

LCC bij zakkende kruin

Auteur: H. Weijers

Datum: 20 november 2020

1. Inleiding

Alle primaire waterkeringen moeten in 2050 voldoen aan de wettelijke norm. Via de Regeling subsidies hoogwaterbescherming 2014 is het mogelijk om subsidie te krijgen voor maatregelen aan de keringen welke niet meer aan de norm voldoen door wijziging van de norm en/of het wettelijk beoordelingsinstrumentarium (WBI). In samenwerking met de programmadirectie van het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) zoeken beheerders naar doelmatige maatregelen. Om de doelmatigheid van verschillende maatregelen te kunnen afwegen maken beheerders gebruik van de Life Cycle Costing-benadering (LCC). Met deze benadering berekent en vergelijkt de beheerder de netto contante waarde (NCW) van het totaal van de investerings- instandhoudingskosten van verschillende maatregelen. Zo wordt bijgedragen aan de keuze voor het meest doelmatige ontwerp.

In dit voorbeeld, gebaseerd op het project Verbetering IJsseldijk Gouda (VIJG) van het Hoogheemraadschap van Rijnland (HHR) is de LCC benadering gebruikt bij de keuze voor een variant in de verkenningsfase voor het veiligheidsprobleem van de hoogte van de kruin. Hieronder worden voor dit voorbeeld de afwegingen en conclusie toegelicht om beheerders en de programmadirectie meer inzicht te geven in de toepassing van LCC.

Disclaimer:

Let op: Getallen (aannames en uitgangspunten) zijn aangepast en versimpeld t.b.v. dit voorbeeld. Het doel van dit voorbeeld is een LCC analyse te laten zien met niet klassieke oplossingen (vanuit een brede verkenning) en een analyse waarin de afweging met hogere B&O kosten speelt om het gesprek hierover in de alliantie te faciliteren.

2. Context

De Goejanverwelledijk en Schielands Hoge Zeedijk in Gouda werden afgekeurd op stabiliteit (binnen én buitenwaarts) en hoogte. In de verkenningsfase zijn alternatieven afgewogen:

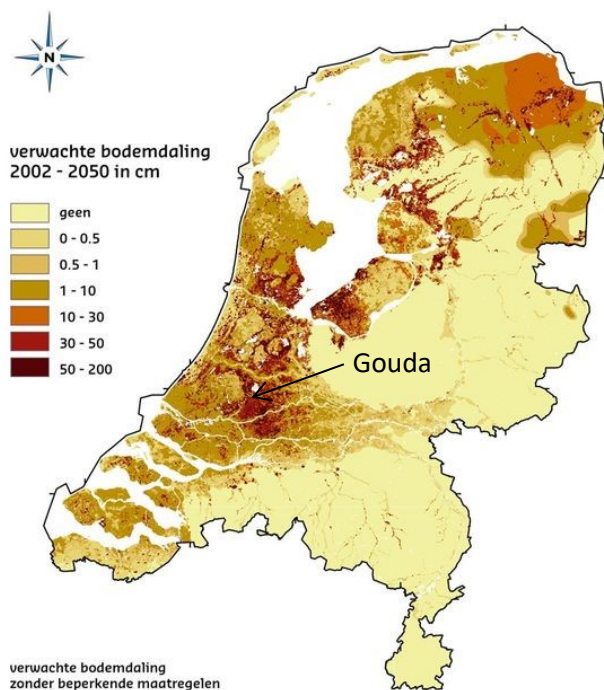
- Verbreding en verhoging van het dijkprofiel in grond
- Versterking en verhoging van de dijk met een constructie

In dit voorbeeld van een LCC-analyse wordt alleen gekeken naar de hoogteopgave.

Vaak wordt aangenomen dat een ontwerp van groene dijken met een levensduur van 50 jaar tot een doelmatige oplossing leidt. In HWBP-2 was dit een bijna vaststaand uitgangspunt. Als er geen ruimte is voor verbreding van de dijk werd voor constructieve oplossingen een levensduur van 100 jaar aangenomen. Het project Verbetering IJsseldijk Gouda (VIJG) was in de periode van 2008-2012 met de aannames van HWBP-2 uitgewerkt.

