

Verkenning krachtige IJsseldijken Krimpenerwaard

Technische uitwerking
kansrijke alternatieven



Documenten	Titel	Versie
Hoofddocument	Technische uitwerking kansrijke alternatieven	07-06-2018, definitief 1.0
Document nr:	D2018-02-000001	
Toelichting	Inclusief bijlagen 13 t/m 21 Kostennota's separaat ondertekend.	

Autorisatie	Naam, functie	Datum, paraaf
Opgesteld	Rob Klaarenbeek, Senior adviseur water IB-KIJK	
	Hans van Zanten, Ontwerpleider IB-KIJK	
Gecontroleerd	Marco Weijland, technisch manager KIJK, HHSK	
Goedgekeurd	Jasper Tamboer, projectmanager KIJK, HHSK	



Inhoudsopgave

Inhoudsopgave.....	3
Begrippenlijst.....	5
1 Inleiding.....	9
1.1 Aanleiding en achtergrond.....	9
1.2 Doel rapportage Technische uitwerking kansrijke alternatieven (Tuka)	10
1.3 Aanpak ontwerpend onderzoek.....	11
1.4 Relatie met andere documenten.....	13
1.5 Dijkvakindeling.....	14
1.6 Lees- en documentenwijzer	14
2 Plangebied	16
2.1 Karakteristieken plangebied	16
2.2 Hoogwater op de Hollandsche IJssel.....	20
2.3 Bodemopbouw.....	21
3 Veiligheidsopgave, ontwerputgangspunten en innovatie	24
3.1 Inleiding	24
3.2 Ontwikkelingen in relatie tot veiligheidsopgave.....	25
3.3 Scope en veiligheidsopgave	30
3.4 Ontwerputgangspunten	32
3.5 Technische innovaties	33
4 Totstandkoming en uitwerking kansrijke alternatieven.....	36
4.1 Stappen in ontwerpend onderzoek.....	36
4.2 Verkenning vanuit 'brede blik'	37
4.3 Mogelijke alternatieven	37
4.4 Samenstelling en beoordeling kansrijke alternatieven per dijkvak.....	43
4.5 Beoordeling en uitwerking 'Brede en hoge' voorlanden	47
4.6 Uitgevoerde optimalisaties voor de kansrijke alternatieven	47
4.7 Waterkerende kunstwerken en Niet Waterkerende Objecten.....	49
4.8 Kostenraming kansrijke alternatieven	50
5 Voorkeursalternatief (VKA)	54
5.1 Beoordeling kansrijke alternatieven en keuze Voorkeursalternatief.....	54
5.2 Beschrijving voorkeursalternatief (VKA)	55
5.3 Mitigerende en compenserende maatregelen.....	59
5.4 Verlagen maalstoppeil.....	62
5.5 Doorkijk naar vervolgfase.....	62

Begrippenlijst

Begrippen	Beschrijving
Actuele Sterkte	Een verzameling (geavanceerde) rekenmethodieken naar de werkelijke sterkte van de waterkering om toe te passen in toets en ontwerpberoekeningen.
Basisredeneerlijn	Een overkoepelende gedachte of bestuurlijke uitgangspunten met betrekking tot de selectie van Voorkeursalternatieven.
Bewezen Sterkte	De sterkte/het waterkerend vermogen van een dijk bepaald op basis van overleefde historische belastingen
Breslocatie	Locatie van een dijkdoorbraak
c-keringen	Een voormalig categorie voor waterkeringen die indirect beschermen tegen buitenwater (zoals Diefdijk). Sommige voormalig c-keringen hebben de status primaire kering behouden (e.g. dijktrajecten langs HIJ), en anderen hebben die status verloren (e.g. gekanaliseerde Hollandse IJssel en langs het Noordzeekanaal. Beschermen indirect tegen buitenwater, bijv. Noordzeekanaal of Diefdijk
Consequentieanalyse	Analyse van de gevolgen van de nieuwe landelijke normering voor de veiligheid van waterkeringen en het nieuwe wettelijk beoedelingsinstrumentarium (WBI) voor een dijktraject (in dit geval voor KIIK)
Coupure	Dijkgat of een onderbreking in de waterkering. In geval van een calamiteit (hoogwater) moet deze plek met een tijdelijk keermiddel op de kerende hoogte worden gebracht
Damwand	Stalen wand die stabiliteit ontleent aan de inklemming van de onderkant van de damwand in de ondergrond
Dijkvak	Deel waterkering met min of meer gelijke sterkte eigenschappen en belasting
Dijkvernageling	Dijkversterkingstechniek waarbij de dijk inwendig met nagelvormige constructie-elementen wordt versterkt
Faalkans	Kans op verlies van waterkerend vermogen van een dijktraject, leidend tot een overstroming
Faalmechanisme Macrostabiliteit Buitenwaarts	Wanneer grote delen van de buitenwaartse zijde van een grondlichaam afschuiven onder invloed van een hoge waterstand in het grondlichaam na een snelle val van het buitenwater of na extreme neerslag. Er kan vervolgens een overstroming optreden als er binnen de herstellertijd een hoogwater optreedt dat tot een overstroming leidt.
Faalmechanisme Hoogte (overloop en golfoverslag)	Overstroming door een waterstand hoger dan de kruin, eventueel in combinatie met golfoverslag. De kering kan hierbij door doorgaande erosie bezwijken.
Gording	Verbindend constructief element waarmee samenhing en herverdeling van belasting tussen damwandplanken in een damwandconstructie wordt gerealiseerd
Grensspanningen	Maximale effectieve spanning waaraan de grond onderworpen is geweest. Beneden de grensspanning gedraagt grond zich veel stijver dan boven de grensspanning.
Hydraulische belasting	Belasting op de waterkering als gevolg van de lokale waterstand en bijbehorende golven
Hydraulische Belasting Niveau	De minimaal benodigde kruinhoogte waarbij water en golven veilig gekeerd kunnen worden.
Inpassing	Locatiespecifieke maatregelen of voorzieningen die nodig zijn om nadelige gevolgen van een plan of besluit, bijvoorbeeld als bedoeld in

	de Wet milieubeheer, te voorkomen, mitigeren of compenseren met inbegrip van flankerende maatregelen
Kansrijk Alternatief	Alternatief dat in de analytische fase (1e zeef) geselecteerd is voor nader onderzoek in de beoordelingsfase van de verkenning (2e zeef).
Keerwand	Constructie (L-wand of damwand) die grond tegen houdt
Kort-cyclisch ophogen	Periodiek ophogen met een frequentie die hoger is dan de gebruikelijke ontwerpfrequentie van dijkversterkingen
Kostenraming	Een ruwe inschatting/begroting van de kosten van een project (in dit geval voor KIIJK).
Laagwaterkentering	Moment waarop de laagste waterstand in de getijdencyclus wordt bereikt
Langsconstructie	Constructieve versterkingen in de lengterichting van een waterkering (bijvoorbeeld damwandscherm) die gericht zijn op het versterken van de macrostabiliteit van het binnentalud.
L-wand	Betonnen element, waarbij de stabiliteit wordt ontleend aan het gewicht op de basis.
Maalstoppeil	Als de waterstand dit niveau heeft bereikt, dan dient de waterafvoer van de verschillende gemalen naar de Hollandsche IJssel te worden gestopt. In het Waterakkoord Hollandsche IJssel is een maalstoppeil afgesproken van NAP +2,60 m.
Maatwerk	Locatie van beperkte lengte waar het VKA lokaal niet kan worden ingepast zonder grote impact op omgeving. Hier dient in de planuitwerkingsfase een specifieke oplossing te worden ontworpen
Macrostabiliteit	De weerstand tegen het optreden van een glijvlak in het talud en de ondergrond
Mitigeren	Teniet doen of verzachten van effecten van een (ruimtelijke) ingreep
MHW-stand	Maatgevende hoogwaterstand (MHW): De waterstand die maatgevend is voor het bepalen van de lokaal vereiste hoogte van de waterkering. Dit begrip is onderdeel van de normering die vóór 2017 van kracht was.
Neusconstructie	Constructie/specifieke vormgeving van een constructie ter beperking van golfoverslag.
Onzekerheidstoets	Toets op het berekende hydraulisch belasting niveau (HBN) als extra veiligheid (robuustheid) ter compensatie van kennisonzekerheden (modelonzekerheden en statistische onzekerheden) in de berekeningsmethodiek.
Overkluizingsconstructie	Constructie ter bescherming van onderliggende kabels en leidingen
Overschrijdingskansbenadering	De normering voor het ontwerpen van keringen op basis van een voorgeschreven overschrijdingskans (de kans dat een waterkering niet bestand is tegen bepaalde waterstanden en golven).
Overslagdebiet	volume water dat per strekkende meter per seconde door de golfbeweging over de buitenkruinlijn slaat.
Principeprofiel	Profiel dat als uitgangspunt dient voor het ontwerp. Bij detaillering van het ontwerp kan het zijn dat het ontwerp lokaal/op onderdelen wordt aangepast en/of gedetailleerd.
Schaardijk	Winterdijk, die in tegenstelling tot een normale winterdijk direct aan het zomerbed ligt. De rivier heeft aan deze zijde van de rivier dus geen uiterwaard
Scherm	Damwand met als doel een object af te schermen van grondvervorming en zo schade te voorkomen.
Schuifsterkte	Interne weerstand die een materiaal heeft tegen plastische deformatie

	door schuif (het verschuiven van meerdere lagen van een zeker materiaal).
Schutsluis	Een kunstwerk dat het mogelijk maakt om schepen van het ene naar het andere waterpeil te brengen.
Scope	Ruimtelijke afbakening van de waterveiligheidsopgave (afbakening projectgebied)
Signaleringswaarde	Overstromingskans (of faalkans) van een dijktraject die in de wet is vastgelegd. Als de overstromingskans van een dijktraject groter is dan deze waarde, dan moet dit aan de minister van Infrastructuur en Milieu gemeld worden.
Sondering	Het bepalen van het draagvermogen van de grond door een staaf met kegelvormige punt met een tophoek van 60°, de sondeerconus, in de grond te drukken en daarbij de mechanische weerstand van de grond te meten.
Talud	De schuine aflopende zijden aan de binnen- en buitenkant van een dijk.
Theoretisch profiel	Het profiel dat minimaal aanwezig moet blijven om aan de benodigde kruinhoogte en macrostabiliteit buitenwaarts te voldoen
Tuimelkade	Smalle verhoging naast de bestaande kruinlijnen
Type I constructie	Waterkerende langsconstructie die volledig zelfstandig de waterkerende functie moet vervullen
Type II constructie	Waterkerende langsconstructie die als stabiliteitsverhogend element in een dijklichaam fungeert
Uitstroomkoker	Leiding waarmee de uitstroom (waterafvoer) van het gemaal naar de Hollandsche IJssel plaatsvindt
Variant	Een nadere uitwerking van een onderdeel van een alternatief
Voorkeursalternatief	Het alternatief dat na een integrale beoordeling wordt gekozen door de bestuurders.
Voorland	Buitendijks terrein tussen de de dijk en de rivier of ondiepe waterbodem voor de teen van de dijk
Waterbezwaar	water dat door diverse oorzaken de polder instroomt, en door spuien of bemaling verwijderd moet worden
Waterspanning	De kracht van het water per oppervlakte eenheid. Deze hangt af van het soortelijk gewicht van het water en de diepte ten opzichte van de waterspiegel van het beschouwde oppervlak.
Waterstand bij Norm	Ontwerpwaterstand met een overschrijdingskans die getalsmatig gelijk is aan de maximaal toelaatbare overstromingskans voor een dijktraject.
Werksleuf	Een kunstmatig aangelegde geul voor het verrichten van werkzaamheden
Wiel (of waal)	Plek waar ooit de dijk is doorgebroken en het water een diep gat sloeg (in de volksmond wordt een wiel ook wel een waal genoemd)
Zelling	Gedeelte van de rivierbodem aan de voet van de dijk wat onder invloed van getijdewerking droog valt
Zettingen	Ook wel verzakking genoemd. Het treedt op wanneer aarde wordt samengedrukt door inklinking, krimp of een zekere belasting.
Zichtjaar	Het jaar waarvoor verwachtingen zijn gemaakt voor de hydraulische belastingen, gebruikt voor de toetsing van de waterkering.

Afkortingen	
AHN 3	Algemeen Hoogtebestand Nederland 3
CSSM	Critical State Soil Model, wordt ook wel aangeduid als het ongedraineerd rekenen voor klei en veen
DMS	Documentmanagementsysteem
HBN	Hydraulisch Belasting Niveau
HHSK	Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard
HIJ	Hollandsche IJssel
HWBP	Hoogwaterbeschermingsprogramma
IB	Ingenieursbureau
K&L	Kabels en leidingen
KIJK	Krachtige IJsseldijken Krimpenerwaard
K&L	Kabels en leidingen
KO	Knock out (bij criteria)
KPR	Kennisplatform risico's
LCC	Life Cycle Costing
LRT-2	Landelijke Rapportage Toetsing 2001-2006
LRT-3	Landelijke Rapportage Toetsing 2006-2011
MCA	Multicriteria-analyse
m.e.r.	Milieueffectrapportage (proces)
MER	Milieueffectrapport
MHW	Maatgevende Hoogwaterstand, soms gebruikt als synoniem voor ontwerppeil. Tegenwoordig WBN (Waterstand Bij Norm)
MKBA	Maatschappelijke kosten-batenanalyse
NWO	Niet-waterkerende objecten
OI2014	Ontwerpinstrumentarium 2014 (wordt gebruikt bij consequentie-analyse door extern bureau om nieuwe normering te berekenen voor onze dijk)
POV	Projectoverstijgende Verkenning
POVM	Projectoverstijgende Verkenning Macrostabiliteit
PvE	Programma van Eisen
RWS	Rijkswaterstaat
SSK	Standaardsystematiek voor kostenramingen
STBI	Macrostabiliteit binnenwaarts
SVK	Stromvloedkering
TIG	Tijdelijke ingebruikname gronden (als werkruimte tijdens aanleg)
VKA	Alternatief dat de voorkeur heeft in een dijkvak. Principe-oplossing die qua exacte locatie en afmetingen in de planuitwerkingsfase wordt geoptimaliseerd t.b.v. inpassing, draagvlak en kosten.
WBI	Wettelijk BeoordelingsInstrumentarium. In het WBI zijn voorschriften opgenomen voor het beoordelen van de primaire waterkeringen.
WBN	Waterstand Bij Norm (voorheen MHW)

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en achtergrond

Project Krachtige IJsseldijken Krimpenerwaard (KIJK)

De primaire waterkeringen in Nederland worden periodiek getoetst aan de wettelijke vastgestelde veiligheidsnormen ter bescherming tegen hoogwater en overstromingen. Bij de derde Landelijke Toetsronde voor primaire waterkeringen werd in 2011 door het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard (HHSK) vastgesteld dat vrijwel de gehele primaire waterkering langs de Hollandsche IJssel tussen Gouda en Krimpen aan den IJssel niet aan deze normen voldoet.

HHSK heeft als beheerder van de dijken langs de Hollandsche IJssel de wettelijke plicht om deze aan de normen te laten voldoen. De aanpak hiervan vindt plaats in het landelijke Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP). Hierin werken het Rijk en de waterschappen samen om de primaire waterkeringen in Nederland aan de wettelijke eisen te laten voldoen. De meest kritische dijkvakken worden daarbij als eerste aangepakt. Voor de waterkering langs de Hollandsche IJssel tussen Gouda en Krimpen aan den IJssel is een lengte van circa 10 kilometer waterkering aangewezen als 'urgent' voor aanpak. Deze dijktrajecten zijn in 2014 aangemeld bij het HWBP en vormen gezamenlijk het project Krachtige IJsseldijken Krimpenerwaard (KIJK).

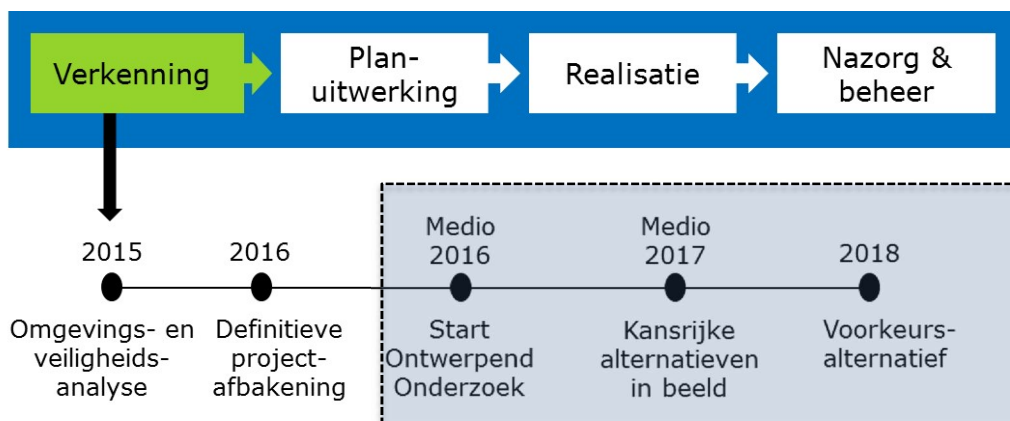


Figuur 1 Scope van project KIJK

Gefaseerde aanpak volgens HWBP-fasering

Het project KIJK wordt als onderdeel van het HWBP uitgewerkt in een gefaseerde aanpak volgens de stappen *Verkenning*, *Planuitwerking*, *Realisatie* en *Nazorg en beheer* (zie Figuur 2).

HHSK is in 2015 gestart met de verkenningfase voor het project. Doel van deze fase is het onderzoeken van de kansrijke oplossingen voor aanpak van de dijkversterkingsfase en het samenstellen van een Voorkeursalternatief. Voorliggend rapport is opgesteld als onderdeel van de Verkenningfase en vormt de technische onderbouwing van het ontwerpend onderzoek naar de kansrijke alternatieven voor KIJK en het samengestelde voorkeursalternatief. De Verkenningfase wordt afgerond met bestuurlijke vaststelling van het voorkeursalternatief. Voor het KIJK-project is de bestuurlijke besluitvorming over het voorkeursalternatief voorzien in de tweede helft van 2018.



Figuur 2 Gefaseerde aanpak van KIJK

Het voorkeursalternatief wordt in de planuitwerkingsfase verder uitgewerkt in een projectplan Waterwet, conform de huidige Waterwet. In de nieuwe Omgevingswet, welke naar verwachting in 2021 in werking treedt, vervalt de planfiguur projectplan en wordt deze vervangen door het projectbesluit. Vooralsnog wordt ervan uitgegaan dat het projectplan voor KIJK vóór ingang van de nieuwe Omgevingswet gereed is. De planuitwerkingsfase is nu voorzien van 2019 tot 2021.

De planuitwerking wordt gevolgd door de realisatiefase. In deze fase worden de voorgenomen dijkversterkingsmaatregelen daadwerkelijk tot uitvoering gebracht. De realisatie van KIJK is in de programmering van het HWBP voorzien voor de periode 2021-2025/2026.

Na de realisatie en oplevering & overdracht van KIJK volgt tenslotte de fase van nazorg en beheer.

1.2 Doel rapportage Technische uitwerking kansrijke alternatieven (Tuka)

In voorliggende rapportage is een toelichting gegeven op de 'veiligheidsopgave' voor KIJK, en de technische uitwerkingen die in de verkenningfase hebben plaatsgevonden voor het samenstellen van kansrijke alternatieven en de keuze van het voorkeursalternatief. Daarmee geeft deze rapportage een integraal overzicht van de technische onderbouwing van het voorkeursalternatief en de totstandkoming hiervan.

De doelstelling van deze rapportage is:

- inzicht geven in de waterveiligheidsopgave voor de dijkvakken van KIJK en de nut en noodzaak van het project;
- inzicht geven in de technische onderbouwing van de kansrijke alternatieven en het voorkeursalternatief.
- inzicht geven in de stappen die doorlopen zijn in het 'technische' spoor van de verkenningfase (ontwerputgangspunten, onderzoeken, innovaties).

Bij de uitwerking van dit rapport is er van uitgegaan dat de lezer een zekere mate van voorkennis heeft over de technische aspecten van een dijkversterking. Dit neemt niet weg dat getracht is om het rapport ook toegankelijk te maken voor iedereen die wat meer afstand heeft tot de materie. Dit

rapport beschrijft alleen de hoofdpunten van de technische onderbouwing, in de diverse bijlagerapporten is meer specifieke achtergrondinformatie terug te vinden, bijvoorbeeld over gehanteerde werkwijzen, uitgangspunten en berekeningsresultaten.

1.3 Aanpak ontwerpend onderzoek

Het voorkeursalternatief (VKA) waarvoor dit rapport is opgesteld, is in een aantal ontwerp- en afwegingsstappen tot stand gekomen. Figuur 3 geeft deze planvormingsstappen schematisch weer. Voorliggende rapportage is opgesteld als onderdeel van Stap 3.

Stap 1: Startfase

Hierin is de probleemanalyse uitgevoerd en is de Notitie Reikwijdte en Detailniveau opgesteld.

Stap 2: Analytische fase: mogelijke oplossingen

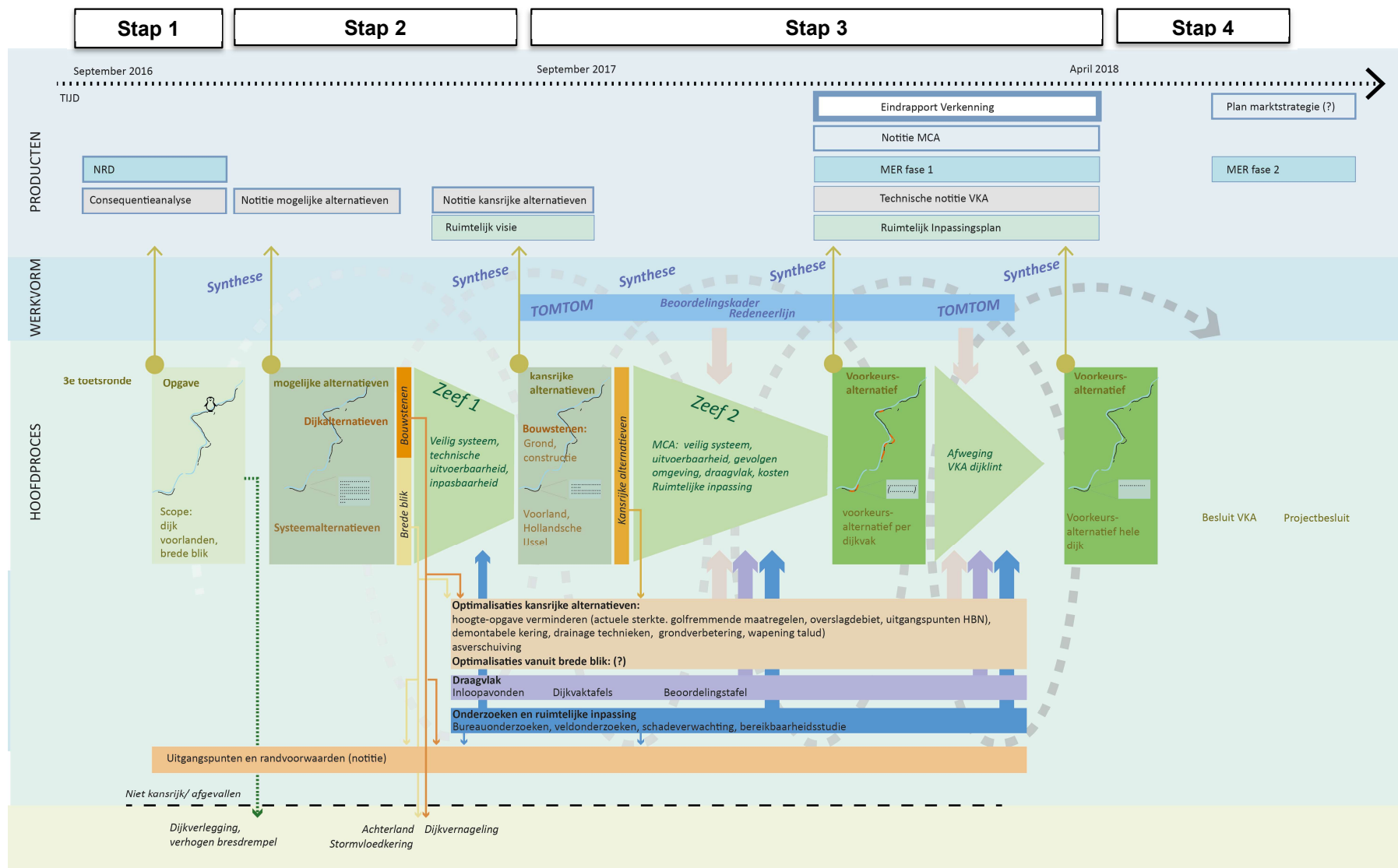
In deze fase zijn alle mogelijke oplossingen in beeld gebracht. Op basis van technische beoordelingscriteria zijn deze mogelijke oplossingen getrechterd naar kansrijke alternatieven. In het ontwerpend onderzoek is dit aangeduid als 'zeef 1'.

Stap 3: Beoordelingsfase

De kansrijke alternatieven zijn nader uitgewerkt, waarbij per dijkvak is bepaald welke alternatieven daar aan de orde zijn. Op basis van een integraal beoordelingskader de 'Multi Criteria Analyse' (afgekort MCA) zijn deze kansrijke alternatieven beoordeeld. Naast een nadere technische uitwerking en beoordeling zijn in deze stap de alternatieven ook beoordeeld op de gevolgen voor de omgeving, betaalbaarheid, draagvlak en ruimtelijke kwaliteit. De integrale beoordeling van de kansrijke alternatieven is in het ontwerpend onderzoek aangeduid als 'zeef 2'.

Stap 4: Besluitvorming

De laatste stap in de Verkenning betreft de besluitvorming omtrent het Voorkeursalternatief.



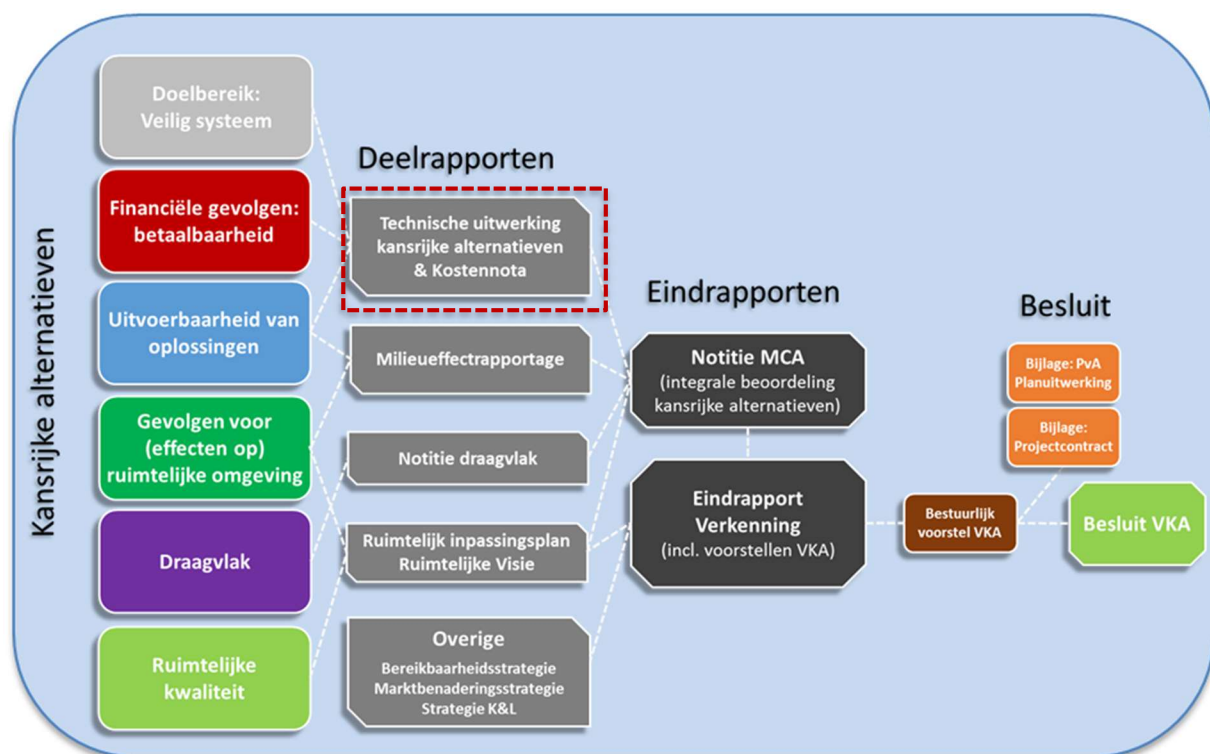
Figuur 3 Planvormingsstappen ontwerpend onderzoek KIJK

1.4 Relatie met andere documenten

Voorliggende rapportage geeft een overzicht en toelichting op de doorlopen stappen in het ontwerpend onderzoek voor KIJK ten aanzien van de technische aspecten van de dijkversterking en uitwerking van de criteria veilig systeem, technische uitvoerbaarheid en betaalbaarheid.

In het ontwerpend onderzoek om te komen tot een voorkeursalternatief zijn ook andere aspecten uitgewerkt en beoordeeld. Het gaat dan om de gevolgen voor de ruimtelijke omgeving, draagvlak en ruimtelijke kwaliteit. In Figuur 4 is een overzicht gegeven van de verschillende deel- en eindrapporten die zijn opgesteld ter onderbouwing van de keuze van het voorkeursalternatief. In dit overzicht is ook de 'plaats' van voorliggende rapportage *Technische uitwerking kansrijke alternatieven* opgenomen. Bij de weergegeven deel- en eindrapporten behoren ook weer diverse achtergrondrapportages en memo's. Deze zijn als bijlage bij de betreffende rapporten opgenomen. Het onderzoek naar de gevolgen voor de omgeving is in het rapport Milieueffectrapportage (MER) fase I uitgebreid toegelicht. In de notitie draagvlak is beschreven hoe omgeving (bewoners en bedrijven), beheerder (HHSK) en de bestuurlijke partners de verschillende alternatieven waarderen. In het Ruimtelijk inpassingsplan zijn de kansrijke alternatieven beschouwd vanuit ruimtelijke kwaliteit. De integrale beoordeling van de kansrijke alternatieven is toegelicht in de Notitie Multi-criteria analyse (MCA). Ook bevat de notitie voorstellen voor een Voorkeursalternatief (VKA) per dijkvak, waarbij de redenatie en argumentatie voor deze voorstellen, op navolgbare en herleidbare wijze zijn weergegeven.

