

“Samen voor Goud”

**Toetsing van de regionale keringen en
kademuren binnen Gouda en de
meekoppelkansen bij grondroerende
werkzaamheden.**

Bachelorscriptie Land- en Watermanagement

Auteurs:	Dave Hersbach (930222002) & Hidde Postuma (940123001)
Specialisatie:	Grond-, Weg-, en Waterbouw (Dave Hersbach) en Hydrologie (Hidde Postuma)
Begeleider hogeschool Van Hall Larenstein:	Sara Eeman
Begeleiders Hoogheemraadschap van Rijnland:	Henkjan Faber, Ingrid van Grootveld en Bouke Rijnker
Versie:	Definitief
Leiden 22-12-2016	

Voorwoord

Voor u ligt de scriptie “Samen voor Goud”. Dit rapport is geschreven in het kader van afstuderen aan de hogeschool Van Hall Larenstein bij de opleiding Land- en Watermanagement. Het onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met het Hoogheemraadschap van Rijnland. Voor het onderzoek hebben wij een plek gekregen binnen de organisatie van Rijnland. Voor de begeleiding op technisch gebied konden wij terecht bij Ingrid van Grootveld en de procesbegeleiding was in handen van Henkjan Faber. Wij willen hen samen met Bouke Rijneker, Onno van Logchem, Jarno Deen, Jan-Jelle Reitsma en de rest van de behulpzame collega's hartelijk bedanken voor hun vakkennis, hulp en gezelligheid gedurende het onderzoek.

Vanuit hogeschool Van Hall Larenstein hebben wij eeneens hulp en begeleiding gehad. Voor het last-minute regelen van meetinstrumenten willen wij Erwin Roeterd bedanken en voor de begeleiding bedanken wij Sara Eeman.

Samenvatting

In 2016 is een toetsing van de regionale keringen in het gebied van Hoogheemraadschap van Rijnland (hierna: Rijnland) uitgevoerd. Een van de conclusies van deze toetsing is dat het beter is om op een kleinere schaal naar de keringen te kijken zodat minder afgekeurd hoeven te worden. Daarnaast wil de Gemeente Gouda bij meer projecten gezamenlijk de grond in. Hierbij worden maatschappelijke- en uitvoeringskosten bespaard. Daarnaast hebben burgers minder overlast van de uitvoerende werkzaamheden, omdat in mindere mate de straat opengebrouwen moet worden. Rijnland wil hierbij graag aanhaken. Rijnland gaat op detailniveau een hoogte-, stabiliteits-, en zakkingstoets doen om te onderzoeken welke keringen nu en in de toekomst niet voldoen. Door dit onderzoek uit te voeren kan Rijnland met de Gemeente Gouda, Stedin en Oasen afstemmen of samengewerkt kan worden met toekomstige herstelprojecten.

Voor dit onderzoek staat de volgende vraag centraal: welke kansen en risico's brengen verzakkingen van de boezemwaterkeringen in de gemeente Gouda met zich mee op geotechnisch, hydrologisch en infrastructureel gebied voor het heden en de toekomst?

Voor het toetsen van de huidige hoogten zijn de volgende gegevens nodig: actuele hoogtegegevens van de keringen en kademuuren, herhalende waterstanden, veiligheidseisen van de keringen en de kademuuren. Voor het bepalen van de herhalende waterstanden is een SOBEK model gebruikt van Gouda. Hiermee is aan de hand van stochastentool een waterstand berekend die, afhankelijk van de veiligheidsniveau van de keringen of kademuuren, eens in de 100, 300 en 1000 jaar voorkomt. Uit de toetsing blijkt dat 3 regionale keringen en 1 kademuur niet voldoen aan de gemodelleerde waterstand.

Daarnaast zijn de regionale keringen ingemeten met een GNSS van Topcon en is aan de hand van het hoogtemeetnet van Gouda een restlevensduur berekend. Dit is gedaan door de gemiddelde zettingssnelheid tussen 2000 en 2016 te berekenen. Door de gemiddelde zettingssnelheid te combineren met de ingemeten hoogte van de regionale keringen is bepaald hoe lang deze keringen nog voldoen bij de gemodelleerde waterstand. Uit de berekeningen van de restlevensduurbepaling blijkt dat tussen 2016 en 2050, 19 keringen opgehoogd moeten worden.

Aangezien de stabiliteit van de keringen ook een belangrijke factor is, is één locatie uitgekozen waar verwacht wordt dat de kade niet voldoet. Dit is de kade langs de Nieuwe Gouwe o.z. t.h.v. de westzijde van de Tango. Rijnland heeft de kering getoetst op stabiliteit en hieruit blijkt dat de kering inderdaad niet voldoet aan de opgelegde stabiliteitseisen.

Nadat de keringen zijn getoetst op de minimaal benodigde hoogte, restlevensduur en stabiliteit, dienen deze in de Rijnlandse opgave mee te worden genomen. De opgave dient met de Gemeente Gouda, Stedin, en Oasen te worden overlegd, om te onderzoeken of deze partijen ook uitvoerende werkzaamheden op deze locatie hebben. Indien dit het geval is moet een gezamenlijke planning gemaakt worden. Ten behoeve van het gezamenlijk programmeren is het planningsoverleg tussen de vier bovengenoemde partijen van significant belang. In dit overleg zal de programmering worden gemaakt voor de projecten die gezamenlijk uitgevoerd kunnen worden.

Om ook met andere gemeentes en partijen een samenwerkingsverband op te stellen is een samenwerkingsstrategie gemaakt voor Rijnland. Aanbevolen wordt dat Rijnland met de toetsronde voor keringen naast hoogte en stabiliteit ook gaat toetsen op de globale zakking van een gebied. Keringen die niet voldoen aan hoogte en/of stabiliteit moeten worden opgenomen in de Rijnlandse opgave. Voor de keringen die voldoen moet de restlevensduur worden bepaald. Als wordt verwacht dat bepaalde keringen in de nabije toekomst niet meer voldoen, worden deze ook meegenomen in de Rijnlandse opgave.

De huidige en toekomstige opgaven van Rijnland dienen samen met de opgaven van de Gemeente Gouda, Stedin en Oasen meegenomen te worden in het overleg “Gezamenlijk programmeren”. Gedurende dit overleg kan bepaald worden welke partijen gaan samenwerken in de toekomst.

INHOUDSOPGAVE

Samenvatting	5
INHOUDSOPGAVE.....	7
1. Inleiding.....	9
1.1 Kader.....	9
1.2 Aanleiding	9
1.3 Probleemstelling.....	10
1.4 Onderzoek- en deelvragen.....	10
1.5 Locatie onderzoek/watersysteem.....	10
1.6 Leeswijzer	11
1.7 Doelgroep	11
2. Fase 1: Hoogtetoets	13
2.1 Werkwijze	13
2.1.1 Inventarisatie	13
2.1.2 Beschrijving SOBEK Model.....	14
2.1.2.1 Algemene beschrijving.....	14
2.1.2.2 Bepaling model SOBEK	14
2.1.2.3 Opbouw SOBEK model.....	14
2.1.2.4 Kalibratie model.....	16
2.1.3 Beschrijving Stochastentool.....	17
2.1.3.1 Algemeen.....	17
2.1.3.2 Invoergegevens	17
2.1.3.3 Verwerken gegevens	18
2.1.4 Bepaling veiligheidsklasse	18
2.1.5 Veiligheidsmarge stadboezem.....	19
2.2 Resultaten	19
2.2.1 Resultaten Boezem.....	19
2.2.2 Resultaten Stadsboezem	20
2.2.3 Vergelijking herijking Sweco.....	21
2.3 Deelconclusie Fase 1: Hoogte toets.....	21
3. Fase 2: Restlevensduur bepalen	23
3.1 Werkwijze	23
3.1.1 Inventarisatie	23
3.1.2 Beschrijving model/werkwijze.....	23
3.2 Randvoorwaarden/uitgangspunten	26
3.3 Resultaten.....	27
3.4 Deelconclusie Fase 2: Restlevensduur bepalen	28
4. Fase 3: Stabiliteitsberekening	29
4.1 Beschrijving model/werkwijze	29
4.1.1 Inventarisatie	29
4.1.2 Afweging gebruik Software voor stabiliteitsberekening	29
4.2 Beschrijving model/werkwijze	29
4.2.1 Opbouw model.....	29
4.2.2 Model en rekenmethode.....	30
4.2.3 Gebruik verschillende parametersets	31
4.3 Randvoorwaarden/uitgangspunten	32
4.4 Resultaten.....	33
4.5 Deelconclusie Fase 3: Stabiliteitsberekening	35
5. Fase 4: Samenwerkingsstrategie	37
5.1 Werkwijze	37

5.1.1	Wijzigingen t.o.v. het plan van aanpak	37
5.1.2	Inventarisatie	37
5.2	Opstellen samenwerkingsstrategie.....	37
5.2.1	Beschrijving proces Rijnland	37
5.2.2	Beschrijving proces gezamenlijke programmering	38
5.2.3	Voorstel voor gecombineerd proces	38
5.3	Pilot project “Polder Korte Akkeren”	40
5.3.1	Start Pilot project en toetsronde.	40
5.3.2	Overleg 16-11-2016	40
5.4	Instandhouden samenwerkingsstrategie.....	41
5.4.1	Tijdspad totstandkoming projecten.....	41
5.4.2	Consequenties voor Rijnland.....	41
5.5	Uitgangspunten en Randvoorwaarden	42
5.6	Deelconclusie Fase 4: Meerjarenplanning	42
6.	Conclusie	43
7.	Aanbevelingen	45
7.1	Fase 1: Hoogte toets	45
7.2	Fase 2: Restlevensduur bepalen	45
7.3	Fase 3: Stabiliteitsberekening	45
7.4	Fase 4: Meerjarenplanning	46
	Bibliografie	47
Bijlage 1.	Resultaat herijking SWECO	
Bijlage 2.	Overzichtskaart Gouda	
Bijlage 3.	Keringen en kademuren gekoppeld aan de rekenpunten	
Bijlage 4.	Veiligheidsklasse keringen en kademuren	
Bijlage 5.	Indentificatienummers keringen Gouda	
Bijlage 6.	Resultaten hoogtetoets	
Bijlage 7.	Verschil hertoetsing en detailtoetsing	
Bijlage 8.	Verwacht jaar van afkeuring	
Bijlage 9.	Locatie polders Geostabiliteit	
Bijlage 10.	Parameterdatabase	
Bijlage 11.	Uitkomsten datasets Geostability	
Bijlage 12.	Werkwijze samenwerkingsmethodiek	

Digitale Bijlagen

Digitale bijlage 1: Modelstudie Gouda en Reeuwijk

Digitale bijlage 2: Kwaliteitswaarborging

Digitale bijlage 3: Memo bepaling kans gemaaluitval

Digitale bijlage 4: Resultaten hoogtetoets

Digitale bijlage 5: Overleg Gouda, Stedin en Oasen

Digitale bijlage 6: Persoonlijke reflecties

Digitale bijlage 7: Modellen

1. Inleiding

1.1 Kader

Het Nederlandse rijksoverheid streeft naar een kwalitatief en kwantitatief hoogstaand waterbeheer. Door de grote rivieren en kanalen wordt overtollig water uit het achterliggende stroomgebied en overtollig regenwater afgevoerd naar de Noordzee. Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor de waterveiligheid in deze waterlichamen. Daarom staan langs deze rivieren en kanalen primaire keringen. Deze beschermen het achterliggende gebied tegen overstromingen vanuit rivieren, kanalen of de Noordzee. Voor de achterliggende gebieden zijn waterschappen verantwoordelijk voor het waterbeheer en de waterveiligheid. Door middel van een boezem- en poldersysteem wordt het waterpeil in het beheergebied van een waterschap beheerd. Regionale keringen beschermen de polders in het beheergebied van een waterschap tegen overstromingen vanuit de boezem.

Hoogheemraadschap van Rijnland (hierna: Rijnland) beheert 1208 kilometer aan regionale keringen. Het is van belang dat deze keringen in goede staat verkeren. Daarom worden de keringen eens in de 12 jaar getoetst op hoogte en stabiliteit. In 2012 is door de Grontwij; een toetsing uitgevoerd waarbij 414,7 kilometer aan regionale keringen zijn afgekeurd op hoogte (Grontmij Nederland B.V., 2012). Deze toetsing is met behulp van het Algemeen Hoogte Nederland 2 (AHN2) uitgevoerd. In 2016 kwam het nieuwe hoogtebestand beschikbaar. Rijnland heeft Sweco in april 2016 een hertoetsing laten uitvoeren voor alle regionale keringen aan de hand van het nieuwe hoogtebestand(AHN3). Tijdens de hertoetsing bleek van de 1208 kilometer aan regionale keringen 274,7 kilometer niet te voldoen aan de gestelde hoogte. In bijlage 1 staan de getoetste keringen van Sweco en of deze voldoen. In het rapport van Sweco is aangegeven dat bij een detailtoetsing naar hoogte minder kadevakken afgekeurd hoeven te worden.

1.2 Aanleiding

Gemeente Gouda voert regelmatig herstelwerkzaamheden uit. Tijdens deze werkzaamheden worden straten opgehoogd en rioleringen vernieuwd of hersteld. De burger ondervindt hier veel overlast aan. Naast de gemeente voert Stedin, Oasen en Rijnland ook herstelwerkzaamheden uit in het gebied van de gemeente Gouda. Om overlast en maatschappelijke kosten te verminderen wil de gemeente Gouda meer gaan samenwerken met deze partijen. Rijnland wil graag aansluiten bij dit samenwerkingsverband. Daarvoor is het van belang dat Rijnland kan aangeven waar en wanneer er werkzaamheden uitgevoerd gaan worden. Hiermee kan onderzocht worden of de werkzaamheden kunnen worden gecombineerd. Rijnland is echter nog niet goed in staat om vroegtijdig aan te geven waar en wanneer herstelwerkzaamheden in de gemeente Gouda noodzakelijk zijn.

Daarnaast wil Rijnland onderzoeken wanneer op kleinere schaal (detailniveau) onderzoek wordt gedaan naar hoogte, stabiliteit en bodemdaling, kosten bespaard kunnen worden. Omdat een toetsing op detailniveau voor het gehele beheergebied niet haalbaar is, zal in eerste instantie een kleiner gebied worden onderzocht. Daarom heeft Rijnland ervoor gekozen om de regionale keringen in de gemeente Gouda op detailniveau te onderzoeken. Binnen het onderzoek kan zowel de hoogtetoets op detailniveau, als het opstellen van een samenwerkingsverband met de gemeente Gouda, gerealiseerd word.

1.3 Probleemstelling

De gemeente Gouda ligt in het westelijk veengebied van Nederland (Berendse, H.J.A., 2005). Door oxidatie¹ (als gevolg van ontwatering) en zware belasting op het veen is de bodem in loop der tijd gaan dalen. Dit leidt onder meer tot dalende waterkeringen en kunstwerken² en daarnaast het instabiel worden van waterkeringen en kunstwerken. Rijnland is verantwoordelijk om de keringen te laten voldoen aan een opgegeven veiligheidsklasse. Om aan deze klasse te voldoen moet Rijnland zorgen voor een kwalitatief hoge³ en stabiele kering.