In 2013 werd echter het principe van Life Cycle Costing (LCC) ingevoerd in het HWBP. Er werd een her-verkenning uitgevoerd om te onderzoeken of het oude VKA uit 2012 nog het meest doelmatige alternatief was op basis van de nieuwe uitgangspunten. In het project is onderzocht of het doelmatig is om kort-cyclisch te versterken: met kortere levensduur dan 50 jaar. Dit kan efficiënt zijn vanwege de aanzienlijke bodemdaling door de slappe ondergrond in deze regio. Op de kruin van de dijk bevindt zich een weg. In de gemeente Gouda is het gebruikelijk om wegen iedere 10 jaar te onderhouden vanwege de grote zettingsverschillen die schade aan het wegdek veroorzaken. Voor regionale keringen is Rijnland gewend te werken met beperkte ophogingen (en dus met kortere levensduur) om grote zettingen en grote impact op de omgeving te voorkomen.

Bovendien werd het principe van adaptief ontwerpen ingevoerd. Dit betekent dat er bij het ontwerpen rekening wordt gehouden met mogelijke toekomstige veranderingen. In dit geval werd onderzocht in hoeverre klimaatveranderingen en ingrepen in het hoofwatersysteem de hoogte-opgave in de toekomst beïnvloeden.



Figuur 1: bodemdaling¹

3. Stap 0: wat is beslisvraag?

In dit voorbeeld ligt de focus op de afweging en besluitvorming van kansrijke varianten in de verkenning) die de hoogte-opgave oplossen voor twee dijkvakken: de Goejanverwelledijk en de Schielands Hoge Zeedijk in Gouda. Er is gekozen om in dit voorbeeld alleen de hoogteopgave op te lossen en in de verkenningfase zijn er drie kansrijke varianten geïdentificeerd:

1. Traditioneel, "lang-cyclisch" verhogen (50 jaar)
2. Kort-cyclisch verhogen (10-25 jaar)
3. Toepassing van een gefundeerde constructie

Voor dit voorbeeld is de volgende beslisvraag geformuleerd: welke van de drie varianten is het meest doelmatig vanuit economische overwegingen?

4. Stap 1 Start: basisinformatie op orde, opgave en kansen in beeld

4.1 Traditionele uitgangspunten

Uit metingen in de afgelopen decennia is gebleken dat de bodemdaling van de kruin ca. 10-12mm per jaar bedraagt. Dit betekent dat een dijkversterking voor 50 jaar al rekening moet houden met een extra hoogte van 50-60cm ten opzichte van de "Hydraulisch Belasting Niveau" (HBN). Zo'n extra ophoging betekent extra belasting op de ondergrond die extra zetting veroorzaakt. Daarom moet de ophoging met een toeslag van 50-60% worden vergroot om de kruin aan de HBN te laten voldoen voor de aangenomen levensduur. In 2012 was daarom een concept VKA voorbereid waarin werd uitgegaan van een kruinverhoging van 80cm bij een levensduur van 50 jaar. Daarnaast speelde nog een hoogte-opgave van ca. 0,5m vanwege Hydraulische Randvoorwaarden op basis van het toen geldende instrumentarium (HR2006). Deze hoogteopgave betekende een forse opgave in de stad, o.a. vanwege het met 1,3m verhogen van aansluitende infrastructuur zoals de Haastrechtsebrug, de wethouder Poletbrug, de kruisingen met Fluwelensingel, Oosthaven, Westhaven en Buurtje op de Goejanverwelledijk. Op de Schielands Hoge Zeedijk speelden er aansluitingen van toegangen naar bedrijven op het voorland.

¹ Bron: bodemdalingskaart.nl

4.2. De nieuwe aanpak: adaptief, HR

Met de uitgangspunten van het nieuwe HWBP kwam er een nieuw inzicht in het project. Waterschappen krijgen een stem in het vaststellen van de HR. Er is overleg gestart met Rijkswaterstaat over de faalkans van de Hollandse IJsselkering (HIJK) over een realistisch scenario voor verbetering van die kering zodat de hoogteopgave in Gouda daar mee in verhouding kwam. HHR kreeg het model Hydra-BS beschikbaar om zelf te (laten) analyseren wat daarvan de impact is.



Figuur 2. Overzicht van de negen representatieve locaties.

Schielands Hoge zeedijk: locatie 4, kruinhoogte: NAP+4,25m
Goejanverwelledijk: locatie 7, kruinhoogte: NAP+4,19m

In het model werden voor negen representatieve locaties een aantal zaken onderzocht:

- Het combineren van windrichting voor opwaaiing van de Hollandse IJssel naar het noordoosten met de bijbehorende richting van golfoploop,
- Aanpassingen van de vorm van de dijk (kademuur) die van invloed is op de golfoploop,
- Varianten voor de omvang van golfoverslag: 1 l/s/m – 10 l/s/m,
- Varianten voor de “onzekerheidstoeslag” van het model.
- Varianten voor mogelijke verbetering van de HIJK.

