het binnentalud van de dijk een weg en op de kruin ligt een fietspad. Werkzaamheden aan het buitentalud (inclusief periodiek grootschalig beheer) zullen het fietspad stremmen. Voor de weg zal het beheer in ieder geval geen hinder veroorzaken. Stremming door werkzaamheden is ook onwaarschijnlijk. Bovendien is er voor de weg een alternatieve route mogelijk. De verkeersdeelnemers hebben zelf geen macht, maar de veiligheid van hen moet wel worden gewaarborgd. Dit kan betekenen dat de weg en/of het fietspad tijdelijk wordt afgesloten.

Recreante gebruikers

De recreante gebruikers zijn op te splitsen in fietsers en wandelaars, en sportvissers. Het belang van de fietsers en voetgangers wordt door de gemeentes, als beheerders van het fietspad, deels opgevangen. Een slecht inpasbare oplossing zal een negatieve werking hebben op het landschap. Dit

zal vooral de belangen van de Coöperatie Randmeren treffen. De fietsers en wandelaars zullen, op hinder tijdens de uitvoering na, niet tot nauwelijks in hun belangen worden geschaad. Sportvisseren zullen tevens last ondervinden van de uitvoering, maar omdat zij zich ook op het buitentalud begeven (onder andere om de visstekken aan de teen te bereiken), hebben zij veel belang bij de gekozen oplossing. Sportvisverenigingen hebben een redelijk groot podium dat zij kunnen gebruiken om van zich te laten horen. Daarnaast hebben zij looprecht op het talud voor het uitoefenen van het visrecht in de Delta Schuitenbeek.

Recreatie Nuldernauw

Er zijn meerdere recreatiemogelijkheden in de omgeving van de Putterzeedijk. Allen behalve één bevinden zich op een dermate afstand dat deze geen overlast van de werkzaamheden zullen kennen. Stand Nulde (onderdeel van Leisureislands) zou door zijn ligging mogelijk wel geluidshinder ervaren. Leisureislands is eigenaar van meerdere recreatiebestemmingen en heeft daarmee meer middelen tot zijn beschikking.

Staatsbosbeheer

Staatsbosbeheer beheert in de Arkemheense Polder een groot aantal percelen. Deze percelen zijn onderdeel van het Natura2000-gebied 'Arkemheen'. Het zwaartepunt van dit gebied ligt in het westelijke gedeelte van de Arkemheense Polder, maar ook de percelen achter de Putterzeedijk zijn van ecologisch belang. Hiervoor wordt doorverwezen naar bijlage 4. Voor het beheer van de rietkragen zijn op dit moment nog geen duidelijk afspraken. Er wordt echter overwogen het beheer aan Staatsbosbeheer toe te kennen.

Aannemer

Het beheer van het buitentalud van de Putterzeedijk wordt niet vast uitbesteed. Het maaibestek voor het binnentalud is onlangs voor 6 jaar bij een aannemer ondergebracht. Deze onderhoudt uit praktische overwegingen ook het eerste gedeelte van de Arkemheense Zeedijk. Het buitentalud wordt door de beheerder op uurbasis gedaan (Boone, 2015). Het zodanig aanpassen van de taludbekleding dat de aannemer niet in staat is het beheer uit te voeren, betekent dat de aannemer investeringen moet doen, al gedane investeringen geen nut meer hebben of een nieuwe aannemer voor het buitentalud moet worden gezocht.

Gemeente Nijkerk en Gemeente Putten

De Putterzeedijk ligt binnen de gemeentelijke grenzen van beiden gemeentes. Daarnaast zijn zij verantwoordelijk voor de veiligheidssituatie op het fietspad over de kruin. Gemeente Nijkerk maait daarom regelmatig grasstroken van 0,5m breed aan weerszijden van het fietspad. Beiden gemeenten zijn onderdeel van de Coöperatie Randmeren en zullen dus belang hebben bij het verbeteren van de beleving van de dijk. Het waterschap onderhoudt met beiden gemeentes portefeuilles.

Provincie Gelderland

De provincie Gelderland is voortouwnemer van Natura2000-gebied 'Arkemheen'. Voor dit gebied is onder andere de verbinding met nabije wateren van belang, zie bijlage 4. Werkzaamheden aan de Putterzeedijk kunnen de verbinding met het Nuldernauw tijdelijk verbreken. Verder heeft de provincie Gelderland met betrekking tot het waterschap een controlerende rol. Zij is als bevoegd gezag verantwoordelijk voor de goedkeuring van de inpassing en ruimtelijke kwaliteit van de maatregel (van Rijswijk, 2014).

Bryologische en Lichenologische Werkgroep

Op de Putterzeedijk zijn (rodelijst)korstmossen aanwezig. BLWG zet zich in voor de vitaliteit van mossen en korstmossen binnen Nederland. Op de Putterzeedijk is BLWG actief en houdt zij met vrijwilligers twee gedeelten van het buitentalud schoon van vegetatie. Werkzaamheden of de gekozen oplossing moeten er niet toe leiden dat de korstmossen in het gedrang komen. Indien wel, zijn de belangen van BLWG geschaad en voldoet het waterschap niet meer aan haar maatschappelijke verantwoording.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Vanaf de buitenteen van de dijk is het gebied eigendom van de staat. Het Ministerie van Infrastructuur en Milieu is binnen Natura2000-gebied 'Veluwerandmeren' dan ook voortouwnemer. Werkzaamheden aan de Putterzeedijk zullen de natuur op het Nulderneauw verstoren. Hierbij moet erop worden gelet dat er geen schade aan de instandhoudingsdoelstellingen van het gebied ontstaat.

Waterschap Vallei en Veluwe

De verantwoordelijkheid voor de staat en het waterkerende vermogen van de Putterzeedijk wordt gedragen door Waterschap Vallei en Veluwe. Het beheer van de dijk ligt bij de afdeling 'Beheer Watersysteem'. Deze afdeling beschikt over de meeste praktische kennis met betrekking tot de waterkering. Het belang dat het waterschap heeft, ligt in het behalen van een efficiënte maar ook maatschappelijk verantwoorde manier van beheer. Het komen tot een oplossing met een groot draagvlak onder de actoren is goed voor het imago van het waterschap en verkleint projectrisico's op het gebied van doorlooptijd (van Rijswijk, 2014).

Bijlage 3 | Toelichting Programma van Eisen

Investeringskosten

(R01) Het advies moet, kijkend naar de kosten, te verantwoorden zijn.

Een korte inventarisatie binnen het waterschap heeft uitgewezen dat de kosten een belangrijke rol spelen. Gedurende de uitwerking kan dit keuzes beïnvloeden en wanneer niet het voordeligste alternatief wordt gekozen, moet dit te verantwoorden zijn.

(E01) Het advies moet rekening houden met een levensduur van 50jaar.

Om alternatieven eenduidig met elkaar te kunnen vergelijken en het advies ook te kunnen vergelijken met de bevindingen van RPS is voor de levensduur 50jaar genomen.

Waterveiligheid

(R02) Indien de steenbekleding als toplaag wordt gezien, moet deze voldoen aan de steentoetsing binnen het Wettelijk Toetsings Instrumentarium.

Deze randvoorwaarde moeten de stabiliteit van een zetstenen toplaag garanderen.

(R03) Indien de steenbekleding als toplaag wordt gezien, moeten de vastgelegde schadebeelden worden verholpen.

Op het moment voldoet de steenbekleding met de voorwaarde dat de schade aan de steenbekleding wordt hersteld. Zo niet, gedraagt de steenbekleding zich anders (in negatief opzicht) onder maatgevende omstandigheden dan met de toetsing is beschouwd.

(R04) Indien een grasbekleding als toplaag wordt gezien, moet het aannemelijk zijn dat deze van voldoende kwaliteit zal blijven om binnen het WTI als erosiebestendig te worden beschouwd.

De erosiebestendigheid van de grasbekleding is met de kwaliteit van te beïnvloeden. Met het nieuwe toetsingsinstrumentarium wordt er een nieuw soort grastoets ingevoerd. Het uitgangspunt voor deze eis is nu geldende toetsingsinstrumentarium.

Beheer

(E02) Indien meerdere soorten talusbekledingen in de lengterichting of dwarsdoorsnede worden gebruikt, mag dit niet leiden tot een beheerbeeld van een lappendeken.

Zowel in de dwarsdoorsnede als in de lengterichting mogen verschillende soorten bekledingen of beheermethoden worden toegepast. Het is echter beheertechnisch niet wenselijk dat hierdoor een sterk wisselend beeld ontstaat.

(E03) Het introduceren van nieuwe bekledingstypen tot het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe moet als fout worden beschouwd.

Wanneer dit wel wordt gedaan, vereist dit binnen het Waterschap nieuwe expertise. Het is zeer gewenst om met de huidige toegepaste talusbekledingen te werken.

(W01) Het is van meerwaarde wanneer het voorgestelde beheer overeenkomt met de mogelijkheden van de huidige aannemer.

Zo niet, is de aannemer niet meer in staat is het beheer uit te voeren, en betekent dit dat de aannemer investeringen moet doen of al gedane investeringen versneld moet afschrijven.

Indien steenbekleding wordt toegepast:

(E04) De steenbekleding moet arbotechnisch verantwoord te beheren zijn.

Dit houdt in dat de steenbekleding geen verzakkingen, losse stenen, holle ruimte tussen stenen en gaten door het ontbreken van stenen meer kent. Ook kan hieronder het streven worden geschaard zo veel mogelijk werkzaamheden machinaal uit te voeren (Boone, 2015).

(E05) De steenbekleding moet elke zes jaar worden geschoond zodat de steenbekleding goed zichtbaar is.

Met de huidige invulling van de zorgplicht voor de dijk, wordt deze elke zes jaar en na een hoogwater waarbij schade heeft kunnen optreden, geschoond. Hierbij moet de steenlaag goed in beeld komen zodat inspectie mogelijk is.