Rijnland verwacht dat het veenpakket in de toekomst verder zal zetten⁴ en inklinken⁵. Hierdoor zullen de keringen op een bepaald moment niet meer voldoen aan de eisen. In de gemeente Gouda is het onduidelijk hoe de regionale keringen (hierna keringen) gaan zakken in de toekomst en wat dit doet voor de stabiliteit en hoogte. Het is daarom van belang om advies uit te brengen over: de toetshoogte, stabiliteit van de keringen en de snelheid van bodemdaling van de keringen.

Andere bedrijven/instanties met uitvoerende werkzaamheden, zoals de aanleg en onderhoud van kabels, leidingen en wegonderhoud hebben hier ook mee te maken. Door met verschillende partijen werkzaamheden te combineren kunnen kosten worden bespaard en ondervinden omwonende minder overlast.

1.4 Onderzoek- en deelvragen

In deze paragraaf worden de onderzoek- en deelvragen behandeld van het onderzoek. De volgende onderzoeksvraag dient beantwoord te worden aan het einde van het onderzoek:

Welke kansen en risico's brengen verzakkingen van de boezemwaterkeringen in de gemeente Gouda met zich mee op geotechnisch, hydrologisch en infrastructureel gebied voor het heden en de toekomst?

Om deze onderzoeksvraag te beantwoorden dienen de volgende deelvragen beantwoord te worden:

- 1) Wat is de waterkerende hoogte voor de opgelegde veiligheidsklasse van de boezemkeringen en kademuren in de Gemeente Gouda?
- 2) Wat is de bodemdalingssnelheid van de dijklichamen in het onderzoeksgebied?
- 3) In welke staat bevinden de keringen zich met betrekking tot stabiliteit?
- 4) Welke boezemwaterkeringen voldoen nu en in de toekomst niet meer aan de hoogte- en stabiliteitseisen?
- 5) Hoe kan de samenwerking tussen Hoogheemraadschap van Rijnland en Gemeente Gouda verbeterd worden op overlappende waterbouwkundige en infrastructurele onderhoud- en herstelwerkzaamheden?

1.5 Locatie onderzoek / watersysteem

De onderzoeklocatie bevindt zich in Gouda. Hier is het oppervlaktewatersysteem opgedeeld in 2 systemen: boezem (zomerpeil -0.61 en winterpeil -0,64m NAP) en stadsboezem (-0.72m NAP). De boezem van Rijnland loost het overtollige water via vier

¹ Het afnemen van organische massa door de blootstelling aan zuurstof

² Een spoor-, weg-, of waterbouwkundige constructie

³ Een dusdanig hoge keringen dat geen water vanuit de boezem het achterliggende gebied in stroom

⁴ Maaiveld daling door het opbrengen van een belasting

⁵ Maaiveld daling door het verlagen van het (grond-)waterspiegel

grote gemalen op de Hollandse IJssel, het Noordzeekanaal en de Noordzee. In Gouda staat één van deze vier gemalen, zie Bijlage 2. Het boezemgemaal van Gouda staat ten zuidwesten van de polder Kort Akkeren. De stadsboezem wordt gevoed door drie verschillende gebieden. Via het gemaal Burgvliet wordt het overtollige water van de Reeuwijkse plassen naar de stadboezem gepompt. Daarnaast zijn de riooloverstorten van het stadscentrum van Gouda aangesloten op de stadsboezem. Bij hevige neerslag zal de stadsboezem overstortwater ontvangen uit het rioolstelsel. Als laatste wordt overtollig water uit polder Spruit op de stadsboezem geloosd. Het water dat in de stadsboezem terechtkomt wordt door de gemalen Mallegat en Hanepraai naar de Hollandse IJssel gepompt.

De regionale keringen beschermen het achterliggende gebied tegen overstromingen vanuit de boezem. In Gouda ligt 15 kilometer aan regionale keringen waarvan 7 kilometer in de stadsboezem. Daarnaast ligt in de stadsboezem het stadscentrum van Gouda. De oeverbeschermingen van het stadscentrum bestaan voornamelijk uit kademuuren die door de Gemeente Gouda worden beheerd.

1.6 Leeswijzer

Dit rapport is opgedeeld in vier fasen. Iedere fase krijgt zijn eigen hoofdstuk met werkwijze, resultaten en deelconclusie. In hoofdstuk 2 wordt fase 1 “Hoogtetoets” behandeld. In hoofdstuk 3 wordt fase 2 “Restlevensduur bepalen” besproken. In Hoofdstuk 4 is Fase 3 “Stabiliteitsberekening” uitgewerkt. In hoofdstuk 5 is de meerjarenstrategie van Fase 4 “Samenwerkingsstrategie” verwerkt. Hierbij is het opstellen van de methodiek behandeld evenals het pilot project. In hoofdstuk 6 en 7 worden respectievelijk de eindconclusie en de aanbevelingen behandeld.

Ter verduidelijking gedurende het lezen van het rapport wordt aangeraden om de overzichtskaart uit bijlage 2 uit te vouwen.

Naast de bijlagen die verwerkt zijn in het rapport zijn er eveneens bijlagen digitaal aangeleverd. Deze bijlagen zijn inhoudelijk niet relevant en zijn toegevoegd omdat deze gebruikt kunnen worden om bepaalde aannames in het rapport te kunnen verifiëren.

1.7 Doelgroep

Dit rapport is geschreven ter informatie en/of naslagwerk voor het Hoogheemraadschap van Rijnland, Gemeente Gouda, Oasen en Stedin.

2. Fase 1: Hoogtetoets

In dit hoofdstuk wordt de hoogtetoets beschreven. Eerst wordt de werkwijze besproken waarna de resultaten volgen. Daarna zijn de resultaten vergeleken met de resultaten van de hertoetsing van Sweco. Vervolgens wordt de deelconclusie behandeld.

2.1 Werkwijze

In deze paragraaf wordt beschreven wat nodig is om de hoogtetoets uit te voeren. Dit zal bestaan uit een inventarisatie, een uitleg van SOBEK en de stochastentool en een bepaling van de verschillende veiligheidsklasse.

2.1.1 Inventarisatie

De keringen in de gemeente Gouda bevinden zich in twee watersystemen. De twee aanwezige systemen zijn het boezemsysteem van Rijnland en het stadboezemsysteem van Gouda, zie Bijlage 2. De twee systemen hebben verschillende waterpeilen. Zo ligt het streefpeil van het boezemsysteem in de zomer op -0,61m NAP en in de winter op 0,64m NAP. In de stadsboezem ligt het streefpeil op -0,72m NAP. De keringen in het boezemsysteem worden getoetst aan de hand van de resultaten van de Boezemstudie (HydroLogic BV, 2016). Deze studie is afgerond in oktober 2016. Tijdens deze studie is onderzoek gedaan naar wat de herhalende waterstanden zijn in het boezemsysteem van Rijnland. Deze studie is uitgevoerd met behulp van SOBEK/Promotor⁶. In de boezemstudie van Hydrologic is het stadsboezemsysteem niet meegenomen.

Voor dit onderzoek zijn voor de stadboezem als eerste de herhalende waterstanden bepaald. Hiervoor is een SOBEK model gemaakt. Met behulp van een stochastenanalyse wordt bepaald wat de herhalende waterstanden in het stadboezemsysteem zijn.

De keringen en kademuren moeten voldoen aan de opgelegde veiligheidsseis. Voor elke kering en kademuur moet worden achterhaald wat deze eis is. Deze eisen zijn te achterhalen in databestanden van Rijnland. Met de resultaten van de boezemstudie en de stochastenanalyse is onderzocht welke herhalende waterstand geldt voor de kering of kademuur.

Als laatste zijn actuele hoogtemetingen van de keringen en kademuren gebruikt om de toetsing uit te voeren. Deze zijn op 13 en 14 oktober 2016 ingemeten. Bij de toetsing wordt bepaald of de kering wel of niet voldoet aan de veiligheidsseis. Daarom zijn de volgende vergelijkingen opgesteld:

Kering of kademuur voldoet = actuele hoogte kering of kademuur $\geq$ (herhalende waterstand + veiligheidsmarge)
Kering of kademuur voldoet niet = actuele hoogte kering of kademuur $<$ (herhalende waterstand + veiligheidsmarge)

Om dit te kunnen bepalen zijn de volgende gegevens nodig:

- 1) Herhalende waterstanden in het boezemsysteem in de gemeente Gouda;
- 2) Herhalende waterstanden in het stadboezemsysteem van de gemeente Gouda;
- 3) De veiligheidsseisen van de keringen in de gemeente Gouda;
- 4) Actuele hoogtemetingen van de keringen en kademuren in de gemeente Gouda.

⁶ Programma van HKV Lijn in Water, wordt gebruikt regionale keringen probabilistisch te toetsen op hoogte.

2.1.2 Beschrijving SOBEK Model

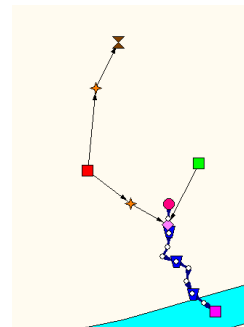
In deze subparagraaf wordt beschreven welk SOBEK model is gebruikt en hoe deze is opgebouwd.

2.1.2.1 Algemene beschrijving

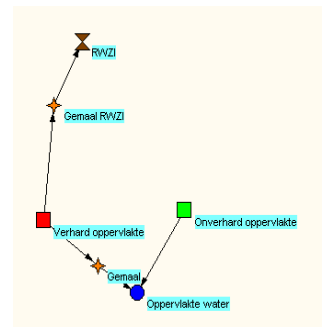
Voor het stadboezemsysteem is een SOBEK model gemaakt. Dit model berekent de waterstand in de stadboezem van de gemeente Gouda. Het is van belang dat het model een zo betrouwbaar mogelijke waterstand berekent, daarom wordt het model gekalibreerd en gevalideerd.

2.1.2.2 Bepaling model SOBEK

Om te bepalen wat het juiste soort model is om mee te werken in het software programma SOBEK, wordt aan de hand van peilregistraties gekeken hoe het waterpeil in de stadsboezem functioneert. In SOBEK kunnen verschillende modellen worden gemaakt en aan elkaar worden gekoppeld. Voor dit onderzoek zal een RR-model (Figuur 1: RR model) of een gekoppeld model tussen RR en 1D-flow worden gebruikt (Figuur 2: Gekoppeld model met RR en 1D-flow). De onderste afbeelding laat het RR-model zien. Waarbij het oppervlaktewater wordt weergegeven als een knoop. In de bovenste figuur is het gekoppelde model te zien. Hierbij heeft het oppervlaktewater een lijn, waarbij verschillende eigenschappen aangegeven worden. Als uit waterpeilregistraties blijkt dat het waterpeil in de stadboezem verschilt op verschillende locaties, wordt er gekozen voor een gekoppeld model.

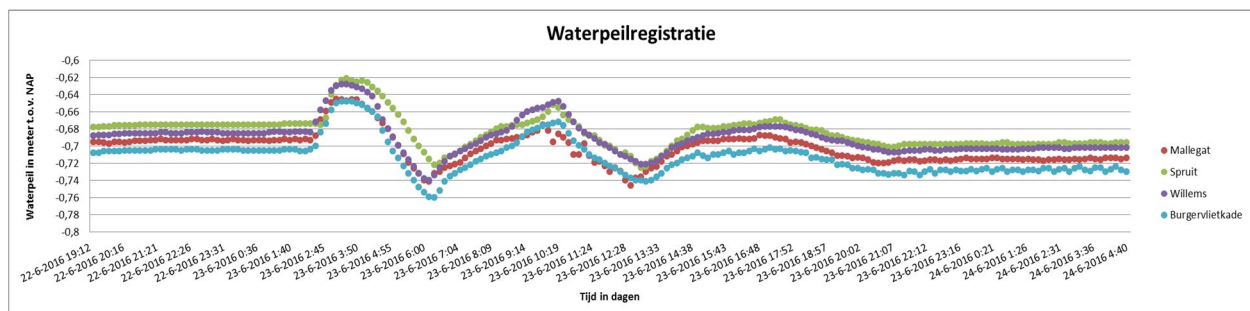


Figuur 2: Gekoppeld model met RR en 1D-flow



Figuur 1: RR model

Uit het functioneringsonderzoek van de stadsboezem blijkt dat op de meeste locaties het waterpeil ongeveer 3 centimeter uit elkaar ligt (zie Figuur 3: Waterpeilregistratie van vier gemalen in Gouda). Een verschil van 3 centimeter kan in de stadsboezem al leiden tot een overstroming van een kering of kademuur. Daarom is gekozen om met een gekoppeld RR en 1D-flow model de toetsing uit te voeren.



Figuur 3: Waterpeilregistratie van vier gemalen in Gouda

2.1.2.3 Opbouw SOBEK model

Bij de opbouw van het model wordt gebruik gemaakt van het SOBEK model van de Modelstudie Gouda en Reeuwijk 2010. In digitale bijlage 1 is de beschrijving van het model te vinden. Dit model moet echter worden aangepast naar de huidige opbouw van het stadboezemsysteem. In onderstaande alinea's is beschreven wat de wijzigingen zijn ten opzichten van het vorige model van Gouda en de Reeuwijkse plassen.

Wijzigingen

De peilgebieden die hun oppervlakte- en afvalwater overstorten en afvoeren op het stadsboezemsysteem zijn gewijzigd ten opzichte van het eerder gemaakte model. De peilgebieden Willens en Kort Haarlem voeren en overstorten tegenwoordig hun oppervlakte- en afvalwater via Gemaal Willens- en Goejanvervelledijk af op de Hollandse IJssel. Daarom worden deze twee polders verwijderd uit het model. In het peilgebied Stadscentrum is rioleringsgebied Raam aangesloten op de wijk Kort Akkeren. Daarom wordt Raam niet meegenomen in het peilgebied Stadscentrum. Peilgebied Polder Spruit wordt in zijn geheel meegenomen in het model. In de onderstaande tabel is te zien wat de oppervlakte van de twee polders is. (Tabel 1: Totaal oppervlakten stadscentrum en Polder Spruit).

Peilgebied	Totale oppervlakte [ha]	Verhard oppervlakte [ha]	Onverhard oppervlakte [ha]	Openwater [ha]
Stadscentrum (zonder Raam)	54,5	33,49	6,61	14,4
Spruit	20,2	18,00	2,00	0,2

Tabel 1: Totaal oppervlakten stadscentrum en Polder Spruit

Op basis van luchtfoto's uit 2015 is een schatting gemaakt van de verhouding tussen verhard en onverhard oppervlak van de polders. Voor polder Spruit wordt op basis van deze foto's aangenomen dat 90 procent verhard oppervlak is. Peilgebied Stadscentrum is onder te verdelen in vijf rioleringsgebieden (Zie: Tabel 2: Schatting (on)verhard oppervlak). Voor de verschillende rioleringsgebieden zijn aannames gedaan voor het percentage onverhard oppervlak, dit is eveneens in Tabel 2: Schatting (on)verhard oppervlak weergegeven.