De voorstellen voor het VKA per dijkvak zijn opgenomen in het Eindrapport Verkenning KIJK en samengevat in het Bestuurlijk voorstel VKA.

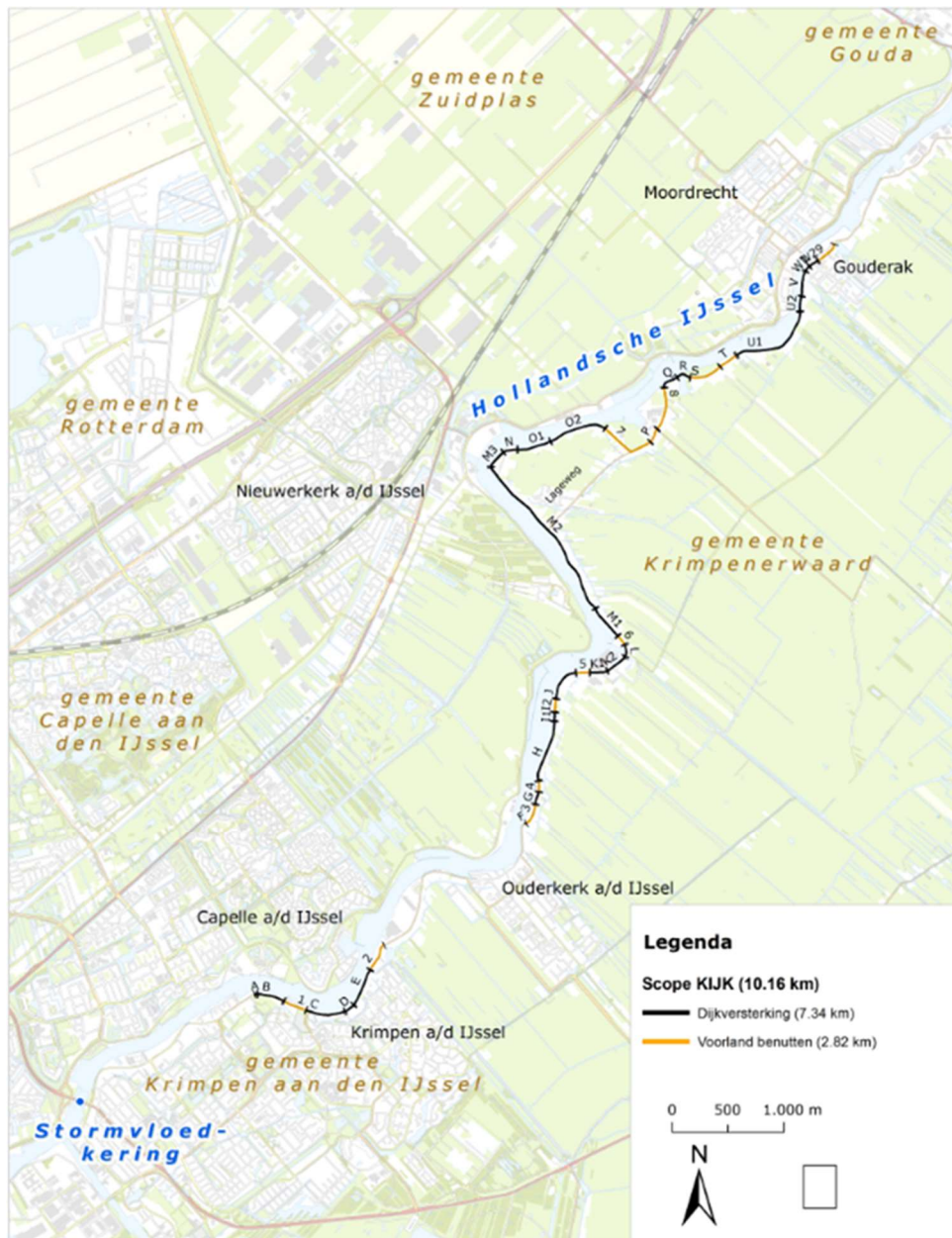


Figuur 4 Overzicht deel- en eindrapporten voor KIJK en plaats rapportage Tuka

1.5 Dijkvakindeling

Voor de uitwerkingen in de Verkenningfase zijn de dijktrajecten van KIJK, ingedeeld in zogenoemde dijkvakken. Deze indeling is gebaseerd op onder meer de omvang van de versterkingsopgave, het al dan niet aanwezig zijn van voorland, en het technisch uniform zijn van het dijkprofiel en de ondergrond.

Tijdens de verkenningfase is de dijkvakindeling een aantal keer iets aangepast op basis van voortschrijdend inzicht. In Figuur 5 is de ligging en aanduiding van de verschillende dijkvakken weergegeven. De naamgeving, hectometrering en lengte per dijkvak is opgenomen in de scope-tabel van paragraaf 3.3 van dit rapport.



Figuur 5 Dijkvakindeling KIJK

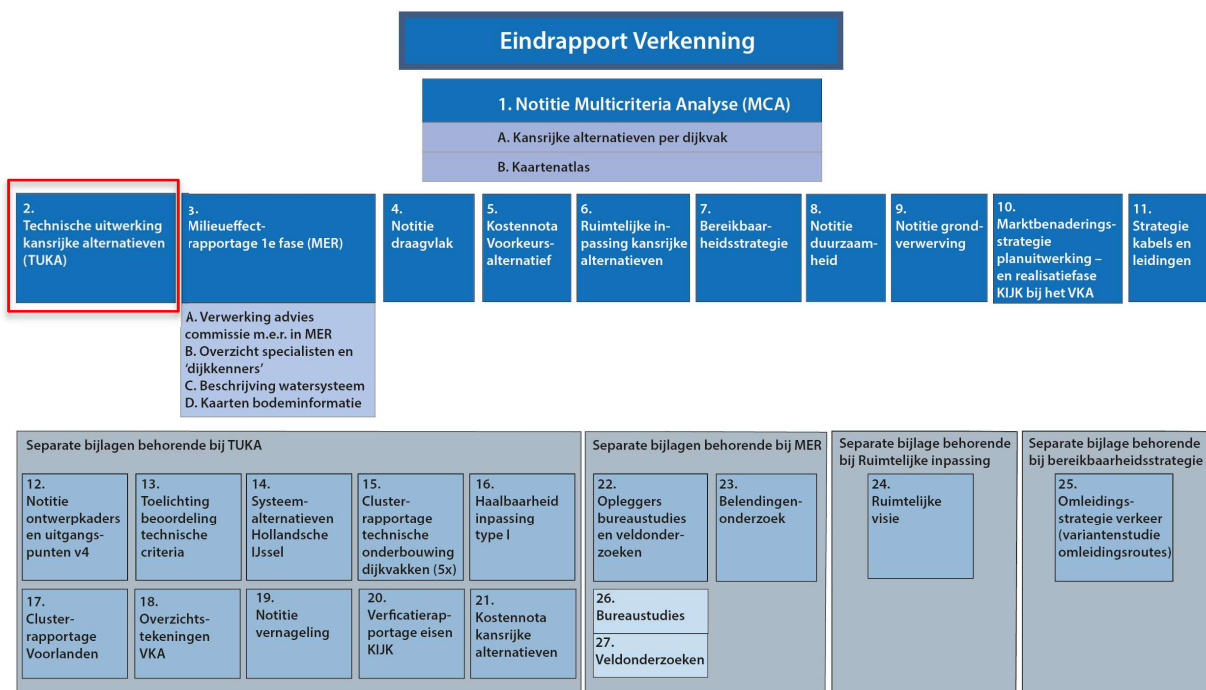
1.6 Lees- en documentenwijzer

In hoofdstuk 2 is eerst een algemene beschrijving gegeven van het plangebied. Daarbij wordt ingegaan op de belangrijkste gebiedskenmerken van het plangebied in relatie tot de veiligheidsopgave. Dit als kader voor de vervoluitwerking in dit rapport. Hoofdstuk 3 geeft vervolgens een toelichting op de veiligheidsopgave voor KIJK en de ontwikkelingen die zich hierin hebben voorgedaan. Dit resulteert in een aanduiding van de scope en veiligheidsopgave voor KIJK.

Ook wordt in dit hoofdstuk ingegaan op de ontwerpuitgangspunten die bij de uitwerking zijn gehanteerd en op de technische innovaties die bij het ontwerp onderzoek zijn betrokken. In hoofdstuk 4 is toegelicht hoe van mogelijke alternatieven naar kansrijke alternatieven is toegewerkt en welke technische onderbouwingen daarvoor zijn opgesteld. Het laatste hoofdstuk (5) presenteert het voorkeursalternatief en de belangrijkste technische aspecten daarbij, en geeft een doorkijk naar en aanbevelingen voor het vervolg van KIJK in de planuitwerkingsfase.

Documentenwijzer

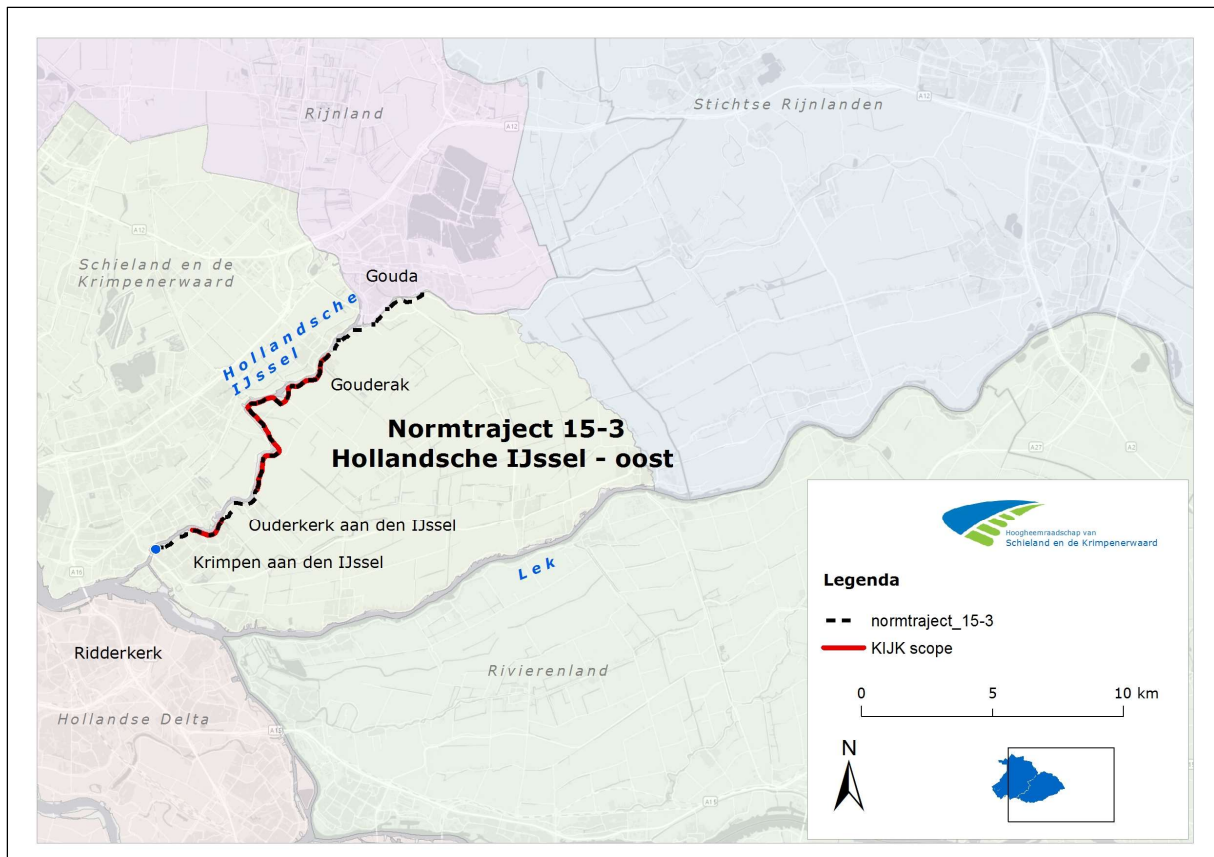
Voor nadere toelichting en/of uitwerking is in dit rapport op verschillende plaatsen verwezen naar andere rapportages die in het kader van KIJK zijn opgesteld. Bijgaande figuur geeft een overzicht van de diverse rapportages die voor de verkenning KIJK zijn opgesteld.



2 Plangebied

2.1 Karakteristieken plangebied

De dijkvakken van het project Krachtige IJsseldijken Krimpenerwaard (KIJK) maken deel uit van normtraject 15-3 van de primaire waterkeringen en dijktrajecten die zijn opgenomen in de Waterwet (zie figuur 6). Dit normtraject loopt van de stormvloedkering bij Krimpen aan den IJssel tot de Waaiersluis bij Gouda en geeft het gebied van de Krimpenerwaard en de Lopikerwaard bescherming tegen overstroming vanuit de Hollandsche IJssel. De totale lengte van normtraject 15-3 bedraagt circa 19 kilometer. De dijkvakken die onderdeel uitmaken van KIJK hebben een totale lengte van circa 10 kilometer en liggen tussen Krimpen aan den IJssel en Gouderak.



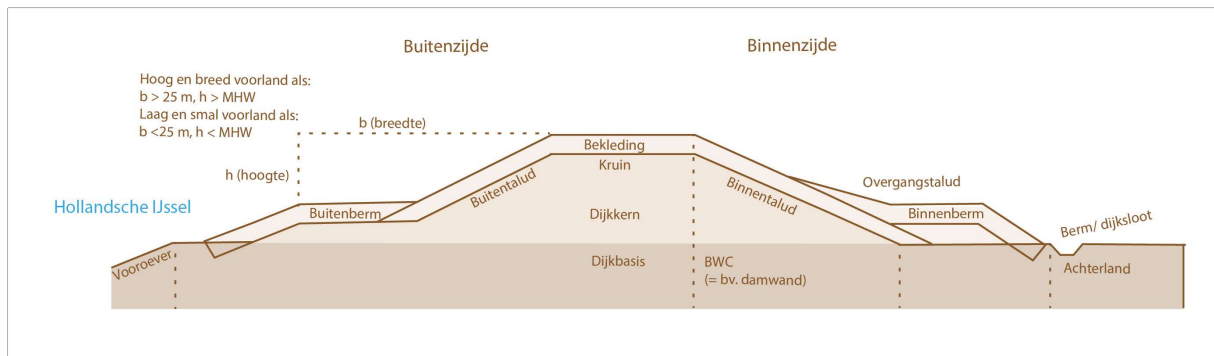
Figuur 6 Normtraject 15-3 Hollandsche IJssel en scope van KIJK

Dijk

De dijk langs de Hollandsche IJssel heeft primair een waterkerende functie, en is daarnaast van groot belang voor de ontsluiting van het gebied. Over de gehele lengte van de dijk loopt een weg over de kruin van de dijk en langs grote delen van de dijk is sprake van aanliggende bebouwing voor bewoning en bedrijvigheid. Deze bebouwing ligt zowel buitendijks (op voorlanden) als binnendijks. Samenhangend met de bebouwing liggen langs grote delen van de dijk kabels en leidingen (waterleidingen, data- en elektrakabels, gasleidingen). De kruinhoogte van de dijk varieert in het gebied en ligt in het algemeen tussen circa NAP +3,40 m en NAP +4,00 m, maar lokaal kan dit ook lager of hoger zijn.

De dijk heeft, net als het achterland van de Krimpenerwaard, te maken met bodemdaling. Dit hangt samen met de aanwezigheid van veen in de ondergrond en de invloed van ontwatering en gewichtsbelaasting hierbij. Op basis van de diverse beschikbare hoogtegegevens is geanalyseerd dat voor de dijk rekening moet worden gehouden met een gemiddelde autonome bodemdaling van 8 mm per jaar.

Zie figuur 7 voor een schematische weergave van de opbouw van een dijk en de hierbij gebruikte terminologie.



Figuur 7 Opbouw van een waterkering en gebruikte terminologie

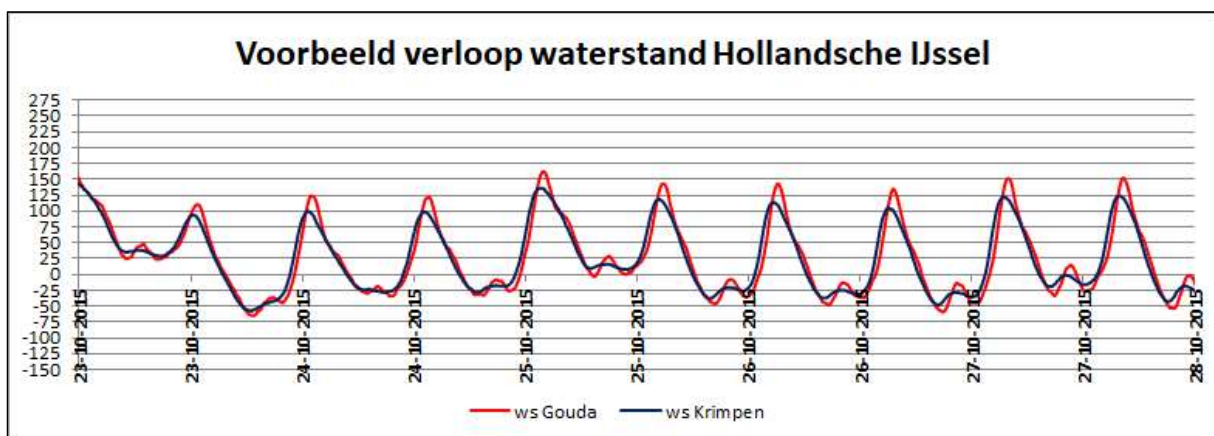
Hollandsche IJssel

De Hollandsche IJssel staat bij Krimpen aan den IJssel in open verbinding met de Nieuwe Maas en functioneert hierdoor als (zoetwater)getijderivier. Stroomopwaarts loopt de rivier door tot de Waaiersluis bij Gouda. Hier stopt de getijde-invloed en gaat de rivier over in de zogenoemde Gekanaliseerde Hollandsche IJssel.

De Hollandsche IJssel is aan beide oeverszijden bedijkt, zodat er geen directe waterverbindingen zijn met de naastliggende, laaggelegen polders van Schieland (noordwestzijde) en de Krimpenerwaard (zuidoostzijde).

De waterstanden ter hoogte van Krimpen aan den IJssel fluctueren in het algemeen tussen circa NAP -0,50 m en NAP +1,50 m en volgen het getijdeverloop (zie Figuur 8 voor een voorbeeld van het gemeten waterstandsverloop bij Krimpen a/d IJssel). De peilverschillen tussen eb en vloed bedragen gemiddeld circa 1,4 meter. Richting Gouda ligt de waterstand bij hoogwater gemiddeld zo'n 25 centimeter hoger dan bij Krimpen aan den IJssel.

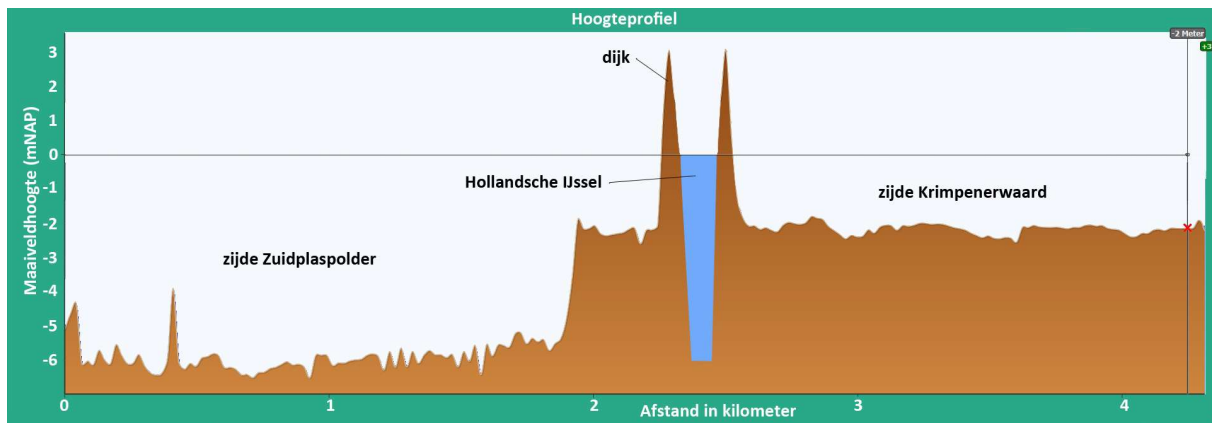
De belangrijkste functies van de Hollandsche IJssel zijn vaarweg (beroeps- en recreatievaart) en waterafvoer voor de beheergebieden van HHSK, Rijnland en HDSR. Ook is de rivier van belang voor natuur (habitat voor flora en fauna) en waterberging bij gesloten stormvloedkering (zie hierna).



Figuur 8 Voorbeeld waterstandsverloop Hollandsche IJssel bij meetpunt Krimpen aan den IJssel (ws Krimpen) en Gouda Brug (Ws Gouda)

De waterpeilen op de Hollandsche IJssel en de aanliggende dijken zijn duidelijk hoger dan het achterland aan de zijde van de Krimpenerwaard en de zijde van de Zuidplaspolder. De hoge ligging van de Hollandsche IJssel een aanliggende dijken is indicatief en schematisch terug te zien in een representatieve dwarsdoorsnede van de hoogtekaart van AHN3. Zie Figuur 9. Deze figuur maakt duidelijk dat bij een dijkdoorbraak het gebied van de Krimpenerwaard onder vrij verval kan volstromen vanuit de Hollandsche IJssel.

De diepte van het vaarwegprofiel is stroomopwaarts afnemend. In de bodemhoogte van de Hollandsche IJssel komen op verschillende plaatsen (lokale) dieptes voor.



Figuur 9 Representatieve dwarsdoorsnede hoogtekaart AHN 3

Stormvloedkering Hollandsche IJssel

Bij Krimpen aan den IJssel bevindt zich een stormvloedkering in de Hollandsche IJssel. Deze kering is aangelegd in het kader van de Deltawerken en is bedoeld om de Hollandsche IJssel bij verwacht hoog water te kunnen afsluiten van de Nieuwe Maas. De stormvloedkering bestaat uit twee stalen schuiven van meer dan 80 meter breed en 12 meter hoog. De eerste schuif werd in 1958 in gebruik genomen, de tweede in 1979. In normale omstandigheden zijn deze schuiven opgetrokken, bij verwacht hoogwater worden deze neergelaten zodat de Hollandsche IJssel beschermd blijft van het buitenwater.



Om de scheepvaart niet te belemmeren is er naast de kering een schutsluis gemaakt, zodat ook schepen die in normale omstandigheden niet onder de opgetrokken keringen door kunnen varen, de kering kunnen passeren.

De criteria voor sluiting van de Stormvloedkering zijn vastgelegd in het Waterakkoord Hollandsche IJssel en Lek uit 2005. Betrokken partijen bij het Waterakkoord zijn Rijkswaterstaat, Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, Hoogheemraadschap van Rijnland en Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden. In de praktijk wordt de kering soms ook gesloten als nog niet aan deze criteria wordt voldaan, maar er wel dreigende wateroverlast is voorzien. Zo'n sluiting kan plaatsvinden op initiatief van Rijkswaterstaat, maar ook op verzoek van één van de

betrokken regionale waterbeheerders bij het Waterakkoord. De frequentie van sluiting van de stormvloedkering bedraagt gemiddeld zo'n 3 keer per jaar.

Waterakkoord Hollandsche IJssel en Lek en criteria voor sluiting Stormvloedkering

In het Waterakkoord Hollandsche IJssel en Lek zijn de criteria voor sluiting van de Stormvloedkering bij Krimpen aan den IJssel vastgelegd. Samengevat geeft dit de volgende uitgangspunten voor sluiting:

- Als bij storm bij Hoek van Holland een waterpeil wordt verwacht tussen NAP +2 m en NAP +3 m, en het waterbezwaar op de Rijnlandse boezem minder dan 100 m³/s bedraagt, dan wordt de stormvloedkering gesloten bij een keerpeil van NAP +2,25 m.
- Als bij storm bij Hoek van Holland een waterpeil wordt verwacht tussen NAP +2m en NAP +3m, en het waterbezwaar op de Rijnlandse boezem meer dan 100 m³/s bedraagt, dan wordt de stormvloedkering gesloten op de laagwaterkentering voorafgaande aan de stormvloed.
- Wanneer de verwachting is dat het waterpeil bij Hoek van Holland het niveau van NAP +3 m gaat overschrijden, dan wordt de stormvloedkering gesloten tijdens de laagwaterkentering voorafgaande aan de stormvloedstand

Voorlanden

In het rivierbed van de Hollandsche IJssel zijn diverse 'voorlanden' aanwezig. Voorland is het buitendijkse terrein tussen de buitenteen van de dijk en de rivier. De voorlanden zijn voor een deel al voor 1900 door de mens aangelegd. In de periode tussen 1950 en 1970 zijn verschillende uiterwaarden met stortvuil opgehoogd en als voorland in gebruik genomen. De hoogteligging van de voorlanden verschilt per locatie, evenals de functie. De meest voorkomende functie is verblijf voor bewoners en bedrijven, maar er zijn ook voorlanden met de functie recreatie en/of natuur. De voorlanden worden ook wel benoemd als 'zellingen'.



Figuur 10 Voorbeeld van een voorland (dijkvak S, zonder bebouwing)

Achterland, polder Krimpenerwaard

Het achterland van het projectgebied (het binnendijkse gebied) omvat de polder Krimpenerwaard. Het bodemgebruik in deze polder bestaat vooral uit agrarische graslanden en natuurgraslanden. Langs vrijwel het gehele dijktraject komt bebouwing voor. Belangrijke woonkernen die direct aan de dijk liggen, zijn Krimpen aan den IJssel, Ouderkerk aan den IJssel en Gouderak. Het maaiveld in de Krimpenerwaard ligt in het algemeen op circa 1 tot ruim 2 meter beneden NAP, met de laagste delen langs de dijk van de Hollandsche IJssel. Hiermee ligt het maaiveld in de polder zo'n 6 meter lager dan de kruin van de dijk.

Een groot deel van de Krimpenerwaard watert af via de Hollandsche IJssel. Omdat de polder lager ligt dan de Hollandsche IJssel gebeurt dit via gemalen. Dit zijn de gemalen Johan Veurink (Krimpen aan den IJssel), De Nesse (Lageweg) en Verdoold (Gouderak). Samenhangend met de verschillen in maaiveldhoogte, komen in de polder verschillende peilvakken voor met ieder een eigen vastgesteld peil. Ook langs de dijk komen verschillende peilvakken voor met verschillende waterpeilen. De vastgestelde waterpeilen voor deze peilvakken liggen globaal tussen NAP -2,0 m en NAP -2,7 m. Daarmee liggen deze waterpeilen afhankelijk van het getij zo'n 1,5 tot ruim 4 meter lager dan het waterpeil van de Hollandsche IJssel.

Door de aanwezigheid van veen in de bodem heeft het gebied te maken met bodemdaling. Voor de peilvakken langs de Hollandsche IJssel heeft HHSK op basis van de beschikbare gegevens een gemiddelde bodemdaling bepaald van circa 3 tot 5 mm per jaar. De voortdurende bodemdaling hangt sterk samen met de ontwateringssituatie in de polder en het peilbeheer dat nodig is om 'droge voeten' te houden. Om de bestaande drooglegging te handhaven is namelijk periodiek peilverlaging nodig ter compensatie van de opgetreden bodemdaling. Door peilverlaging neemt de

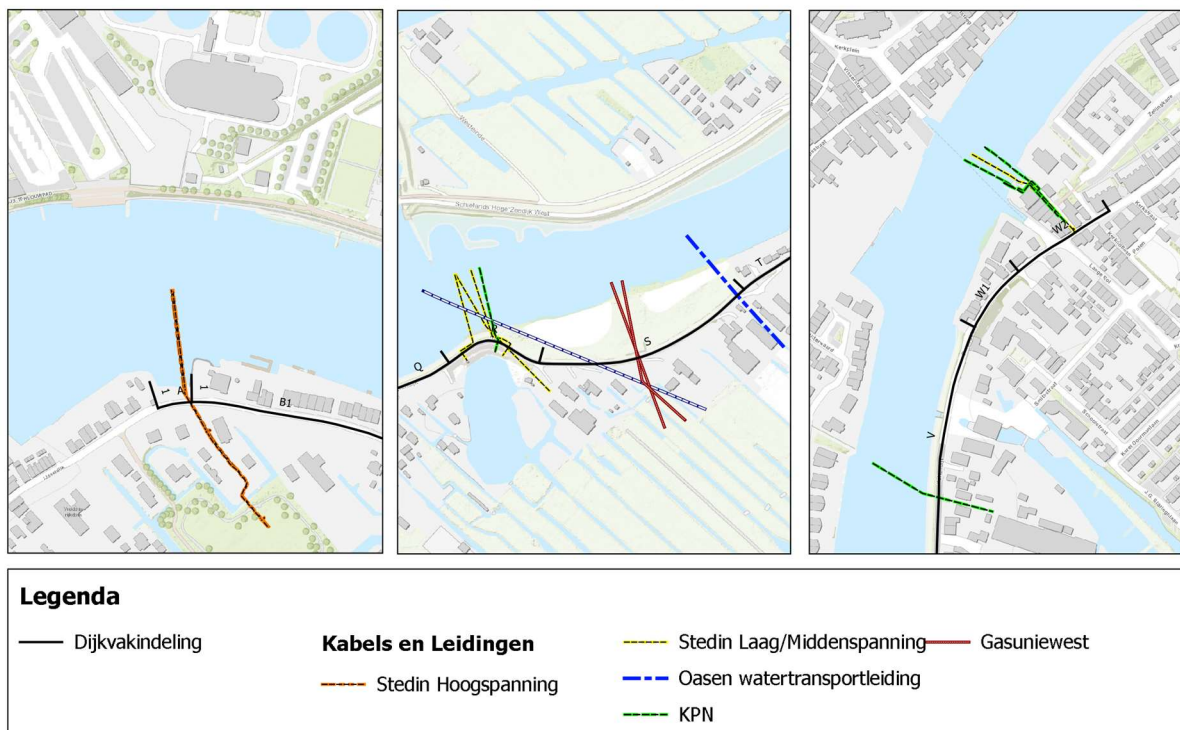
bodemdaling echter weer toe (toename oxidatie en klink van het veen), zodat op termijn opnieuw weer peilverlaging nodig is. Om de bodemdaling in het gebied zoveel mogelijk te beperken, gaat het waterschap terughoudend om met peilverlagingen (peilaanpassingen) en is het beleid om uit te gaan van een maximale drooglegging van 0,6 meter in veengebieden. Ondanks deze uitgangspunten is de verwachting dat ook in de toekomst sprake zal zijn van bodemdalingen in de Krimpenerwaard.