Eens per zes jaar schonen mag voor de cultuur-historische waarde van de steenbekleding als voldoende worden beschouwd. De steenbekleding hoeft er niet altijd perfect bij te liggen. In het verleden kende de steenbekleding namelijk ook een (wisselende) mate van begroeiing (Willemsen, 2015).

(E06) Opschot moet elke jaar van de steenbekleding worden verwijderd.

Opschot heeft door zijn (wortel)groei maar ook door de wind een wrikkende werking. Wanneer het opschot te groot wordt is het mogelijk dat de stenen uit verband raken. Om dit te voorkomen moet opschot jaarlijks worden verwijderd. Het hanteren van een lagere frequentie leidt tot grotere dimensies van stammen en stobben, waardoor het opschot lastiger is om te verwijderen.

(W02) Het aansluiten van de opschoonmethode op de voorgaande schoningen is gewenst.

De aannemer die de laatste schoning heeft gedaan, heeft geïnvesteerd in materieel met het vooruitzicht vaker het buitentalud te mogen schonen.

Indien grasbekleding wordt toegepast:

(E07) Indien een maai-hooi combinatie wordt toegepast, moet er een beheerberm aanwezig zijn.

Een maai-hooi combinatie is niet in staat het maaisel tegen het talud in omhoog te harken. De hark raakt dan te snel verstopt (Boone, 2015)

(E 08) Ten behoeve van de bereikbaarheid moeten beheertrajecten aaneengesloten zijn.

Door aaneengesloten trajecten te hanteren wordt keren en achteruitrijden voorkomen. Voor een beheerberm betekent dit dat aan beiden uiteinden van de beheerberm een op en afrit aanwezig moet zijn.

(E09) Spoorvorming op de taludbekleding dient voorkomen te worden.

(E0901) Indien een beheerberm wordt aangelegd, moet deze voldoende breed zijn om meerdere sporen te rijden of over meerdere ontsnappingsmogelijkheden beschikken.

(E0902) Indien een beheerberm wordt aangelegd, moet deze voldoende hoog zijn om in de zomermaanden gedurende normale omstandigheden met materieel te berijden.

Spoorvorming verslechtert de kwaliteit van de grasbekleding en daarmee ook hoe deze presteert onder hydraulische belastingen. Hoog op het buitentalud waar deze belastingen mogelijk afwezig zijn, kan dit als minder dwingend worden beschouwd. Een beheerberm bevindt zich echter lager op de dijk. Met ontsnappingsmogelijkheden (lees: op en afritten van de beheerberm naar de kruin) wordt voorkomen dat steeds over grote gedeelten van de beheerberm moet worden gereden en de spoorvorming afneemt (Boone, 2015).

Ecologie

Korstmossen:

(E10) De korstmossen op het buitentalud van de Putterzeedijk moeten behouden blijven.

Het is niet wettelijk vastgelegd dat Waterschap Vallei en Veluwe zich moet inzetten voor het behouden van de 'Rode lijst' korstmossen. Toch ziet Waterschap Vallei en Veluwe dit wel als haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

(E11) Indien met korstmos begroeide stenen worden verplaatst, is voorzichtigheid geboden.

Bij het verplaatsen kunnen korstmossen enkele weken slechte omstandigheden overleven. Er moet wel op gelet worden dat de met korstmos bedekte stenen niet op een hoop worden gegooid of ondersteboven worden teruggeplaatst (Sparrius, 2015).

(E12) Als korstmossen worden behouden, moet de steenbekleding waar deze groeien vrij worden gehouden van andere vormen van begroeiing, zoals gras, brandnetels en riet.

Korstmossen groeien alleen op blootliggende stenen. Wanneer een steenbekleding volledig is overgroeid met vegetatie of last heeft van vergrassing, is dit respectievelijk geen of minder geschikt habitat voor korstmossen (RPS, 2012).

(W03) Indien met korstmos begroeide stenen worden verplaatst, is het gewenst dat deze met enige clustering terug worden geplaatst.

Clustering wordt alleen vereist wanneer de met korstmos begroeide stenen in een nieuwe basalt bekleding worden teruggezet. Met clustering worden de nadelige invloeden van kalk wassende uit de basaltstenen verkleind (Sparrius, 2015). De stenen worden tussen basalt en natuurstenen teruggeplaatst. Clustering is dus niet noodzakelijk. Om de positie van korstmossen in het kader van monitoring en ook beheer overzichtelijk te houden, is het aannemelijk te stellen dat enige clustering wel gewenst is.

Betreden van de stenen zou niet zo'n groot probleem moeten zijn (Sparrius, 2015). Werkzaamheden in de buurt van korstmos begroeide stenen moet dus mogelijk zijn. Wanneer machines zich over het buitentalud verplaatsen, zal voorzichtigheid toch altijd geboden zijn.

Natura2000:

(R05) De werkzaamheden aan de Putterzeedijk mogen de instandhoudingsdoelstellingen van Natura2000-gebieden #76 'Veluwerandmeren' en #56 'Arkemheen' niet (tijdelijk) bemoeilijken.

Om een vergunning te verkrijgen, moeten (blijvende) gevolgen voor de Natura2000-gebieden worden uitgesloten. Voornamelijk betekent dit dat de instandhoudingsdoelstellingen niet in het geding mogen komen. De doelstellingen worden in bijlage 4 beschreven.

Beleving

(R06) Het advies moet voldoen aan de eisen gesteld aan ruimtelijke kwaliteit en inpasbaarheid.

Het advies wordt door Provincie Gelderland getoetst op de ruimtelijke kwaliteit en inpasbaarheid. Wanneer hier niet aan wordt voldaan, zal het advies geen doorgang kennen.

Sportvisserij:

(E13) De mogelijkheden tot hengelsport langs het Nulder Nauw moeten behouden blijven.

In het kader van het IVR-project zijn twee visstekken (aan de oost en westzijde van het Puttergemaal) aangelegd. Deze visstekken worden nog regelmatig gebruikt (Wever, 2015). Wanneer de visstekken zonder het ontstaan van andere mogelijkheden verdwijnen, betekent dit voor de hengelsport een achteruitgang in de nieuwe situatie.

(E14) De visstekken moeten vanaf de kruin van de dijk te bereiken zijn.

Om bij de visstekken te komen, moeten deze vanaf de kruin over het buitentalud te bereiken zijn. Een slechte bereikbaarheid leidt tot een afname in het gebruik van een visstek terwijl de vraag wel blijft. Dit laatste wordt geïllustreerd door het lage gebruik van de visstek aan de oostzijde van het Puttergemaal (Wever, 2015).

In het kader van HWBP-2 is er contact geweest tussen het waterschap en de hengelsport om de westelijke visstek door middel van een op- en afgang toegankelijk te maken voor rolstoelgebruikers.

Het waterschap vindt het echter niet wenselijk de beheerberm toegankelijk te maken. Met het openstellen van de beheerberm, kunnen auto's op de beheerberm of sluiptverkeer niet worden uitgesloten. De op- en afritten zijn voor rolstoelgebruikers alleen veilig wanneer deze een dicht oppervlak als asfalt kennen. Dit is niet in te passen met de eisen vanuit beheer.

Cultuurhistorie:

(E15) Met cultuurhistorische waarden moet verantwoord en volgens beleid om worden gegaan.

(E1501) De steenbekleding moet (voor een significant gedeelte van het traject van de Putterzeedijk) voor de gehele taludlengte bewaard blijven en zichtbaar zijn.

(E1502) Indien steenbekleding om cultuur-historische redenen zichtbaar blijft, moet herstel en onderhoud cultuur-historisch verantwoord gebeuren (d.w.z. met dezelfde soort zetsteen).

De zichtbaarheid van de steenbekleding op de Putterzeedijk heeft voor het waterschap een grote cultuurhistorische waarde. In het kader van 'Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen' is er alle aanleiding toe om oog te hebben voor het behouden van de cultuurhistorie (Willemsen, 2015).

Bijlage 4 | Analyse Natura2000

Deze bijlage is bedoeld om op basis van de beschikbare informatie een kort overzicht te geven van de twee Natura2000-gebieden in de directe omgeving van de Putterzeedijk. Deze bijlage is daarmee een concretisering van R05 (PvE). De informatie hier gebruikt, komt uit enigszins gedateerde bestanden, concept-bestanden, of bestanden die binnen een ander kader zijn opgesteld. De informatie in deze bijlage is daarom niet als meer dan een opzet te beschouwen.

Veluwerandmeren (Natura2000-gebied #76)

Natura2000-gebied Veluwerandmeren betreft zowel een habitat- als een vogelrichtlijngebied. Het gebied loopt langs de gehele lengte van de Putterzeedijk straks tegen de buitenteen van de dijk aan. Werkzaamheden aan het buitentalud van de dijk, in het algemeen of specifiek het verleggen van de buitenteen door het aanleggen van een beheerberm, zullen effecten op het gebied hebben. Of deze effecten problematisch zijn, zal verschillen per doelstelling van het Natura2000-gebied.

Voor de habitattypen, habitatsoorten, broedvogels, en niet-broedvogels zijn binnen het gebied instandhoudingsdoelstellingen geformuleerd. Waar de doelstellingen met het voortzetten van het huidige beleid door te weinig draagkracht van het gebied niet worden gehaald, is er sprake van een knelpunt (Rijkswaterstaat, 2013a). Het soort of type dat een knelpunt kent, kan gezien worden als extra kwetsbaar. Soorten of typen zonder knelpunt kunnen als minder gevoelig worden beschouwd aangezien de instandhoudingsdoelstellingen voor deze al zijn gehaald, of in de nabije toekomst worden gehaald.