Wijk	Totaal oppervlak [ha]	Percentage onverhard oppervlak [%]	Onverhard oppervlak [ha]	Verhard oppervlak [ha]	Afgekoppeld oppervlak [ha]
Nieuwe Haven	10,2	20	2,04	8,16	2,4
Centrum	6,2	20	1,24	4,96	1,49
Markt	4,5	10	0,45	4,05	1,22
Tuinstraat	19,2	15	2,88	16,32	0,00
Raam	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Tabel 2: Schatting (on)verhard oppervlak

De overstortdrempels van de riolering in Gouda hebben een breedte van 1 a 2 meter. In het model is echter niet gewerkt met overstortdrempels. Dit is gedaan omdat uit waarnemingen blijkt dat bij hevige neerslag het peil in de stadsboezem direct stijgt. Het hemelwater dat op het verhardoppervlak valt, stort vrijwel direct over op de stadsboezem. Door in SOBEK de werkelijke drempelbreedte aan te houden stort een deel van het water niet direct over op de stadsboezem. Daarom zijn deze drempels uit het model verwijderd.

De gemalen Mallegat en Hannepraai zijn gewijzigd ten opzichte van het vorige model. In eerste instantie gingen de gemalen pompen als op een bepaald meetpunt een waterpeil van -0,68m NAP gemeten wordt (in het model een structure point). In het nieuwe model gaat het gemaal in werking als het waterpeil bij het gemaal boven de -0,68m NAP komt. De gemalen pompen dan met de capaciteit uit de onderstaande Tabel 3: Capaciteit gemalen. Het rendement voor het gemaal Hannepraai is door Ten Kate-Kool onderzocht (Ten Kate-Kool, 2016) en het rendement van het gemaal Mallegat is door Tauw bv onderzocht (Tauw bv, 2011). Wanneer het waterpeil lager dan -0,72m NAP is, zullen de gemalen zelf stoppen met pompen.

Gemaal [naam]	Ontwerpcapaciteit [m³/min]	Rendement [%]	Werkelijk capaciteit [m³/min]
Mallegat	40	98,5	39,4
Hanepraai	70	78,1	54,7

Tabel 3: Capaciteit gemalen (Kempen, 2016)

Uitgangspunten

Voor de bruggen, sluizen en inlaten is er van uitgegaan dat deze niet dusdanig zijn veranderd dat dit invloed heeft op het waterpeil in de stadsboezem. Dit omdat deze kunstwerken in de loop van tijd niet zijn veranderd. Wel zijn een aantal bruggen hersteld in de loop van tijd, maar deze zijn in oude staat hersteld. Daarom wordt aangenomen dat deze herstelde bruggen het watersysteem op eenzelfde beïnvloeden.

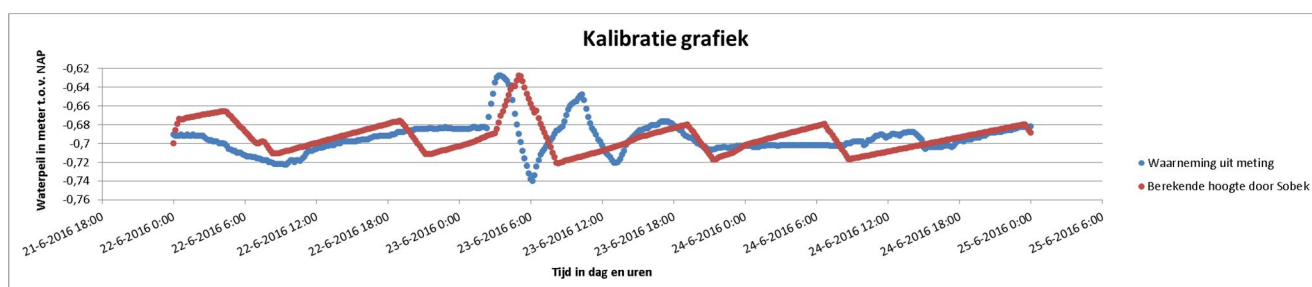
Randvoorwaarden

In het model wordt er vanuit gegaan dat het waterpeil in de boezem niet een dusdanig hoogwaterpeil krijgt, dat het stadsboezemsysteem wordt gevoed met water uit de boezem.

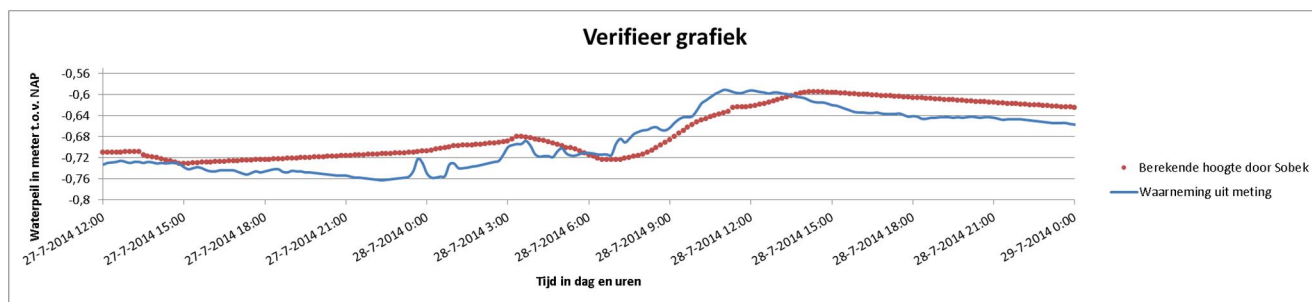
2.1.2.4 Kalibratie model

Het model is gekalibreerd op rekenpunt 34_16, zie Bijlage 2, voor de neerslagbui van 23-06-2016 en vervolgens geverifieerd op de neerslagbui van 28-07-2014 op hetzelfde rekenpunt. Voor deze buien is gekozen, omdat destijds een aanzienlijke hoeveelheid neerslag viel in een korte periode. Voor de situatie op 28-07-2014 is een aanvoer van de polder Willens en de Reeuwijkse plassen toegevoegd, zie Bijlage 2. Uit geregistreeerde waarnemingen blijkt dat de gemalen Willens en Burgervliet op deze dag hebben gewerkt. Daarom zijn deze toegevoegd aan het model.

In de onderstaande grafieken (zie Figuur 4: Kalibratie grafiek SOBEK en Figuur 5: Verificatie grafiek SOBEK) zijn de waarnemingen en berekende waterhoogte door SOBEK weergegeven. Voor het model is het van belang dat het maximale waterpeil zo nauwkeurig mogelijk overeenkomt met de waarneming. In een expertsessie heeft Rijnland het model goedgekeurd, zie digitale bijlage 2.



Figuur 4: Kalibratie grafiek SOBEK



Figuur 5: Verificatie grafiek SOBEK

2.1.3 Beschrijving Stochastentool

2.1.3.1 Algemeen

De stochastentool is een macro⁷ in Excel dat het SOBEK model toetst aan de hand van verschillende stochasten. Deze stochasten hebben ieder een kans op voorkomen. Omdat de stochasten onafhankelijk van elkaar zijn, kunnen de stochasten met elkaar gecombineerd worden. Hierdoor kunnen verschillende scenario's worden gemaakt met een bepaalde herhalingstijd. Elk scenario wordt door de stochastentool ingevoerd in SOBEK. Hierbij zal SOBEK een waterstand met een herhalingstijd voor de aangegeven rekenpunten berekenen.

2.1.3.2 Invoergegevens

Met de volgende stochasten worden scenario's gemaakt:

- 1) Neerslagvolume;
- 2) Neerslagduur;
- 3) Neerslagpatroon;
- 4) Functioneren van de gemalen.

Elke stochast is onder te verdelen in verschillende klassen. In de stochastentool zijn het neerslagvolume, de neerslagduur en het neerslagpatroon bepaald voor de verschillende neerslagscenario's. Dit is gedaan volgens de Nieuwe Neerslagstatistiek voor waterbeheerders (STOWA, 2005). Tijdens de toetsing van het stadsboezemsysteem zal een duur van 24 uur worden aangehouden met een uitloop van 24 uur. Hiervoor is gekozen, omdat volgens de peilbeheerder en uit registraties blijkt dat het watersysteem bij piekbuien het slechtst functioneert. De toetsing wordt uitgevoerd volgens de neerslagstatistiek van het huidige klimaatscenario. Daarnaast worden alle 7 neerslagklasse toegepast. Het neerslagvolume waarmee wordt getoetst, zal bestaan uit een volume van 20 mm tot 110 mm met een stapgrote van 10 mm.

Het kan voorkomen dat één gemaal of beide gemalen uitvallen tijdens het pompen. Ook dit risico is meegenomen in de analyse. Een gemaal kan door verschillende oorzaken uitvallen. Voor het bepalen wat de kans op het uitvallen van een gemaal is, is onderzocht hoe vaak het gemaal is uitgevallen in de geregistreerde periode. In digitale bijlage 3 is uitgelegd hoe deze kans is bepaald. Voor de extra stochast "Functioneren van de gemalen" zijn vier klassen met de bijbehorende kansen weergegeven in onderstaande (zie Tabel 4: Stochasten en bijbehorende kansen)

⁷ Tool om bepaalde handelingen in Excel uit te voeren

Klasse voor de stochast "Functioneren van de gemalen"	Kans [%]
De gemalen werken naar behoren	0,95347
Uitvallen van gemaal Hannepraai	0,023
Uitvallen van Mallegat	0,023
Uitvallen van beide gemalen	0,00053
Totaal	1,0000

Tabel 4: Stochasten en bijbehorende kansen

2.1.3.3 Verwerken gegevens

Voor elke kering wordt een rekenpunt in het midden van de kering aangegeven. Op deze locatie worden de herhalende waterstanden berekend. In Bijlage 3 is weergegeven welke rekenpunten worden gebruikt voor de kering. In de tabel hieronder, Tabel 5:

Rekenpunten, is te zien welke rekenpunt maatgevend is voor welke kering/kademuur

Rekenpuntnummer	Polder	Kadevak
34_9	Bloemendaal	011-042-00013
		011-042-00014
		163-042-00005
		250-042-00008
		250-042-00009
34_16	Willens	163-042-00003
		163-042-00004
35_5	Klein Haarlem & Kadebuurt	244-042-00002
		264-042-00001
36_7	Klein Haarlem	244-042-00001
50_9	Stadscentrum	GD-KM-0001 t/m
		GD-KM-0027
54_4	Kort Akkeren	245-042-00010
54_14	Kort Akkeren	245-042-00011
56_5	Kadebuurt	264-042-00002
56_15	Bloemendaal	011-042-00015
		011-042-00016
62_4	Spruit en Kort Akkeren	245-042-00016
		245-042-00017
		245-042-00018
		252-042-00001
		252-042-00003
		252-042-00005
		252-042-00006
		252-042-00007
		252-042-00008
		252-042-00009
		252-042-00010

Tabel 5: Rekenpunten

2.1.4 Bepaling veiligheidsklasse

De keringen in de gemeente Gouda hebben een maatgevende herhalingstijd die afhankelijk is van de economische schade van het achterliggende gebied. Dit wordt ook wel de IPO-klasse van de kering genoemd. Deze IPO-klassen zijn vastgelegd in de provinciale waterverordening Rijnland. (IPO, 1998). Omdat niet elk gebied dezelfde economische schade ondervindt bij een overstroming, kunnen de herhalingstijden verschillen. In de gemeente Gouda zijn keringen met drie verschillende IPO-klassen aanwezig. In Bijlage 4 is te zien welke IPO-klassen gelden voor de keringen.

In de oude binnenstad van Gouda ligt een deel van de stadsboezem. Echter deze kademuuren worden in de oude binnenstad van Gouda niet beschouwd als kering, zie

Bijlage 2. Dit heeft te maken met het feit dat de oude binnenstad geen poldersysteem is. Van oudsher is de binnenstad van Gouda dus geen polder. Hierdoor vallen de kademuren niet onder het beheer van Rijnland. Wel is Rijnland verantwoordelijk voor het waterbeheer in de stadsboezem. De kademuren zijn voor dit afstudeeronderzoek wel meegenomen in de toetsing maar hebben geen IPO-klasse. Om de kademuren te toetsen is een herhalende waterstand van 100 jaar gehanteerd. Omdat de kademuren in stedelijk bebouwd gebied liggen, stelt de wateroverlastnormering een norm van 100 jaar m.b.t. herhalende waterstand voor. (Hoogheemraadschap van Rijnland, 2016).

2.1.5 Veiligheidsmarge stadboezem

De veiligheidsmarges zijn bepaald aan de hand van een gevoeligheidsanalyse van het SOBEK model en de foutmarge van de hoogtemetingen die zijn uitgevoerd op 13-10-2016 en 14-10-2016.

Gevoeligheidsanalyse

Voor de waterstanden die zijn bepaald aan de hand het SOBEK model zijn aannames gedaan. De oppervlakte van het gebied zijn bepaald aan de hand van luchtfoto's. In een expert overleg is vastgelegd hoeveel procent van het oppervlak onder verhard en onverhard oppervlak valt. Voor het bepalen van de gevoeligheidsanalyse van het model, is het verhard oppervlak worden vergroot met 10 procent. De toename van het verhard oppervlak wordt van het onverhard oppervlak is afgehaald, waardoor het totaal oppervlak gelijk blijft.

Foutmarge hoogtemeting

De hoogtemetingen zijn uitgevoerd met een GNSS⁸ van Topcon. Deze meter heeft een afwijking van 2 centimeter. Daarom wordt rekening gehouden met een foutmarge van 2 centimeter.

2.2 Resultaten

Nu de werkwijze is behandeld wordt vervolgens in deze paragraaf de resultaten van de werkwijze behandeld.

2.2.1 Resultaten Boezem

Uit de boezemstudie is gebleken dat de volgende strekkingen van de keringen de aangegeven herhalende waterstand hebben (zie Tabel 6: Resultaten hoogtetoets boezem). Na het vergelijken van de hoogtemetingen en de herhalende waterstanden blijken de strekkingen 245-042-0006 en 245-042-00014 niet te voldoen aan de opgelegde veiligheidsnorm. Samen hebben deze strekkingen een lengte van 685 meter. Voor de andere strekkingen gelden dat deze voldoen aan de opgelegde veiligheidsnorm. De strekkingen die niet voldoen liggen in de wijk Kort Akkeren, zie Bijlage 6 of digitale bijlage 4. Voor de locaties van de strekkingen kan Bijlage 5 geraadpleegd worden.

