

Opdrachtgever: **Waterschap Rivierenland**

Uitwerking Innovatie Kruinhoogte

Aanvullende oplossingen op het buitentalud ter verlaging van
de benodigde kruinhoogte op het traject Waardenburg - Tiel



Opdrachtgever: **Waterschap Rivierenland**

Uitwerking Innovatie Kruinhoogte

Optie Buitenberm
Traject Waardenburg - Tiel



Auteurs

Gerbert Pleijter
Jakolien Leenders
Wouter ter Horst

Inhoud

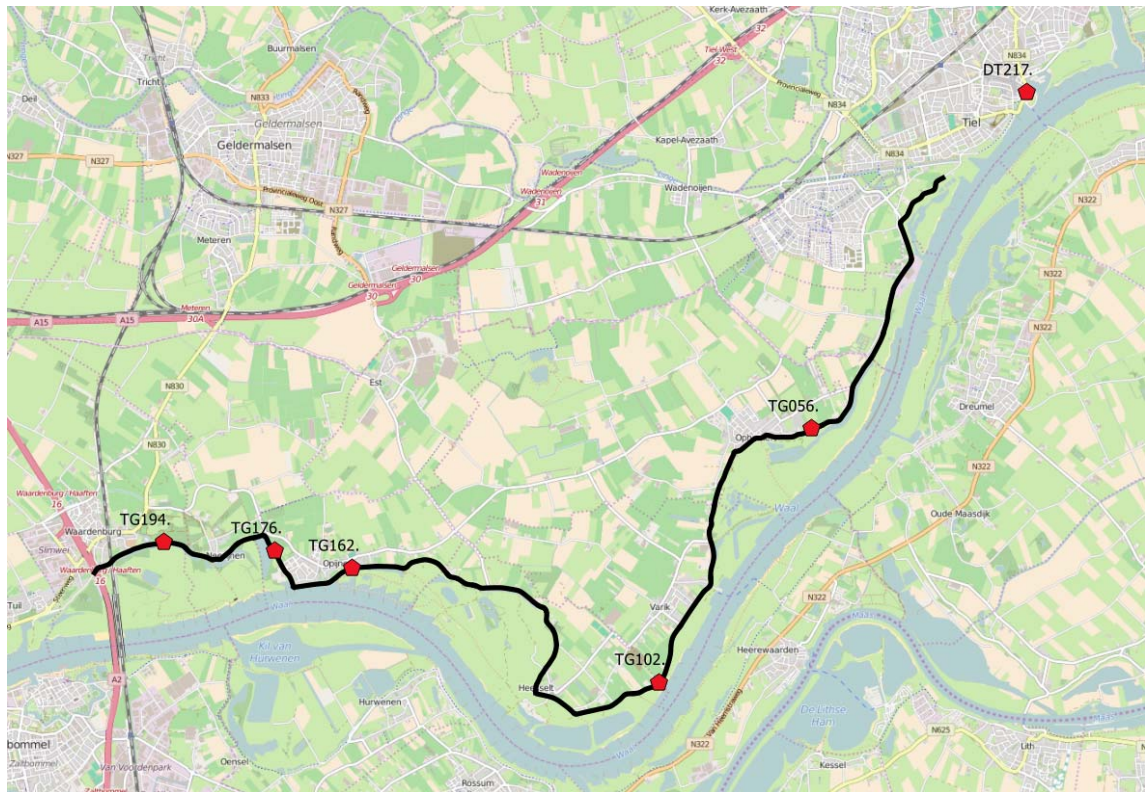
1	Inleiding	3
1.1	Aanleiding tot het project	3
1.2	Doelstelling	4
1.3	Leeswijzer	4
2	Aanpak en Uitgangspunten	5
2.1	Type oplossingen	5
2.2	Werkwijze en uitgangspunten bij bepaling van de benodigde kruinhoogte	7
2.3	Kosteninschatting	8
2.3.1	KOSWAT	8
2.3.2	Kosteninschatting	10
3	Verlaging benodigde kruinhoogte	11
3.2	Centrum Tiel - Dijkpaal DT217	11
3.3	Ophemert - Dijkpaal TG056	13
3.4	Varik - Dijkpaal TG102	14
3.5	Opijnen Oost - Dijkpaal TG162	15
3.6	Opijnen West - Dijkpaal TG176	16
3.7	Waardenburg - Dijkpaal TG194	17
3.8	Effect Hoogwatergeul Varik – Heesselt	18
4	Kosteninschatting	20
5	Conclusies en aanbevelingen	21
5.1	Conclusies over de verlaging van de benodigde kruinhoogte	21
5.2	Conclusies ten aanzien van de kosten van de innovatieve oplossingen op het buitentalud	21
5.3	Aanbevelingen	22
6	Referenties	23

1 Inleiding

1.1 Aanleiding tot het project

Op dit moment zijn langs de Waal verschillende dijktrajecten afgekeurd. Deze worden daarom de komende tijd versterkt binnen het HWBP. De verhoging van kruin van de dijk kan lager uitvallen als aanvullende oplossingen worden toegepast. Voor het traject Waardenburg-Tiel (Figuur 1) heeft het waterschap Rivierenland verschillende maatregelen onderzocht als alternatief voor of als aanvulling op een traditionele dijkverhoging. In juli 2015 heeft HKV een rapportage opgeleverd waarin voor alternatief "berm buitentalud" en "aanpassen faalkansbegroting" een eerste uitwerking is gedaan (Project Innovatie Kruinhoogte - HKV, 2015a).

In het huidige project zijn 'innovatieve oplossingen' op het buitentalud verder uitgewerkt. Om een beeld te krijgen van het effect deze oplossingen op de benodigde kruinhoogte zijn zes locaties tussen Tiel en Waardenburg beschouwd (Figuur 1). Van de beschouwde locaties bestaan er vijf uit een groene dijk, namelijk bij de dijkpalen TG056, TG102, TG162, TG170 en TG194. Deze profielen liggen binnen het HWBP project Tiel – Waardenburg. Daarnaast bevindt één profiel zich in het stadshart van Tiel (bij dijkpaal DT219). Het profiel in het stadshart van Tiel is genomen ter hoogte van de Waalstraat. Het stadshart van Tiel behoort niet tot het HWBP project Tiel - Waardenburg.



Figuur 1: HWBP project Waardenburg – Tiel (zwarte lijn) en de analyse locaties in deze studie (rode punten).

1.2 Doelstelling

In voorliggende analyse worden de volgende twee hoofdvragen beantwoord:

1. Hoe groot is de verlaging van de benodigde kruinhoogte bij aanleg van een buitenberm, breuksteenbekleding op het bestaande talud of combinatie daarvan?
2. Wat zijn de aanlegkosten van een buitenberm, breuksteenbekleding op het buitentalud of combinatie daarvan?

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de aanpak van deze studie. Het effect van de buitenberm en breuksteenbekleding op het hydraulisch belastingniveau wordt beschreven in Hoofdstuk 3. De kosten van de innovatieve oplossingen worden beschreven in Hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 geeft de conclusies en aanbevelingen.

2 Aanpak en Uitgangspunten

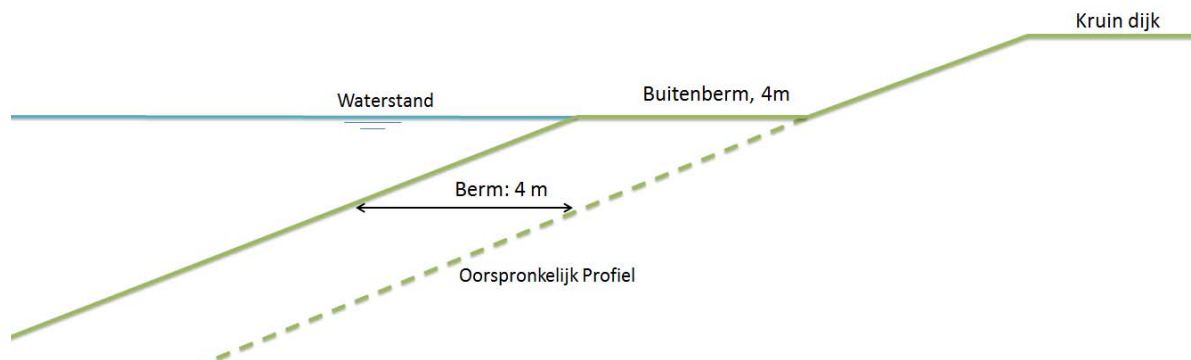
2.1 Type oplossingen

In deze studie wordt de potentie van vier oplossingen geanalyseerd hoogteopgave van te verkleinen of op te lossen. Dit zijn:

1. Aanleg van een buitenberm (4 meter breed);
2. Aanleg van een brede buitenberm (8 meter breed);
3. Aanleg van een bekleding van breuksteen op het buitentalud;
4. Aanleg van een brede buitenberm in combinatie met een bekleding van breuksteen op het buitentalud.

1. Aanleg van een buitenberm

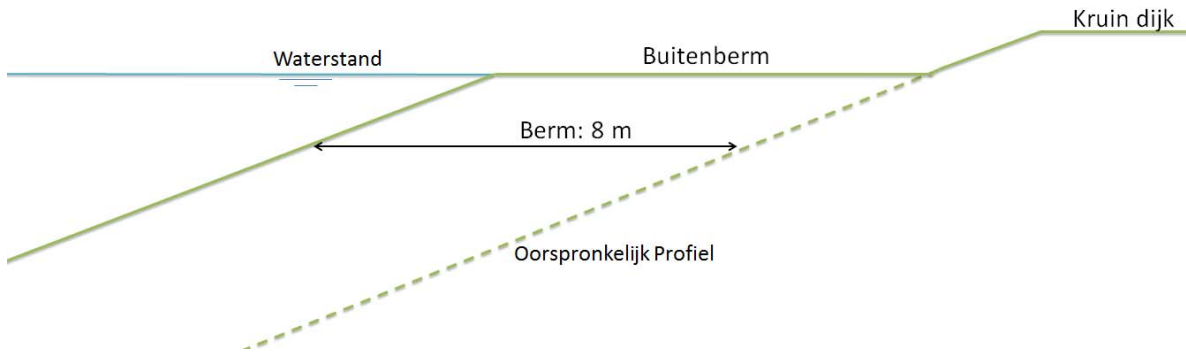
Een buitenberm is een grondlichaam aan de buitenzijde van de dijk waarvan de hoogte gelijk is aan de waterstand bij de norm (Figuur 2). Door de aanleg van een buitenberm breken de golven. De golfaanval op de dijk wordt hierdoor lager wat leidt tot een afname van de benodigde dijkhoogte. In deze studie is gekozen voor een breedte van de buitenberm van 4m. Dit is breed genoeg om de golven te breken en om kleinschalige infrastructuur (zoals de aanleg van een fietspad) mogelijk te maken. Een impressie van de buitenberm is weergegeven in Figuur 2, in Hoofdstuk 3 is het ruimtebeslag per locatie uitgewerkt.