Kabels en leidingen

Op een aantal locaties worden de dijkvakken van KIJK en de Hollandsche IJssel gekruist door kabels en leidingen. Het gaat om:

- dijkvak A(B); 50 kV hoogspanningskabel (Stedin)
- dijkvak R: middenspanningskabels (Stedin) en datakabels (KPN);
- dijkvak S: watertransportleidingen (Dunea en Oasen), twee gastransportleidingen (Gasunie);
- dijkvak V: datakabels (KPN, SREK)
- dijkvak W2: datakabels (KPN)

Zoals aangegeven zijn langs grote delen van de dijk ook kabels en leidingen aanwezig die samenhangen met de bebouwing ter plekke (waterleidingen, data- en elektrakabels, gasleidingen).



Figuur 11 Kruisende leidingen binnen project KIJK

2.2 Hoogwater op de Hollandsche IJssel

In normale omstandigheden staat de Hollandsche IJssel in open verbinding met de Nieuwe Maas en vindt in- en uitstroming van water plaats onder invloed van het getij. Ook vindt bemaling plaats vanuit de aanliggende polders.

Het optreden van hoogwater op de Hollandsche IJssel wordt bepaald door verschillende invloeden:

- Waterstand op zee. Een hoge zeewaterstand beïnvloedt de waterstand op de Nieuwe Maas, en daarmee de waterstand op de Hollandsche IJssel. Hoge waterstanden op zee worden bepaald door een combinatie van opstuwing en het getij.
- Waterafvoer van de grote rivieren. Hoge rivierafvoeren beïnvloeden de waterstand op de Nieuwe Maas en daarmee de waterstand op de Hollandsche IJssel.
- Stormvloedkering Krimpen a/d IJssel. Door sluiting van de stormvloedkering kan de Hollandsche IJssel worden afgesloten van de Nieuwe Maas en het overige buitenwater, en wordt hoogwater op de Hollandsche IJssel tegengegaan. In het Waterakkoord Hollandsche

IJssel is vastgelegd in welke omstandigheden de stormvloedkering wordt gesloten. Afhankelijk van de verwachte waterstand bij Hoek van Holland en het waterbezwaar vanuit het beheergebied van Rijnland, wordt de stormvloedkering volgens het Waterakkoord gesloten op een keerpeil van NAP +2,25 m of op de laagwaterkentering voorafgaande aan de verwachte stormvloed. Ook bij eventuele andere onvoorziene omstandigheden kan een van betrokken waterbeheerders het verzoek doen om de kering te sluiten.

Als de stormvloedkering door omstandigheden onverhoopt niet werkt, dan werkt ook de afsluiting van de Hollandsche IJssel niet. In de kansberekeningen voor het optreden van bepaalde waterstanden op de Hollandsche IJssel wordt voor de korte termijn uitgegaan van een faalkans van 1:200 per sluitvraag. Rijkswaterstaat start in 2018 een onderzoek naar de mogelijkheid om de faalkans per sluitvraag verder te verlagen (initiatief van Deltaprogramma Rijnmond Drechtsteden). Voor de periode na 2050 wordt op dit moment uitgegaan van een verlaging van de faalkans naar 1:500 per sluitvraag. Mogelijk is dit te verlagen door betere faalkansinschattingen, of door technische verbetermaatregelen aan de kering.

- De Hollandsche IJssel heeft in normale omstandigheden een belangrijke functie voor de waterafvoer uit de aanliggende polders. Bij gesloten stormvloedkering is deze afvoerfunctie niet meer mogelijk en gaat de Hollandsche IJssel als een 'waterbak' functioneren. Om te voorkomen dat het waterpeil in de Hollandsche IJssel in die situatie te hoog wordt, is in het Waterakkoord Hollandsche IJssel een maaltoppeil afgesproken van NAP +2,60 m. Als de waterstand dit niveau heeft bereikt, dan dient de waterafvoer van de verschillende gemalen naar de Hollandsche IJssel te worden gestopt. In de praktijk is het maaltoppeil bij sluiting van de stormvloedkering tot nu toe nog nooit bereikt.
- Invloed van de Europoortkering (Maeslantkering, Hartelkering). In het watersysteem van het buitenwater bevinden zich nog twee keringen, namelijk de Maeslantkering en de Hartelkering. Het al dan niet gesloten zijn van deze keringen, is van invloed op de waterstand in het buitenwater.
- Wind. Afhankelijk van windsterkte en windrichting zorgt de wind in meer of mindere mate voor scheefstand op de Hollandsche IJssel en in meer of minder mate voor windgolven (invloed op golfhoogte). De grootste opstuwing op de Hollandsche IJssel vindt plaats bij storm uit (zuid)westelijke richting.



Figuur 12 Invloeden hoog water op de Hollandsche IJssel

2.3 Bodemopbouw

De bodemopbouw in het gebied hangt samen met de ontstaansgeschiedenis van het gebied en de menselijke invloeden door ontginning van het gebied en bedijking van de Hollandsche IJssel. Onder wisselende omstandigheden hebben zowel klei- als zandafzettingen plaatsgevonden en is ook sprake geweest van veenvorming. Hierdoor komen in de bodemopbouw zowel zand-, klei- als veenlagen voor. De verschillende bodemlagen zijn van invloed op de grondwaterstroming in het gebied en de sterkte-eigenschappen van de ondergrond. Daarmee is de bodemopbouw een belangrijk aspect in de stabiliteit en standzekerheid van de dijken.

Om een onderbouwd en gedetailleerd inzicht van de bodemopbouw te krijgen, zijn zowel historische boringen en data beschikbaar, als nieuw verkregen gegevens uit veld- en

laboratoriumonderzoeken die specifiek voor het project KIIK zijn uitgevoerd. De belangrijkste brongegevens ten aanzien van de bodemopbouw en de bodemeigenschappen komen uit:

- Bodemgegevens gebruikt voor Toetsing Krimpenerwaard Dijkvakken IJsseldijk in 2004 (Geodelft 2004);
- Ondergrondschematisering van het WBI-SOS-model (Stochastisch Ondergrond Model behorend bij het Wettelijk BeoordelingsInstrumentarium);
- Diverse archiefsonderingen en -boringen beschikbaar bij HHSK;
- Boringen, sonderingen en laboratoriumonderzoek uitgevoerd in het kader van de Consequentieanalyse;
- Boringen, sonderingen en laboratoriumonderzoek uitgevoerd in het kader van de pilot Actuele Sterkte Krimpenerwaard (2016);
- Boringen, sonderingen en laboratoriumonderzoek uitgevoerd naar aanleiding van aanbevelingen pilot Actuele Sterkte Krimpenerwaard (2017);

Als uitgangspunt voor de geotechnische toetsings- en ontwerpberekeningen voor KIIK zijn de beschikbare bodemgegevens verwerkt in een 3D geotechnisch bodemmodel. Dit model geeft een beeld van de bodemopbouw onder en naast de waterkering in zowel verticale als horizontale richting. In het model zijn ook de hoogtegegevens van de AHN3 verwerkt. Op basis van dit model zijn voor het gehele projectgebied uitsneden op maat te maken. In Figuur 13 en Figuur 14 zijn voorbeelduitsneden opgenomen voor het dijktraject van de dijkvakken A tot en met E. Figuur 13 geeft allereerst een 3D-uitsnede voor deze dijkvakken, waarbij de ligging van de verschillende grondlagen in lengte, breedte en hoogte is weergegeven. Figuur 14 geeft vervolgens een meer gedetailleerde uitsnede weer, waarin ook de uitgevoerde sonderingen in deze doorsnede zijn opgenomen.

In algemene zin is de bodemopbouw in het gebied als volgt te karakteriseren.

De diepe bodemopbouw is bepalend voor de regionale grondwaterstroming. Geohydrologisch gezien bestaat de diepe bodemopbouw uit een afwisseling van goed doorlatende, watervoerende (zand)pakketten en slechtdoorlatende, weerstandsbiedende (klei)pakketten, waarbij de hydrologische basis op een diepte van circa 120 meter onder maaiveld ligt. Al deze afzettingen dateren uit het Pleistoceen, de tijdperiode van meer dan 10.000 jaar geleden. De bovenzijde van de Pleistocene afzettingen bestaat uit een watervoerend, zandig pakket van de formatie van Kreftenheye.

Boven dit zandpakket ligt de zogenoemde deklaag met afzettingen uit het Holocene, de tijdperiode van minder dan 10.000 jaar geleden. De deklaag loopt door tot het huidige maaiveldniveau, waarbij de dikte van de deklaag variabel is. Er zijn locaties waar het onderliggende zandpakket al op een diepte van NAP -8 m is aangetroffen, maar ook locaties waar dit op NAP -17 m is. Op korte afstand kunnen hierin grote verschillen optreden.

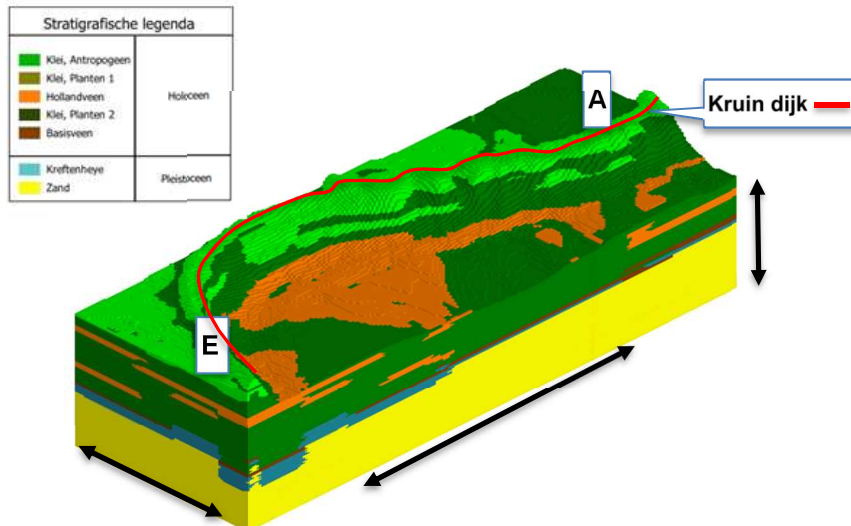
Voor de geotechnische stabiliteitsberekeningen van de waterkering zijn de sterkte-eigenschappen van de grondlagen boven de Pleistocene zandlaag, en dus van de Holocene deklaag, van belang. Daarnaast is ook de stijghoogte in de Pleistocene zandlaag belangrijk. De samenstelling van de diepere grondlagen is voor deze berekeningen van ondergeschikt belang.

De Holocene deklaag bestaat uit een afwisseling van klei- en veenlagen van verschillende dikte. Deze lagen zijn in meer (veen) of mindere (klei) mate samendrukbaar. De dikte van de samendrukbare grondlagen, evenals de diepteligging, is zeer variabel. In het gebied is in alle boringen minimaal één laag hollandveen aangetroffen, waarvan de dikte varieert tussen minder dan één meter en enkele meters. Veenclassificaties wijzen uit dat de veenlagen vaak bestaan uit verschillende veentypen (veen, kleiig veen). In alle boringen zijn ook één of meerdere lagen klei aangetroffen, waarbij het zowel om siltige klei als om humeuze klei gaat. Ondiepe, mogelijk watervoerende, tussenzandlagen zijn niet aangetroffen.

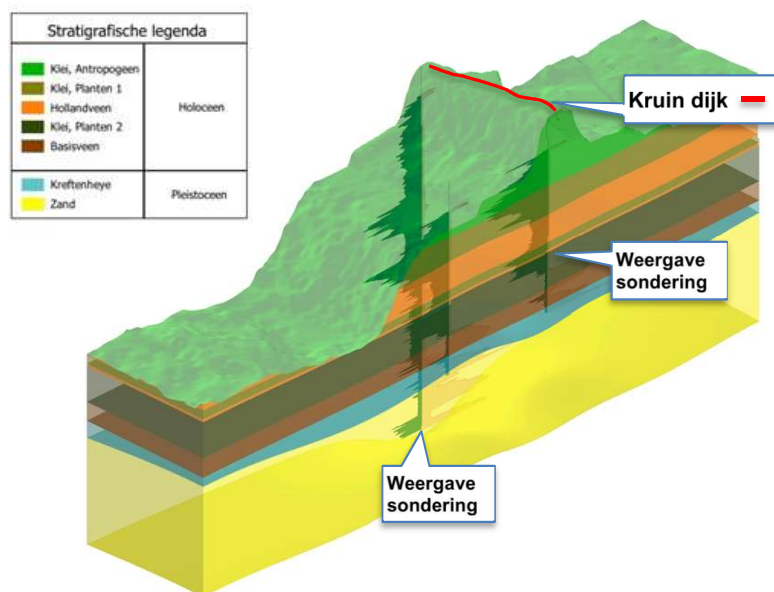
Onder de kruin van de dijk en de teen komen dezelfde grondlagen voor, waarbij de dikte van deze lagen onder de kruin van de dijk wat kleiner is dan onder de teen. Dit komt door zetting van deze lagen onder het gewicht van de dijk.

In de verkenningsfase is aanvullend veld- en laboratoriumonderzoek uitgevoerd. Dit onderzoek is voortgekomen uit de aanbevelingen van de pilot Actuele Sterkte van de Project Overstijgende Verkenning Macrostabiliteit (POVM). Een van de aanbevelingen was ook om meer onderzoek te doen naar de eigenschappen van het dijksmateriaal. Uit het onderzoek volgt dat de dijk voornamelijk uit klei is opgebouwd, met daarboven antropogene grondlagen bestaande uit zandige

klei, zand en andere materialen. Deze antropogene lagen lopen over in de fundering van de op de kruin aanwezige weg. Dit nieuwe inzicht is waardevol omdat hiermee het sterktegedrag van het dijksmateriaal realistischer en minder conservatief kan worden gemodelleerd. Door een verdichting van het in situ onderzoek, met onderzoeksraaien haaks op de dijk bestaande uit meerdere sonderingen of boringen, is tevens beter inzicht verkregen in het verloop van het sterkteprofiel in de ondergrond vanuit de kruin gezien in de richting van het achterland.



Figuur 13 Voorbeelduitsnede 3D geotechnisch model KIJK voor dijkvak A t/m E, ligging bodemlagen in 3D overzicht



Figuur 14 Voorbeelduitsnede 3D geotechnisch model KIJK: bodemopbouw en weergave sonderingen op klein deeltraject van dijkvakken A t/m E

3 Veiligheidsopgave, ontwerpuitgangspunten en innovatie

3.1 Inleiding

De primaire waterkeringen in Nederland worden periodiek beoordeeld op basis van wettelijk vastgestelde veiligheidsnormen en uitgangspunten. De resultaten van deze beoordeling bepalen of er sprake is van een veiligheidsopgave voor een waterkering en of er versterkingsmaatregelen nodig zijn.

Het project Krachtige IJsseldijken Krimpenerwaard (KIJK) komt voort uit de derde Landelijke Rapportage Toetsing waterkeringen (LRT3) waarvan de resultaten in 2011 werden gepubliceerd. Bij deze toetsing werd vastgesteld dat een groot deel van de dijken langs de Hollandsche IJssel niet voldeed aan de geldende veiligheidsnormering. Hierbij werd voor de toets op hoogte het bepalen van het maatgevende belastingniveau nog uitgegaan van een onfeilbare stormvloedkering (faalkans 0). Sindsdien hebben zich verschillende ontwikkelingen voorgedaan die belangrijk zijn geweest voor de actuele veiligheidsopgave voor KIJK en de uitgangspunten waarmee de verkenningsfase is uitgewerkt. Zo is per 1 januari 2017 een nieuwe veiligheidsnormering van kracht geworden en heeft de uitwerking van het Deltaprogramma (zie kader) en de opstart van het nieuwe Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) (zie tekstkader) gezorgd voor nieuwe uitgangspunten en inzichten.

In het vervolg van dit hoofdstuk is een toelichting gegeven op de belangrijke ontwikkelingen die de actuele veiligheidsopgave voor KIJK hebben bepaald en die een belangrijk uitgangspunt hebben gevormd voor uitwerking van de verkenningsfase voor KIJK. Daarbij gaat het om:

- Landelijke Rapportage Toetsing waterkeringen 2011
- Prioritering en aanmelding bij het HWBP
- Uitwerking Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden, gebiedsproces Hollandsche IJssel
- Wijziging Waterwet met nieuwe veiligheidsnormering, inclusief normering en status Hollandsche IJssel
- Voorlanden
- Consequentie-analyse
- Overstromingsanalyse
- Benutting actuele sterkte

In aansluiting op deze ontwikkelingen zijn in paragraaf 3.3 de ontwikkelingen met betrekking tot de scope en de veiligheidsanalyse samengevat. Dit resulteert in een overzicht van de actuele scope van het project en de aangehouden dijkvakindeling.

Tot slot wordt in dit hoofdstuk ook ingegaan op de ontwerpuitgangspunten die zijn aangehouden voor het VKA, en is een toelichting gegeven op de 'innovaties' die zijn toegepast.

Deltaprogramma

Het Deltaprogramma is een landelijk programma waarin Rijksoverheid, provincies, gemeenten en waterschappen, maatschappelijke organisaties, bedrijfsleven en kennisinstituten gezamenlijk werken aan plannen en ontwikkelingen ter verbetering van de waterveiligheid en zoetwaterwatervoorziening in Nederland en voor het tot stand brengen van een klimaatbestendige en water robuuste ruimtelijke inrichting. Het Deltaprogramma is in 2010 van start gegaan en heeft in 2014 geresulteerd in een aantal belangrijke Delta-beslissingen, waaronder de Delta-beslissing Waterveiligheid. Hierin is onder meer het besluit opgenomen om een nieuwe veiligheidsnormering te gaan invoeren, waarbij het Rijk zorgt voor aanpassing van het wettelijk toets- en ontwerpinstrumentarium en voor wettelijke verankering van de nieuwe normering. Ook is benoemd dat de prioritering van maatregelen plaatsvindt in het Deltaplan Waterveiligheid, waarbij het veiligheidsrisico de basis voor de prioritering vormt. Maatregelen voor waterveiligheid krijgen waar mogelijk een integrale uitvoering, rekening houdend met gebiedsontwikkelingen en een tijdige aanpak van het veiligheidsrisico. Het Deltaprogramma wordt jaarlijks geactualiseerd met onder meer een programmering van de maatregelen, onderzoeken en voorzieningen op het gebied van waterveiligheid. Dit wordt het Deltaplan Waterveiligheid genoemd. Het Hoogwaterbeschermingsprogramma vormt een van de uitvoeringsprogramma's hiervan.

Hoogwaterbeschermingsprogramma

In het Hoogwaterbeschermingsprogramma werken het Rijk en de waterschappen nauw samen om de dijken die niet aan de veiligheidsnormen voldoen, te verbeteren. Het programma wordt jaarlijks geactualiseerd en zowel door het ministerie van Infrastructuur en Milieu als door de waterschappen gefinancierd, op basis van afspraken in het Bestuursakkoord Water uit 2011. Een programmadirectie met medewerkers van het Rijk en de waterschappen programmeert en faciliteert de uitvoering, beoordeelt de financieringsaanvragen voor de te verbeteren keringen en rapporteert over het programma aan de minister en de besturen van de waterschappen.

In 2014 is een vernieuwde opzet van het HWBP van start gegaan voor de primaire waterkeringen die in de derde toetsronde zijn afgekeurd. Deze nieuwe opzet gaat uit van een jaarlijkse actualisering van de programmering, zodat kan worden meegewogen met nieuwe inzichten, onderzoeksresultaten of toetsresultaten. Ook stimulering van kennisdeling en innovatie vormt een belangrijk uitgangspunt. In dit kader zijn verschillende Project Overstijgende Verkenningen (POV) in uitvoering genomen waaronder de POV-Macrostabiliteit en de POV-Voorlanden. Deze POV's zijn ook van belang voor KIJK.

3.2 Ontwikkelingen in relatie tot veiligheidsopgave

Landelijke Rapportage toetsing waterkeringen 2011

In 2011 zijn de dijken langs de Hollandsche IJssel beoordeeld in het kader van de derde Landelijke Rapportage Toetsing waterkeringen (LRT3). De resultaten hiervan zijn beschreven in het *Toetsverslag primaire Waterkeringen Toetsing 2010 Dijkkring 14 en Dijkkring 15* (HHSK, 2010). Deze toetsing werd uitgevoerd op basis van de destijds geldende veiligheidsnormering (overschrijdingskans gemiddeld 1/2000 jaar) en de toetsregels voor categorie c-waterkeringen. De dijken langs de Hollandsche IJssel werden als categorie c-kering aangemerkt omdat de Hollandsche IJssel vanwege de aanwezigheid van de stormvloedkering bij Krimpen aan den IJssel niet als buitenwater werd beschouwd. Een categorie c-kering is een primaire waterkering die niet bestemd is voor de directe kering van het buitenwater. Bij deze toetsing werd er van uitgegaan dat de stormvloedkering altijd werkt, en een faalkans van '0' heeft. Dit betekent dat de stormvloedkering bij hoogwater altijd is gesloten en dat het waterpeil in de Hollandsche IJssel dan kan oplopen tot het maalstoppeil van NAP +2,60 m.

De conclusie van de toetsing was dat de dijk over een groot deel van de lengte werd afgekeurd op het faalmechanisme Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI). Voor het faalmechanisme Hoogte voldeed de waterkering bij deze beoordeling wel grotendeels. Op een aantal trajecten lag de kruinhoogte van de dijk lager dan de benodigde kruinhoogte, maar omdat de dijk hier al onvoldoende scoorde voor macrostabiliteit, werd het hoogtetekort niet verder getoetst. Voor de overige faalmechanismen werd geen oordeel gegeven, omdat het eindoordeel al duidelijk was. De verschillende dijkvakken voldeden immers ruimschoots niet aan de norm voor stabiliteit.

De resultaten van LRT3 hebben duidelijk gemaakt dat de dijken langs de Hollandsche IJssel voor een groot deel niet voldoen aan de vereiste veiligheid. Voor HHSK heeft dit de wettelijke plicht gegeven om tot dijkversterking over te gaan.

Prioritering en aanmelding bij het HWBP

De resultaten van LRT3 waren voor HHSK aanleiding om de dijken langs de Hollandsche IJssel aan te melden voor opname in het HWBP. Omdat het ruimtelijk, organisatorisch en financieel niet haalbaar is om alle afgekeurde dijkvakken op korte termijn te verbeteren, heeft HHSK hiervoor eerst een prioritering uitgewerkt, die de basis vormt voor een gefaseerde aanpak van de veiligheidsopgave voor de Hollandsche IJssel (rapportage Prioritering, clustering en fasering dijkversterking Hollandsche IJssel. HHSK/DHV, 2012) Voor de prioritering is een afwegingskader opgesteld, waarin naast de veiligheidsopgave ook gevolgschade, versterkingswijze en diverse omgevingsaspecten zijn meegewogen. Op basis van deze prioritering heeft HHSK vervolgens projecten gedefinieerd en aangedragen bij het HWBP. In eerste instantie zijn de projecten Krimpen-Ouderkerk en Gouderak als aparte, 'urgente' projecten aangemeld, en opgenomen in het HWBP 2014-2019 met daarnaast een 'restopgave' voor minder urgente dijkvakken. In 2015 is besloten om de genoemde deelprojecten samen te voegen in het project Krachtige IJsseldijken Krimpenerwaard (KIJK). Door de samenvoeging kreeg het project een dijkversterkingsopgave voor circa 10 kilometer dijk lengte. HHSK beschouwt dit als een reëel te realiseren project zowel in omvang, tijd, als geld.

Uitwerking Deltaprogramma Rijnmond Drechtsteden, Gebiedsproces Hollandsche IJssel

Als onderdeel van het landelijke Deltaprogramma werd in 2010 gestart met het deelprogramma Rijnmond-Drechtsteden. Hiervoor werd de Stuurgroep Rijnmond-Drechtsteden geïnstalleerd een

samenwerkingsverband met vertegenwoordigers van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu, provincie Zuid-Holland, Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard (mede namens andere waterschappen in het gebied), gemeente Rotterdam en gemeente Dordrecht (mede namens andere Drechtsteden). Voor dit deelprogramma is een integrale probleemanalyse uitgevoerd naar de waterveiligheidsopgave in de Rijn-Maasdelta en het garanderen van de zoetwatervoorziening. In aansluiting hierop zijn mogelijke strategieën onderzocht voor het omgaan met deze onderwerpen en is een advies opgesteld voor een voorkeursalternatief.

Vanwege de bijzondere waterstaatkundige situatie is voor de Hollandsche IJssel een apart gebiedsproces doorlopen om te onderzoeken welke mogelijkheden er zijn om de veiligheid van het gebied rond de Hollandsche IJssel kosteneffectief te waarborgen en de zoetwatervoorziening (waar mogelijk) te verbeteren. Dit heeft een brede uitwerking gekregen, waarbij naast de effecten op de waterveiligheid ook de effecten op ruimtelijke kwaliteit, economie (scheepvaart) ecologie (getijdennatuur) en de meekoppelkansen voor de zoetwatervoorziening van West Nederland zijn onderzocht (Achtergronddocument Hollandsche IJssel; Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden, juni 2014).

Als uitkomst van dit gebiedsproces is de keuze gemaakt om de Hollandsche IJssel te handhaven als open getijderivier met afsluitbare Stormvloedkering. De belangrijkste argumenten voor deze keuze zijn:

- **Kosteneffectiviteit.** Door benutting van de aanwezige voorlanden en door het verlagen van de faalkans van de Stormvloedkering is de veiligheidsopgave tegen relatief lage kosten te reduceren. Bij afdammen zouden de kostenbesparingen voor dijkversterking teniet worden gedaan door grote investeringen in een te bouwen dam met schutsluis (ten behoeve van de scheepvaart) en gemaal.
- **Maatschappelijk/ecologie.** Bij een open Hollandsche IJssel blijft het unieke karakter van de rivier en de oevers behouden. Bij een afgedamde rivier zijn er grote negatieve effecten te verwachten op de getijdenwerking met bijbehorende getijdennatuur en de waterkwaliteit.
- **Economisch.** Bij een open Hollandsche IJssel kan bij Gouda op eenvoudige en goedkope wijze zoet water worden ingelaten voor West-Nederland.

Als alternatief voor voorgaande keuze is ook gekeken naar de mogelijkheid om de Hollandsche IJssel volledig af te sluiten van het buitenwater, en als boezem te laten functioneren. Vanuit de veiligheidsopgave is dit een kansrijk scenario, maar vanwege de kosten (aanleg dam, gemaal en schutsluis), de negatieve effecten voor natuur en waterkwaliteit en de beperkingen voor de scheepvaart, is dit alternatief toch afgefallen. Een variant hierop is de realisatie van een 'halfopen' dam waarbij de getijdeninvloed in stand blijft. Deze maatregel zou op basis van de resultaten van de studie "een dam met getij" (Een dam met getij: studie naar afdamming van de Hollandsche IJssel met halfopen dam; Luuk Knook, 2012) in beeld kunnen komen bij een onderzoek naar vervanging van de Stormvloedkering. De vervanging van de Stormvloedkering is voorzien rond 2050, wanneer de kering aan het einde van de technische levensduur is.

In het Deltaprogramma 2015 is de keuze om de Hollandsche IJssel als open rivier te handhaven bevestigd. Deze oplossing is het meest kosteneffectief en tast de natuurlijke dynamiek het minst aan. Deze keuze vormt een belangrijk uitgangspunt voor de veiligheidsopgave van KIIK en de mogelijk oplossingsrichtingen hiervoor. Het verbeteren van de dijken langs de Hollandsche IJssel is daarmee beoordeeld als een 'geen spijt maatregel'.

De Voorkeursstrategie voor de regio Rijnmond-Drechtsteden gaat verder uit van een integrale aanpak voor de Hollandsche IJssel, waarbij naar het systeem in zijn geheel wordt gekeken (stormvloedkering, voorlanden, dijken) en waarbij ook meekoppelkansen worden beschouwd. Deze integrale benadering is overgenomen in het project KIIK ('de brede blik', zie paragraaf 4.2).

Wijziging Waterwet met nieuwe veiligheidsnormering, inclusief normering en status Hollandsche IJssel.

In de Deltabeslissing Waterveiligheid (2014) is het besluit opgenomen om een nieuwe veiligheidsnormering te gaan invoeren en het wettelijk toets- en ontwerpinstrumentarium hierop aan te passen. Na verdere voorbereiding in het kader van het Deltaprogramma is de nieuwe veiligheidsnormering per 1 januari 2017 wettelijk van kracht geworden door wijziging van de Waterwet.

In de nieuwe normering is overgestapt van normen per dijkkring, naar normen per traject. Bij de trajectindeling is onder meer rekening gehouden met verschil in dreiging en verschil in omvang van de gevolgen in het overstroomd gebied. Daarnaast is gestreefd om de lengte van de trajecten niet te veel uiteen te laten lopen. Vergelijkbare lengten van trajecten dragen bij aan een helder(der) verband tussen het geboden beschermingsniveau en de eisen aan de sterkte van de kering. In het

nieuwe normstelsel van primaire waterkeringen is het onderscheid tussen a-, b- en c-keringen om deze reden vervallen.

Voor de primaire keringen van de voormalige categorie c, waaronder de Hollandsche IJssel, is gekeken of deze keringen in het nieuwe systeem nog in het stelsel van primaire keringen passen. Daarbij is als uitgangspunt gehanteerd dat categorie c-keringen alleen als primaire kering zijn genormeerd als het kostenefficiënter is om deze keringen in de normering mee te nemen. Ten aanzien van de dijken langs de Hollandsche IJssel is beoordeeld dat deze de primaire status behouden. De motivatie daarbij is dat de gewenste bescherming tegen overstroming niet alleen met de huidige stormvloedkering kan worden gerealiseerd. Samenhangend met deze beoordeling heeft de Hollandsche IJssel ook de status van 'buitenwater' gekregen.