⁸ *Global Navigation Satellite System, een systeem dat gebruik maakt van meerdere satelliet systemen om hoogte in te meten*

Kadevak	IPO- klasse	Herhalende waterstand [m. NAP]	Hoogte strekking [m. NAP]	Status
011-042-00021	V	-0,19	0,02	Voldoet
011-042-00020	V	-0,19	0,11	Voldoet
011-042-00019	V	-0,19	-0,04	Voldoet
011-042-00018	V	-0,18	0,08	Voldoet
011-042-00017	V	-0,15	0,01	Voldoet
245-042-00001	V	-0,15	0,20	Voldoet
245-042-00002	V	-0,16	0,39	Voldoet
245-042-00003	V	-0,17	-0,02	Voldoet
245-042-00004	V	-0,17	0,18	Voldoet
245-042-00005	V	-0,16	0,16	Voldoet
245-042-00006	V	-0,14	-0,21	Voldoet niet
245-042-00012	V	-0,15	0,53	Voldoet
245-042-00013	V	-0,15	0,29	Voldoet
245-042-00014	V	-0,14	-0,34	Voldoet niet
245-042-00015	V	-0,14	-0,13	Voldoet
252-042-00003	IV	-0,24	-0,13	Voldoet
252-042-00006	IV	-0,25	-0,14	Voldoet
252-042-00007	IV	-0,24	0,02	Voldoet

Tabel 6: Resultaten hoogtetoets boezem

2.2.2 Resultaten Stadsboezem

De resultaten van de stochastanalyse zijn in onderstaande tabel weergegeven. Bij het vergelijken van de berekende waterstanden op verschillende rekenpunten, blijkt dat waterstanden tussen verschillende rekenpunten gelijk zijn aan elkaar. De resultaten van het de stochastanalyse zijn weergegeven in Tabel 7: Resultaten stochastanalyse.

IPO klasse	Herhalingsperiode [jaren]	Waterstand [m t.o.v. NAP]
III	100	-0,59
IV	300	-0,56
V	1000	-0,53

Tabel 7: Resultaten stochastanalyse

De berekende waterstanden uit de stochastanalyse zijn doormiddel van de veiligheidsmarge verwerkt tot toetspeil. Daarvoor zijn de foutmarge van de hoogtemetingen en gevoeligheidsanalyse van het model meegenomen (zie 2.1.5 veiligheidsmarge stadsboezem). Uit deze veiligheidsanalyse blijkt dat de waterstanden met 1 centimeter stijgen bij een toename van 10 procent verhard oppervlak. Daarnaast is de foutmarge van de hoogtemeting vastgesteld op 2 centimeter. De foutmarge en gevoeligheidsanalyse worden bij elkaar op geteld. De veiligheidsmarge is dus vastgesteld op 3 centimeter. Door de veiligheidsmarge van de resultaten van de hoogtetoets af te halen ontstaan de waterstanden in de onderstaande Tabel 8 Herhalende waterstand met aftrek veiligheidsmarge. Aan deze herhalende waterstanden worden de regionale keringen en kademuuren getoetst.

Herhalingsperiode [jaren]	Waterstand [m t.o.v. NAP]
100	-0,56
300	-0,53
1000	-0,50

Tabel 8 Herhalende waterstand met aftrek veiligheidsmarge

Uit de resultaten van de hoogtetoets blijkt dat de strekkende kering 245-042-00016 voldoet niet aan de opgelegde hoogtenorm, zie Bijlage 6 of digitale bijlage 4. Deze

strekking ligt in de wijk Kort Akkeren en heeft een gemiddelde kerende hoogte van -0.62 m NAP en een lengte van 244 meter. Opgemerkt moet worden dat tussen de watergang en keringen bebouwing aanwezig is. Onbekend is wat de hoogte van de kademuur is op deze locatie. Alle andere keringen in de stadsboezem voldoen aan de veiligheidsnorm. In het stadscentrum voldoen de kademuren (GD-KM-0016) en (GD-KM-0021) aan de noord en zuidzijde van de Turfmarkt niet aan waterstand die eens in de honderd jaar voorkomt, zie Bijlage 6 of digitale bijlage 4. De Gemeente Gouda is verantwoordelijk voor deze kademuren. Het is belangrijk dat Rijnland de Gemeente Gouda de bevindingen bespreekt en samen onderzoeken of de kademuren of het waterpeil moet worden aangepast. Voor de vier kademuren, zie Bijlage 6 of digitale bijlage 4., geldt dat onbekend is of de kademuur voldoet of niet. Van deze kademuren zijn geen hoogtemeldingen bekend. Voor alle andere kademuren geldt dat deze voldoen. Een overzicht van alle keringen en kademuren staan in Bijlage 6 of digitale bijlage 4..

2.2.3 Vergelijking herijking Sweco

Tijdens het vergelijken van de resultaten van de hoogtetoets en de uitkomsten van de hertoetsing van Sweco, blijkt dat fors minder strekkende meters keringen afgekeurd kunnen worden. Door Sweco is 7540 meter aan regionale keringen afgekeurd in Gouda terwijl op basis van de resultaten van de detailtoets op hoogte 940 meter is afgekeurd. Voornamelijk bij Polder Spruit en de keringen in de boezem zijn minder afgekeurd dan in de hertoetsing van Sweco. Dit is goed te zien in Bijlage 7 waarin de keringen zijn aangegeven die tijdens de detailtoetsing zijn goedgekeurd. Het forse verschil kan verklaard worden door de nauwkeurigheid van de gebruikte bronnen van Sweco evenals de gebruikte methode. Zo is door Sweco met een overslagdebiet gewerkt en dit rapport werkt met een gemodelleerde hoogwaterstand.

De kademuren zijn niet opgenomen in de vergelijking. Dit heeft te maken met het feit dat in de hertoetsing van Sweco de kademuren niet zijn getoetst.

2.3 Deelconclusie Fase 1: Hoogte toets

Uit de resultaten van de hoogtetoets blijkt dat -0,56m NAP een waterstand is die eens in de 100 jaar voorkomt. Keringen met een IPO-klasse van III en de kademuren moeten deze waterstand kunnen keren om te voldoen. Keringen met een IPO-klasse van IV moeten voldoen aan een waterstand van -0,53m NAP. Keringen die eens in de 1000 jaar mogen overstromen moeten een waterstand van -0,50m NAP kunnen keren. Aan de hand van deze resultaten blijken 3 keringen niet te voldoen. In de stadboezem voldoet de regionale kering met strekking nummer 245-042-00016 met 12 centimeter niet aan de opgelegde eis. In de boezem voldoen de regionale keringen met de nummers: 245-042-00006 met 10 centimeter en 245-042-00014 met 23 centimeter niet aan de hoogteeis. Van deze drie keringen is 245-042-00014 het meest urgent om te herstellen. Deze kering kan namelijk een waterstand die mogelijk eens in de 300 jaar voorkomt niet keren, terwijl de opgelegde herhalende waterstand voor de kering 1000 jaar bedraagt.

In het oude stadscentrum van Gouda voldoen twee kademuren niet. Dit zijn de kademuren aan de noord en zuidzijde van de Turfmarkt met strekkingsnummer GD-KM-0016 en GD-KM-0021. De kademuur aan de noordzijde voldoet niet met 6 centimeter. Aan de zuidzijde voldoet de kademuur niet met 2 centimeter.

Van de 7540 meter aan regionale keringen die waren afgekeurd in de hertoetsing, is bij deze toetsing nog slechts 940 meter afgekeurd. Door op detail te toetsen hoeft in Gouda minder afgekeurd te worden. Een detailtoetsing heeft in Gouda als resultaat dat kosten bespaard kunnen worden.

3. Fase 2: Restlevensduur bepalen

In dit hoofdstuk is de restlevensduur van de regionale keringen in Gouda bepaald. Eerst wordt de werkwijze behandeld waarna de resultaten en de randvoorwaarden volgen. Hierna volgt de deelconclusie van fase 2.

3.1 Werkwijze

3.1.1 Inventarisatie

Om de restlevensduur te kunnen bepalen zijn de volgende gegevens aangevraagd/ingemeten:

	Aangeleverd door:
1) Hoogtemeetnet van Gouda	Gemeente Gouda;
2) Hoogte Meting regionale keringen	Ingemeten DH en HP(13 en 14-10-2016);
3) Locaties en hoogten NAP bout	Gemeente Gouda.

Eigenaren/verantwoordelijke instanties

Het gebied rond de kering van de Nieuwe Gouwe o.z. heeft verscheidene eigenaren/verantwoordelijken:

Type	Eigenaar / verantwoordelijke
1) Oeverconstructie	Provincie Zuid-Holland;
2) Regionale Kering en watergang	Rijnland;
3) Openbare ruimte	Gemeente Gouda.

3.1.2 Beschrijving model/werkwijze

Om de levensduur te bepalen zijn het hoogtemeetnet van Gouda, de AHN2⁹ en AHN3 geanalyseerd. Allereerst is er getracht een hoogte te bepalen aan de hand van de AHN2 en de AHN3. Hieruit kwamen echter discutabele waarden en na overleg met de GIS¹⁰-specialist van Rijnland is besloten de AHN2 en AHN3 niet te gebruiken. De afwijkende waarden kunnen verklaard worden door de onnauwkeurigheid van de AHN2 en AHN3 evenals de verschillende rastergroottes.

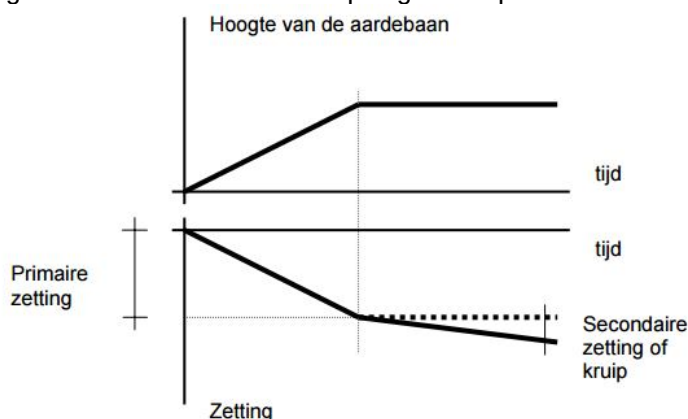
Voor het bepalen van de bodemdalingssnelheden is gebruik gemaakt van het hoogtemeetnet van Gouda. Hierin staan de gegevens van de inmetingen die elke 2 jaar hebben plaatsgevonden vanaf 2000. Voor sommige regionale keringen waren geen reeksen bekend in het hoogtemeetnet. Hier zijn de zakkingsnelheden overgenomen uit de rapportage van Sweco (Sweco Nederland b.v., 2016).

Uit de eerste analyse van het hoogtemeetnet bleek dat circa 58% van de meetreeksen van 2000 tot 2016 een determinatie coëfficiënt (R^2) had van minder dan 0,5. Dit betekent dat er een "matig" verband is. (P.K. Doorn / M.P. Rhebergen, 2006). Aangezien deze analyse niets zegt over de eventuele werkzaamheden die tussen 2000-2016 hebben plaatsgevonden is er besloten een handmatige check uit te voeren. Allereerst is er bij de peil- en gebiedsbeheerders nagegaan waar ophogingen hebben plaatsgevonden. Zo konden afwijkende waarden verklaard worden. Hierna zijn alle onverklaarbare en sterk afwijkende/onrealistische reeksen eruit gefilterd. Na de filtering zijn er 52 representatieve reeksen overgebleven die gebruikt kunnen worden voor de zettingsberekening.

⁹ Actuele Hoogtekaart Nederland

¹⁰ Geografisch Informatie Systeem

Nu het hoogtemeetnet gefilterd is, kan de bodemdalingssnelheid bepaald worden. Door de gefilterde waarden van het hoogtemeetnet te delen door 2 (meetfrequentie hoogtemeetnet) is de gemiddelde zetting/oxidatie per jaar verkregen. Hierna is gekeken welke waarde een negatieve zakking aangaf, oftewel een ophoging. Indien deze waarde sterk afweek van de rest van de gefilterde meetreeks dan werd de waarde verwijderd. Dit kan namelijk verklaard worden door de zakking die als eerste optreedt na het ophogen van een kering of aardebaan. Deze zakking heet primaire zetting¹¹ (zie figuur Figuur 6: verband tussen ophogen en primaire- en secundaire zetting).



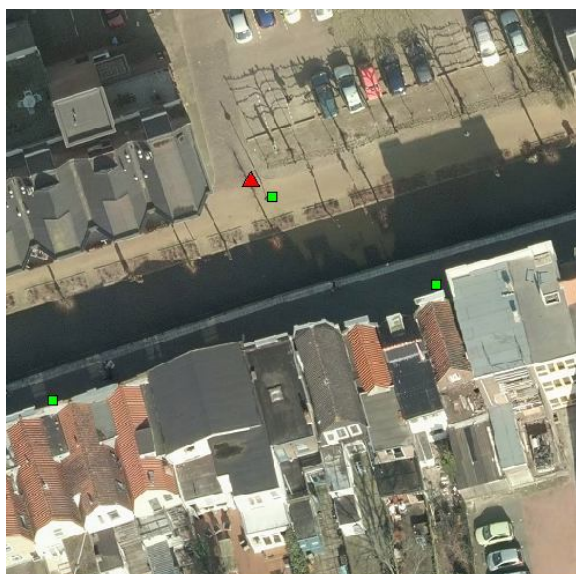
Figuur 6: verband tussen ophogen en primaire- en secundaire zetting (TU Delft, 2009)

Op 13 en 14 oktober 2016 zijn de regionale keringen ingemeten omdat er twijfels waren over de maaiveldhoogte van het hoogtemeetnet en de AHN3. Hierbij zijn alle regionale keringen ingemeten met een handheld GNSS van Topcon (GRS-1 met PG-S1 GNSS ontvanger). De punten zijn voor zover mogelijk om de 50 meter ingemeten. Deze meting is gevalideerd aan de hand van een hermeting van geijkte NAP bouten in de stad Gouda. De afwijking mag niet meer dan 2cm zijn. Het verschil in hoogte tussen de correct gemeten bouten en de hoogte zoals aangeleverd door de gemeente Gouda is voor alle drie minder dan 2 centimeter, zie: Tabel 9: Validatie inmeting a.d.h.v. NAP bouten gemeente Gouda.

Nap Bout nr	Locatie	Hoogte inmeting [m NAP]	Hoogte Gem. Gouda [m NAP]	Vershil [cm]	Opmerkingen
271	Bedieningshuisje	4,407	4,424	-1,7	Voldoet en bruikbaar
95	Hanepraaiduiker	0,173	0,692	-51,9	Verkeerde punt gemeten (Niet bruikbaar)
8	Doelenbrug	0,850	0,850	0,0	Voldoet en bruikbaar
913	Kattensingel	0,307	0,232	7,5	Verkeerde punt gemeten (Niet bruikbaar)
270	Gemaal (Rijnland)	2,083	2,067	1,6	Voldoet en bruikbaar

Tabel 9: Validatie inmeting a.d.h.v. NAP bouten gemeente Gouda

¹¹ Zetting door het afnemen van de poriegehalte van de grond



▲ Locatie punt Hoogtemeetnet Gouda
■ Locatie inmeting 13 en 14 oktober

Figuur 7: Voorbeeld koppelen gegevens inmeting en Hoogtemeetnet Gouda

De bodemdalingssnelheden van het hoogtemeetnet kunnen vervolgens gekoppeld worden aan de ingemeten hoogte die het dichtstbij het punt van het hoogtemeetnet ligt (zie Figuur 7: Voorbeeld koppelen gegevens inmeting en Hoogtemeetnet Gouda). Hierbij is eerst gecheckt of de gekozen hoogte representatief is voor het gehele kadevak. De wijze waarop het hoogtemeetnet is gefilterd en de zetting is gekoppeld aan de ingemeten hoogte is vervolgens ter beoordeling aan de specialist van Rijnland voorgelegd. De wijze is na uitleg goedgekeurd, zie digitale bijlage 2.