Figuur 2: Visualisatie Buitenberm (oplossing 1)

2. Aanleg van een brede buitenberm

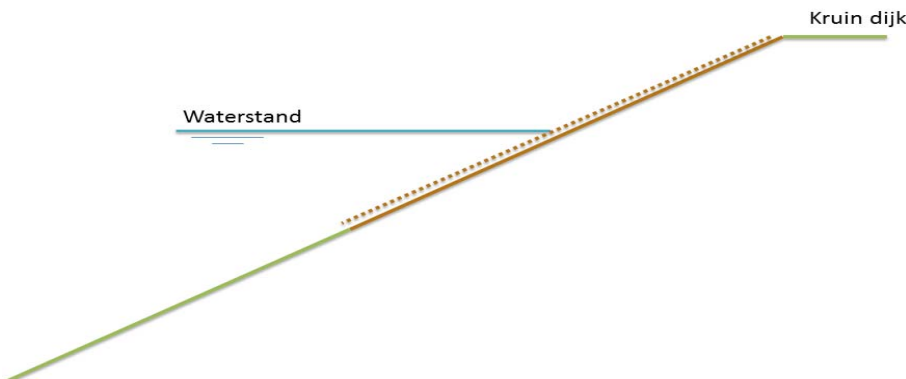
De brede buitenberm wordt aangelegd volgens het zelfde principe als een 'normale' buitenberm. In geval van een brede buitenberm is deze niet 4 meter, maar 8 meter breed (Figuur 3). Hierdoor worden golven verder gereduceerd en is meer ruimte voor infrastructuur. Een impressie van de buitenberm is weergegeven in Figuur 3, in Hoofdstuk 3 is het ruimtebeslag per locatie uitgewerkt.



Figuur 3: Visualisatie Brede Buitenberm (oplossing 2)

3. Breuksteen op het buitentalud

Door op het buitentalud een ruwere bekleding aan te brengen wordt golfoploop/ golfoverslag en dus de benodigde kruinhoogte verlaagd. In deze studie analyseren we het potentieel van een ruwer buitentalud door het toepassen van breuksteen. In dit geval wordt één laag breuksteen geplaatst op het buitentalud (Figuur 4). De breuksteen wordt aangelegd tot ongeveer 2x de golfhoogte onder de waterstand bij de norm zodat de teen van de breuksteenbekleding niet weg kan slaan. De bekleding wordt opgetrokken tot de buitenkruinlijn. Een impressie van een breuksteenbekleding op het buitentalud is weergegeven in Figuur 5, in Hoofdstuk 3 is het ruimtebeslag per locatie uitgewerkt.



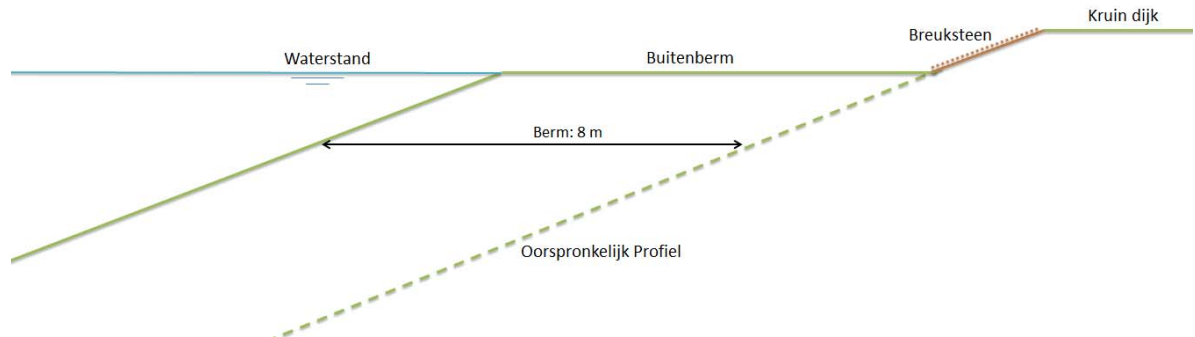
Figuur 4: Visualisatie oplossing: breuksteenbekleding (oplossing 3)



Figuur 5: Voorbeeld van breuksteen op de dijk.

4. Aanleg van brede buitenberm en aanpassing van de bekleding op het buitentalud

In de laatste combinatie wordt zowel een buitenberm aangelegd als de bekleding aangepast. Twee oplossingen om de kruinhoogte te verlagen worden dan gecombineerd (Figuur 6). De enkele laag breuksteen wordt alleen aangebracht boven de berm (van einde berm tot de buitenkruinlijn). Een impressie van de buitenberm is weergegeven in Figuur 6, in Hoofdstuk 3 is het ruimtebeslag per locatie uitgewerkt.



Figuur 6: Visualisatie combinatie brede buitenberm en breuksteen, waarbij breuksteen is weergegeven als de bruine lijn (oplossing 4).

2.2 Werkwijze en uitgangspunten bij bepaling van de benodigde kruinhoogte

Het effect van de beschreven oplossingen op (de verlaging van) de benodigde kruinhoogte wordt bepaald door de benodigde kruinhoogte in de situatie met en zonder aanvullende oplossing te berekenen. Deze twee resultaten worden vervolgens vergeleken om het effect van de oplossing op de kruinhoogte te bepalen. Het gehanteerde zichtjaar is 2075. Hydra-Zoet versie 1.6.3 is gebruikt om het HBN te bepalen. Het HBN wordt gehanteerd als maat voor de minimaal benodigde kruinhoogte.

In 2015 zijn de hydraulische randvoorwaarden afgeleid voor het traject Gorinchem – Waardenburg (GoWa) en Waardenburg – Tiel (TiWa) (Maaskant en Horn, 2015). De uitgangspunten voor het bepalen van de kruinhoogte in deze studie komen overeen met afleiding van de Hydraulische Randvoorwaarden uit deze voorgaande studie. Het HBN in de referentiesituatie van deze studie (zonder toepassing van aanvullende oplossingen) is gelijk aan het HBN in Maaskant en Horn (2015). In het kort zijn de uitgangspunten:

- Werkwijze conform het OI2014 – versie 3 (RWS – WVL, 2014) en werkwijze bepaling Hydraulische Randvoorwaarden voor HWBP Projecten (Deltares, 2015);
- De signaalwaarde van de norm is 1:30.000 per jaar, de maximaal toelaatbare overstromingskans is 1:10.000 per jaar;
- Toepassing van de standaard faalkansbegroting en een onzekerheidstoets van 0,3 m (RWS – WVL, 2014);
- Zichtjaar 2075 op basis van interpolatie tussen 2050 en 2100. Klimaatscenario W+;
- De afvoerstatistiek bij Lobith is bepaald met het GRADE neerslag-afvoer model (zoals toegeleverd door RWS – WVL);
- Een maximaal toelaatbaar overslagdebiet van 5 l/s/m.
- Database Fysica volgens de uitgangspunten van het Deltaprogramma Rivieren. Dit is inclusief alle uitgevoerde Ruimte voor de Rivier projecten en inclusief aanpassing van de afvoerverdeling op de Pannerdensch Kop (voor de situatie 2050 en 2100), maar exclusief

mogelijke maatregelen uit de Voorkeursstrategie 2050 of 2100. De uitvoerpunten van de database liggen om de 100 meter;

- De dijkprofielen (buitentalud) zijn overgenomen uit Maaskant en Horn (2015). Dit zijn werkelijke profielen op basis van toelevering door Waterschap Rivierenland (voor de dijkpalen beginnend met TG); Het profiel DT2017 komt overeen met het profiel zoals in VNK2 gebruikt is voor het dijkvak 43.DT213.TG000. Het binnentalud is voor alle vakken overgenomen uit de AHN meting van VNK2.

De aanvullende oplossingen in deze studie zijn een buitenberm, aanleg van steenbekleding op het buitentalud of een combinatie daarvan. Hiervoor worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De hoogte van de berm is gelijk aan het waterstandsniveau in 2075 bij de maximaal toelaatbare overstromingskans;
- De berm wordt horizontaal aangelegd¹;
- Het talud boven en beneden de berm is gelijk aan het oorspronkelijke profiel;
- Het ruwheidscoëfficiënt voor een enkele laag breuksteen is 0.7;

2.3 Kosteninschatting

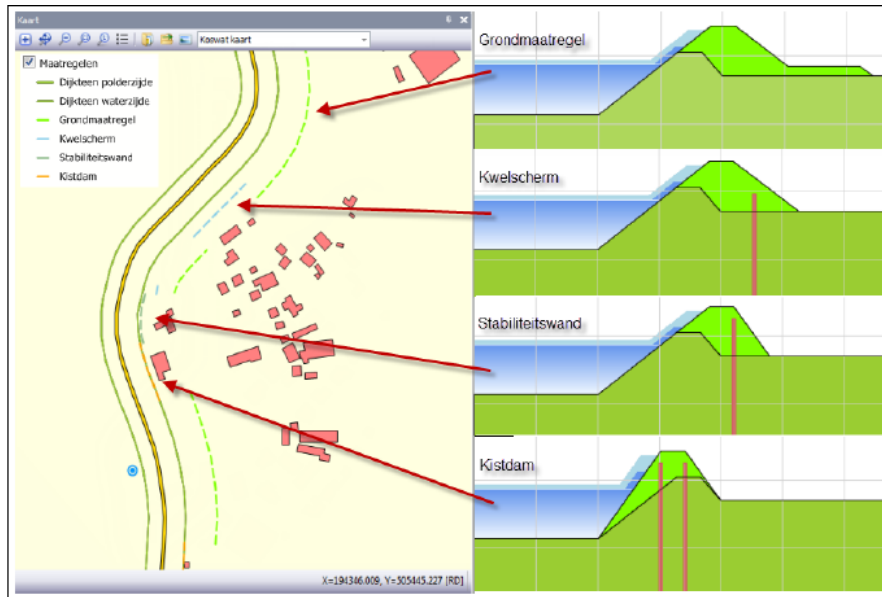
2.3.1 KOSWAT

De kosteninschatting wordt gedaan met behulp van KOSWAT (versie 2.3.1.2). KOSWAT is een instrument waarmee kosten van dijkversterking kunnen worden geraamd². In KOSWAT wordt op basis van een ruimtelijke analyse een kostenraming gemaakt. Uitgangspunt in de berekening van KOSWAT is dat bebouwing niet wordt gesloopt. In de praktijk is dit niet altijd het geval en zal hier een afweging worden gemaakt, waarbij kosten niet altijd de doorslaggevende factor zullen spelen. Als sprake is van een ruimtetekort wordt in KOSWAT de kosten bepaald op basis van een constructieve maatregel.