De twee eerstgenoemde verbetering van het model zijn sowieso doorgevoerd.

De variant met 10 l/s/m mét onzekerheidstoeslag (0,3m) bleek ongeveer gelijk aan de variant met 1 l/s/m. Deze resultaten op basis van 1 l/s/m zonder onzekerheidstoeslag zijn gehanteerd voor het ontwerp.

Bij het verbeteren van de HIJK van de actuele faalkans van 1:47 per sluiting naar een faalkans 1:200, de hoogte opgave (HBN t.o.v. kruinhoogte) in Gouda beperkt werd tot een opgave van max. ca. 12cm over een afstand van ca. 100m van de Goejanverwelledijk. De kruin van de Schielandse Hoge zeedijk bleek daarbij zelfs 30cm overhoogte te hebben.

Daarom werd afgesproken dat in de waterwet in 2017 een faalkans van 1:200 werd opgenomen. Rijkswaterstaat heeft maatregelen getroffen om hieraan te voldoen, o.a. een verlegging van de elektrische voedingskabel naar het complex, die voorheen onder de Algerabrug hing.

De waterstandstijging in de HBN bij Gouda door klimaatinvloeden bedraagt tot 2050 ca. 2mm per jaar. Er is afgesproken met RWS dat uiterlijk in 2050 de HIJK opnieuw wordt verbeterd tot een faalkans van max. 1:500. De HBN wordt daarmee in 2050 verlaagd tot een niveau waarmee de IJsseldijk een verlengde levensduur op kruinhoogte krijgt.

Op deze manier kan voortschrijdend inzicht in de invloed van klimaatverandering op een adaptieve manier worden meegenomen om met toekomstige maatregelen de dijk op hoogte te houden: mogelijk kan de HIJK nog verder worden verbeterd, maar het is ook mogelijk dat de Goejanverwelledijk en/of

Schielandse Hoge Zeedijk alsnog enkele decimeters moeten worden verhoogd als dat niet afdoende blijkt te zijn.

Herhalingstijd	Waterstandstatistiek huidige situatie (m+NAP)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1000	2.91	2.91	2.91	2.91	2.99	2.99	3.02	3.04	3.04
1250	2.93	2.93	2.93	2.93	3.00	3.00	3.04	3.05	3.05
2000	2.97	2.97	2.97	2.97	3.04	3.04	3.08	3.09	3.09
4000	3.03	3.03	3.03	3.03	3.10	3.10	3.13	3.15	3.15
10000	3.13	3.13	3.13	3.13	3.19	3.19	3.22	3.23	3.23
15000	3.17	3.17	3.17	3.17	3.23	3.23	3.25	3.27	3.27
20000	3.20	3.20	3.20	3.20	3.26	3.26	3.28	3.30	3.30
30000	3.23	3.23	3.23	3.23	3.29	3.29	3.31	3.33	3.33
50000	3.29	3.29	3.29	3.29	3.34	3.34	3.37	3.39	3.39
62500	3.31	3.31	3.31	3.31	3.37	3.37	3.39	3.41	3.41
100000	3.35	3.35	3.35	3.35	3.41	3.41	3.43	3.46	3.46
125000	3.38	3.38	3.38	3.38	3.44	3.44	3.46	3.48	3.48
150000	3.39	3.39	3.39	3.39	3.46	3.46	3.48	3.50	3.50

Tabel 2: Resultaten HydraBS waterstandstatistiek huidige situatie (faalkans HIJK 1:200)

Herhalingstijd	Waterstandstatistiek (m+NAP)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1000	2.92	2.92	2.92	2.92	2.99	2.99	3.03	3.06	3.06
1250	2.94	2.94	2.94	2.94	3.01	3.01	3.04	3.08	3.08
2000	2.98	2.98	2.98	2.98	3.04	3.04	3.07	3.11	3.11
4000	3.04	3.04	3.04	3.04	3.10	3.10	3.12	3.16	3.16
10000	3.14	3.14	3.14	3.14	3.18	3.18	3.20	3.23	3.23
15000	3.18	3.18	3.18	3.18	3.22	3.22	3.24	3.27	3.27
20000	3.21	3.21	3.21	3.21	3.25	3.25	3.26	3.30	3.30
50000	3.29	3.29	3.29	3.29	3.34	3.34	3.35	3.39	3.39
62500	3.31	3.31	3.31	3.31	3.36	3.36	3.37	3.41	3.41
100000	3.35	3.35	3.35	3.35	3.41	3.41	3.42	3.46	3.46
125000	3.37	3.37	3.37	3.37	3.43	3.43	3.44	3.49	3.49
150000	3.39	3.39	3.39	3.39	3.44	3.44	3.46	3.51	3.51

Tabel 3: Resultaten 2050, faalkans HIJK 1:500

Tabel 2. Resultaten HydraBS analyse voor terugkeertijd van 62 500 jaar.