Belangrijk verschil tussen de oude en nieuwe veiligheidsnormering is dat in de oude normering werd uitgegaan van het voldoen aan een bepaalde overschrijdingskans, terwijl in de nieuwe normering wordt uitgegaan van een bepaalde overstromingskans. Bij deze overstromingskans wordt onderscheid gemaakt in een signaleringswaarde en een ondergrens. Als niet wordt voldaan aan de signaleringswaarde, dan geeft dit aan dat er voorbereidingen getroffen moeten worden om een waterkering te gaan versterken. Als niet wordt voldaan aan de ondergrens, dan voldoet een waterkering niet aan het minimale beschermingsniveau dat voor deze waterkering van toepassing is en zijn maatregelen noodzakelijk. De ondergrens wordt aangemerkt als de maximaal toegestane overstromingskans voor een waterkering.

De normstelling per normtraject is eerst uitgewerkt in een technisch -inhoudelijke uitwerking vanuit basisveiligheid (LIR), economische doelmatigheid (MKBA) en beheersing van zogenoemde groepsrisico's. Vervolgens zijn de afgeleide normen ter beoordeling voorgelegd aan de bestuurders van het Deltaprogramma. Voor de normering van de Hollandsche IJssel zijn de technisch-inhoudelijke eisen vanuit economische doelmatigheid (MKBA) bepalend geweest.

In **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** is een overzicht opgenomen van de oude (voor 1 januari 2017) en de nieuwe (na 1 januari 2017) veiligheidsnormering die van toepassing is voor de Hollandsche IJssel.

Tabel 1 Overzicht oude en nieuwe veiligheidsnormering Hollandsche IJssel

Oude veiligheidsnormering (vóór 1 januari 2017)		
Dijkkringgebied 15	Overschrijdingskans, gemiddeld per jaar	1: 2.000
Nieuwe veiligheidsnormering (per 1 januari 2017)		
Dijktraject 15-3	Overstromingskans, signaalwaarde	1: 10.000
	Overstromingskans, ondergrens (maximaal toelaatbare kans)	1: 3.000

Voorlanden

Voor een deel van de dijken die tot het KIIK-project behoren geldt dat hier voorland aanwezig is. Bij de beoordeling van de dijksterkte wordt tot nu toe geen rekening gehouden met de positieve bijdrage die voorlanden kunnen hebben op de dijkveiligheid. Bij de uitwerking van de Voorkeursstrategie Rijnmond-Drechtsteden is onderzocht dat het meenemen van voorlanden in de sterktebepaling van de dijken langs de Hollandsche IJssel een duidelijke reductie van de investeringskosten voor dijkversterking kan geven. Het meenemen van de voorlanden draagt naar verwachting bij aan het beperken van de veiligheidsopgave.

Om deze kans te benutten is in 2016 in het kader van het HWBP de POV-voorlanden opgestart, waarin aanvullend onderzoek wordt gedaan naar de implicaties van het meenemen van de voorlanden bij de veiligheidsbeoordeling. Technisch-inhoudelijk moet er meer zicht komen op hoe de voorlanden de sterkte van de dijken beïnvloeden. Bestuurlijk-juridisch moet worden nagedacht over aanpassing van wet- en regelgeving om ervoor te zorgen dat de werking van de voorlanden ook getoetst en geborgd kan worden.

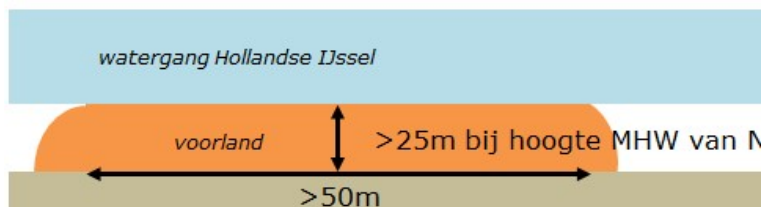
Bij de start van KIIK is circa 2,1 kilometer van de totale projectscope van circa 10 kilometer aangemerkt als zogenoemd 'breed en hoog voorland'. Hoog en breed voorland is daarbij gedefinieerd als voorland dat over een breedte van meer dan 25 meter, en over een lengte van meer dan 50 meter (langsrichting van dijk), een hoogteligging heeft van meer dan NAP +3,00 m (zie Figuur 15). Het hoogteniveau van NAP +3,00 m komt overeen met de MHW-stand zoals die ten tijde van de LRT3 van toepassing was voor de Hollandsche IJssel.

In overleg met het Kennisplatform Risicobenadering van het HWBP, werd bepaald dat bij deze 'hoge en brede voorlanden' mogelijk geen dijkversterking nodig is, omdat op deze plekken de dijk

samen met het voorland in de praktijk voldoende veiligheid zal geven. In afwachting van nadere inzichten hierover, zijn de hoge en brede voorlanden echter wel meegenomen in de projectscope.

Samenhangend met invoering van de nieuwe veiligheidsnormering zijn de hydraulische randvoorwaarden voor de Hollandsche IJssel inmiddels veranderd en moet rekening worden gehouden met een hogere waterstand dan de gehanteerde NAP +3,00 m in de definitie van de 'hoge en brede voorlanden'. In de verkenningsfase van KIIJK zijn de hoge en brede voorlanden daarom opnieuw beoordeeld met een veiligheidsanalyse, gebaseerd op de gewijzigde hydraulische randvoorwaarden (zie Clusterrapportage voorlanden, bijlage 17). Deze veiligheidsanalyse werd uitgevoerd voor de waterstand die hoort bij de Maximaal Toelaatbare Overstromingskans. In het kader van de POV Voorlanden is in aanvulling hierop ook een beoordeling uitgevoerd voor de waterstand die hoort bij de Signaalwaarde voor de overstromingskans.

Bij deze aanvullende analyses zijn de voorlanden beoordeeld op alle toetssporen die benoemd zijn in het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium. De conclusie van de beide onderzoeken is dat een voorlandbreedte van 10 tot 25 meter voldoende sterkte geeft. Daarmee is voor de brede voorlanden van KIIJK aangetoond dat deze ook bij de gewijzigde hydraulische randvoorwaarden voldoende sterkte geven. Door de gewijzigde hydraulische randvoorwaarden hebben de 'brede en hoge voorlanden' op kortere of langere termijn wel een hoogtetekort. De brede en hoge voorlanden blijven daarom deel uitmaken van de scope van KIIJK.



Figuur 15 Weergave uitgangspunten definitie hoge en brede Voorlanden

Consequentie-analyse 2016

Vooruitlopend op het wettelijk van kracht worden van de nieuwe veiligheidsnormering is in 2016 een zogenoemde Consequentieanalyse uitgevoerd voor het KIIJK-traject (Consequentie-analyse Dijkversterking Krachtige IJsseldijken Krimpenerwaard; RHDHV, 13 mei 2016). Doel van dit onderzoek was om de gevolgen van de nieuwe landelijke normering voor de veiligheid van waterkeringen en het nieuwe wettelijk beoordelingsinstrumentarium (WBI) voor het KIIJK-traject te analyseren.

De Consequentieanalyse is uitgevoerd op basis van het Ontwerp Instrumentarium 2014v3 (OI2014v3) waarbij als zichtjaar 2035 is aangehouden. Dit betekent dat een toetsing van de waterkering is uitgevoerd, waarbij de huidige situatie is vertaald naar een verwachte situatie in 2035 met de dan geldende hydraulische belastingniveaus. Daarbij is alleen getoetst op de maximaal toelaatbare kans en dus niet op de signaalwaarde.

Bij de consequentie-analyse zijn alle dijkvakken die bij de LRT3 als onvoldoende zijn beoordeeld opnieuw getoetst, dit met uitzondering van de dijkvakken die als breed en hoog voorland zijn aangemerkt. Voor deze dijkvakken is namelijk aangenomen dat hier geen dijkversterking nodig is, als rekening wordt gehouden met de specifieke eigenschappen van deze voorlanden.

In aanvulling op de dijkvakken van LRT3 is in de consequentie-analyse ook een extra tussenvak meegenomen in de beoordeling. De verwachting is namelijk dat dit tussenvak bij de nieuwe veiligheidsnormering niet voldoet aan het faalmechanisme Macrostabieliteit binnenwaarts. De lengte van dit extra tussenvak bedraagt circa 200 meter.

De resultaten van de Consequentieanalyse zijn samengevat in onderstaande tabel (NB in paragraaf 4.3, tabel 5 van voorliggend rapport is de beoordeling van de Consequentieanalyse voor de faalmechanismen Overloop en golfoverslag, Macrostabieliteit binnenwaarts en Macrostabieliteit buitenwaarts vertaald naar de verschillende dijkvakken van KIIJK).

Tabel 2 Samenvatting resultaten faalkansbeoordeling Consequentie-analyse 2016

	Overloop en overslag	Macrostabiliteit binnenwaarts	Macrostabiliteit buitenwaarts	Microstabiliteit	Stabiliteit Voorland	Opbarsten en piping	Bekleding - Steenzettingen	Bekleding - Gras	Bekleding - Asfalt
Onvoldoende [m]	7450	7650	5600	0	500	0	0	8050	0
Voldoende [m]	0	0	0	0	1050	0	0	0	8050
Goed [m]	600	400	2450	0	6500	8050	8050	0	0
Geen oordeel [m]	0	0	0	8050	0	0	0	0	0

Ook met de nieuwe veiligheidsnormering en de aangepaste systematiek voor geotechnische berekeningen (ongedraineerd rekenen), wordt de waterkering ruimschoots afgekeurd op het faalmechanisme Macrostabiliteit binnenwaarts. De mate van afkeuring en daarmee de urgentie voor aanpak is in dezelfde ordegrrootte als bij de LRT3.

Groot verschil met de eerdere toetsing van LRT3 is dat de waterkering over een groot deel van de lengte nu ook is afgekeurd op het faalmechanisme Hoogte (overloop en golfoverslag). Het berekende hoogtetekort voor de verschillende dijkvakken ligt volgens de Consequentieanalyse tussen 0 en maximaal 1,4 meter.

Voor de andere faalmechanismen die in de Consequentieanalyse zijn beoordeeld, geldt dat deze in LRT3 niet zijn beschouwd. De uitkomsten van deze toetsingen geven het volgende beeld:

- De toetsing macrostabiliteit buitenwaarts leidt voor de beoordeelde dijkvakken tot een afkeuring over grote lengte.
- De beoordeling van de waterkering op microstabiliteit heeft geleid tot 'geen oordeel' over de gehele lengte van de scope KIJK. Dit komt doordat de dikte van de kleilaag op het binnentalud onbekend is. Hierdoor kan niet worden uitgesloten dat de bekleding vanuit de kern van de dijk wordt weggedrukt en er materiaal gaat uitspoelen.
- De waterkering is voor het faalmechanisme Stabiliteit Voorland voor 500 m afgekeurd. Deze afkeuring betreft het traject hm 31,5-32,0 waar afschuiving van het onderwatertalud niet kan worden uitgesloten. Op deze locatie is een diepere geul nabij de waterkering aanwezig.
- Het faalmechanisme opbarsten en piping is voor het gehele dijktraject als Goed beoordeeld. Dit komt door de aanwezigheid van dikke slappe lagen die overal in de beoordeelde dijkvakken aanwezig zijn.
- De waterkering is voor het faalmechanisme Bekleding-Gras aan de buitenzijde afgekeurd. Dit komt met name door de totale lengte van de stormduur waarmee wordt gerekend. De huidige kwaliteit van de grasmat is niet voldoende om de golfklappen te weerstaan voor deze tijdsduur. Het uitgangspunt voor tijdsduur is voor de nieuwe normering echter nog niet stabiel. Daarnaast leidt schade aan de bekleding niet direct tot bezwijken van de waterkering.
- De waterkering is voor het faalmechanisme Bekleding-Gras aan de binnenzijde afgekeurd, omdat de kritieke overslagdebieten ruimschoots worden overschreden.
- Voor het faalmechanisme Bekleding-Asfalt is de waterkering als Voldoende beoordeeld, voor het faalmechanisme Bekleding-Steenzettingen als Goed.

Kunstwerken

Bij de consequentie-analyse heeft ook een toetsing van de kunstwerken plaatsgevonden. Dit betreft vier gemalen die in het projectgebied liggen, de gemalen Veurink, de Nesse, Verdoold en het buiten werking gestelde gemaal Kromme Geer.

Alle onderdelen hebben in de Consequentie-analyse het eindoordeel 'Goed' gekregen. Omdat de toetsing van de kunstwerken in het Ontwerpinstrumentarium OI2014v3 nog niet goed is uitgewerkt, is deze beoordeling in belangrijke mate gebaseerd op expert judgement.

Niet waterkerende objecten

De niet-waterkerende objecten (NWO's) zijn in de Consequentieanalyse niet beoordeeld, omdat hiervoor in het Ontwerpinstrumentarium OI2014 v3 nog geen eisen zijn vastgesteld. Omdat uit de consequentieanalyse blijkt dat de waterkering voor een aantal andere faalmechanismen niet voldoet, is als uitgangspunt genomen dat het behalen van de veiligheidsnorm voor NWO's niet bepalend is voor de totale dijkveiligheid (eindoordeel).

Samenvattend geeft de consequentieanalyse als conclusie dat de hoofdpogaven voor KIIK bij de faalmechanismen Macrostabiliteit en Hoogte (Overloop en golfoverslag) liggen. Daarmee is opnieuw aangetoond dat alle dijkvakken vergelijkbare urgentie voor versterking hebben.

Overstromingsanalyse en compartimentering

Om inzicht te krijgen in de mogelijke gevolgen van een dijkdoorbraak bij de Hollandsche IJsseldijk heeft het waterschap een overstromingsanalyse laten uitvoeren (*Overstromingsanalyse Hollandsche IJssel*; Hydrologic/HHSK, 2016). In dit onderzoek is voor verschillende scenario's voor een gesloten of geopende (falende) stormvloedkering onderzocht in welke mate de Krimpenerwaard overstroomt (inundeert), afhankelijk van de locatie van een dijkdoorbraak (breslocatie). Daarbij is tevens de economische schade en het aantal slachtoffers en getroffen personen bepaald.

Uit het onderzoek komt naar voren dat de gevolgen van een dijkdoorbraak bij gesloten stormvloedkering relatief beperkt blijven. Bij een geopende (falende) stormvloedkering zijn de gevolgen aanmerkelijk groter. Het onderzoek maakt duidelijk dat de locatie van de dijkdoorbraak geen invloed heeft op de omvang van de overstroming. Op iedere onderzochte overstromingslocatie is bij een open (falende) stormvloedkering een scenario mogelijk waarbij sprake is van een overstroming van de gehele Krimpenerwaard met een aanzienlijk aantal slachtoffers en veel schade. De overstromingsanalyse maakt daarmee duidelijk dat er geen verschil in prioritering is te maken voor aanpak van de dijkvakken die als onvoldoende zijn beoordeeld.

Benutting Actuele Sterkte

Als innovatief onderdeel van KIIK is in de Verkenningfase gebruik gemaakt van de nieuw ontwikkelde kennis met betrekking tot Actuele Sterkte (zie ook paragraaf 3.5). In dit kader heeft uitgebreid aanvullend bodemonderzoek plaatsgevonden en zijn op basis hiervan opnieuw faalkansanalyses uitgevoerd. Dit heeft duidelijk gemaakt dat de sterkte van de dijk onvoldoende blijft, maar dat de afstand tot de norm afneemt. Toepassing van deze rekentechniek heeft de scope van KIIK daarom niet laten veranderen. Wel kan worden volstaan met grondoplossingen die minder omvangrijk zijn. Zie ook paragraaf 4.6. Dit geeft aanzienlijke kostenbesparingen en betere inpassingsmogelijkheden voor dit alternatief.

3.3 Scope en veiligheidsopgave

In voorgaande paragraaf is een aantal belangrijke ontwikkelingen beschreven die de scope en veiligheidsopgave voor KIIK hebben bepaald en die een belangrijk uitgangspunt hebben gevormd voor uitwerking van de verkenningfase voor KIIK. In Tabel 3 is een overzicht gegeven van de projectscope voor KIIK en de dijkvakken die hierin zijn onderscheiden voor uitwerking van het voorkeursalternatief.

Tabel 3 Scopetabel KIIJK met indeling in dijkvakken, naamgeving, hectometrering en lengte

Dijkvak	Naam	hm	hm	Meter dijk	Meter voorland
A	Dijkschuur	25.580	25.610	30	
B	Sloperij Heuvelman	25.610	25.870	260	
1	Aquamarijn en Werf II	25.870	26.090		220
C	Het Zandrak	26.090	26.450	360	
D	Mattenfrot	26.450	26.550	100	
E	Breeka	26.550	26.890	340	
2	Werf I	26.890	27.150		260
3	Avia 1,2,3	29.210	29.420		210
G	Scheepswerf Snoei	29.420	29.530	110	
4	Avia 5,6	29.530	29.620		90
H	Café van Meeteren	29.620	30.180	560	
I 1	Graanmaalterij 'de Onderneming'	30.180	30.270	90	
I 2	Dikken Boom	30.270	30.370	100	
J	Communiebuurt	30.370	30.720	350	
5	Heuvelman 1	30.720	30.820		100
K1	Groene Plaats	30.820	31.000	180	
K2	Heuvelman	31.000	31.180	180	
L	Kolenschuur	31.180	31.290	110	
6	Boele	31.290	31.390		100
M1	Oliehandel Terlouw	31.390	31.730	340	
M2	Bonte Varken	31.730	33.340	1610	
M3	Steenfabriek Doornboom	33.340	33.500	160	
N	Spreeuwenhoek	33.500	33.650	150	
O1	Lingensbuurt	33.650	33.950	300	
O2	Groenendijk	33.950	34.480	530	
7	Schanspolder 1,2	34.480	34.980		500
P	t Zwaantje	34.980	35.110	130	
8	Schanspolder 4,5	35.110	35.520		410
Q	Pletterij van Enthoven	35.520	35.670	150	
R	Grote Waal	35.670	35.810	140	
S	Geitenwei	35.810	36.100	290	
T	Riemattenfabriek Boers	36.100	36.280	180	
U1	Boezemhuisje	36.280	37.070	790	
U2	Korenmolen 'nooit gedacht'	37.070	37.200	130	
V	Gemaal Verdoold	37.200	37.430	230	
W1	Klein Dorpje	37.430	37.490	60	
W2	Dorpsstraat Gouderak	37.490	37.570	80	
9	Dorpsstraat Gouderak 2	37.570	37.800		230
				8.040	2.120

In de projectopdracht voor KIIJK werd de projectscope voor KIIJK vastgelegd op 9,95 kilometer, gebaseerd op de resultaten van LRT3. Bij de start van de verkenningsfase zijn de dijktrajecten van KIIJK (exclusief de hoge en brede voorlanden) in de Consequentieanalyse opnieuw beoordeeld, maar nu op basis van de nieuwe veiligheidsnormering en het op dat moment beschikbare ontwerpinstrumentarium. Hierbij is de situatie van dat moment vertaald naar het beoordelingsjaar 2035. Het resultaat daarvan is, gezamenlijk met de resultaten van de overstromingsanalyse, beschreven in de notitie Veiligheidsopgave van 24 mei 2016.

In deze notitie is geconcludeerd dat het 'tussenvak' van 200 meter bij Lageweg (gelegen van hm 32,8 tot hm 33,0), dat bij LRT 3 als voldoende werd beoordeeld, bij de nieuwe normering naar verwachting niet meer voldoet. Daarom is dit tussenvak toegevoegd aan de versterkingsopgave voor KIIJK.

Over de veiligheidsopgave concludeert de notitie het volgende:

"Naast de bekende afkeuring op macrostabiliteit binnenwaarts (met eenzelfde urgentie als LRT3), draagt het hoogtetekort bij aan een grote opgave. Het verhogen van de waterkering leidt namelijk weer tot grotere instabiliteit, zowel binnen- als buitenwaarts. Een extra aandachtspunt is de inpassing van een maatregel die het hoogtetekort moet oplossen. Ook het verbeteren van macro-stabiliteit buitenwaarts resulteert in een grotere impact van de oplossing op de omgeving. Ook daar waar de waterkering op hoogte is goedgekeurd moet er mogelijk een maatregel worden genomen, wanneer in het ontwerp voor een planperiode wordt gekozen dat verder in de toekomst ligt dan 2035. De afkeuring op de overige

faalmechanismen waarvoor het ontwerp van de dijk moet worden aangepast, zijn minder ingrijpend, met name doordat de inpassing ervan minder ingrijpend is. Ook worden een aantal van deze faalmechanismen voorkomen door maatregelen die voor met name hoogte of stabiliteit moeten worden uitgevoerd.”

Daarna is gestart met het ontwerpend onderzoek naar kansrijke alternatieven. Parallel hieraan is in de pilot actuele sterkte een beoordeling uitgevoerd op macrostabiliteit binnenwaarts. Het inzicht hieruit is dat de stabiliteitsopgave binnenwaarts op sommige dijkvakken minder groot is dan uit de consequentieanalyse bleek.

Door de hoogteopgave en de daaruit resulterende toename van de opgave voor stabiliteit binnen- en buitenwaarts, blijft de versterkingsopgave echter van dezelfde orde grootte.

Ten behoeve van het ontwerpend onderzoek is besloten om de randen van de scope op twee plekken te optimaliseren (scopewijziging 5), waardoor de scope netto met 10 meter toeneemt. In het ontwerp per dijkvak (en voorland) is in de clusterrapportage beschreven wat de specifieke veiligheidsopgave ten aanzien van stabiliteit en hoogte is. De overige faalmechanismen zijn niet meegenomen in het ontwerp van het VKA, maar zullen pas in de planuitwerking specifiek worden meegenomen.

Conclusies:

- de totale lengte van de scope van KIIK bedraagt 10,16 km (zie tabel).
- de veiligheidsopgave voor de 'brede en hoge voorlanden' heeft alleen betrekking op hoogte (zie paragraaf 3.2);
- de veiligheidsopgave voor de overige dijkvakken, is vergelijkbaar met de conclusies van de Notitie Veiligheidsopgave.

3.4 Ontwerputgangspunten

Het voorkeursalternatief is tot stand gekomen in een ontwerpend onderzoek dat gefaseerd heeft plaatsgevonden. Dit is toegelicht in hoofdstuk 4. Bij de uitwerking van dit ontwerpend onderzoek zijn verschillende ontwerpstappen doorlopen en is een groot aantal analyses en geotechnische berekeningen uitgevoerd. In de notitie 'Ontwerpkaders en uitgangspunten' is het kader voor deze analyses en berekeningen vastgelegd (zie Notitie ontwerpkaders en uitgangspunten v4, bijlage 12). De eerste versie van dit document werd in mei 2016 vastgesteld door de Ambtelijke Opdrachtgever voor het KIIK-project en het afdelingshoofd van de afdeling Waterkeringen en Wegen van het waterschap. Hierna is dit document als groeidocument gehanteerd in het ontwerpproces, waarbij het Technisch Team aanpassingen en aanvullingen heeft gedaan op basis van voortgang van het ontwerpproces, voortschrijdend inzicht, en nieuw beschikbare kennis.

Voor een volledig overzicht van de ontwerpkaders en uitgangspunten wordt verwezen naar het betreffende document. Hierna zijn enkele hoofdpunten benoemd, die sturend zijn geweest voor de totstandkoming en onderbouwing van het voorkeursalternatief.

Veiligheidsnormering en rekenmodellen

De veiligheidsopgave van het project is gebaseerd op de actuele veiligheidsnormering voor de Hollandsche IJssel. De maatgevende hydraulische belastingen voor de diverse faalmechanismen zijn afgeleid met het programma Hydra-NL en de hiervoor beschikbare databases (databases behorende bij Hydra-BS voor de basisjaren 2015, 2050 en 2100.)

Hydra-NL is nog niet geschikt voor het berekenen van onzekerheden. Conform het OI2014v4 is daarom een onzekerheidstoeslag toegepast van 0,30 m op de hydraulische belastingen.

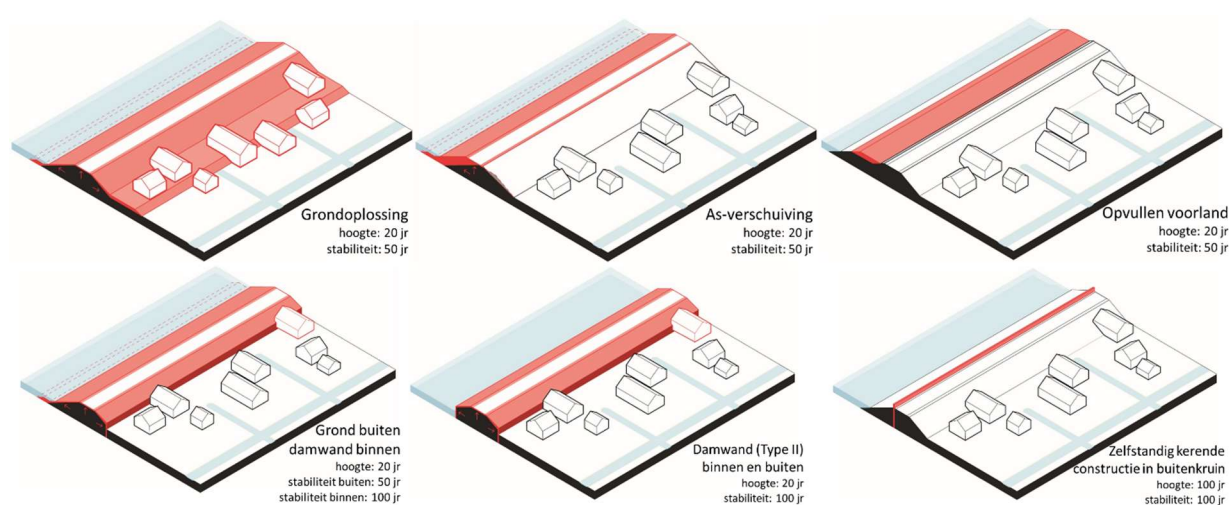
Veiligheidsnorm in relatie tot buitendijks gebied (voorlanden)

De dijkversterking heeft tot doel het achter een dijktraject gelegen gebied (binnendijks) voldoende bescherming te bieden tegen een overstroming. De hiervoor geldende norm heeft geen betrekking op de veiligheid van het buitendijks gebied langs de Hollandsche IJssel (voorlanden). In de uitwerking van de alternatieven is de 'veiligheid' van het buitendijkse gebied daarom geen onderwerp van onderzoek geweest en de alternatieven zijn hier ook niet op gericht. Wel is het buitendijkse gebied (de voorlanden), waar mogelijk benut als oplossing voor het realiseren van de veiligheidsopgave voor het achterland.

Ontwerplevensduur

Voor het versterken van een dijk wordt in het algemeen een levensduur gehanteerd van 50 jaar als het een grondoplossing betreft en 100 jaar als het een constructieve maatregel (Type I of II) betreft. Specifiek voor KIJK is bij grondoplossingen een kortere levensduur (20 jaar in plaats van 50 jaar) als uitgangspunt voor het ontwerp van hoogte gehanteerd (zie Figuur 16). Met deze kortere levensduur voor hoogte wordt in de eerste plaats een grotere overhoogte ten behoeve van zettingscompensatie voorkomen. De beperkte hoogte bij een kortere levensduur helpt ook om het grondlichaam in te passen in de omgeving. Bij een beperkte hoogte is het ruimtebeslag aan beide zijde van de dijk immers kleiner. Bij een kortere levensduur dient na 20 jaar het grondlichaam opnieuw te worden opgehoogd. Dit valt samen met de cyclus van groot onderhoud van de wegconstructie. Een kortere ophoogcyclus is daarom te prefereren boven het in één keer aanleggen van een grondlichaam met een langere levensduur. Voor de benodigde stabiliteit is een levensduur van 50 jaar gehanteerd bij een grondoplossing. Bovenstaande geldt ook voor het benutten van voorland.

Voor een Type II constructie wordt voor hoogte een levensduur van 20 jaar en voor stabiliteit 100 jaar gehanteerd. Voor Type I geldt zowel voor hoogte als stabiliteit een levensduur van 100 jaar.



Figuur 16 Weergave ontwerp oplossingen en ontwerplevensduur

Overslagdebiet

Het toelaatbaar overslagdebiet vormt een belangrijk uitgangspunt voor het bepalen van de hoogteopgave van de dijken.

In de 'oude' overschrijdingskansbenadering werd een dijk getoetst en ontworpen op een overslagdebiet van maximaal 0,1 of 1,0 l/s/m. Bij deze geringe overslagdebieten wordt de kruin en het binnentalud nauwelijks belast door overslaand water tijdens normomstandigheden. In de nieuwe veiligheidsbenadering kan een groter overslagdebiet worden toegelaten als de veiligheid van de dijk niet in het geding komt en het overslagdebiet alleen een zekere mate van overlast of schade tot gevolg heeft en dit acceptabel wordt gevonden. De keuze voor een hoger overslagdebiet leidt tot aanvullende eisen aan de bekleding van de kruin en het binnentalud. Daarnaast neemt, als gevolg van dit overslagdebiet, de kans toe dat er water in de waterkering zal infiltreren. Als gevolg van deze infiltratie neemt de schuifsterkte in de dijk af. Beide effecten hebben in meer of mindere mate effect op de uiteindelijke dimensies en eigenschappen van de dijk en het dijkbeheer.

Voor het dimensioneren van de kansrijke alternatieven is in deze fase gekozen voor een toelaatbaar overslagdebiet van 5 l/s/m.

3.5 Technische innovaties

Project KIJK heeft een complexe dijkversterkingsopgave. Dit wordt veroorzaakt door een relatief steile dijk (buitenwaarts 1:2,5, binnenwaarts 1:2 en soms nog steiler) in combinatie met krappe ruimte, slappe ondergrond, lintbebouwing en druk verkeer. Vanwege deze complexiteit is nadrukkelijk gekeken naar nieuwe kennis en innovaties waardoor de versterking mogelijk sneller, beter en goedkoper kan worden uitgevoerd. Er is specifiek gekeken naar de ontwikkelingen in

kennis en innovaties binnen de Project Overstijgende Verkenning Macrostabieliteit (POVM). De POV Macrostabieliteit heeft als doel om samen met waterkeringbeheerders, het bedrijfsleven en kennisinstellingen het probleem Macrostabieliteit effectiever te kunnen aanpakken. De POV heeft voor project KIIK een vijftal businesscases uitgewerkt. Drie cases bleken interessant:

- Dijkvernageling;
- Quick-Wins Langsconstructies;
- Actuele Sterkte.

