

Invloed systeemmaatregelen Hollandsche IJssel op versterking KIIJK-dijk



DROGE VOETEN EN SCHOON WATER

www.schielandendekrimpenerwaard.nl

Project

Krachtige IJsseldijken Krimpenerwaard (KIJK)

Projectnummer

2023.01539

Versie

V2.0

Versiedatum

21 februari 2023

Status

Definitief

Inhoudsopgave

Voorwoord	4
1. Inleiding	6
1.1. Betrokkenheid Adviesteam Dijkontwerp	7
2. Gebiedsbeschrijving van KIIK-dijk	8
2.1. De rivier de Hollandsche IJssel	8
2.2. Stormvloedkering Hollandsche IJssel	9
2.3. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg (Maeslantkering)	10
2.4. Dijken.....	11
2.5. Voorlanden.....	12
2.6. Bemaling en maalstop	12
2.7. Scheepvaart	13
2.8. Ecologie	13
2.9. Zoet-watervoorziening	14
3. Invloed van de systeemmaatregelen op de Hollandsche IJssel	15
3.1. KIIK-dijk voldoet niet aan de norm.....	15
3.2. Maatregelen	17
3.3. Verlagen faalkans huidige Hollandsche IJsselkering	18
3.4. Verdergaande faalkansverlaging met een extra kering (bijv. een 3 ^e schuif).....	22
3.5. Verlagen maalstop	23
4. Effect op versterkingsopgave	26
4.1. Hoogteopgave	26
4.2. Stabiliteitsopgave.....	30
5. Effect wijziging versterkingsopgave op VKA	37
5.1. Versterkingsopgave combinatie stabiliteits- en hoogte opgave	37
5.2. Onderbouwing VKA per dijkvak	39
5.3. VKA bij gewijzigde versterkingsopgave	40
5.4. VKA bij gewijzigde versterkingsopgave in geval van extra kering.....	46
6. Conclusie	48
7. Bijlage 1 dijkvak F en H	50
8. Bijlage 2 Dijkvak E en L	52
9. Bijlage 3 Dijkvak C, Q en R	54

Voorwoord

Voor u ligt het rapport 'Invloed systeemmaatregelen Hollandsche IJssel op versterking van de KIIJK-dijk' van maart 2022. Hierin zijn de eerdere inzichten uit de systeemanalyse uit 2019 geactualiseerd op basis van de meest recente kennis en inzichten. Versterking van de dijk langs de Krimpenerwaardoever van de Hollandsche IJssel vindt plaats onder de naam Krachtige IJsseldijken Krimpenerwaard (KIIJK), en onder de vlag van het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP). Het project wordt uitgevoerd door het Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard (HHSK). Er moet ongeveer 10 kilometer dijk versterkt worden. Kenmerkend in dit gebied zijn steile dijken en lintbebouwing langs de dijk (woningen, bedrijven, voorzieningen).

Om de veiligheid van het achterland te verbeteren kunnen, naast versterkingsmaatregelen aan de dijk, mogelijk ook andere maatregelen aan het watersysteem worden getroffen. Met het oog daarop hebben Rijkswaterstaat (RWS) en Hoogheemraadschap in 2019 gezamenlijk, in vervolg op de voorkeursstrategie van het Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden, een systeemanalyse laten uitvoeren. Centrale vraag in die systeemanalyse was hoe de waterveiligheid het best geborgd kan worden als naar het hele watersysteem van de Hollandsche IJssel (inclusief stormvloedkering) wordt gekeken, in plaats van alleen naar dijkversterking. Uit die analyse bleek dat de versterkingsopgave kleiner wordt als de betrouwbaarheid van de stormvloedkering wordt verhoogd. Hiermee kan tegemoet worden gekomen aan de wens van de omgeving om vanaf de kruin van de dijk het zicht op de Hollandsche IJssel te behouden. Daarnaast worden kosten bespaard.

De aanvullend onderzochte systeemmaatregelen zijn:

1. Verlagen van de faalkans van de Hollandsche IJsselkering.
2. Verlagen van de waterstand op de Hollandsche IJssel waarop nog mag worden uitgemaal (maalstop) op de Hollandsche IJssel.
3. Afdammen van de Hollandsche IJssel.

Zoals omschreven bij de conclusies in hoofdstuk 6 blijken verlaging van de maalstop en het afdammen van de Hollandsche IJssel geen reële oplossing te bieden. Verlaging van de faalkans biedt wel een oplossing. Deze leidt ertoe dat de versterkingsopgave voor de KIIJK-dijk en naar verwachting ook toekomstige opgaven voor dijkversterkingen langs de Hollandsche IJssel kleiner worden. RWS is daarom voornemens om in de periode tot 2030 een pakket aan maatregelen uit te voeren waarmee de faalkans van de Hollandsche IJsselkering wordt teruggebracht van 1:200 (huidige faalkans) naar (gelijk aan of beter dan) 1:1.500 per sluitvraag. Voor de periode tot 2050 is verdere verbetering tot een faalkans van 1:2.000 per sluitvraag vermoedelijk haalbaar. Voor de systeemanalyse wordt van deze laatstgenoemde faalkans uitgegaan. Dit onder voorbehoud van opdrachtverlening door de minister. Op basis van deze verbeterde faalkans zal binnen het project KIIJK de voorkeursoplossing worden uitgewerkt tot het definitieve ontwerp.

De systeemanalyses en de voorgenomen verbetering van de faalkans van de Hollandsche IJsselkering is het resultaat van een succesvolle samenwerking tussen HHSK en RWS. De dijkversterkingsopgave is in breder verband bekeken, en de oplossing is gedeeltelijk gevonden buiten de scope van het versterkingsproject zelf. Dit met als gevolg dat de versterking van de KIIJK-dijk minder impact heeft op de omgeving en een financiële besparing wordt gerealiseerd, binnen KIIJK, maar uiteindelijk voor alle dijkvakken langs de Hollandsche IJssel betreft. Door het opstellen van een zogeheten uitwisselbesluit kan er budget vanuit het HWBP

overgedragen worden aan Rijkswaterstaat voor het uitvoeren van de verbetermaatregelen aan de stormvloedkering.

Koos Vrolijk
Directeur Stormvloedkeringen
Rijkswaterstaat West Nederland - Zuid

en

Anne Kirsten Meijer
Hoofd Waterkeringen en opdrachtgever project KIJK
Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard

1. Inleiding

Dit document gaat in op de vraag of het Voorkeursalternatief (VKA) van de KIJK-dijk, dat in 2018 is vastgesteld, wijzigt door:

1. Aanscherpingen van de ontwerpuitgangspunten;
2. Het gebruik van geavanceerdere ontwerpmethodieken;
3. Systeemmaatregelen bestaande uit verbetering van de faalkans van de Hollandse IJsselkering en het verlagen van de maalstop.

1) Aanscherpingen ontwerpuitgangspunten

De ontwerpuitgangspunten hebben zich in de tijd na het VKA uit 2018 verder doorontwikkeld. Bijvoorbeeld door extra grondonderzoek blijkt de sterkte van het achterland hoger. Door een nadere analyse van het HYDRA-model, waarmee waterstanden en golven worden berekend, zijn de hydraulische randvoorwaarden aangescherpt. Deze aanscherpingen van de ontwerpuitgangspunten zijn inmiddels in het ontwerp van de versterking verwerkt. Dit rapport gaat uit van deze aanscherpingen.

2) Geavanceerdere ontwerpmethodieken

De Commissie m.e.r. merkt in haar advies op de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD) voor de MER fase 2 op dat geavanceerdere ontwerpmethodieken als probabilistische stabiliteitsberekeningen en bewezen sterkte de versterkingsopgave wellicht verkleinen en daarmee ook de VKA keuze beïnvloeden. Veel van de geavanceerde ontwerpmethodieken zijn in 2017 (voor de vaststelling VKA) al onderzocht als pilot in de Project Overstijgende Verkenning Macrostabiele Actuele Sterkte¹, maar de kennis en rekentools ontwikkelen zich op dit gebied continu door. Het Adviesteam dijkontwerp (ADO) heeft onder andere geadviseerd om de reststerkte na afschuiven nader te beschouwen omdat een afschuiving niet in alle gevallen direct tot een overstroming zal leiden.

3) Systeemmaatregelen

De Commissie m.e.r. stelt verder voor om te bekijken hoe de faalkans van de Hollandse IJsselkering maximaal verlaagd kan worden. Hier zijn eerder al stappen in gezet, zie onderstaand kader. Een andere systeemmaatregel die in dit onderzoek is onderzocht is de maalstop.

Systeemmaatregelen Hollandse IJsselkering

In 2019 en 2020 hebben het hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard en Rijkswaterstaat een systeemanalyse uitgevoerd om te onderzoeken of met aanvullende maatregelen in de Hollandse IJssel, zoals faalkansverlaging van de stormvloedkering of verlaging van de maalstop, de dijkversterkingsopgave kan verminderen². Daaruit bleek dat verlaging van de faalkans van de stormvloedkering in de Hollandse IJssel resulteert in een aanzienlijke verlaging van de waterstanden. Rijkswaterstaat heeft vervolgens een pakket aan maatregelen uitgewerkt dat gegarandeerd in 2030 gerealiseerd kan worden. Dit pakket leidde naar verwachting toen tot een verlaagde faalkans van de Hollandse IJsselkering van tussen

¹ Actuele Sterkte - Een publicatie van de POV Macrostabieleit, juni 2020
https://www.hwbp.nl/binaries/hoogwaterbeschermingsprogramma/documenten/rapporten/2020/12/15/publicatie-povm-actuele-sterkte/publicatie_POVM-ActueleSterkte.pdf

² Systeemanalyse Hollandse IJssel, Uitwerking conform BOI uitgangspunten, HKV, rapportnummer PR3925.10, april 2019

de eens per 1.000 en 2.000 sluitvragen. Omdat er met de voorgestelde maatregelen nog geen ervaring was, kon Rijkswaterstaat geen grotere garantie geven dan eens per 1.000 sluitvragen in 2030, maar heeft daarbij aangegeven dat een faalkans van eens per 2.000 sluitvragen in 2050 mogelijk zou moeten zijn. Die combinatie van faalkansen voor 2030 en 2050 was een forse verbetering ten opzichte van de huidige norm van eens per 200 sluitvragen in 2030 waar in het VKA vanuit is gegaan.

1.1. Betrokkenheid Adviesteam Dijkontwerp

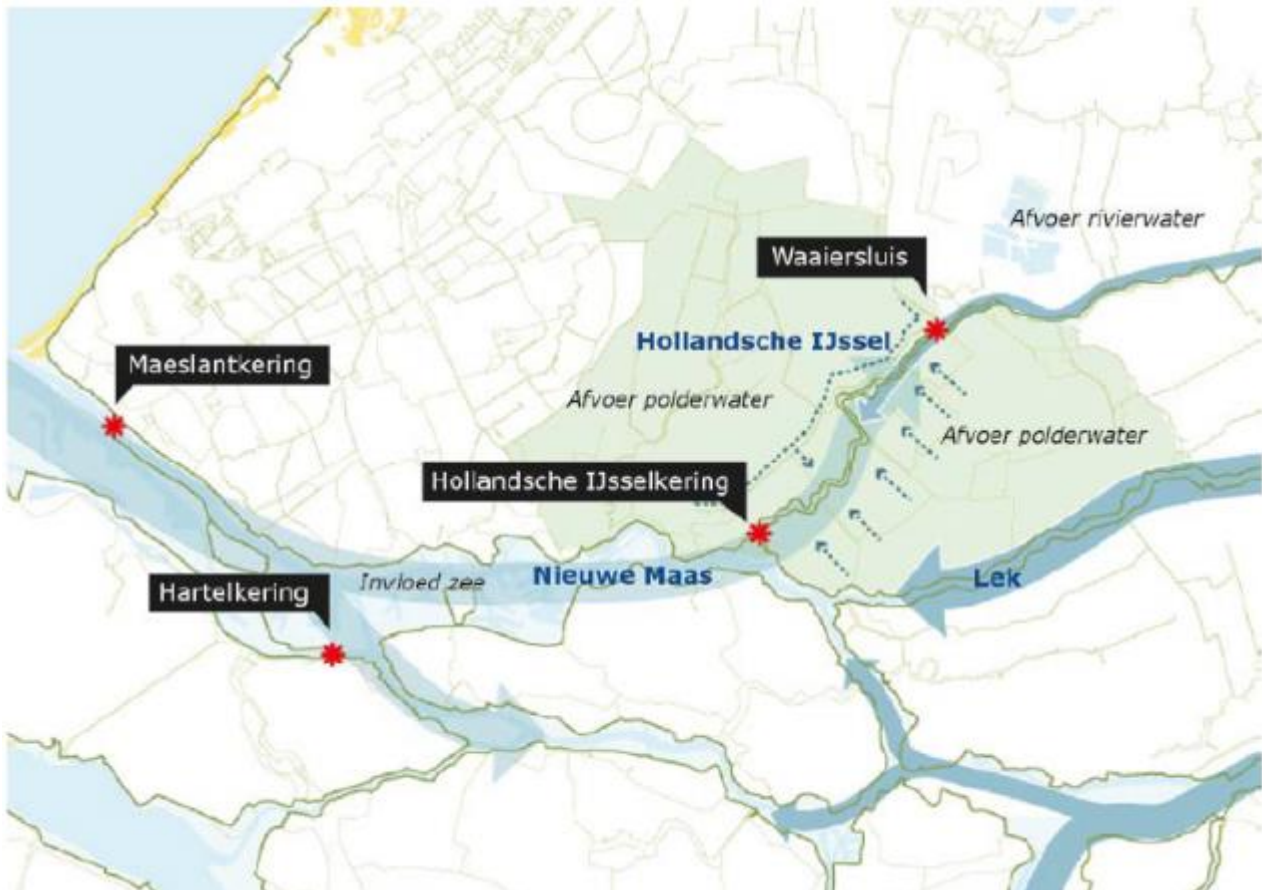
In lijn met de aanbeveling van de commissie m.e.r. om het Adviesteam Dijkontwerp bij de uitwerking van de veiligheidsopgave en de systeemanalyse te betrekken, heeft het Adviesteam Dijkontwerp in juli 2021 een concept van de rapportage Systeemanalyse gereviewd. In deze review heeft het Adviesteam Dijkontwerp een aantal bevindingen en aanbevelingen gedaan, welke in augustus 2021 zijn besproken met het project. Vervolgens hebben in het eerste kwartaal van 2022 drie overleggen plaatsgevonden met het project, waarin onderdelen uit het advies nader zijn toegelicht en het Adviesteam suggesties heeft gedaan over de concrete uitwerking hiervan. Bij de daadwerkelijke uitwerking van de aanbevelingen van het Adviesteam in de eindproducten van de rapportages Veiligheidsopgave en Systeemanalyse is het Adviesteam niet betrokken geweest. Door het Adviesteam is ook geen review op de eindproducten uitgevoerd.

Leeswijzer

Het rapport gaat eerst in op het gebied rond de KIIK-dijk. Vervolgens worden de systeemmaatregelen benoemt (hoofdstuk 3) en het effect van de systeemmaatregelen op de versterkingsopgave bepaald (hoofdstuk 4). Tot slot is gekeken of dit effect zodanig is dat het leidt tot een andere VKA afweging (hoofdstuk 5).

2. Gebiedsbeschrijving van KIIJK-dijk

De waterveiligheidsopgave voor de KIIJK-dijk (Krachtige IJsseldijken Krimpenerwaard) kan niet los gezien worden van het gebied waar de dijk zich in bevindt, het gebied rond de Hollandsche IJssel. De dijkversterking en in het bijzonder maatregelen aan het watersysteem, kunnen invloed hebben in dit hele gebied. Als eerste wordt daarom een korte beschrijving van dit gebied gegeven.



Figuur 2.1: De KIIJK-dijk is de dijk ten zuidoosten van de Hollandsche IJssel tussen de twee rode sterren van de Hollandsche IJsselkering en Waaiersluis.

2.1. De rivier de Hollandsche IJssel

De rivier de Hollandsche IJssel heeft een lengte van 20 km en is een zoetwatergetijderivier met 1,5 – 1,9 m getijdeverschil. De rivier staat in directe verbinding met de Noordzee via de Nieuwe Maas en de Nieuwe Waterweg. De Hollandsche IJssel is een belangrijke scheepsdoorvaartroute en zoetwaterbron voor West-Nederland. Daarnaast is het een voorbeeld van een zoetwatergetijderivier, een ecosysteem dat in Europa vrij schaars is. Het gebied rondom de Hollandsche IJssel is deels stedelijk (met name langs de monding) en deels landelijk.

Oorspronkelijk was de Hollandsche IJssel een zijtak van de Lek (zie figuur 2.1). In 1285 werd de rivier de Hollandsche IJssel in opdracht van de Bisschop van Utrecht afgedamd. De reden voor afdamming was in de eerste plaats dat het bij Wijk bij Duurstede afdammen van de Rijn, van de Lek een grote rivier met meer wateroverlast had gemaakt. Daarnaast vroeg de ontginning van het Hollandse veengebied om een betrouwbare afwatering. In 1862 is de

Hollandsche IJssel ten oosten van de rond die tijd aangelegde Waaiersluis gekanaliseerd. Dit deel wordt de gekanaliseerde Hollandsche IJssel genoemd (dit deel wordt verder in dit rapport niet beschouwd).

De breedte van de IJssel op de waterlijn is 100 à 200 meter. Tussen de Julianasluis en de Waaiersluis is de breedte ongeveer 50 meter. Aan de noordzijde van de Hollandsche IJssel, tussen de Waaiersluis en de Julianasluis ligt de stad Gouda. Gouda ligt in het beheergebied van het hoogheemraadschap van Rijnland. Aan de westzijde tussen de Julianasluis en de Hollandsche IJsselkering ligt Schieland, een gebied dat bestaat uit een smalle strook langs de rivier waar geen veenwinning heeft plaatsgevonden, gevolgd door diepe polders die als gevolg van veenwinning en drooglegging zijn ontstaan. In dit deel ligt ook het laagste punt van Nederland (NAP-6,76m, op minder dan 2 kilometer van de Hollandsche IJssel). Aan de oostzijde tussen de Waaiersluis en de Hollandsche IJsselkering ligt de Krimpenerwaard, een niet ontgonnen veenweidegebied.

De waterstanden achter de Hollandsche IJsselkering, dus op de Hollandsche IJssel, worden bepaald door:

- de getijdenwerking en door wind (stormopzet) bij een open Hollandsche IJsselkering,
- het totale maaldebiet vanuit de polders, de maalstop en de wind bij een gesloten Hollandsche IJsselkering.

De faalkans van de Hollandsche IJsselkering bepaalt de kans op de situatie dat de Hollandsche IJsselkering open staat terwijl deze eigenlijk gesloten had moeten zijn.

2.2. Stormvloedkering Hollandsche IJssel

De Hollandsche IJsselkering is het eerste Deltawerk. In 1953 brak de dijk bij Ouderkerk aan den IJssel door en dreigde een dijk in Nieuwerkerk aan den IJssel het te begeven. Een jaar later startte daarom in hoog tempo de bouw van de Hollandsche IJsselkering bij de monding van de Hollandsche IJssel bij de rivier de Nieuwe Maas.



Figuur 2.2: De Hollandsche IJsselkering bestaat uit twee schuiven (blauw) en links daarvan een schutsluis.