In eerste instantie wordt gekeken of een dijkversterking volledig gedaan kan worden met een grondmaatregel. Als er geen ruimte is voor de aanleg van de dijkversterking stapt KOSWAT over op een maatregel met een licht kwelscherm in de teen van de dijk. Wanneer ook hier geen ruimte voor is, wordt een stabiliteitswand in de grond toegepast. Wanneer de dijk volledig ingeklemd ligt tussen bebouwing en deze feitelijk alleen recht omhoog kan, wordt gekozen voor een kistdam.

¹ De berm bij het profiel bij TG194 is geschematiseerd onder een flauwe helling vanwege numerieke instabiliteit in PC-Overslag.

² Beschrijving samengevat uit Handleiding KOSWAT versie 2.3



Figuur 7: Voorbeeld berekende versterkingsmaatregel op basis van KOSWAT (Figuur 1.2 uit Handleiding).

Naast deze maatregelen zijn nog 3 constructieve maatregelen die in KOSWAT worden bepaald (eenvoudig, normaal, complex). Deze maatregelen worden toegepast op plaatsen met een constructieve uitgangssituatie. Op deze plaatsen worden de kosten berekend door middel van een factor die gekoppeld is aan de kosten voor een kistdam oplossing.

KOSWAT maakt gebruik van de SSK systematiek (Standaard Systematiek voor Kostenraming in de GWW-sector). Met behulp van KOSWAT kan een raming worden gemaakt van de investeringskosten. KOSWAT doet dit door bij een bepaald dijkontwerp hoeveelheden te vermenigvuldigen met eenheidsprijzen en opslagfactoren.

Uitgangspunt in de kostenberekeningen is dat de kosten van versterking van het buitentalud met een grondmaatregel gelijk zijn aan de kosten van versterkingsmaatregel aan de binnenzijde van het talud, bij gelijk volume van de versterking. De kostenberekeningen zijn gebaseerd op eenheidskosten van KOSWAT. Voor het traject Waardenburg-Tiel is een standaardberekening van KOSWAT uitgevoerd. Dit betekent:

- De standaard rekeningstellingen van systeemaannamen en eenheidskosten die in KOSWAT zijn opgenomen zijn gebruikt. De eenheidskosten zijn afkomstig van het Expertisecentrum Kosten en Baten (ECK-B) van het Deltaprogramma van Rijkswaterstaat Dienst Infrastructuur.
- De berekening is uitgevoerd met een prijspeil van 2014 en een BTW van 21%.
- Kunstwerken zijn buiten beschouwing gelaten.
- Er zijn geen kosten voor versterken dijkbekleding meegenomen. Deze kosten zijn bepaald op basis van expert judgement.
- De standaard instellingen zijn gebruikt. De factor dijkbasis stabiliteit³ is op 10 m gezet. Er is in deze berekening geen pipingberm toegepast.
- Er is in de berekening van KOSWAT geen rekening gehouden met een robuustheidstoeslag en waakhoogte. In de aangeleverde hydraulische belastingen is een onzekerheidstoeslag

³ Dit is de lengte aan dijkbasis ten behoeve van stabiliteit die erbij komt voor iedere meter *kruinverhoging*.

van 30 cm opgenomen en voor de situatie van de nieuwe normering is een waakhoogte niet meer van toepassing.

2.3.2 Kosteninschatting

De kosten van een buitenberm worden niet direct door KOSWAT berekend. In de studie van juli 2015 (HKVa, 2015) is voor de kostenbepaling een eerste inschatting gemaakt.

In dit project zijn de kosten per profiel ingeschat door met behulp van KOSWAT eenheidskosten per m³ af te leiden. Ook hier wordt prijspeil 2014 gebruikt en zijn de kosten inclusief BTW. Uitgangspunt hierbij is dat de versterking in de buitenberm kan worden gerealiseerd met versterkingskosten van een grondmaatregel, en dat versterkingskosten in de buitenberm gelijk zijn aan de versterkingskosten van een grondmaatregel aan de binnenzijde van de kering. De totstandkoming van de eenheidsprijzen is toegelicht in Bijlage A.

3 Verlaging benodigde kruinhoogte

Voor de vier oplossingen is de reductie van de benodigde kruinhoogte in beeld gebracht voor het zichtjaar 2075. In de paragrafen 3.2 t/m 3.7 is dit per locatie uitgewerkt. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een korte beschouwing van de oplossingen als deze worden uitgevoerd in combinatie met de Hoogwatergeul Varik – Heesselt.

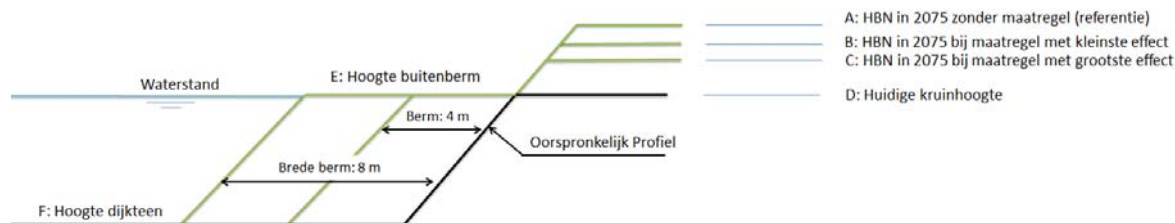
3.2 Centrum Tiel - Dijkpaal DT217

In het centrum van Tiel bij dijkpaal DT2017 is de opgave 0,95 m. De opgave is op deze locatie het grootste van de zes geanalyseerde locaties. Dit blijkt ook uit het feit dat de waterstand hier in 2075 vijf centimeter hoger is dan de huidige kruinhoogte (waterstand bij de maximaal toelaatbare overstromingskans). Omdat in dit geval sprake is van overloop is moet de dijk hier in alle gevallen versterkt werken (middels een traditionele dijkversterking of andere constructieve oplossing die overloop voorkomt).

Oplossing 4 ('brede buitenberm met breuksteenbekleding') leidt tot de laagste benodigde kruinhoogte. De resterende opgave is dan maximaal terug te brengen tot 0,65 m. De opgave valt dus 0,3 m lager uit in vergelijking met de situatie zonder aanvullende oplossingen. Ook inclusief aanvullende oplossing is dus nog sprake van een significante opgave. Breuksteenbekleding (oplossing 3) op het buitentalud is de oplossing met het minste effect, de resterende opgave is dan 0,80 m. De oplossingen 1 ('berm') en 2 ('brede berm') leiden respectievelijk tot een resterende opgave van 0,75 m en 0,70 m. In Tabel 1 is het effect van de alle oplossingen op de benodigde kruinhoogte weergegeven. Figuur 8 geeft een impressie van het effect van de oplossingen op het ruimtebeslag van de dijk.

Toegepaste oplossing	HBN [m+NAP]	Opgave [m]	Reductie Opgave [m]
Referentie (geen oplossing)	12,85	0,95	-
Berm	12,65	0,75	0,20
Brede berm	12,60	0,70	0,25
Breuksteenbekleding	12,70	0,80	0,15
Brede berm en breuksteenbekleding	12,55	0,65	0,30

Tabel 1: Effect van de oplossing op het HBN, de versterkingsopgave en verlaging van de versterkingsopgave voor dijkpaal DT2017.



Figuur 8: Indicatie van het ruimtebeslag bij dijkpaal DT217. Maten zijn terug te vinden in Tabel 2

Parameter	Waarde
A: HBN zonder aanvullende maatregel	12,85 m+NAP
B: HBN bij maatregel met kleinste kruin	12,70 m+NAP (breuksteenbekleding)

verlagend effect	
C: HBN bij maatregel met grootste kruin verlagend effect	12,55 m+NAP (brede berm met breuksteen)
D: Huidige kruinhoogte	11,90 m+NAP
E: Hoogte buitenberm	11,90 m+NAP
F: Hoogte dijkteen	10,00 m+NAP

Tabel 2: Hoogtematen bij dijkspaal DT217



Figuur 9: Situatie bij de dwarsdoorsnede van de dijk bij dijkspaal DT2017.

Alternatieve innovatieve oplossingen

Op basis van de geanalyseerde oplossingen is in het centrum van Tiel nog steeds een dijkversterking nodig. Een traditionele dijkverhoging is echter ruimtelijk uitdagend. Als aanvulling op het aanleggen van een berm en plaatsen van breuksteen is voor het centrum van Tiel ook een taludverflauwing geanalyseerd. Dit om de te verkennen of andere oplossingen de benodigde kruinhoogte verder kunnen verlagen.

Het huidige talud heeft een helling van 1 op 2,5. De volgende oplossingen zijn doorgerekend:

- Taludverflauwing naar een helling van 1 op 5;
- Taludverflauwing naar een helling van 1 op 5 en breuksteen op buitentalud;
- Taludverflauwing naar een helling van 1 op 8;
- Taludverflauwing naar een helling van 1 op 8 en breuksteen op buitentalud;
- Taludverflauwing naar een helling van 1 op 8, toepassing van een brede buitenberm en breuksteen op buitentalud;

Bij een taludverflauwing naar een helling van 1 op 5 is 7 m extra ruimte buitenwaarts van de huidige teen nodig. Voor de verflauwing naar 1 op 8 is nog eens 7 meter extra ruimte nodig. Als hoekpunt is de kruinverlaging ook berekend bij het flauwste talud van 1 op 8, een buitenberm van 8 meter breed en een bekleding van breuksteen. Deze optie is bedoeld om een indruk te krijgen van de minimale benodigde kruinhoogte in 2017, inpassing van deze variant is ruimtelijk zeer uitdagend.

Tabel 3 geeft de opgave in het centrum van Tiel weer voor de opties met talud verflauwing (al dan niet in combinatie met een stortstenen buitentalud). In de tabel is te zien dat de opgave maximaal met 0,25 tot 0,35 meter gereduceerd kan worden. De kruinhoogte bij de oplossingen

verschillen niet significant van elkaar, hoogstens enkele centimeters. Hierdoor blijft er altijd een opgave van 0,6 tot 0,7 m aanwezig.