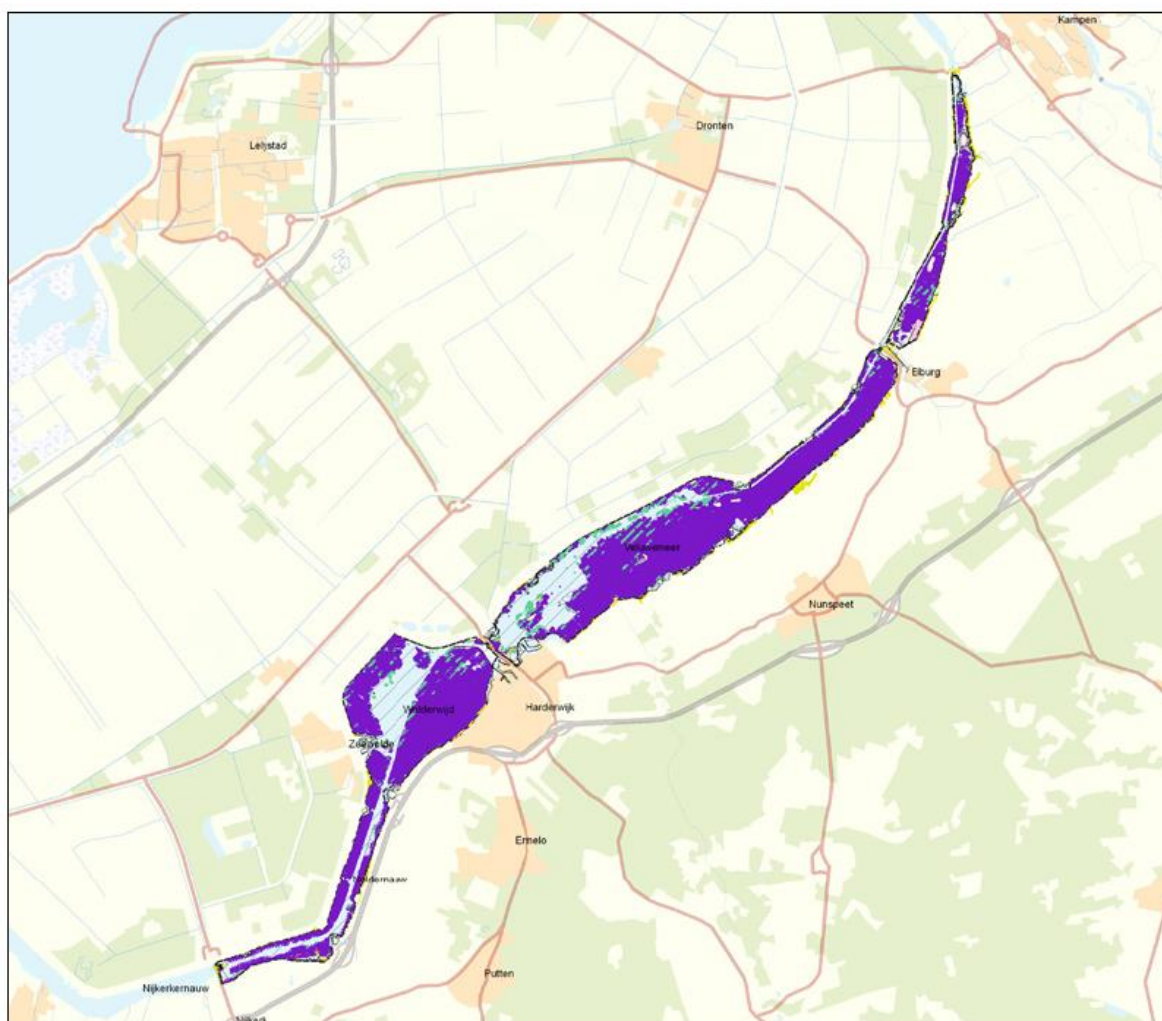
Habitattypen

Voor de habitattypen 'Kranswierwateren' en 'Meren met fonteinkruiden' heeft het Natura2000-gebied Veluwerandmeren voldoende draagkracht. Fonteinkruiden, die een uitbreidings- of verbeteringsdoelstelling kennen (Rijkswaterstaat, 2013a), komen in het Nulder nauw niet voor, zie figuur b4-1. Met dit habitatype hoeft geen rekening te worden gehouden. Kranswier en bevinden zich wel en in grote oppervlakten binnen de 'Delta Schuitenbeek' voor de Putterzeedijk (Rijkswaterstaat, 2013b). Beter gezegd is de gehele delta geschikt habitat voor kranswier. Voor het habitatype Kranswierwateren geldt een behoudsdoelstelling. (Rijkswaterstaat, 2013a).

Habitatsoorten

Voor de Habitatsoorten Meervleermuis en Rivierdonderpad zijn geen knelpunten geïdentificeerd. Aangezien de Kleine modderkruiper in het ontwerpbeheerplan van Natura2000-gebied Veluwerandmeren niet wordt genoemd en een behoudsdoelstelling kent, lijkt dit voor de Kleine modderkruiper ook zo te zijn.

Meervleermuis: De Putterzeedijk valt binnen het foerageergebied van de Meervleermuis. Deze nesten in gebouwen in de wijde omgeving. Voor de Meervleermuis is een behoudsdoelstelling geformuleerd. De Meervleermuis foerageert op open water naar insecten die alleen bij een goed ontwikkelde oevervegetatie voorkomen. Het behalen van oevervegetatie met een hoge ecologische waarde is bevorderlijk deze habitatsoort.



Legenda

Habitattypen

- H3140 Kruiswierenwateren
- H3150 Meren met fonteinkruiden en krabbenscheer

Ruimtelijke eenheden

- Open water (dieper dan 100 cm)
- Ondiep water (20 - 100 cm)
- Oeverzone (0 - 20 cm diepte)
- Grasland
- Moeras

Figuur b4-1 | Habitattypen Natura2000-gebied 'Veluwerandmeren'

Kleine modderkruiper: De Kleine modderkruiper komt langs de Veluwerandmeren algemeen voor. Plantrijke ondiepe oeverzones vormen een geschikt habitat. Ook worden ze waargenomen in de buurt van afwaterende beken. Hoewel het aangewezen potentiële habitat voor deze habitatsoort alleen voor het meest oostelijke gedeelte van de Putterzeedijk ligt, komt de Kleine modderkruiper langs het hele traject van de Putterzeedijk voor.

Rivierdonderpad: De Rivierdonderpad komt voor tussen de basaltblokken van de randmeerdijken. Ook komen ze in de Veluwerandmeren voornamelijk voor in de buurt van beekmondingen. Langs de buitenteen van de Putterzeedijk lijken ze niet voor te komen. Dit voornamelijk omdat de basaltblokken hier niet ver in het water liggen. De vooroeverdij vormt een meer geschikt habitat (Vries & Goutbeek, 2011).

Broedvogels

Beide broedvogels met een doelstelling binnen het gebied kennen een knelpunt. Deze zijn:

- **Grote karekiet:** Onvoldoende kwaliteit en omvang rietmoeras voor broedvogels;
- **Roerdomp:** Onvoldoende kwaliteit en omvang rietmoeras voor broedvogels.

Van beiden broedvogels zijn in het Nulder nauw geen broedlocaties bekend. De kans dat deze broedvogels zich alsnog nestelen aan de voet van de Putterzeedijk kan als vrij klein worden geschat. De onderbouwing voor deze inschatting is dat de rietkraag langs de Putterzeedijk in de huidige situatie als broedgebied om twee redenen weinig potentie heeft.

1. De Putterzeedijk kent door het fietspad over de kruin en de visserij een vrij hoge recreatiedruk.
2. De rietkraag langs de Putterzeedijk is, vooral in vergelijking tot andere gebieden, niet dik genoeg (Vries & Goutbeek, 2011).

Het blijft echter wel een risico. Wanneer de Grote karekiet of de Roerdomp wel broedend in het Nulder nauw voorkomen, is het aannemelijk dat werkzaamheden tijdens het broedseizoen niet mogelijk zijn.

Tabel b4-0-1 | Niet-broedvogels Natura2000-gebied 'Veluwerandmeren'

	Voorkomen														Verstorings- gevoeligheid	Verstorings- afstand	
			Broedseizoen										Nulder nauw	Landelijk			
	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec					
Meerkoet														2%	-/++	matig - gemiddeld	50 -150
Grote zaagbek														17%	-/?	groot - zeer groot	300 - 50
Nonnetje														10%	-/++	Gemiddeld	100 - 200
Brilduiker														2%	+/++	zeer groot	500 - 750
Kuifeend														9%	-/++	Groot	200 - 300
Tafeleend														2%	-/+	Groot	200 - 300
Krooneend														0%	-/++	groot - zeer groot	300 - 500
Pijlstaart														4%	-/+	Gemiddeld	100 - 200
Slobeend														38%	+/?	Groot	200 - 300
Krakeend														35%	+/++	Groot	100 - 200
Smient														71%	+/++	Gemiddeld	150 - 300
Kleine zwaan														1%	-/?	gemiddeld - groot	150 - 300
Lepelaar														16%	+/++	matig - gemiddeld	50 -150
Grote zilverreiger															+/?	Groot	200 - 300
Aalscholver														5%	+/?	gemiddeld - groot	150 - 300
Fuut														6%	-/+	gemiddeld - groot	150 - 300

Legenda

n<1/2gem
1/2gem<n>gem
n>gem

gunstig
ongunstig

% van de populatie in de Veluwerandmeren
landelijke stand/trend

Niet-broedvogels

De Veluwerandmeren kennen voor niet-broedvogels 16 behoudsdoelstellingen. De niet-broedvogels foerageren en/of rusten op het Nulder nauw (Rijkswaterstaat, 2013a). De gevoeligheid van een foeragerende of rustende vogel voor verstoring door werkzaamheden wordt vaak uitgedrukt met

behulp van een verstoringsafstand. Deze verstoringsafstand geeft weer wanneer vogels wegvliegen of vluchten. Of een vogelsoort negatieve gevolgen ondervindt is verder afhankelijk van:

- De aanwezigheid van de vogelsoort binnen het Nulderneauw;
- De fasering van werkzaamheden in relatie tot de seizoentrend.