Locatie HydraBS	Locatie	2050		2100	
		Waterstandstatistiek (m+NAP)	HBN (m+NAP)	Waterstandstatistiek (m+NAP)	HBN (m+NAP)
km03	Locatie_1	3.39	3.45	3.47	3.50
km03	Locatie_2	3.39	3.96	3.47	3.94
km03	Locatie_3	3.39	3.39	3.47	3.47
km03	Locatie_4	3.44	3.44	3.47	3.52
km02/km01	Locatie_5	3.44	3.44	3.50	3.52
km02/km01	Locatie_6	3.44	3.44	3.50	3.51
km01	Locatie_7	3.47	3.54	3.51	3.55
km01/km00	Locatie_8	3.47	3.54	3.54	3.55
km01/km00	Locatie_9	3.47	3.59	3.54	3.58

→ Schielands Hoge Zeedijk

→ Goejanverweldelijk

Tabel 4: Hydraulisch belasting niveau VIJG, 2050: faalkans HIJK 1:200 , 2100: faalkans HIJK 1:500

Inmiddels heeft er vanuit project KJK een soortgelijk analyse plaatsgevonden, waaruit de conclusie volgt dat het efficiënt is om de faalkans HIJK nog verder en sneller te verbeteren. De verwachting dat de faalkans HIJK vóór 2050 zal worden verbeterd tot maximaal 1:500 zal dus uitkomen. Dit betekent dat de levensduur van de dijken in Gouda verder zal toenemen.

5. Stap 2, Analyse

In het algemeen hebben “groene” dijken lagere aanlegkosten, maar hogere beheer- en onderhoudskosten dan dijken met een constructie zoals een damwand of kade.

Daarbij kunnen groene dijken voor langere (bv. 50 jaar) of kortere (bv. 10 of 25 jaar) termijn worden opgehoogd. Dijken met constructieve elementen worden meestal zo uitgevoerd dat ze zijn gefundeerd op het onderliggende zandpakket.

Als voorbeeld werken we drie situaties uit:

1. Situatie Schielands hoge Zeedijk
2. Situatie Goejanverwelledijk
3. Fictief voorbeeld: Schielands hoge Zeedijk met HBN conform Goejanverwelledijk

De constructie heeft vaak twee functies: borging stabiliteit en borging hoogte. Deze functies kunnen ook met afzonderlijke constructies worden geborgd. De stabiliteitsopgave is in dit project op een andere manier opgelost:

- Bij de Goejanverwelledijk door het aanbrengen van Mixed in Place panelen (MIP-CSM). Deze panelen zijn haaks op de dijkas geplaatst en ze zijn niet gefundeerd op de diepe zandlaag.
- Bij de Schielandse Hoge Zeedijk is de binnenwaarste stabiliteitsopgave opgelost met een grondaanvulling waarmee het binnentalud is verflauwd.

De hoogte opgave kan worden opgelost door een betonbalk (kade) langs de kruin aan te brengen. Deze balk wordt gefundeerd op palen en zakt dus niet mee met de kruin. De balk is zo hoog (>1,3m) dat de kruin langs de balk kan wegzakken zonder dat er een kier onder de balk ontstaat. Als de gemeente de weg nooit zou ophogen zou er een keerwand op de kruin ontstaan. In werkelijkheid zal de gemeente de weg zodanig blijven onderhouden en ophogen dat aansluitingen van aansluitende wegen en toegangen goed kunnen blijven functioneren.

Voor de hoogteopgave onderscheiden we nu drie varianten:

Schielands hoge zeedijk	Variant 1: versterken met grond, levensduur 50 jaar	Variant 2: versterken met grond, levensduur 25 jaar (kortcyclisch)	Variant 3: Constructie in dijk, levensduur 100 jaar
HBN		NAP+3.51	NAP+3.51
Kruinverhoging ivm levensduur	50 jaar x 11 mm: 0.55m	25 jaar x 11 mm + 60%: 0.28m	n.v.t. (gefundeerde constructie)
aanleghoogte	NAP+4.06m	NAP+3.79m	NAP+3.51m

