



Notitie

Aan : Waterschap Groot-Salland, Jan van Lanen
 Van : Leo van Nieuwenhuijzen, Joost van der Schrier
 Datum : 28 oktober 2010
 Kopie : Geert Gerrits, Mathijs Bos en archief
 Onze referentie : 9S8656.C0/N0007/414320/VVDM/Nijm

**Betreft : Ruimte voor de Rivier Deventer
 Beïnvloeding primaire waterkering
 (dijkringgebieden 52 en 53) door maatregelen
 Uiterwaarden Deventer**

0. Inleiding

De notitie die voor u ligt is opgesteld in het kader van het SNIP3-advies en ter onderbouwing van de aanvraag Keur-ontheffing voor het project Ruimte voor de Rivier Deventer.

In het kader van dit project wordt een aantal buitendijkse maatregelen uitgevoerd. Deze notitie omvat een geotechnische, kwalitatieve, analyse naar de invloed van buitendijkse maatregelen op de primaire waterkeringen. De analyse betreft een globale inschatting van de effecten op de waterkeringsveiligheid van buitendijkse maatregelen.

Gekozen is voor de kwalitatieve uitwerking omdat in deze fase van het project nog onvoldoende inzicht is in het ontwerp voor een kwantitatieve uitwerking. Vanwege de keuze voor een D&C of E&C-contract kunnen pas in de (voorbereiding van de) uitvoeringsfase kwantitatieve berekeningen gemaakt worden.

De ligging nabij de primaire waterkering heeft tot gevolg dat potentieel beperkingen gelden volgens de keur van Waterschap Veluwe (dijkringgebied 52) en de keur van Waterschap Groot Salland (dijkringgebied 53) in het kader van de Waterwet [lit 1]. De geldende beperkingen worden in de volgende paragrafen toegelicht, gevolgd door een analyse per locatie. Deze analyse bestaat uit een kwalitatieve effectbepaling van de buitendijkse maatregelen en eventuele maatregelen ter beperking van deze effecten.

Op basis van de vergravingenkaart (Figuur 5, Figuur 8 en Figuur 11) zijn de meest kritische locaties geïdentificeerd. De vergravingenkaart bestaat uit een verschilkaart van de huidige situatie en het inrichtingenplan. De locaties zijn geselecteerd op basis van de ontgravingsdiepte in relatie tot de afstand tot de teen van de waterkering. Bij deze locaties worden de uiterwaarden ontgraven binnen de buitenbeschermingszone van de primaire waterkering. Bij de uitvoering van de analyse is uitgegaan van de begrenzingen uit de keur en de grondopbouw zoals beschikbaar vanuit DINO [lit. 6].

In deze notitie wordt achtereenvolgens de methodiek toegelicht, gevolgd door de beoordeling van de kritische locaties. Daarbij is een beschouwing gegeven ten aanzien van de morfologie van de nevengeulen. Tenslotte worden de conclusies en aanbevelingen gegeven, gevolgd door een overzicht van de gebruikte bronnen.

Bij deze notitie hoort een notitie met een beschrijving van het uit te voeren grondonderzoek voor de volgende fase, 9S8656.C0/N0005/414320/JEBR/nijm.

Inhoudsopgave

1. Methodiek
2. Beoordeling kritieke locaties
3. Locatie Jachthaven in Stobbenwaarden
4. Locatie Hengforderwaarden
5. Locatie Ossenwaarden
6. Morfologische ontwikkeling van nevengeulen
7. Conclusies en aanbevelingen
8. Bronnen

1. Methodiek

In dit hoofdstuk worden de uitgangspunten van de beoordeling beschreven en is per relevant faalmechanisme weergegeven hoe de beoordeling is uitgevoerd.