Er dient bij de bepaling van de resterende levensduur rekening gehouden te worden met de onnauwkeurigheid van de methode door een bandbreedte te bepalen per kadevak. Hierbij zijn gedurende een expert sessie de bandbreedtes per onnauwkeurigheid bepaald. Zie hieronder de tabel:

	Onnauwkeurigheid	Bron	Verwachte onnauwkeurigheid [cm]
1	Inmeting	GNSS	Max 2
2	Bepaling bodemdalingssnelheid door Sweco	AHN	4
3	Hoogtemeetnet Gouda	Waterpassing	3
4	Verwerken gegevens ¹²	Aannames	2

Tabel 10: Onnauwkeurigheden t.b.v. bepalen bandbreedte

Er is per kadevak bepaald welke onnauwkeurigheden relevant zijn. Deze onnauwkeurigheden zijn in centimeters zijn bij elkaar opgeteld. Hierna is het totaal aantal centimeters gedeeld door de bodemdalingssnelheid van dat kadevak. Vervolgens is de uitkomst van het jaar restlevensduurbepaling afgetrokken van het minimum en opgeteld bij het maximum. Zie de formules hieronder:

$$\text{Minimum} = \text{jaar restlevensduurbepaling}[\text{jaar}] - \frac{\text{onnauwkeurigheid [Cm]}}{\text{Bodemdalingssnelheid } [\frac{\text{Cm}}{\text{jaar}}]} \text{ en}$$

$$\text{Maximum} = \text{jaar restlevensduurbepaling}[\text{jaar}] + \frac{\text{onnauwkeurigheid [Cm]}}{\text{Bodemdalingssnelheid } [\frac{\text{Cm}}{\text{jaar}}]}$$

¹² Bij het verwerken van gegevens zijn gemiddelde genomen en waarden verwijderd waardoor het exacte jaar van afkeuren kan afwijken. Deze onnauwkeurigheid is in centimeters uitgedrukt.

Het kan voorkomen dat de kering na 2050 opgehoogd dient te worden. Dit is het geval als de ingemeten hoogte groter is dan de uitkomst van de volgende formule:

$$\text{Ingemeten hoogte} \geq \text{Berekend waterpeil (fase 1)} + (\text{Zakking per jaar} * (2050 - 2016))$$

Indien het “jaar afkeuren” “2016” is dan betekent dit dat de kering op het moment niet voldoet aan de waterstandshoogte zoals berekend is in fase 1.

3.2 Randvoorwaarden/uitgangspunten

- 1) De gebruikte hoogtewaarden van het hoogtemeetnet van de Gemeente Gouda zijn correct.
Na een trendline analyse en handmatige filtering zijn de waarden met de hoogste determinatie coëfficiënt gebruikt. Er wordt aangenomen dat deze waarden correct zijn. De reeksen van 2000-2016 zijn vervolgens gebruikt om de zetting te bepalen.
- 2) De ingemeten hoogten van 13 en 14 oktober zijn de huidige hoogten van de keringen.
Er zijn meerdere bronnen beschikbaar voor het bepalen van de huidige hoogte van de keringen. Er is echter gekozen om deze zelf in te meten met een GNSS en deze waarden als correct te beschouwen aangezien deze het meest recent zijn.
- 3) De dalingssnelheden van de ingemeten punten zijn gelijk aan die van het dichtstbij gelegen punt van het hoogtemeetnet.
De dalingssnelheden zijn bepaald a.d.h.v. de punten van het hoogtemeetnet. Deze locaties komen niet exact overeen met de, met GNSS, ingemeten punten van dit onderzoek. Hier is echter wel vanuit gegaan. Het verschil in bodemdaling zal echter minimaal zijn doordat de gekozen punten van het hoogtemeetnet en de inmeting bij elkaar in de buurt liggen.
- 4) De gebruikte punten per kadevak van het hoogtemeetnet zijn representatief voor het gehele kadevak
Voor de kadevakken zijn één of meerdere punten bepaald waarvan de zettingssnelheid is afgeleid. De gebruikte punten per kadevak zijn representatief voor het gehele kadevak.
- 5) De handheld GNSS heeft een maximale afwijking van 2cm op de Z-as.
Deze afwijking is meegenomen bij het bepalen van de bandbreedte waarin de kering opgehoogd dient te worden. Dit is vervolgens in de meerjarenplanning opgenomen.
- 6) De bodemdaling is lineair.
De snelheid van de bodemdaling is lineair bepaald aan de hand van de gegevens van Gouda. Hierbij is een gemiddelde genomen van de dalingen per 2 jaar. Dit is tevens de meetfrequentie van het hoogtemeetnet.

7) Primaire zetting is niet beschouwd

Na een ophoging gaat de bodem sneller zetten. Echter doordat Gouda een zettingsgevoelig gebied is waarbij regelmatig opgehoogd wordt, neemt de zettingssnelheid na 3 ophoogslagen af tot ongeveer de secundaire zettingssnelheid (Kamphuis, 2008). Daarom is besloten de primaire en secundaire zettingen allebei mee te nemen in het bepalen van de bodemdalingssnelheid. Tevens zijn de hoogten per twee jaar ingemeten. Dit kan een verstoord beeld geven van de primaire zetting.

3.3 Resultaten

Hieronder is het overzicht te zien van de kadevakken en het jaar waarin deze opgehoogd dienen te worden. Voor het corresponderende waterpeil van de hoogtetoets zie Tabel 6: Resultaten hoogtetoets boezem en Tabel 7: Resultaten stochastische analyse. Voor de locatie van de strekkingen kan Bijlage 5 geraadpleegd worden. Voor de visualisatie van de onderstaande tabel kan Bijlage 8 geraadpleegd worden.

Kadevak	Bodemdaling [cm / jaar]	Jaar afkeuren	Jaar afkeuren minimaal	Jaar afkeuren maximaal
011-042-00013	0,69	2038	2029	2047
011-042-00014	0,92	Na 2050	N.t.b.	N.t.b.
011-042-00015	0,92	2032	2025	2039
011-042-00016	0,73	Na 2050	N.t.b.	N.t.b.
011-042-00017	0,84	2036	2029	2043
011-042-00018	0,84	2048	2041	2055
011-042-00019	1,50	2026	2022	2030
011-042-00020	0,96	2048	2042	2054
011-042-00021	0,80	2044	2037	2052
163-042-00003	0,80	Na 2050	N.t.b.	N.t.b.
163-042-00004	1,23	2044	2039	2049
163-042-00005	0,79	Na 2050	N.t.b.	N.t.b.
244-042-00001	0,61	Na 2050	N.t.b.	N.t.b.
244-042-00002	0,74	Na 2050	N.t.b.	N.t.b.
245-042-00001	0,73	Na 2050	N.t.b.	N.t.b.
245-042-00002	0,78	Na 2050	N.t.b.	N.t.b.
245-042-00003	0,10	Na 2050	N.t.b.	N.t.b.
245-042-00004	0,10	Na 2050	N.t.b.	N.t.b.
245-042-00005	0,73	Na 2050	N.t.b.	N.t.b.
245-042-00006	1,29	2016	2011	2021
245-042-00008	1,07	2020	2014	2026
245-042-00010	0,75	2038	2030	2046
245-042-00011	0,59	Na 2050	N.t.b.	N.t.b.
245-042-00012	0,10	Na 2050	N.t.b.	N.t.b.
245-042-00013	0,96	Na 2050	N.t.b.	N.t.b.
245-042-00014	0,91	2016	2009	2023
245-042-00015	0,79	2018	2010	2026
245-042-00016	0,50	2016	2004	2028
245-042-00017	1,07	2044	2038	2050
245-042-00018	1,07	2030	2024	2036
250-042-00008	0,42	Na 2050	N.t.b.	N.t.b.
250-042-00009	0,65	2040	2031	2049
252-042-00001	0,54	Na 2050	N.t.b.	N.t.b.
252-042-00003	0,95	2028	2022	2034
252-042-00005	0,96	Na 2050	N.t.b.	N.t.b.

252-042-00006	0,54	2036	2025	2047
252-042-00007	0,54	Na 2050	N.t.b.	N.t.b.
252-042-00008	0,54	Na 2050	N.t.b.	N.t.b.
252-042-00009	1,19	2034	2029	2039
252-042-00010	0,99	2040	2034	2046
264-042-00001	0,91	2044	2034	2054
264-042-00002	0,62	Na 2050	N.t.b.	N.t.b.

Tabel 11 Overzicht Jaar van afkeuren inclusief bandbreedtes

3.4 Deelconclusie Fase 2: Restlevensduur bepalen

De zettingssnelheden zijn bepaald aan de hand van het hoogtemeetnet van de Gemeente Gouda. De Gemeente Gouda heeft sinds 2000 elke 2 jaar de hoogte gemeten van de straten binnen de gemeentegrens. De bodemdalingssnelheden van de dijklichamen liggen tussen de 0,10 cm en 1,50 cm per jaar. De zettingssnelheden liggen voornamelijk tussen de 0,40 en 1,50 cm per jaar. De uitschieters van 0,10 cm per jaar zijn de keringen langs de Gouwe. De zettingssnelheden van de keringen langs de Gouwe zijn bepaald door Sweco. Hier kon geen hoogtemeetnet gebruikt worden aangezien op deze kering niet gemeten wordt door de Gemeente Gouda.

4. Fase 3: Stabiliteitsberekening

In dit hoofdstuk wordt de stabiliteitsberekening behandeld. Eerst wordt de inventarisatie behandeld waarna de werkwijze, resultaten en deelconclusie volgen.

4.1 Beschrijving model/werkwijze

In deze paragraaf is de toetsing op stabiliteit behandeld van de kering aan de Nieuwe Gouwe o.z. te Gouda, zie Bijlage 2. Na de beschrijving van de gehanteerde methode komen de resultaten van de toetsing aan bod.

4.1.1 Inventarisatie

Om de stabiliteitsberekening te kunnen uitvoeren zijn de volgende gegevens aangevraagd/ ingemeten:

Aangeleverd door:	
1) Standaard sterkteparameters	Rijnland;
2) Labproeven omliggende polders;	Rijnland;
3) Type Oeverbescherming	Provincie Zuid-Holland;
4) Toegang tot D-Geostability	Rijnland;
5) Geometrie kering Nieuwe Gouwe	Zelf ingemeten (13 oktober 2016).

4.1.2 Afweging gebruik Software voor stabiliteitsberekening

Voor de stabiliteitsberekening zijn er meerdere programma's beschikbaar vanuit Rijnland. Er is voor deze berekening gekozen voor D-Geostability omdat de kade getoetst moet worden op stabiliteit. Programma's zoals D-Sheet Piling en Plaxis vallen hiervoor af aangezien D-sheet piling gebruikt wordt voor het ontwerpen van damwand constructies en horizontaal belaste palen (Deltares, 2016). Plaxis is niet gebruikt aangezien er reeds D-Geostability modellen aanwezig waren die voldoende nauwkeurig waren om aan te passen naar de toetslocatie. Verder werkt Rijnland standaard met D-Geostability waardoor werken met Plaxis minder gewenst is.

4.2 Beschrijving model/werkwijze

4.2.1 Opbouw model

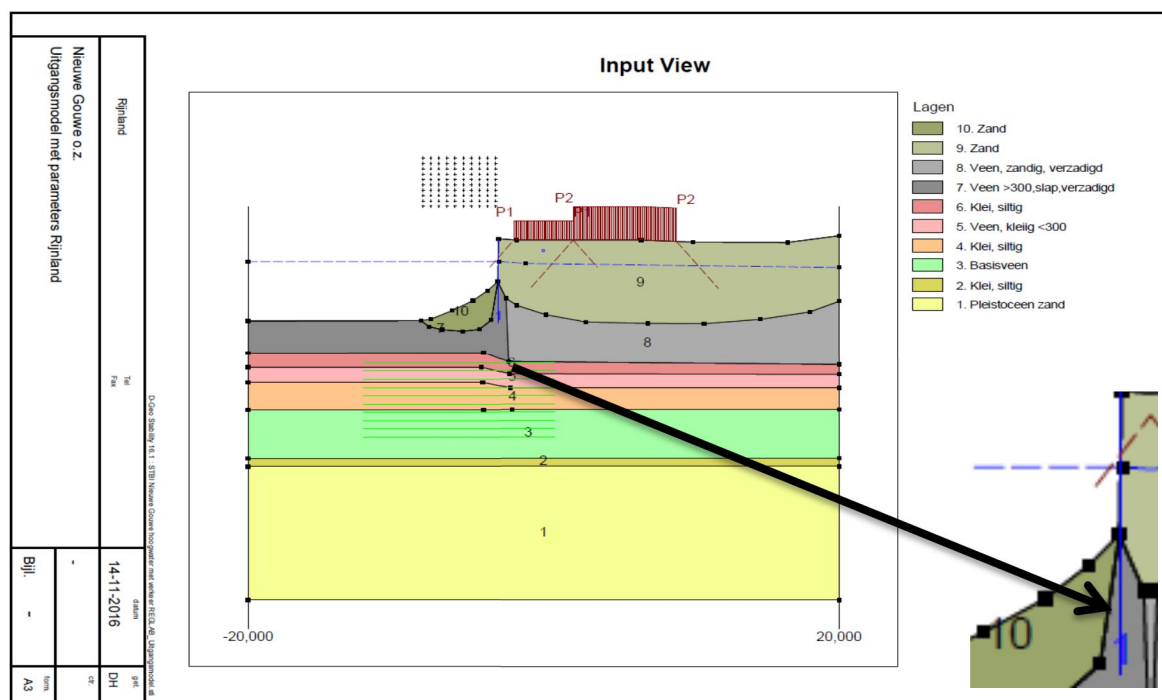
Om de stabiliteit te kunnen toetsen is een D-Geostability¹³ model gemaakt. De aanpassingen aan de grondopbouw van het model is in samenwerking met de geotechnisch specialist bepaald. De geometrie (maaiveld) van de kering is ingemeten op 13-oktober-2016. De oeverbescherming is in het model gezet als "Forbidden Line"¹⁴, de lengte hiervan is gebaseerd op de Azobé damwand uit het bestek van 1972. (Provinciale waterstaat Zuid-Holland, 1972). Het waterpeil is bepaald uit de legger van Rijnland, namelijk -0,62m NAP.

De verkeersbelasting is bepaald op 13 kN/m², deze belasting komt overeen met de belasting die Rijnland hanteert voor gelijkwaardige situaties (keringen met autoverkeer). Ter plaatse van het dwarsprofiel was ook een parkeergelegenheid aanwezig. Voor deze parkeergelegenheid is een belasting van 7,50 kN/m² gehanteerd.

Hieronder is het uitgangsmodel te zien. P1(7,5 kN/m²) en P2(13 kN/m²) staan voor de belastingen en het vierkant boven laag 10 is het raster dat gebruikt wordt om de afschuifvlakken te berekenen. De blauwe lijn tussen laag 7 en 8 is de "Forbidden line".