Verder moet rekening worden gehouden met de landelijke stand en trend. Gekeken naar tabel b4-1, is de periode van november tot en met maart in verband met de Zaagbek ongeschikt. Verder zullen werkzaamheden in het najaar negatieve gevolgen hebben voor veel niet-broedvogels. Tijdens het broedseizoen worden de minste vogelsoorten verstoord. Dit geldt echter waarschijnlijk niet voor andere vogelsoorten.

Arkemheen (Natura2000-gebied #56)

Arkemheen is een vogelrichtlijngebied. Instandhoudingsdoelstellingen zijn voor de niet-broedvogels Kleine zwaan en Smient geformuleerd. Een complementair doel bestaat er voor de Bittervoorn. Zo lang er geen beken worden gedempt, is de betrokkenheid van de Bittervoorn uitgesloten.

Kleine zwaan: Voor de Kleine zwaan wordt ingezet op het behouden van de omvang en kwaliteit van het leefgebied. De Arkemheense polder fungeert als foerageergebied en de nabijgelegen randmeren (waaronder het Nulderneauw) worden als slaappleats gebruikt (Natura2000, 2009). De Kleine zwaan komt voornamelijk in het westelijke gedeelte van Natura2000-gebied #56 voor. Toch bestaat er een trekroute tussen foerageer- en slaapgebied over de Putterzeedijk naar het oostelijke gedeelte van het Nulderneauw. Waar de aantallen van de Kleine zwaan op de Veluwerandmeren stabiel tot licht stijgend zijn, vertoont de Kleine zwaan binnen de Natura2000-gebied Arkemheen een negatieve trend (Vries & Goutbeek, 2011).

Smient: De doelstelling voor Smient luidt hetzelfde als die voor de Kleine zwaan. De Smient komt voor in de maanden september tot en met april (met september en april in kleine mate). Het foerageergebied van belang voor de Smient ligt ten westen van de Arkervaart (ten westen van de Berencamperweg) (Vries & Goutbeek, 2011). Het Nijkerkernauw en het Nulderneauw worden door de Smient gebruikt als rustplaats (Natura2000, 2009). Hierdoor zou er een trek route langs de Putterzeedijk kunnen bestaan.

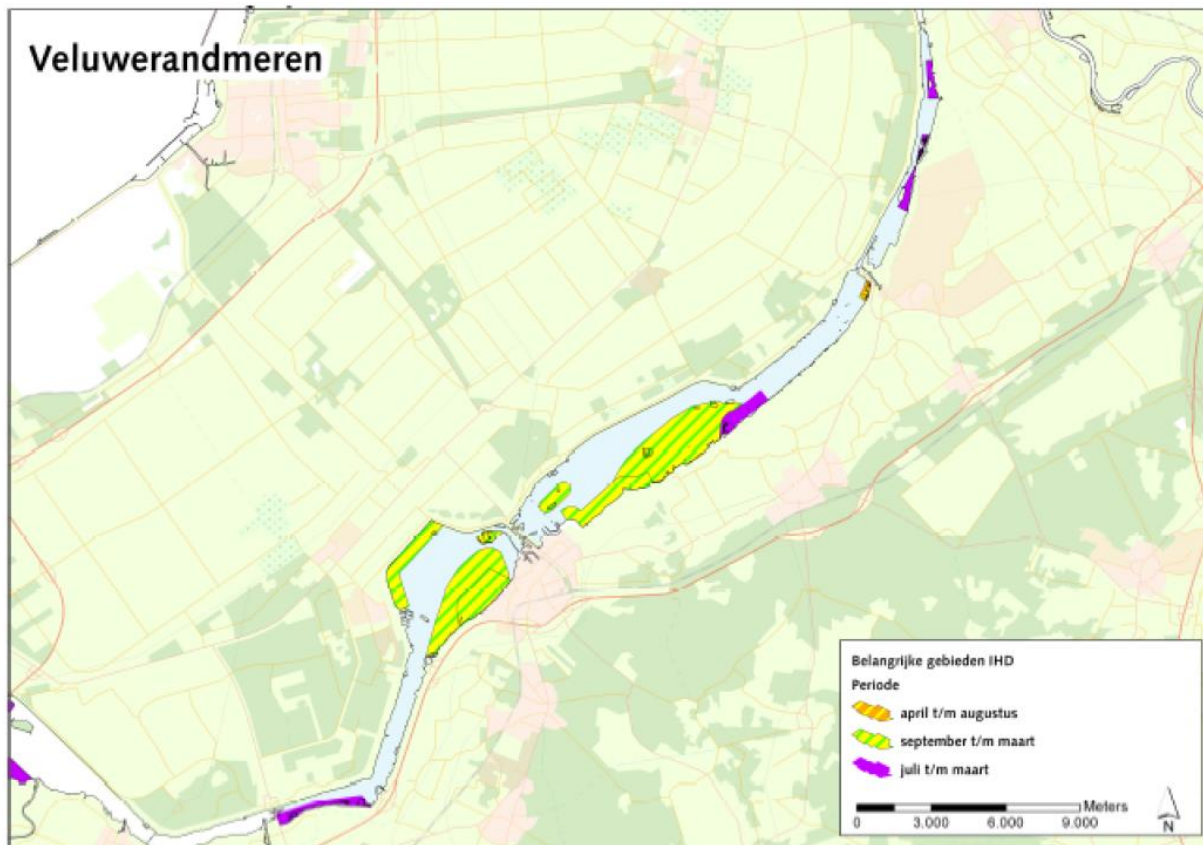
Inschatting van effecten

Werkzaamheden aan de Putterzeedijk maken het Nulderneauw in zijn geheel ongeschikt als habitat voor de Brilduiker. Deze vogelsoort komt naar tellingen maar beperkt in het Nulderneauw en de landelijke stand is gunstig. Voor andere niet-broedvogels valt de noordelijke oever voor grote gedeelten of in zijn geheel buiten de verstoringafstanden. Daarnaast bevinden de grotere populaties zich in de meeste gevallen op de andere Veluwerandmeren, zijn de populaties groter dan de instandhoudingsdoelstellingen, of zijn er uitwijkmogelijkheden (Griep, 2013). Het is van belang uit te lichten dat de 'Delta Schuitenbeek' van in ieder geval voor de Slobeend en de Kleine zwaan een belangrijke rustplaats is. (Vries & Goutbeek, 2011). Om zich te verplaatsen tussen foerageer- en rustgebieden trekken de Smient en Kleine zwaan over de Putterzeedijk. De Smient rust voornamelijk op het Nijkerkernauw (Griep, 2013) en heeft dus een uitwijkmogelijkheid. Het is onduidelijk over welke uitwijkmogelijkheden de Kleine zwaan beschikt, maar het is aannemelijk dat de huidige korte afstand van meerwaarde is voor Natura2000-gebied 'Arkemheen' en het uitwijken van de soort niet gewenst is.

Indien de buitenteen van de dijk wordt verlegd, zal tijdelijk het oeverbeeld veranderen en de rietkraag verdwijnen. Het tijdelijk verdwijnen van de rietkraag heeft op het moment voor de broedvogels en de Kleine Modderkruiper weinig gevolgen. De Grote Karekiet en de Roerdomp broeden, naar waarnemingen, niet langs het Nulderneauw. Na het verplaatsen van de buitenteen zal het habitat van

de Kleine modderkruiper zich weer herstellen. (Griep, 2013). In de tussentijd kan de Modderkruiper uitwijken naar de meer noordelijk gelegen gebieden en de eilanden in de randmeren (Vries & Goutbeek, 2011).

Een beheerberm zal leiden tot een afname van Kranswierwateren. Hoe hier door het bevoegd gezag naar wordt gekeken is onbekend. De rietkragen langs de Putterzeedijk en de rieteilanden in de 'Delta Schuitenbeek' zijn voor de instandhoudingsdoelstellingen van belang gedurende de periode juli t/m maart. Indien de rietkraag tijdelijk wordt verwijderd, moet deze worden hersteld. Vooraf compenseren binnen het Nulder nauw (lees: 'Delta Schuitenbeek') is niet eenvoudig aangezien dit het oppervlak van de kranswieren binnen de Delta verkleint.



Figuur b4-2 | Belangrijke gebieden voor instandhoudingsdoelen Natura2000-gebied 'Veluwerandmeren'

Bijlage 5 | Opname schade steenbekleding Putterzeedijk

Bijbehorend bestand:

Bijlage 5 Schadebeelden Putterzeedijk

Bij het opknappen van de steenbekleding zullen de volgende schadebeelden moeten worden hersteld:

- Ontbrekende stenen/gaten in de steenzetting;
- Verzakte stenen;
- Loszittende stenen.

Hiervoor wordt de schadeopname uit 2014 gebruikt. De schadeopname uit 2014 is direct na een grondige opschoning van het buitentalud gedaan. Het herstellen van verzakkingen en gaten kan op basis van deze informatie goed worden geconcretiseerd. De schadeopname gaat echter niet op holle ruimten tussen stenen in. In het kwaliteitsoordeel van de toetsing uit 2003 worden deze in het oordeel 'matig' wel genoemd. Deze holle ruimten zijn waarschijnlijk inherent aan de steenzetting en zijn er dus altijd al geweest. Zolang deze ruimtes klein genoeg zijn en de toplaag de filterlaag en eventuele vlijlagen op hun plaats kan houden. Hoeven deze niet te worden gevuld. Daarnaast zal het dichtslibben en begroeien van de holle ruimtes hier al in tegemoet komen (Boone, 2015). Zo niet kunnen stopstukken worden ingeklemd.