Bij de beoordeling is uitgegaan van de grenzen zoals aangegeven in de keur. Op basis van de grenzen in de keur is beschouwd welke faalmechanismen de waterkering bedreigen. De keur bevat grenzen waarbinnen bepaalde activiteiten verboden zijn of alleen met vergunning van de beheerder conform de Waterwet mogen worden uitgevoerd. De beheerder van de primaire waterkeringen bij Deventer zijn de waterschappen Veluwe en Groot-Salland. Deze keurgrenzen zijn vrijwel altijd ruim rondom de waterkering gedefinieerd en voor het gehele beheersgebied van een waterschap gelijk. De zone waarbinnen ingrepen werkelijk een bedreiging vormt voor de waterkering liggen veelal binnen de grenzen van de keur. De relevante keurbepalingen zijn weergegeven in Kader 1 en Kader 2.

Een keurontheffing is nodig voor alle maatregelen in het kader van de uiterwaardverlaging die plaatsvinden binnen een afstand van de teen van de primaire waterkering van 100 m (Waterschap Groot-Salland) en 150 m (Waterschap Veluwe).

Voor de kritieke locaties is de situatie ter plekke beschouwd op basis van een dwarsprofiel en de bodemgegevens, afkomstig van het Dino-loket [lit. 6]. Deze dwarsprofielen zijn geselecteerd op basis van hun nabijheid ten opzichte van de waterkering. De profielen zijn gegenereerd op basis van bodemhoogtebestanden van de vergravingen die in het kader van het project Ruimte voor de Rivier Deventer zijn gebruikt.

De profielen zijn beschouwd op de faalmechanismen piping, zettingsvloeiing, alsmede macrostabiliteit buitenwaarts. Voor bekleding is een korte toelichting gegeven voor het gehele gebied. Op andere faalmechanismen is geen negatief effect te verwachten omdat door de uiterwaardverlaging de geometrie en de randvoorwaarden gelijk blijven of gunstiger worden, zoals de waterstand.

Hieronder volgt een toelichting per faalmechanisme, te weten: bekleding, piping zettingsvloeiing (stabiliteit voorland) en macrostabiliteit buitenwaarts.

Kader 1: Keurbepalingen Waterschap Veluwe [lit. 2]

Begripsomschrijvingen:

- Teen: de lijn of het knikpunt van een waterkering waar talud en maaiveld elkaar snijden of geacht worden elkaar te snijden;
- Kernzone: het centrale gedeelte van de waterkering, dat als zodanig in de legger is aangewezen, dan wel de strook grond die zich uitstrekt tot een afstand van 4 meter uit de teen van de waterkering;
- Beschermingszone: de gronden aan weerszijden van de kernzone, die als zodanig in de legger zijn aangegeven, dan wel de stroken grond die zich uitstrekken tot een afstand van 20 meter uit de teen;
- Buitenbeschermingszone: de gronden aan weerszijden van de beschermingszone, die als zodanig in de legger zijn aangegeven, dan wel die zich uitstrekken tot een afstand van 100 meter uit de teen binnendijs en 150 meter uit de teen buitendijs.

Verbodsbepalingen:

3. Onverminderd het bepaalde in het eerste en het tweede lid is het binnen de kernzone, binnen de beschermingszones en binnen de buitenbeschermingszone:
- a. afgravingen voor het winnen van delfstoffen of specie, alsmede seismische onderzoeken te verrichten;
 - b. grond af te voeren, af te graven of te egaliseren;
 - c. leidingen, tanks, drukvaten of andere werken met een overdruk van 10 bar of meer te leggen, op te richten, te hebben, te herstellen, te wijzigen, te vernieuwen of op te ruimen;
 - d. explosiegevaarlijk materiaal of explosiegevaarlijke inrichtingen te hebben.