Toegepaste oplossing	HBN [m + NAP]	Opgave [m]	Reductie Opgave [m]
Referentie	12,85	0,95	-
Taludverflauwing 1 op 5	12,60	0,70	0,25
Taludverflauwing 1 op 5 en bekleding breuksteen	12,56	0,66	0,29
Taludverflauwing 1 op 8	12,55	0,65	0,30
Taludverflauwing 1 op 8 en bekleding breuksteen	12,54	0,61	0,31
Taludverflauwing 1 op 8, brede berm en bekleding breuksteen	12,52	0,61	0,33

Tabel 3: Effect van alternatieve oplossing op het HBN, de versterkingsopgave en verlaging van de versterkingsopgave voor dijkpaal DT217.

Doorkijk Innovatieve Oplossingen

Wanneer wordt vastgehouden aan de standaard uitgangspunten in het OI2014 met een regulier dijkontwerp lijkt het lastig een dijkversterking te voorkomen. Wijziging hiervan biedt meer perspectief om een versterking te voorkomen. Zoals aangegeven moet altijd worden voorkomen dat het faalmechanisme overloop optreedt. Mogelijke oplossingsrichtingen (en combinaties daarvan) zijn dan:

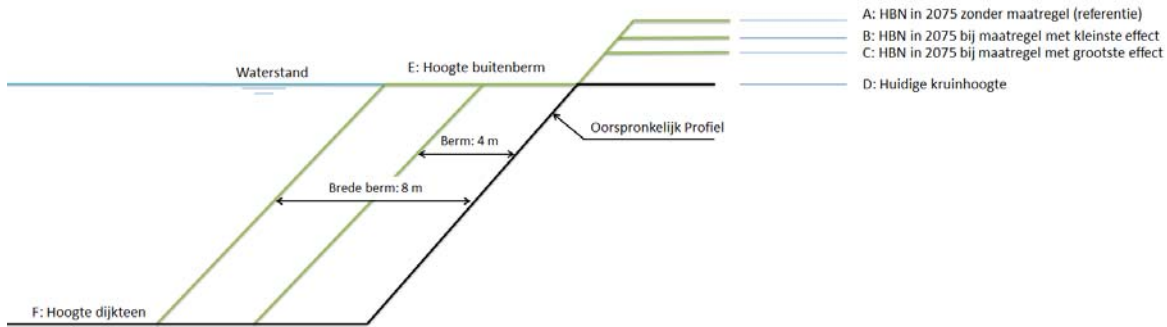
- De faalkansbegroting (lokaal) aanpassen;
- Toepassing van het concept 'brede dijk' of 'overslagbestendige dijk' door toepassing van een hoger overslagdebiet;
- Inpassing van beheeroplossingen;
- Uitvoer Hoogwatergeul Varik – Heesselt (zie ook paragraaf 3.8)

3.3 Ophemert - Dijkpaal TG056

Bij dijkpaal TG056 is de opgave zonder aanvullende oplossing 0,8 m. De oplossing 'brede buitenberm met breuksteenbekleding' leidt tot de laagste benodigde kruinhoogte. De resterende opgave is dan 0,4 m. In dit geval wordt de opgave met 0,4 m verlaagd in vergelijking met de situatie zonder oplossingen. Door de berm en de steenbekleding wordt de opgave dus gehalveerd. Breuksteenbekleding op het buitentalud is de oplossing met het minste effect op de benodigde kruinhoogte, de resterende opgave is dan 0,60 m. De oplossingen 'berm' en 'brede berm' (met groene dijk) leiden respectievelijk tot een resterende opgave van 0,55 m en 0,45 m. In Tabel 4 is het effect van de oplossingen op de benodigde kruinhoogte weergegeven. Figuur 10 geeft een indicatie van het effect van de oplossingen op het ruimtebeslag van de dijk.

Toegepaste oplossing	HBN [m + NAP]	Opgave [m]	Reductie Opgave [m]
Referentie	12,25	0,80	-
Berm	12,00	0,55	0,25
Brede berm	11,90	0,45	0,35
Breuksteenbekleding	12,05	0,60	0,20
Brede berm en breuksteenbekleding	11,85	0,40	0,40

Tabel 4: Effect van de oplossing op het HBN, de versterkingsopgave en verlaging van de versterkingsopgave voor dijkpaal TG056.



Figuur 10: Indicatie van het ruimtebeslag bij dijkpaal TG056. Maten zijn terug te vinden in Tabel 5

Parameter	Waarde
A: HBN zonder aanvullende maatregel	12,25 m+NAP
B: HBN bij maatregel met kleinste kruin verlagend effect	12,05 m+NAP (breuksteenbekleding)
C: HBN bij maatregel met grootste kruin verlagend effect	11,85 m+NAP (brede berm met breuksteen)
D: Huidige kruinhoogte	11,45 m+NAP
E: Hoogte buitenberm	11,20 m+NAP
F: Hoogte dijkteen	7,20 m+NAP

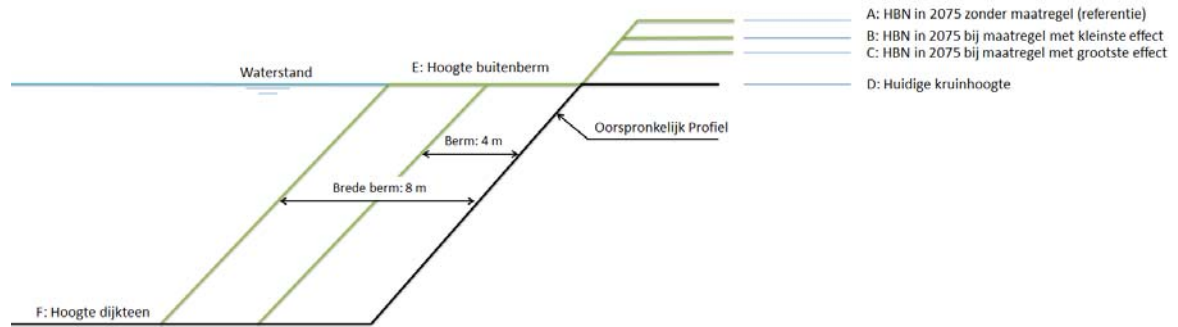
Tabel 5: Hoogtematen bij dijkpaal TG056

3.4 Varik - Dijkpaal TG102

Bij dijkpaal TG102 is de opgave zonder aanvullende oplossing 0,55 m. De oplossing 'brede buitenberm met breuksteenbekleding' leidt tot de laagste benodigde kruinhoogte. De opgave is dan terug te dringen tot 0,30 m. In dit geval wordt de opgave met iets meer dan 0,25 m verlaagd in vergelijking met de situatie zonder oplossingen. Dit effect is relatief beperkt en er is nog steeds sprake een resterende opgave. Breuksteenbekleding op het buitentalud is de oplossing met het minste effect, de resterende opgave is dan 0,45 m. De oplossingen 'berm' en 'brede berm' (met groene dijk) leiden respectievelijk tot een resterende opgave van 0,40 m en 0,35 m. In Tabel 6 is het effect van de beschouwde oplossingen op de benodigde kruinhoogte weergegeven. Figuur 11 geeft een indicatie van het effect van de oplossingen op het ruimtebeslag van de dijk.

Toegepaste oplossing	HBN [m+NAP]	Opgave [m]	Reductie Opgave [m]
Referentie	11,40	0,55	-
Berm	11,25	0,40	0,15
Brede berm	11,20	0,35	0,20
Breuksteenbekleding	11,30	0,45	0,10
Brede berm en breuksteenbekleding	11,15	0,30	0,25

Tabel 6: Effect van de oplossing op het HBN, de versterkingsopgave en verlaging van de versterkingsopgave voor dijkpaal TG102.



Figuur 11: Indicatie van het ruimtebeslag bij dijkpaal TG102. Maten zijn terug te vinden in Tabel 7

Parameter	Waarde
A: HBN zonder aanvullende maatregel	11,40 m + NAP
B: HBN bij maatregel met kleinste kruin verlagend effect	11,30 m + NAP (breuksteenbekleding)
C: HBN bij maatregel met grootste kruin verlagend effect	11,15 m + NAP (brede berm met breuksteen)
D: Huidige kruinhoogte	10,85 m + NAP
E: Hoogte buitenberm	10,50 m + NAP
F: Hoogte dijkteen	5,90 m + NAP

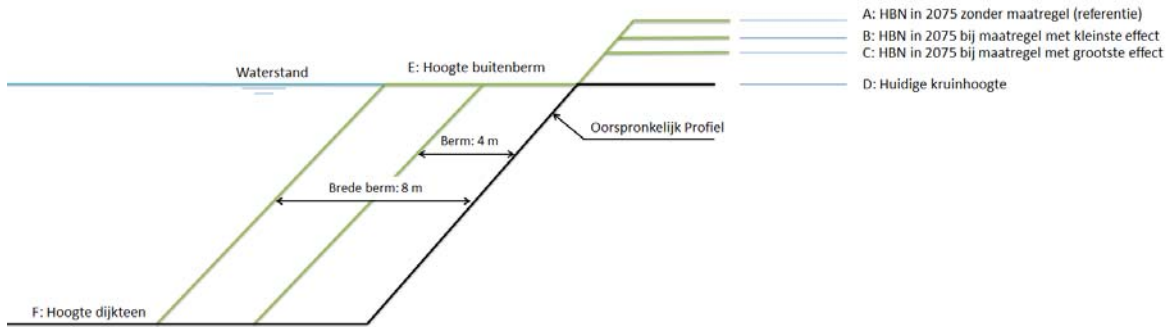
Tabel 7: Hoogtematen bij dijkpaal TG102

3.5 Opijnen Oost - Dijkpaal TG162

Bij dijkpaal TG162 is de opgave zonder aanvullende oplossingen 0,9 m. De oplossing 'brede buitenberm met breuksteenbekleding' leidt tot de laagste benodigde kruinhoogte. De opgave is hierdoor terug te dringen tot 0,45 m. In dit geval wordt de opgave met 0,45 m gereduceerd in vergelijking met de situatie zonder oplossingen. Toch blijft er dan nog steeds een restopgave bestaan. De gewone berm met een groene dijk is de oplossing met het minste effect op de benodigde kruinhoogte, de resterende opgave is dan 0,75 m. De oplossingen 'brede berm' (met groene dijk) en 'breuksteenbekleding' leiden respectievelijk tot een resterende opgave van 0,60 m en 0,65 m. In Tabel 8 is het effect van de oplossingen op de benodigde kruinhoogte weergegeven. Figuur 12 geeft een indicatie van het effect van de oplossingen op het ruimtebeslag van de dijk.

Toegepaste oplossing	HBN [m + NAP]	Opgave [m]	Reductie Opgave [m]
Referentie	11,25	0,90	-
Berm	11,10	0,75	0,15
Brede berm	10,95	0,60	0,30
Breuksteenbekleding	11,00	0,65	0,25
Brede berm en breuksteenbekleding	10,80	0,45	0,45

Tabel 8: Effect van de oplossing op het HBN, de versterkingsopgave en verlaging van de versterkingsopgave voor dijkpaal TG162.