Het bijbehorende Excel-bestand bevat verdere informatie die om de volgende redenen als niet van belang wordt gezien:

- **Gekantelde stenen:** "Gekantelde stenen" wordt maar enkele keren vermeld en het betreft dan steeds één steen of een zeer klein oppervlakte. Deze behoren te worden herzet, maar dit hoort niet tot significant meer werk te leiden.
- **Hoek/kant van bekleding of hoek van damwand:** Deze punten duiden alleen op de aanwezigheid van een hoek of kant. Ze geven geen indicatie van schade aan de hoek of kant.
- **Boomstobbe:** In het huidige beleid worden deze steeds verwijderd. Groot opschot komt over het algemeen alleen voor waar de steenbekleding van slechte kwaliteit is (verzakkingen, of losse of ontbrekende stenen).

Deze informatie is door de kolom 'van belang?' op groen te filteren te verbergen. De tweede filtermogelijkheid is voor de uitwerking van mogelijkheid 'Grasbekleding zonder beheerberm & drukkeweiding'. Hier moet op rood worden gefilterd.

De afdekkende laag is bij het analyseren van de schade tot 6m gelegd in plaats van de werkelijke 7m. Wanneer een gat in de steenbekleding met zijn middelpunt op of net boven de rand bevindt, zal maar een gedeelte van het gat worden overdekt. Dit leidt tot een onderschatting van de te herstellen schade. Met een willekeurige spreiding van de schade, zal dit effect zichzelf uitbalanceren. In het geval van de Putterzeedijk komt hoog op het talud meer schade voor dan laag op het talud. De schade rond de rand van de afdekkende laag is in omvang voornamelijk 1mx1m of kleiner. Om te voorkomen dat de te herstellen schade wordt onderschat is de rand iets hoger gelegd.

Bijlage 6 | Eenheidsprijzen kostenraming

Voor het opstellen van een kostenraming is gekozen zo veel mogelijk de kengetallen van RPS over te nemen. Zodoende kunnen de geformuleerde alternatieven worden vergeleken met de bevindingen van RPS. Om de kengetallen zo goed mogelijk te laten aansluiten op de in dit rapport geformuleerde alternatieven, zijn de kengetallen aangevuld of waar nodig aangepast.

Beheer

Verwijderen opschot per meter taludlengte: €4,5/hm/m

De Putterzeedijk heeft een gemiddelde taludlengte van ongeveer 12 meter. Omdat RPS ervan uitgaat dat de eerste 6 meter door een maai-zuigcombinatie kan worden onderhouden, moet 6 meter aan talud handmatig van opschot vrij worden gehouden. $0,7 \text{ uur} / \text{hm} \times €40 / \text{uur} / 6 \text{ m} = €4,5 / \text{hm} / \text{m}$

Maai-zuigcombinatie per meter taludlengte:

$$0,7 \text{ uur} / \text{hm} \times €90 / \text{uur} / 6 \text{ m} = €10,5 / \text{hm} / \text{m}$$

$$2 \times \text{jaarlijks} \rightarrow €21 / \text{hm} / \text{m}$$

Compostering per meter taludlengte:

$$1,5 \text{ ton} / \text{hm} \times €40 / \text{ton} / 6 \text{ m} = €10 / \text{hm} / \text{m}$$

$$2 \times \text{jaarlijks} \rightarrow €20 / \text{hm} / \text{m}$$

Maai-hooicombinatie per meter taludlengte:

$$€250 / \text{ha} \times 0,01 = €2,5 / \text{hm} / \text{m}$$

$$2 \times \text{jaarlijks} (+ \text{compostering}) \rightarrow €5 - 25 / \text{hm} / \text{m}$$

Maai-hooien kost €250/ha (Boone, 2015). Hierbij wordt aangenomen dat het maaisel geschikt is voor hergebruik en niet hoeft te worden gecomposteerd. Dit gaat niet altijd op. Het is daarom mogelijk dat maai-hooien door compostering €20/hm/m meer kost.

Schoonschrapen per meter taludlengte:

$$(€830 - 1000 / \text{hm}) / 10,5 \text{ m} = €79 - 95 \text{ hm} / \text{m}$$

$$1 / 6 \times \text{jaarlijks} \rightarrow €13 - 16 / \text{hm} / \text{m}$$

Beweiding:

$$(11 \text{ m} \times 100 \text{ m}) \times 0,0001 \times €750 / \text{ha} = €82,5 / \text{hm}$$

$$3 - 4 \text{ graasbeurten} / \text{jaar} \rightarrow €247,5 - 330 / \text{hm}$$

Voor beweiding worden de kosten op €750/ha geschat (Boone, 2015). Deze prijs kan lager uitvallen wanneer de benodigde graasdruk lager is, of de beweiding lokaal kan worden uitbesteed. Voor een goede grasmat moeten er 3 á 4 graasrondes per jaar plaatsvinden. De taludlengte van de kruin tot het aan te brengen stortsteen is omstreeks 11m.

Initiële investering

Opvullen gaten steenzetting met zetsteen/herzetten verzakkingen: €86,50/m²

Deze waarden zijn naar de ervaringen van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.

Basaltzuilen: Bestek voor het herstellen van 50m². Inschrijvingen uiteenlopend van €50/m² tot €171/m² met een gemiddelde van €92,23/m² over 5 inschrijvingen. Noorse steen: Bestek voor het herzetten van 750m². Inschrijvingen uiteenlopend van €40/m² tot €177/m² met een gemiddelde van €86,35/m² over 5 inschrijvingen. €80/m² voor beiden soorten steenzetting mag als reëel worden beschouwd. Indien er eerst nog bekleding moet worden verwijderd, kost dit €6,50/m² extra. Voor het

herzetten van een bekleding is dit altijd het geval. Omdat voor het opvullen van gaten stenen worden hergebruikt, moeten deze stenen ergens anders uit de steenzetting worden gelicht. De extra kosten gelden hier ook. Bij de bestekken is het uitgangspunt het zetten van kleine oppervlakken. Grote oppervlakten zijn niet makkelijker te zetten dan kleine, maar bij een grote spreiding kost het veel tijd om alles steeds weer te verplaatsen (Kuiper, 2015).

Zetten basalt: €84,50-€100,50/m²

Deze waarden zijn uit een spreadsheet van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier overgenomen. Afhankelijk van hand- of machinaal werk kan de prijs verschillen (handwerk is goedkoper).

Verwijderen steenbekleding per meter taludlengte: €880-1280/hm/m

Het verwijderen en afvoeren van de steenbekleding kost volgens RPS €10-15/m². De steenbekleding wordt niet afgevoerd maar hergebruikt. Het uithalen van stenen kost €6,50/m². Hieronder val niet het weghalen van het filtermateriaal. Het resterende bedrag van €3,50-8,50 bestaat uit het afvoeren van stenen (n.v.t.), en het uithalen en afvoeren van filtermateriaal.

$$€6,50m^2 + €3,50 - 9,50m^2 \times \frac{2}{3} = €8,80 - 12,8/m^2$$

Leveren en aanbrengen 0,6 meter klei met erosiebestendige grasmat per meter taludlengte:

€1500-1800/hm/m

Neerleggen afdekkende laag per meter taludlengte: €750-900/hm/m

De afdekkende laag betreft een 0,3 meter dikke kleilaag met een erosiebestendige grasmat.

Aanbrengen stortsteen afdekkende laag: €10000-12000/hm

Voor het aanbrengen van stortsteen in de beheerberm gaat RPS uit van €300-350/m. Naar de beschrijving van RPS wordt langs de hele buitenrand van de beheerberm stortsteen aangebracht. Dit is omstreeks 6m. De overgangsconstructie voor de afdekkende laag zal maximaal 2m stortsteen bedragen.

Aanleggen beheerberm: €43500-53500/hm

RPS houdt rekening met een beheerberm met een breedte van 3m. Deze wordt wel hoger aangelegd dan 0,70m+NAP, namelijk op 1,0m+NAP. Een volume van 5m³ of iets meer (afhankelijk van het verloop van het voorland). Dit komt binnen de marges overeen met het volume benodigd voor de beheerberm van 0,70m+NAP hoog. De kosten voor de twee soorten beheerbermen zijn daarom aan elkaar gelijk gesteld. RPS houdt geen rekening met het hergebruiken van stenen. Per hm wordt 260m³ aan stenen hergebruikt. Dit bespaart €6500 aan stortsteen, zie de kentallen gehanteerd door RPS.