Kader 2: Keurbepalingen Waterschap Groot Salland [lit. 3]

Artikel 15 – Begripsomschrijvingen

In dit hoofdstuk wordt verstaan onder:

- a. *teen*: de als zodanig in de legger aangegeven lijn, of voor zover daarin niet aangegeven de lijn, die overeen komt met de snijlijn van de waterkering met het horizontaal gelegen maaiveld, dan wel met de bodem van het aangrenzende water, of bij natuurlijke hoogten of hooggelegen gronden de grenzen van een doorlopende strook van deze hoogten of gronden ter breedte van 10 meter;
- b. *kernzone*: de waterkering en ter weerszijden daarvan de strook grond die zich uitstrekt tot 4 meter uit de teen;
- c. *beschermingszone*: de strook grond aansluitend aan de kernzone, die zich uitstrekt tot 20 meter uit de teen of, indien verder gelegen, tot de aansluiting van een denkbeeldige lijn, dalend onder een helling van 1 : 5 vanaf de kruin, op het maaiveld of de waterbodem;
- d. *buitenbeschermingszone*: de strook grond aansluitend aan de beschermingszone, die zich uitstrekt tot 100 meter uit de teen;

Artikel 17 – Beschermingszone waterkeringen

Het is verboden in de beschermingszone:

- a. afgravingen te verrichten, te roeren of gebouwen, bouwwerken geen gebouw zijnde, en getimmerten aan te brengen, met dien verstande dat grondbewerkingen zijn toegestaan tot maximaal 50 cm onder het maaiveld.
- b. boringen te verrichten, waaronder boringen benodigd voor het exploreren of winnen van gas of vloeï- of delfstoffen;
- c. voorwerpen, materialen of stoffen op te slaan indien sprake is van klinkgevoelige ondergrond;
- d. gas- en vloeïstofleidingen te leggen, op te richten, te hebben, te herstellen, te wijzigen, te vernieuwen of op te ruimen.
- e. opgaande houtbeplantingen aan te brengen of te hebben, met dien verstande dat dit wel toegestaan is op een afstand van meer dan 10 m uit de teen van de waterkering.

Artikel 18 – Beschermings- en buitenbeschermingszone

Het is verboden in de beschermingszone en buitenbeschermingszone:

- 1. afgravingen en seismische onderzoeken te verrichten;
- 2. werken met een overdruk van 10 bar aan te brengen en te hebben;
- 3. explosiegevaarlijk materiaal of explosiegevaarlijke inrichtingen te hebben.

Bekleding

Bekleding is niet uitgebreid beschouwd omdat de golfrandvoorwaarden gelijk blijven en stroomsnelheden niet relevant zijn.

De golfrandvoorwaarden blijven gelijk omdat de strijklengte gelijk blijft en de golven niet dieptebeperkt zijn. Stroming langs het talud is niet relevant volgens Addendum I van de Leidraad Rivieren [lit.10], waarin het volgende citaat te vinden is:

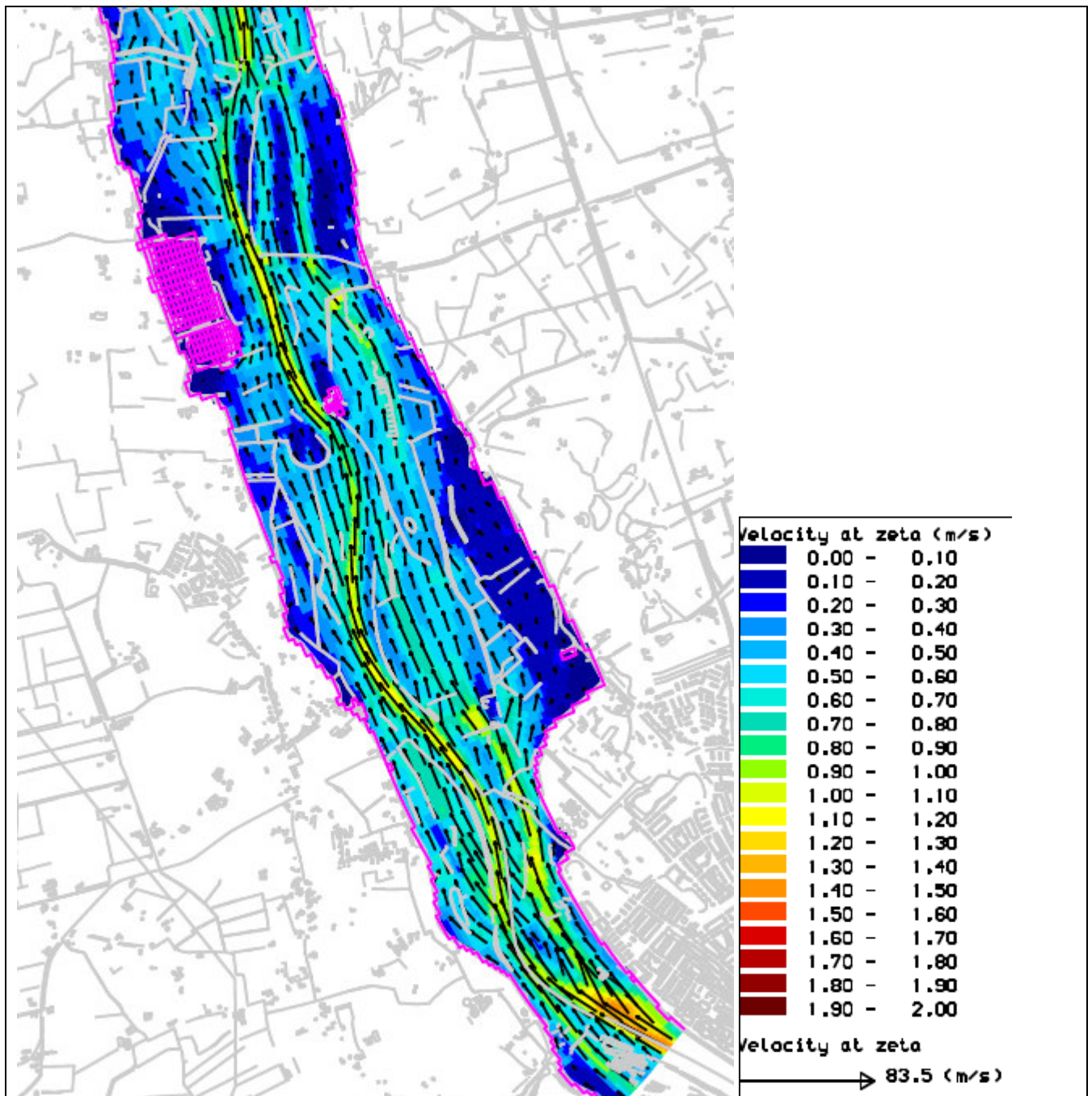
Kader 3: Stroming langs de waterkering als ontwerpbelasting, blz. 23, [lit. 10]

- *Stroming langs de waterkering.*
Belasting van bekleding door stroming is over het algemeen geen maatgevende belastingsituatie ten opzichte van de stroomsnelheden die optreden door golfoploop. Slechts in geval van schaar dijken dient met langsstroming rekening te worden gehouden. Hiervoor is maatwerk nodig.