Figuur 12: Indicatie van het ruimtebeslag bij dijkpaal TG162. Maten zijn terug te vinden in Tabel 9

Parameter	Waarde
A: HBN zonder aanvullende maatregel	11,25 m+NAP
B: HBN bij maatregel met kleinste kruin verlagend effect	11,10 m+NAP (enkele berm)
C: HBN bij maatregel met grootste kruin verlagend effect	10,80 m+NAP (brede berm met breuksteen)
D: Huidige kruinhoogte	10,35 m+NAP
E: Hoogte buitenberm	10,10 m+NAP
F: Hoogte dijkteen	5,60 m+NAP

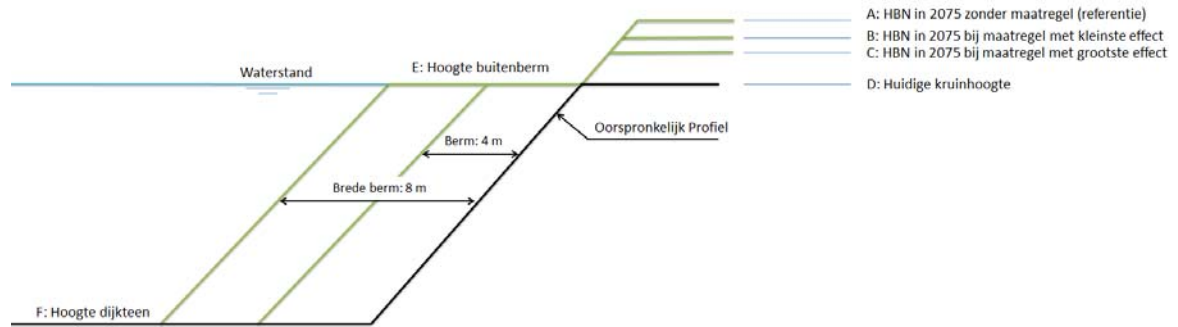
Tabel 9: Hoogtematen bij dijkpaal TG162

3.6 Opijnen West - Dijkpaal TG176

Bij dijkpaal TG176 is de opgave zonder aanvullende oplossing ongeveer 0,65 m. De oplossing 'brede buitenberm met breuksteenbekleding' leidt tot de laagste benodigde kruinhoogte. De opgave maximaal terug te dringen tot 0,05 m. In dit geval wordt de opgave met iets met ongeveer 0,6 m gereduceerd in vergelijking met de situatie zonder oplossingen. De opgave is dan zo goed als opgelost. Breuksteenbekleding op het buitentalud is de oplossing met het minste effect op de benodigde kruinhoogte, de resterende opgave is dan 0,35 m. De oplossingen 'berm' en 'brede berm' (met groene dijk) leiden respectievelijk tot een resterende opgave van 0,25 m en 0,15 m. In Tabel 10 is het effect van de oplossingen op de benodigde kruinhoogte weergegeven. Figuur 13 geeft een indicatie van het effect van de oplossingen op het ruimtebeslag van de dijk.

Toegepaste oplossing	HBN [m+NAP]	Opgave [m]	Reductie Opgave [m]
Referentie	11,20	0,65	-
Berm	10,80	0,25	0,40
Brede berm	10,70	0,15	0,50
Breuksteenbekleding	10,85	0,30	0,35
Brede berm en breuksteenbekleding	10,60	0,05	0,60

Tabel 10: Effect van de oplossing op het HBN, de versterkingsopgave en verlaging van de versterkingsopgave voor dijkpaal TG176.



Figuur 13: Indicatie van het ruimtebeslag bij dijkpaal TG176. Maten zijn terug te vinden in Tabel 11

Parameter	Waarde
A: HBN zonder aanvullende maatregel	11,20 m + NAP
B: HBN bij maatregel met kleinste kruin verlagend effect	10,10 m + NAP (breuksteenbekleding)
C: HBN bij maatregel met grootste kruin verlagend effect	10,60 m + NAP (brede berm met breuksteen)
D: Huidige kruinhoogte	10,55 m + NAP
E: Hoogte buitenberm	9,90 m + NAP
F: Hoogte dijkteen	6,90 m + NAP

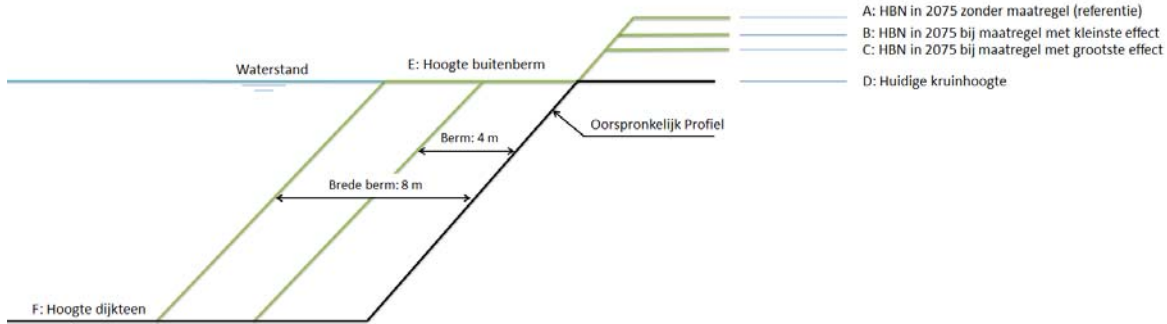
Tabel 11: Hoogtematen bij dijkpaal TG176

3.7 Waardenburg - Dijkpaal TG194

Bij dijkpaal TG194 is de opgave zonder aanvullende oplossing ongeveer 0,7 m. De oplossing 'brede buitenberm met breuksteenbekleding' leidt tot de laagste benodigde kruinhoogte. De opgave maximaal terug te dringen tot 0,25 m. In dit geval wordt de opgave met iets meer dan 0,4 cm gereduceerd in vergelijking met de situatie zonder oplossingen. De gewone berm met een groene dijk is de oplossing met het minste effect, de restopgave is dan 0,55 m. De oplossingen 'brede berm' (met groene dijk) en 'breuksteenbekleding' leiden respectievelijk tot opgave van 0,40 m en 0,45 m. In Tabel 12 is het effect van de oplossingen op de benodigde kruinhoogte weergegeven. Figuur 14 geeft een indicatie van het effect van de oplossingen op het ruimtebeslag van de dijk.

Toegepaste oplossing	HBN [m + NAP]	Opgave [m]	Reductie Opgave [m]
Referentie	10,95	0,70	-
Berm	10,80	0,55	0,15
Brede berm	10,65	0,40	0,30
Breuksteenbekleding	10,70	0,45	0,25
Brede berm en breuksteenbekleding	10,55	0,25	0,40

Tabel 12: Effect van de oplossing op het HBN, de versterkingsopgave en verlaging van de versterkingsopgave voor dijkpaal TG194.



Figuur 14: Indicatie van het ruimtebeslag bij dijkpaal TG194. Maten zijn terug te vinden in Tabel 13

Parameter	Waarde
A: HBN zonder aanvullende maatregel	10,95 m+NAP
B: HBN bij maatregel met kleinste kruin verlagend effect	10,80 m+NAP (enkele berm)
C: HBN bij maatregel met grootste kruin verlagend effect	10,55 m+NAP (brede berm met breuksteen)
D: Huidige kruinhoogte	10,30 m+NAP
E: Hoogte buitenberm	9,80 m+NAP
F: Hoogte dijkteen	5,70 m+NAP

Tabel 13: Hoogtematen bij dijkpaal TG194

3.8 Effect Hoogwatergeul Varik – Heesselt

Door de aanleg van de Hoogwatergeul Varik – Heesselt dalen de waterstanden langs de Waal tussen Varik en Tiel (HKV, 2015b). Tabel 14 laat de waterstandseffecten zien bij de geanalyseerde locaties (bij de maximaal toelaatbare overstromingskans). Daarnaast is de restopgave weergegeven wanneer de Hoogwatergeul wordt aangelegd in combinatie met de aanvullende oplossing met het grootste effect (brede buitenberm en breuksteen op buitentalud).

Bij één locatie is de hoogteopgave geheel op te lossen door een combinatie van een aanvullende oplossingen en aanleg van de Hoogwatergeul. Bij een tweede locatie is de restopgave slechts 0,05 m. Voor drie van de zes locaties zorgt de Hoogwatergeul voor een verkleining van de opgave.

Locatie	Dijkpaal	Waterstandseffect Hoogwatergeul Varik – Heesselt [m]	Resterende opgave na inzet Hoogwatergeul én toepassing brede berm / breuksteen [m]
Centrum Tiel	DT217	0,30	0,35
Ophemert	TG056	0,45	Geen
Varik	TG102	0,10	0,20
Opijnen Oost	TG162	-	0,45
Opijnen West	TG176	-	0,05
Waardenburg	TG194	-	0,25

Tabel 14: Waterstandseffect Hoogwatergeul Varik – Heesselt en resterende opgave bij de verschillende locaties

In het centrum van Tiel (DT2017) is de opgave zonder aanvullende oplossingen 0,95 m. Bij aanleg van de Hoogwatergeul wordt de opgave met 0,3 m gereduceerd. Door uitvoering van aanvullende oplossingen wordt de opgave met nog eens 0,3 m gereduceerd. In dat geval is de resterende opgave nog 0,35 m.

Bij Ophemert (TG056) is het effect van de Hoogwatergeul 0,45 m. De opgave zonder aanvullende oplossingen is 0,8 m. Door toepassing van een brede buitenberm met breuksteen op het buitentalud kan deze worden verkleind naar 0,4 m. Wanneer de Hoogwatergeul in combinatie met aanvullende oplossingen wordt aangelegd kan de opgave op deze locatie worden opgelost.

De laatste locatie waar de Hoogwatergeul een effect heeft is de locatie ten zuiden van Varik (TG102). Door de aanleg wordt hier een waterstandsverlaging van 0,1 m gerealiseerd. Zonder aanvullende oplossingen is de opgave op deze locatie 0,55 m. Door aanleg van aanvullende oplossingen kan deze gereduceerd worden tot 0,3 m. Door aanleg van de Hoogwatergeul kan de restopgave in 2075 dus dalen tot 0,2 m.

4 Kosteninschatting

In dit hoofdstuk worden de extra kosten voor de aanleg van een buitenberm of breuksteenbekleding op het buitentalud bepaald ten opzicht van een reguliere dijkversterking.