Bijlage 7 | Overzicht alternatieven naar criteria

Alternatief 1:

Voordelen	Nadelen
- De bereikbaarheid van het ondertalud wordt verbeterd. (+ Onderhoud) - Op de afdekkende laag kan vegetatietype H2/H3 worden gehaald. (+ Natura2000) - De steenbekleding wordt voor 10hm cultuur-historisch verantwoord hersteld. - De steenlagen onder de grasbekleding blijven intact.	Er moeten met korstmos begroeide stenen over een korte afstand worden verplaatst. (- Korstmossen)

Alternatief 2:

Voordelen	Nadelen
- Voor het onderhouden van de grasbekleding moet beweiding worden toegepast. (+ Beleving) - Opschot op het ondertalud moet voor 11,5hm van het traject handmatig worden verwijderd. (+ Onderhoud) - De steenbekleding moet voor 11,5hm periodiek worden schoon geschraapt. (+ Inspecteerbaarheid) - De cultuur-historische steenbekleding wordt voor 11,5hm hersteld. - De steenlagen onder de grasbekleding blijven intact.	- Voor het onderhouden van de grasbekleding moet beweiding worden toegepast. (- Onderhoud) - Er zijn geen mogelijkheden tot omvormingsbeheer van de grasbekleding. (zie toetsing PvE) - Er moeten voor 27hm mitigerende maatregelen voor de rietkraag worden getroffen. (- Natura2000 en bijkomende kosten) - De oostelijke visstek moet worden aangepast. (mogelijk - Natura2000 en bijkomende kosten) - Er moeten met korstmos begroeide stenen worden verplaatst (- Korstmossen)

Alternatief 3:

Voordelen	Nadelen
▪ Opschot op het ondertalud van de dijk moet voor 16hm van het traject worden verwijderd. (+ Onderhoud) ▪ Periodiek schonen van de steenbekleding moet voor 16hm plaatsvinden. (+ Inspecteerbaarheid) ▪ Er hoeven geen met korstmos begroeide stenen te worden verplaatst (+ Korstmossen) ▪ De steenbekleding wordt voor 16hm cultuur-historisch verantwoord hersteld. ▪ Op de beheerberm kan vegetatietype H2/H3 worden gehaald (+ Natura2000)	▪ Er moeten voor 22,5hm mitigerende maatregelen voor de rietkraag worden getroffen. (- Natura2000 en bijkomende kosten) ▪ De oostelijke visstek moet opnieuw worden aangelegd. (- Natura2000 en bijkomende kosten) ▪ De 'Delta Schuitenbeek wordt plaatselijk mogelijk significant versmald. (- Natura2000) ▪ Natura2000-gebied 'Veluwerandmeren' wordt met 0,1ha verkleind. (- Natura2000) ▪ De steenlagen onder de grasbekleding worden verwijderd. (- Beleving)

Alternatief 4:

Voordelen	Nadelen
▪ Er hoeven geen met korstmos begroeide stenen te worden verplaatst (+ Korstmossen)	▪ Herstellen met zetsteen is zeer waarschijnlijk niet mogelijk (zie toetsing PvE)

Alternatief 5:

Voordelen	Nadelen
▪ Er hoeft geen opschot handmatig te worden verwijderd. (+ Onderhoud) ▪ Er hoeven geen met korstmos begroeide stenen te worden verplaatst (+ Korstmossen)	▪ Er moeten voor 38,5hm mitigerende maatregelen voor de rietkraag worden getroffen. (- Natura2000 en bijkomende kosten) ▪ De oostelijke en westelijke visstekken moet opnieuw worden aangelegd. (- Natura2000 en bijkomende kosten) ▪ De 'Delta Schuitenbeek wordt plaatselijk mogelijk significant versmald. (- Natura2000) ▪ Natura2000-gebied 'Veluwerandmeren' wordt met 0,2ha verkleind. (-Natura2000) ▪ Herstellen met zetsteen is zeer waarschijnlijk niet mogelijk (zie toetsing PvE)

Bijlage 8 | Steentoets 2014

Bijbehorend documenten:

Bijlage 8 Steentoets2014 v14.1.2. basalt

Bijlage 8 Steentoets2014 v14.1.2. natuursteen

Bijlage 8 Steentoets2014 v14.1.2. basalt schematisering 2 taludsegmenten

Bijlage 8 Steentoets2014 v14.1.2. natuursteen schematisering 2 taludsegmenten

De laatste volledige toetsing van de steenbekleding is in 2003 in het kader van de tweede toetsronde gedaan. Bij deze toetsing voldeed de steenbekleding voor het gehele traject van de Putterzeedijk met een score goed of voldoende. Voor de derde toetsingsronde is dit oordeel overgenomen. Dit was mogelijk aangezien er sinds de tweede toetsronde geen veranderingen waren opgetreden die het oordeel negatief hebben kunnen beïnvloeden. Uitgaan van de dezelfde beoordeling voor de vierde toetsingsronde (en daarmee de score overnemen) is echter niet meer mogelijk. Er zijn sinds de derde toetsingsronde verschillende veranderingen doorgevoerd die de beoordeling (afhankelijk van de situatie) zowel positief als negatief kunnen beïnvloeden. Om vast te stellen of er wordt voldaan aan R02 (PvE) is gekozen de toetsing met de Steentoets versie uit 2014 te doorlopen.

Steentoets2014 is niet het programma dat zal worden gebruikt voor de vierde toetsingsronde. Om aan te sluiten op de nieuwe normen zal een nieuwe versie worden uitgegeven (Labrujere, 2015). De manier waarop de sterkte berekend wordt, zal echter niet veranderen (Klein Breteler, 2015). Daarom kan Steentoets2014 met enige zekerheid worden gebruikt voor het formuleren van conclusies.

Drie onderdelen van Steentoets

Om met Steentoets tot een betrouwbaar resultaat te komen, moeten drie onderdelen van invoer juist worden gedaan. Deze zijn:

- De Hydraulische Randvoorwaarden waarmee de steenbekleding moet worden getoetst;
- De schematisering waarmee de steenbekleding wordt ingevoerd;
- De gemeten opbouw van de steenbekleding.

Hydraulische Randvoorwaarden

Voor de Hydraulische Randvoorwaarden werden in 2003 de bijbehorende waarden uit tabel b8-1 gebruikt. Deze waarden zijn sindsdien bijgesteld. In HRC2006 is het toetspeil verlaagd naar 0,7m+NAP (voorheen 1,53m+NAP inclusief toeslagen). Met Promovera 3.0 HRC2006 zijn de bijbehorende 'Significante golfhoogte' en 'Piekperiode golven' bepaald. De golfcondities zijn hierbij vrijwel onveranderd gebleven. Hoe met Promovera is gewerkt wordt beschreven in bijlage 9.

Tabel b8-0-1 | Hydraulische Randvoorwaarden Putterzeedijk

van ... tot ... (hm)	Toetspeil (m+NAP)	Significante golfhoogte (m)	Piekperiode golven (s)
2003			
8,00 – 47,00	1,53	0,48	3,06
2006			
8,00 – 19,50	0,70	0,50	2,68
19,50 – 35,50	0,70	0,53	2,90
35,50 – 47,00	0,70	0,46	3,00
Toekomstige			
8,00 – 19,50	0,43	0,39	2,79
19,50 – 35,50	0,44	0,46	2,74
35,50 – 47,00	0,45	0,44	2,54

Voor de vierde toetsingsronde wordt van de overschrijdingskans overgestapt op de nieuwe overstromingskans. Waar de overschrijdingskans een norm hanteerde per dijkkring, wordt dit in de toekomst niet meer gedaan en wordt de norm per dijktraject vastgesteld. Daarnaast zullen de categorisatie naar a, b, c, en d worden afgeschaft. De Putterzeedijk zal nog steeds een primaire waterkering blijven. Dit omdat het Nuldernauw nog steeds als buitenwater wordt beschouwd. De Putterzeedijk zal in zijn geheel gaan behoren tot dijktraject 45-3 (Rijksoverheid, 2015).

Overstromingskans

Bij de overschrijdingskans-benadering wordt er van uitgegaan dat het falen van een willekeurige dijk behorende tot een dijkkring leidt tot de inundatie van het gehele omsloten gebied. Met het introduceren van de overstromingskans wordt hiervan afgestapt. De geografische eigenschappen van het land binnenin een dijkkring beïnvloeden namelijk het overstromingsbeeld. Dit is ook zo voor dijkkring 45. Dijkkring 45 kent grofweg twee overstromingsbeelden. Bij een doorbraak van de Grebbedijk aan de zuidzijde van dijkkring 45 stroomt het gehele gebied over, terwijl het falen van de Eem- of Randmeerdijken beperkt blijft tot de polder ten noorden van Amersfoort. De overschrijdingskans voor dijkkring 45 wordt daarom gedomineerd door het risico van doorbreken van de Grebbedijk (Vergouwe, 2015). De Eem- en Randmeerdijken kennen op het moment, gekeken naar overstromingsbeeld dat zij hebben, een zwaardere norm dan nodig kan worden geacht. Het overstappen naar de overstromingskans-benadering zal daarom voor de Putterzeedijk zeer waarschijnlijk tot een hogere geaccepteerde faalkans en een mildere norm leiden.

Toekomstige hydraulische randvoorwaarden

Dijktraject 45-3 zal volgens de meest recente documenten een overstromingskansnorm van 1/300jaar krijgen. Deze overstromingskansnorm staat niet gelijk aan de faalkans waarop de taludbekleding moet worden berekend. Om van de overstromingskans tot de faalkans te komen, moet de overstromingskans worden vermenigvuldigd met drie en afgerond worden tot de dichtstbijzijnde klasse van 1/300, 1/3000 en 1/30000, of 1/100, 1/1000 en 1/10000 (Rijksoverheid, 2015). Voor de taludbekleding van de Putterzeedijk leidt dit tot een faalkansnorm van 1/100. Met Promovera 3.0 HRC2006 is op basis van deze faalkansnorm een inschatting gemaakt van de toekomstige hydraulische randvoorwaarden. Waarom deze waarden in tabel b8-1 als een inschatting moet worden beschouwd, word in 'Interpretatie en discussie resultaten' van deze bijlage toegelicht.

Schematisering Steenbekleding

In 2003 is de steenbekleding geschematiseerd als één taludsegment. Binnen dit segment is het soort bekleding en de helling hetzelfde. Dit is afwijkend van de realiteit waarin op sommige plaatsen twee soorten taludbekleding worden gebruikt en waar er sprake is van een onder- en boventalud. Voor Steentoets 2014 moeten taluddelen met meer dan een tonronde aan verschil in helling, apart worden ingevoerd. Het buitentalud betreft een doorlopende steenzetting. Wanneer er toch wordt gekozen om een onderscheid te maken vanwege de taludhelling moet het type overgangsconstructie a0 worden ingevuld (Klein Breteler, 2015).