¹³ Programma van Deltares, berekent de stabiliteit van een dijk/kadelihaam a.d.h.v. een veiligheidsfactor

¹⁴ Lijnelement in D-Geostability waar het afschuifvlak niet doorheen kan worden gemodelleerd.



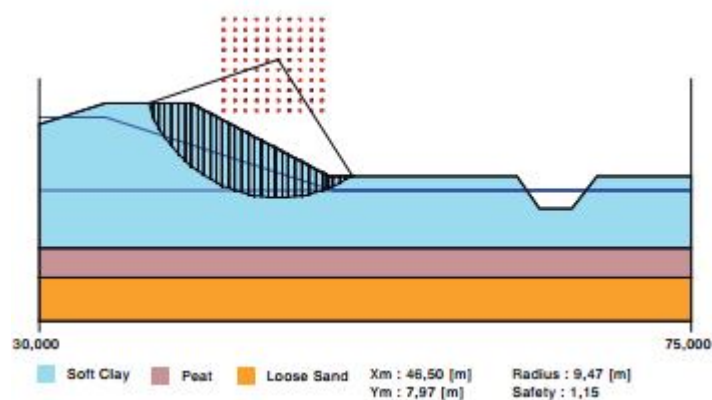
Figuur 8: Uitgangsmodel D-Geostability

4.2.2 Model en rekenmethode

De stabiliteit is getoetst m.b.v. de methode van Bishop. Deze methode komt uit 1955 en wordt tot op heden gebruikt bij stabiliteitsberekeningen. De methode van Bishop werkt met behulp van "lamellen" die een cirkelvormige afschuiving beschrijven. Hierbij worden twee aannames gedaan (van der Meij, 2012):

- 1) Het glijvlak is cirkelvormig;
- 2) De horizontale krachten tussen de lamellen hoeft niet beschouwd te worden.

Hieronder is een typisch afschuifvlak te zien. De zwarte verticale lijnen binnen deze cirkel zijn de lamellen. Het grid dat rechtsboven de dijk te zijn is wordt gebruikt door D-Geostability als punten om het middelpunt van de afschuifcirkel te bepalen.



Figuur 9: Afschuifcirkel methode Bishop (van der Meij, 2012)

Verder is de methode het best toepasbaar indien er geen opdrijving¹⁵ verwacht wordt. Dit is het geval omdat uit lokaal grondonderzoek blijkt dat een voldoende dikke laag slecht doorlatende grond (klei en/of veen > 5,00 meter) van voldoende gewicht boven het 1^e watervoerende pakket aanwezig is.

Voor de schuifsterkte¹⁶ is gebruik gemaakt van de cohesie (C [kPa]) en de Hoek van interne wrijving (ϕ [°]). Deze waarden zijn bepaald a.d.h.v. de triaxiaalproeven¹⁷ die Rijnland laat uitvoeren gedurende uitvoeringsprojecten.

Het model is vervolgens getoetst door de geotechnisch specialist van Rijnland. De opmerkingen staan hieronder:

- 1) De antropogene ophogingen zijn in het model gezet als één laag namelijk laag 9 (zand);
- 2) Laag 4 tot en met 10 zijn aangepast aan de zakkingen uit het verleden, er is in het midden van de laag één meter zakking aangehouden. Deze meter is gebaseerd op 1cm zakking per jaar gedurende 100 jaar.
- 3) Laag 8 is door consolidatie sterker geworden en daarom zijn de parameters van de laag versterkt t.o.v. laag 7.

De opmerkingen zijn aannames die gebaseerd zijn op de expertise binnen Rijnland. Na het aanpassen van het model is er door de geotechnisch specialist goedkeuring gegeven voor het uitgangsmodel, zie digitale bijlage 2.

4.2.3 Gebruik verschillende parametersets

De grondsterkteparameters zijn bepaald door Rijnland. Hierbij worden de sterkteparameters van alle grondonderzoeken meegenomen en verwerkt in een statistisch model. Dit resulteert in sterk gegeneraliseerde grondsterkte parameters. Er is daarom besloten om een gevoeligheidsanalyse uit te voeren met andere parametersets. Hieronder staan de parametersets die gebruikt zijn voor de gevoeligheidsanalyse.

Parameterset uit:	Status:	Jaar:
Parameters omliggende veenpolders	Definitief	2008-2011
NEN 1997-1/nb: 2012	Ingetrokken	2016

Parameters omliggende veenpolders

Om de sterkteparameters te kunnen bepalen zijn een 6-tal polders opgezocht die in het veengebied rond Gouda liggen, zie Bijlage 9. Voor deze polders is in het verleden laboratorium onderzoek gedaan naar de grondsterkteparameters. Voor deze polders zijn de volgende parameters opgezocht:

- Nat gewicht (γ_n) [kN/m³];
- Droog gewicht (γ_d) [kN/m³];
- Cohesie (C) [kPa];
- Hoek interne wrijving (ϕ) [°].

Voor deze waarden is het gemiddelde bepaald. Daarnaast is tevens de karakteristieke waarde bepaald maar aangezien dit om een grove vergelijking gaat is ervoor gekozen alleen het gemiddelde te gebruiken. De volledige database met grondsterkteparameters zijn vermeld in Bijlage 10. De gebruikte parameters staan hieronder:

¹⁵ Het omhoog komen van een grondlichaam door een te hoge waterdruk en te lage tegenwerkende gronddruk.

¹⁶ De interne weerstand die een grondlichaam biedt tegen deformatie.

¹⁷ Een geotechnische proef waarbij een grondlichaam een verhoging van de axiale en radiale belasting ondergaat. Hierbij wordt doorgegaan tot het grondlichaam bezwijkt.

Parameters omliggende veenpolders				
Grondsoort	Nat gewicht	Droog gewicht	ϕ'	C'
Veen>300%	10,40	7,55	13,10	1,22
Veen kleiig <300%	11,23	8,64	16,24	4,79
Klei Humeus	13,39	10,91	23,50	2,53
Klei Siltig	15,29	12,55	21,65	2,34
Klei zandig	17,52	15,83	26,16	1,77

Tabel 12: Parameters omliggende veenpolders

Parameters NEN 1997 2012

Deze parameters komen uit de Eurocode 7¹⁸. Helaas was het niet mogelijk om de parameters van de NEN 1997-1/nb: 2016 te gebruiken aangezien deze niet vrij te verkrijgen zijn. Er is besloten de versie voor de NEN 1997-1/nb: 2016 te gebruiken. De gebruikte parameters staan hieronder:

NEN 1997 2012					
Grondsoort	Nat gewicht	Droog gewicht	ϕ'	C'	Opmerkingen
Veen>300%	11,0	11,0	15,0	1,75	
Veen kleiig <300%	12,5	12,5	15,0	3,75	
Klei Humeus	15,5	15,5	15,0	0,50	
Klei Siltig	16,5	16,5	20,0	0,00	<-- gebaseerd op Klei siltig van NEN 6740
Klei zandig	20,0	18,0	27,5	1,00	
Zand	20,0	18,0	32,5	0,00	
Basisveen	13,0	13,0	15,0	3,75	<-- gebaseerd op Veen kleiig <300% NEN 6740

Tabel 13: Parameters NEN 1997 2012 (KIVI, 2014)

4.3 Randvoorwaarden / uitgangspunten

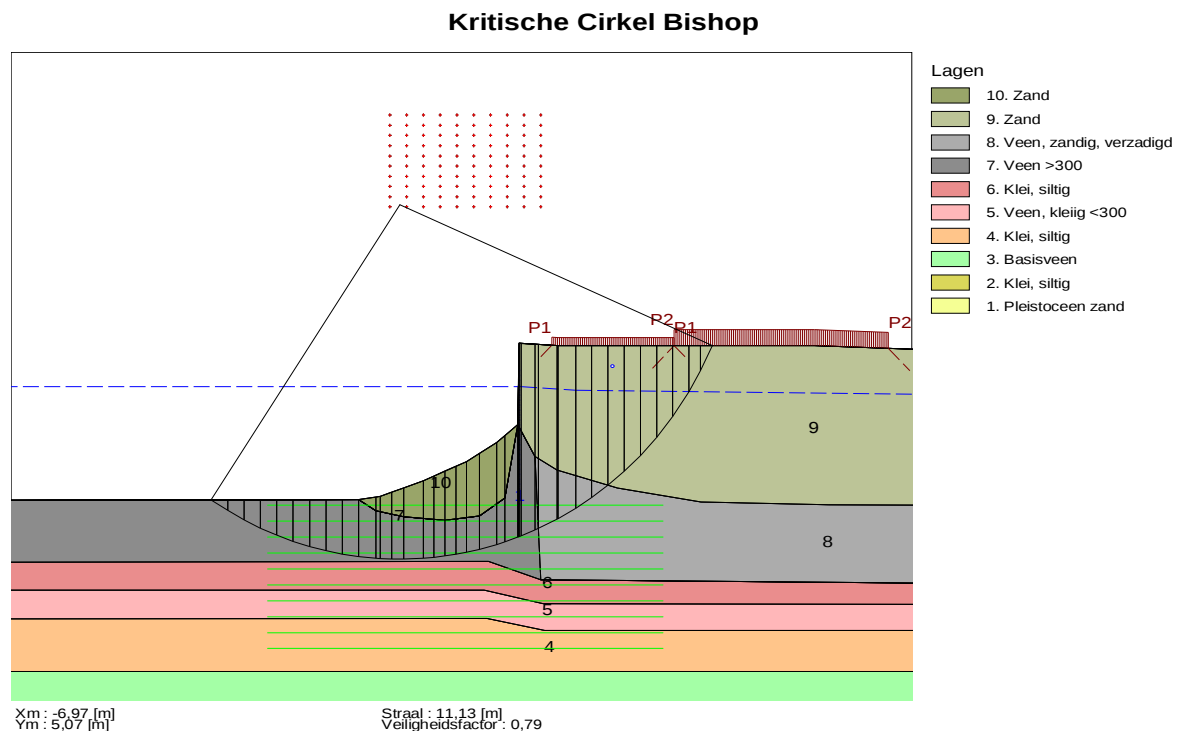
- 1) De oeverbescherming t.h.v. locatie stabiliteitsberekening is hetzelfde als de oeverbescherming t.h.v. Rabobank (200 meter ten noorden).
De oeverbescherming ziet er op het oog hetzelfde uit en door het ontbreken van aanvullende informatie is ervoor gekozen om de constructie t.h.v. de Rabobank als eender te beschouwen. Deze locatie ligt 200 meter noordelijk t.o.v. de locatie stabiliteitsberekening.
- 2) Er is geen opdrijving aanwezig
Een aanname is dat er geen opdrijving aanwezig is. Hierom wordt er gebruik gemaakt van de Bishop Methode binnen D-Geostability.

¹⁸ Europese norm voor geotechnisch ontwerpen

- 3) De belasting van de parkeerplaats t.p.v. de stabiliteitsberekening is $7,5 \text{ kN/m}^2$. Deze waarde is de helft van de verkeersbelasting op de weg die ernaast ligt. De parkeerplaats wordt namelijk minder belast doordat de auto's stilstaan en/of langzaam inparkeren. Deze waarde is bepaald in samenspraak met de geotechnisch specialist van Rijnland.
- 4) De oeverbescherming is in staat de grondspanningen tegen te houden. De "Forbidden Line" in D-Geostability is een lijn waar de glijcirkel niet doorheen kan. Dit geeft echter het verkeerde beeld van de sterkte van de oeverbescherming. Deze kan namelijk op een bepaald moment bezwijken. Er wordt echter aangenomen dat de ingetekende oeverbescherming (Forbidden line) sterk genoeg is om alle grondspanningen tegen te houden.

4.4 Resultaten

Hieronder is het uitgangsmodel weergegeven (zie Figuur 10: Uitgangsmodel D-Geostability). De zwarte cirkel is het afschuivingsvlak met de laagste veiligheidsfactor en dus het meest waarschijnlijk om te gaan afschuiven.



Figuur 10: Uitgangsmodel D-Geostability

Zoals te zien is hierboven is de veiligheidsfactor 0,79 met een straal van 11,13 m. Deze uitkomst dient nog bewerkt te worden met de volgende factoren:

$$F/(\gamma_n \gamma_d \gamma_s) \geq 1,0$$

Waarin:

F = stabiliteitsfactor berekend bij rekenwaarden van de sterkte	[--]
γ_n =schadefactor	[--]
γ_d =modelfactor	[--]
γ_s =schematiseringsfactor	[--]

Bron: (STOWA, 2015)

Voor deze situatie zijn de volgende factoren gebruikt:

$\gamma_n = 1$, Deze kering heeft IPO klasse V, hierbij hoort een factor van 1 (STOWA, 2015);

$\gamma_d = 1$, Er is namelijk gebruik gemaakt van de methode van Bishop (STOWA, 2015);

$\gamma_s = 1,2$, Doordat er grondonderzoek gebruikt is die ongeveer 200 meter verderop ligt wordt er uitgegaan van een factor 1,2. (in overleg met geotechnisch specialist)

Uit deze berekening komt dat de veiligheidsfactor 0.64 is en dus niet voldoet.

De uitkomst van de analyse wordt onderschreven door de Gemeente Gouda en de Peil- en gebiedsbeheerders van Rijnland. Zij gaven in een vroeg stadium al aan dat deze locatie zeer slecht is en verbeterd dient te worden. Het toetsen van een herstelmaatregel valt echter buiten de scope van dit onderzoek.

De instabiiliteit van de kering kan worden verklaard door het ophogen van de kering door de jaren heen. Hierbij wordt zwaarder materiaal opgebracht en daarbij wordt het aandrijvende moment¹⁹ steeds groter. Hierbij gaat dus ook de veiligheidsfactor omlaag.

Na het gebruik van verschillende parametersets zijn de uitkomsten voor en nade γ_n -, γ_d -, en γ_s -correctie hieronder vermeld:

Parameterset	Veiligheidsfactor	Na correctie
Parameters Rijnland	0,77	0,64
Parameters omliggende veenpolders	0,69	0,58
NEN 1997 2012	0,80	0,66

Tabel 14: Uitkomsten veiligheidsfactor

De parameterset van Rijnland geeft een hogere veiligheidsfactor dan de parameterset van de omliggende veenpolders. Dit zou kunnen betekenen dat de ondergrond rond Gouda sterker is dan het gemiddelde van de veengebieden binnen Rijnland. Dit kan worden verklaard doordat Gouda een stedelijk gebied is waar al jaren opgehoogd wordt. Hierdoor worden de grondlagen belast en vervolgens steviger. De getoetste omliggende veenpolders bestaan voornamelijk uit onbebouwd/landelijk gebied waardoor de grondlagen slapper blijven.

De NEN-parameterset geeft de hoogste waarde, dit kan komen doordat de waarden niet direct over te nemen waren en hierdoor een gemiddelde genomen is van de twee waarden van bijvoorbeeld het veen > 300%. Verder is de NEN norm niet specifiek opgesteld voor de locatie Gouda en kan daarom afwijken.

Voor de uitkomsten van D-Geostability, zie Bijlage 11.