In KOSWAT worden de kosten berekend op basis van een eenheidsprijs per m³. Dit betekent dat de kosten voor bijvoorbeeld arbeid, materieel, grondverzet, winst, project risico's, etc. zijn verdisconteerd in gemiddelde eenheidsprijs per m³ grondverzet. Om de eenheidsprijs voor de berm te bepalen zijn de volgende stappen doorlopen:

1. Bepaling van het verband tussen de versterkingskosten en de kruinhoogte (versterking in grondmaatregel);
2. Bepaling van het verband tussen de versterkingskosten en de volumestijging (vertaalt kruinhoogte naar volumestijging);
3. Bepaling van de prijsstijging per m³ dijkversterking;
4. Bepaling van het volume van de berm per locatie (dit hangt af van de bermhoogte en de hoogte van de uiterwaard);
5. Bepaling van de kosten van een berm in miljoen € per strekkende kilometer [mln €/km].

De kosten van breuksteenbekleding zijn op gelijke wijze afgeleid op basis van expert judgement. Voor meer informatie over de afleiding van de eenheidsprijzen wordt verwezen naar bijlage A.

De kosten voor de maatregelen per locatie zijn weergegeven in Tabel 15. Hierin is te zien dat de kosten van een twee keer zo brede berm ongeveer twee keer zo hoog zijn. Dit is logisch omdat de kosten voor het opstarten van een versterkingsproject in deze analyse zijn weggelaten. De kosten van een brede berm van 8 m met breuksteen zijn niet gelijk aan de som van de individuele oplossingen ('brede berm' en 'alleen breuksteen') omdat de breuksteen over een grote lengte van het talud wordt aangelegd als er geen berm aanwezig is (zie ook Hoofdstuk 2.1). De gepresenteerde kosten zijn grofweg op te delen in de aspecten: bouwkosten (75%), engineering (10%) en project risico kosten (15%).

Profiel	Berm (4 m) [mln €/km]	Brede berm (8 m) [mln €/km]	Alleen breuksteen op buitentalud [mln €/km]	Breuksteen op buitentalud met brede berm [mln €/km]
DT217	0,3	0,6	0,3	0,4
TG056	0,5	0,9	0,5	1,0
TG102	0,5	1,1	0,4	1,2
TG162	0,5	1,0	0,4	1,1
TG176	0,3	0,7	0,4	0,8
TG194	0,5	1,0	0,4	1,1

Tabel 15: Kosten maatregelen per locatie.

5 Conclusies en aanbevelingen

Op dit moment zijn langs de Waal verschillende dijktrajecten afgekeurd. Deze worden daarom de komende tijd versterkt binnen het HWBP. De versterkingsopgave kan gereduceerd worden door innovatieve oplossingen op het buitentalud toe te passen. De hoogteopgave in 2075 langs het traject Waardenburg – Tiel is in kaart gebracht aan de hand van zes locaties. Voor deze zes locaties is ook de potentie van deze oplossingen voor het faalmechanisme 'overloop en overslag' in beeld gebracht. De oplossingen zijn:

1. Aanleg van een buitenberm (4 meter breed);
2. Aanleg van een brede buitenberm (8 meter breed);
3. Aanleg van een bekleding van breuksteen op het buitentalud;
4. Aanleg van een brede buitenberm in combinatie met een bekleding van breuksteen op het buitentalud.

5.1 Conclusies over de verlaging van de benodigde kruinhoogte

De benodigde kruinhoogte kan met maximaal 0,6 m worden gereduceerd door toepassing van een brede berm in combinatie met breuksteen op het buitentalud (oplossing 4). De reductie varieert tussen de 0,25 m en 0,6 m en is gemiddeld 0,4 m. Deze reductie leidt voor geen enkel van de beschouwde profielen tot een volledige oplossing van de hoogteopgave, al reduceert de opgave voor de locatie bij Opijnen tot 5 cm.

De hoogteopgave zonder toepassing van aanvullende oplossingen is voor de zes geanalyseerde locaties gemiddeld 0,75 m. De restopgave bij aanleg van een brede berm met breuksteenbekleding op het buitentalud varieert voor de verschillende locaties tussen de 0,05 m en 0,7 m en is gemiddeld 0,35 m.

Op drie van de zes locaties kan de Hoogwatergeul Varik – Heesselt de benodigde kruinhoogte verder verlagen. De combinatie van een aanvullende oplossingen op het buitentalud en de aanleg van de Hoogwatergeul kan de hoogteopgave voor het traject Varik – Tiel grotendeels oplossen. Door de genoemde combinatie wordt de hoogteopgave voor de locatie bij Ophemert geheel opgelost. Voor de andere twee locaties (Varik en centrum Tiel) blijft een opgave van 0,2 m tot 0,3 m over.

5.2 Conclusies ten aanzien van de kosten van de innovatieve oplossingen op het buitentalud

De kosten van de innovatieve oplossingen zijn ingeschat met behulp van KOSWAT. De kosten zijn bepaald als meerkosten op bestaande versterkingsprojecten. Dit betekent bijvoorbeeld dat startkosten of andere vaste lasten van het project buiten beschouwing zijn gelaten in de kostenbepaling. Als een buitenberm of steenbekleding de hoogteopgave helemaal oplost (en geen sprake is van een opgave voor een ander mechanisme) moeten de startkosten van het project dus worden toegevoegd aan de gepresenteerde kosten om een volledig beeld te krijgen van de kosten. De gepresenteerde kosten zijn grofweg op te delen in de aspecten: bouwkosten (75%), engineering (10%) en project risico kosten (15%).

De kosten van de oplossingen variëren per locatie en zijn gemiddeld:

- Buitenberm van 4 m breed: 0,45 mln €/km;
- Brede buitenberm van 8 m breed: 0,90 mln €/km;
- Breuksteenbekleding: 0,40 mln €/km;
- Brede buitenberm van 8 m breed en breuksteenbekleding: 1,00 mln €/km;

5.3 Aanbevelingen

- In deze analyse is geen aandacht besteed aan de beschikbare ruimte (voor de buitenberm) of eventuele aanwezige bebouwing. Voor het identificeren van werkelijk kansrijke alternatieven adviseren we dit wel te doen.
- Een kansrijke oplossing kan beschouwd worden vanuit meerdere perspectieven. We raden aan de volgende perspectieven mee te nemen in de afweging:
 - o Als een combinatie kan worden gelegd met andere oplossingen, zoals aanleg van de Hoogwatergeul Varik – Heesselt, aanleg van vegetatie in de uiterwaarden, of het toepassen van een hoger toelaatbaar overslagdebiet.
 - o Een alternatief is kansrijk als het voor een relatief grote kruinverlaging zorgt
 - o Een alternatief is kansrijk als er reductie van kosten is ten opzichte van een standaard dijkversterking. Vanuit dit oogpunt wordt geadviseerd alternatieven te vinden waarbij:
 - Herstel/vervanging van infrastructuur kan worden vermeden.
 - Versterking kan plaatsvinden in de buitenberm, waarbij geen aanspraak op ruimte wordt gedaan aan de binnenzijde van de kering. Hier liggen vooral kansen voor de trajecten waarbij er weinig of geen ruimte aan de binnenzijde is. Vooral in de situatie als er door versterking van de buitenberm constructieve oplossingen kunnen worden vermeden, liggen er kansen.
- Deze studie is gedaan op basis van 6 profielen. Om een betere inschatting te maken raden we aan een meer gedetailleerde analyse uit te voeren op basis van meer profielen. Rond Ophemert is de opgave geheel te reduceren. Hier is echter maar één locatie gekozen. Extra analyse locaties lijken vooral hier zinvol.
- Aanvullende oplossingen lijken de opgave in het centrum van Tiel op te kunnen lossen (aanvullende op de geanalyseerde oplossing en de aanleg van de Hoogwatergeul Varik – Heesselt). We raden aan inpassing van beheermaatregelen nader te onderzoeken. Daarnaast raden we aan lokale aanpassing van de faalkansbegroting en het concept 'brede dijk' of 'overslagbestendige dijk' nader te analyseren. In deze gevallen moet geborgd worden dat het faalmechanisme overloop niet op kan treden.

6 Referenties

Deltares (2015)

Werkwijze bepaling hydraulische ontwerprandvoorwaarden – OI2014 versie 3 voor HWBP 2015 projecten. Rapport 1210420-000-HYE-007.

HKV (2015a)

Silva, W., Pleijter, G. en Maaskant, B - (On)mogelijkheden en kansen alternatieve maatregelen voor dijkverhoging HWBP Waaltraject Tiel-Waardenburg, HKV, PR3018, 2015

HKV (2015b)

Maaskant, B. en Horn, G. - Hydraulische Randvoorwaarden Waal – GRADE Afvoerstatistiek, Gorinchem Tiel. HKV Lijn in Water, PR3087.10. September 2015

RWS - WVL (2014)