Tabel 5: varianten aanleghoogte kruin Schielands Hoge Zeedijk

Goejanverwelledijk	Variant 1: versterken met grond, levensduur 50 jaar	Variant 2: versterken met grond, levensduur 25 jaar (kortcyclisch)	Variant 3: Constructie in dijk, levensduur 100 jaar
HBN		NAP+4.20	NAP+4.20
Kruinverhoging ivm levensduur	50 jaar x 11 mm + 60%: 0.88m	10 jaar x 11 mm + 60%: 0.18m	n.v.t. (gefundeerde constructie)
aanleghoogte	NAP+5.08m	NAP+4.38m	NAP+4.20m

Tabel 6: varianten aanleghoogte kruin Goejanverwelledijk en fictief voorbeeld

Het beheer en onderhoud kan zoals Tabel 7 aangegeven uit verschillende werkzaamheden bestaan.

	Groene dijk, levensduur 50 jaar	Groene dijk, levensduur 25 jaar (kort-cyclisch)	Constructie in dijk, levensduur 100 jaar
Beheer	Borging goede staat met legger, vergunningen, inspecties, etc. 12-jaarlijks beoordelen	Idem 50 jaar. Wellicht vaker inspectie hoogte	Idem groene dijk 50 jaar, evt. inspectie corrosie
Onderhoud	Ophogen kruin na 50 jaar Gemeentelijk onderhoud aan wegen i.v.m. zettingen grondlichaam.	Ophogen kruin na 10 jaar, afgestemd met gemeentelijk onderhoud aan wegen.	Meestal geen onderhoud voorzien. Soms instandhouding conservering (verf, KB). Vervanging constructie na 100 jaar.
Bij hoog water	-	-	-

Tabel 7: Beheer en Onderhoud kruinhoogte

De omvang en impact van het wegonderhoud is afhankelijk van de verkeersbelasting (frequentie en aslast verkeer, aantal rijstroken, etc.). Gebruik makend van de LCC-benadering kunnen de mogelijkheden voor integraal onderhoud weg- kruinhoogte inzichtelijk worden gemaakt.

Hierin zit een groot verschil tussen Goejanvervelledijk en Schielands Hoge Zeedijk.



Figuur 2: verkeerssituatie Schielands Hoge Zeedijk: eenrichtingsverkeer, 1 rijstrook



Figuur 3: Verkeerssituatie Goejanvervelledijk: tweerichtingsverkeer, beide zijden fietspad, aansluitingen infrastructuur

Het moge duidelijk zijn dat er een groot verschil is in de impact (kosten en hinder) van het verhogen van de kruin tussen de Goejanvervelledijk en de Schielands Hoge Zeedijk, zowel bij investering als bij lang- of kort-cyclische terugkerend onderhoud.

Afhankelijk van de situatie kunnen verschillende resultaten met betrekking tot de kosten en de contante waarde (CW) van varianten voorkomen:

1. Schielands Hoge Zeedijk (huidige kruinhoogte NAP+4.25)

	Variant 1	Variant 2	Variant 3
Ontwerphoogte kruin	NAP+4.06m	NAP+3.79m	NAP+3.51m
Levensduur	50 jaar	25 jaar	100 jaar
Kosten dijkversterking (hoogte)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Kosten aansluitingen infrastructuur	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Onderhoudskosten 1x ophoging kruin	€ 1.125 / m (jaar 2080, 2130) ²	€ 750 / m (jaar 2080, 2105, 2130)	€ 2.250 (jaar 2080, 2180)

We zien dat in deze variant er na de nadere analyse van de veiligheidsopgave geen hoogte-opgave meer is. De hoogte-opgave is dus niet subsidiabel in het HWBP. Het is aan de beheerder om zelf vast te stellen wanneer en hoe onderhoud het meest doelmatig kan worden uitgevoerd.

$HBN_{2100} = NAP+3,51$. Huidige overhoogte is dus: $4,25-3,51 = 0,74m$.

Restlevensduur is dus ca. $740/11mm = 67$ jaar. Uitgangspunt: 2015, dus in theorie zal ca. in 2080 pas de dijk moeten worden opgehoogd. Inmiddels is voortschrijdend inzicht: de faalkans van de Hollandse IJsselkering zal verder worden verhoogd dan eerder aangenomen. Dit betekent dat de levensduur van de kruinhoogte nog verder wordt verlengd. Dit voorbeeld is daarom niet verder uitgewerkt.