¹⁹ Gronddruk die ervoor zorgt dat een deel van een grondlichaam afschuift.

4.5 Deelconclusie Fase 3: Stabiliteitsberekening

Uit de analyse met D-Geostability blijkt dat de kering langs de Nieuwe Gouwe o.z. niet voldoet. De veiligheidsfactor is na correctie bepaald op 0.79. Dit betekent dat de kering in zeer slechte staat is. Dit komt overeen met wat de gemeente en de peil- en gebiedsbeheerder ook dachten. De instabiliteit kan worden verklaard doordat de kering door de jaren heen is opgehoogd waardoor het aandrijvende moment groter is. Dit veroorzaakt instabiliteit.

Fase 4: Samenwerkingsstrategie

In dit hoofdstuk is als eerst de wijzigingen t.o.v. het plan van aanpak beschreven. Hierna is het proces binnen Rijnland beschreven en vervolgens is een procesvoorstel voor een samenwerkingsstrategie handeld. Deze strategie is bepaald aan de hand van een pilot project. De strategie en processen zijn vervolgens veralgemeniseerd en gecombineerd. De laatste paragraaf zal de deelconclusie van fase 4 behandelen.

4.6 Werkwijze

4.6.1 Wijzigingen t.o.v. het plan van aanpak

Op dinsdag 04-10-2016 is het definitieve onderzoeksvoorstel opgeleverd aan hogeschool VHL. Hierin staat dat er een gezamenlijke database opgesteld wordt voor de Gemeente Gouda en Rijnland. Hier is echter vanaf geweken en Stedin en Oasen zijn toegevoegd als meewerkende partijen. Hiervoor is gekozen omdat bij de grotere projecten ook Stedin en Oasen betrokken zijn. Door deze partijen toe te voegen wordt de waarde van de samenwerkingsstrategie vergroot.

Daarnaast is besloten om gegevens centraal te delen/verzamelen i.p.v. een database te maken.

4.6.2 Inventarisatie

Om de samenwerkingsstrategie te kunnen opstellen zijn de volgende interviews/overleggen gevoerd:

Wat:	Wie:	Partij:
Brainstorm afgestemd programmeren	Stedin Oasen en de Gemeente Gouda	
Interview Assetmanager	Jarno Deen	Rijnland
Interview programmamanager	Marieke Desmense	Rijnland
Interview HH van Delfland	Annemarieke Verbout en Harry van den Broek	Delfland
Overleg samen programmeren	Stedin Oasen en de Gemeente Gouda	
Brainstormsessie	Henkjan Faber	Rijnland

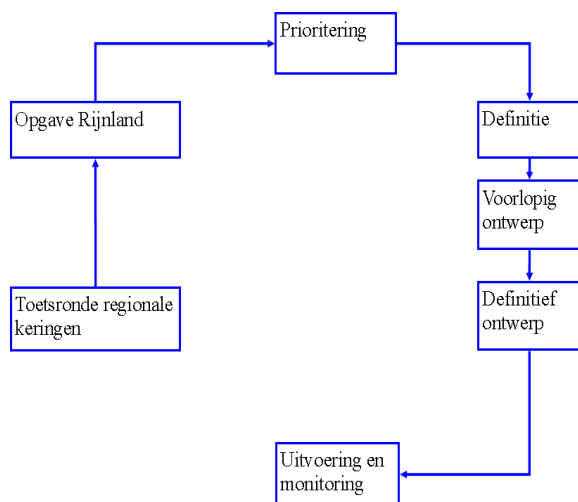
4.7 Opstellen samenwerkingsstrategie

In deze paragraaf is het proces van Rijnland aangevuld met de samenwerkingsstrategie. Eerst worden Het proces van Rijnland en van de samenwerkingsstrategie apart benoemd en daarna gecombineerd. Hierna volgen de uitgangspunten en randvoorwaarden en de deelconclusie.

4.7.1 Beschrijving proces Rijnland

In dit hoofdstuk is het huidige proces van Rijnland beschreven (zie Figuur 11: Huidig proces Rijnland). Hierdoor wordt inzichtelijk hoe de procedure van toetsen tot uitvoeren van kadeprojecten loopt binnen Rijnland.

Allereerst wordt om de circa 12 jaar een algemene toetsronde uitgevoerd waarbij alle regionale keringen binnen Rijnland globaal worden getoetst op hoogte en stabiliteit. Door deze toetsronde is bekend waar de opgaven van Rijnland liggen. Hierna volgt de prioritering op basis van de risico's en omgevingsfactoren. Vervolgens kunnen hier projecten uit gedefinieerd worden waarbij derden worden benaderd indien zij een melding hebben gemaakt in het verleden. Hierna gaat het project de ontwerpfase in en na het definitieve ontwerp worden de plannen uitgevoerd.

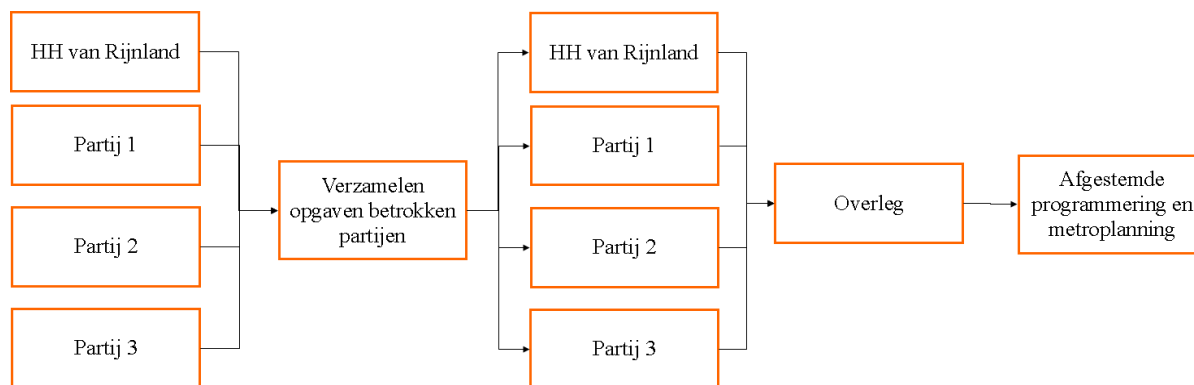


Figuur 11: Huidig proces Rijnland

4.7.2 Beschrijving proces gezamenlijke programmering

Om inzichtelijk te krijgen waar elke instantie zijn opgaven heeft liggen, is voorgesteld om deze informatie centraal te verzamelen. De vier partijen leveren hun opgaven aan één partij. Deze partij verwerkt de informatie in een voor ieder toegankelijk medium zoals een online GIS applicatie.

Nadat de informatie gedeeld is dient een overleg ingepland te worden. Gedurende het overleg “gezamenlijk programmeren” wordt vervolgens bepaald welke werkzaamheden gecombineerd uitgevoerd kunnen worden. Hiermee is het gemakkelijk inzichtelijk te krijgen welke projecten gecombineerd kunnen worden. Let wel, eventuele projectspecifieke belemmeringen voor het samenwerken zijn hierin niet meegenomen. (zie Figuur 12: Proces gezamenlijk programmeren)

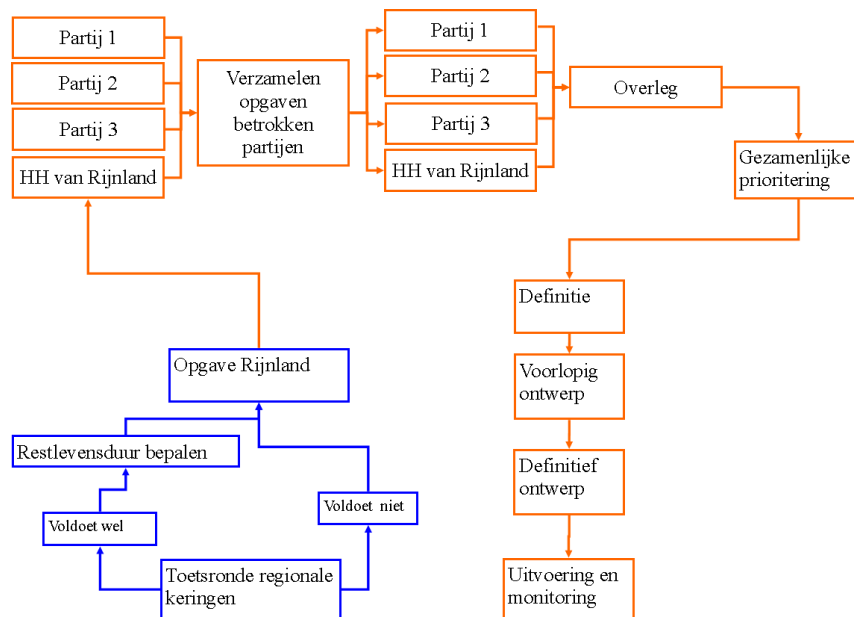


Figuur 12: Proces gezamenlijk programmeren

4.7.3 Voorstel voor gecombineerd proces

Hierboven is het interne proces van Rijnland beschreven evenals het proces van een gezamenlijke programmering. Voor het implementeren in Rijnland is het van belang om te begrijpen waar deze processen in elkaar grijpen. Figuur 13 geeft de flowchart weer met beide processen (Zie Figuur 13: Proces Rijnland (blauw) en gecombineerd proces(oranje)).

Aangezien er meer toekomstgericht geprogrammeerd dient te worden is zettingssnelheid meegenomen in het bepalen van de opgaven van Rijnland. Er wordt zo, per kadevak die voldoet, gekeken wanneer deze in de toekomst niet meer voldoet. De opgaven van Rijnland bestaat uit de keringen die niet voldoen en de keringen die in de nabije toekomst niet voldoen. Dan wordt voor de eerstvolgende drie jaar de opgaven opgestuurd naar de partij die de gegevens verzamelt. Hier wordt vervolgens een GISkaart van gemaakt waarin van iedere betrokken partij hun opgaven staan. Deze kaart wordt vervolgens gedeeld met alle betrokken partijen zodat alvorens het overleg “Gezamenlijk programmeren” begint de opgaven van de partijen bekend is. De gemaakte kaart kan als tool gebruikt worden gedurende het overleg “gezamenlijke programmeren”. Gedurende het overleg “gezamenlijk programmeren” wordt de programmering van de betrokken partijen, indien mogelijk, op elkaar afgestemd. Vervolgens kan er een gezamenlijk voorlopig ontwerp opgesteld worden en kunnen afspraken gemaakt worden betreffende het project.



Figuur 13: Proces Rijnland (blauw) en gecombineerd proces(oranje)

Er is geprobeerd om het gecombineerde proces te automatiseren met behulp van Microsoft Excel en ArcGIS. Hierbij is gekeken naar de mogelijkheid om van Excel een invoerbestand te maken en deze in te voeren in ArcGIS. Echter, doordat het gehele gezamenlijke programmeren veel variabelen kent is het zeer complex om dit te automatiseren. Er is daarom gekozen voor een efficiëntere en minder foutgevoelige methode. Deze methode gebruikt het overleg “gezamenlijke programmeren” als moment waarin het gezamenlijk programmeren uitgevoerd dient te worden. Hierbij is een werkwijze ontwikkeld die als doel heeft om het overleg productief te laten verlopen. Deze werkwijze is in bijlage 12 opgenomen.

4.8 Pilot project “Polder Korte Akkeren”

Hierboven is het voorstel geschreven voor een aanpassing aan het interne proces van Rijnland. Om dit voorstel te toetsen is in samenwerking met de Gemeente Gouda, Stedin en Oasen besloten een pilot project te starten. In verband met tijd is het niet mogelijk geweest om het gehele pilot project te beschrijven. Het eerste overleg “Gezamenlijk programmeren” vindt plaats na het afronden van dit onderzoek. In deze paragraaf is tot en met het overleg van 16-11-2016 beschreven.

4.8.1 Start Pilot project en toetsronde.

Op 23 juni heeft een overleg plaatsgevonden tussen de Gemeente Gouda, Rijnland, Stedin en Oasen, zie digitale bijlage 5. Tijdens dit overleg is besloten dat in de toekomst meer samengewerkt dient te worden. Ten navolging van dit overleg is een vervolgoverleg gepland op 16-11-2016.

Tussen de twee overleggen door is voor de regionale keringen in Gouda een toetsing uitgevoerd op hoogte en stabiliteit (zie Fase 1: Hoogtetoets, Fase 2: Restlevensduur bepalen en Fase 3: Stabiliteitsberekening).

In deze twee hoofdstukken is bepaald waar de huidige opgaven liggen en waar de opgaven tot 2050 liggen. Op basis van deze gegevens is een kaart gemaakt. Deze kaart is vervolgens ter verduidelijking meegenomen in het eerste overleg van 16-11-2016.

4.8.2 Overleg 16-11-2016

Gedurende het overleg zijn de gemaakte stukken vanuit de toetsing voorgelegd aan de andere partijen. Er is besloten om de opgaven van Stedin, Oasen, Rijnland en de Gemeente Gouda met elkaar te delen. De opgaven van alle vier de partijen worden opgestuurd en verwerkt in de Gis-viewer van de Gemeente Gouda. Hierdoor is snel te zien waar ieders opgaven liggen. Verder is gedurende dit overleg voor alle partijen duidelijk geworden hoe ieders planning opgesteld wordt. Zie Tabel 15: Overzicht totstandkoming planning.

<i>Instantie</i>	<i>Hoe planning opstellen:</i>
Rijnland	Algemene toetsing en prioritering
Oasen	Materiaal, zetting en risicoanalyse
Stedin	Meldingen klanten en meldingen medewerkers.
Gemeente Gouda	Toetsing en initiatief overleg

Tabel 15: Overzicht totstandkoming planning

Rijnland laat eens in de circa 12 jaar een algemene toetsronde uitvoeren en hierop wordt de prioritering gebaseerd. Oasen gebruikt de levensduur van het materiaal alsmede de zetting in het gebied en het risico bij het falen van een drinkwaterleiding bij het opstellen van de planning. Stedin werkt op ad hoc basis en reageert op meldingen van klanten en medewerkers. Stedin doet ook periodiek een onderzoek naar gaslekken. Verder is Stedin voornemens om alle brosse gasleidingen voor 2030 te vervangen. De Gemeente Gouda toetst haar assets zelf en bepaald vervolgens in een initiatiefoverleg wanneer de assets hersteld dienen te worden.

4.9 Instandhouden samenwerkingsstrategie

Nadat het pilot project afgelopen is, dient de samenwerkingsmethodiek uitgebreid en in stand gehouden te worden. In deze paragraaf worden de aspecten behandeld die belangrijk geacht worden voor het slagen van de samenwerkingsstrategie.

4.9.1 Tijdsplan totstandkoming projecten

Rijnland stelt ieder jaar in juni voor het eerstvolgende jaar een planning op. In deze planning wordt aangegeven wanneer de voorbereiding van een project begint. Begin maart dient duidelijk te zijn welke keringen opgehoogd dienen te worden. De Gemeente Gouda heeft de periode van begin maart tot begin april nodig om de aangeleverde gegevens te verwerken. Het overleg “gezamenlijke programmering” vindt plaats halverwege mei.