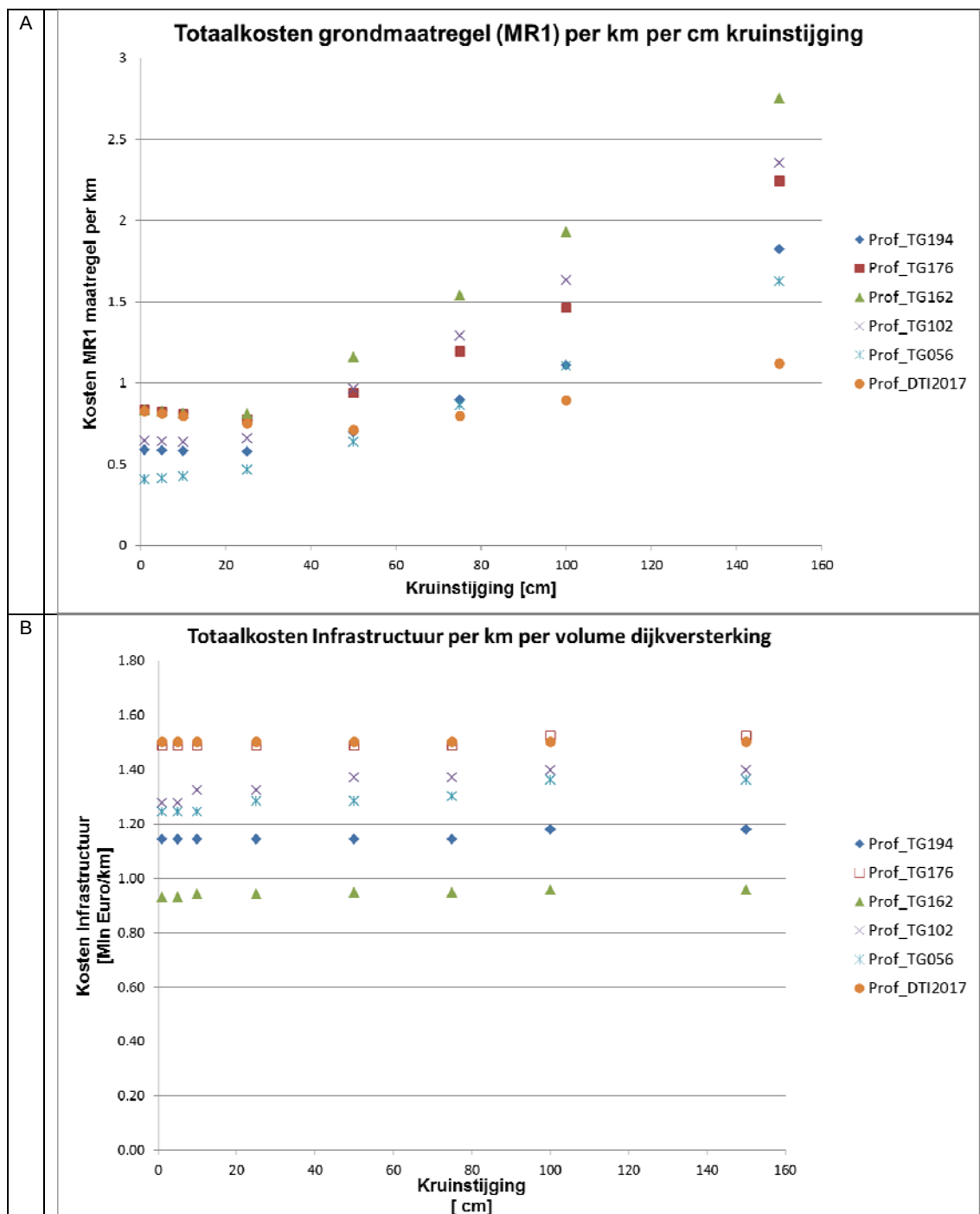
Handreiking ontwerpen met overstromingskansen versie 3, Rijkswaterstaat - WVL, 2014.

Bijlage A: Afleiding Eenheidskosten

De aanpak om te komen tot een eenheidsprijs per m³ is:

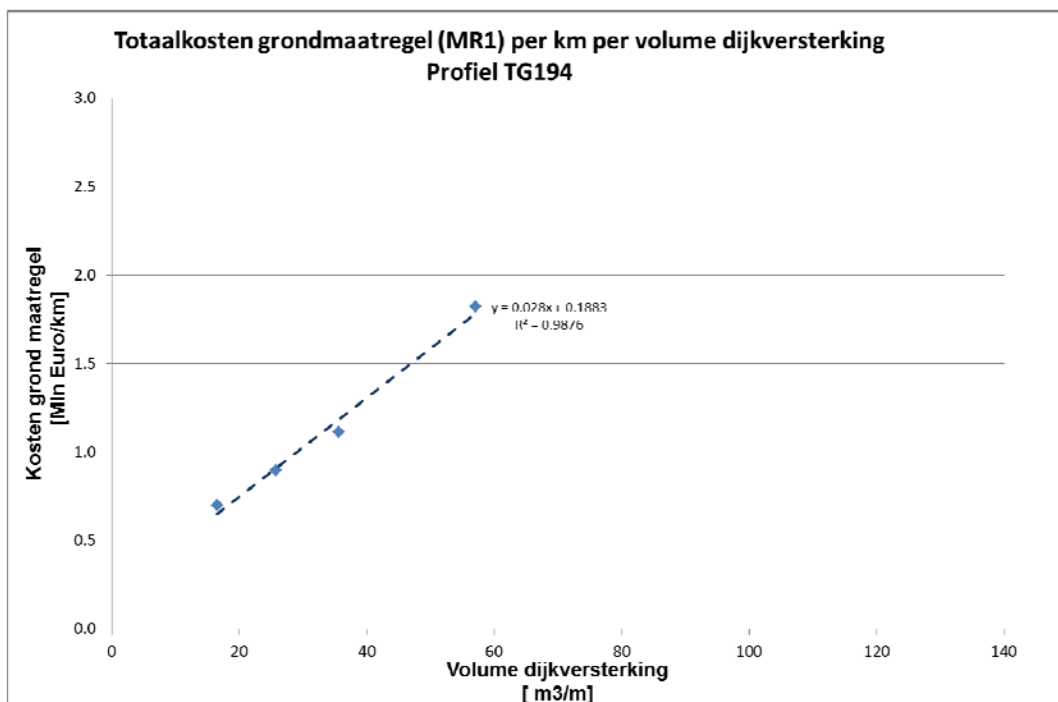
1. Per profiel worden de totale kosten voor een grondmaatregel per km bepaald met behulp van KOSWAT. Hiervoor zijn per profiel een aantal kruinverhogingen doorgerekend: een kruinverhoging van 1, 5, 10, 25, 50, 75, 100 en 150 cm. De gehanteerde uitgangspunten in de KOSWAT berekening zijn opgenomen in paragraaf 2.3.
Resultaat van deze KOSWAT berekening is een kosteninschatting van een grondmaatregel per km per profiel per variant van kruinverhoging en een inschatting van de totaalkosten per km voor de infrastructuur.
2. De kruinverhoging van het profiel is omgerekend naar het volume dat gebruikt is voor de dijkversterking per profiel.
3. De dijkversterkingskosten uitgedrukt in een volumeprijs vormen de basis voor de kostenberekening van de berm of de steenbekleding.

Figuur 15 geeft het resultaat van stap 1. In Figuur 15A, met de totaalkosten voor grondmaatregel per km is te zien dat tot ca. 0,4 m kruinverhoging de kosten constant lijken, daarna is een oplopende trend in de kosten waar te nemen bij toenemende kruinhoogte. Een verklaring hiervoor is dat er bij het versterken van een dijk altijd standaard bouwkosten zijn, die bij een beperkte kruinverhoging de kosten voor dijkversterking domineren. Naarmate de dijkversterking groter is, wordt de bijdrage van overige kosten aan de totaalkosten groter. Figuur 15B laat zien dat de kosten voor infrastructuur nagenoeg constant zijn.

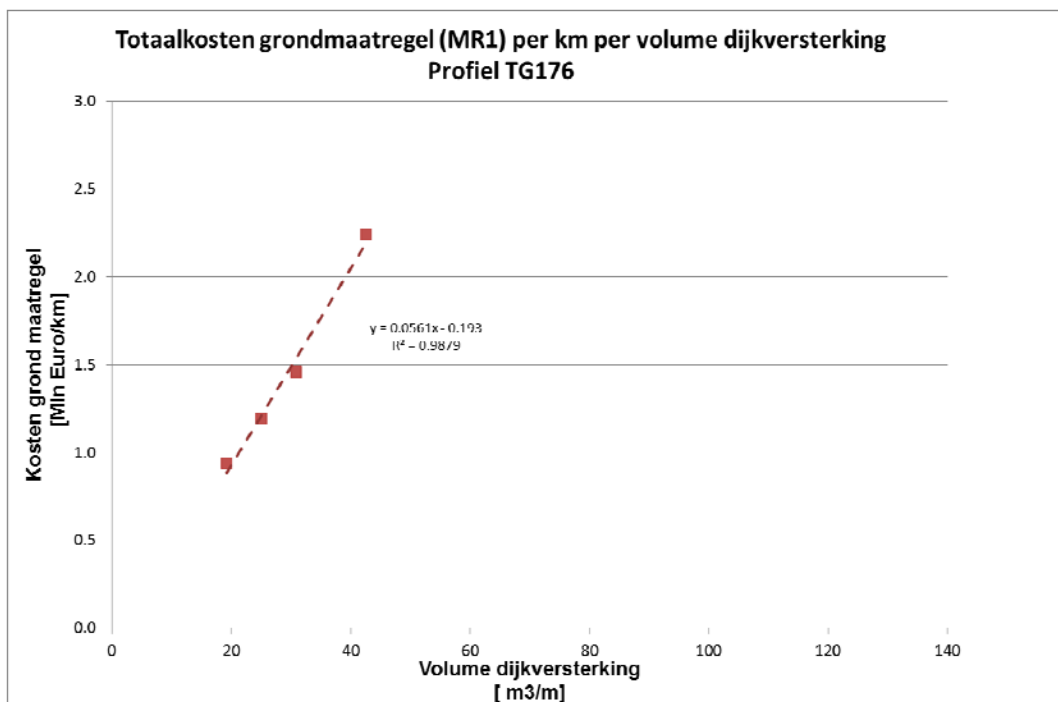


Figuur 15: Totaalkosten per km voor grondmaatregel en infrastructuur voor 6 profielen voor verschillende kruinstijgingen.

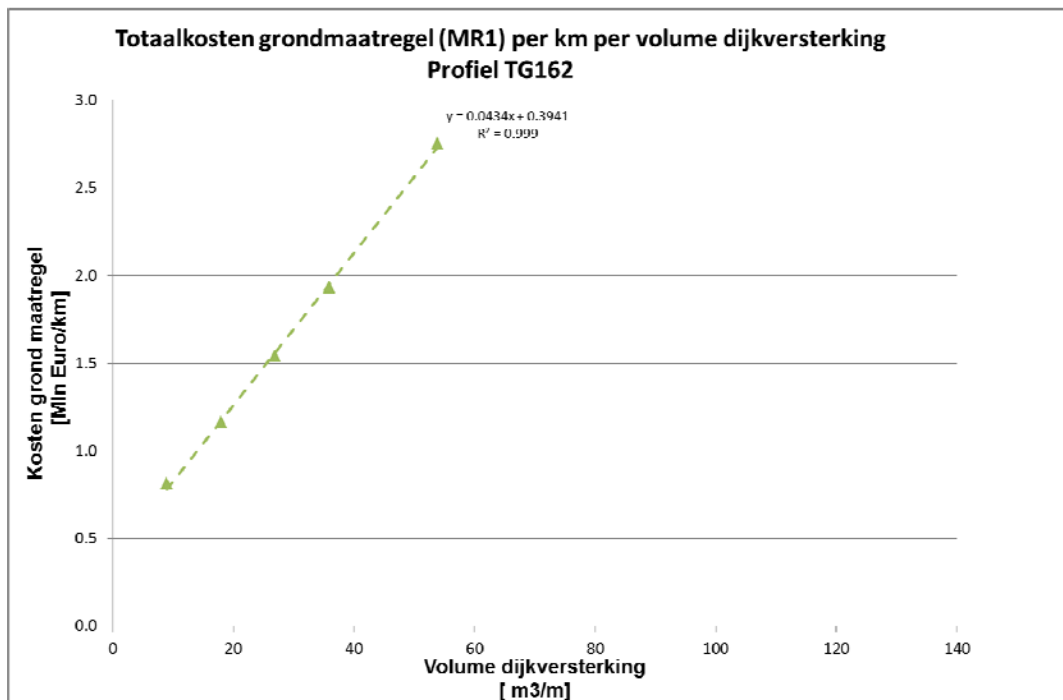
In Figuur 16 t/m Figuur 21 zijn de totaalkosten per km per profiel opgenomen per volume dijkversterking per strekkende meter. Hierbij zijn de volumes waarbij de kosten constant zijn even buiten beschouwing gelaten. In de figuur van profiel TG176: tot ca 20 m³/m zijn de kosten constant en gelijk aan ca. 0,9 mln €/km. Bij volumes vanaf 20 m³/m kunnen de kosten worden weergegeven met de gegeven trendline.