Er is in 2014 voor gekozen om de Hollandsche IJssel met een afsluitbare kering als open rivier te handhaven³, met maximale kansen voor de scheepvaart en getijdennatuur. Die oplossing bleek het meest kosteneffectief en tast de natuurlijke dynamiek het minst aan.

De Hollandsche IJsselkering heeft als doel om de Hollandsche IJssel af te sluiten als vanuit zee hoogwater wordt verwacht. De kering bestaat uit twee beweegbare schuiven die ieder tussen twee betonnen torens hangen. Als er geen storm is hangen de deuren hoog boven het water en kan de scheepvaart vrij onder de kering doorvaren. Als de kering gesloten is, maakt de scheepvaart gebruik van een schutsluis. De kering is destijds ontworpen zonder een expliciete faalkans.

De Hollandsche IJsselkering sluit gemiddeld zo'n drie tot vier keer per jaar. Het formele sluitpeil is vastgelegd in het Waterakkoord Hollandsche IJssel, waarin staat dat de kering moet sluiten om de waterstand bij Krimpen aan den IJssel (binnenzijde kering) niet hoger te laten worden dan 2,25 m boven NAP (dit noemen we het sluitcriterium). De kering sluit op laagwaterkering (meestal rond 1 meter boven NAP) en op verwachtingen van de waterstand van het sluitcriterium. Rekening houdend met de onnauwkeurigheid van waterstandsverwachtingen sluit de kering tijdelijk op een verwachte waterstand van 2,0 m boven NAP. De Hollandsche IJsselkering heeft in de Waterwet een faalkansnorm van eens per 200 sluitvragen. Dit betekent dat de kans dat de Hollandsche IJsselkering niet sluit als hij dat wel zou moeten niet groter mag zijn dan eens per 200 sluitvragen.

De kering is in 1958 gebouwd met een levensduur van 100 jaar. Door gericht beheer en onderhoud, en het toepassingen van technische vernieuwingen, kan deze levensduur naar verwachting opgerekt worden met een nog onbekend aantal jaren.

2.3. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg (Maeslantkering)

De Maeslantkering ligt direct voor de zeemonding, de Hollandsche IJsselkering ligt dus verder landinwaarts. De Maeslantkering beschermt het achterliggende watersysteem tegen extreem hoogwater op de Noordzee. Het blijkt dat de maatgevende belasting voor de KIJK-dijk bijna volledig wordt bepaald door waterstanden als de Maeslantkering nog open staat. De Maeslantkering sluit namelijk pas bij een stormpeil van 3,0 meter boven NAP. Een open of gesloten Maeslantkering bij dit sluitpeil blijkt echter nauwelijks effect te hebben op de gevolgen van een dijkdoorbraak bij de KIJK-dijk.

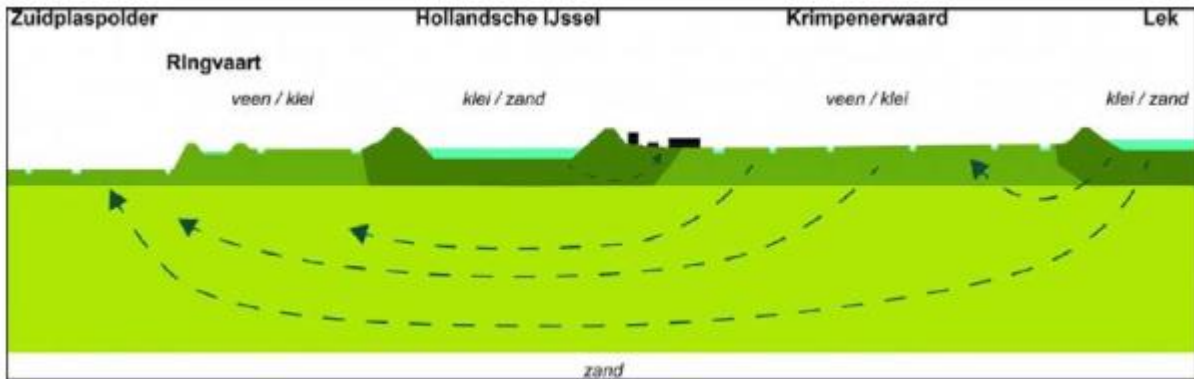


Figuur 2.3: De Maeslantkering gaat pas bij veel hogere waterstanden dicht dan de Hollandsche IJssel kering.

³ Achtergrondrapport Hollandsche IJssel, Deltaprogramma | Rijnmond Drechtsteden, juni 2014

2.4. Dijken

De dijken langs de Hollandsche IJssel bestaan uit klei op een dik pakket van slappe klei- en veenlagen. Vanwege het dikke pakket slappe lagen snijdt de riviergeul niet in het Pleistocene zand, waardoor het buitenwater onder normale omstandigheden nauwelijks in de dijk doordringt.



Figuur 2.4: De rivier de IJssel ligt ingebed in een dikke laag van ondoordringbare klei.

De dijken aan weerszijden van de Hollandsche IJssel zijn erg steil. Aan de Schielandse kant zijn afwisselend woonkernen en landelijke strekkingen langs de dijk aanwezig. Bij de Krimpenerwaardse dijk worden de woonkernen afgewisseld door strekkingen met lintbebouwing. In sommige gevallen staat de bebouwing zo dicht op de dijk dat in het verleden keermuurtjes zijn aangebracht voor de bebouwing (circa 50 muurtjes) om de dijk te kunnen versterken. In het beheergebied van het hoogheemraadschap van Rijnland ligt de dijk in het stedelijk gebied van Gouda.



Figuur 2.5: veel woningen tegen de dijk (foto vanaf de weg en van boven).

Tot 2017 werden de dijken achter de Hollandsche IJsselkering geclassificeerd als dijken die geen direct buitenwater keren. In 2017 is de Waterwet van kracht geworden met een specifieke norm voor de dijken langs de Hollandsche IJssel. Het Schielandse en Rijnlandse deel van de dijken langs de Hollandsche IJssel is hierin aangemerkt als dijktraject 14-1 en heeft als norm een maximaal toelaatbare overstromingskans van 1/10.000 per jaar. De Krimpenerwaardse dijk is traject 15-3 en heeft als norm een overstromingskans van 1/3.000

jaar. Deze trajectnorm is vastgesteld bij de wettelijke faalkans van de Hollandsche IJsselkering van eens per 200 sluitvragen.

2.5. Voorlanden

Tussen de dijken en de rivier is op veel plekken voorland aanwezig. Voorland is buitendijks gebied dat soms dusdanig hoog ligt dat er woningen of bedrijven op zijn gevestigd zonder dat het gebied vaak onder water loopt. In de Project Overstijgende Verkenning Voorlanden (POV Voorlanden) is voor de Hollandsche IJssel onderzocht wat deze voorlanden voor invloed hebben op de overstromingskans⁴. Het hoge voorland zorgt er namelijk voor dat er geen golven tegen de dijk kunnen komen. Sommige voorlanden zijn zo hoog dat er ook geen water tegen de dijk aan kan komen te staan. Het voorland is dan met de dijk samen de waterkering.



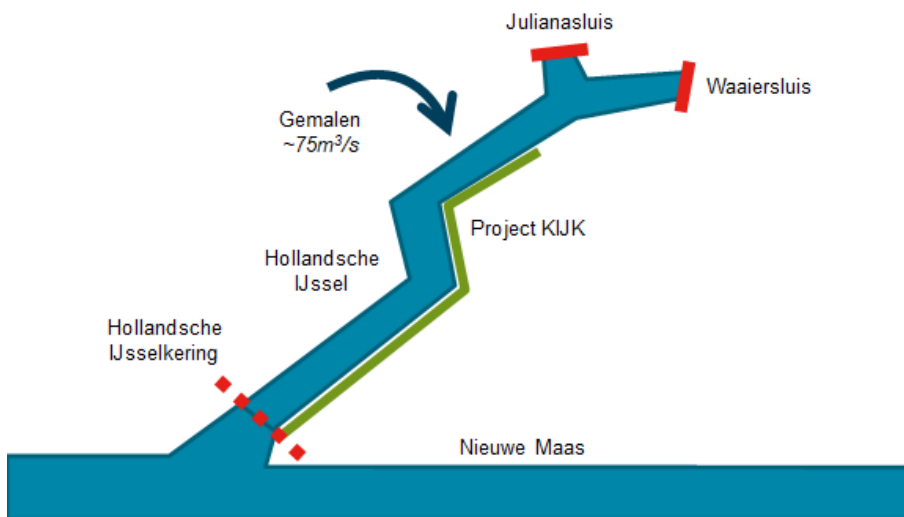
Figuur 2.6: Voorlanden zijn buitendijkse terreinen die samen met de dijk de waterkering vormen (foto met zicht op het voorland en van boven).

2.6. Bemaling en maalstop

Voor de hoogheemraadschappen Schieland en de Krimpenerwaard, Rijnland en Stichtse Rijnlanden is de Hollandsche IJssel belangrijk voor de afvoer van water uit de boezems en polders. In perioden na hevige neerslag kan in totaal op de Hollandsche IJssel meer dan 75 m³/s uitgeslagen worden.

Als de Hollandsche IJsselkering dicht is gezet, omdat er hoogwater wordt verwacht door een storm, is de Hollandsche IJssel in feite een bakje geworden, het water kan nergens heen en de gemalen vullen het bakje.

⁴ Mini-systeemanalyse Hollandsche IJssel - Effect maatregelen op waterstanden en HBN's HKV, rapportnummer PR3757.10, juli 2018.



Figuur 2.7: Schematisering Hollandsche IJssel als systeem.

Met de hoogheemraadschappen is afgesproken dat de waterstand in de Hollandsche IJssel, in geval van een gesloten Hollandsche IJsselkering, nooit hoger mag worden dan 2,60 meter boven NAP bij meetpunt Krimpen (maalstoppeil). Als die waterstand optreedt mag er niet meer op de Hollandsche IJssel worden uitgemalen. Deze waterstand heet dan ook de maalstop.

Als de Hollandsche IJsselkering open staat stroomt het water uit de gemalen gewoon naar zee.

2.7. Scheepvaart

De Hollandsche IJssel vormt de scheepvaartverbinding tussen de haven van Rotterdam en het achterland, met jaarrond een nagenoeg vrije doorvaart voor de scheepvaartklasse Va (schepen met karakteristieke afmetingen: lengte 110 meter, breedte 11,4 meter en diepgang 3,5 meter). Voor zowel de beroeps- als de recreatievaart is juli de drukste maand. Op een drukke dag in juli passeren er circa 185 schepen, waarbij het grootste deel (116 schepen) bestaat uit recreatievaartuigen. De beroepsvaart is ongeveer gelijk verdeeld over opvaart en afvaart, terwijl bijna twee derde van de recreatievaart stroomopwaarts vaart. Het Havenbedrijf Rotterdam verwacht daarin in de toekomst een lichte groei, onder andere door verdere uitbouw van de capaciteit van de containerterminal bij Alphen aan den Rijn.

De Hollandsche IJssel maakt deel uit van de Staande Mast Route (voor schepen met een opbouwhoogte van meer dan zes meter). Deze route vormt de verbinding tussen het IJsselmeer en de Zeeuwse Delta.

2.8. Ecologie

De Hollandsche IJssel is een zoetwatergetijdenrivier; een in Europa vrij unieke basis voor specifieke ecosystemen. Daarom zijn voor deze rivier binnen de Kaderrichtlijn Water (KRW) specifieke ecologische kenmerken en doelstellingen aangewezen, die in sterke mate afhankelijk zijn van de getijslag (1,5 m bij Krimpen, oplopend tot 1,9 m bij Gouda), en van het feit dat het water nagenoeg jaarrond zoet is. Om aan de doelstellingen te voldoen is in de afgelopen decennia veel geïnvesteerd in sanering van vervuilde gronden (zowel rivierbodem

als oevers), met totale kosten van ongeveer € 33 miljoen. Van de 45 oeversgebieden die zijn gesaneerd zijn er 30 heringericht als natuurgebied.

2.9. Zoet-watervoorziening

De Hollandsche IJssel vormt een cruciale bron voor de zoetwatervoorziening voor een groot deel van West-Nederland: via de inlaten bij o.a. de Snelle Sluis en Gouda worden grote hoeveelheden zoet water ingelaten om voor de noodzakelijke doorstroming te zorgen voor de boezems en slotenstelsels van Schieland en de Krimpenerwaard, Rijnland (tot aan het Noordzeekanaal) en vanuit dit stelsel ook voor doorvoer naar Delfland. Deze doorstroming is vooral bedoeld om het zoutgehalte in het polderwater zo laag mogelijk te houden, als maatregel tegen zoute kwel. Daarnaast is zoetwateraanvoer van belang voor (voor zoutkwetsbare) teelten, waaronder de fruit- en bosboomteelten rondom Boskoop. Daarom wordt de inname van zoet water uit de Hollandsche IJssel bij Gouda gestaakt als daar het chloridegehalte hoger is dan 250 mg/l. In die situatie kan er gebruik gemaakt worden van een alternatieve aanvoer: de KWA (voorheen Kleinschalige Wateraanvoer, nu Klimaatbestendige Wateraanvoer). Daarbij wordt zoet water aangevoerd vanuit de Lopikerwaard en het Amsterdam-Rijnkanaal.



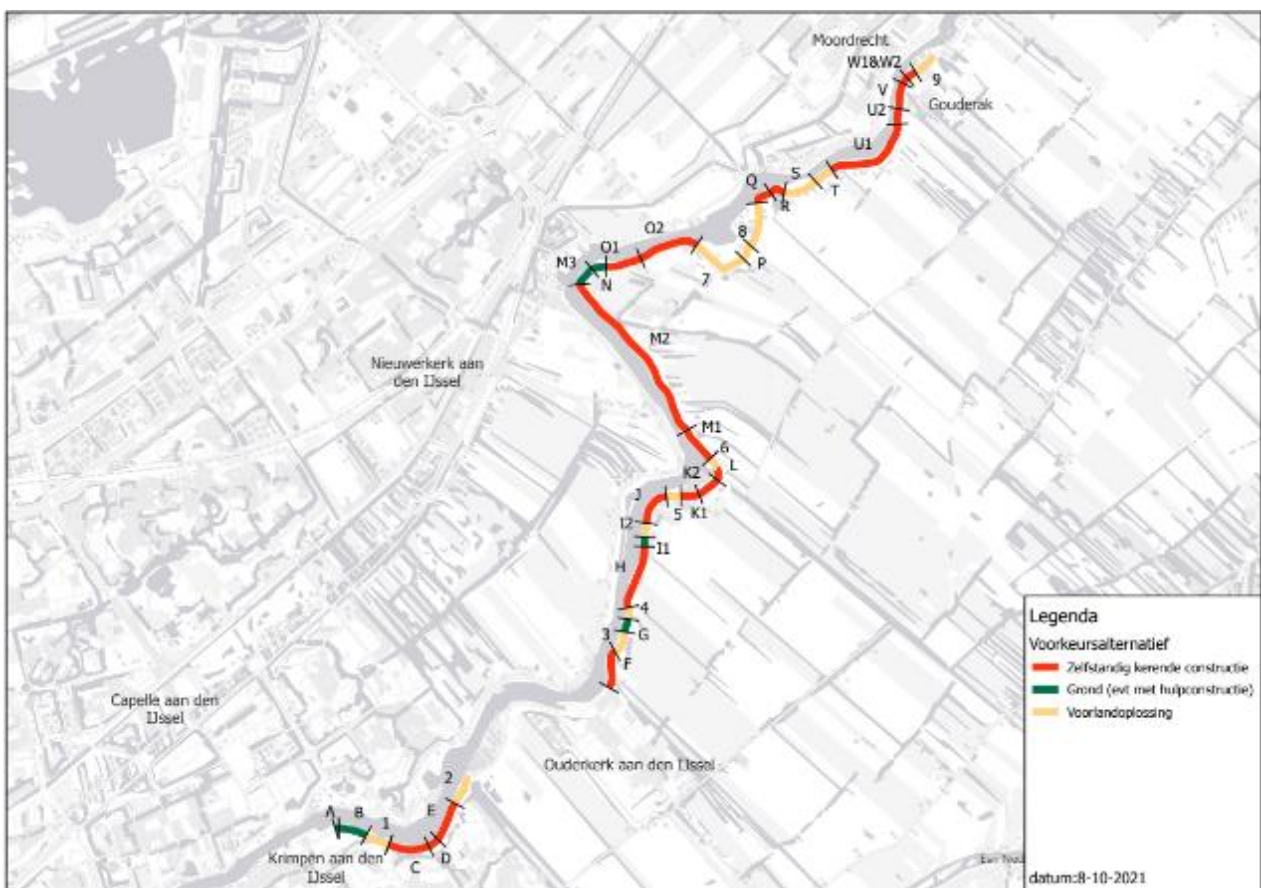
Figuur 2.8: De Hollandsche IJssel wordt ook als zoetwatervoorziening gebruikt voor het achterland (foto: een van de waterinlaatsluizen en van boven is de locatie gemarkeerd met een rode marker).

3. Invloed van de systeemmaatregelen op de Hollandsche IJssel

3.1. KIJK-dijk voldoet niet aan de norm

De wettelijke norm voor de KIJK-dijk is bepaald op 1/3.000 per jaar. Dit betekent dat de kans op een overstroming als gevolg van een dijkdoorbraak niet groter mag zijn dan 1/3.000 per jaar. De KIJK-dijk voldoet nu niet aan deze norm. De combinatie van hoogwater en de kans dat de Hollandsche IJsselkering faalt (de kering gaat niet dicht) zorgt voor een hydraulische belasting op de dijk (waterstand en golven), die de dijk niet veilig kan keren. De bestaande dijk is daarvoor niet stabiel genoeg en niet hoog genoeg. Er kan dan een overstroming ontstaan van het achterland.

Het voorkeursalternatief (VKA) is vastgesteld op basis van een faalkans van de Hollandsche IJsselkering van eens per 200 sluitvragen in het jaar 2030 en eens per 500 sluitvragen in het jaar 2050.



Figuur 3.1: Het VKA van de KIJK-dijk. De letters zijn dijkvakken waar een fysieke maatregel wordt genomen. De gecijferde dijkvakken is het voorland en de dijk gezamenlijk de waterkering.

Het VKA bestaat uit:

- zelfstandig kerende constructie;
- voorlanden;
- grondoplossing eventueel met hulpconstructie.

Zelfstandig kerende constructie

Het grootste deel van het VKA bestaat uit een zelfstandig kerende constructie. Een zelfstandig kerende constructie wordt ook wel een Type I versterking genoemd. Dat wil zeggen dat de constructie zonder grondlichaam volledig zelfstandig de waterkering vormt, zoals bijvoorbeeld een lange damwandplank die sterk en hoog genoeg is.



Figuur 3.2: Een zelfstandig kerende constructie wordt ook wel een Type I versterking genoemd.

Voorlanden

In paragraaf 2.5 is beschreven dat de voorlanden samen met de dijk de waterkering vormen. Alle genummerde dijkvakken zijn voorlanden waar geen ingrepen nodig zijn om aan de norm te voldoen. Deze dijkvakken voldeden niet aan de norm als de voorlanden niet als onderdeel van de waterkering zouden zijn meegerekend. In het kader van de Project Overstijgende Verkenning Voorlanden van het hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) is een methodiek ontwikkeld om de voorlanden wel als onderdeel van de waterkering mee te nemen. Als de voorlanden (voor de genummerde dijkvakken) als onderdeel van de waterkering worden meegenomen is er geen hoogte en stabiliteitsopgave meer.