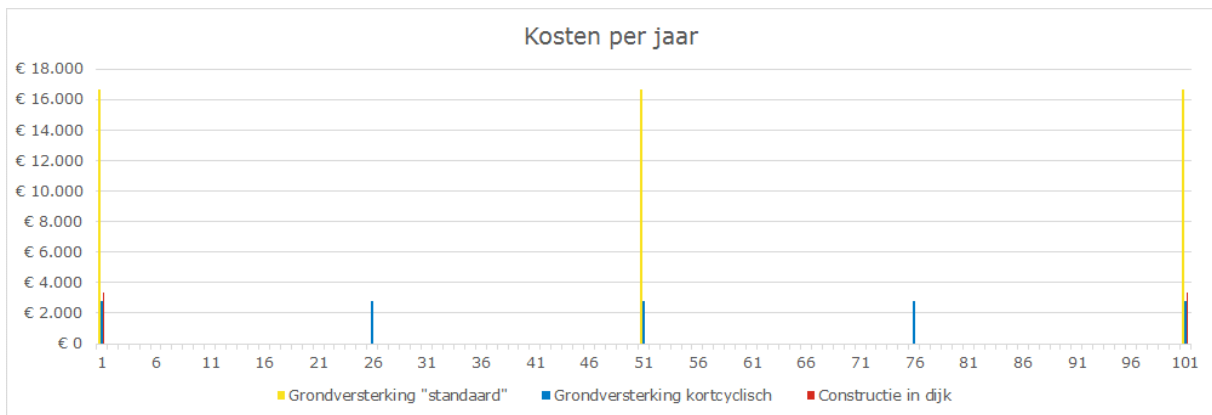
2. Goejanverwelledijk (huidige kruinhoogte NAP+4,19)

	Variant 1	Variant 2	Variant 3
Ontwerphoogte kruin	NAP+5.08	NAP+4.38m	NAP+4.20m
Levensduur	50 jaar	25 jaar	100 jaar
Kosten dijkversterking (hoogte) 2015	€ 2.700 / m	€ 1.800 / m	€ 3.375 / m
Kosten aansluitingen infrastructuur	€ 14.000 / m ³	€ 1.000 / m	Nihil
onderhoudskosten 1x ophoging kruin	€ 2.700 / m 2065, 2115	€ 1.800 / m 2040, 2065, 2090, 2115	€ 3.375 2115

Variant	Kostenpost	Investering [€/m]	Instandhouding (NCW) [€/m]	Cash flow (cum) [€/m]	LCC (NCW) [€/m]
1: Grondversterking "standaard"	Dijkversterking	2.700	1.772	8.100	4.472
	Infrastructuur	14.000	9.193	42.000	23.193
	Totaal	16.700	10.966	50.100	27.666
2: Grondversterking Kort-cyclisch	Dijkversterking	1.800	2.939	9.000	4.740
	Infrastructuur	1.000	1.633	5.000	2.633
	Totaal	2.800	4.573	14.000	7.373
3: Constructie in dijk	Dijkversterking	3.375	690	6.750	4.065
	Infrastructuur	0	0	0	0
	Totaal	3.375	690	6.750	4.065

² p.m. kosten zijn prijzen per m1 dijkstrekking, op basis van kostenkennallen long term asset planning (LTAP), HHR.

³ Bron: kostenraming aansluiting Haastrechtse Brug en Fluwelensingel, 2011.

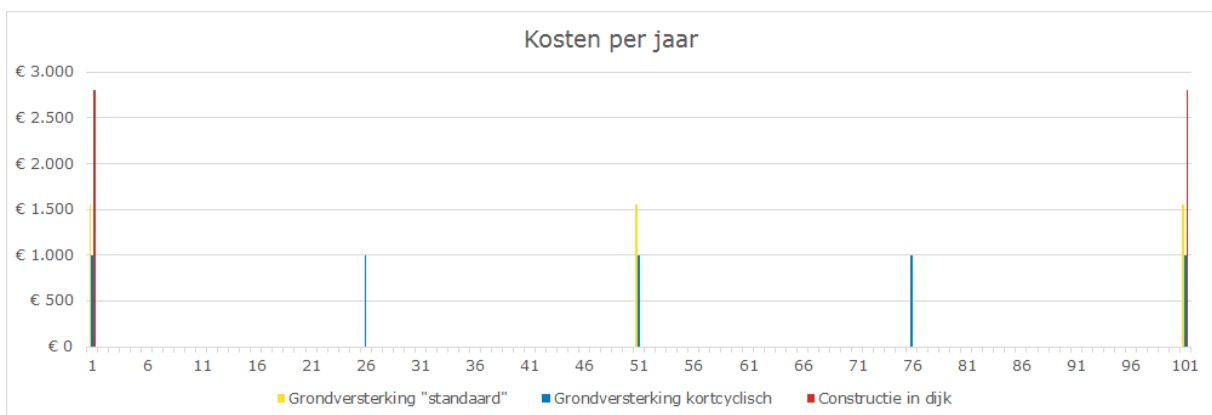


3. Fictief voorbeeld

(Huidige geometrie een rijstrook, situatie conform Schielands Hoge Zeedijk, HR conform Goejanverwelledijk)