Door het project KIIK zijn deze drie innovaties omarmd en bestempeld als kansrijk om uit te werken of en hoe deze bijdragen aan een goed inpasbaar en betaalbaar VKA. Voor de nadere verkenning van deze innovaties is een plan van aanpak opgesteld, dat gereviewd en getoetst is door de POV, het HWBP en collega beheerders.

Dijkvernageling

Dijkvernageling is een innovatieve techniek voor dijkversterking waarbij de dijk wordt verstevigd door middel van het aanbrengen van elementen in de teen en het binnentalud van de dijk. Deze elementen maken de dijk sterker, waardoor er minder snel een gedeelte van de dijk kan afschuiven. De toepassing van deze techniek is als pilot uitgevoerd in het project Lekdijk Vianen van waterschap Rivierenland. Voor een variant op deze techniek is een nieuwe pilot voorzien op een boezemkade in de Watergraafsmere (waterschap AGV).

Voor het toepassen van dijkvernagelingstechnieken zijn nog geen ontwerphandleidingen ontwikkeld en/of beschikbaar. Voor KIIK is door het consortium van de pilot Watergraafsmere een haalbaarheidsanalyse gemaakt om de mogelijke toepassing te onderzoeken. De resultaten van dit onderzoek zijn meegenomen in de afweging van de kansrijke alternatieven en de mogelijkheid om met deze techniek ter hoogte van knelpunten de dijk te versterken. Zie de Notitie Vernagelingstechnieken (bijlage 19) voor een beoordeling van drie varianten van dijkvernageling, en het betreffende haalbaarheidsonderzoek.

Quick-Wins Langsconstructies

In het ontwerpproces van kansrijke alternatieven zijn diverse berekeningen gemaakt voor zogenoemde 'langsconstructies' in het dijktraject. Langsconstructies zijn constructieve versterkingen in de lengterichting van een waterkering (bijvoorbeeld een damwandscherm) die gericht zijn op het versterken van de macrostabieliteit van het binnentalud. Belangrijk ontwerp kader voor deze langsconstructies is de door Deltares ten behoeve van Waterschap Rivierenland opgestelde ontwerprichtlijn 'ontwerp stabiliteitsschermen (Type II) in primaire waterkeringen' en het addendum hierop: addendum ontwerprichtlijn stabiliteitsscherm. In het kader van de POV Macrostabieliteit Cluster Rekenen, is vastgesteld dat bij de genoemde ontwerprichtlijnen voor langsconstructies optimalisaties mogelijk zijn, de zogenoemde Quick Wins. Het expertisenetwerk Waterveiligheid (ENW) heeft de Quick Wins gehonoreerd voor een aantal dijkversterkingsprojecten waaronder het KIIK-project. De resultaten hiervan zijn te beschouwen als tussenresultaat vooruitlopend op actualisatie van een nieuwe landelijke richtlijn (verwacht in 2018). Bij de uitwerking van de kansrijke alternatieven zijn de Quick Wins in de berekeningen voor de langsconstructies geïmplementeerd en is een aantal aanvullende optimalisaties gedaan. Dit heeft ervoor gezorgd dat lichtere damwanden toegepast kunnen worden dan wanneer wordt uitgegaan van de standaard ontwerprichtlijnen.

Actuele Sterkte

Het onderzoeksspoor Actuele Sterkte is er op gericht de werkelijke sterkte van de waterkering aan te tonen en toe te passen in toets- en ontwerpberekeningen. In het geval van de waterkeringen langs de Hollandsche IJssel is het vermoeden dat deze sterkte groter is, dan waar tot nu toe in de toetsing rekening mee is gehouden. Eén van de redenen van dit vermoeden is de hoge belasting op de waterkering in 1953. De waterkering is toen wel overstroomd en flink beschadigd maar over verreweg het grootste deel niet bezweken. Het Actuele Sterkte onderzoek bestaat uit drie stappen:

1. Uitvoeren gedetailleerd grondonderzoek en verbeteren van de rekenkundige schematisaties;
2. Uitvoeren van faalkansanalyses;
3. Toepassen van de methode Bewezen Sterkte (historische belasting).

Door de POV is op een drietal profielen het onderzoek naar Actuele Sterkte uitgevoerd. De resultaten waren zeer bemoedigend. Dit heeft er toe geleid dat het onderzoeksspoor Actuele

Sterkte is toegepast op de gehele scope van KIIK. Daarbij lag de focus op de stappen 1 en 2 (aanvullend grondonderzoek en uitvoeren faalkansanalyses) en niet meer op stap 3 (toepassen methode Bewezen Sterkte), omdat van deze laatste stap is gebleken dat dit weinig (extra) oplevert. Voor KIIK zijn in eerste instantie op 9 extra profielen faalkansanalyses uitgevoerd, waarmee het gehele projectgebied van KIIK is gedekt. Daarnaast is aanvullend, gedetailleerd grondonderzoek uitgevoerd. Dit onderzoek is weer gebruikt om voor de gehele scope van KIIK het kansrijk alternatief Grondoplossing met een semi-probabilistische aanpak te dimensioneren.

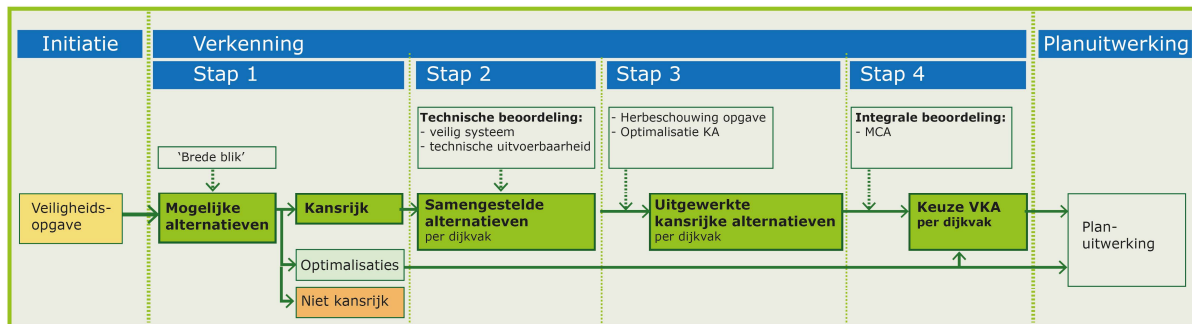
Als laatste is voor een aantal kenmerkende situatie (dijkvakken en profielen) de, op basis van het semi-probabilistische voorschrift, gedimensioneerde dijkversterkingsalternatieven, op een probabilistische manier te beschouwen. Dit leverde inzicht in de mate van robuustheid van het semi-probabilistische ontwerp en daarmee de zekerheid dat binnen het gegeven ruimtebeslag van de grondoplossingen (grondverbetering binnen- en buitenwaarts en alternatief asverschuiving) de dijkversterking gerealiseerd kan worden. Daarnaast blijkt dat er voor een aantal situaties nog een geringe optimalisatie kan plaatsvinden in de volgende ontwerpfase.

4 Totstandkoming en uitwerking kansrijke alternatieven

In dit hoofdstuk wordt toegelicht hoe van mogelijke naar kansrijke alternatieven is toegewerkt en welke technische onderbouwingen daarvoor zijn opgesteld.

4.1 Stappen in ontwerpend onderzoek

Het ontwerpend onderzoek voor KIJK is uitgevoerd in een aantal opeenvolgende stappen. De hoofdlijnen hiervan zijn beschreven in paragraaf 1.3. In Figuur 17 is het gevolgde werkproces en de stappen die daarbij doorlopen zijn, schematisch weergegeven.



Figuur 17 Stappen van veiligheidsopgave naar mogelijke alternatieven en kansrijke alternatieven

(1) Inventarisatie en beoordeling van mogelijke alternatieven.

Het ontwerpend onderzoek is gestart met het in beeld brengen van de mogelijke alternatieven voor aanpak van de veiligheidsopgave voor KIJK en het beoordelen van de kansrijkheid hiervan. Bij het inventariseren van de mogelijke alternatieven is uitgegaan van een *brede blik*, waarbij naast dijkalternatieven ook systeemalternatieven en mogelijke oplossingen in het achterland zijn meegenomen. De mogelijke alternatieven die in deze stap zijn beschouwd, zijn beoordeeld als 'kansrijk', 'niet kansrijk' of 'optimalisatie'.

(2) Samenstelling kansrijke alternatieven per dijkvak en technische beoordeling

Als vervolgstap op de beoordeling van mogelijke alternatieven, zijn kansrijke alternatieven per dijkvak bepaald. De kansrijke alternatieven per dijkvak zijn afgeleid van de veiligheidsopgave per dijkvak en de gebiedskenmerken per dijkvak. Bij deze uitwerking is duidelijk geworden dat voor integrale aanpak van de veiligheidsopgave vaak een gecombineerde inzet van mogelijke alternatieven nodig is (veelal de combinatie van een binnen- en een buitenwaartse maatregel). Bij de samenstelling en toetsing van de kansrijke alternatieven is gebruik gemaakt van een vast beoordelingskader, waarmee de alternatieven zijn beoordeeld op de criteria veilig systeem, technische uitvoerbaarheid en inpasbaarheid (zief 1).

(3) Herbeschouwing veiligheidsopgave en optimalisatie kansrijke alternatieven

Na de eerste selectie en vaststelling van kansrijke alternatieven per dijkvak, heeft een verdere optimalisatie en uitwerking van de kansrijke alternatieven plaatsgevonden. In samenhang hiermee heeft ook een gedeeltelijke herbeschouwing van de veiligheidsopgave plaatsgevonden, waarbij de hoogte- en sterkteopgave voor de dijkvakken opnieuw is doorgerekend en vastgesteld. Bij de verdere uitwerking en optimalisatie is de dimensionering van de kansrijke alternatieven afgestemd op deze geactualiseerde veiligheidsopgave. De uitgewerkte kansrijke alternatieven zijn vervolgens opnieuw beoordeeld aan de hand van de criteria veilig systeem en technische uitvoerbaarheid. Bij ieder kansrijk alternatief is ook een SSK-kostenraming en een LCC-raming opgesteld.

(4): Integrale beoordeling Kansrijke alternatieven en keuze VKA.

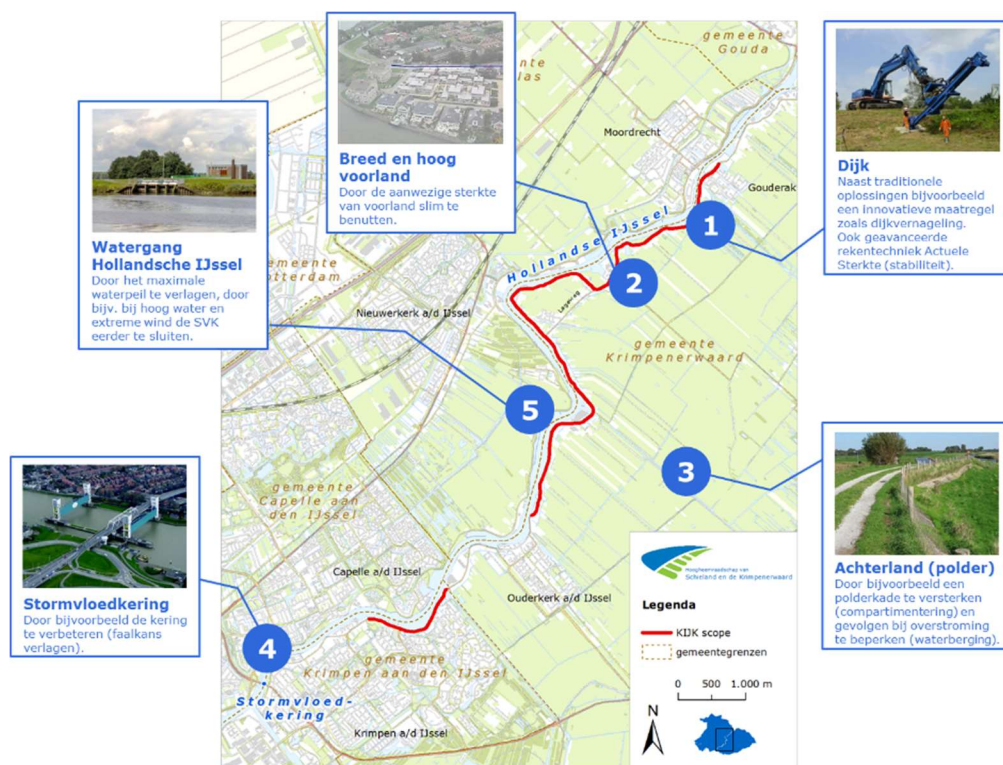
De technische beoordeling van de kansrijke alternatieven per dijkvak is ingebracht als onderdeel van de Multi-criteria Analyse (MCA). Bij de MCA zijn kansrijke alternatieven niet alleen beoordeeld op veiligheid, technische uitvoerbaarheid en kosten, maar ook op andere aspecten als gevolgen voor milieu en leefomgeving, ruimtelijke inpassing en draagvlak (zief 2). De keuze voor het VKA per dijkvak is gebaseerd op de integrale MCA-beoordeling.

In het vervolg van dit hoofdstuk zijn de uitwerkingen en resultaten van de stappen 1 t/m 3 verder toegelicht en beschreven. De totstandkoming en keuze van het voorkeursalternatief is nader toegelicht in hoofdstuk 5.

4.2 Verkenning vanuit 'brede blik'

Het ontwerpend onderzoek is opgezet vanuit een 'brede blik'. Dit betekent dat de veiligheidsopgave voor KIJK vanuit breed perspectief is beschouwd en dat voor mogelijke oplossingen van de veiligheidsopgave niet alleen naar het versterken van de dijk is gekeken, maar ook naar mogelijke aanpassingen in het functioneren van de Hollandsche IJssel en de stormvloedkering (verlagen faalkans stormvloedkering, aanpassen maalstoppeil, aanpassen sluitpeil stormvloedkering), naar het benutten van de voorlanden en naar het benutten van het achterland (waterberging en compartimentering). Deze integrale benadering sluit aan op de voorkeursstrategie van het Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden (zie paragraaf 3.2).

In Figuur 18 is deze brede blik, ook wel het systeem van project KIJK genoemd, gevisualiseerd. Met deze brede blik komen niet alleen oplossingen in beeld die de veiligheidsopgave zelf volledig oplossen, maar ook oplossingen die de veiligheidsopgave verminderen (verminderen Waterstand bij Norm of Hydraulische Belasting Niveau), of die een gerichte overstrooming toelaatbaar maken.



Figuur 18 'Brede blik' voor aanpak veiligheidsopgave KIJK

4.3 Mogelijke alternatieven

Vanuit de 'brede blik' is het ontwerpend onderzoek gestart met het inventariseren en beoordelen van mogelijke alternatieven voor aanpak van de veiligheidsopgave.

In Tabel 4 is een overzicht gegeven van de alternatieven die in deze stap zijn beschouwd en beoordeeld. Per alternatief is aangegeven met welk doel ze ingezet kunnen worden (aanpak hoogte-opgave, aanpak stabiliteits-opgave, of beperken hydraulische belasting) en hoe de toepasbaarheid in KIJK is beoordeeld. Bij de beoordeling van de toepasbaarheid in KIJK is onderscheid gemaakt in 'kansrijk', 'niet kansrijk' en 'optimalisatie'.

Tabel 4 Mogelijke alternatieven en beoordeling op toepasbaarheid in KIJK

Mogelijke alternatieven	Aanpak Hoogte	Aanpak Stabiliteit	Beperken hydraulische belasting	Beoordeling
<u>DIJKALTERNATIEVEN (D)</u>				
In grond				
Grondoplossing Binnenwaarts	X	X		Kansrijk
Grondoplossing Buitenwaarts	X	X		Kansrijk
Grondverbetering		X		Optimalisatie
Golfremmende maatregelen	X			Optimalisatie
Kort cyclisch ophogen	X			Kansrijk
Dijkverlegging				
Dijkverlegging binnenom		X	X	
Dijkverlegging buitenom	X	X		Niet kansrijk
Asverschuiving buitenwaarts	X	X		Kansrijk
Constructief				
Zelfstandig kerende constructie (Type I)	X	X		Kansrijk
Kerende constructie (Type II)	X	X		Kansrijk
Beweegbare waterkering	X			Optimalisatie
Wapening in talud (waaronder dijkvernageling of dijkstabilisator)		X		Optimalisatie (innovatie)
Overig				
Verhogen bresdrempel		X		Niet kansrijk
Drainagetechnieken		X		Optimalisatie
Vergroten ondoorlatendheid		X		Optimalisatie
Opbouwbare waterkering (zandzakken, boxbarriers, en andere tijdelijke ophoogmiddelen)	X			Optimalisatie
Bevroren wand, PlasticDike				Niet kansrijk
<u>SYSTEEMALTERNATIEVEN (S)</u>				
Verlagen faalkans			X	Optimalisatie
Verlagen sluitpeil			X	Optimalisatie
Verlagen maalstoppeil			X	Optimalisatie
Benutten voorlanden	X	X		Kansrijk
<u>ALTERNATIEVEN ACHTERLAND (A)</u>				
Compartimentering achterland			X	Niet kansrijk
Waterberging achterland			X	Niet kansrijk

Niet-kansrijke alternatieven

De alternatieven die als niet-kansrijk zijn beoordeeld, worden op dit moment niet als reële oplossingen voor aanpak van de veiligheidsopgave van KIJK gezien. De motivatie hierbij is verschillend, en varieert van onvoldoende ruimte beschikbaar (dijkverlegging), niet/onvoldoende effectief (compartimentering achterland, waterberging achterland, verhogen bresdrempel), tot onvoldoende betrouwbaar en functioneel (toepassing technieken als Bevroren wand en PlasticDike).

Alternatieven voor 'Optimalisatie'

De alternatieven die als mogelijkheid voor 'optimalisatie' zijn beoordeeld, worden op dit moment niet als volwaardige oplossing voor een dijkvak gezien, maar kunnen mogelijk wel lokaal bij een dijkvak (als optimalisatie) worden ingezet. Deze maatregelen zijn voor deze fase van de planvorming (verkenning, en keuze VKA) niet verder uitgewerkt, maar kunnen in de planuitwerkingsfase op onderdelen van een dijkvak of op specifieke locaties mogelijk wel worden toegepast.

De alternatieven *verlagen faalkans*, *verlagen maalstoppeil* en *verlagen sluitpeil* zijn beoordeeld als mogelijkheid van optimalisatie op systeemniveau.

De maatregel *verlagen faalkans* is op korte termijn niet direct realiseerbaar, maar Rijkswaterstaat start in 2018 wel een onderzoek naar de mogelijkheden om de faalkans van de stormvloedkering op middellange termijn te verlagen. Uit indicatieve berekeningen is naar voren gekomen dat een verlaging van de faalkans van de stormvloedkering in meer of mindere mate kan zorgen voor een verlaging van de Waterstand bij Norm (WBN) en het Hydraulisch Belasting Niveau (HBN). De omvang van het effect hangt af van de mate waarin de faalkans kan worden verlaagd en van de locatie langs de Hollandse IJssel (meer of minder windinvloed). Daarmee is dit een maatregel die kan bijdragen aan het verlagen van de maatgevende waterstanden in de toekomst.

Met de maatregel *verlagen maalstoppeil* is de hoogte-opgave op een aantal dijktrajecten (beperkt) te verminderen, wat bij zal dragen aan beperking van de benodigde dimensionering van de voorgenomen dijkversterkingsmaatregel(en) op deze locaties. Voor verlaging van het maalstoppeil op de Hollandse IJssel zijn aanvullende afspraken nodig met de waterbeheerders die betrokken zijn bij het Waterakkoord Hollandse IJssel (aanpassing van Waterakkoord Hollandse IJssel en Lek, of aanpassing van het daarbij behorende Draaiboek waterbeheer Hollandse IJssel en Lek). Hiervoor dient mogelijk een bestuurlijk traject doorlopen te worden. Bij de uitwerking van het VKA is het effect van deze maatregel daarom niet meegenomen. Wanneer er zicht is op aanpassing van het Waterakkoord of het Draaiboek op dit punt, wordt deze maatregel als optimalisatie voor het lokaal verminderen van de hoogteopgave meegenomen in de planuitwerkingsfase.

De maatregel *verlagen sluitpeil* is een maatregel die als aanvullend op de maatregel *verlagen maalstoppeil* moet worden gezien. Volgens het Waterakkoord voor de Hollandse IJssel is onder bepaalde omstandigheden al sprake van een verlaagd sluitpeil van de stormvloedkering (bij verwacht groot waterbezwaar vanuit het beheergebied van Rijnland, zie paragraaf 2.1). Het voorstel is om dit te verbreden naar de situatie waarvoor ook een verlaagd maalstoppeil wordt voorgesteld. Door verlaging van het sluitpeil wordt de beschikbare waterbergingscapaciteit bij een eventueel verlaagd maalstoppeil zo groot mogelijk gehouden.

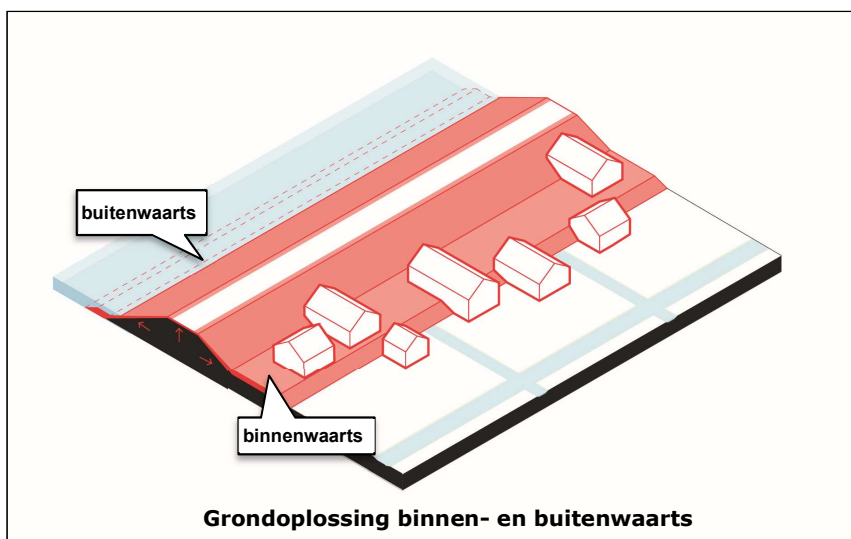
Aanvullende informatie over de systeemalternatieven voor de Hollandse IJssel is opgenomen in de notitie *Systeemalternatieven op de Hollandse IJssel* (bijlage 14).

Kansrijke alternatieven

De alternatieven die als 'kansrijk' zijn beoordeeld, worden gezien als volwaardig alternatief voor aanpak van (een deel van) de veiligheidsopgave in KIIK. Hierna zijn de alternatieven die als 'kansrijk' zijn beoordeeld, kort toegelicht.

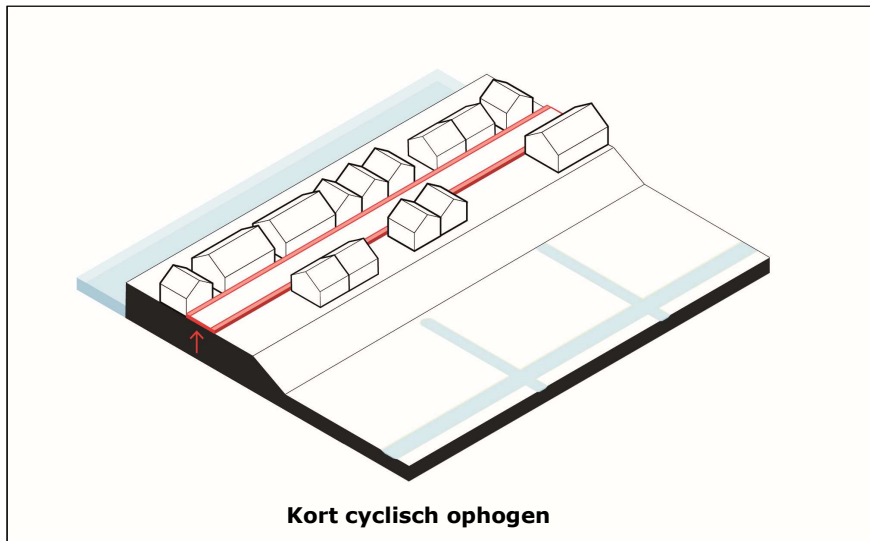
Grondoplossing binnenwaarts of buitenwaarts

Een binnenwaartse of buitenwaartse grondoplossing bestaat uit een versterking van de dijk met grond, waardoor de dijk breder en eventueel ook hoger wordt. Dit is een bewezen manier van dijkversterking die voor een groot aantal faalmechanismen van de dijk kan worden ingezet. Nadeel van een grondoplossing is dat dit extra ruimte van de omgeving vraagt. Voor KIIK is deze oplossing ook toepasbaar, daarbij zijn er op een of meerdere plaatsen wel beperkingen in de beschikbare ruimte, bijvoorbeeld door aanwezigheid van bebouwing langs de dijk. De ruimte die nodig is voor deze oplossing, hangt af van de omvang van de veiligheidsopgave en de aanwezige geometrie op het betreffende traject.



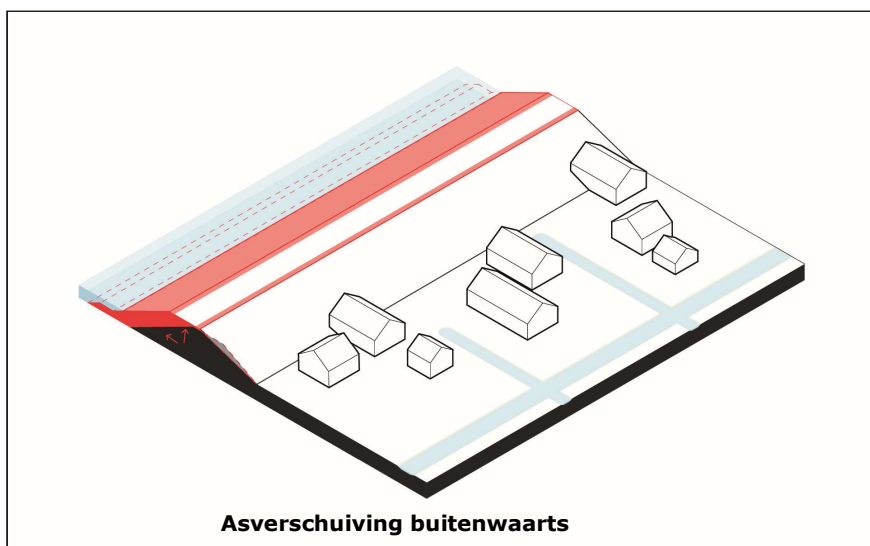
Kort cyclisch ophogen

Daar waar het hoogtetekort vanuit de toetsing beperkt is en een versterkingsmaatregel qua hoogte-opgave gedomineerd wordt door de compensatie van de autonome bodemdaling, is een kansrijk alternatief uitgewerkt dat bestaat uit een ophoging voor een kortere planperiode in combinatie met groot onderhoud aan de wegverharding. Met name in de bebouwde kern biedt dit soelaas om aan de veiligheidsopgave te voldoen en zo min mogelijk negatieve effecten op de omgeving te veroorzaken.



Asverschuiving

Het alternatief asverschuiving buitenwaarts omvat een gedeeltelijke 'verschuiving' van het bestaande dijklichaam. Dit betekent dat het bestaande dijklichaam gedeeltelijk onderdeel blijft van de waterkering, wel verschuift de as van de waterkering binnenwaarts of buitenwaarts. Sterkte en hoogte van de nieuwe waterkering zijn zodanig te dimensioneren dat aan alle faalmechanismen wordt voldaan. Voor KIIJK is de buitenwaartse asverschuiving beoordeeld als kansrijk alternatief om toe te passen, omdat er op verschillende locaties in principe voldoende ruimte is voor een dergelijke aanpassing.

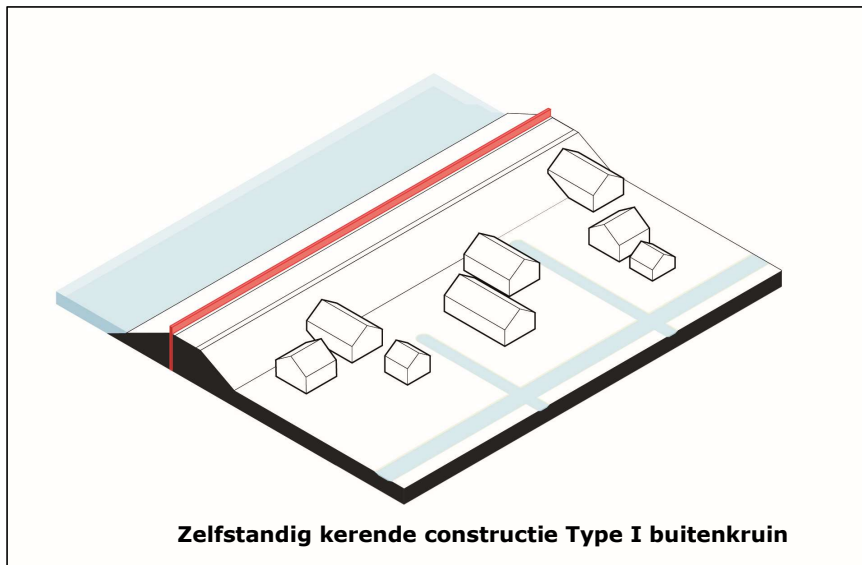


Zelfstandig kerende constructie Type I

Een zelfstandig kerende constructie Type I, bestaat uit een constructieve oplossing voor de hoogte- en/of stabiliteitsopgave voor een waterkering, bijvoorbeeld in de vorm van een damwand, kistdam of diepwand. Een constructie van Type I is bedoeld als zelfstandige constructie die de volledige hoogte- en of stabiliteitsopgave oplost. Constructieve

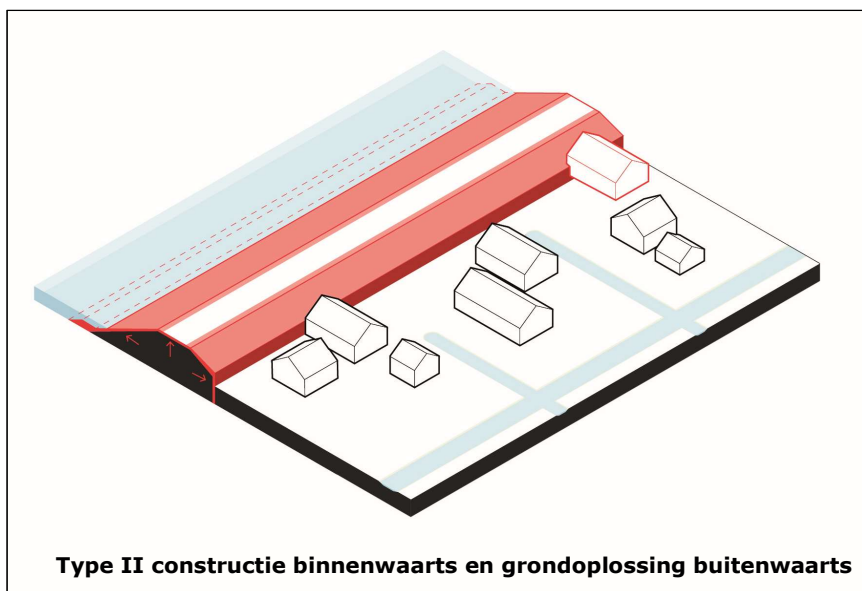
oplossingen worden vaak toegepast als er onvoldoende ruimte is voor realisatie van een grondoplossing.