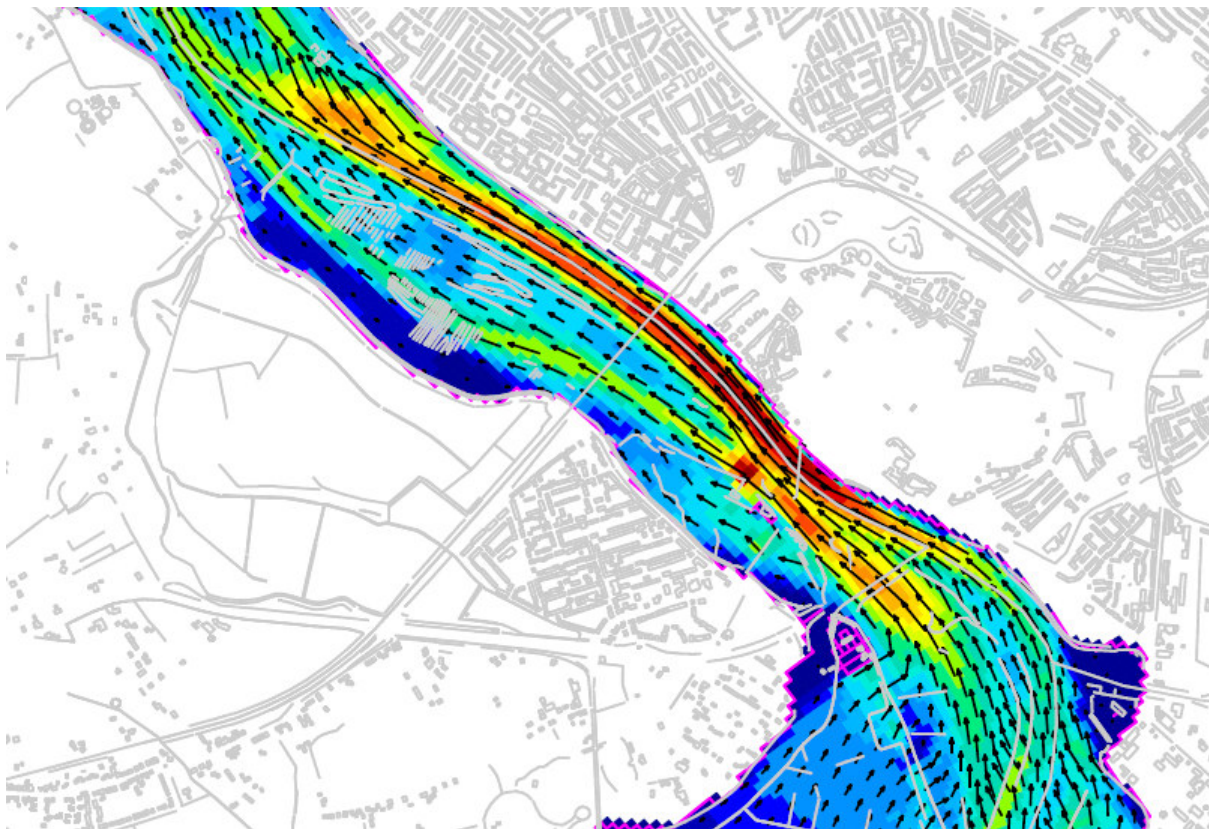
Er is geen sprake van schaar dijken. Evenwel is ter verificatie dat stroomsnelheden niet relevant zijn, een plot gemaakt van de absolute stroomsnelheden op basis van 16.000 m³/s. Een plot hiervan op basis van het meest actuele model is weergegeven in figuur 1 en figuur 2.

Geconstateerd wordt dat de stroomsnelheden aan het talud van de waterkering niet boven de 1,0 m/s komen. Veiligheidshalve moet rekening gehouden worden met een stroomsnelheid die 25 a 35% hoger liggen dan berekend aangezien de onderliggende Waqua-berekeningen niet gecalculeerd zijn op stroming. Aangezien 1,5 m/s praktisch als toelaatbare belasting geldt voor gras, kan evenwel worden gesteld dat erosie van grasbekleding door stroming op het talud niet relevant is in het plangebied.

Geconcludeerd wordt dat (de belasting van) de taludbekleding van de dijk niet beïnvloed wordt door de maatregel, mede aangezien geen ingreep aan de waterkeringen zelf wordt voorzien.



Figuur 1: Stroomsnelheden (m/s) bij maatgevende afvoer volgens het inrichtingsplan, noordelijk deel van het plangebied.



Figuur 2: Stroomsnelheden (m/s) bij maatgevende afvoer volgens het inrichtingsplan, zuidelijk deel van het plangebied.