Grondoplossing met hulpconstructie

De grondoplossing is een dijkversterking door aanvulling van het grondlichaam, bijvoorbeeld door ophogen of door te verstevigen (taludverflauwing of aanleg van een berm). Een grondoplossing met hulpconstructie wordt ook wel een type II versterking genoemd. Dat wil zeggen dat het grondlichaam en de hulpconstructie samen de waterkerende functie vervullen.



Figuur 3.3: Een grondoplossing met hulpconstructie wordt ook wel een Type II versterking genoemd (rechts in de grond een grijze muur/hulpconstructie).

3.2. Maatregelen

Om de veiligheid van het achterland te verbeteren kan de dijk worden versterkt. In het specifieke geval van de dijken achter de Hollandsche IJsselkering zijn er echter ook andere (systeem)maatregelen mogelijk om de veiligheid van het achterland te verbeteren.

Die maatregelen kunnen zijn:

1. Verlagen van de faalkans van de Hollandsche IJsselkering;
 - a. Verlagen van de faalkans van de huidige Hollandsche IJsselkering
 - b. Verdergaande faalkansverlaging met een extra kering (bijv. een 3^e schuif)
2. Het verlagen van de waterstand op de Hollandsche IJssel waarop nog mag worden uitgemaalend (maalstop) op de Hollandsche IJssel;
3. Afdammen van de Hollandsche IJssel.

1a) Verlagen van de faalkans van de huidige Hollandsche IJsselkering.

In de watersysteemanalyse die het hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard (HHSK) en Rijkswaterstaat (RWS) hebben uitgevoerd² bleek dat faalkansverlaging van de Hollandsche IJsselkering een significant effect heeft op de waterstanden in de Hollandsche IJssel. De beheerder van de Hollandsche IJsselkering (RWS) heeft indertijd aangegeven een faalkansverlaging naar eens per 1.000 sluitvragen voor het jaar 2030 te kunnen garanderen. Ook is aangegeven dat een verdere verlaging tot eens per 2.000 sluitvragen in het jaar 2050 mogelijk zou moeten zijn. Rijkswaterstaat heeft verder haar beheerdersinschatting gegeven over de haalbaarheid van nog lagere faalkansen. Een faalkans ergens tussen de eens per 2.000 en 5.000 sluitvragen lijkt technisch haalbaar, waarbij nog niet duidelijk is of de baten hoger zullen zijn dan de kosten. Faalkansen lager dan eens per 5.000 sluitvragen lijken praktisch gezien niet realistisch.

In dit rapport is daarom nader onderzocht hoe groot het effect op de versterkingsopgave en daarmee mogelijk op het Voorkeursalternatief (VKA) is bij een faalkans van:

- Eens per 200 sluitvragen in het jaar 2030, de huidige wettelijke minimale faalkans, en eens per 500 sluitvragen voor het zichtjaar 2050. Hier is het VKA op gebaseerd;

- Eens per 1.000 sluitvragen in 2030 en eens per 2.000 sluitvragen in het jaar 2050, de faalkans die door RWS gerealiseerd gaat worden, hier is het VKV op gebaseerd;
- Eens per 2.000 sluitvragen in 2030, hier is het Definitief Ontwerp (DO) voor de planproducten op gebaseerd. Hierbij wordt opgemerkt dat dit uitgangspunt dus wat verder gaat dan de inschatting van RWS dat in de periode tot 2050 een faalkansverbetering tot eens per 2.000 vragen vermoedelijk haalbaar is.
- Eens per 5.000 sluitvragen in 2030.

Deze faalkansen zijn vergeleken voor het zichtjaar 2050, waarin ook de verwachte zeespiegelstijging en zetting/bodemdaling tussen 2030 en 2050 meegenomen zijn. Het effect van het verlagen van de faalkans van de Hollandsche IJsselkering is beschreven in paragraaf 3.3.

1b) Verdergaande faalkansverlaging met een extra kering (bijv. een 3e schuif)

Met het toevoegen van een extra kering, bijvoorbeeld in de vorm van een derde schuif, is het naar verwachting mogelijk de faalkans van de Hollandsche IJsselkering verdergaand te verlagen. Op deze verdergaande systeemmaatregelen is ingegaan in paragraaf 3.4. Daarbij is ter illustratie van het effect van deze maatregel indicatief uitgegaan van een faalkans van eens per 25.000 sluitvragen.

2) Het verlagen van de waterstand op de Hollandsche IJssel waarop nog mag worden uitgemalen (maalstop) op de Hollandsche IJssel.

Het effect van het verlagen van de maalstop blijkt zeer beperkt als de faalkans van de Hollandsche IJsselkering groter is dan eens per 5.000 sluitvragen. Daarom is het effect van de verlaagde maalstop alleen bij een aangepaste faalkans van de Hollandsche IJsselkering van eens per 5.000 sluitvragen of kleiner bekeken. Dit staat in paragraaf 3.5.

3) Afdammen van de Hollandsche IJssel.

Het afdammen van de Hollandsche IJssel zorgt voor aanzienlijke vermindering van de versterkingsopgave. Afdamming heeft echter zeer negatieve effecten op andere onderdelen van het totale systeem, zoals ecologie en scheepvaart. Dit staat nader uitgewerkt in hoofdstuk 2 van het MER.

3.3. Verlagen faalkans huidige Hollandsche IJsselkering

De Hollandsche IJsselkering heeft een wettelijke norm. Deze norm stelt een eis aan de betrouwbaarheid van de Hollandsche IJsselkering. De kans dat de Hollandsche IJsselkering niet sluit, als hij wel zou moeten sluiten, mag volgens de wet niet groter zijn dan eens per 200 sluitvragen. Er bestaat dus een kans dat tijdens hoogwater de Hollandsche IJsselkering niet sluit terwijl dat wel had moeten. Het hoge buitenwater kan dan onbelemmerd de Hollandsche IJssel in blijven stromen en dat leidt tot hogere waterstanden dan bij een gesloten Hollandsche IJsselkering.

Als de faalkans van de Hollandsche IJsselkering kleiner wordt, wordt de kans kleiner dat de kering niet sluit. De invloed van de waterstanden op zee en/of op de rivieren wordt daarmee kleiner, maar de invloed blijft wel bestaan. Dus, hoe lager de faalkans van de Hollandsche IJsselkering, hoe kleiner de invloed van hoge buitenwaterstanden (de zee/Nieuwe Maas) op de hydraulische belasting op de dijken achter de Hollandsche IJsselkering.

Wanneer deze (statistische) waterstand op de Hollandsche IJssel lager wordt, heeft dit invloed op de versterkingsopgave van de KIJK-dijk. Er is daarom onderzocht wat het effect is op de benodigde hoogte en op de stabiliteit van de dijk als de faalkans van de Hollandsche IJsselkering lager is. De effecten op deze twee aspecten worden in de volgende subparagrafen uitgewerkt.

3.3.1. Effect verlagen faalkans op hoogte

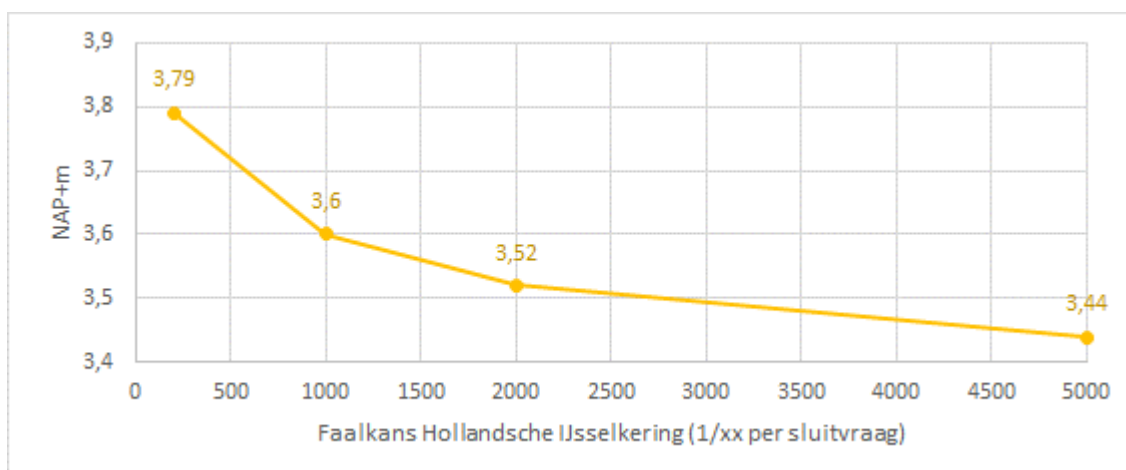
De benodigde hoogte van een dijk wordt bepaald door de waterstand en golven.

Golven zijn afhankelijk van hoe hard het waait, de windrichting en over welke lengte de wind over het water waait. Bij een bocht in de rivier kan de wind veel langer over het water waaien wat tot hogere golven leidt. En omdat de KIJK-dijk erg verschilt in ligging ten opzichte van de rivier, is de invloed van golven op het ontwerp van de dijk sterk verschillend langs de dijk.

Als de faalkans van de Hollandsche IJsselkering lager wordt, dan wordt de kans kleiner dat, als het stormt, de Hollandsche IJsselkering een keer niet sluit. Dit wordt uitgelegd aan de hand van dit voorbeeld. Stel: de faalkans van de Hollandsche IJsselkering is nu eens per 200 sluitvragen, dan sluit de kering bij 1 op de 200 stormen niet. Het water loopt dan de Hollandsche IJssel in. Verlagen we de faalkans van de Hollandsche IJsselkering naar eens per 2.000 sluitvragen, dan sluit de kering 1 op de 2.000 stormen niet.

De kans dat er een zware storm voorbijkomt waarbij de kering niet gesloten is, is bij de faalkans van eens per 200 sluitvragen dus 10 keer hoger dan bij eens per 2.000 sluitvragen.

Daarmee is de invloed van golven ook afhankelijk van de faalkans van de Hollandsche IJsselkering. Het samenspel van waterstanden en golven leidt namelijk tot de vereiste kruinhoogte van de dijk. De vereiste kruinhoogte wordt ook wel het hydraulisch belastingniveau (HBN) genoemd. In figuur 3.4 is als voorbeeld voor een locatie in vak U2 weergegeven wat de vereiste kruinhoogte van de dijk (HBN) is bij een kleinere faalkans van de Hollandsche IJsselkering.

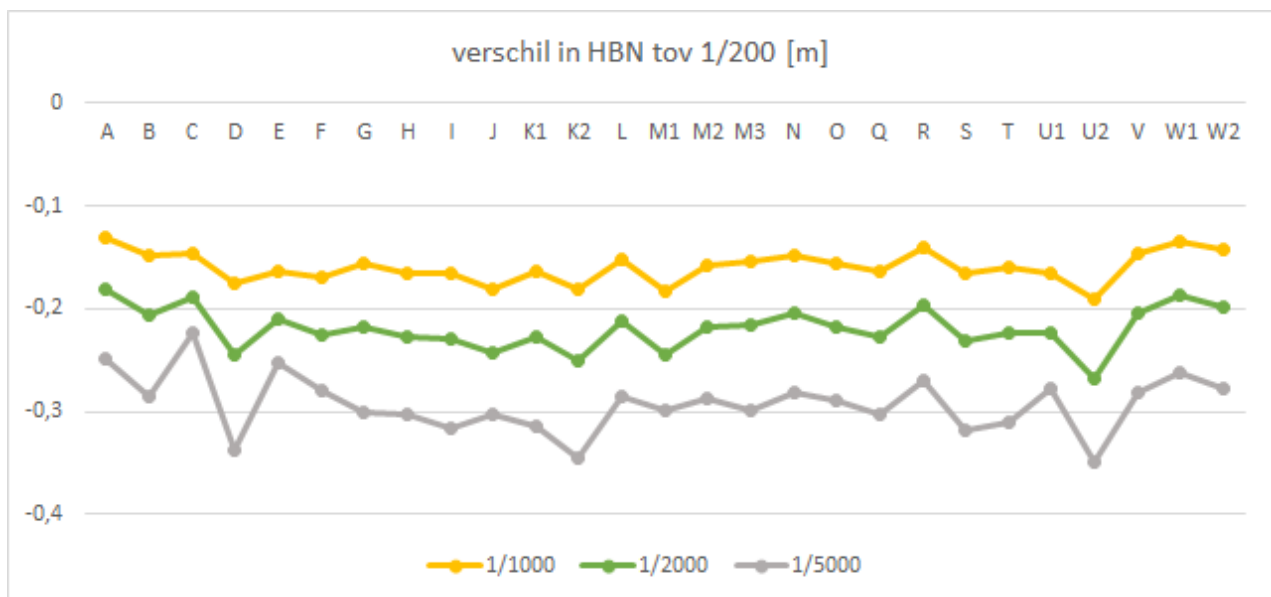


Figuur 3.4: Voorbeeld van de vereiste kruinhoogte van de dijk (HBN) voor een locatie in vak U2 bij de maximaal toelaatbare overstromingskans van 1/3000 jaar bij verschillende faalkansen van de Hollandsche IJsselkering.

Naast de faalkans van de Hollandsche IJsselkering spelen ook een belangrijke rol in de belasting op de dijk:

- de vorm van de rivier;
- de vorm van het dijklichaam en
- het door de wind wegduwen/opstuwen van het water (opwaaiing).

De belasting op de dijk zal daardoor van vak tot vak verschillen. Bij het ontwerpen van dijken wordt daarom gebruik gemaakt van specialistische software waarmee de kans van bepaalde belastingen op de dijk wordt berekend. Hiermee kan per dijkvak het effect van de faalkans van de Hollandsche IJsselkering (de maatregelen uit paragraaf 3.2) op de vereiste kruinhoogte van de KIJK-dijk worden bepaald (zie figuur 3.5).



Figuur 3.5: Effect verbeteren faalkans van de Hollandsche IJsselkering op de vereiste kruinhoogte (HBN) per dijkvak.

In figuur 3.5 is te zien dat een verbetering van de faalkans van de Hollandsche IJsselkering naar eens per 2.000 (van eens per 200) sluitvragen, een verlaging op de vereiste kruinhoogte (HBN) geeft van ruim circa 0,2 meter. Tevens valt op dat er op sommige dijkvakken grotere effecten zijn, dit komt dus door de genoemde effecten als vorm van de rivier etc.

Grofweg kan met het verbeteren van de faalkans van de Hollandsche IJsselkering van eens per 200 naar 5.000 sluitvragen een verlaging van de vereiste kruinhoogte worden bereikt van circa 0,3 meter (zie grijze lijn in figuur 3.5).

De grootste impact op de hoogteopgave is te halen als de faalkans van de Hollandsche IJsselkering van eens per 200 naar 2.000 sluitvragen gaat. Dit is ook wat Rijkswaterstaat een haalbare faalkans voor de Hollandsche IJsselkering vindt.

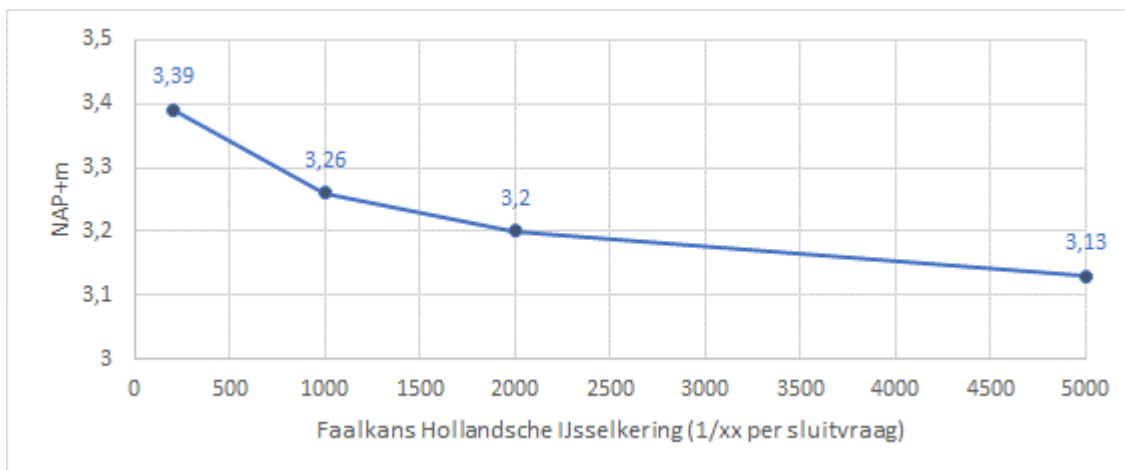
De verdere verbetering naar maximaal eens per 5.000 sluitvragen vergt meer ingrijpende aanpassingen aan de Hollandsche IJsselkering (waarvan de haalbaarheid en kosten nog niet zijn onderzocht) en levert circa 0,1 meter extra effect op de vereiste kruinhoogte op ten opzichte van de situatie bij eens per 2.000 sluitvragen. De meeropbrengst van deze

aanvullende stap is dus relatief klein. In hoofdstuk 5 zal blijken dat met die verdere verbetering de dijkversterkingsopgave nauwelijks wijzigt.

3.3.2. Effect verlagen faalkans op stabiliteitsopgave

Het verlagen van de faalkans van de Hollandsche IJsselkering heeft ook effect op het optreden van hoge waterstanden in de Hollandsche IJssel. De stabiliteit van de dijk wordt mede beïnvloed door de buitenwaterstand.

In figuur 3.6 is als voorbeeld voor een locatie in vak J aangegeven wat het effect van de faalkans is op de waterstand die de dijk moet keren. Een lagere faalkans leidt tot een lagere waterstand die de dijk moet keren.



Figuur 3.6: Waterstand die de KIJK-dijk moet keren in (NAP+m) bij de maximaal toelaatbare overstromingskans van 1/3.000 jaar bij verschillende faalkansen van de stormvloedkering Hollandsche IJsselkering. Het gaat hier om een locatie in vak J, de waterstand kan iets variëren over het totale projectgebied.

De waterstand kan ook oplopen doordat de gemalen langs de Hollandsche IJssel water op de Hollandsche IJssel pompen. De afspraak is nu dat de gemalen stoppen met pompen naar de Hollandsche IJssel (de maalstop) als de waterstand hoger wordt dan 2,60 meter boven NAP bij meetpunt Krimpen. Dat de blauwe lijn hierboven ligt wordt dus veroorzaakt door de faalkans van de Hollandsche IJsselkering en door het effect van wind (opwaaiing).

Het effect van het verlagen van de faalkans van de Hollandsche IJsselkering op de waterstand neemt af bij een toenemende verlaging van de faalkans. Wel is er nog een effect van opwaaiing. Het effect van de waterstands daling op de stabiliteitsopgave wordt uitgewerkt in paragraaf 4.2.1.