Opbouw steenbekleding

Steentoets2014 is ingevuld op basis van de gegevens gebruikt in de toetsing uit 2003. In 2003 is de steenbekleding op meerdere plaatsen opengemaakt om de eigenschappen van de toplaag en filterlagen in kaart te brengen. Het openbreken is gedaan op omstreeks 1,5m+NAP, de hoogte van het toen geldende toetspeil. Met veranderende toetspeilen moet worden aangenomen dat de eigenschappen ook gelden voor andere hoogtes. Naast de gegevens uit 2003 benodigt Steentoets2014 nog de volgende gegevens:

- Spleetbreedte (zowel stootvoeg als langsvog in mm) voor een natuurstenen toplaag – blokken op filter;

- Open oppervlakte (in %) voor een basaltstenen toplaag – zuilen op filter;
- Karakteristieke opening van de stenen in de toplaag.

De spleetbreedte is in 2003 ingemeten. Hierbij is geen onderscheid gemaakt tussen langs- of stootvoeg. Door de vorm van de stenen zijn de spleetbreedtes zeer verschillend. De gemiddelde waarde voor de spleetbreedte van de natuursteenbekleding op de Putterzeedijk is 56mm. Voor de basaltbekleding zijn tevens de spleetbreedtes ingemeten. Deze data komt echter niet overeen met de data die Steentoets2014 van een basaltbekleding nodig heeft. Het open oppervlakte en de karakteristieke opening zijn met standaardwaarden uit Appendix D van de handleiding van Steentoets2014 ingevuld. Het gebruik van deze waarden leidt tot een conservatief oordeel en is daarmee veilig.



Figuur b8-1 | Opgeschoonde natuursteenbekleding Putterzeedijk

Resultaten

In de bijbehorende Excel-bestanden is Steentoets2014 ingevuld voor zowel de basalt- als de natuurstenen bekleding. Hierbij zijn de ingeschatte hydraulische randvoorwaarden gebruikt en is de steentoets voor beiden schematisering uitgevoerd.

Tabel b8-0-2 | Resultaten Steentoets2014 met ingeschatte toekomstige Hydraulische Randvoorwaarden

	Basaltsteen	Natuursteen
1 taludsegment	Voldoende	Onvoldoende voor P5
2 taludsegmenten	Voldoende	Onvoldoende voor P5

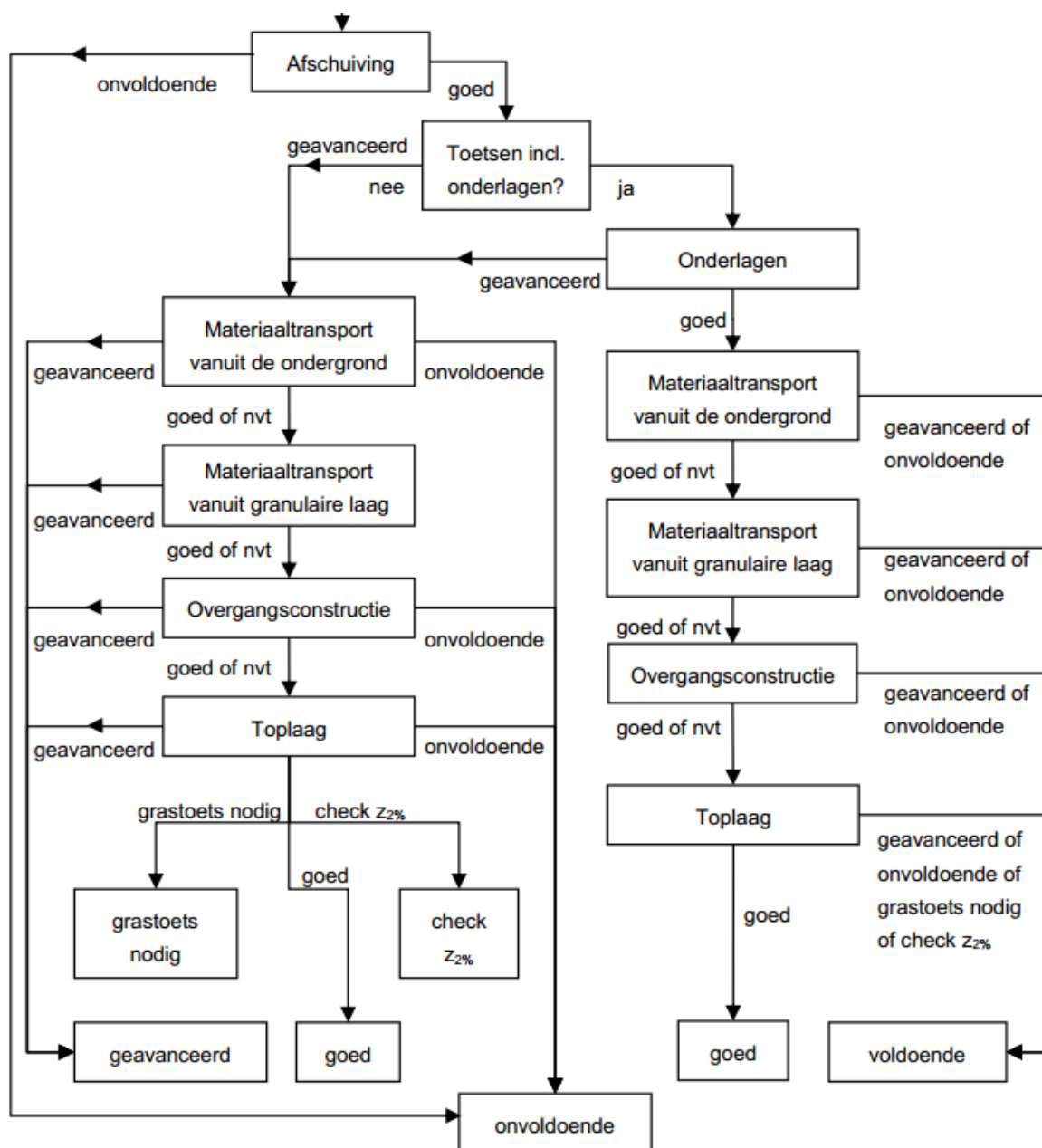
Voor de Putterzeedijk blijkt het materiaaltransport vanuit de onderlagen een aandachtspunt. Alle dijkvakken waarvoor in 2003 geen vlijlaag is opgegeven, scoren hierop onvoldoende. De score voor de erosie onderlagen is hierdoor voldoende in plaats van goed. Voor P5 is de filterlaag niet dik genoeg waardoor hiervoor de score 'geavanceerd' en daardoor een eindscore 'onvoldoende' wordt behaald.

Interpretatie en discussie

Het loont om de resultaten van Steentoets2014 niet één op één over te nemen, maar erbij stil te staan wat de resultaten betekenen en waardoor deze in dit geval voor P5 onvoldoende zijn.

Betekenis resultaten

De onvoldoende voor P5 betekent dat deze volgens Steentoets2014 over een filterlaag beschikt die niet voldoende dik is om uitspoeling van de onderliggende kleikern te voorkomen. Een faalmechanisme dat binnen Nederland bijna nooit wordt gezien (Klein Breteler, 2015). P5 ligt in dijkvak 3. Materiaaltransport vanuit de ondergrond leidt meestal niet direct tot falen, maar zal eerst verzakkingen in of holle ruimtes onder de bekleding veroorzaken (Moser et al., 2008). Deze schade leidt tot een minder sterke steenzetting die eerder instabiel wordt.



Figuur b8-2 | schema voor bepaling eindscore

In figuur b8-2 is het schema voor het formuleren van een oordeel binnen Steentoets2014 weergegeven. Er moet, tenzij anders aangegeven, getoetst worden met de reststerkte van de onderlagen. Op erosie van de onderlagen scoort P5 geavanceerd. Hierdoor moet het linker gedeelte van het schema worden doorlopen. Op materiaaltransport vanuit de ondergrond scoort P5 (en alle anderen zonder vlijlaag) onvoldoende. Gekeken naar de beschikbare kwantitatieve informatie en de uitslag van Steentoets2014 zal een steenbekleding ter hoogte van P5 (dijkvak 3 niet meer voldoen). De rest van de profielen voldoet wel.

Aanwezigheid vlijlaag

P5 heeft een filterlaag met een dikte van 0,15m. Daarnaast is hier volgens de gegevens uit 2003 geen vlijlaag aanwezig. Voor alle andere dwarsprofielen waar geen vlijlaag aanwezig is, is een significant dikkere filterlaag opgegeven (minimaal 0,38m). Dit wekt het vermoeden dat bij P5 een vlijlaag over het hoofd is gezien bij het inventariseren of niet goed is gerapporteerd. Het rapport volgende op de inventarisatie uit 2003 vermeldt met betrekking tot de vlijlagen het volgende:

“Het is waarschijnlijk dat bij aanleg van de bekleding een of meer vlijlagen zijn aangelegd op de klei met daarbovenop metselpuin. Een vlijlaag is een laag metselsteen die netjes aangesloten gezet is op de klei. Deze vlijlagen zijn echter niet waargenomen bij het openbreken.”

In die tijd werden dijken namelijk nog ambachtelijk aangelegd, en daar hoorden ook vlijlagen op de kleikern bij (Klein Breteler, 2015). Voor P9 en P13 zijn deze wel ingevuld. Wat niet volledig aansluit met het bovenstaande citaat. P9 en P13 hebben ook een eerste filterlaag met een dikte vergelijkbaar met die ingemeten voor P5.

Voor de inventarisatie van de steenbekleding is de filterlaag opgebroken en het bovenste gedeelte van de filterlaag onderzocht. Hierbij is het gebruikelijk om met een stootijzer het filter wat los te maken zodat de filterlaag beoordeeld kan worden. Bij deze procedure breken vaak de bakstenen van de vlijlaag en is het vervolgens zeer moeilijk te beoordelen of er nu een dikke puinlaag, of een dunne puinlaag met daaronder een vlijlaag ligt (Klein Breteler, 2015). In dit geval is er alleen een dunne filterlaag ingevuld.