Piping

Piping is de vorming van een pijp onder de dijk ten gevolge van uitspoelen van gronddeeltjes aan de binnenzijde. De gronddeeltjes spoelen uit door de grondwaterdruk. Dit kan leiden tot bezwijken van de waterkering als de pijp onder de hele dijk doorloopt.

Voor piping is uitgegaan van de beschikbare gegevens ten aanzien van de deklaag en de aanwezige kwelweglengte volgens het inrichtingsplan. De kwelweglengte betreft afstand tussen intredepunt (contact tussen zandlaag en rivier) en de binnenteen. Hierbij is van belang het verval, ΔH , over de waterkering dat bepaald wordt door: waterstand op de rivier – waterstand binnendijks. Het verval bedraagt voor alledrie de locaties circa 3 m, uitgaande van Toetspeil conform HR2006 [lit 5]. Volgens de huidige rekenregels is $18 \cdot \Delta H$ (54 m) een conservatieve kwelweglengte. Recent onderzoek doet echter vermoeden dat grotere kwelweglengtes nodig zijn. In onderstaande hoofdstukken wordt de aanwezige kwelweglengte in de toekomstige situatie uitgedrukt als $C \cdot \Delta H$.

De waterstandsverlaging door Ruimte voor de Rivier is een gunstig effect ten aanzien van piping welke vooralsnog buiten beschouwing wordt gelaten.

Voorland (zettingsvloeiing)

Voor de beoordeling van het faalmechanisme zettingsvloeiing is gebruik gemaakt van de kennis van het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies [lit. 12]. Zettingsvloeiing is een mechanisme waarbij een met waterverzadigde massa zand zeer grote verplaatsingen ondergaat dan wel zich als een zware vloeistof gedraagt (vloeit).

Verweking ontstaat als gevolg van een ongunstige combinatie van losse pakking en taludgeometrie (waarbij ook het spanningsniveau een rol van betekenis speelt). De taludgeometrie kan ongunstig veranderen door een ontgraving, dan wel de mogelijk hierop volgende versteiling of verdieping van het onderwatertalud als gevolg van erosie. In de volgende hoofdstukken is per locatie nagegaan in hoeverre de geometrie ongunstig verandert ten aanzien van voorland en of sprake is van zettingsgevoelige lagen.

Macrostabieliteit buitenwaarts

Macrostabieliteit buitenwaarts is het afschuiven van een groot deel van de waterkering ten gevolge van afname van schuifspanning in de grond en toename van het gewicht van de grond door verzadiging. Dit treedt op als de waterstand tegen een grondlichaam enkele dagen hoog is geweest en dan plots zakt (val van buitenwater). Indien nodig is Macrostabieliteit buitenwaarts beschouwd aan de hand van de beschikbare toetsrapporten. De rekenregels zijn identiek voor toetsing en ontwerp. Er wordt van uitgegaan dat moet worden voldaan aan de veiligheidsfactor 1,03, uitgaande van de norm 1/1.250 in het bovenrivierengebied.

2. Beoordeling kritieke locaties

In Figuur 3 zijn de beschouwde locaties rood omcirkeld. De locaties zijn:

1. De jachthaven in de Stobbenwaard: rechteroever rivier km. 947-948,5, dijkkring 53, hm 53-128 – hm 53-134, Waterschap Groot Salland;
2. Ingang Hengforderwaarden: rechteroever rivier km 951,7, dijkkring 53, hm 53-168 – hm 53-170 Waterschap Groot Salland;
3. Ossenwaard: linkeroever rivier km 945,5, dijkkring 52, Waterschap Veluwe.

Deze locaties zijn aangemerkt als meest kritiek op basis van de vergravingsdiepte en de afstand tot de teen van de waterkering en zijn hieronder nader beschouwd. Detailkaarten met de vergravingsdiepte zijn opgenomen per locatie.