3.3.3. Samenvatting effect verlagen faalkans op hoogte-en stabiliteitsopgave

Uit bovenstaande paragrafen valt op te maken hoeveel de benodigde dijkhoogte en de waterstand afneemt bij verlaging van de faalkans van de Hollandsche IJsselkering. Het valt daarbij op dat de stap van eens per 200 naar eens per 2.000 een relatief veel groter effect heeft dan van eens per 2.000 naar eens per 5.000 sluitvragen.

faalkans eens per XXX sluitvragen	Benodigde dijk-hoogte NAP+m	verschil (m)	waterstand NAP+m	verschil (m)
200	3,79		3,39	
1.000	3,60	-0,19	3,26	-0,13

2.000	3,52	-0,08	3,20	-0,06
5.000	3,44	-0,08	3,13	-0,07

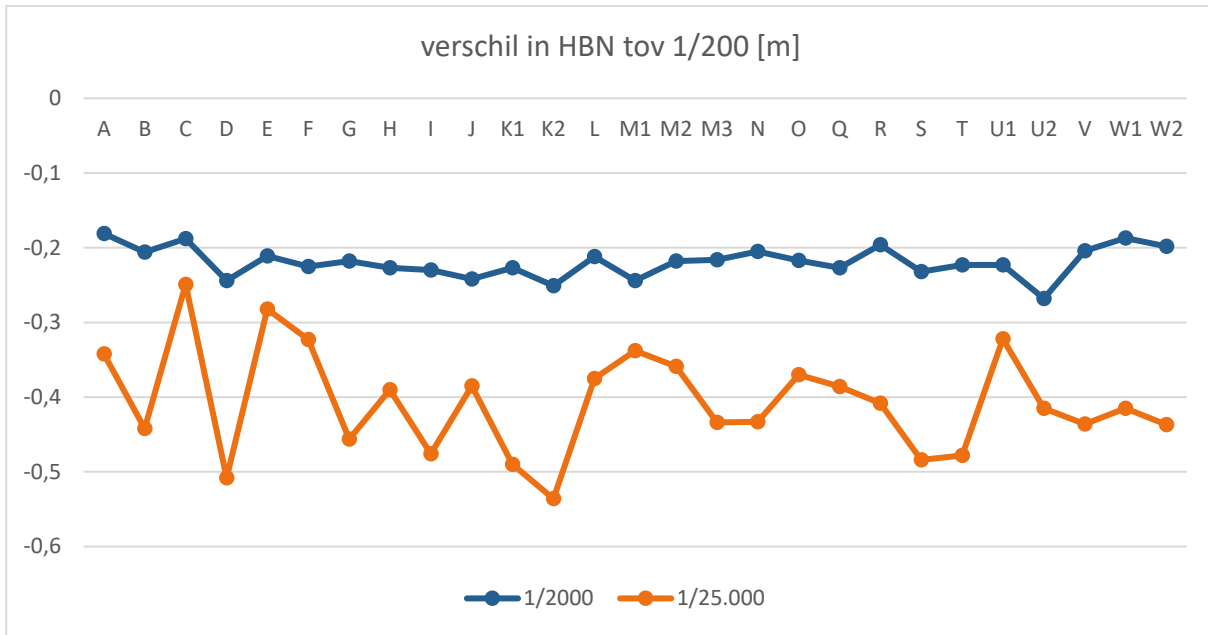
Tabel 3.1: Samenvatting van de effecten op de benodigde hoogte (voor een locatie in vak U2) en waterstand (voor een locatie in vak J) bij verschillende faalkansen van de Hollandsche IJsselkering.

3.4. Verdergaande faalkansverlaging met een extra kering (bijv. een 3^e schuif)

Met het toevoegen van een extra stormvloedkering, bijvoorbeeld in de vorm van een derde schuif, kan de kans op falen van de sluiting van de Hollandsche IJsselkering verder worden verkleind. De faalkanswinst is afhankelijk van het ontwerp. Als voor de derde schuif aangesloten wordt bij de bediening van de andere schuiven dan is de winst beperkt. Gemeenschappelijk faalonderdelen zoals stroomvoorziening, operationeel team en waterstandsverwachting zijn dan net zo bepalend voor de derde schuif. Als de extra kering anders wordt ontworpen, bijvoorbeeld als zelfsluitend en zoveel mogelijk onafhankelijk van het huidige complex, dan is de faalkansverbetering groter. Uiteraard heeft elke uitvoeringsvorm van een derde kering grote ruimtelijke en financiële consequenties.

Ter illustratie van het effect van het toevoegen van een derde schuif wordt verondersteld dat hiermee een verdere verkleining van de faalkans kan worden gehaald tot 1/25.000 per sluitvraag. Dit lijkt geen onredelijke inschatting, maar of dat in de praktijk haalbaar is, is zonder uitgebreid onderzoek niet te zeggen. Overigens is de beschouwing van het effect van nog verdere verkleining van de faalkans, voorbij de 1/25.000, minder interessant zolang aanvullende maatregelen buiten beschouwing worden gelaten. Vanaf 1/25.000 wordt de situatie met gesloten Hollandsche IJsselkering voor een groot deel van het traject dominant voor de HBN-berekening. Het effect van verdere faalkansverkleining neemt dan af. Eventueel nog verdere HBN-verlaging moet dan vooral gezocht worden in ook het verlagen van het maalpeil en het sluitpeil. Een dergelijke aanvullende maatregel heeft weer consequenties voor onder andere de scheepvaart en het waterbeheer in het achterland. Met andere woorden, of nu 1/25.000 of 1/250.000 als uitgangspunt wordt gehanteerd voor de verdere verkleining van de faalkans van de sluiting van de Hollandsche IJsselkering doet er weinig toe zolang het maalpeil en sluitpeil onveranderd blijven.

Uit HBN-berekeningen bij een verlaagde faalkans tot 1/25.000 per sluitvraag volgt dat de vereiste hoogte van de dijk verder wordt verlaagd ten opzichte van de situatie met een faalkans van 1/2.000 per sluitvraag. In figuur 3.7 is dit weergegeven. De aanvullende 'hoogtewinst' betreft het verschil tussen de oranje lijn en de blauwe lijn.



Figuur 3.7: Effect van verdere faalkansverlaging van de Hollandsche IJsselkering naar 1/25.000 per sluitvraag op de vereiste kruinhoogte (HBN) per dijkvak

Uit de figuur is af te lezen dat de hoogtewinst bij een faalkansverbetering naar 1/25.000 per sluitvraag gemiddeld ca. 18 cm bedraagt, en afhankelijk van de locatie langs de dijk varieert tussen minimaal ca. 5 cm en maximaal ca. 30 cm. Deze variatie van het effect wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door de invloed van windgolven. Op strekkingen waar windgolven een belangrijke bijdrage hebben in het berekende HBN is het effect van faalkansverkleining van de HIIJK relatief klein.

De verdere verlaging van het HBN zal de hoogteopgave van KIIJK verder verkleinen en voor een aanvullend deel van de vakken zal deze komen te vervallen (zie ook paragraaf 4.1). Op de stabiliteitsopgave heeft de verdere verlaging van de hydraulische belasting geen effect. Dit komt doordat in geval van maximaal 30 cm verlaging van de normwaterstand, welke gedempt zal doorwerken op de ligging van de freatische lijn, de berekende stabiliteit te weinig verbetert om het huidige stabiliteitstekort te overbruggen.

Geconcludeerd wordt dat een verdere verlaging van de faalkans van de Hollandsche IJsselkering, bijvoorbeeld door het toevoegen van een derde schuif, tot een beperkte reductie van de hydraulische belasting op de dijk leidt, en daarmee ook tot een beperkte reductie van de dijkversterkingsopgave. Hier staat tegenover dat een ingrijpende maatregel zoals een nieuwe stormvloedkering dermate complex en verstrekkend is met ook de nodige milieueffecten, dat hiervoor uitgebreide (plan)studies en procedures moeten worden gedaan en doorlopen. Realisatie van een dergelijke oplossing is daarom op korte of middellange termijn niet waarschijnlijk, zeker niet voor de opleverdatum van de dijkversterking zelf (uiterlijk 2030). Bovendien zal er ook dan nog een versterkingsopgave blijven bestaan. Hierop wordt verder ingegaan in hoofdstuk 4.

3.5. Verlagen maalstop

De maalstop bepaalt de waterstand waarbij de gemalen niet meer mogen uitmalen op de Hollandsche IJssel. Dit is vastgelegd met Rijkswaterstaat en de omliggende waterschappen in

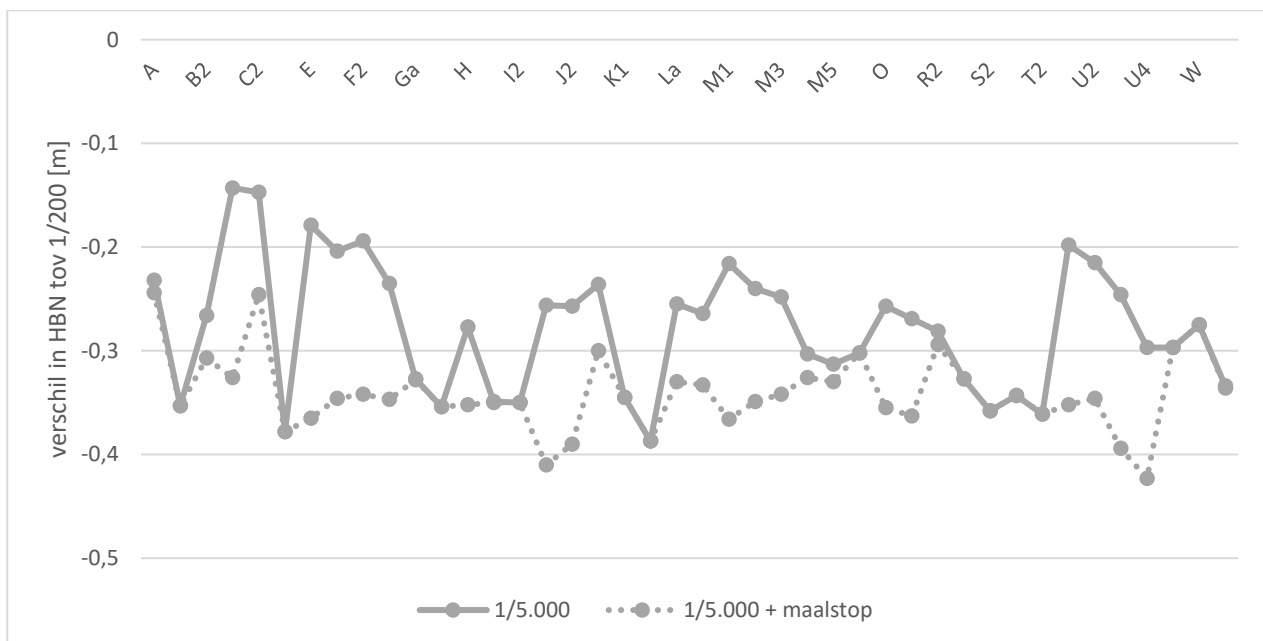
het Waterakkoord Hollandsche IJssel en Lek van 9 december 2005⁵. De maalstop is nu 2,60 meter boven NAP bij meetpunt Krimpen.

Het lijkt logisch om niet meer te malen op de Hollandsche IJssel als de Hollandsche IJsselkering gesloten is, immers de maalstop (2,6 meter boven NAP) is hoger dan het sluitcriterium (2,25 meter boven NAP) van de Hollandsche IJsselkering. Daarom is in 2019 onderzocht⁶ wat het effect is als de maalstop wordt verlaagd.

De maalstop kan logischerwijs niet verder verlaagd worden dan de waterstand waarop de Hollandsche IJsselkering gesloten moet zijn, immers dan is de Hollandsche IJsselkering open en bepaalt de open verbinding met zee de waterstand (tot 2,25 meter boven NAP dus).

Wanneer, naast een verlaagde faalkans van de Hollandsche IJsselkering van eens per 200 naar 5.000 sluitvragen, ook de maalstop maximaal wordt verlaagd naar 2,25 meter boven NAP, levert deze extra maatregel gemiddeld slechts 0,06 meter op in de vereiste kruinhoogte (zie figuur 3.8). Afhankelijk van de locatie langs de dijk varieert het effect van deze maatregel van minimaal 0 cm tot maximaal ca. 20 cm.

Het effect is hiermee minder dan men wellicht zou verwachten. Dit komt door de dominantie van de situatie met open Hollandsche IJsselkering na falende sluiting op de hydraulische belasting én door windinvloed op de Hollandsche IJssel bij een gesloten Hollandsche IJsselkering.



Figuur 3.8: Effect op de vereiste kruinhoogte (HBN) per dijkvak door het verbeteren van de faalkans van de Hollandsche IJsselkering van naar een faalkans van eens per 5.000 sluitvragen met en zonder verlaging van de maalstop naar 2,25 meter boven NAP. Het gemiddelde effect is 0,06 m.

Uit de berekeningen met het HYDRA-model volgt dat bij een faalkans van de Hollandsche IJsselkering vanaf 1/25.000 per sluitvraag, afhankelijk van de locatie langs de dijk, een

⁵ Waterakkoord Hollandsche IJssel en Lek, Rijkswaterstaat Zuid-Holland, december 2005

⁶ Systemanalyse Hollandsche IJssel, Uitwerking conform BOI uitgangspunten, PR3925.10 april 2019

omslagpunt wordt bereikt waarbij de invloed van een falende Hollandsche IJsselkering op het HBN klein wordt. In dat geval wordt verlaging van het maalpeil wél effectief en kan dus met verlaging van het maalpeil, en mogelijk ook verlaging van het sluitpeil, het HBN verder worden verlaagd.

Keerzijde van verlaging van het maalpeil is dat de kans dat dit peil bereikt wordt dan wel toeneemt. De consequentie daarvan is een toenemende kans op wateroverlast in het achterland doordat gemalen geen water meer op de Hollandsche IJssel kunnen uitslaan. In het geval ook het sluitpeil wordt verlaagd en in samenhang daarmee ook het maalpeil nog verder wordt verlaagd wordt de kans op wateroverlast verder vergroot. De Hollandsche IJsselkering moet dan ook vaker sluiten. De kans dat deze onbedoeld open staat neemt daardoor weer toe.

4. Effect op versterkingsopgave

In hoofdstuk 3 is beschreven dat systeemaanpassingen, zoals het verlagen van de faalkans van de Hollandsche IJsselkering en het verlagen van de maalstop, de hydraulische belastingen op de KIJK-dijk verlagen. Dit kan effect hebben op de hoogteopgave en/of de stabiliteitsopgave.

In de volgende paragraaf 4.1 wordt gekeken naar het effect van de systeemmaatregelen op de hoogteopgave. In paragraaf 4.2 wordt de stabiliteitsopgave beschouwd. Daarbij wordt verdere invulling gegeven aan het advies van Commissie m.e.r. om de veiligheidsopgave gedetailleerd te onderbouwen door:

- probabilistische stabiliteitsanalyse. Een probabilistische stabiliteitsanalyse kan een scherper stabiliteitsoordeel opleveren dan een semi-probabilistische analyse (subparagraaf 4.2.1);
- bewezen sterkte. Als de dijk een hoge waterstand heeft overleefd, kan dat inzicht geven over sterkte van de dijk (subparagraaf 4.2.2);
- het gebruik van de reststerkte. Reststerkte gaat ervan uit dat een brede dijk nog steeds water kan keren ook al is een deel van de dijk afgeschoven (instabiel) (subparagraaf 4.2.3).

Het gaat dus om aanscherpingen in de beoordelings- en ontwerpmethodiek én systeemmaatregelen zoals aanpassingen van de faalkans van de Hollandsche IJsselkering. In het verlengde van het advies van Commissie m.e.r. is diverse keren met het Adviesteam DijkOntwerp (ADO) van gedachten gewisseld over de invulling en uitwerking van dit advies. De uitwerking zelf is door het project gedaan. Hierbij is het Adviesteam niet betrokken geweest.

4.1. Hoogteopgave

In paragraaf 3.3.1 staat dat het verlagen van de faalkans van eens per 200 naar 2.000 sluitvragen een verlaging van de vereiste kruinhoogte van circa 0,2 meter geeft. Van eens per 200 naar 5000 sluitvragen is dat circa 0,3 meter.

	Faalkans eens per 200 sluitvragen	1.000	2.000	5.000
Gemiddelde daling benodigde dijkhoogte t.o.v. faalkans 1:200	0	0,16 m	0,22 m	0,29 m

Tabel 4.1: Gemiddelde daling van benodigde dijkhoogte per faalkans, zie ook figuur 3.5.

Dit is dus concrete winst op de versterkingsopgave. Het kan echter nog steeds nodig zijn om versterkingsmaatregelen te nemen. Met andere woorden: de dijk is mogelijk nog steeds te laag ondanks deze winst.

De versterkingsmaatregel waarmee de dijk aan de norm kan voldoen is daarom in combinatie met de verlaging van de faalkans van de Hollandsche IJsselkering beschouwd. Hiervoor zijn vier versterkingsmaatregelen voor de hoogteopgave beschreven. Deze vier maatregelen hebben betrekking op de mogelijke alternatieven die zijn afgewogen in het Voorkeursalternatief (VKA), onder deze opsomming van maatregelen wordt dat verder toegelicht.

1. Geen dijkversterking voor hoogte (meer) nodig;
2. Ophoging met een 'ondiep' gefundeerd hoogtescherm op de dijk;
3. Ophoging met een 'ondiep' gefundeerd hoogtescherm op de dijk en een verflauwing van het binnentalud;
4. Diep gefundeerde zelfstandig kerende constructie voor hoogte en stabiliteit.

Hieronder wordt per maatregel toegelicht aan welke eisen moet worden voldaan om voldoende waterveiligheid te bieden.

Geen hoogtemaatregel

Omdat de dijk in de huidige toestand een erg steil talud heeft en vaak geen goede grasmat heeft, wordt ervan uitgegaan dat de dijk pas hoog genoeg is als er onder normomstandigheden niet meer dan 1 l/m/s water over de dijk heen komt (maximale overslagdebiet). Vanwege de slappe ondergrond wordt uitgegaan van 20 cm zetting (inklinken van de ondergrond) tot het jaar 2050.

Versterkingsmaatregel 2: Ophoging met een 'ondiep' gefundeerd hoogtescherm op de dijk

Met alleen een hoogtescherm verandert de eis aan het maximale overslagdebiet niet. Het uitgangspunt voor inpassing in de omgeving is dat een constructie niet meer dan 40 cm boven de dijk mag uitsteken. Een ondiep gefundeerd scherm zal nog aan enige zetting onderhevig zijn, hiervoor wordt 10 cm tot het jaar 2050 gehanteerd. De aanname is dat de dijk zelf niet wordt verhoogd. Wanneer dit wel zou gebeuren dan wordt de dijk breder en zwaarder belast en daardoor minder stabiel.

Versterkingsmaatregel 3: Ophoging met een 'ondiep' gefundeerd hoogtescherm op de dijk en een verflauwing van het binnentalud

Het verflauwen van het binnentalud en erosiebestendig inrichten maakt een groter maximaal overslagdebiet van 5 l/m/s voor hoogte toelaatbaar. Dit reduceert de vereiste hoogte van het hoogtescherm. Omdat een taludverflauwing ruimte kost, geldt als eis dat deze maatregel inpasbaar moet zijn. Verder gelden dezelfde criteria als bij versterkingsmaatregel 2.