Constructieve oplossingen Type I vormen voor KIJK een kansrijk alternatief omdat hiermee zowel de hoogte- als stabiliteitsopgave zijn aan te pakken, in een omgeving waar de beschikbare ruimte voor grondoplossingen vaak relatief beperkt is. Aandachtspunten bij dit alternatief zijn wel de mogelijke risico's op schade van bebouwing tijdens uitvoering (trillingen) en overlast tijdens de uitvoering (inzet zwaar materieel).



Kerende Constructie Type II

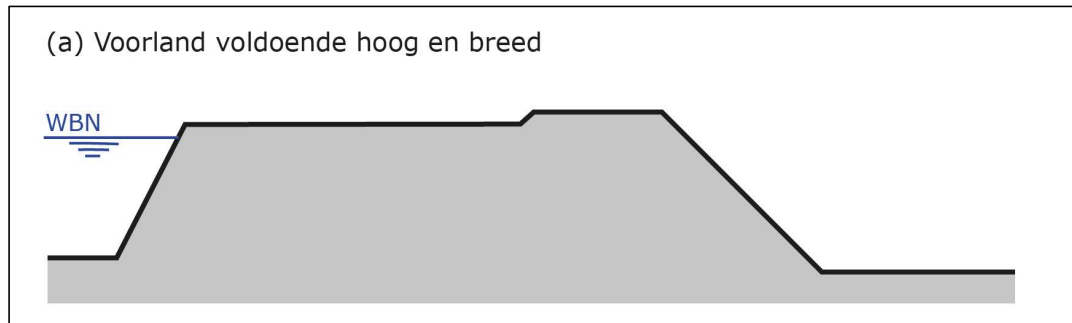
Een kerende constructie Type II is een constructieve oplossing in de vorm van een damwand (zoals een Type I constructie), maar in dit geval wordt deze oplossing gecombineerd met een grondoplossing. De constructie wordt zowel binnenwaarts (in talud of binnenteen) als buitenwaarts (in talud) toegepast.



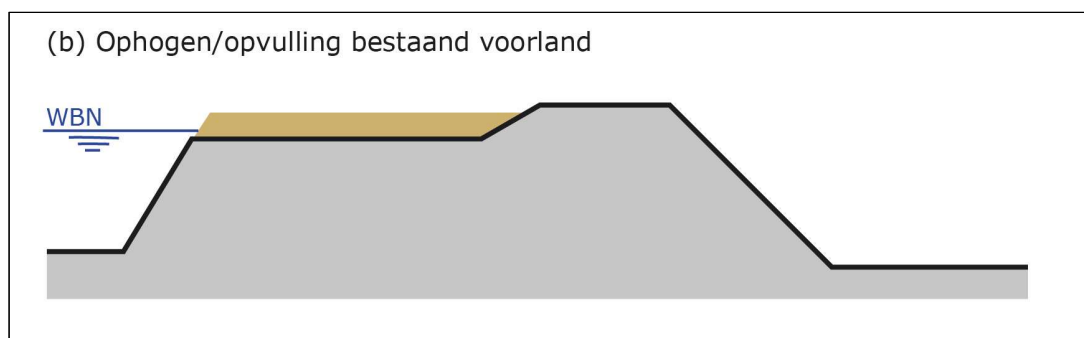
Benutten Voorlanden

Het benutten van de voorlanden is een alternatief dat in verschillende vormen uitwerking kan krijgen. De onderbouwing hiervan is beschreven in de Clusterrapportage Voorlanden (zie bijlage 17). De mogelijke varianten van benutting voorlanden zijn:

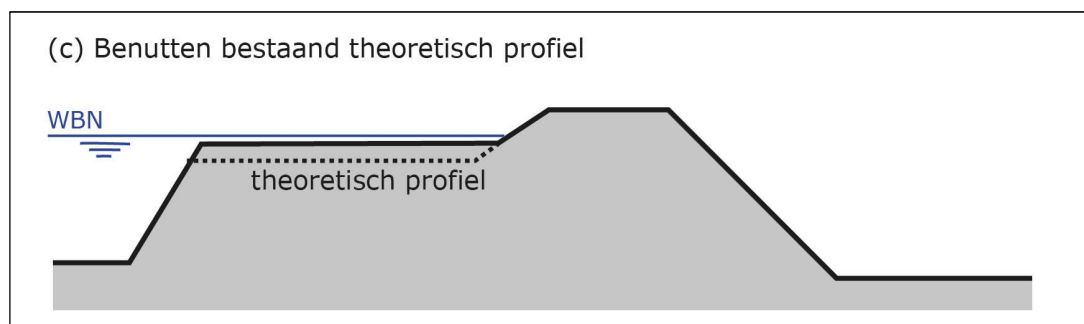
- benutting voorlanden die voldoende breed en hoog zijn (zie figuur A). Voor voorlanden die voldoende breed en hoog zijn, geldt dat geen fysieke maatregelen nodig zijn: sterkte en hoogte van de dijk zijn in dit geval voldoende beschermd. Wel dient de bescherming van de voorlanden juridisch en beleidsmatig geregeld te worden met de huidige gebruikers/eigenaren.



- ophoging/opvulling bestaand voorland (zie figuur B). Door ophoging of opvulling van een bestaand (breed) voorland, kan dit voorland worden omgevormd naar een voorland dat ook voldoende hoog is. Ook in dit geval dient de bescherming van de voorlanden juridisch en beleidsmatig geregeld te worden met de huidige gebruikers/eigenaren.



- benutting bestaand *theoretisch profiel* (zie figuur C). Bij aanwezigheid van een voorland is een theoretisch profiel te bepalen dat helpt bij het reduceren van de golfaanvallen op de waterkering en dat minimaal aanwezig moet blijven om aan de benodigde kruinhoogte en macrostabiliteit buitenwaarts te voldoen. Instandhouding van dit theoretisch profiel dient juridisch en beleidsmatig geregeld te worden met de huidige gebruikers/eigenaren. Als het 'theoretisch' profiel er in de praktijk niet meer is, dan zal ophoging moeten plaatsvinden, of zal de kruin van de kering alsnog verhoogd moeten worden.
Deze vorm van benutting voorland is bij uitwerking van de kansrijke alternatieven benoemd als een grondoplossing waarbij gebruik wordt gemaakt van het theoretisch profiel.



4.4 Samenstelling en beoordeling kansrijke alternatieven per dijkvak

Op basis van de veiligheidsopgave per dijkvak en de verkregen inzichten over de mogelijke alternatieven voor KIIK, zijn per dijkvak kansrijke alternatieven samengesteld die voldoen aan de eisen van een veilig systeem, en die technisch uitvoerbaar zijn op het betreffende dijkvak.

De kansrijke alternatieven per dijkvak zijn vaak opgebouwd uit een combinatie van oplossingen, omdat daarmee de combinatie van faalmechanismen wordt opgelost. De onderbouwing hiervan heeft plaatsgevonden door uitvoering van ontwerpberekeningen conform de uitgangspunten en werkafspraken uit de notitie Ontwerpkaders en uitgangspunten (Bijlage 12).

In Tabel 5 is een overzicht opgenomen van alle dijkvakken van KIIK, de veiligheidsbeoordeling per dijkvak (*), en de hierbij afgeleide, en uitgewerkte kansrijke alternatieven. De verantwoording van en toelichting op de kansrijke alternatieven per dijkvak en de uitgevoerde ontwerpberekeningen is opgenomen in de Clusterrapportages met de technische onderbouwing per dijkvak (Bijlage 15). De dijkvakken die bij de start van KIIK als brede en hoge voorlanden zijn aangemerkt, zijn apart beschouwd en uitgewerkt. Dit is toegelicht in paragraaf 4.4.

(*) Veiligheidsbeoordeling per dijkvak.

Bij de veiligheidsbeoordeling is in eerste instantie uitgegaan van de resultaten van de Consequentie-analyse uit 2016. Tijdens het ontwerpend onderzoek is een gedeeltelijke herbeoordeling van de veiligheidsopgave uitgevoerd op basis van de meest actuele hydraulische ontwerpuitgangspunten (toepassing OI2014v4 in plaats van OI2014v3 in Consequentie-analyse), de uitgevoerde optimalisaties ten aanzien van bodemopbouw en sterkte-eigenschappen van de bodem (zie paragraaf 2.3) en de aangepaste uitgangspunten ten aanzien van zichtjaar en overslagdebiet. De uitkomst hiervan heeft niet geleid tot een significant andere beoordeling van de verschillende dijkvakken ten aanzien van macrostabiliteit en hoogte. Bij de meeste dijkvakken blijft de beoordeling onvoldoende. Wel is vaak de afstand tot de norm afgenomen, zodat met een meer beperkte dimensionering van de grondoplossingen en de constructieve oplossingen kan worden volstaan.

Tabel 5 Overzicht kansrijke alternatieven per dijkvak

		Beoordeling Consequentie- analyse			Hernieuwde beoordeling tijdens ontwerp					Grond+		Constructie				Overig					
Dijkvak	Naam	Hoogte	Macro binnen	Macro buiten	Hoogte_5 lsm zichtjaar 2075	Macro binnen	Macro buiten	Grondoplossing binnen en buiten	Asverschuiving buitenwaarts	Grondoplossing buiten, type II binnen	Grondoplossing binnen, type II buiten	Asverschuiving binnen/buiten, type II	Type II binnen en buiten	Type I in buitenkruinlijn	Type I in binnenkruinlijn	Type I buitenom	Type I incl. demontabele wand	Type I inclusief wegverhoging	Volledig demontabele wand	Kort cyclisch onderhoud	Benutten voorland
A	Dijkschuur	O	O	O	O	O	O														
B	Sloperij Heuvelman	O	O	O	O	O	voor	T		T											
1	Aquamarijn en Werf II				O																
C	Het Zandrak	O	O	O	O	O	O														
D	Mattenfrot	O	O	O	O	O	voor	T		T											
E	Breeka	O	O	O	O	O	V														
2	Werf I				O																
3	Avia 1,2,3				O																
G	Scheepswerf Snoei	O	O	nvt	O	V	voor	T		T											
4	Avia 5,6				O																
H	Café van Meeteren	O	O	O	O	V	V														
I 1	Graanmaalterij 'de Onderneming'	O	O	V	O	V	voor	T		T											
I 2	Dikken Boom	O	O	V	O	V	voor	T		T											
J	Communiebuurt	O	O	O	O	V	O														
5	Heuvelman 1				O																
K1	Groene Plaats	O	O	V	O	O	voor														
K2	Heuvelman	O	O	V	O	O	O														
L	Kolenschuur	O	O	O	O	O	O														
6	Boele				O																
M1	Oliehandel Terlouw	O	O	O	O	O	V														
M2	Bonte Varken	O	O	O	O	O	V														
M3	Steenfabriek Doornboom	O	O	O	O	O	V														
N	Spreeuwenhoek	O	O	O	O	O	O	T		T											
O1	Lingensbuurt	O	O	O	O	O	O														
O2	Groenendijk	O	O	O	O	O	O														
7	Schanspolder 1,2				O																
P	t Zwaantje	O	O	V	O	O	voor														
8	Schanspolder 4,5				O																
Q	Pletterij van Enthoven	O	O	O	O	O	V														
R	Grote Waal	O	O	O	O	O	O														
S	Geitenwei	O	O	O	O	O	V	T		T											
T	Riemattenfabriek Boers	O	O	O	O	O	V	T		T											
U1	Boezemhuisje	O	O	O	O	O	O														
U2	Korenmolen 'nooit gedacht'	O	O	O	O	O	O														
V	Gemaal Verdoold	O	O	O	O	O	O														
W1	Klein Dorpje	O	O	O	O	O	V	T													
W2	Dorpsstraat Gouderak	O	O	O	O	O	V														
9	Dorpsstraat Gouderak 2				O																

O: Onvoldoende
V: Voldoende
voor: niet beoordeeld

T: theoretisch profiel

Beoordeling kansrijke alternatieven op Veiligheid en Technische uitvoerbaarheid

Alle kansrijke alternatieven zijn wat betreft veiligheid en technische uitvoerbaarheid beoordeeld volgens een aantal vaste beoordelingscriteria. Tabel 6 geeft een samenvattend overzicht van deze criteria. In de Notitie *Toelichting beoordeling technische criteria* (Bijlage 13) is een uitgebreide toelichting op deze beoordelingscriteria gegeven en de wijze waarop deze beoordeeld zijn. De beoordelingscriteria en de wijze van beoordeling zijn op een interactieve en iteratieve wijze tot stand gekomen. Hierdoor is een gedragen beeld ontstaan over de uitgevoerde beoordelingen. De technische beoordeling op veiligheid en technische uitvoerbaarheid is onderdeel van het integrale beoordelingskader van de Multi-Criteria Analyse (MCA). De MCA is gebruikt als afwegingskader voor de keuze van het Voorkeursalternatief (zie hoofdstuk 5 voor verdere toelichting).

Tabel 6 Technische criteria beoordeling kansrijke alternatieven ten behoeve van MCA

Aspect / deelaspect	Beoordelingscriterium	Beoordeling
Doelbereik: veilig systeem	1.1 Betrouwbaarheid	Generiek
	1.2 Uitbreidbaarheid	Generiek
	1.3a Beheerbaarheid	Generiek
	1.3b Beheerbaarheid tijdens hoogwater	Generiek
Technische uitvoerbaarheid	2.2 Technische complexiteit en risicoprofiel oplossing	Specifiek
	2.3 Conflict met grote kabels en transportleidingen (cat 1.)	Specifiek
	2.4 Opgave verlegging van kabels en leidingen (cat 2.)	Specifiek
	2.6 Tijdelijke ingebruikname gronden: werkruimte t.b.v. aanleg (o.a. verankering)	Specifiek
	2.7 Ruimte voor tijdelijke opslag/depot	Specifiek
	2.8 Breedte vaargeul Hollandse IJssel	Specifiek

De 'technische beoordeling' van de kansrijke alternatieven heeft als uitgangspunt dat een kansrijk alternatief in ieder geval 'veilig' moet zijn (onderbouwd volgens de hiervoor geldende rekenmethoden) en dat een kansrijk alternatief inpasbaar en uitvoerbaar moet zijn, zonodig met toepassing van mitigerende en/of compenserende maatregelen.

De beoordelingscriteria die horen bij het aspect *veilig systeem* zijn allemaal generiek beoordeeld. Dit betekent dat deze criteria voor ieder kansrijk alternatief bij ieder dijkvak gelijk beoordeeld zijn. Samenvattend geeft dit het volgende beeld:

(1.1) Betrouwbaarheid.

Bij dit criterium is beoordeeld in hoeverre een kansrijk alternatief uitgaat van een betrouwbare oplossing en een bewezen techniek. Als een oplossing niet betrouwbaar is, dan is geen sprake van een kansrijk alternatief. Bij de beoordeling zijn alle alternatieven beoordeeld met de score (++), dat wil zeggen dat sprake is van een goede, betrouwbare oplossing en bewezen techniek. De geotechnische berekeningen die dit onderbouwen, zijn toegelicht in de clusterrapportages per dijkvak (Bijlage 15).

(1.2) Uitbreidbaarheid.

Bij dit criterium is getoetst op de impact van een alternatief indien in de toekomst een verdere dijkversterking dient plaats te vinden volgens de norm van dat moment. De uitkomst hiervan is dat de grondoplossingen in ieder dijkvak met (++) zijn beoordeeld, de type I constructies met (+) en de type II constructies in combinatie met een grondoplossing met (0).

(1.3) Beheerbaarheid

Bij dit criterium is getoetst op de beheerinspanning per alternatief in 'normale' omstandigheden (1.3a) en in hoogwatersituaties (1.3.b) Voor reguliere omstandigheden zijn de grondoplossingen beoordeeld met (++) aangezien het onderhoud beperkt kan blijven en controles en inspecties makkelijk zijn uit te voeren. Constructies scoren (+) omdat dit type oplossing periodiek gecontroleerd moet worden en een constructie niet aan de oppervlakte is te inspecteren. Een demontabele kering scoort (-), omdat inspectie van dit type kering extra inspanning vergt. De

gehele demontabele kering zal jaarlijks gemobiliseerd, geïnstalleerd en vervolgens gedeïnstalleerd moeten worden.

Voor de beheerbaarheid in hoogwatersituaties is naast de mogelijkheden voor inspectie ook gekeken naar de mogelijkheden voor herstel in tijden van hoogwater. De alternatieven met alleen een grondoplossing scoren het beste (++) omdat deze makkelijk zichtbaar te inspecteren zijn en eenvoudig zijn te herstellen door middel van zandzakken. Alternatieven met alleen constructies scoren neutraal (0) aangezien constructies alleen op het maaiveld zijn te inspecteren en niet eenvoudig zijn te herstellen. Gecombineerde oplossingen scoren hier tussenin (+).

De beoordelingscriteria die horen bij het aspect *technische uitvoerbaarheid* zijn allemaal meer dijkvakspecifiek beoordeeld. Dit betekent dat de beoordeling van een alternatief niet bij alle dijkvakken gelijk hoeft te zijn. Samenvattend geeft dit het volgende beeld:

(2.2) Technische complexiteit en risicoprofiel oplossing

Bij dit criterium wordt beoordeeld in hoeverre tijdens de uitvoeringsfase van een alternatief een tijdelijke constructie, of een wijziging van de waterkerende functie nodig is, en in hoeverre tijdens de uitvoeringsfase geo-risico's kunnen optreden. Grondoplossingen en type I constructies scoren in het algemeen het beste bij dit criterium (++/+), omdat de waterkerende functie van de dijk tijdens de werkzaamheden niet tot nauwelijks afneemt en het plaatsen van een type I constructie relatief eenvoudig is. Een asverschuiving scoort minder (-), omdat bij deze oplossing sprake is van een grote ophoging op slappe ondergrond. Hierbij is het risico reëel dat scheurvorming (of instabiliteit) van de bestaande kering kan optreden door grote, ongelijkmatige grondvervorming richting de Hollandsche IJssel. Een type II constructie scoort neutraal (0), omdat bij oplossing de meeste uitvoeringsfaseringen nodig zijn, en dit mogelijk risico's met zich meebrengt.

(2.3) Conflict met grote kabels en leidingen (K&L, categorie 1)

Bij dit criterium is beoordeeld in hoeverre een alternatief direct (alternatief raakt K&L) of indirect (zakken grond op K&L) met grote kabels en leidingen te maken krijgt. Indien binnen een dijkvak geen grote K&L aanwezig zijn, dan scoort dit (++), wanneer deze wel aanwezig zijn, maar niet geraakt worden, dan is dit beoordeeld met (+). Een (0) beoordeling is van toepassing wanneer de kans op interactie tussen een alternatief en grote K&L klein is. Als een oplossing een grote kabel en/of leiding raakt en een aanpassing dient plaats te vinden via een hulp- of overkluisingsconstructie, dan wordt dit als (-) of (--) beoordeeld.

(2.4) Opgave verlegging van kabels en leidingen (categorie 2)

Bij dit criterium is beoordeeld in hoeverre een alternatief te maken krijgt met K&L van categorie 2. Indien er door de civieltechnische werkzaamheden kansen ontstaan om verouderde K&L te vervangen wordt dit als (++) beoordeeld. Wanneer er geen K&L verlegd hoeven te worden, dan wordt dit als (+) beoordeeld. Een (0) beoordeling treedt op wanneer een beperkte opgave voor het verleggen van kabels en leidingen van toepassing is. Wanneer een omvangrijke tot zeer omvangrijke opgave optreedt voor K&L dan wordt dit als (-) tot (--) beoordeeld. Op basis van de uitgevoerde beoordeling is bij de meeste alternatieven en dijkvakken sprake van een score (-) bij enkele alternatieven/dijkvakken ook (--).

(2.6) Tijdelijke ingebruikname gronden (TIG): werkruimte t.b.v. aanleg (o.a. verankering)

Bij dit criterium is beoordeeld in hoeverre bij een alternatief ruimte nodig is om een versterkingsmaatregel te kunnen uitvoeren. Hoeveel grond tijdelijk wordt gebruikt, is afhankelijk van de maatregel, de locatie van de maatregel en het grondverwervingsbeleid. Voor een buitendijkse grondoplossing is een TIG niet van toepassing, bij een binnendijkse grondoplossing is onderaan het binnentalud een zone van 2 meter breed nodig voor afwerking van het talud. Bij een type I constructie in de buitenkruinlijn is een geringe TIG nodig voor installatie van de constructie, de benodigde gronden zijn in bezit van Rijkswaterstaat of een particulier. Voor een type II constructie zonder verankering is onderaan het binnentalud een zone van 2 meter breed nodig in verband met aanbrengen van een werksleuf. Binnendijks is de grond altijd in het bezit van particulieren. Voor het plaatsen van een type II constructie met verankering is onderaan het binnentalud een zone met een breedte van 5 meter nodig in verband met het diagonaal aanbrengen van ankers en gording.

Indien voor een alternatief geen TIG nodig is dan is dit als (+) beoordeeld, als slechts een beperkte TIG nodig is, dan is dit als (0) beoordeeld. Als een pand wordt geraakt dan geldt dit als negatief (-/--), afhankelijk van het aantal panden waarbij dit aan de orde is.

Uit de beoordelingen per dijkvak volgt dat de type II constructies als slecht worden beoordeeld. Dit heeft te maken met de benodigde ruimte voor verankering bij diverse dijkvakken.

(2.7) Ruimte voor tijdelijke opslag/depot

Bij dit criterium is beoordeeld in hoeverre er ruimte nodig en beschikbaar is voor een tijdelijke opslag/depot in de nabijheid van de versterkingslocatie. Als in een dijkvak ruimte is voor een tijdelijke opslaglocatie dan scoort deze positief (+), wanneer geen tijdelijke opslag kan plaatsvinden dan is dit beoordeeld met (-).

(2.8) Breedte vaargeul Hollandsche IJssel

Bij dit criterium is beoordeeld in hoeverre een alternatief de vaargeul en het waterbergend vermogen van de Hollandsche IJssel beïnvloedt. Als een alternatief de functionaliteit van de vaargeul beperkt, dan is dit niet acceptabel en leidt dit tot een knock out voor dat alternatief. Als een alternatief geen invloed heeft op de functie vaargeul dan is dit als (0) beoordeeld.

4.5 Beoordeling en uitwerking 'Brede en hoge' voorlanden

De dijkvakken die bij de start van KIIK als brede en hoge voorlanden zijn aangemerkt, zijn tijdens de verkenningsfase van KIIK en het ontwerpend onderzoek apart beschouwd en uitgewerkt. Zoals beschreven in paragraaf 3.2 zijn voor deze voorlanden aanvullende veiligheidsanalyses uitgevoerd (zie Clusterrapportage Voorlanden, bijlage 17). De conclusie hiervan is dat de brede en hoge voorlanden voldoende sterkte geven, maar dat op kortere of langere termijn wel sprake is van een hoogtetekort en dat daarom op kortere of langere termijn wel ophoging van deze voorlanden dient plaats te vinden.

De voorlanden die voor 2050 niet meer voldoen aan de vereiste hoogte zijn aangemerkt als urgent voor aanpak. De voorlanden die tot 2050 naar verwachting wel blijven voldoen, zijn aangemerkt als niet urgent voor aanpak. Uit deze analyse volgt dat de voorlanden die oorspronkelijk als brede en hoge voorlanden zijn begrensd, met de nieuwe veiligheidsnormering een veiligheidsopgave houden. Benutting van het voorland (ophoging en juridische borging) vormt een kansrijke oplossing voor deze voorlanden. Voor deze dijktrajecten zijn verder geen andere alternatieven uitgewerkt, in afwachting van de resultaten en voorstellen van de POV Voorlanden.

De dijkvakken I2, P, S en T hebben voldoende breedte om als 'breed' voorland aangemerkt te worden. Uit het ontwerpend onderzoek is naar voren gekomen dat deze dijkvakken in combinatie met ophoging ook als breed en hoog voorland kunnen gaan functioneren. Daarmee vormt het *benutten van voorland* (door ophoging en juridische borging) een kansrijk alternatief voor deze dijkvakken.

4.6 Uitgevoerde optimalisaties voor de kansrijke alternatieven

In het verloop van het ontwerpend onderzoek zijn verschillende optimalisaties uitgevoerd in relatie tot de sterkte- en hoogteberekeningen voor de dijk. Zoals beschreven in paragraaf 4.4, heeft dit geleid tot een gedeeltelijke herbeschouwing van de veiligheidsopgave van de Consequentie-analyse. De uitkomst hiervan heeft niet geleid tot een significant andere beoordeling (onvoldoende). Wel is de afstand tot de norm vaak afgenomen, zodat met een meer beperkte dimensionering van de grondoplossingen en de constructieve oplossingen kan worden volstaan. De uitgevoerde optimalisaties hebben daarmee bijgedragen aan het realiseren van oplossingen die zo kostenefficiënt mogelijk zijn, terwijl de veiligheid van deze oplossingen gegarandeerd blijft volgens de geldende richtlijnen.

Hierna zijn de belangrijkste optimalisaties kort toegelicht.

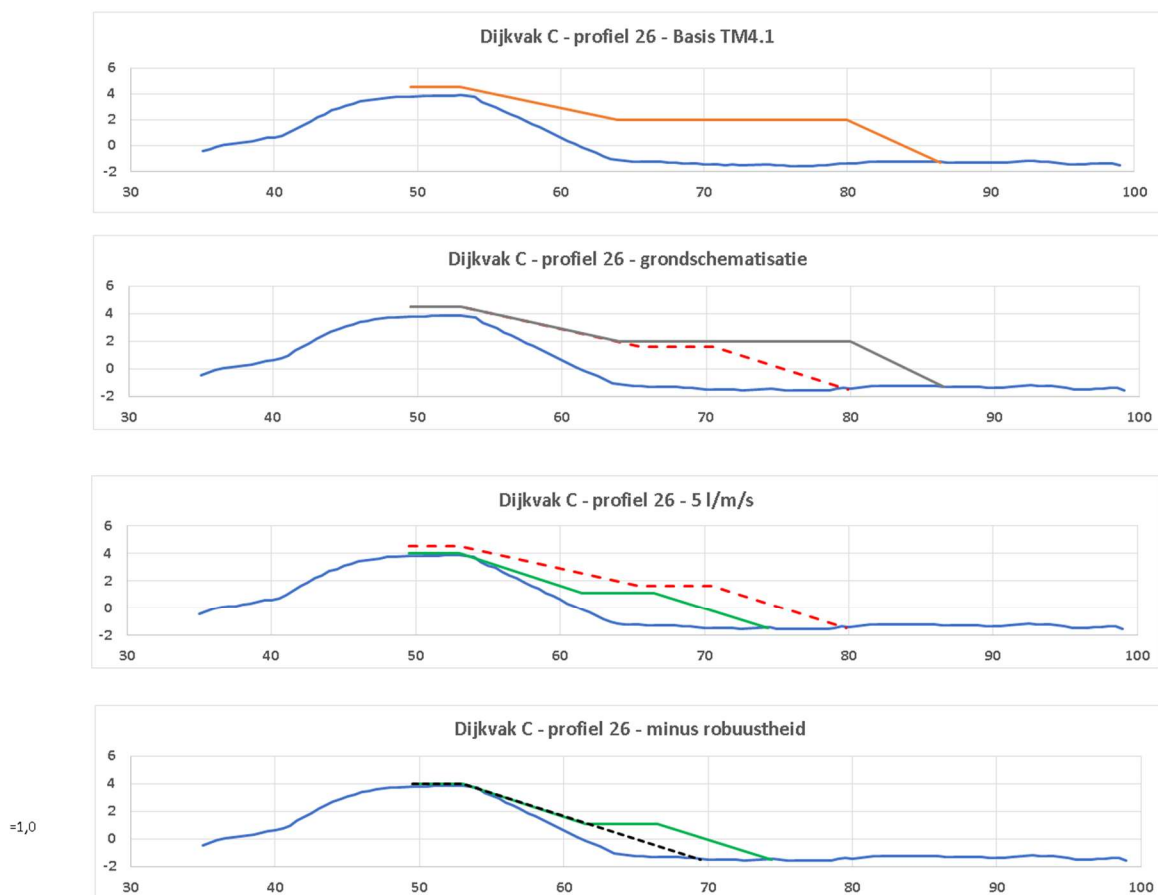
Optimalisaties voor grondoplossingen

Hierna zijn de belangrijkste optimalisaties voor de grondoplossingen kort toegelicht.

- Aanpassing grondschematisaties, qua grondopbouw en grondsterkten. Dit is gedaan op basis van aanvullend terrein-, laboratoriumonderzoek dat voor KIIK is uitgevoerd. Ook zijn hierin de resultaten van het onderzoek Actuele Sterkte dat in het kader van POV-M en tijdens de ontwerpfasen binnen KIIK is uitgevoerd, meegenomen;
- Toepassing aangepaste rekenmethodiek Actuele Sterkte die in het kader van POV-M is uitgewerkt. Met name de eerste stap (beter schematiseren) is op basis van het gericht uitgevoerde grondonderzoek toegepast.