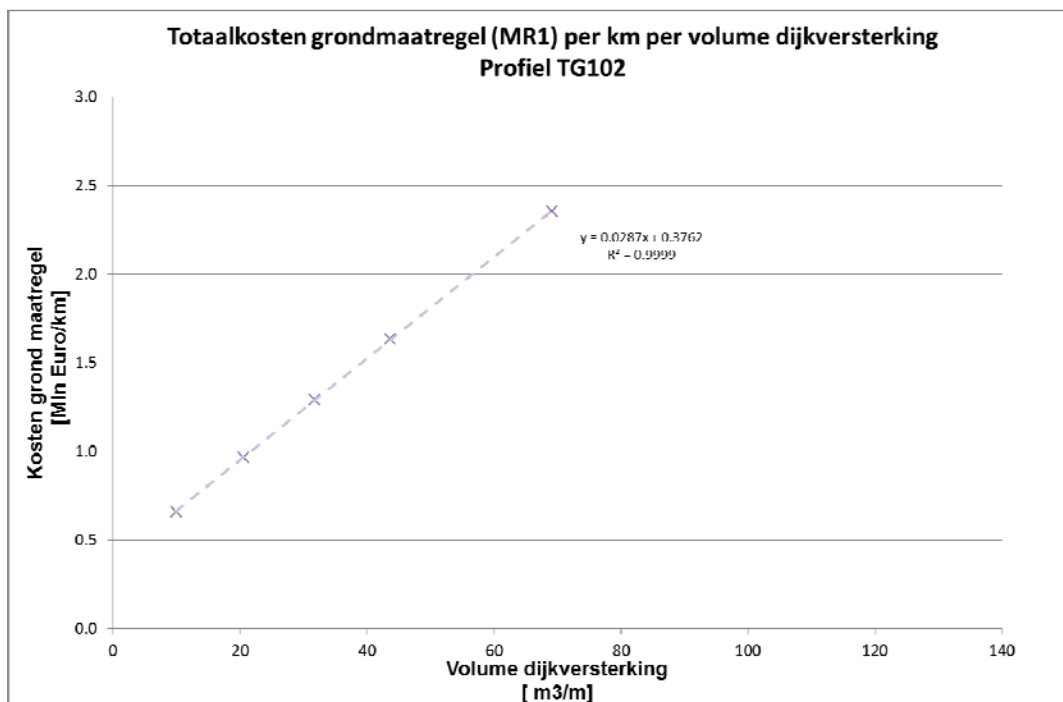
Figuur 16: Totaalkosten grondmaatregel per km per volume dijkversterking, TG194.



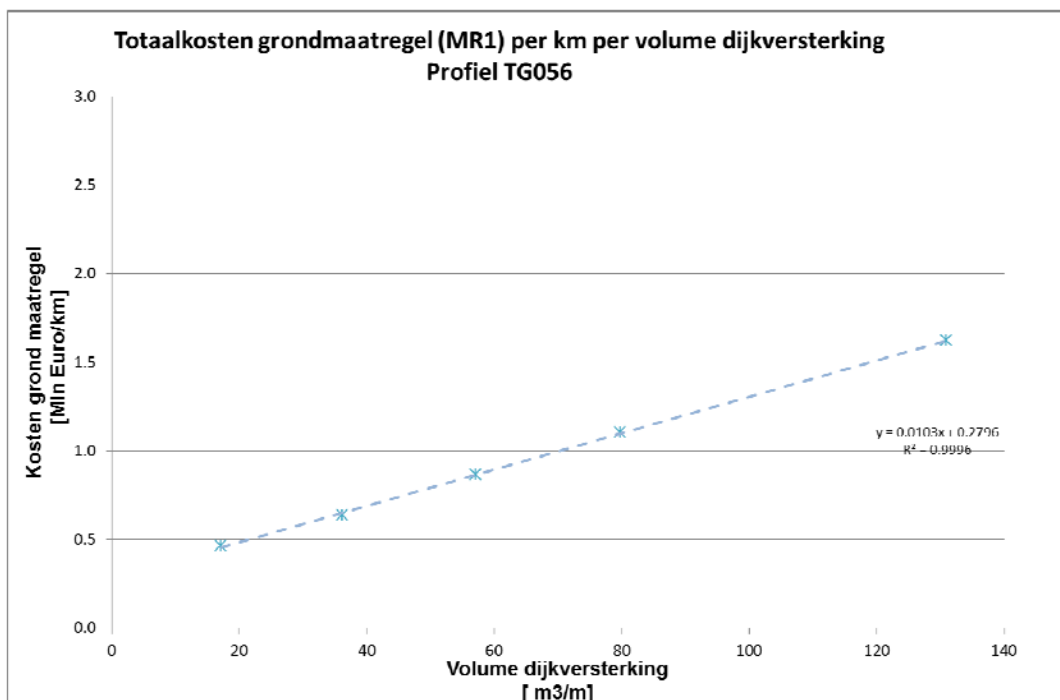
Figuur 17: Totaalkosten grondmaatregel per km per volume dijkversterking, TG176.



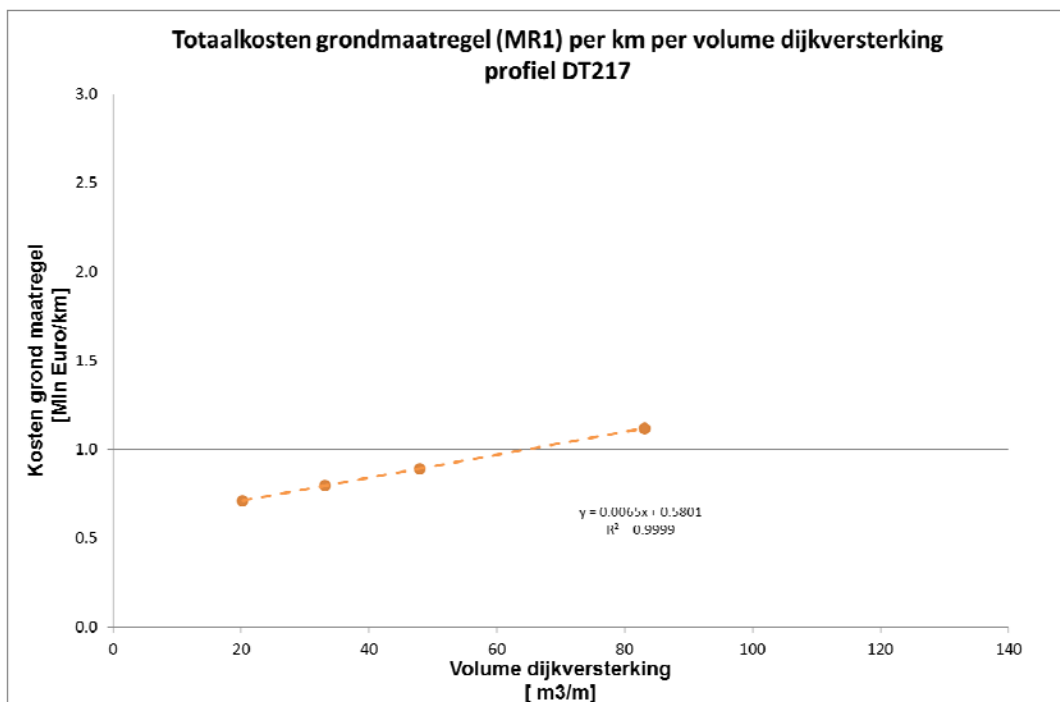
Figuur 18: Totaalkosten grondmaatregel per km per volume dijkversterking, TG162.



Figuur 19: Totaalkosten grondmaatregel per km per volume dijkversterking, TG102.



Figuur 20: Totaalkosten grondmaatregel per km per volume dijkversterking, TG056.



Figuur 21: Totaalkosten grondmaatregel per km per volume dijkversterking, DR217.

Eenheidsprijzen bekleding

In KOSWAT worden de kosten voor het aanpassen van dijkbekleding niet direct berekend. Kosten voor aanpassen van dijkbekleding uit een externe bron kunnen wel meegenomen

worden in de uiteindelijke investeringskosten.

In de systeemdokumentatie van KOSWAT is beschreven dat in het project WV21 een kostenmodule voor dijkbekleding is ontwikkeld. Deze is nog niet in KOSWAT geïmplementeerd. Er is aangegeven dat data uit WV21 gebruikt kan worden om gegevens met eenheidskosten voor dijkbekleding te vullen. Voor dit project is gevraagd of de dijkbekledingsmodule voor bekleding van WV21 toegepast kon worden, maar deze kon (nog) niet worden uitgeleverd. Daarom is gekozen voor een pragmatische aanpak en worden de kosten voor steenbekleding gebaseerd op eenheidskosten van 30 – 50 €/m² op basis van expert judgement⁴. In dit project hanteren we daarom 40 €/m²

Korte verificatie

Als we voor het gehele traject Waardenburg Tiel de berekende kosten per km van grondmaatregel op basis van eenheidsprijzen vergelijken met een standaard KOSWAT berekening, zien we dat de kosten per km over het gehele traject 3% van elkaar verschillen. Dit betekent dat de toegepaste methode in lijn is met de standaard KOSWAT methodiek en een goede inschatting geeft van de te verwachten dijkversterking. Het verschil verklaren we door de vereenvoudiging in bepaling van volumes van dijkversterking en rekenkundige afrondingen en benaderingen.

⁴ In het prijzenboek van MLV-Marken is genoemd dat de eenheidskosten voor steenbekleding 30 €/m² zijn. Prijsinschatting via Martin Groenewoud namens waterschap Rivierenland is 30 – 50 €/m²



HKV lijn in water BV

Postbus 2120
8203 AC Lelystad

Botter 11-29
8232 JN Lelystad

0320 29 42 42
info@hkv.nl
www.hkv.nl