Versterkingsmaatregel 4: Diep gefundeerd zelfstandig kerende constructie

Een diep gefundeerde zelfstandig kerende constructie is zettingsvrij en blijft stabiel, ook als het grondlichaam afschuift. Dit betekent dat er geen taludverflauwing nodig is om een overslagdebiet van 5 l/m/s aan te kunnen. Tevens is het mogelijk om de dijk te verhogen waarbij de constructie boven de dijk uitsteekt. Deze maatregel is wat in het VKA is afgewogen als Type I constructie.

4.1.1. Benodigde versterkingsmaatregel analyse

De benodigde versterkingsmaatregel voor de hoogte is per dijkvak bepaald bij verschillende faalkansen van de Hollandsche IJsselkering. Alleen bij versterkingsmaatregel 1 is er geen hoogteopgave.

In tabel 4.2 is te zien dat voor 20 dijkvakken de dijk bij een faalkans van de Hollandsche IJsselkering van eens per 2.000 sluitvragen nog steeds niet hoog genoeg is (er is nog steeds een versterkingsmaatregel 2, 3 of 4 nodig). De totale lengte van deze 20 dijkvakken bedraagt 6,7 km. Bij een faalkans van eens op de 5.000 sluitvragen zijn dat nog 17 dijkvakken met een totale lengte van 6,2 km. Als de faalkans nog verder kan worden verlaagd naar eens per 25.000 sluitvragen (door toevoegen van bijvoorbeeld een derde

schuif) en tevens het maalpeil wordt verlaagd, dan is er nog steeds in 12 dijkvakken met een totale lengte van 5,3 km een hoogte-opgave.

Dijkvak (lengte in meters)	Faalkans eens per 200 sluitvragen	1.000	2.000	5.000	5.000 én maalstop- verlaging	25.000	25.000 én maalstop- verlaging
A (30)	3	3	3	3	3	3	2
B (250)	4	2	2	2	2	1	1
C (360)	3	1	1	1	1	1	1
D (100)	3	1	1	1	1	1	1
E (350)	4	4	4	2	2	2	2
F (330)	4	4	4	3	3	3	3
G (115)	2	2	2	2	2	1	1
H (560)	4	3	3	3	3	3	2
I1 (80)	4	1	1	1	1	1	1
I2 (120)	1	1	1	1	1	1	1
J (320)	4	4	4	4	4	4	4
K1 (160)	2	1	1	1	1	1	1
K2 (205)	4	2	2	1	1	1	1
L (110)	3	3	3	2	2	2	1
M1 (320)	4	4	4	4	4	4	3
M2(1.600)	4	4	4	4	4	4	4
M3 (175)	4	2	2	1	1	1	1
N (130)	1	1	1	1	1	1	1
O1 (310)	4	4	4	4	4	4	2
O2 (525)	4	4	4	4	4	4	2
Q (160)	3	2	2	2	1	1	1
R (135)	1	1	1	1	1	1	1
S (300)	1	1	1	1	1	1	1
T (175)	2	1	1	1	1	1	1
U1 (785)	4	4	4	4	4	4	3
U2 (135)	4	4	4	4	4	4	4
V (225)	3	2	2	2	2	1	1
W1 (60)	4	2	2	1	1	1	1
W2 (90)	3	2	2	2	2	1	1

Tabel 4.2: Het effect op de versterkingsmaatregel (maatregel 1, 2, 3 of 4) door het verlagen van de faalkans van de Hollandsche IJsselkering naar eens per 1.000, 2.000, 5.000 en 25.000 sluitvragen.

Bij de dijkvakken met een versterkingsmaatregel 1 (geen hoogtemaatregel) is de dijk hoog genoeg, waarbij schade aan de dijkbekleding niet leidt tot een dijkdoorbraak.

4.1.2. Relatie hoogte- en stabiliteitsopgave

Grond, en daarmee ook dijken, wordt minder sterk als er water in de grond zit. Hoe hoger de waterdruk in de dijk hoe minder stabiel de dijk is. De waterdruk kan verhoogd worden door:

- een hogere buitenwaterstand;
- door infiltratie door regen en door golfoverslag.

Hogere buitenwaterstand

De KIJK-dijk is aan de rivierkant hoofdzakelijk van klei. Onder de bodem van Hollandsche IJssel zitten bijna overal klei- en veenlagen. Het water kan daardoor niet makkelijk de dijk binnendringen. De waterdruk in de dijk neemt daarom bijna niet toe als er hoogwater is in de

Hollandsche IJssel. Bij extreem hoge buitenwaterstanden, waarbij het water tegen het allerbovenste deel van het buitentalud staat dat verder vrijwel permanent droog staat, treedt mogelijk wel verhoogde infiltratie op.

Infiltratie door regen en door golfoverslag

De kruin en het binnentalud (de polderkant van de dijk) zijn minder waterdicht. De dijk is in de loop der tijd lokaal en wisselend aangevuld en opgevuld verschillend materiaal dat sterk waterdoorlatend kan zijn. Dit betekent dat als het veel regent of als er golven over de dijk heen slaan, de waterdruk in de dijk snel kan toenemen.



Figuur 4.1: Met enige regelmaat schuift het steile binnentalud af door water dat (door regenval) over de dijk stroomt. In dit geval kon het riool het hemelwater niet aan en liep het water over het binnentalud van de dijk en veroorzaakte een afschuiving (oktober 2021).

Uit de metingen⁷ komt dan ook het beeld dat er veel variatie is in de waterdruk in de dijk, en dit wordt dus ook veroorzaakt door regenval. In de stabiliteitsberekeningen is ermee rekening gehouden dat de waterdruk hoog kan liggen en dat dit slechts ten dele wordt beïnvloed door de buitenwaterstand.

Een andere oorzaak waardoor de waterdruk in de dijk hoog kan zijn is door golfoverslag. Door de doorlatendheid in de kruin en binnentalud kan (net als bij regen) ook bij golfoverslag de waterdruk in de dijk toenemen. In de praktijk is dit ook wel gemeten bij de in het kader van de Project Overstijgende Verkenning Macrostabieliteit uitgevoerde infiltratieproeven.

Hier wordt dus een relatie gelegd tussen de hoogte én stabiliteit van de dijk. Als de dijk te laag is zodat er bij een extreem hoge waterstand veel water over de dijk slaat, dan beïnvloedt dat direct de stabiliteit.

Als de dijk hoog genoeg is, dan heeft het verlagen van de faalkans van Hollandsche IJsselkering geen effect op overslag en daarmee op dit aspect in de relatie tussen hoogte en stabiliteit. Als er wel water over de dijk slaat, dan heeft het verlagen van de faalkans van de Hollandsche IJsselkering wél effect op de stabiliteit, omdat overslaand water de waterdruk in de dijk en daarmee de stabiliteit van de dijk beïnvloedt. Dit effect komt vooral tot uiting in de

⁷ Grond- en laboratoriumonderzoek Hollandsche IJssel, 1213-0094-000, Fugro, 2014

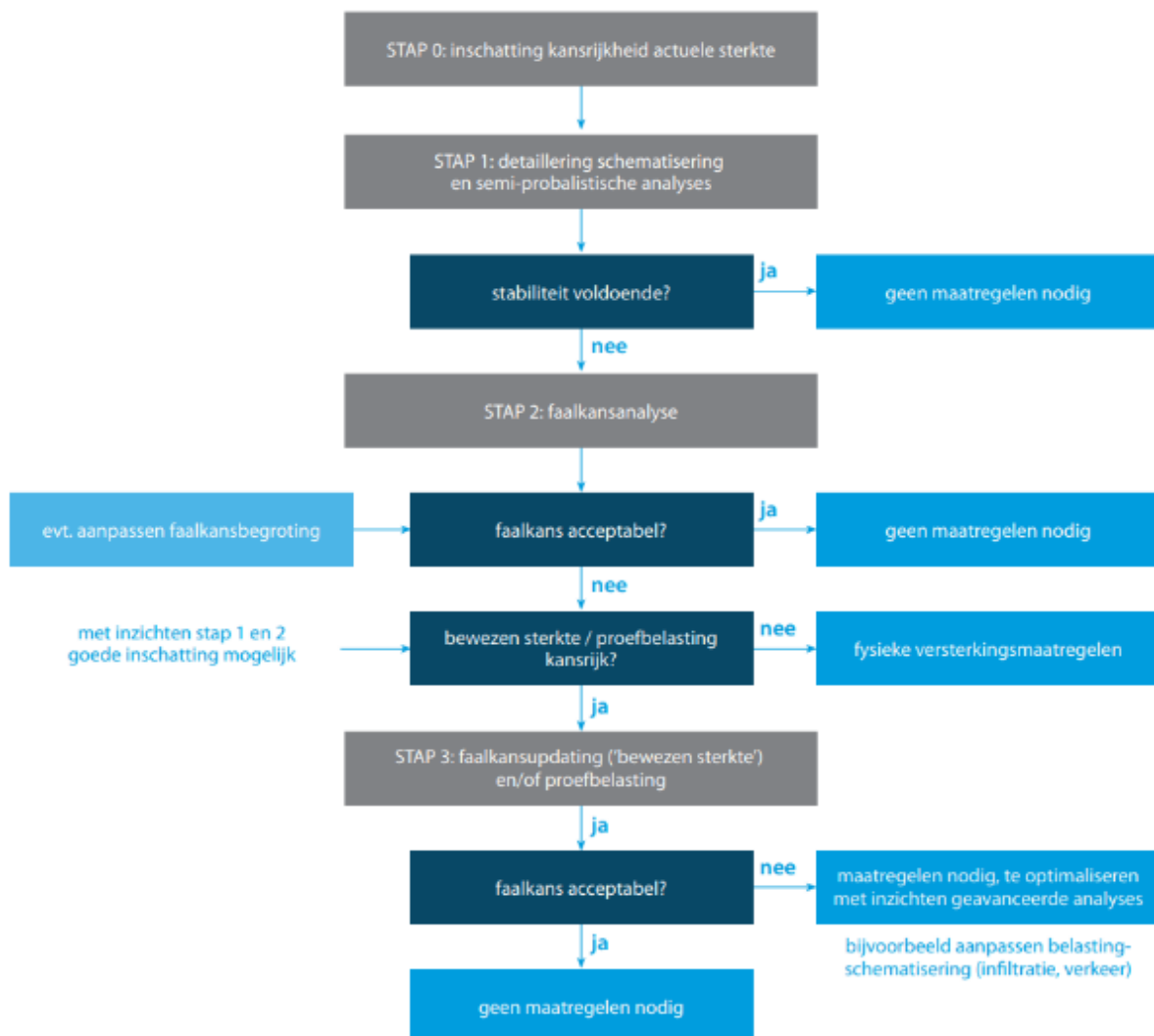
probabilistische stabiliteitsanalyse. Uit de probabilistische stabiliteitsanalyse blijkt dat dit een gunstig effect heeft op de berekende kans op instabiliteit. Dit berekende effect op de instabiliteitskans leidt echter niet tot een significante verkleining van de stabiliteitsopgave, zie ook paragraaf 4.2.1.

In theorie kan de stabiliteit van de dijk verbeterd worden door deze waterdicht te maken zodat infiltratie niet kan optreden. In de bijlage Versterkingsalternatief grondverbetering bij de notitie Veiligheidsopgave KIIK is dit nader beschouwd.

4.2. Stabiliteitsopgave

In deze paragraaf zijn de volgende stappen beschreven aan de hand van het stappenplan van Actuele Sterkte⁸:

- semi-probabilistisch (stap 1 van actuele sterkte methodiek);
- probabilistische stabiliteitsberekening (stap 2 van actuele sterkte methodiek);
- bewezen sterkte (stap 3 van bewezen actuele methodiek).



⁸ Actuele Sterkte - Een publicatie van de POV Macrostablieiteit, juni 2020

Figuur 4.2: Stappenplan Actuele Sterkte.

Naast deze drie verschillende benaderingen voor het beoordelen van de stabiliteit van de dijk is ook gekeken naar de restbreedte bij afschuiven. Deze benadering komt erop neer dat wordt bekeken of de dijk voldoende restprofiel overhoudt om het water te keren als er een grote grondmoot afschuift. De restbreedte-benadering is beschouwd in sub-paragraaf 4.2.3.

Opgemerkt wordt dat de substap 'evt. aanpassen faalkansbegroting', uit het stappenplan, al is toegepast in de VKA-fase. Daarbij de is faalkansruimte voor het faalmechanisme piping, dat voor de KIJK-dijk niet relevant is, toegevoegd aan de faalkansruimte voor stabiliteit. Het aanpassen van de faalkansbegroting mag altijd en hoeft niet als onderdeel het stappenplan actuele sterkte te worden gedaan.

4.2.1.Semi-probabilistische en probabilistische stabiliteitsberekening

In onderstaande tabel is het resultaat van de semi-probabilistische (stap 1 actuele sterkte) en probabilistische (stap 2 actuele sterkte) stabiliteitsberekeningen weergegeven. Deze resultaten zijn bepaald bij een faalkans van de Hollandsche IJsselkering van eens per 2.000 sluitvragen. De aanpak en uitgangspunten van de probabilistische stabiliteitsberekening staan beschreven in de rapportage Probabilistische analyse KIJK⁹.

Dijkvak	semi-probabilistische berekeningsmethode	probabilistische berekeningsmethode	probabilistische berekeningsmethode bij voldoende kruinhoogte	VKA
A	v	v	v	grond
B	o	o	o	grond
C	o	o	o	type I
D	o	o	o	maatwerk
E	o	o	o	type I
F	o	o	o	type I
G	o	v	v	type II
H	o	o	o	type I
I1	o	v	v	type II
I2	niet berekend			voorland
J	o	o	v	type I
K1	v	v	v	maatwerk
K2	o	o	o	maatwerk
L	o	o	o	type I
M1	o	o	o	type I
M2	o	o	o	type I
M3	o	o	o	grond
N	o	o	o	grond
O1	o	o	o	type I
O2	o	o	o	type I
P	niet berekend			voorland
Q	o	o	o	type I
R	o	o	o	type I
S	o	o	o	voorland
T	o	o	o	voorland
U1	o	o	o	type I

⁹ Probabilistische analyse KIJK, combinatie KIGO, documentnummer: KIJK-206507, d.d. 15 juli 2022 / Probabilistische analyses macrostabiliteit binnenwaarts, combinatie KIGO, documentnummer: KIJK-212138, d.d. 22 februari 2023

U2	o	o	o	type I
V	v	v	v	type I
W1	v	v	v	maatwerk
W2	v	v	v	maatwerk

Tabel 4.3: de stabiliteit per dijkvak voldoet (v) of voldoet niet (o) aan de norm.

Uit tabel 4.3 blijkt dat de stabiliteit met de semi-probabilistische berekeningsmethode voldoet voor de dijkvakken A, K1, V en W1 en W2. Met toepassen van de probabilistische berekeningsmethode komen daar de vakken G en I1 bij. De totale lengte van vakken met een voldoende stabiliteit bedraagt daarmee in totaal 780 meter. Voor de dijkvakken A, G, V en W2 is er nog wel een hoogteopgave (zie paragraaf 4.1).

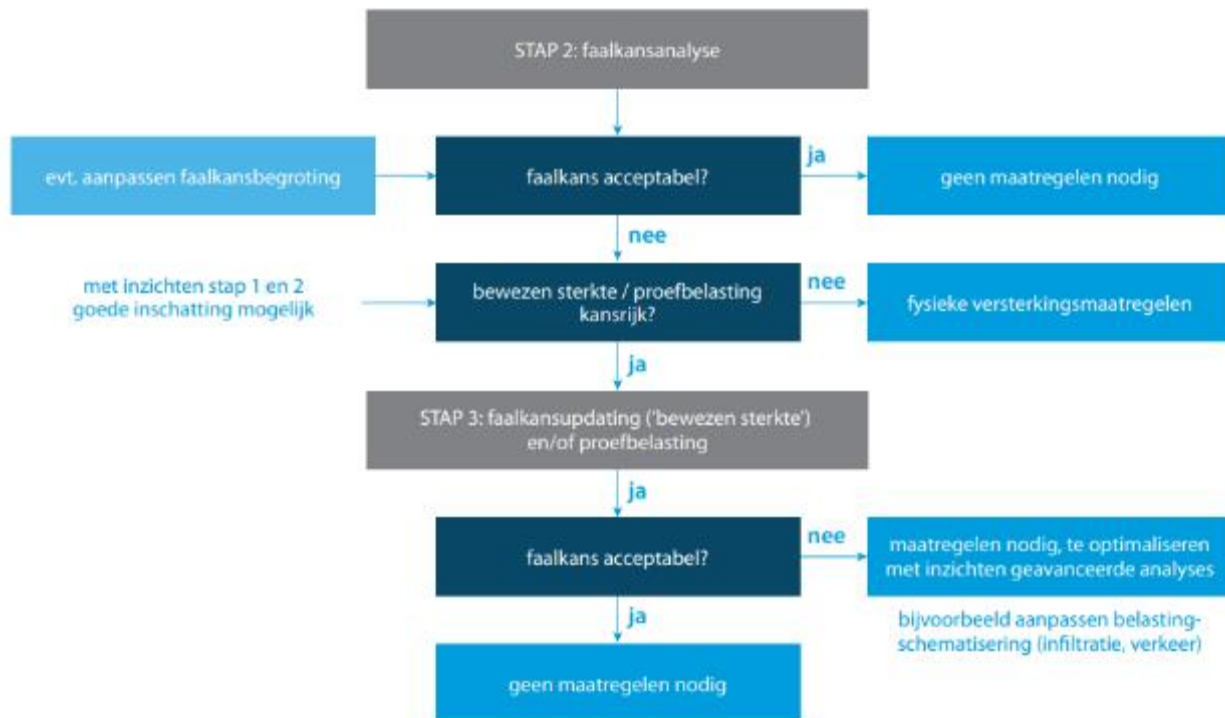
Deze vermindering van de versterkingsopgave ten opzichte van het Voorkeursalternatief (VKA) wordt met name behaald door aanscherpingen in de uitgangspunten betreffende de grondsterkte, onder andere door aanvullend grondonderzoek.

Vak J kan op basis van een probabilistische stabiliteitsberekening nog aan de vakken met een voldoende stabiliteit worden toegevoegd als dit vak voldoet op hoogte. Er is dus een verwevenheid tussen hoogte en stabiliteit, zoals beschreven in paragraaf 4.1.2. De dijk kan stabiel worden als deze hoger wordt gemaakt. Daarmee neemt immers de kans van optreden van overslaand water (en daarmee verzadiging) af. De dijk is dan stabiel.

Het blijkt echter bij de KIJK-dijk dat als de dijk zo hoog is dat verzadiging door golfoverslag niet kan optreden, dit voor de meeste vakken onvoldoende invloed heeft op de faalkans door afschuiving. De dijk is simpelweg niet stabiel genoeg, ook bij geen golfoverslag. Onzekerheid over de sterkte van de dijk in samenhang met onzekerheid over de mate van verzadiging van de dijk bij in het verleden opgetreden hoogwatersituaties maakt dat de bewezen sterkte uit opgetreden hoogwatersituaties onvoldoende zekerheid geeft dat de dijk bij maatgevende omstandigheden ook voldoende stabiel zal zijn. Hierop wordt verder ingegaan in de volgende subparagraaf.

4.2.2. Bewezen sterkte

Bewezen sterkte is stap 3 in het stappenplan van de Project Overstijgende Verkenning Macrostabiel (POV-M) - Actuele sterkte. Voor de duidelijkheid is stap 2 en 3 van het stappenplan nog een keer weergegeven in figuur 4.3.