	Variant 1	Variant 2	Variant 3
Ontwerphoogte kruin	NAP+5.08	NAP+4.38m	NAP+4.20m
Levensduur	50 jaar	25 jaar	100 jaar
Kosten dijkversterking (hoogte) 2015	€ 1.350 / m	€ 900 / m	€ 2.800 / m
Kosten aansluitingen infrastructuur	€ 200 / m	€ 100 / m	n.v.t.
onderhoudskosten 1x ophoging kruin	€ 1.125 / m 2065, 2115	€ 750 / m 2040, 2065, 2080, 2115	€ 2.400 2115

Variant	Kostenpost	Investering [€/m]	Instandhouding (NCW) [€/m]	Cash flow (cum) [€/m]	LCC (NCW) [€/m]
1: Grondversterking "standaard"	Dijkversterking	1.350	887	4.050	2.237
	Infrastructuur	200	131	600	331
	Totaal	1.550	1.018	4.650	2.568
2: Grondversterking Kort-cyclisch	Dijkversterking	900	1470	4.500	2.370
	Infrastructuur	100	163	500	263
	Totaal	1.000	1.633	5.000	2.633
3: Constructie in dijk	Dijkversterking	2.800	573	5.600	3.373
	Infrastructuur	0	0	0	0
	Totaal	2.800	573	5.600	3.373



6. Stap 3, Beoordeling

We bekijken twee alternatieve scenario's:

1. kosten +/- 50%
2. levensduur +/- 10%

1. Goejanverwelledijk

Variant	Kostenpost	LCC (NCW) [€/m]	Scenario 1: LCC bij kosten (NCW) [€/m]		Scenario 2: LCC bij levensduur (NCW) [€/m]	
			-50%	+50%	-20%	+20%
1: Grondversterking "standaard"	Dijkversterking	4.472	2.236	6.709	4.889	3.742
	Infrastructuur	23.193	11.597	34.790	25.352	19.401
	Totaal	27.666	13.833	41.499	30.241	23.143
2: Grondversterking Kort-cyclisch	Dijkversterking	4.740	2.370	7.110	5.633	4.044
	Infrastructuur	2.633	1.317	3.950	3.129	2.246
	Totaal	7.373	3.687	11.060	8.762	6.290
3: Constructie in dijk	Dijkversterking	4.065	2.033	6.098	4.323	4.065
	Infrastructuur	0	0	0	0	0
	Totaal	4.065	2.033	6.098	4.323	4.065

2. Fictief voorbeeld

Variant	Kostenpost	LCC (NCW) [€/m]	Scenario 1: LCC bij kosten (NCW) [€/m]		Scenario 2: LCC bij levensduur (NCW) [€/m]	
			-50%	+50%	-20%	+20%
1: Grondversterking "standaard"	Dijkversterking	2.237	1.119	3.356	2.445	1.871
	Infrastructuur	331	166	497	362	277
	Totaal	2.568	1.284	3.852	2.807	2.148
2: Grondversterking Kort-cyclisch	Dijkversterking	2.370	1.185	3.555	2.816	2.022
	Infrastructuur	263	132	395	313	225
	Totaal	2.633	1.317	3.950	3.129	2.247
3: Constructie in dijk	Dijkversterking	3.373	1.687	5.060	3.586	3.373
	Infrastructuur	0	0	0	0	0
	Totaal	3.373	1.687	5.060	3.586	3.373

Uit deze analyse blijkt dat de meest doelmatige variant stabiel is in de verschillende scenario's en situaties. In het fictief voorbeeld blijkt dat het verschil tussen variant 1 en 2 in alle scenario's vrij gering is.

7. Stap 4, Besluit

De laatste stap bestaat uit het besluit, ofwel de beantwoording van de beslisvraag.

De beslisvraag was als volgt geformuleerd: welke van de drie varianten is het meest doelmatig vanuit economische overwegingen?

In deze case is aangetoond dat dit afhankelijk is van de situatie:

1. Bij de Goejanverwelledijk is een gefundeerde constructie met een lange levensduur van 100 jaar het meest doelmatig. Dit komt vooral doordat er kostbare aansluitingen moeten worden gerealiseerd als de hoogte van de dijk bij aanpassingen nu en in de toekomst sterk afwijkt van de huidige kruinhoogte.