Materiaaltransport bestaat uit twee mechanismen. Materiaaltransport van buiten en van binnen. Met materiaaltransport van buiten wordt zand en slib in de top- en filterlaag gespoeld. Hierdoor wordt het filtermateriaal fijner en wordt het uitspoelen van kernmateriaal verminderd (DHV Milieu en Infrastructuur, 2004). Het dichtslibben van de filterlaag is bij een aantal opengebroken profielen waargenomen. Dit geldt ook voor P5. P5 is echter het enige opengebroken profiel waarbij in 2003 klei (kernmateriaal) in de filterlaag is waargenomen. Dit zou juist kunnen wijzen op het uitspoelen van klei door de filterlaag. Aangezien de steenbekleding er op zijn minst al 100 jaar ligt (vermeldingen gaan terug tot in ieder geval 1916) kan dit materiaaltransport over een lange tijd hebben plaatsgevonden.

Hydraulische randvoorwaarden

De gebruikte hydraulische randvoorwaarden zijn geschat met Promovera 3.0 HRC2006. Dit programma wordt vervangen door Hydra Zoet. Hydra Zoet rekent met aangevulde statistieken, klimaatscenario's gedefinieerd voor de vierde toetsingsronde en verdere onzekerheden die nog worden bepaald. Het is waarschijnlijk dat de hydraulische randvoorwaarden van de geschatte waarden af zullen wijken. Hoe veel dit zal zijn is onduidelijk. Het toekomstige ontwerp instrumentarium schrijft voor een steenbekleding veiligheidsmarges van 1,2 voor. Hiermee wordt ook het lengte-effect binnen de overstromings-benadering opgevangen (van Bree, 2015). Deze marges moeten eigenlijk bij waarden verkregen uit Hydra Zoet worden opgeteld. Er is geen toegang tot Hydra Zoet. Daarom zijn de met Promovera geschatte waarden hiermee opgehoogd (Significante golfhoogte en Piekperiode golven +20%). Dit leidt tot golfcondities zwaarder dan die in 2003 werden gehanteerd.

Tabel b8-0-3/ Resultaten Steentoets2014 met ingeschatte toekomstige Hydraulische Randvoorwaarden en veiligheidsmarges

	Basaltsteen	Natuursteen
1 taludsegment	Voldoende	Voldoende
2 taludsegmenten	Voldoende	Onvoldoende voor P5

De oude hydraulische randvoorwaarden uit 2003 invoeren leidt tot de volgende resultaten:

Tabel b8-0-4 | Resultaten Steentoets2014 Hydraulische Randvoorwaarden uit 2003

	Basaltsteen	Natuursteen
1 taludsegment	Voldoende	Voldoende
2 taludsegmenten	Geavanceerd voor P9 en P22	Geavanceerd voor P2, P5, P9 en P22

Zowel de schematisering (zie tabel b8-3) als de veranderende hydraulische randvoorwaarden hebben invloed de beoordeling van materiaaltransport voor natuursteen. Figuur b8-2 volgende is met zekerheid te zeggen dat de geavanceerde scores uit tabel b8-4 door het hoge toetspeil en het belasten van de overgangsconstructies worden veroorzaakt. Het veranderen van de Hydraulische Randvoorwaarden geeft een wisselende score. Welke golfcondities ertoe leiden dat de steenbekleding voor P5 wel voldoet of niet voldoet is niet te bepalen. Voor hydraulische randvoorwaarden met een laag toetspeil geeft Steentoets2014 een waarschuwing waarin wordt vermeldt dat de opgegeven significante golfhoogte te hoog is voor het opgegeven toetspeil. Deze waarschuwing heeft geen invloed op het toets resultaat, maar geeft wel aan dat het waarschijnlijk is dat de golven breken alvorens zij bij de steenbekleding komen. Dit leidt tot lagere hydraulische belastingen (Klein Breteler, 2015).

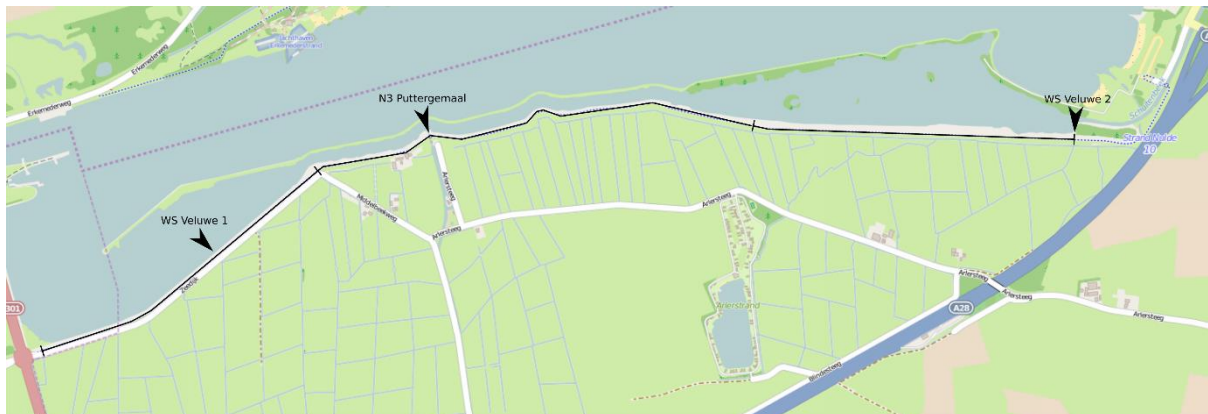
Oordeel steenbekleding

Het is op dit moment niet eenduidig te oordelen of de steenbekleding voldoet. Kwalitatief heeft het alle schijn dat deze dit wel zal doen. De steenbekleding is in de tijden van de Zuiderzee aangelegd en kent nu veel lagere hydraulische belastingen. Met de ouderdom van de dijk komt ook een bepaalde betrouwbaarheid mee. Tenslotte was het vroeger gebruikelijk om vlijlagen toe te passen. Wanneer hier genoeg mee wordt genomen, kan worden gezegd dat de steenbekleding voldoet.

Kwantitatief is met Steentoets2014 geen oordeel te vellen. De hydraulische randvoorwaarden vormen door hun gevoeligheid een te grote onzekerheid. Bij een geavanceerde score is het aangeraden de invoer aan een expert voor te leggen. Doordat de gebruikte hydraulische randvoorwaarden ingeschat zijn en dus niet vast staan, biedt dit geen uitkomst.

Bijlage 9 Gegevens Promovera 3.0 HRC2006

Voor het bepalen van de hydraulische randvoorwaarden zijn dezelfde punten genomen als worden gehanteerd in de HRC-2006. Deze punten kennen binnen Promovera van oost naar west de volgende benamingen: WS Veluwe 2, N3 Puttergemaal en WS Veluwe 1.



Figuur b9-0-1 | Plaatsing punten HRC-2006

Profielen

De profielen zijn gebaseerd op de dwarsprofielen weergegeven in de bestektekeningen van 1916. Hiertoe zijn de posities van de drie punten bepaald. Deze bepaling is daarna omgezet naar de oude notatie waardoor een representatieve dwarsdoorsnede aan het punt kan worden gekoppeld.

Tabel b9-0-1 | Overzicht punten HRC2006

	t.h.v. km ...	t.h.v. km ... (oud)	Dwarsdoorsnede	Representatief van ... tot ... km
WS Veluwe 2	0,8	4,5	33	0,8 – 1,95
N3 Puttergemaal	3,1	2,2	21	1,95 – 3,55
WS Veluwe 1	4,0	1,3	13	3,55 – 4,7

Voor de profielen zijn de gegevens in tabel b9-2 tot en met b9-4 ingevoerd. De invoer is op de volgende punten een abstractie van de werkelijkheid:

- **Kleine veranderingen in talud zijn niet ingevoerd.** Dit betekent dat de ingevoerde taluds uit twee delen, boven- en ondertalud, bestaan. In werkelijkheid bestaat het talud uit drie of vier delen. De veranderingen in helling van deze extra taluddelen zijn niet groot en daarom van weinig invloed.
- **Voor de ruwheid is 0,85 aangenomen.** Deze waarde komt overeen met de ruwheid van zetsteen. Zetsteen heeft normaal gesproken een relatief gladde afwerking. De gladheid tussen basaltzuilen en Noorse zetsteen verschilt. Het variëren van de ruwheid heeft geen invloed op de waterstand, significante golfhoogte en Piekperiode golf.
- **De plaatsing van de kruin is fictief.** Zetsteen heeft normaal gesproken een relatief gladde afwerking. De gladheid tussen basaltzuilen en Noorse zetsteen verschilt. Het variëren van de ruwheid heeft geen invloed op de waterstand, significante golfhoogte en Piekperiode golf.

Tabel b9-0-2 | Profiel WS Veluwe 2

	Normaal t.o.v. Noord: 0		Kruinhoogte: 3,25	
type	S (m)	Z (m)	h (a:n)	R (ruwheid)
Geen dam	0	0	0	0
Teen	0	0		0,85
	6	2,16		0,85
	9,7	3,25		1

Tabel b9-0-3 | Profiel N3 Puttergemaal

	Normaal t.o.v. Noord: 345		Kruinhoogte: 3,25	
Type	S (m)	Z (m)	h (a:n)	R (ruwheid)
Geen dam	0	0	0	0
Teen	0	0		0,85
	6	2,2		0,85
	10,6	3,25		

Tabel b9-0-4 | Profiel WS Veluwe 1

	Normaal t.o.v. Noord: 320		Kruinhoogte: 3,25	
Type	S (m)	Z (m)	h (a:n)	R (ruwheid)
Geen dam	0	0	0	0
Teen	0	0		0,85
	5	2,11		0,85
	9,3	3,25		

Criteria

Voor het bepalen van het toetspeil is gebruik gemaakt van criterium 'Waterstand'. Voor de significantie golfhoogte en piekperiode golf waren dit de criteria met overeenkomstige namen.