Figuur 4.3: Stap 3 van het stappenplan actuele sterkte (stap 1 en 2 zijn in de vorige paragraaf beschreven).

Aan het einde van stap 2 kan worden beoordeeld of bewezen sterkte en/of proefbelasting (stap 3) kansrijk is.

Bewezen sterkte

Toepassen van Bewezen Sterkte levert naar verwachting niet voldoende aanscherping van het stabiliteitsoordeel op. Dat zit zo: infiltratie (door regenval en golfoverslag) is een belangrijke factor in de stabiliteit van de dijk. De buitenwaterstand is daarin minder belangrijk. Al is niet uit te sluiten dat bij een extreem hoge waterstand er alsnog een verhoogde infiltratie optreedt doordat het bovenste deel van het buitentalud, dat vrijwel altijd droog staat, doorlatender is. Als de dijk dus een keer een hoge waterstand heeft gekeerd, maar in die situatie is er geen of weinig infiltratie geweest, dan komt die situatie onvoldoende overeen met de situatie van hoge waterstand én infiltratie waarop wordt ontworpen. Er is dus onvoldoende zekerheid of de overleefde situaties van de afgelopen decennia voldoende overeenkomen met de normomstandigheden. Hierdoor is bewezen sterkte in dit geval geen effectief middel om de faalkans te reduceren.

Om de kansrijkheid van bewezen sterkte concreter te verkennen zijn op basis van de probabilistische berekeningen aanvullende berekeningen gemaakt waarbij de faalkansbijdrage van situaties met waterstanden onder sluitpeil (NAP +2,25m) is verwaarloosd. Uitgaande van een faalkans van de Hollandsche IJsselkering van 1/2.000 per sluitvraag leidt deze benadering van bewezen sterkte voor de onderzochte twaalf vakken voor de situatie waarbij de faalkansbijdrage onder sluitpeil wordt verwaarloosd tot beperkte verkleining van de stabiliteitsopgave (zie ook de rapportage Probabilistische analyses macrostabiliteit binnenwaarts⁹).

proefbelasting

Toepassen van een proefbelasting om voldoende stabiliteit aan te tonen is voor de KIIJK-dijk niet kansrijk. In het kader van de Project Overstijgende Verkenning Macro stabiliteit zijn wel twee infiltratieproeven uitgevoerd op de dijken langs de Hollandsche IJssel¹⁰. Deze proeven waren echter vooral bedoeld om te onderzoeken hoe snel de dijk verzadigt onder invloed van een infiltratiedebiet over het binnentalud. Uit dit onderzoek bleek dat de dijken bij beperkte overslag snel kunnen verzadigen.

Conclusie bewezen sterkte

Voor dijkversterking KIIJK zijn alle stappen van actuele sterkte beschouwd. In stap 1 en 2 zijn er wijzigingen in de stabiliteitsopgave ontstaan (ten opzichte van het VKA), met name door ontwerpuitgangspunten te aan te scherpen. Stap 3 is als weinig kansrijk beoordeeld omdat er onvoldoende zekerheid is dat de overleefde situaties overeenkomen met de normomstandigheden. Uit analyse van toepassing van bewezen sterkte uitgaande van overleefde waterstanden tot sluitpeil blijkt het effect beperkt. Alleen vak D wordt dan net goedgekeurd op stabiliteit. Dit is uitgebreid beschouwd in notitie veiligheidsopgave verantwoording KIIJK.

Hoogwater 1953

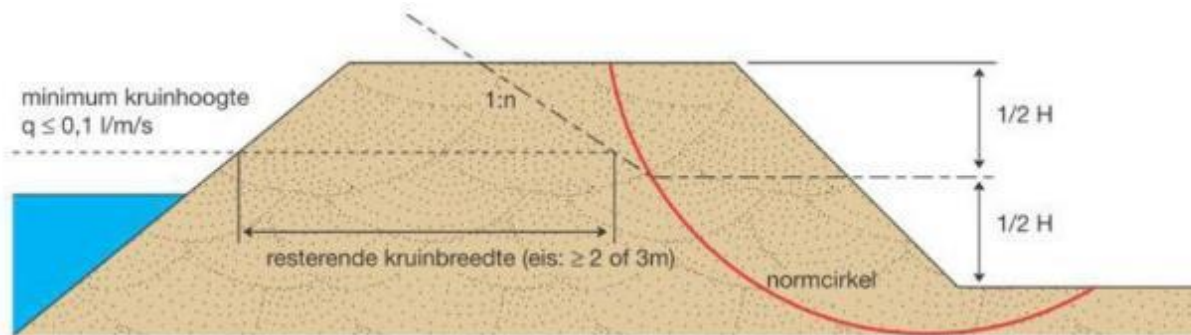
In 1953 heeft de dijk een hoogwater gekeerd die hoger is dan de normwaterstand waarop de dijk nu moet worden beoordeeld. Deze observatie is echter niet te gebruiken voor bewezen sterkte, doordat de tijd tussen de observatie en de toets lang is. Het achterland is sindsdien door zettingen een stuk lager komen te liggen en de kruin is door constante ophoging veel minder gezet dan het achterland. Hierdoor is de dijk hoger en het binnentalud steiler geworden. De overleefde situatie lijkt hierdoor niet op huidige situatie. Bovendien is na 1953 de kruin en binnentalud aangevuld met divers (doorlatend) materiaal, wat de gevoeligheid van infiltratie juist heeft verhoogd. Conform de methodiek van actuele sterkte is deze observatie niet bruikbaar voor bewezen sterkte.

4.2.3. Toepassen reststerkte

De KIIJK-dijk is relatief breed, namelijk ongeveer 6 à 7 meter op de kruin. Het afschuiven van het binnentalud hoeft dus niet direct tot een overstroming te leiden.

¹⁰ A. van Hoven and A.F. Noordam, (2017a), POVM Beter benutten actuele sterkte KIIJK Predictie Infiltratieproef IJsseldijk (in Dutch), August 2017, version 3, Deltares project number 11200643-000-GEO-0007.

A. van Hoven and A.F. Noordam (2017b), POVM Beter benutten actuele sterkte KIIJK Analyse Infiltratieproef IJsseldijk (in Dutch), November 2017, version 3, Deltares project number 11200643-000- GEO-0009



Figuur 4.4: een brede dijk, zoals de KIJK-dijk, kan soms nog steeds veilig water keren ondanks dat een deel van de dijk is afgeschoven. Zoals te zien in het plaatje houdt nog een deel van de dijk het water tegen.

In de stabiliteitsanalyses zoals beschreven in paragraaf 4.2.1 is steeds uitgegaan van een afschuiving waarbij tenminste 2 meter van de kruin afschuift. De kruin die resteert is dan nog circa 4 à 5 meter. Om in te schatten of de dijk veel reststerkte heeft, is ook gekeken naar een afschuiving die intreedt op 1,5 meter van de buitenkruinlijn. Hiermee blijft er dus een minimale restbreedte over en schuift de kruin voor de resterende breedte van de kruin af (circa 4 à 5 meter). De berekende stabiliteit van deze grotere afschuivingen kan hoger zijn. In tabel 4.4 is aangegeven of de dijk met deze restbreedtebenadering voldoet.

Het valt op dat het beeld nauwelijks verandert, de dijkvakken die niet voldeden, voldoen ook niet in de reststerkte benadering. Voor dijkvak D, een maatwerklocatie, en dijkvak P, een voorlandoplossing, kan deze benadering relevant zijn om nader te onderzoeken.

Voor dijkvak I1 en J voldoet de dijk ook op stabiliteit met reststerkte. Deze dijkvakken voldoen echter ook al probabilistisch (zie tabel 4.3), waarbij voor vak J wel geldt dat dit onder de voorwaarde is dat de dijk hoog genoeg is. Dit dijkvak ligt momenteel veel te laag.

Dijkvak	Stabiliteit (semi-probabilistisch)	Restbreedte van 1,5 m	VKA
A	v	v	grond
B	o	o	grond
C	o	o	type I
D	o	v	maatwerk
E	o	o	type I
F	o	o	type I
G	o	o	type II
H	o	o	type I
I1	o	v	type II
I2	o	o	voorland
J	o	v	type I
K1	v	v	maatwerk
K2	o	o	maatwerk
L	o	o	type I
M1	o	o	type I
M2	o	o	type I
M3	o	o	grond
N	o	o	grond
O1	o	o	type I
O2	o	o	type I
P	o	v	voorland
Q	o	o	type I
R	o	o	type I
S	o	o	voorland
T	o	o	voorland
U1	o	o	type I
U2	o	o	type I
V	v	v	type I
W1	v	v	maatwerk
W2	v	v	maatwerk

Tabel 4.4: De stabiliteit bij grote afschuivingen waarbij nog 1,5 meter restbreedte overblijft.

In het volgende hoofdstuk wordt bekeken of het in dit hoofdstuk onderzochte effect van de systeemmaatregelen op de hoogteopgave (paragraaf 4.1) en de onderzochte aanscherpingen op de stabiliteitsopgave (paragraaf 4.2) kunnen leiden tot een wijziging van het VKA.

5. Effect wijziging versterkingsopgave op VKA

Het effect op de hoogte- en stabiliteitsopgave door de systeemmaatregelen (verlagen van de faalkans van de Hollandsche IJsselkering en verlagen van de maalstop bij een gesloten Hollandsche IJsselkering) alsmede aanscherping van uitgangspunten (in berekende hydraulische belasting en grondsterkte) en toepassing van geavanceerder beoordelings- en ontwerpmethodiek (probabilistische stabiliteitsanalyse en maximaal gebruik van aanwezige reststerkte) staan beschreven in hoofdstuk 4.

In dit hoofdstuk wordt gekeken of het Voorkeursalternatief (VKA) (paragraaf 3.1), hierdoor wijzigt.

5.1. Versterkingsopgave combinatie stabiliteits- en hoogte opgave

In onderstaande tabel staat een samenvatting van de hoogte- en stabiliteitsopgave. De hoogtemaatregelen zijn: (de nummers corresponderen met de nummers in de tabel)

1. Geen hoogtemaatregel nodig, de dijk is hoog genoeg (groen 1)
2. Ophoging met een 'ondiep' gefundeerd hoogtescherm op de dijk (geel 2)
3. Hoogtemaatregel 2 in combinatie met een verflauwing van het binnentalud (oranje 3)
4. Diep gefundeerd zelfstandig kerende constructie (rood 4)

In de tabel is de benodigde hoogtemaatregel weergegeven voor zowel de faalkans van de Hollandsche IJsselkering welke uitgangspunt was bij het vaststellen van het VKA (eens per 200 sluitvragen) als de laagst denkbare faalkans na maximale verbetering van de Hollandsche IJsselkering (eens per 5.000 sluitvragen in combinatie met verlaagde maalstop).

Zoals in de inleiding van dit rapport al aangegeven wordt bij huidige inzichten deze faalkansverlaging niet haalbaar geacht en wordt er uitgegaan van een maximaal haalbare faalkans van eens per 2.000 sluitvragen. Door in deze analyse uit te gaan van deze lagere faalkans van eens per 5.000 sluitvragen inclusief verlaagde maalstop wordt de bandbreedte verkend van het effect van realistisch denkbare systeemmaatregelen gegeven de huidige stormvloedkering.

In paragraaf 5.4 wordt aanvullend ingegaan op het effect van verdergaande faalkansverkleining naar eens per 25.000 sluitvragen voor het geval van een extra kering.

Dijkvak	Stabiliteit (semi-probabilistisch of probabilistisch)	Hoogte		VKA
		Faalkans eens per 200 sluitvragen	Faalkans eens per 5.000 sluitvragen én maalstop	
A	v	3	3	grond binnen- en buitenwaarts
B	o	4	2	grond binnen en theoretisch profiel buiten
C	o	3	1	type I
D	o v bij restbreedte	3	1	maatwerk Type I in binnen- of buitenkruin.
E	o	4	2	type I
F	o	4	3	type I
G	v	2	2	type II incl. maatwerk ter hoogte van de begraafplaats als met een Type I k
H	o	4	3	type I
I1	v	4	1	type II binnenwaarts incl. maatwerk als met een Type I
I2	o	1	1	voorland
J	v	4	4	type I
K1	v	2	1	maatwerk Type I in de buitenkruin.
K2	o	4	1	maatwerk Type I in de buitenkruin.
L	o	3	2	type I
M1	o	4	4	type I
M2	o	4	4	type I
M3	o	4	1	grond binnen- en buitenwaarts
N	o	1	1	grond binnen en theoretisch profiel buiten
O1	o	4	4	type I
O2	o	4	4	type I
P	o v bij restbreedte			voorland
Q	o	3	1	type I
R	o	1	1	type I
S	o	1	1	voorland
T	o	2	1	voorland
U1	o	4	4	type I
U2	o	4	4	type I
V	v	3	2	type I
W1	v	4	1	maatwerk Type I buitenom.
W2	v	3	2	maatwerk Type I buitenom.

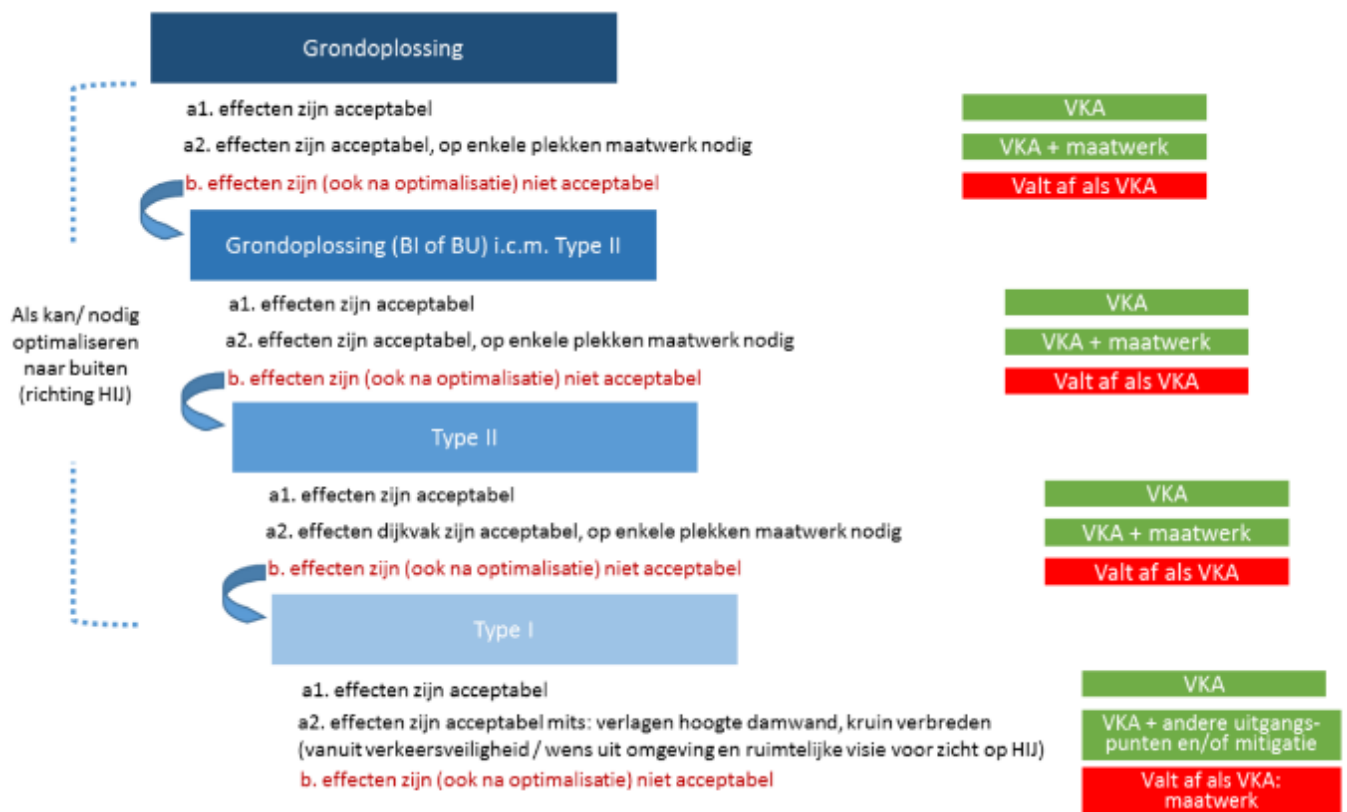
Tabel 5.1: Samenvatting van de hoogte- en stabiliteitsopgave per dijkvak van de KIJK-dijk.

5.2. Onderbouwing VKA per dijkvak

De onderbouwing van het Voorkeursalternatief (VKA) is uitgebreid beschreven in Verkenning KIJK, Notitie Multi-Criteria Analyse¹¹. De basisredeneerlijn in de Verkenning KIJK, Notitie Multi-Criteria Analyse, is als volgt:

1. grondoplossing,
2. grondoplossing met type II,
3. type II
4. type I.

Zoals in onderstaande figuur is uitgebeeld.



In de volgende paragraaf wordt aangegeven of de versterkingsopgave van de hoogte (uit paragraaf 4.1) en stabiliteit (paragraaf 4.2) bij verschillende systeemmaatregelen leidt tot een wijziging of heroverweging van het VKA conform bovenstaande basisredeneerlijn.

¹¹ Notitie Multi-criteria Analyse, IB KIJK (BWZ – Green Rivers – Infram – Crux), 28 maart 2018

5.3. VKA bij gewijzigde versterkingsopgave

In de volgende sub-paragrafen wordt gezien of de aangepaste versterkingsopgave leidt tot een andere afweging van het VKA. Dit wordt gedaan door de vakken in tabel 5.1 te beoordelen op de volgende zes filterregels:

- a. Stabiliteits- en hoogte opgave blijft bestaan (hoogtemaatregel 4), ook met de systeemmaatregel van een faalkans van de Hollandsche IJsselkering van eens per 5.000 sluitvragen én een verlaagde maalstop.
- b. Versterking is nodig en het VKA is een grondoplossing, dus in de basisredeneerlijn is dit de logische versterking.
- c. Hoogtemaatregel 3 (een muurtje en verflauwen van het binnentalud) is nodig alsmede een verbetering van de stabiliteit.
- d. Hoogtemaatregel 2 (een muurtje) is nodig alsmede een verbetering van de stabiliteit.
- e. Er is geen hoogteopgave, maar wel stabiliteitsopgave.
- f. Er is geen dijkversterkingsopgave.

Met elke filterregel worden dijkvakken uit de basistabel, tabel 5.1, weggelaten om zo af te pellen op welke dijkvakken het VKA mogelijk wel wijzigt.

5.3.1. Stabiliteit en hoogte opgave blijft bestaan

De dijkvakken die onvoldoende stabiel zijn en een hoogtemaatregel 4 nodig hebben (zettingvrije constructie), daarvan kan gezegd worden dat zelfs met de maximale systeemmaatregelen van een faalkans van de Hollandsche IJsselkering van eens per 5.000 sluitvragen én een verlaging van de maalstop, er geen effect is op het Type I als VKA. Immers de versterkingsopgave is hetzelfde als bij het vaststellen van het VKA. Dit geldt voor dijkvak J, M1, M2, O1, O2, U1 en U2. Dit is in totaal 4,0 kilometer.

In onderstaande tabel zijn die dijkvakken eruit gehaald.