- Aanpassing schematisaties van de waterspanningen (freatische en stijghoogteverloop) ten opzichte van de uitgangspunten die in de Consequentie-analyse zijn gehanteerd. Ook voor dit aspect is op basis van peilbuis- en waterspanningsmetingen optimalisatie mogelijk gebleken.
- Aanpassing toelaatbaar overslagdebiet dat als uitgangspunt voor de berekeningen is aangehouden. In eerste instantie is voor bepaling van de minimaal benodigde kruinhoogten gerekend met een overslagdebiet van 1,0 l/m/s. In de optimalisatiefase is dit aangepast naar 5 l/m/s. Indien een groter overslagdebiet wordt toegestaan leidt dit tot lagere benodigde kruinhoogte en tot nadere uitwerking van het beheer van dijktafsluitingen en van beleid voor NWO's.
- Aanpassing van de onzekerheidsmarges in de berekeningen (bepalen van schematiseringsfactor en de uitvoering probabilistische berekeningen) hebben voor een aantal dijkvakken geleid tot een onderbouwde reductie van de onzekerheden en daarmee tot een geoptimaliseerd dijkontwerp (met name taludhellingen en bermdimensies voor de grondoplossingen).
- Aanpassing ontwerplevensduur. Voor grondoplossingen is oorspronkelijk gerekend met een ontwerplevensduur van 50 jaar (veelal als basisuitgangspunt gekozen in Nederland). Voor KIIK is dit aangepast naar een ontwerplevensduur van 20 jaar voor hoogte en 50 jaar voor stabiliteit. De kortere ontwerplevensduur voor hoogte is een bewuste keuze geweest vanwege de grote mate van bodemdaling en te verwachten zettingen van de ondergrond. Op deze manier is de grondoplossing beter inpasbaar in de omgeving (zie ook paragraaf 3.4). Bij een langere levensduur heeft een grondoplossing meer ruimte nodig en heeft deze een grotere impact op de omgeving.

De diverse optimalisaties hebben op verschillende wijze doorwerking gekregen, en hebben geleid tot een meer gedetailleerd en beter onderbouwd ontwerp van de kansrijke alternatieven. Belangrijk effect van de uitgevoerde optimalisaties is dat de grondoplossingen in omvang duidelijk zijn gereduceerd ten opzichte van het oorspronkelijke ontwerp. Zie als voorbeeld hiervoor Figuur 19. Hierin zijn de resultaten weergegeven van de oorspronkelijke bepaling van het ontwerpprofiel voor dijkvak C en van aanpassingen als gevolg van de verschillende optimalisaties. Profiel A is het oorspronkelijk ontwerp van de grondoplossing voor dit dijkvak, profiel B toont het ontwerp na aanpassing van de bodemschematisatie, profiel C na verhoging van het overslagdebiet naar 10 l/m/s (NB in de definitieve berekeningen is dit aangepast naar 5 l/m/s) en profiel D na aanpassing van de schematiseringsfactor/probabilistische berekening (volgens werkwijze Actuele Sterkte).



Figuur 19 Voorbeeld van effect optimalisaties voor dimensionering binnendijkse grondoplossing

Optimalisaties voor langsconstructies

Ook voor dimensionering van de constructieve oplossingen (langsconstructies) hebben optimalisaties plaatsgevonden. De belangrijkste hiervan zijn:

- toepassing van een nieuwe rekenmethodiek voor de dimensionering van constructieve schermen, zoals ontwikkeld in het kader van de POV-M (zogenaamde quickwins-langsconstructies).
- Aanpassing toelaatbaar overslagdebiet (zie ook bij grondoplossingen).

Net als bij de grondoplossingen hebben deze optimalisaties op verschillende wijze doorwerking gekregen, en hebben deze geleid tot een meer gedetailleerd en beter onderbouwd ontwerp van de kansrijke alternatieven.

4.7 Waterkerende kunstwerken en Niet Waterkerende Objecten

Waterkerende kunstwerken

De beoordeling van de waterkerende kunstwerken die in het kader van de Consequentieanalyse is uitgevoerd geeft een voorschot op het verwachte beoordelingsresultaat: de veiligheid is naar verwachting voldoende. Resterende aandachtspunten zijn: het gebleken zettingsgedrag ter plaatse van de persleiding van gemaal Johan Veurink en de betrouwbaarheid van de sluiting van de schuiven in de uitstroomkoker van gemaal Verdoold. Dit wordt in de planuitwerkingsfase nader beoordeeld conform de module die hiervoor beschikbaar is gekomen binnen de beoordelingssoftware van het programma Riskeer. Daarnaast zijn de raakvlakken van het dijkontwerp met de waterkerende kunstwerken een aandachtspunt voor het vervolg.

Niet waterkerende objecten (NWO)

Bij het ontwerp van de kansrijke alternatieven is rekening gehouden met de aanwezige bebouwing (panden met woon- of werkfunctie), bomen en kabels en leidingen. Kleinere NWO's zoals trappen, struiken, en dergelijke zijn in deze fase niet beoordeeld en niet apart in het ontwerp meegenomen. Dit volgt in de planuitwerkingsfase.

Voor NWO's geldt in algemene zin dat deze alleen op de kruin en het binnentalud gehandhaafd kunnen blijven, als deze aan voorwaarden voldoen of gaan voldoen. Hierbij moet rekening worden gehouden met vernieuwing van het binnentalud als wordt uitgegaan van een grondoplossing.

In deze fase is wel onderzoek gedaan naar de aanwezige niet waterkerende objecten en de impact ervan op waterveiligheid / erosiebestendigheid, maar ze zijn geen onderdeel van de uitgewerkte kansrijke alternatieven. De keuze van het VKA per dijkvak bepaalt wat er moet gebeuren met de NWO's. Omdat de NWO's niet bepalend zijn voor de keuze van het VKA, is het ontwerp van dit onderdeel doorgeschoven naar de planuitwerking. De raakvlakken van het dijkontwerp met de aanwezige NWO's vormen derhalve een aandachtspunt voor de planuitwerking.

Kabels en leidingen

Als onderdeel van de Verkenningfase is door een breed opgezette KLIC-melding inzicht verkregen in de aanwezige kabels en leidingen binnen het plangebied. Met betreffende kabel- en leidingbeheerders is overlegd om te bepalen welke partijen daadwerkelijk raakvlak hebben met de dijkversterking van KIJK. Hieruit zijn acht partijen naar voren gekomen: Rekam, KPN, CIF, Stedin, Oasen, Dunea, Gasunie en twee gemeentes. Bij deze partijen zijn vervolgens de vergunningen of andere ligtingsrechten opgevraagd. Met inzicht in de ligtingsrechten kan er namelijk een verleggingsstrategie opgezet worden.

Om zeker te weten of er raakvlak is tussen de voorgenomen dijk aanpassingen en de aanwezige kabels en leidingen zijn er werksessies gehouden met vertegenwoordigers van HHSK en de kabel- en leidingbeheerders. Dit heeft geresulteerd in een beoordeling van de criteria 2.3 en 2.4 uit Tabel 6. Ook heeft dit geleid tot een uitwerking van de kosten voor het omgaan met kabels en leidingen, die zijn meegenomen in de kostenramingen voor de kansrijke alternatieven. Voor een nadere toelichting op het uitgevoerde onderzoek naar de aanwezigheid van kabels en leidingen in het projectgebied van KIJK, en de betekenis hiervan voor KIJK, wordt verwezen naar de *Strategie K&L* (Bijlage 11).

4.8 Kostenraming kansrijke alternatieven

Alle kansrijke alternatieven zijn per dijkvak uitgewerkt in kostenramingen volgens de SSK-systematiek (Standaard Systematiek Kostenramingen). Opzet en resultaten van de kostenramingen zijn opgenomen in de Kostennota kansrijke alternatieven (Bijlage 21).

Bij de kostenramingen zijn zowel 'deterministische' investeringsramingen opgesteld als Life Cycle Costing (LCC) ramingen. Deze ramingen zijn gemaakt voor alle kansrijke alternatieven per dijkvak om een vergelijking te kunnen maken op investeringen en LCC. De uitkomsten hiervan zijn verwerkt in de MCA door middel van kleuren/verhoudingsgetallen.

Voor de ramingen is per kansrijk alternatief bepaald welke kostencomponenten en welke werkzaamheden/activiteiten hierbij aan de orde zijn. Voor de kostenramingen zijn per onderdeel eenheidsprijzen vastgesteld en vastgelegd in een prijzenboek.

De kostenramingen zijn vervolgens gebiedspecifiek uitgewerkt per dijkvak. Dit betekent dat per dijkvak is bepaald in hoeverre hier bepaalde werkzaamheden en/of activiteiten aan de orde zijn en om welke 'hoeveelheden' het dan gaat. Daarbij zijn ook eventuele mitigerende en/of compenserende maatregelen meegenomen. Als input voor de kostenramingen is onder meer gebruik gemaakt van de volgende gegevens en informatie:

- Berekeningen van de constructeurs (o.a. type en afmetingen van de damwanden, verankering, schadeverwachting)
- Tekeningen (o.a. hoeveelheidsbepaling vanuit dwarsprofiel, dijkvaklengtes)
- GIS-analyses (o.a. te verwerven gronden, natuur- en watercompensatie)
- Offertes van nutsbedrijven

Voor de kansrijke alternatieven die zijn opgenomen in het VKA (zie hoofdstuk 5) geldt dat hiervoor ook een aparte VKA-raming is opgesteld. Ten opzichte van de ramingen voor de Kostennota Kansrijke Alternatieven zijn hierin een aantal extra kostenposten meegenomen zoals engineeringskosten, een tijdelijke ontsluitingsweg en mitigatie van de hoogte van de type I

constructie. De VKA-raming is opgenomen en toegelicht in de Kostennota voorkeursalternatief (Bijlage 5).

Deterministische SSK-ramingen

Voor een overzicht van de uitkomsten van de deterministische SSK-ramingen per kansrijk alternatief en per dijkvak wordt verwezen naar de kostennota Kansrijke Alternatieven.

Het algemene beeld van de kostenramingen is dat een Type I constructie, in tegenstelling tot wat doorgaans het geval is, aanzienlijk goedkoper uitvalt dan een grondoplossing. Dit hangt samen met de specifieke situatie van de dijk langs de Hollandsche IJssel, ten opzichte van een meer 'reguliere' gronddijk:

- Er worden bij een grondoplossing veel woningen en particuliere percelen geraakt, dus hoge vastgoedkosten (deelramingen bebouwing en verwerving);
- In sommige dijkvakken zijn dure inpassingsmaatregelen bij woningen nodig (bijvoorbeeld plaatsing van schermen ter voorkoming van schade);
- Bij een buitendijkse grondoplossing komen er kosten bij voor verwijderen en weer aanbrengen van stortsteen en zetsteen. Ook wordt, zeker bij de asverschuiving, in de Hollandsche IJssel gewerkt, waarbij vervuilde waterbodem wordt verwijderd en afgevoerd. Hier zijn hoge kosten aan verbonden.

In de uitgewerkte kostenramingen van de kansrijke alternatieven zijn de volgende kosten niet meegenomen:

- Tijdelijke ingebruikname (TIG);
- Engineeringskosten;
- Communicatiekosten;
- Interne uren (capaciteitsraming) HHSK;
- Kosten die onder de investeringskosten vallen, maar waar nog niet voldoende informatie over bekend is (bijvoorbeeld tijdelijke weg, planschade/nadeelcompensatie, verticale drainage bij grondoplossing);
- Kosten die niet subsidiabel zijn bij het HWBP (bijvoorbeeld aankoop profiel huidige dijk van teen tot teen).

In de kostenraming van het voorkeursalternatief zijn de eerste vier punten wel opgenomen in de raming. Ook voor de tijdelijke weg en planschade/nadeelcompensatie zijn kosten begroot.

Voor de risicoreservering in de ramingen (objectoverstijgende risico's) zijn voor de drie hoofdoplossingen (grond, constructie, grond+constructie) de belangrijkste risico's voor tijd en geld bepaald, dit zijn nog geen volledige risicodossiers. Deze risico's zijn verwerkt in de ramingen. Als belangrijkste risico's bij de drie hoofdoplossingen zijn benoemd:

Risico's	Grond	Constructie	Grond+constructie
• Onverwachts aantreffen van vervuiling in (water)bodem, NGE's, archeologische vondsten	X		X
• Grondverwerving leidt tot lange procedures	X	X	X
• Kabels en leidingen (categorie 1) zijn ondanks afspraken niet tijdig verlegd	X	X	X
• Onvoldoende grond aangekocht	X		X
• Toegepaste grond (en klei) wordt niet goedgekeurd	X		
• Tijdens uitvoering blijkt dat constructie niet geplaatst kan worden		X	X
• Vraag en aanbod van staal zijn niet in balans		X	
• Instabiliteit geplaatste damwand.		X	

LCC-ramingen (Life Cycle Cost)

Voor een overzicht van de uitkomsten van de LCC-ramingen per kansrijk alternatief en per dijkvak wordt verwezen naar Bijlage 21.

De LCC-ramingen zijn opgezet volgens de uitgangspunten die het HWBP-programma hiervoor hanteert. Deze ramingen gaan uit van een tijdperiode van 100 jaar, waarbij voor constructies is aangenomen dat deze 100 jaar meegaan, en voor de grondoplossingen dat deze 20 jaar meegaan voor de kruinhoogte en 50 jaar voor de sterkte. Voor de maatregelen betekent dit:

- Grondoplossingen: iedere 20 jaar kruin ophogen
- Type II constructie: iedere 20 jaar kruin ophogen en iedere 50 jaar gehele investering herhalen
- Type I constructie iedere 100 jaar gehele investering herhalen.

Wegonderhoud is uiteraard een reguliere beheertaak van HHSK, toch is dit voor de kansrijke alternatieven waar de weg deel uitmaakt van de oplossing meegenomen in de LCC-raming.

In Tabel 7 zijn de gehanteerde uitgangspunten voor de LCC-analyse samengevat ten aanzien van de verschillende activiteiten en de herhalings-tijd die hierbij wordt aangehouden in de raming.

Tabel 7 Uitgangspunten LCC-analyse

Onderdeel	herhalings- tijd (na xx jaar)	Grond		Grond+ constructie			Constructie					Overig				
		Grondoplossing binnen en buiten	Asverschuiving buitenwaarts	Grondoplossing buiten, type II binnen	Grondoplossing binnen, type II buiten	Asverschuiving binnen, type II binnen	Type II binnen en buiten	Type II binnen	Type I in buitenkruinlijn	Type I in binnenkruinlijn	Type I buitenom	Type I incl. demontabele wand	Type I inclusief wegverhoging	Volledig demontabele wand	Kort cyclisch onderhoud	Benutten voorland
Herhaling investering stabiliteit		50	50	50	50	50	50	50	100	100	100			50	50	50
Herhaling investering hoogte		20	20	20	20	20	20	20	100	100	100			50	10	50
Wegen																
bermonderhoud	1															
wegonderhoud	1															
onderhoud weginrichting	1															
extra onderhoud t.g.v. ongelijke zettingen (30% herstel binnen 4 jaar, wegvakken en opritten)	4															
normale cyclus deklaagvervanging	10															
na 20 jaar verwijderen asfalt, aanvullen funderingslaag en aanbrengen deklagen, aanvullen klei in bermen.	20															
na 40 jaar verwijderen asfalt, verwijderen funderingslaag, aanbrengen klei op kruin, aanvullen funderingslaag en aanbrengen deklagen, aanvullen klei in bermen, herstel	40															
Grasbekleding																
maaïen zichthoeven verkeersveiligheid	0,5															
maaïen (en afvoeren) grasvlakken van teen tot teen	0,5															
Steenbekleding																
inspectie	1															
voegen vullen steenzetting met split	10															
talud herstellen steenzetting, filterlaag aanvullen, voegen afstrooien met split	5															
stortsteen onderwatertalud aanvullen	10															
Overgangsconstructies																
overgangsconstructies ophalen (uitvullen onderlaag en afstrooien)	4															
Constructies																
inspectie	0,5															
aanvullen met grond na zetting	1															
monitoren ankerkracht / aanspannen ankers	5															
herstel metselwerk / deksloof, 10%	5															
Coupures																
inspectie	1															
testen inwerkingstelling	1															
vervangen schotbalken en opzetters, 10%	20															

Kostenraming Voorkeursalternatief

De kostenramingen voor het Voorkeursalternatief zijn in een aparte rapportage uitgewerkt (Kostennota Voorkeursalternatief, bijlage 5). In deze ramingen zijn een aantal kosten meegenomen die niet in de kostenraming van de kansrijke alternatieven zitten. Dit zijn onder andere:

- Tijdelijke ontsluitingsweg;
- Engineeringskosten;
- Mitigeren hoogte type I constructie;
- Overgangen tussen twee dijkvakken met een andere versterkingsmaatregel.

5 Voorkeursalternatief (VKA)

5.1 Beoordeling kansrijke alternatieven en keuze Voorkeursalternatief

De kansrijke alternatieven die in het ontwerpend onderzoek per dijkvak zijn uitgewerkt, voldoen allemaal aan de randvoorwaarden voor een veilig systeem en zijn allemaal technisch uitvoerbaar en inpasbaar.

Om te komen tot een Voorkeursalternatief (VKA) is ieder kansrijk alternatief per dijkvak ook beoordeeld op de gevolgen (effecten) voor de ruimtelijke omgeving, op betaalbaarheid, draagvlak en ruimtelijke kwaliteit. Dit heeft geleid tot een Multi-criteria Analyse (MCA) waarin op gestructureerde en overzichtelijke wijze, een integrale afweging tussen de verschillende kansrijke alternatieven per dijkvak heeft plaatsgevonden.

Voor een verdere toelichting op de MCA-beoordeling, zowel ten aanzien van de gehanteerde uitgangspunten als ten aanzien van de resultaten en de afwegingen hierbij, wordt verwezen naar de notitie MCA. In Figuur 20 is een samenvattend overzicht gegeven van de diverse aspecten die bij de MCA-beoordeling zijn betrokken.

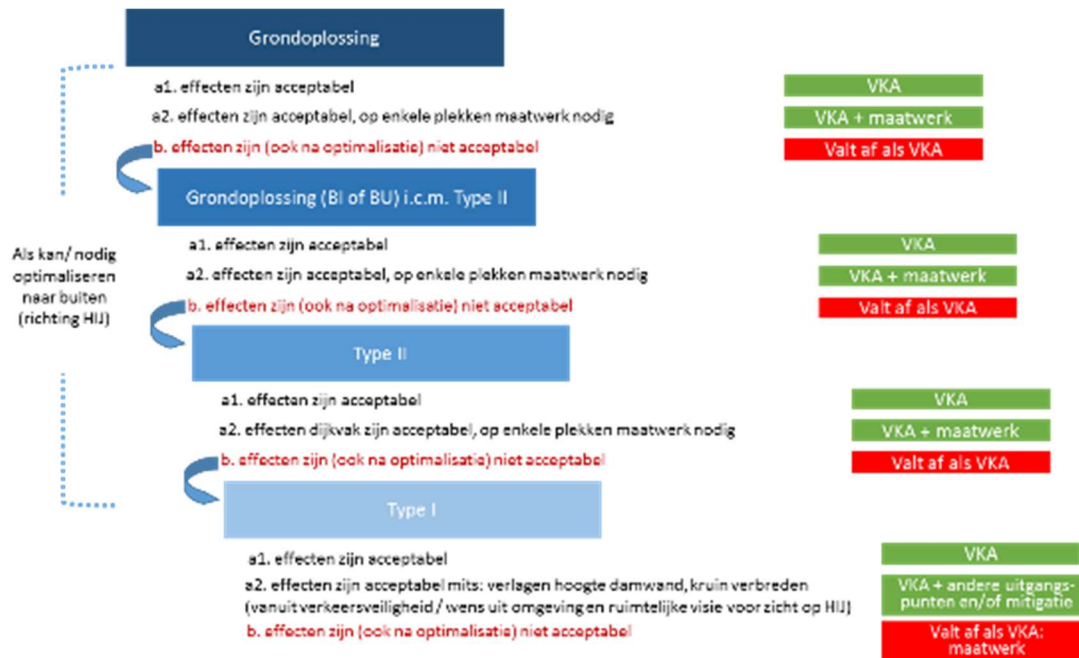


Figuur 20 Samenvattend overzicht aspecten integrale beoordeling alternatieven (MCA)

Basisredeneerlijn

De beoordelingstabel brengt de effecten van en onderlinge verschillen tussen de alternatieven in beeld. Deze inzichten helpen om een goede afweging en keuze voor een VKA te maken. Naast de MCA is vooraf ook een *basisredeneerlijn* opgesteld. De redeneerlijn geeft weer welke alternatieven voor dijkversterking HHSK in het algemeen prefereert en welke alternatieven pas in specifieke gevallen worden ingezet (als andere alternatieven niet inpasbaar zijn). In essentie komt de redeneerlijn er op neer dat als het kan HHSK een grondoplossing prefereert, omdat deze over het algemeen het meest betrouwbaar, best uitbreidbaar, beheerbaar en meest duurzaam is. Als een grondoplossing te veel negatieve effecten heeft (in termen van uitvoerbaarheid of impact op omgeving) verschuift de voorkeur naar een oplossing met minder grond en meer constructie. Deze

redeneerlijn is door het projectteam gehanteerd als hulpmiddel en toetsinstrument bij het afwegen van alternatieven. Ook helpt de redeneerlijn bij de onderbouwing waarom bepaalde alternatieven niet mogelijk zijn. De basisredeneerlijn is schematisch weergegeven in Figuur 21.



Figuur 21 Schematisch overzicht redeneerlijn afweging kansrijke alternatieven

5.2 Beschrijving voorkeursalternatief (VKA)

Op basis van de uitgewerkte integrale beoordeling (MCA) en de beschreven basisredeneerlijn is een VKA per dijkvak vastgesteld. Voor de onderbouwing en toelichting bij deze afweging wordt verwezen naar de notitie MCA. Het VKA per dijkvak is opgenomen in Tabel 8. De keuze van het VKA per dijkvak is niet alleen gebaseerd op de beoordeling van de kansrijke alternatieven per dijkvak. Ook de ruimtelijke kwaliteit van het dijktracé als geheel en de onderlinge samenhang van de alternatieven van aan elkaar grenzende dijkvakken zijn in de beschouwing meegenomen. Dit is toegelicht in de rapportage Ruimtelijke inpassing kansrijke alternatieven.

Tabel 8 Voorstel Voorkeursalternatief op basis van MCA

Dijkvak	Naam	Voorkeursalternatief (VKA)	Lengte dijkvak (m)
A	Dijkschuur	Grond binnen- en buitenwaarts	30
B	Sloperij Heuvelman	Grond binnen- en buitenwaarts (theoretisch profiel)	260
1	Aquamarijn en Werf II	Benutten voorland	220
C	Het Zandrak	Type I buitenkruin	360
D	Mattenfrot	Type I buitenkruin/binnenkruin	100
E	Breeka	Type I buitenkruin	340
2	Werf I	Benutten voorland	260
3	Avia 1,2,3	Benutten voorland	210
G	Scheepswerf Snoei	Type II binnenwaarts + grond buitenwaarts (theoretisch profiel)	110
4	Avia 5,6	Benutten voorland	90
H	Café van Meeteren	Type I buitenkruin	560
I1	Graanmaaldierij 'de Onderneming'	Type II binnenwaarts + grond buitenwaarts (theoretisch profiel)	90
I2	Dikken Boom	Benutten voorland	100
J	Communiebuurt	Type I buitenkruin	350
5	Heuvelman 1	Benutten voorland	100
K1	Groene Plaats	Type I buitenkruin	180
K2	Heuvelman	Type I buitenkruin	180
L	Kolenschuur	Type I buitenkruin	110
6	Boele	Benutten voorland	100
M1	Oliehandel Terlouw	Type I buitenkruin	340
M2	Bonte Varken	Type I buitenkruin	1610
M3	Steenfabriek Doornboom	Grond binnen- en buitenwaarts	160
N	Spreeuwenhoek	Grond binnen- en buitenwaarts (theoretisch profiel)	150
O1	Lingensbuurt	Type I buitenkruin	300
O2	Groenendijk	Type I buitenkruin	530
7	Schanspolder 1,2	Benutten voorland	500
P	t Zwaantje	Benutten voorland	130
8	Schanspolder 4,5	Benutten voorland	410
Q	Pletterij van Enthoven	Type II binnenwaarts + grond buitenwaarts	150
R	Grote Waal	Type II binnenwaarts + grond buitenwaarts	140
S	Geitenwei	Benutten voorland	290
T	Riemattenfabriek Boers	Benutten voorland	180
U1	Boezemhuisje	Type I buitenkruin	790
U2	Korenmolen 'nooit gedacht'	Type I buitenkruin	130
V	Gemaal Verdoold	Type I buitenkruin	230
W1	Klein Dorpje	Type I buitenom	60
W2	Dorpsstraat Gouderak	Type I buitenom	80
9	Dorpsstraat Gouderak 2	Benutten voorland	230

Wanneer het VKA per type alternatief wordt samengevat, dan geeft dit het beeld zoals opgenomen in Tabel 9. Uit dit overzicht komt naar voren dat de toepassing van een Constructie Type I het meest voorkomende alternatief is, zowel in aantal dijkvakken, als in lengte van deze dijkvakken.

Tabel 9 Samenvatting VKA per type oplossing

	Voorkeursalternatief (VKA)	Dijkvakken	Aantal	Lengte (km)	Lengte (%)
	Grond binnen en buiten	A, B, M3, N	4	0,60 km	6%
	Benutten voorland	1 t/m 9, I2, P, S, T	13	2,82 km	28%
	Zelfstandig kerende constructie (Type I)	C, D, E, H, J, K1, K2, L, M1, M2, O1, O2, U1, U2, V, W1, W2	17	6,25 km	61%
	Type II binnen + grond buiten (th. profiel)	G, I1, Q, R	4	0,49 km	5%

In het VKA wordt maximaal gebruik gemaakt van het alternatief Benutten voorland, wat onderdeel is van de voorkeursstrategie Rijnmond Drechtsteden (zie paragraaf 3.2). Het benutten van het voorland vindt op verschillende manieren plaats, waarbij het kan gaan om het ophogen/opvullen van het bestaande voorland of het aanbrengen van een verhoogde drempel. In alle gevallen dient daarbij ook juridische borging plaats te vinden. De POV Voorlanden bekrachtigt deze benadering en werkt aan praktische handvatten om dit te realiseren.

Het VKA per dijkvak is uitgewerkt in diverse overzichtstekeningen en dwarsprofielen. Zie hiervoor bijlage 18.

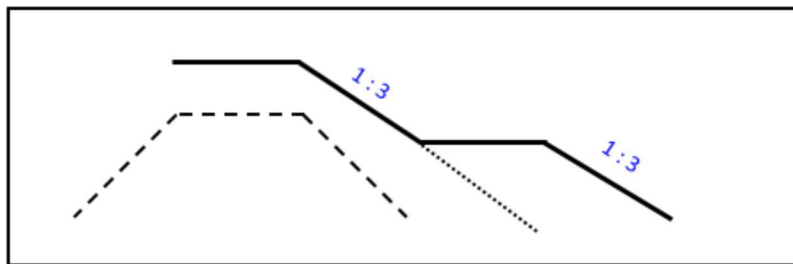
Grond binnen- en buitenwaarts (in combinatie met theoretische profiel)

Het alternatief grond binnen- en buitenwaarts wordt toegepast bij de dijkvakken A, B, M3, en N. Bij de dijkvakken B en N bestaat de buitenwaartse grondoplossing daarbij uit benutting van het theoretisch profiel. Het principeprofiel van de grondoplossingen binnen- en buitenwaarts is weergegeven in Figuur 22. Indien bij de aangegeven taludhellingen niet wordt voldaan aan de stabiliteitseis, dan is vereist dat aanvullende stabiliteitsverhogende maatregelen worden gedimensioneerd. Dit is bij één van de aangegeven dijkvakken het geval.

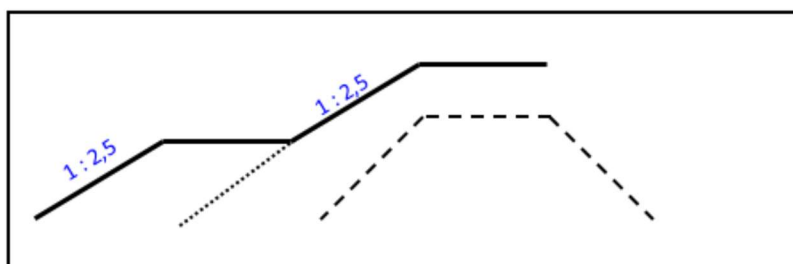
Voor dijkvak N is voor inpassing van de binnenwaartse grondoplossing ook een grondoplossing met een flauw talud zonder berm uitgewerkt en doorgerekend. Bij een talud van 1:4,5 voor de binnendijkse grondoplossing wordt in dit dijkvak voldaan aan de vereiste veiligheidsfactor.

Voor dijkvak M3 geldt dat de bestaande situatie binnendijks voor een groot deel al voldoet, vanwege de relatief flauwe taludhelling (circa 1:2,5) en het hoogliggende achterland. Op enkele delen van de dijk is echter een steiler talud aanwezig. In het ontwerp is opgenomen dat hier ook een talud van 1:2,5 wordt aangelegd. Op basis van het doorgerekende profiel wordt dan voldaan aan de vereiste veiligheidsfactor.

Grondoplossing binnenwaarts



Grondoplossing buitenwaarts



Figuur 22 Principe geometrie grondoplossingen binnen- en buitenwaarts

Type I buitenkruin (/binnenkruin)

Dit alternatief komt het meeste voor in aantal en lengte van de dijkvakken. Uit de MCA-beoordeling van dit alternatief is echter wel naar voren gekomen dat dit alternatief aandacht vraagt ten aanzien van inpassing, met name ten aanzien van draagvlak, verkeersveiligheid en ruimtelijke kwaliteit. Deze punten zijn uitgewerkt in de Notitie *Haalbaarheid inpassing Type I* (Bijlage 16).

Belangrijkste punt van inpassing voor dit alternatief is de hoogte van de constructie. Hierbij is het uitgangspunt om te streven naar een wandhoogte met een minimaal visueel effect voor wat betreft het zicht vanaf de dijk op de Hollandsche IJssel en het behoud van verkeersveiligheid. Hiervoor is

een maximale hoogte van 75cm gewenst, gelijk aan de huidige hoogte van de vangrail. De ruimtelijke visie KIIJK stelt een streefbeeld van circa 40 cm zichtbare wandhoogte voor.