2. In het fictief voorbeeld op basis van de situatie bij de Schielands Hoge Zeedijk is juist aangetoond dat het doelmatig is om “standaard” lang-cyclisch (voor 50 jaar) op hoogte te versterken.

Zicht op financiën:

1. Goejanverwelledijk

	LCC (NCW) [€/m]	Investering [€/m]	HWBP 90% investering	Waterschap 10% investering	Instandhouding (NCW) [€/m]	Totaal waterschap (NCW) [€/m]
1: Grondversterking “standaard”	27.666	16.700	15.030	1.670	10.966	12.636
2: Grondversterking Kortcyclisch	7.373	2.800	2.520	280	4.573	4.853
3: Constructie in dijk	4.065	3.375	3.038	337	690	1.027

Hier is de goedkoopste variant voor het waterschap in lijn met de meest doelmatige oplossing.

2. Fictief voorbeeld

	LCC (NCW) [€/m]	Investering [€/m]	HWBP 90% investering	Waterschap 10% investering	Instandhouding (NCW) [€/m]	Totaal waterschap (NCW) [€/m]
1: Grondversterking “standaard”	2.568	1.550	1.395	155	1.018	1.173
2: Grondversterking Kortcyclisch	2.633	1.000	900	100	1.633	1.733
3: Constructie in dijk	3.373	2.800	2520	280	573	853

In dit voorbeeld zorgt de meest doelmatige oplossing vanuit puur financieel perspectief voor hogere kosten voor het waterschap dan de minder doelmatige oplossing met een constructie in de dijk. Aangezien het verschil in NCW o.b.v. LCC voor variant 2 en variant 1 gering is zal er op overige aspecten een afweging gemaakt worden welke variant uiteindelijk als voorkeursalternatief zal worden geselecteerd.

Dit kan betekenen dat de kosten voor het HWBP ruim 1,5x hoger kunnen worden.

Reactie Rijnland (Casper de Lange, assetmanager hoogwaterveiligheid):

De uitwerking van de LCC-analyse bij zakkende kruin is herkenbaar vanuit het beeld bij regionale keringen.

Bij regionale keringen wordt geen knip gelegd tussen investeringen en beheer- en onderhoudskosten en kiest Rijnland vrijwel altijd voor kort-cyclisch versterken met beperkte kruinverhoging. Daarbij wordt gemiddeld zo'n 25 jaar vooruit gekeken. Bij de start van het regionale keringen programma (ca. 2010) is wel geprobeerd om met langere onderhoudsperiodes te versterken, o.a. in de Lisserpoelpolder en de Aderpolder. Dit zorgde echter voor zeer omvangrijke polderkeringen omdat daarmee ook de stabiliteitsopgave fors toeneemt.

Dit was ongewenst vanwege de ruimtelijke inpassing in het klassieke polderlandschap en vanwege verzet van eigenaren/agrariërs die veel weiland omgezet zagen worden in taluds en bermen.

Het was ook ongewenst vanwege de grote investeringsopgave die daardoor ontstond en duurzaam financieel beleid.

In de beschreven casus lijkt het losknippen van de hoogte- en stabiliteitsopgave tot een onderschatting van de gevolgen voor de stabiliteitsopgave te leiden. Hierdoor ontstaat er een theoretische discussie over onevenredige beheer- en onderhoudskosten, terwijl er in de praktijk geen discussie zal zijn over de keuze voor de meest doelmatige oplossing.

Het in onderhoudstermijnen ophogen van keringen op slappe bodem is overigens al een standaard onderhoudsmaatregel, zowel bij primaire als regionale keringen. Ook zonder wijziging van de norm of het instrumentarium staan waterschappen aan de lat om keringen op hoogte te houden. In de casus is niet in beeld gebracht hoeveel extra de keringen moeten worden onderhouden ten gevolge van de nieuwe norm/instrumentarium. Daarom is er ook geen sprake van grote afwijkingen in beheer- en onderhoudskosten ten opzichte van de oorspronkelijke situatie en is er geen aanleiding om subsidiëring van beheer en onderhoud te overwegen.

Er is ook niet in beeld gebracht in hoeverre de hoogte opgave ten tijde van de beoordeling werd veroorzaakt ten gevolge van eerdere zetting van de kruin. Aangezien de huidige kruinhoogte aansluit op kruisende infrastructuur lijkt hier geen sprake van achterstallig onderhoud, maar dit is wel een punt waarop getoetst zou kunnen worden.