Dijkvak	Stabiliteit	Hoogte		VKA
		Faalkans eens per 200 sluitvragen	Faalkans eens per 5.000 sluitvragen én maalstop	
A	v	3	3	grond
B	o	4	2	grond
C	o	3	1	type I
D	o v bij restbreedte	3	1	maatwerk
E	o	4	2	type I
F	o	4	3	type I
G	v	2	2	type II
H	o	4	3	type I
I1	v	4	1	type II
I2	o	1	1	voorland
K1	v	2	1	maatwerk
K2	o	4	1	maatwerk
L	o	3	2	type I
M3	o	4	1	grond
N	o	1	1	grond
P	o v bij restbreedte			voorland
Q	o	3	1	type I
R	o	1	1	type I
S	o	1	1	voorland
T	o	2	1	voorland
V	v	3	2	type I
W1	v	4	1	maatwerk
W2	v	3	2	maatwerk

5.3.2. Versterking is nodig het VKA is een grondoplossing

Voor de dijkvakken waar het VKA een grondoplossing is, maar de dijk ondanks de systeemmaatregelen te laag of onvoldoende stabiel is, hebben de maximale systeemmaatregelen van een faalkans van de Hollandsche IJsselkering van eens per 5.000 sluitvragen én verlaging van de maalstop, geen effect op het VKA. Een grondoplossing (daarbij hoort ook het voorland) blijft nodig al heeft verbetering van de faalkans natuurlijk wel effect op de grootte van de benodigde versterking. Dit geldt voor dijkvak A, B, I2, M3, N, P, S en T. Dit is in totaal 1,3 kilometer.

In onderstaande tabel zijn die dijkvakken eruit gehaald.

Dijkvak	Stabiliteit	Hoogte		VKA
		Faalkans eens per 200 sluitvragen	Faalkans eens per 5000 sluitvragen én maalstop	
C	o	3	1	type I
D	o v bij restbreedte	3	1	maatwerk
E	o	4	2	type I
F	o	4	3	type I
G	v	2	2	type II
H	o	4	3	type I
I1	v	4	1	type II
K1	v	2	1	maatwerk
K2	o	4	1	maatwerk
L	o	3	2	type I
Q	o	3	1	type I
R	o	1	1	type I
V	v	3	2	type I
W1	v	4	1	maatwerk
W2	v	3	2	maatwerk

5.3.3. Hoogtemaatregel 3 muurtje en verflauwen nodig en instabiel

Voor de dijkvakken met een hoogte versterkingsmaatregel 3 moet worden onderzocht in een VKA analyse of er binnendijks genoeg ruimte is om het binnentalud te verflauwen. Mogelijk wijzigt het VKA voor deze dijkvakken dan van een type I in een grondoplossing met een muurtje. Het gaat hier om dijkvak F en H. Dit is in totaal 890 meter.

Analyse alternatief

Uit de analyse (bijlage 1 bij dit rapport) blijkt dat voor beide dijkvakken (F en H) alleen het verflauwen van het binnentalud onvoldoende is om de stabiliteitsopgave op te lossen, daarvoor is ook een stabiliteitsberm nodig. Het ruimtebeslag van de taludverflauwing én de binnenberm is als alternatief bepaald, maar dit alternatief scoort nauwelijks beter of slechter dan het volledige grondalternatief. De afweging die is gemaakt in het VKA blijft daarmee hetzelfde.

De type I oplossing blijft daarmee het voorkeursalternatief. Het VKA wijzigt niet door de maximale systeemmaatregelen van een faalkans van de Hollandsche IJsselkering van eens per 5.000 sluitvragen én een verlaging van de maalstop.

In onderstaande tabel zijn die dijkvakken eruit gehaald.

Dijkvak	Stabiliteit	Hoogte		VKA
		Faalkans eens per 200 sluitvragen	Faalkans eens per 5000 sluitvragen én maalstop	
C	o	3	1	type I
D	o v bij restbreedte	3	1	maatwerk
E	o	4	2	type I
G	v	2	2	type II
I1	v	4	1	type II
K1	v	2	1	maatwerk
K2	o	4	1	maatwerk
L	o	3	2	type I
Q	o	3	1	type I
R	o	1	1	type I
V	v	3	2	type I
W1	v	4	1	maatwerk
W2	v	3	2	maatwerk

5.3.4. Hoogtemaatregel 2 muurtje nodig en instabiel

Voor de dijkvakken met een hoogtemaatregel 2 en waar de stabiliteit onvoldoende is, moet worden onderzocht of er binnendijks genoeg ruimte is om de dijk te stabiliseren met een binnenberm. Mogelijk wijzigt het VKA voor deze dijkvakken in een grondoplossing met een muurtje. Het gaat hier om dijkvak E en L. Dit is in totaal 460 meter.

Analyse alternatief

Het ruimtebeslag van de binnenberm is voor beide dijkvakken (E en L) bepaald (bijlage 2 bij dit rapport). Dit alternatief scoort nauwelijks beter of slechter dan de volledige grondoplossing.

De type I oplossing blijft daarmee het voorkeursalternatief. Het VKA wijzigt niet door maximale een systeemmaatregel van een faalkans van de Hollandsche IJsselkering van eens per 5.000 sluitvragen én een verlaagde maalstop.

In onderstaande tabel zijn die dijkvakken eruit gehaald.

Dijkvak	Stabiliteit	Hoogte		VKA
		Faalkans eens per 200 sluitvragen	Faalkans eens per 5000 sluitvragen én maalstop	
C	o	3	1	type I
D	o v bij restbreedte	3	1	maatwerk
G	v	2	2	type II
I1	v	4	1	type II
K1	v	2	1	maatwerk
K2	o	4	1	maatwerk
Q	o	3	1	type I
R	o	1	1	type I
V	v	3	2	type I
W1	v	4	1	maatwerk
W2	v	3	2	maatwerk

5.3.5. Geen hoogte opgave maar wel stabiliteitsopgave

Voor de dijkvakken C, D, K2, Q en R volstaat alleen een stabiliteitsverbetering en is er geen hoogtetekort meer. De verbetering van stabiliteit kan nog steeds de beoogde versterking uit het VKA zijn, maar mogelijk is ook een grondoplossing of type II een goed of beter alternatief. Dit is in totaal 970 meter.

Analyse alternatief

Dijkvak D en K2

Dijkvakken D en K2 zijn als maatwerklocatie nader onderzocht op alternatieve oplossingen. De onderbouwing voor de keuze van type II voor dijkvak D en type I voor dijkvak K2 staat in de documenten 'Maatwerkdijkvak D - variantenstudie' ¹² en 'Maatwerkdijkvak K - variantenstudie' ¹³. Hierin is het VKA opnieuw afgewogen.

Dijkvakken C, Q en R

Voor de dijkvakken C, Q en R is het ruimtebeslag van de binnenberm bepaald (bijlage 3 bij dit rapport). De grondoplossing of type II is nauwelijks beter of slechter dan de scores die in het VKA zijn gegeven.

De type I oplossing blijft daarmee het voorkeursalternatief. Het VKA wijzigt dus niet door de maximale systeemmaatregel van een faalkans van de Hollandsche IJsselkering van eens per 5.000 sluitvragen én een verlaagde maalstop.

¹² Maatwerkdijkvak D – variantenstudie, Kigo, documentnummer KIIK-205518, 14-9-2021

¹³ Maatwerkdijkvak K – variantenstudie, Kigo, documentnummer KIIK-207684, 26-10-2021

In onderstaande tabel zijn die dijkvakken C, D, K2, Q en R eruit gehaald.

Dijkvak	Stabiliteit	Hoogte		VKA
		Faalkans eens per 200 sluitvragen	Faalkans eens per 5000 sluitvragen én maalstop	
G	v	2	2	type II
I1	v	4	1	type II
K1	v	2	1	maatwerk
V	v	3	2	type I
W1	v	4	1	maatwerk
W2	v	3	2	maatwerk

5.3.6. Geen dijkversterkingsopgave

In voorgaande paragrafen is steeds geredeneerd of het VKA zou wijzigen als de maximale systeemmaatregelen van een faalkansverbetering van de Hollandsche IJsselkering naar eens per 5.000 sluitvragen én een verlaagde maalstop worden ingezet. De conclusie is dat de versterkingsopgave bij de dijkvakken G, I1, K1, V, W1 en W2 bij de maximale systeemmaatregelen zal wijzigen, ten opzichte van het VKA. Enerzijds omdat de stabiliteitsopgave is verdwenen en anderzijds omdat de systeemmaatregelen leiden van nauwelijks of geen hoogteopgave. Dit is in totaal 730 meter.

Nu is echter de vraag of dit ook klopt bij minder vergaande systeemmaatregelen. Met andere woorden, wijzigt de versterkingsopgave bij de dijkvakken G, I1, K1, V, W1 en W2 ook bij alleen een systeemmaatregel bestaande uit het verlagen van de faalkans van de Hollandsche IJsselkering naar eens per 2.000 sluitvragen.

Daarvoor is onderstaande tabel uitgebreid met de faalkans van eens per 2.000 sluitvragen.

Dijkvak	Stabiliteit	Hoogte			VKA
		Faalkans eens per 200 sluitvragen	Faalkans eens per 2.000 sluitvragen	Faalkans eens per 5.000 sluitvragen én maalstop	
G	v	2	2	2	type II
I1	v	4	1	1	type II
K1	v	2	1	1	maatwerk
V	v	3	2	2	type I
W1	v	4	2	1	maatwerk
W2	v	3	2	2	maatwerk

Het valt daarbij op dat extra systeemmaatregelen van een faalkans van de Hollandsche IJsselkering van eens per 5000 sluitvragen én de verlaagde maalstop ten opzichte van een faalkans van eens op de 2000 sluitvragen, alleen effect hebben op dijkvak W1. Dijkvak W1 is een maatwerklocatie en daar is het VKA nader beschouwd in 'Maatwerkdijkvak W - actualisatie versterkingsopgave'¹⁴. De beperkte hoogteaangepassing in dijkvak W is dus met vergaande systeemmaatregelen te voorkomen, maar dit weegt niet op tegen de impact van de vergaande systeemmaatregelen.

¹⁴ Maatwerkdijkvak W – Actualisatie versterkingsopgave, Kigo, documentnummer KIIK-206667, 8-9-2021

Analyse overige dijkvakken G, I1, K1 en V

Dijkvak G en I1 zijn maatwerklocaties, deze zijn nader onderzocht in 'Maatwerkdijkvak G'¹⁵ en 'Maatwerkdijkvak I1 - variantenstudie'¹⁶

In beide dijkvakken is nu voorzien dat er over een deel van het dijkvak een type II nodig is. Uit bovenstaande tabel blijkt dat er geen stabiliteitsopgave is. Dit verschil wordt verklaard doordat in de semi-probabilistische stabiliteitsberekeningen de dijk niet voldoet aan stabiliteitseis, maar in de probabilistische stabiliteitsberekeningen (net) wel (zie tabel 4.2). Het vervallen van de stabiliteitsopgave is dus niet het gevolg van de faalkansverlaging van de sluiting van de Hollandsche IJsselkering. In de ontwerpmethodiek is uitgegaan van semi-probabilistisch ontwerpen, vandaar dat er nog een opgave is.

De dijkversterking van dijkvak K1 vervalt bij de voorgenomen systeemmaatregel van eens per 2.000 sluitvragen. Hier is het voorkeursalternatief een voorlandoplossing, waarbij geen versterking van de dijk noodzakelijk is.

Dijkvak V voldoet wel op stabiliteit (zij het zonder veel overmaat), maar niet op hoogte. Een versterkingsalternatief zou kunnen zijn een hoogtemaatregel 2: Ophoging met een 'ondiep' gefundeerd hoogtescherm op de dijk.

Gezien het zettingsgedrag van de dijk is een ondiep gefundeerd hoogtescherm uit oogpunt van beheer onwenselijk. Het bestaande VKA wijzigt hierdoor niet. Het is belangrijk te vermelden dat vergaande systeemmaatregelen (zoals een verder verlaagde faalkans naar eens per 5.000 sluitvragen en de verlaagde maalstop) geen invloed hebben op deze afweging.

5.4. VKA bij gewijzigde versterkingsopgave in geval van extra kering

Voor de situatie dat de faalkans van de Hollandsche IJsselkering verder is verlaagd naar 1/25.000 per sluitvraag is het beeld niet veel anders dan in de paragrafen hiervoor beschreven. Dit komt doordat in de voorgaande analyse al is uitgegaan van een faalkansverlaging naar 1/5.000 per sluitvraag mét verlaagd maalstoppeil. Het effect op het HBN en de WBN van een verdergaande faalkansverkleining naar 1/25.000 per sluitvraag is dan betrekkelijk klein.

Voor wat betreft hoogte is het effect dat de benodigde hoogtemaatregel één klasse omlaag gaat voor de vakken A, B, G, H, L, M1, T, V en W2 en twee klassen omlaag gaat voor vak O (zie tabel 4.2). Voor vak B, G, L, V en W2 betekent dit dat de hoogteopgave geheel komt te vervallen.

De stabiliteitsopgave verandert nauwelijks door de beperkte aanvullende verlaging van het HBN en WBN ten opzichte van de situatie bij een faalkans van 1/5.000 per sluitvraag en verlaagde maalstop. Dit komt doordat bij een kleine verlaging van het WBN de waterspanningen in de dijk ook weinig lager zullen zijn. De uitkomst van de stabiliteitsanalyse verbetert dan te weinig om het berekende stabiliteitstekort te overbruggen. De kans op infiltratie van de dijk door overslag wordt door verdere verlaging van de faalkans van de Hollandsche IJsselkering ook verder verlaagd. Maar omdat de stabiliteit van de dijk ook zonder verzadiging door overslag in de meeste vakken al onvoldoende is leidt dit ook niet tot significante verkleining van de versterkingsopgave.

¹⁵ Maatwerkdijkvak G, documentnummer KIJK-205406, 24-5-2021

¹⁶ Maatwerkdijkvak I1 – variantenstudie, documentnummer KIJK-205093, 22-4-2021

Voor de vakken waarvoor de benodigde hoogteopgave één of meer klassen omlaag gaat in geval van faalkansverkleining van de Hollandsche IJsselkering naar 1/25.000 per sluitvraag is het bekeken of het VKA hierdoor kan veranderen:

- Dijkvak M1 valt terug van hoogtemaatregel 4 naar hoogtemaatregel 3 (ophoging met een 'ondiep' gefundeerd hoogtescherp op de dijk en een verflauwing van het binnentalud). De stabiliteit blijft onvoldoende. De afweging uit de verkenning verandert hierdoor niet. Hiermee blijft een type I oplossing het voorkeursalternatief.
- Dijkvak H valt terug van hoogtemaatregel 3 naar hoogtemaatregel 2 en dijkvak O valt terug van hoogtemaatregel 4 naar hoogtemaatregel 2 (ophoging met een 'ondiep' gefundeerd hoogtescherp op de dijk). De stabiliteit blijft onvoldoende. Voor beide vakken verandert de afweging uit de verkenning hierdoor niet. Hiermee blijft een type I oplossing het voorkeursalternatief.
- Dijkvak A valt ook terug naar hoogtemaatregel 2 (ophoging met een 'ondiep' gefundeerd hoogtescherp op de dijk). De stabiliteit van dit dijkvak is voldoende. Dijkvak is betreft een kort dijkvak van 30 meter en dit vak wordt op orde gebracht in aansluiting op dijkvak B.
- De dijkvakken B, G, L, T, V en W2 vallen terug naar hoogtemaatregel 1 (geen hoogtemaatregel nodig).
 - o Dijkvak B heeft nog wel een stabiliteitsopgave. De type II oplossing blijft onveranderd het voorkeursalternatief.
 - o Dijkvak G betreft een kort maatwerkdijkvak met een grondoplossing met hulpconstructie. De afweging om dit vak wel te versterken binnen project KIIJK verandert niet.
 - o Dijkvak L heeft nog wel een stabiliteitsopgave. In geval de hoogteopgave voor dit vak vervalt zal een grondoplossing mogelijk passen. Voor dit vak verandert daarmee mogelijk het voorkeursalternatief. Dijkvak L is een relatief kort van ca. 110 meter lengte.
 - o Dijkvak T betreft een vak met een voorlandoplossing. Met het vervallen van de hoogte-opgave wordt de levensduur van de huidig voorziene oplossing verlengd.
 - o Dijkvak V heeft geen stabiliteitsopgave. Met het verdwijnen van tevens de hoogte-opgave resteert in dit dijkvak geen opgave meer. Dijkvak V heeft een lengte van ca. 225 meter.
 - o Dijkvak W2 bleek bij nadere beschouwing in de huidige situatie al te voldoen. Voor dit vak verandert er daarmee niets.

Kort samengevat verandert met verdere verkleining van de faalkans van de Hollandsche IJsselkering naar 1/25.000 per sluitvraag voor 2 vakken dus mogelijk de voorkeursoplossing. Dit betreft de vakken L en V met een totale lengte van ca. 335 meter.

6. Conclusie

Het Voorkeursalternatief (VKA) van de KIJK-dijk is vastgesteld in 2018. In dit rapport is het effect op het VKA bepaald van:

1. Aanscherpingen van de ontwerpuitgangspunten sinds 2018;
2. Het gebruik van geavanceerdere beoordelings- en ontwerpmethodieken, zoals probabilistische stabiliteitsanalyse. Dit was al onderzocht in 2017, maar de kennis en toepassing zijn sindsdien uitgebreid;
3. Systeemmaatregelen bestaande uit een verdere verbetering van de faalkans van de Hollandsche IJsselkering en het verlagen van de maalstop.

In het Definitief Ontwerp dat de basis is voor de planproducten, is uitgegaan van een verbetering van de faalkans van de Hollandsche IJsselkering naar eens per 2.000 sluitvragen. Door de combinatie van deze drie aspecten wijzigt het VKA uit 2018 alleen voor de dijkvakken:

- D (100 m) van een type I in type II;
- K1 (160 m) de opgave is vervallen;
- W1 en W2 (150 m) van een type I naar een geringe wegophoging.

In dijkvak G en I1 (totaal 190 m) blijft de gekozen oplossing dezelfde, maar hoeft niet meer over het volledige dijkvak een type II te worden aangebracht. Op delen kan worden volstaan met alleen een grondoplossing.

Aanscherpingen van de ontwerpuitgangspunten

De wijzigingen in het VKA komen met name voort uit de aanscherpingen van de ontwerpuitgangspunten, met name de verbetering van de grondsterkte en de reductie van de hydraulische belasting.

Geavanceerde ontwerpmethodieken

De geavanceerde methodiek 'bewezen sterkte' blijkt na onderzoek niet kansrijk.

De resultaten van de uitgevoerde probabilistische stabiliteitsberekeningen liggen redelijk in lijn met de resultaten van de semi-probabilistische berekeningen en leiden dus niet tot een grote reductie van de stabiliteitsopgave. Alleen voor de dijkvakken G en I1 (met een gezamenlijke lengte van 190 m) leidt probabilistisch rekenen ertoe dat deze vakken net aan voldoen aan de stabiliteitseis, terwijl ze semi-probabilistisch net niet voldoen. Voor een gedeelte van deze dijkvakken G en I1 is nu een type II versterking voorzien in combinatie met aanpassing van het binnentalud vanwege beheerbaarheid. HHSK gaat uit van het handhaven van deze (verkleinde) opgave. Dit is een afweging vanuit het robuust en doelmatig versterken.