De constructie kan – voor alle dijkvakken - verlaagd worden door:

- maatwerk afspraken te maken met de partners Waterakkoord over de inzet van de maalstop bij extreme weersomstandigheden (windkracht >12);
- een levensduur van 50 jaar voor hoogte (in plaats van 100 jaar) te kiezen.

Daarnaast zijn er mogelijke maatregelen voor verdere verlaging op dijkvakniveau (volgt in planuitwerkingsfase):

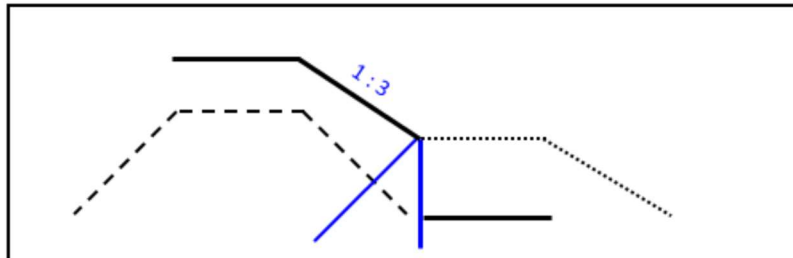
- flauwer en ruwer buitentalud (1:3)
- golfbreker buitenzijde constructie ('neusconstructie')
- hoger overslagdebiet dan 5 l/m/s
- verhogen van de kruin

Met toepassing van (een aantal van) de hiervoor genoemde maatregelen is het negatieve effect van de Type I oplossing vanuit ruimtelijke kwaliteit te mitigeren. In de *Notitie effect mitigerende maatregelen Type I* is een aantal van de genoemde maatregelen nader uitgewerkt om zo de haalbaarheid ervan te mitigeren. In de kostenraming voor het VKA is rekening gehouden met aanvullende kosten voor deze maatregelen.

Type II binnenwaarts en grond buitenwaarts (in combinatie met theoretisch profiel)

Bij de dijkvakken Q, R, G en I1 bestaat het VKA uit de toepassing van een Type II oplossing binnenwaarts en een grondoplossing buitenwaarts. Bij de dijkvakken G en I1 bestaat de buitenwaartse oplossing daarbij uit benutting van het theoretisch profiel van het aanwezige voorland.

Het principeprofiel voor toepassing van de Type II constructie binnenwaarts is weergegeven in Figuur 23. Als uitgangspunt is gekozen om de langsconstructie op de insteek van de stabiliteitsberm te zetten, zodat zeker is dat afschuiven van het taluddeel boven de constructie niet zal optreden. Deze Type II constructies zijn ontworpen als stalen damwand met verankering. De ankers zijn daarbij relatief lang als gevolg van de diepe ligging van de draagkrachtige grondlagen.



Figuur 23 Principeprofiel Type II constructie binnenwaarts

Benutten voorland

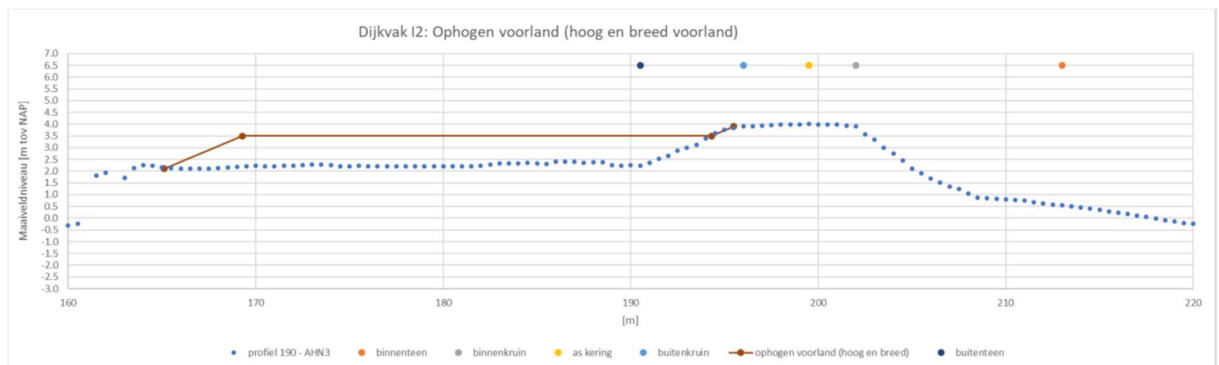
Het benutten van het voorland (ophoging van bestaand voorland en juridische waarborging) is als voorkeursalternatief vastgesteld voor de dijkvakken die bij de start van KIIJK als brede en hoge voorlanden zijn begrensd en voor de dijkvakken I2, P, S en T.

De benutting van het voorland bestaat bij dijkvak I2 uit het ophogen van het voorland over een breedte van 25 meter aan de buitenzijde van de waterkering. Hierdoor kan de waterstand niet meer tot aan de waterkering komen (referentielijn ligt ter hoogte van midden van de weg), waardoor een kruinverhoging en een stabiliteitsmaatregel bij dit dijkvak niet nodig zijn.

Voor dijkvak P zijn twee varianten voor het benutten van het voorland uitgewerkt. De eerste variant betreft het ophogen van het voorland over een breedte van 25 meter aansluitend op de waterkering. Vanwege de hier gelegen bedrijfsgebouwen vraagt dit nadere inpassing in de planuitwerkingsfase (nieuwbouw bedrijfsgebouwen). Door het verhogen van het voorland, komt de waterstand niet meer direct tegen de kruin van de kering te staan. Hierdoor hoeft deze niet te worden verhoogd (golfaanval wordt namelijk uitgesloten). Daarnaast zijn ook geen stabiliteitsmaatregelen meer nodig voor het binnentalud/achterland.

De tweede variant voor dijkvak P betreft het aanleggen van een drempel op het braakliggende terrein ten noorden van de bebouwing. Deze 'drempel' is voor een groot gedeelte al aanwezig, wel

dient aansluiting plaats te vinden op het voorland aan weerszijden van dit dijkvak. Deze aansluiting zal in de planuitwerkingsfase verder vormgegeven moeten worden.



Figuur 24 Principeprofiel ophoging voorland (voorbeeld dijkvak I2)

Bij dijkvak S bestaat de benutting van het voorland uit het realiseren van een tuimelkade (tuimelkade: smalle verhoging naast de bestaande kruinlijnen) aan de buitenzijde van de waterkering op een afstand van tenminste 20 m vanaf de buitenkruin om bij afschuiven van het binnentalud voldoende restprofiel en kruinhoogte te behouden.

Bij dijkvak T bestaat de benutting van het voorland uit het gedeeltelijk opvullen c.q. ophogen van het aanwezige voorland. De inpassing hiervan moet nog plaatsvinden, waarbij rekening moet worden gehouden met de aanwezige bebouwing.

Maatwerkplekken

Een maatwerkplek is gedefinieerd als een locatie van beperkte lengte waar het beoogde principe van het VKA – voor het desbetreffende dijkvak - niet kan worden ingepast zonder grote impact op de omgeving. Langs het gehele dijktracé zijn er twee van dergelijke maatwerkplekken. Het betreft de dijk ter hoogte van de begraafplaats (in dijkvak G) en de dijk ter hoogte van een pand aan de IJsseldijk (in dijkvak I1).

Voor deze maatwerklocaties zijn er twee typen oplossingen mogelijk, welke in de planuitwerkingsfase verder uitgewerkt zullen worden:

1. De locatie wordt aangepast, zodat het VKA principe alsnog kan worden ingepast. Dit kan het verplaatsen of verwijderen van objecten inhouden.
2. Het VKA krijgt lokaal een andere vorm, zodat deze past in de huidige locatie inrichting. Dit kan het toepassen van een maatwerkconstructie zijn of een nadere optimalisatie van de voorgestelde VKA-oplossing.

In paragraaf 5.4, waarin een doorkijk op het vervolg van de vaststelling van het VKA is gegeven, zijn verschillende maatregelen aangegeven die mogelijk voor inpassing en maatwerkoplossingen ingezet kunnen worden.

5.3 Mitigerende en compenserende maatregelen

Bij de uitwerking van het VKA zullen mitigerende en/of compenserende maatregelen nodig zijn om ongewenste effecten te voorkomen of te verminderen. In de MCA zijn per dijkvak en voorgesteld VKA de te treffen mitigerende en compenserende maatregelen in beeld gebracht. Hierna is een samenvattend overzicht gegeven van deze maatregelen.

Mitigerende maatregelen

In Tabel 10 is een samenvattend overzicht opgenomen van de mitigerende maatregelen voor het VKA. De mitigerende maatregelen zijn daarbij in twee categorieën ingedeeld. De eerste categorie (categorie 1) betreft mitigerende maatregelen die noodzakelijk zijn voor de haalbaarheid van het VKA. Gezien het belang van deze maatregelen, hebben deze tijdens het ontwerpend onderzoek voor het VKA al nadrukkelijk aandacht gekregen en zijn deze indicatief meegenomen in de kostenraming voor het VKA. De tweede categorie (categorie 2) betreft mitigerende maatregelen die de haalbaarheid van het VKA niet beïnvloeden, maar waarvan nadere uitwerking in de

planuitwerkingsfase wel nodig is om het VKA in te passen en/of uit te voeren met zo min mogelijk impact op de omgeving. Deze maatregelen zijn tijdens het ontwerpend onderzoek minder specifiek uitgewerkt, en zijn in de kostenraming voor het VKA meegenomen als onderdeel van een algemene kostenpost voor de uitvoering van mitigerende maatregelen.

Bij de mitigerende maatregelen zijn zowel de maatregelen aangegeven die voortkomen uit de technische beoordelingscriteria (zie paragraaf 4.4 en Tabel 6), als de maatregelen die aansluiten op de overige beoordelingscriteria.

Tabel 10 Samenvattend overzicht mitigerende maatregelen VKA (mitigerende maatregelen die voortkomen uit de technische beoordelingscriteria zijn in blauw gemarkeerd)

Mitigerende maatregelen (categorie 1)	
Kabels en leidingen (cat 1.)	Bij zes dijkvakken (A/B, R, S, V, W1) moet bij uitvoering van het VKA rekening worden gehouden met kruising van grote K&L (categorie 1). De specifieke maatregelen hiervoor dienen in de planuitwerkingsfase nader uitgewerkt te worden. In de kostenraming is uitgegaan van een 'worst case' maatregel, veelal een overkluizingsconstructie. Voor dijkvak A is dit in een apart ontwerp nader uitgewerkt (zie clusterrapportage voor dijkvak A). In dijkvak R raakt het VKA het bestaand transformatiehuisje. De kosten voor opvijzelen/verplaatsen hiervan zijn ook meegenomen in de kostenraming.
Risico op schade	Bij diverse dijkvakken/VKA's zijn maatregelen voorgesteld ter voorkoming van een kans op schade op panden (met hoofdfunctie wonen of werken) door grondvervorming of trillingen. Het gaat om de volgende typen maatregelen: damwand drukken i.p.v. trillen, het plaatsen van een keerwand met scherm, het verzwaren of opschuiven van een Type II constructie en het verzwaren van de verankering. Per relevant pand zijn de meegenomen maatregelen op de kaart gezet.
Ruimtebeslag	In enkele dijkvakken (B, G, N) raakt het voorgestelde VKA één of meerdere panden. Om ruimtebeslag op deze panden te voorkomen zijn de volgende maatregelen meegenomen: lokaal plaatsen van een keerwand met scherm of een Type II constructie.
Bouwoverlast door afsluiting weg	Tijdens de aanleg zal sprake zijn van bouwoverlast door tijdelijke afsluiting van de dijk ter plaatse. Het project voorziet in de aanleg van een tijdelijke omleidingsroute die er voor zorgt dat de panden langs de dijk tijdens de uitvoering bereikbaar blijven. De indicatieve kosten van deze omleidingsroute zijn meegenomen in de Verkenning. De specifieke uitwerking van de route vindt plaats in de planuitwerking.
Grondwaterstroming	Constructies hebben mogelijk effect op de grondwaterstroming. Dit effect is te voorkomen door constructies gedeeltelijk open te laten. Deze maatregel is al in de stabiliteitsberekeningen meegenomen en zal – waar nodig – als eis worden gesteld aan de uitvoering. Omdat deze maatregel feitelijk al onderdeel is van het ontwerp van de constructies, is hier in de kostenraming al rekening mee gehouden.
Zichtbaarheid HIJ, ruimtelijke kwaliteit	In diverse dijkvakken is Type I als VKA voorgesteld. Bij het VKA zijn voor de zichtbare hoogte van de damwand (gedeelte boven de kruin) voorwaarden gesteld. Deze zichtbare hoogte is maximaal 75 cm en het streven is om waar mogelijk deze (verder) te verlagen naar 40 cm, omdat daarmee het zicht op de HIJ behouden kan blijven. Bijkomende kosten van deze maatregel zijn indicatief meegenomen in de kostenraming.

Mitigerende maatregelen (categorie 2).	
Kabels en leidingen (cat 2.)	In vrijwel alle dijkvakken zullen bij uitvoering van het VKA kabels en leidingen (cat 2.) verplaatst moeten worden. De exacte uitwerking hiervan vindt plaats in de planuitwerking. In de kostenraming is hier een algemene post voor opgenomen.
Breedte vaargeul	In dijkvak Q raakt het voorgestelde VKA in zeer beperkte mate de vaargeul. In de planuitwerking dient het alternatief verder geoptimaliseerd te worden, zodat er voldoende ruimte is tussen het ruimtebeslag van de buitenwaartse oplossing en de vaargeul.
Tijdelijke opslag/depot	Door middel van een quick-scan (zie bijlage A) is vastgesteld dat er in elk dijkvakcluster mogelijkheden zijn voor realisatie van tijdelijke opslag en depotruimte. Deze voorziening zal in de planuitwerkingsfase nader uitgewerkt moeten worden. In de kostenraming is hier een algemene post voor opgenomen.
Toegankelijkheid functies	In diverse dijkvakken is er een opgave om binnen het voorgestelde VKA de toegankelijkheid van functies (panden/voordeuren, op- en afritten) te borgen. Per dijkvak zal in de planuitwerking een gedetailleerd ontwerp worden gemaakt met specifieke oplossingen t.b.v. de toegankelijkheid.
Bouwlawaai	Bouwlawaai is niet te voorkomen, hooguit te beperken. Eventueel kan tijdelijke herhuisvesting worden overwogen. In de planuitwerking zal dit nader worden beschouwd.
Bodemonderzoek	De omvang van het bodemonderzoek dat in de planuitwerkingsfase nodig is, kan mogelijk worden beperkt door de reeds beschikbare bodeminformatie voor specifieke locaties nader te analyseren.
Verstoring beschermde/bijzondere soorten	Voor het voorkomen of beperken van de verstoring van soorten zijn diverse maatregelen denkbaar. Een voorbeeld is het afstemmen van de uitvoeringsplanning op het broedseizoen van vogels, waardoor verstoring kan worden gemitigeerd. Dergelijke maatregelen worden in de planuitwerking nader uitgewerkt.
Archeologisch onderzoek	In de planuitwerking kan nader archeologisch onderzoek worden gedaan naar archeologische waarden en kan eventueel tot opgraving worden overgegaan.

Compenserende maatregelen

Naast mitigerende maatregelen leiden de voorgestelde VKA's ook tot een aantal te treffen compenserende maatregelen. In Tabel 11 is hier een samenvattend overzicht van opgenomen. Deze compenserende maatregelen zijn indicatief ook meegenomen in de kostenraming voor het VKA.

Tabel 11 Samenvattend overzicht compenserende maatregelen VKA

Compenserende maatregelen VKA	
Waterberging HIJ	In 8 dijkvakken/VKA's is sprake van een (beperkt) verlies aan bergend vermogen op de HIJ. Dit geldt voor dijkvakken: I2, M3, P, Q, R, S, T en W1. In totaal is het verlies aan bergend vermogen berekend op 13.000 m ³ (afgerond). Dit verlies dient gecompenseerd te worden, hiervoor dient in de planuitwerkingsfase een compensatieplan te worden opgesteld.
Oppervlaktewater binnendijks	In 2 dijkvakken/VKA's is sprake van een (beperkt) verlies aan oppervlaktewater binnendijks. Dit geldt voor dijkvakken: B en N. In totaal is het verlies aan oppervlaktewater 155 m ² . Dit verlies dient gecompenseerd te worden, hiervoor dient in de planuitwerkingsfase een compensatieplan te worden opgesteld.
NNN	In 6 dijkvakken/VKA's is sprake van ruimtebeslag op NNN-gebied. Dit geldt voor dijkvakken: A, M3, P, Q, R en S. Verlies van NNN dient gecompenseerd te worden. Hiertoe dient in de planuitwerkingsfase een compensatieplan te worden opgesteld in samenspraak met het bevoegd gezag (provincie Z-H).
Privaat groen	Bij veel dijkvakken/VKA's zal er mogelijk sprake zijn van verwijderen van privaat groen. Het verwijderen van privaat groen - dat bij recht aanwezig is - zal worden gecompenseerd. Eventuele terugplaatsing vindt alleen plaats met in achtname van de regels van de keur en het groenbeleid van HHSK en in afstemming met betrokken eigenaar/gebruiker.

5.4 Verlagen maalstoppeil

Bij de uitwerking en onderbouwing van de kansrijke alternatieven per dijkvak is nog geen rekening gehouden met de effecten van het systeemalternatief verlagen maalstoppeil. In bepaalde omstandigheden (windverwachting windkracht 12 of hoger), kan dit systeemalternatief worden ingezet voor plaatselijke verlaging van de hoogteopgave. Daarbij geldt wel de kanttekening dat het effect van deze maatregel ook samenhangt met de keuze voor het toelaatbaar overslagdebiet. Bij een toelaatbaar overslagdebiet van 1 l/m/s kan de verwachte hoogtewinst tot 0,3 meter bedragen, bij een overslagdebiet van 5 l/m/s reduceert de hoogtewinst tot circa 0,15 meter en bij een toelaatbaar overslagdebiet van 10 l/s/m is de verwachte hoogtewinst nog enkele centimeters. Bij een hoger overslagdebiet wordt meer water over de dijk toegestaan, waardoor de wind dan minder bepalend is voor de dijkhoogte en de invloed van de falende stormvloedkering toeneemt. Zie ook bijgaand kader.

Het verlagen van het maalstoppeil zoals vastgelegd in het huidige waterakkoord voor de Hollandsche IJssel en Lek is onderdeel van de keuze van het VKA. Dit betekent dat HHSK tijdens de consultatieronde met betrokken partijen in gesprek zal gaan om het Waterakkoord of het daarbij behorende Draaiboek waterbeheer Hollandsche IJssel en Lek aan te passen op de voorgestelde verlaging van het maalstoppeil bij een windverwachting van windkracht 12 of hoger op de Hollandsche IJssel.

Verlagen maalstoppeil

De benodigde hoogte van de dijk wordt het meest bepaald door de werking van de stormvloedkering, de maalstop van de gemalen die lozen op de Hollandsche IJssel en de aanwezigheid van harde wind. Uit de studie systeemanalyse Hollandsche IJssel (juni 2017) blijkt dat bij uitzonderlijke omstandigheden het eerder stoppen met malen in combinatie met het eerder sluiten van de huidige stormvloedkering Hollandsche IJssel een goede optimalisatie mogelijkheid voor KIJK is.

Afhankelijk van de locatie en de windkracht kan de noodzakelijke dijkverhoging bij KIJK met 5 tot 30 cm worden beperkt. Bij extreme weersomstandigheden is de Hollandsche IJsselkering gesloten en valt een storm (windkracht > 12) samen met extreem hoog water op de Hollandsche IJssel. De kans dat windkracht 12 voorkomt is 1:2000. Er kunnen op de Hollandsche IJssel hoge golven van meer dan 1,5 meter ontstaan door de harde wind. De dijkvakken die dan met de kop in de wind liggen krijgen deze hoge golven op te vangen. Door in deze maatgevende situatie de stormvloedkering eerder te sluiten bij laag water en de gemalen op de Hollandsche IJssel een uur eerder te laten stoppen met pompen, zorg je ervoor dat het maximale waterpeil in de Hollandsche IJssel wordt verlaagd. Om die reden kunnen de KIJK dijken een aantal decimeter minder hoog worden aangelegd en daarmee nog steeds voldoen aan de veiligheidsnorm.

De studie is uitgevoerd door projectteam KIJK in samenwerking met Jeroen Willemsen (afdeling WS) en Arie van Gelder (afdeling WW). Ook is deze studie getoetst door ambtelijke collega's van Rijnland, HDSR en Rijkswaterstaat.

5.5 Doorkijk naar vervolgfase

In de clusterrapportages is per dijkvak een onderbouwing gegeven van de uitgewerkte kansrijke alternatieven. In de verkenningsfase is per dijkvak (zie bijlage 15) een onderbouwing gegeven van de uitgewerkte kansrijke alternatieven en daarmee ook van het gekozen VKA. Daarbij zijn ook aanbevelingen gegeven voor nadere detaillering van de alternatieven in de planuitwerkingsfase. De uitkomsten van lopende ontwikkelingen worden bij voorkeur verwerkt in het ontwerp voor het projectplan waterwet. De belangrijkste aanbevelingen daarvoor zijn kort samengevat:

Onzekerheidstoeslag

In de uitgevoerde sterkteberekeningen en de uitgevoerde analyses voor de voorlanden is tot nu toe uitgegaan van een conservatieve onzekerheidstoeslag van 0,3 meter op de waterstand. Met de nieuwste versie van HydraNL worden de onzekerheden meegenomen in de probabilistische analyse waarmee de onzekerheidstoeslag vervalt. Deze versie is op korte termijn (voorjaar 2018) beschikbaar. De verwachting is dat dit leidt tot een lagere waterstand bij norm en hydraulisch belastingniveau. Deze lagere belasting wordt in de planuitwerkingsfase gehanteerd als uitgangspunt voor het belastingniveau.

Hydraulische randvoorwaarden

In de komende periode (2018) wordt een nog verdergaande analyse uitgevoerd op de set hydraulische randvoorwaarden voor het systeem Hollandsche IJssel. De hydraulische randvoorwaarden kunnen nog verder worden verbeterd door het maalstoppeil en het sluiten van de stormvloedkering bij laagwater kentering realistisch te verwerken in de hydraulische

randvoorwaarden. Dit kan leiden tot een verdere verlaging van het belastingniveau (WBN, HBN). In de planuitwerkingsfase wordt in dit traject nauw samengewerkt met RWS en de POV-Voorlanden die deze studie uitvoeren.

Faalkans SVK

Voor het bepalen van de hydraulische belasting voor de waterkeringen van de Hollandsche IJssel is voor de periode tot 2050 tot nu toe uitgegaan van een faalkans van 1/200 per sluitvraag van de stormvloedkering, en voor de periode na 2050 van een faalkans van 1/500 per sluitvraag. Dit is conform de hiervoor vastgestelde uitgangspunten. Uit analyses die zijn uitgevoerd met het hydraulische belastingmodel, komt naar voren dat pas bij een significante faalkansverlaging (1:10.000) sprake is van verlaging van het belastingniveau met enkele decimeters. De haalbaarheid van een dergelijke faalkansverlaging is op dit moment echter nog niet aangetoond. In aansluiting op eerdere beschouwingen vanuit het Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden, is Rijkswaterstaat in 2018 gestart met een onderzoek naar de mogelijkheden om de faalkans per sluitvraag op termijn (verwacht na 2030) verder te verlagen. De maatregel is daarmee op dit moment niet kansrijk voor de dijkversterking, maar kan wel bijdragen aan het verlagen van de maatgevende waterstanden in de toekomst, een zogenoemde optimalisatie. Door stijgende waterstanden en zetting van de dijk betekent dat vooral een verlenging van de levensduur.

Constructies

In de berekeningen voor de Quick Wins langsconstructies is een voorschot genomen op de later in 2018 te verschijnen handreiking voor deze berekeningen. Mogelijk dat er aan de hand daarvan eerst vergelijkende berekeningen moeten worden uitgevoerd om verschillen in uitkomsten vast te stellen en te kunnen interpreteren.

Stabiliteit

Er zijn nog steeds ontwikkelingen in de software voor stabiliteit, en rekenkundige verbeteringen zijn daarmee nog niet direct stabiel. Mogelijk dat op het vlak van grensspanningen en het aanscherpen van de schematisering middels scenario berekeningen nog een (beperkte) reductie van de opgave is te bereiken. De theorie loopt vooruit op de praktische toepasbaarheid van de beschikbare software.

Voor stabiliteit speelt mogelijk dat de diepte van de waterbodem van de Hollandsche IJssel invloed heeft op de lokale autonome bodemdaling en mogelijk zelfs op de horizontale grondvervormingen van de waterkering. Nader bodemonderzoek en analyse van trends kan hier meer zicht op geven. Het verontdiepen van de waterbodem tot de vereiste vaardiepte kan hiervoor wellicht een oplossing bieden en onderdeel gaan uitmaken van de scope voor het realiseren van het VKA op een dijkvak. Dit is vooralsnog dus niet in de uitwerking qua afmetingen, materialisatie en kosten meegenomen.

Alleen de eindsituatie voor stabiliteit is bepaald in dit ontwerp onderzoek. In een latere fase moet ook de uitvoeringssituatie zeer nauwkeurig worden bekeken en afgewogen.

Uit de probabilistische analyses, die in het kader van Actuele sterkte voor de huidige situatie (beoordeling) als voor het ontwerp (bepalen marge) zijn uitgevoerd, tonen aan dat een goede semi-probabilistische analyse al een grote mate van optimalisatie bewerkstelligd. Deze optimalisatie is nog niet uniform doorgevoerd. Voor dijkvakken en/of dwarsprofielen voor een specifieke situatie, waar in vervolgfase een optimalisatie (scherp ontwerp) gerealiseerd dient te worden, kan een probabilistische analyse uitkomst bieden.

Kabels en leidingen

Voor de dimensionering in de dijkvakken A en R is het essentieel om de dimensies en de ligging van de verschillende leidingen haaks op de waterkering te weten. Deze eigenschappen, met name de diepteligging van deze kabels en leidingen is in de verkenningsfase niet beschikbaar gekomen.

Inpassing en maatwerkoplossingen

Voor het uitwerken tot ontwerp projectplan waterwet van het VKA, is in de planuitwerkingsfase meer duidelijkheid vereist op o.a. de mogelijke beschikbaarheid van benodigde gronden (grondverwerving, akkoordverklaringen). Er kunnen zich lokaal situaties voordoen (zoals kruisende kabels en leidingen) waardoor het VKA niet doorgezet wordt in het ontwerp projectplan waterwet. Voor die maatwerkoplossingen kan teruggegrepen worden naar de MCA en kan het als tweede beoordeelde alternatief worden uitgewerkt. Ook kan alsnog geput worden uit een aantal mogelijke alternatieven die na de eerste verkennende analyses als 'mogelijk op onderdelen' en/of als 'optimalisatie' zijn aangemerkt. Deze alternatieven kunnen voor onderdelen van dijkvakken en/of in combinatie met andere alternatieven tot een optimalisatie (oftewel een beperking van negatieve effecten tijdens de inpassing) leiden. Het gaat om de volgende alternatieven:

Golfremmende maatregelen:

In combinatie met een buitenwaartse aanpassing van het dijkprofiel kunnen golfremmende maatregelen bijdragen aan het oplossen of verkleinen van het hoogtetekort.

Demontabele kering:

Het toepassen van demontabele keringen kan het hoogtetekort oplossen. Echter doordat dit veel inspanning vergt vanuit het beheer en de calamiteitenorganisatie heeft dit vanuit beheeraspect geen voorkeur. Deze bouwsteen kan als optimalisatie gelden voor een gedeelte van een dijkvak, waar weinig ruimte beschikbaar is voor andere oplossingen. Bijvoorbeeld ter plaatse van op- en afritten van en naar het voor- en achterland in combinatie met een Constructie Type I.

Grondverbetering:

Met het toepassen van een grondverbetering blijkt dat deze het veiligheidstekort (voor macrostabiliteit binnen- en/of buitenwaarts) niet in z'n geheel oplost. Daarbij is er veel medegebruik van de ruimte in het binnentalud of achterland aanwezig (bebouwing en kabels en leidingen), die het toepassen van een integrale grondverbetering moeilijk uitvoerbaar maken. Lokaal kan deze bouwsteen mogelijk wel toegepast worden.

Wapening van het talud:

Ook de toepassing van taludwapening (zoals geogrids) lost het veiligheidstekort voor macrostabiliteit binnen- en/of buitenwaarts niet op. Ook een dergelijke bouwsteen vraagt om een zekere mate van ruimte die beschikbaar is om de wapening aan te brengen, welke nauwelijks aanwezig is. Lokaal kan deze bouwsteen mogelijk wel toegepast worden. Voor dijkvak U is een mogelijk alternatief verkend dat een verbijzondering is van wapening talud: inwendige versterking. De toelichting daarop is de clusterrapportage S t/m W opgenomen.

Drainage technieken / vergroten ondoorlatendheid:

Deze technieken kunnen invloed hebben op het niveau van de (grond)waterstand in de waterkering. Beide methoden zorgen voor een verlaging van de waterstand in de waterkering en daarmee kunnen ze een bijdrage leveren aan het oplossen van het veiligheidstekort voor zowel macrostabiliteit binnen- als buitenwaarts.

Toelaten hoger overslagdebiet:

Het overslagdebiet is in deze fase als uitgangspunt gekozen. Hiervoor is een waarde van 5,0 l/s/m aangehouden. Het toepassen van een hoger overslagdebiet kan er toe leiden dat de benodigde kruinhoogte lager kan worden aangebracht. Al zal daarbij wel (nog) meer zorg uitgaan naar de erosiebestendigheid van het binnentalud. Dit aspect is separaat aan het opstellen van de kansrijke alternatieven opgepakt en het resultaat levert mogelijk een ander uitgangspunt voor de volgende ontwerpfase.

Uitwerkingspunten per dijkvak

In de Notitie Ontwerpkaders en uitgangspunten (Bijlage 12) en de Clusterrapportages (Bijlage 15) zijn soms specifieke uitwerkingspunten benoemd. Voorbeeld hiervan is dat bij dijkvak E en de dijkvakken O t/m R dieptes aanwezig zijn in de onderwaterbodem van de Hollandsche IJssel. Het opvullen van deze dieptes en de materialisatie van de aanvullingen zal verder vormgegeven moeten worden. In de planuitwerkingsfase dient met deze uitwerkingspunten rekening te worden gehouden.