Oasen en de Gemeente Gouda hebben aangegeven geen voorkeur qua tijd te hebben derhalve zal het tijdsplan van Rijnland worden aangehouden. Hieronder zijn de data in een tabel gezet (zie Tabel 16: Tijdsplan samenwerkingsstrategie).

<i>Werkzaamheid</i>	<i>Definitief opleveren vóór:</i>	<i>Verantwoordelijk:</i>
Bepalen waar opgaven liggen	Maart	Ieder voor eigen stukken
Verwerken aangereikte stukken	April	Gemeente Gouda
Overleg “gezamenlijke programmering”	Halverwege mei	Ieder
Intern verwerken in eigen planning	Juni	Ieder voor eigen stukken

Tabel 16: Tijdsplan samenwerkingsstrategie

Bovenstaande planning is bepaald tot “intern verwerken in eigen planning”. Het jaar erna zal het project voorbereid worden en wordt het voorlopig ontwerp opgesteld. Echter, de exacte startdatum is niet te bepalen door de vele projectspecifieke factoren waarvan dit afhankelijk is.

4.9.2 Consequenties voor Rijnland

Het aanpassen van het huidige proces heeft consequenties voor de manier van werken van de betrokken partijen. Aangezien er geen inzicht is in het beleid van de overige betrokken partijen, zijn hieronder staan alleen de consequenties voor Rijnland vermeld.

- 1) Bij het volgende overleg “gezamenlijke programmering” dienen een assetmanager en relatiemanager aanwezig te zijn;
- 2) De programmering van Rijnland wordt meer gestuurd op samenwerking i.p.v. eigen prioritering;
- 3) Voor de toekomstige opgaven in het gebied van Rijnland dient een zettingssnelheid bepaald te worden per kadevak om zo de restlevensduur te bepalen.

4.10 Uitgangspunten en Randvoorwaarden

1) Aanpassen intern proces

Voor sommige betrokken partijen dient het interne proces aangepast te worden om zo op het juiste moment de samenwerking aan te gaan. Tevens dient de planning aangepast te worden op de andere partijen. De betrokken partijen dienen hiervoor open te staan en indien nodig het interne proces aan te passen.

2) Het proces “Gezamenlijk programmeren” wordt tot het voorlopig ontwerp beschreven.

Na het voorlopig ontwerp wordt het proces te projectspecifiek voor een algemene procesbeschrijving. Wat moet gebeuren op het moment dat daadwerkelijk projecten gezamenlijk worden uitgevoerd, moet bepaald worden tijdens het desbetreffende project

3) De gegevens worden door de partijen zelf up-to-date gehouden.

De partijen zijn zelf verantwoordelijk voor het aanleveren van de juiste gegevens. Ook het up-to-date houden van de relevante gegevens dient door Stedin, Oasen, Rijnland en de Gemeente Gouda zelf uitgevoerd te worden.

4.11 Deelconclusie Fase 4: Meerjarenplanning

Het automatiseren van het gezamenlijk programmeren is moeilijk uitvoerbaar en is voor dit onderzoek dan ook niet verder uitgewerkt. Er is besloten om het begeleiden van het overleg “gezamenlijke programmeren” verder uit te werken.

Voor het realiseren van een meerjarenplanning is het van belang dat intern bij Rijnland de procedure van het toetsen prioriteren van keringen wordt aangepast. Nu wordt de restlevensduur van de regionale keringen nog niet bepaald. Dit zou echter wel moeten om zo een langetermijnsplanning op te stellen.

Eens in de circa 12 jaar moet Rijnland de regionale keringen toetsen op de minimaal benodigde hoogte en stabiliteit. Keringen die niet voldoen worden opgenomen in de Rijnlandse opgave. Er wordt voorgesteld om de keringen die wel voldoen worden vervolgens te toetsen op restlevensduur a.d.h.v. een globale zakking in het gebied. Indien keringen binnen 12 jaar niet voldoen aan de opgelegde hoogteeis, moeten deze keringen ook worden meegenomen in de Rijnlandse opgave. Na de Rijnlandse opgave moet een gezamenlijke programmering gemaakt te worden. Deze afstemming moet plaatsvinden tijdens de inventarisatiefase. Indien voor een project meekoppelkansen liggen kan hierdoor vroegtijdig een samenwerkingsverband voor herstelmaatregelen worden opgesteld.

Hoe de gezamenlijke programmering eruit komt te zien is afhankelijk van de externe partijen die meedoen met het gezamenlijk programmeren. Deze afstemming van de gezamenlijke planning vindt eens per jaar plaats. Als ondersteuning worden de opgaven van de betrokken partijen verwerkt als kaart in een voor ieder toegankelijk medium.

5. Conclusie

In bovenstaande hoofdstukken zijn de resultaten en deelconclusies van het onderzoek beschreven. Met deze resultaten en deelconclusie is de onderzoeksvraag beantwoord. De onderzoeksvraag luidt: welke kansen en risico's brengen verzakkingen van de boezemwaterkeringen in de gemeente Gouda met zich mee op geotechnisch, hydrologisch en infrastructureel gebied voor het heden en de toekomst? Deze is als volgt beantwoord.

Op dit moment voldoen 3 keringen niet aan de opgelegde IPO klassen en 1 kering niet aan de gestelde stabiliteitseis. Als in de toekomst wordt gekeken met inachtneming van de verwachte bodemdaling, wordt in de periode tot 2050 nogmaals 19 keringen afgekeurd op kerende hoogte. Voor de opgaven die volgen uit de hoogtetoets, stabiliteitstoets en de restlevensduur bepaling, is het van belang dat met de gemeente Gouda, Stedin en Oasen wordt nagegaan of de plannen van Rijnland met deze partijen kunnen worden afgestemd.

Om de beoogde afstemming tussen de betrokken partijen te realiseren is het van belang dat jaarlijks de opgave van Rijnland met de vier partijen wordt overlegd. De kaarten met eigen opgaven die iedere partij meeneemt gedurende het overleg dienen als ondersteuning en bieden inzicht voor de betrokken partijen. Daarnaast moet Rijnland voor het realiseren van deze samenwerking zelf een interne procedure wijziging doorvoeren. Door deze wijziging in te voeren kan de samenwerkingsstrategie ook worden ingevoerd bij andere gemeenten en partijen.

6. Aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden de aanbevelingen van de vier fasen gegeven.

6.1 Fase 1: Hoogte toets

Keringen die niet voldoen aan de hoogtetoets moeten worden opgenomen in de projectplanning. Daarin moet blijken wanneer Rijnland maatregelen gaat nemen en hoe de keringen hersteld worden.

In het stadscentrum van Gouda hebben de kademuren aan de noord en zuidzijde van de Turfmarkt (GD-KM-0016 en GD-KM-0021) te weinig kerende hoogte. Hierdoor is het mogelijk dat bebouwing onder water komt te staan. Echter is niet onderzocht wat de actuele drempelhoogte van bebouwing is op deze locatie. Met de gemeente Gouda moet verder worden onderzocht wat de actuele drempelhoogte is. Pas dan kan worden geconstateerd of het watersysteem aan de inundatienorm voldoet. Omdat het bij deze kademuren slechts gaat om 2 en 6 centimeter kan ook als maatregel worden gekozen om bij bewoners zandzakken neer te zetten. In overleg met bewoners en gemeente moet worden afgestemd of dit een gewenste maatregel is.

Detailtoetsen heeft in Gouda gezorgd dat 5860 meter aan regionale keringen niet zijn afgekeurd. De vraag is nu of dit alleen voor de keringen in de gemeente Gouda geldt of dat het ook voor meerdere gebieden in het beheergebied van Rijnland geldt. Het is voor een hoogtetoets belangrijk dat de hoogte correct is. Door gebruik te maken van satelliet metingen kan de nauwkeurigheid van ongeveer 2 centimeter (GNSS) tot enkele millimeters verbeterd worden. Aanbevolen wordt om Satelliet gegevens in te kopen bij bijvoorbeeld SkyGeo. Aangezien dit een redelijk kostenplaatje oplevert kan, om kosten te drukken, geïnformeerd worden bij bijvoorbeeld de Unie van Waterschappen om deze satellietmetingen gezamenlijk in te kopen.

6.2 Fase 2: Restlevensduur bepalen

Voor Rijnland wordt aanbevolen om de keringen in een zettingsgevoelig gebied niet meer in te meten met de GNSS of doorgaande waterpassing maar in plaats daarvan satelliet gegevens gebruiken. Deze hebben een nauwkeurigheid van enkele millimeters. De gegevens kunnen bij SkyGeo vanaf 1992 aangevraagd worden en gebruikt worden voor een gedetailleerdere zettingssnelheid.

Uit het overleg van 16-11-2016 blijkt dat Stedin en Oasen al gebruik maken van satelliet gegevens t.b.v. zettingsberekeningen. Deze gegevens zouden uitgewisseld kunnen worden met Rijnland en Gouda. Oasen en Stedin hebben aangegeven dat het kopen van satelliet gegevens erg duur is. Daarom wordt aanbevolen gezamenlijk satelliet data op te kopen. Dit dient echter wel eerst juridisch onderzocht te worden.

6.3 Fase 3: Stabiliteitsberekening

In verband met de beschikbare tijd kon slechts één locatie worden getoetst. Aanbevolen wordt om meerdere regionale keringen te toetsen op stabiliteit omdat het afschuiven van een kering met te weinig restbreedte grotere gevolgen kan hebben dan een kering die overloopt.

Op het moment wordt gebruik gemaakt van omrekenfactoren om gedraineerde grondsterkteparameters te corrigeren. Echter door klasse 1 sonderingen uit te voeren, kunnen ongedraineerde grondsterkteparameters bepaald worden en zodoende een nauwkeurigere veiligheidsfactor worden berekend. Aanbevolen wordt om voor regionale keringen in een zakkingsgevoelig gebied vaker klasse 1 sonderingen uit te voeren. In welke hoedanigheid is moeilijk in te schatten, dit moet per project bepaald worden.

Voor de locatie Nieuwe Gouwe o.z. wordt aanbevolen om contact op te nemen met de Provincie Zuid-Holland en de Gemeente Gouda om de staat van de kering te bespreken. De regionale kering zou in 2026 opgehoogd moeten worden. Door binnen aanzienlijke tijd met de drie partijen het gesprek aan te gaan, kan sneller een oplossing bedacht worden waarbij overlast en geld bespaard kan worden.

6.4 Fase 4: Meerjarenplanning

Om ervoor te zorgen dat daadwerkelijk een gestructureerde samenwerking kan worden gerealiseerd, moet Rijnland de procedure verder uitwerken. Na verdere uitwerking kan dit worden voorgelegd bij het bestuur van Rijnland. Alleen als het bestuur van Rijnland instemt met de nieuwe procedure van het beheer van keringen, kan daadwerkelijk de samenwerking strategie gerealiseerd worden. Wanneer het bestuur instemt met de voorgestelde nieuwe procedure dienen de relatiemanagers op de hoogte gesteld te worden. De relatiemanagers leggen het vernieuwde proces voor bij de instanties waarvoor zij verantwoordelijk zijn. Het is vervolgens aan de instanties om te bepalen of zij willen werken volgens het samenwerkingsproces.

Na het bepalen van de gezamenlijke programmering dienen de uitkomsten besproken te worden met de afdeling Vergunningen. Er kan hierdoor ook een vergunningsaanvraag ingepland worden, dit kan tijd besparen.

Wanneer Rijnland met andere gemeentes en partijen wil samenwerken, is het van belang dat relatiebeheerders en assetmanagers deze nieuwe samenwerking strategie gaan delen met deze instanties en partijen. De relatiebeheerders en assetmanagers hebben een belangrijke rol voor het realiseren van de nieuwe strategie. Zij moeten de instanties en partijen overtuigen dat door samen te werken maatschappelijke kosten en overlast voor de burger zullen afnemen.

Voor een goede instandhouding worden de volgende regels aanbevolen waar elke partij zich aan dient te houden:

- 1) Transparante houding gedurende samenwerking;
- 2) Jaarlijks aanwezig zijn tijdens het overleg;
- 3) Twee maanden voor het overleg alle data en bestanden opsturen naar de Gemeente Gouda.

Bibliografie

- Berendse, H.J.A. (2005). *Landschap in delen*. Assen: Van Gorcum en Comp. B.V.
- Deltares. (2016). *Software*. Opgeroepen op 12 02, 2016, van Deltares.nl:
<https://www.deltares.nl/nl/software/>
- Grontmij Nederland B.V. (2012). *Hoogtetoets regionale keringen*. De Bilt.
- Hoogheemraadschap van Rijnland. (2016). *Waterverordening Rijnland*. Leiden.
- HydroLogic BV. (2016). *Boezemstudie Rijnland*. Amersfoort.
- IPO. (1998). *Richtlijn ter bepaling van het veiligheidsniveau van boezemkaden*.
- Kamphuis, W. (2008). *Bouwen en wonen op slechte grond (de invloed van het bouwrijp maken)*.
- Kempen, J. W. (2016, Oktober). Gemaal capaciteiten Gouda. (H. Postuma, Interviewer)
- KIVI. (2014). *Reader Geotechniek voor het HBO*.
- P.K. Doorn / M.P. Rhebergen. (2006, 12 15). *STATISTIEK VOOR HISTORICI*. Opgeroepen op 10 19, 2016, van
<http://www.let.leidenuniv.nl/history/RES/stat/html/les10.html>
- Provinciale waterstaat Zuid-Holland. (1972). *BESTEK no. 40 van 1972*.
- STOWA. (2005). *NIEUWE NEERSLAGSTATISTIEKEN VOOR HET WATERBEHEER*.
- STOWA. (2015). *LEIDRAAD TOETSEN OP VEILIGHEID REGIONALE KERINGEN*.
- Sweco Nederland b.v. (2016). *Herijking hoogtetoets*. De Bilt.
- Tauw bv. (2011). *Capaciteitsmeting gemaal Mallegat*. Deventer.
- Ten Kate-Kool. (2016). *Eindrapportage Gemaal Hanepraai*.
- TU Delft. (2009). *ZETTINGEN, STABILITEIT, AANLEG en ONTWATERING van de AARDEBAAN alsmede TOEPASSING van LICHT OPHOOGMATERIALEN en GEOKUNSTOFFEN*. Delft.
- van der Meij, R. (2012). *Afschuiving langs vrij glijvlak*. *GEOTECHNIEK*, 4.

Bijlage 1. Resultaat herijking SWECO

Bijlage 2. Overzichtskaart Gouda

Bijlage 3. Keringen en kademuren gekoppeld aan de rekenpunten

Bijlage 4. Veiligheidsklasse keringen en kademuren

Bijlage 5. Indentificatienummers keringen Gouda

Bijlage 6. Resultaten hoogtetoets

Bijlage 7. Verschil hertoetsing en detailtoetsing

Bijlage 8. Verwacht jaar van afkeuring

Bijlage 9. Locatie polders Geostabiliteit

Bijlage 10. Parameterdatabase

Bijlage 11. Uitkomsten datasets Geostability

Bijlage 12. Werkwijze samenwerkingsmethodiek