Effect verder verlagen faalkans Hollandsche IJsselkering

Het verder verlagen van de faalkans van de Hollandsche IJsselkering naar eens per 5.000 sluitvragen in combinatie met een maalstop bij 2,25 meter boven NAP (in plaats van 2,60 meter boven NAP), heeft ten opzichte van het ontwerpuitgangspunt van een faalkans van eens per 2.000 sluitvragen alleen effect op de (toch al beperkte) versterking van dijkvak W1. Dit dijkvak dient nu circa 0,1 meter verhoogd te worden, terwijl anders geen verhoging nodig is. Voor dijkvak V is de hoogteopgave met een faalkans van eens per 2.000 sluitvragen al dermate anders, dat daardoor een niet eerder onderzocht alternatief mogelijk is, namelijk het plaatsen van alleen een (ondiep gefundeerd) muurtje op de buitenkruinlijn. De beheerder

heeft aangegeven dat dit alternatief vanwege het zettingsgedrag van de dijk zeer slecht scoort op beheer en onderhoud, en acht het daarom geen reëel alternatief.

Nauwelijks wijziging VKA, wel minder impact omgeving

Naast de beperkte invloed op het VKA van circa 400 meter, wordt door de aanscherpingen vanuit de ontwerpuitgangspunten en de verlaging van de faalkans naar eens per 2.000 sluitvragen, met name de impact van de dijkversterking kleiner. Veel voorlanden hoeven niet of minder te worden opgehoogd en het muurtje van de type I oplossing kan aanzienlijk lager worden. Hierdoor komt het muurtje nauwelijks meer dan 0,4 meter boven de weg uit. Dit was een wens van de omgeving en van het landschapsteam. De versterking is daarmee beter inpasbaar in zijn omgeving.

7. Bijlage 1 dijkvak F en H

Dijkvak F

Dijkvak F heeft met de maximale systeemmaatregelen van een faalkans van de Hollandsche IJsselkering van eens per 5.000 sluitvragen én een verlaagde maalstop nog steeds een stabiliteits- en hoogteopgave. Maar mogelijk kan het hoogtetekort worden opgelost met een muur op de kruinlijn en een verhoogd overslagdebiet. Om dit verhoogde overslagdebiet op het binnentalud aan te kunnen is een verflauwing van het binnentalud nodig. Mogelijk lost die verflauwing van het binnentalud ook de stabiliteitsopgave op.

Het nieuwe versterkingsalternatief dat onderzocht wordt is een muur van max 0,4 meter op de kruinlijn en een verflauwd binnentalud van 1:3 (en een erosiebestendig binnentalud) en eventueel een stabiliteitsberm.

Multi-Criteria Analyse aanvullende versterkingsalternatief dijkvak F

Uit de stabiliteitsberekening van dit alternatief blijkt dat er ondanks de taludverflauwing toch nog een stabiliteitsberm nodig is van 14 meter. Dit alternatief is daarmee vergelijkbaar met het alternatief Gr BI + BU (grondoplossing) uit de MCA, daar ging men ten tijde van het VKA uit van een binnenberm van 7 meter. De score op de gevolgen voor ruimtelijke omgeving zijn dan ook gelijk aan Gr BI + BU..

Gevolgen voor (effecten op) ruimtelijke omgeving: schade, functies, hinder	Gr BI + BU	Asv. BU	Gr BU + T II BI	T II BU + BI	T I
Risico op schade door grondvervorming	0	9	4	4	0
Risico op schade door trillingen door aanleg	0	0	3	3	1
Ruimtebeslag op panden	15	0	9	9	0
Ruimtebeslag op percelen met bestemming	1	0	0	0	0
Toegankelijkheid van functies (op- en afrit)	5	0	5	5	2
Toegankelijkheid van functies (pand/voordeur)	5	5	5	5	0
Geluidbelasting op woningen door wegverkeer	+	0	+	+	0
Woongenot	0	0	2	2	0
Bouwtijd/uitvoeringstijd (generiek, relatief)	-	--	0	+	++
Bouwoverlast: afsluiting weg (generiek)	-	0	--	--	--
Bouwlawaai (generiek)	--	--	--	-	-

Tabel 7.1: Verkenning KIJK, Rapport Dijkvak F van 05-09-2018, definitief 1.0: Dijkvak F Gevolgen voor (effecten op) ruimtelijke omgeving: schade, functies, hinder.

Dijkvak H

Dijkvak H heeft met de maximale systeemmaatregelen van een verlaagde faalkans van de Hollandsche IJsselkering naar eens per 5.000 sluitvragen én een verlaagde maalstop nog steeds een stabiliteits- en hoogteopgave. Maar mogelijk kan het hoogtetekort worden opgelost met een muur op de kruinlijn en een verhoogd overslagdebiet. Om dit verhoogde overslagdebiet op het binnentalud aan te kunnen is een verflauwing van het binnentalud nodig. Mogelijk lost die verflauwing van het binnentalud ook de stabiliteitsopgave op.

Het nieuwe versterkingsalternatief dat onderzocht wordt, is een muur van max 0,4 meter op de kruinlijn en een verflauwd binnentalud van 1:3 (en een erosiebestendig binnentalud) en eventueel een stabiliteitsberm.

Multi-Criteria Analyse aanvullende versterkingsalternatief dijkvak H

Uit de stabiliteitsberekening van dit alternatief blijkt dat er ondanks de taludverflauwing toch nog een stabiliteitsberm nodig is van 14 meter. Dit alternatief is daarmee vergelijkbaar met het alternatief Gr BI + BU (grondoplossing) uit de MCA, daar ging men ten tijde van het VKA uit van de binnenberm van 8 meter. De score op de gevolgen voor ruimtelijke omgeving zijn dan ook gelijk aan Gr BI + BU. De gevolgen voor 'Ruimtebeslag op panden' wijzigt van 20 panden (bij 8 meter binnenberm) naar 21 panden (bij 14 meter binnenberm), echter de score wijzigt daarmee niet.

Gevolgen voor (effecten op) ruimtelijke omgeving: schade, functies, hinder	Gr BI + BU	Asv. BU	T II BI + Gr BU	T II BI + BU	T I
Risico op schade door grondvervorming	0	9	8	8	0
Risico op schade door trillingen door aanleg	0	0	5	5	0
Ruimtebeslag op panden	20	2	2	2	0
Ruimtebeslag op percelen met bestemming	0	0	0	0	0
Toegankelijkheid van functies (op- en afrit)	0	0	0	0	0
Toegankelijkheid van functies (pand/voordeur)	0	0	0	0	0
Geluidbelasting op woningen door wegverkeer	+	0	+	+	0
Woongenot	0	0	9	9	0
Bouwtijd/ uitvoeringstijd (generiek, relatief)	-	--	0	+	++
Bouwoverlast: afsluiting weg (generiek)	-	0	--	--	--
Bouwlawaai (generiek)	--	--	--	-	-

Tabel 7.2: Verkenning KIJK, Notitie Multi-Criteria Analyse van 28-03-2018 definitief 1.0: Dijkvak H Gevolgen voor (effecten op) ruimtelijke omgeving: schade, functies, hinder.

8. Bijlage 2 Dijkvak E en L

Dijkvak E

Dijkvak E heeft met de maximale systeemmaatregelen van een faalkans van de Hollandsche IJsselkering van eens per 5.000 sluitvragen én een verlaagde maalstop nog steeds een stabiliteits- en hoogteopgave. Maar mogelijk kan het hoogte tekort worden opgelost met een muur op de kruinlijn en de stabiliteitsopgave met een binnenberm.

Het nieuwe versterkingsalternatief dat onderzocht wordt is een muur van max 0,4 m op de kruinlijn en een stabiliteitsberm.

Multi-Criteria Analyse aanvullende versterkingsalternatief dijkvak E

Uit de stabiliteitsberekening van dit alternatief blijkt dat er een stabiliteitsberm nodig is van 2 meter, hiermee worden 7 panden geraakt. Dit alternatief is daarmee vergelijkbaar met het alternatief Gr BI + BU (grondoplossing) uit de MCA, daar ging men ten tijde van het VKA uit van de binnenberm van 7 meter. De score op de gevolgen voor ruimtelijke omgeving zijn dan ook gelijk aan Gr BI + BU. De gevolgen voor 'Ruimtebeslag op panden' wijzigt van 16 panden (bij 7 meter binnenberm) naar 7 panden, echter de score wijzigt daarmee niet.

Gevolgen voor (effecten op) ruimtelijke omgeving: schade, functies, hinder	Gr BI + BU	Asv. BU	T II BI + Gr BU	T II BI + BU	T I
Risico op schade door grondvervorming	1	7	3	3	0
Risico op schade door trillingen door aanleg	0	0	4	4	1
Ruimtebeslag op panden	16	2	6	6	0
Ruimtebeslag op percelen met bestemming	0	0	0	0	0
Toegankelijkheid van functies (op- en afrit)	2	2	2	2	0
Toegankelijkheid van functies (pand/voordeur)	0	0	0	0	1
Geluidbelasting op woningen door wegverkeer	+	+	+	+	0
Woongenot	0	0	8	8	0
Bouwtijd/ uitvoeringstijd (generiek, relatief)	-	--	0	+	++
Bouwoverlast: afsluiting weg (generiek)	-	-	--	--	--
Bouwlawaai (generiek)	--	--	--	-	-

Tabel 8.1: Verkenning KIJK, Notitie Multi-Criteria Analyse van 28-03-2018 definitief 1.0: Dijkvak E Gevolgen voor (effecten op) ruimtelijke omgeving: schade, functies, hinder.

Dijkvak L

Dijkvak L heeft met de maximale systeemmaatregelen van een faalkans van de Hollandsche IJsselkering van eens per 5.000 sluitvragen én een verlaagde maalstop na de systeemanalyse nog steeds een stabiliteits- en hoogteopgave. Maar mogelijk kan het hoogte tekort worden opgelost met een muur op de kruinlijn en de stabiliteitsopgave met een binnenberm.

Het nieuwe versterkingsalternatief dat onderzocht wordt is dus een muur van max 0,4 m op de kruinlijn en een stabiliteitsberm.

Multi-Criteria Analyse aanvullende versterkingsalternatief dijkvak L

Uit de stabiliteitsberekening van dit alternatief blijkt dat er een stabiliteitsberm nodig is van 18 meter. Dit alternatief is daarmee vergelijkbaar met het alternatief Gr BI + BU (grondoplossing) uit de MCA, daar ging men ten tijde van het VKA uit van de binnenberm van 8 meter. De score op de gevolgen voor ruimtelijke omgeving zijn dan ook gelijk aan Gr BI + BU. De gevolgen voor 'Ruimtebeslag op panden' wijzigt van 4 panden (bij 8 meter binnenberm) naar tenminste 4 panden (bij 18 meter binnenberm), de score wijzigt daarmee niet.

Gevolgen voor (effecten op) ruimtelijke omgeving: schade, functies, hinder	Gr BI + BU	Asv. BU	T II BI + Gr BU	T II BI + BU	T I
Risico op schade door grondvervorming	1	1	1	1	0
Risico op schade door trillingen door aanleg	0	0	2	2	0
Ruimtebeslag op panden	4	0	0	0	0
Ruimtebeslag op percelen met bestemming	0	0	0	0	0
Toegankelijkheid van functies (op- en afrit)	0	0	0	0	0
Toegankelijkheid van functies (pand/voordeur)	0	0	0	0	0
Geluidbelasting op woningen door wegverkeer	0	0	0	0	0
Woongenot	0	0	2	2	0
Bouwtijd/ uitvoeringstijd (generiek, relatief)	-	--	0	+	++
Bouwoverlast: afsluiting weg (generiek)	-	0	--	--	--
Bouwlawaai (generiek)	--	--	--	-	-

Tabel 8.2: Verkenning KIIJK, Notitie Multi-Criteria Analyse van 28-03-2018 definitief 1.0: Dijkvak L Gevolgen voor (effecten op) ruimtelijke omgeving: schade, functies, hinder.

De afweging en daarmee het VKA wijzigt niet door een systeemmaatregel van een faalkans van de Hollandsche IJsselkering van eens per 5.000 sluitvragen én een verlaagde maalstop.

9. Bijlage 3 Dijkvak C, Q en R

Dijkvak C

Voor dijkvak C is het hoogtetekort vervallen en is er alleen nog een stabiliteitstekort. De verbetering van stabiliteit kan nog steeds een type I constructie zijn, maar mogelijk is ook een grondoplossing of type II een goed of beter alternatief.

Multi-Criteria Analyse aanvullende versterkingsalternatief dijkvak C

Uit de stabiliteitsberekening van dit alternatief blijkt dat er een stabiliteitsberm nodig is van 3 meter, hiermee worden 7 panden geraakt.

Dit alternatief is daarmee vergelijkbaar met het alternatief Gr BI + BU (grondoplossing) uit de MCA, daar ging men ten tijde van het VKA uit van de binnenberm van 7 meter. De score op de gevolgen voor ruimtelijke omgeving zijn dan ook gelijk aan Gr BI + BU. De gevolgen voor 'Ruimtebeslag op panden' wijzigt van 6 panden (bij 7 meter binnenberm) naar 7 panden (bij 3 meter binnenberm), echter de score wijzigt daarmee niet.

Hetzelfde geldt voor het Type II BI+BU alternatief. De gevolgen voor 'Ruimtebeslag op panden' wijzigt van 3 panden (bij type II) naar 3 panden (bij type II), daardoor wijzigt de score niet.

Gevolgen voor (effecten op) ruimtelijke omgeving: schade, functies, hinder	Gr BI + BU	Asv. BU	T II BI + Gr BU	T II BI + BU	TI
Risico op schade door grondvervorming	1	2	1	1	0
Risico op schade door trillingen door aanleg	0	0	10	10	1
Ruimtebeslag op panden	6	2	3	3	0
Ruimtebeslag op percelen met bestemming	0	0	0	0	0
Toegankelijkheid van functies (op- en afrit)	0	0	0	0	0
Toegankelijkheid van functies (pand/voordeur)	0	0	0	0	2
Geluidbelasting op woningen door wegverkeer	--	0	+	+	0
Woongenot	0	0	1	1	0
Bouwtijd/ uitvoeringstijd (generiek, relatief)	-	--	0	+	++
Bouwoverlast: afsluiting weg (generiek)	-	0	--	--	--
Bouwlawaai (generiek)	--	--	--	-	-

Tabel 9.1: Verkenning KIJK, Notitie Multi-Criteria Analyse van 28-03-2018 definitief 1.0: Dijkvak C Gevolgen voor (effecten op) ruimtelijke omgeving: schade, functies, hinder.

Dijkvak Q

Voor dijkvak Q is het hoogtetekort vervallen en is er alleen nog een stabiliteitstekort. De verbetering van stabiliteit kan nog steeds een type I constructie zijn, maar mogelijk is ook een grondoplossing of type II een goed of beter alternatief.

Multi-Criteria Analyse aanvullende versterkingsalternatief dijkvak Q

Uit de stabiliteitsberekening van dit alternatief blijkt dat er een stabiliteitsberm nodig is van 14 meter, hiermee worden 5 panden geraakt. Dit alternatief is daarmee vergelijkbaar met het alternatief Gr BI + BU (grondoplossing) uit de MCA, daar ging men ten tijde van het VKA uit van de binnenberm van 9 meter. De score op de gevolgen voor ruimtelijke omgeving zijn dan ook gelijk aan Gr BI + BU. De gevolgen voor 'Ruimtebeslag op panden' wijzigt van 6 panden (bij 9 meter binnenberm) naar 5 panden, daardoor wordt de score even rood en wijzigt daarmee niet.

Hetzelfde geldt voor het Type II BI+BU alternatief. De gevolgen voor 'Ruimtebeslag op panden' wijzigt van 2 panden (bij type II) naar 2 panden (bij type II), daardoor wijzigt de score niet.

Gevolgen voor (effecten op) ruimtelijke omgeving: schade, functies, hinder	Gr BI + BU	Asv. BU	T II BI + Gr BU	T II BI + BU	T I
Risico op schade door grondvervorming	0	0	1	1	0
Risico op schade door trillingen door aanleg	0	0	1	1	0
Ruimtebeslag op panden	3	0	0	0	0
Ruimtebeslag op percelen met bestemming	0	0	0	0	0
Toegankelijkheid van functies (op- en afrit)	0	0	0	0	0
Toegankelijkheid van functies (pand/voordeur)	0	0	0	0	0
Geluidbelasting op woningen door wegverkeer	0	0	0	0	0
Woongenot	0	0	1	1	0
Bouwtijd/ uitvoeringstijd (generiek, relatief)	-	-	0	+	++
Bouwoverlast: afsluiting weg (generiek)	-	0	--	--	--
Bouwlawaai (generiek)	--	--	--	-	-

Tabel 9.2: Verkenning KIJK, Notitie Multi-Criteria Analyse van 28-03-2018 definitief 1.0: Dijkvak Q
Gevolgen voor (effecten op) ruimtelijke omgeving: schade, functies, hinder.

Dijkvak R

Voor dijkvak R is het hoogtetekort vervallen en is er alleen nog een stabiliteitstekort. De verbetering van stabiliteit kan nog steeds een type I constructie zijn, maar mogelijk is ook een grondoplossing of type II een goed of beter alternatief.

Multi-Criteria Analyse aanvullende versterkingsalternatief dijkvak R

Uit de stabiliteitsberekening van dit alternatief blijkt dat er een stabiliteitsberm nodig is van 19 meter, hiermee worden 2 panden geraakt. Dit alternatief is daarmee vergelijkbaar met het alternatief Gr BI + BU (grondoplossing) uit de MCA, daar ging men ten tijde van het VKA uit van de binnenberm van 10 meter. De score op de gevolgen voor ruimtelijke omgeving zijn dan ook gelijk aan Gr BI + BU. De gevolgen voor 'Ruimtebeslag op panden' wijzigt niet en blijft 2 panden (bij 10 meter binnenberm), daardoor wordt de score even oranje en wijzigt daarmee niet.

Hetzelfde geldt voor het Type II BI+ (Gr) BU alternatief. De gevolgen voor 'Ruimtebeslag op panden' wijzigt van 1 pand (bij type II) naar 1 pand (bij type II), daardoor wijzigt de score niet.

Gevolgen voor (effecten op) ruimtelijke omgeving: schade, functies, hinder	Gr BI + BU	T II BI + Gr BU	T II BI + BU	T I
Risico op schade door grondvervorming	0	1	1	0
Risico op schade door trillingen door aanleg	0	0	0	0
Ruimtebeslag op panden	2	1	1	0
Ruimtebeslag op percelen met bestemming	0	0	0	0
Toegankelijkheid van functies (op- en afrit)	0	0	0	0
Toegankelijkheid van functies (pand/voordeur)	0	0	0	0
Geluidbelasting op woningen door wegverkeer	0	0	0	0
Woongenot	0	0	0	0
Bouwtijd/uitvoeringstijd (generiek, relatief)	-	0	+	++
Bouwoverlast: afsluiting weg (generiek)	-	--	--	--
Bouwlawaai (generiek)	--	--	-	-

Tabel 9.3: Verkenning KIJK, Notitie Multi-Criteria Analyse van 28-03-2018 definitief 1.0: Dijkvak R
Gevolgen voor (effecten op) ruimtelijke omgeving: schade, functies, hinder.