3. Locatie Jachthaven in Stobbenwaarden, rechteroever, dijkkringgebied 53

Beschrijving situatie

De primaire waterkering is in beheer bij Waterschap Groot-Salland. Het beschouwde traject betreft hm 53-128 – hm 53-134. Dit komt globaal overeen met rivierkm 947 – 948,5 [lit. 9]. De bestaande plas wordt uitgediept waar nu een jachthaven is. De plas wordt verlengd in noordelijke richting met een maximale ontgravingsdiepte van ongeveer 6 meter ten opzichte van het huidige maaiveld. Een groot gedeelte van de vergraving valt binnen de buitenbeschermingszone (zone binnen 100 meter van de teen), zie figuur 4. De afstand tussen de insteek van de vergraving tot de teen van de dijk is ruim 45 m.

De locatie die als kritisch is aangemerkt betreft hm 53-128. Het profiel is aangegeven in figuur 3. Beschouwd zijn de faalmechanismen piping, zettingsvloeiing en macrostabiliteit buitenwaarts. Toetspeil bedraagt NAP+7,70 m (km 947) [lit. 5].

Risico op piping

De te beoordelen ingreep betreft een ontgraving op meer dan 45 m afstand van de teen van de dijk in het voorland, zodat het dijklichaam zelf door de ontgraving niet wordt beïnvloed. De ontgraving reikt dieper dan de onderkant van de kleilaag, zie figuur 4. De kleilaag is overal in het voorland aangetroffen maar heeft een geringe dikte (circa 1 m). Deze laag wordt door de maatregelen niet aangetast tussen de teen en circa 45 m buitendijs. In het achterland is de kleilaag niet aanwezig.

De kwelweglengte door het onderliggende zand neemt af omdat de ligging van het intredepunt (naar het onderliggende zandpakket) voor rivierwater richting de dijk verschuift door de ontgraving. De afstand tussen het intredepunt aan de rivierzijde en het uitredepunt aan de binnenteen bedraagt nog altijd circa 50 m (afstand teen van de dijk tot onderkant deklaag) + de breedte van de dijkzate. De breedte van de dijk bedraagt orde 30 m. Het verval (ΔH) bedraagt circa 3 m. De kwelweglengte is orde $27 \cdot \Delta H$. De kwelweglengte is, gegeven het geringe verval, ruim voldoende om het risico dat 'piping' ontstaat als gevolg van de ontgraving, als verwaarloosbaar klein te beschouwen.

Risico op zettingsvloeiing

De top van het zand bevindt zich op circa NAP +3 m. Naar verwachting ligt de top onder water tijdens de uitvoering. De ontgravingshelling is 1V:5H en het zand wordt, bij gebrek aan gegevens, als verwekingsgevoelig beschouwd. Tevens verhoogt de kans op zettingsvloeiing beperkt door ophogen van het voorland tussen hm 53-124 en hm 53-125.

Indien verweking optreedt dan ontstaat een restprofiel dat de huidige dijk ondermijnt. De kans op falen door zettingsvloeiing is reëel en dient te worden gereduceerd door aanbrengen van bestorting. Dit wordt nader uitgewerkt in hoofdstuk 7.

Risico macrostabiliteit buitenwaarts

De eenvoudige toetsing conform VTV2006 [lit. 7] is toegepast (zie ook Figuur 4).

In feite komt de beoordeling neer op toetsing aan de volgende voorwaarden:

- Voorwaarde 1: $V > 1,5H_1$;
- Voorwaarde 2: $V > M_{rek}$.

Met:

- $M_{rek} = 2 \cdot H_{vw} + 1,5 \cdot (H_{geul} - H_{vw})$;
- H_{vw} = dikte van verwekingsgevoelige laag (hier gelijkgesteld aan H_{geul}^1);
- H_{geul} = geuldiepte (t.o.v. voorland).

¹ Dit is een veilige aanname: de bodem wordt in z'n geheel als verwekingsgevoelig beschouwd.

En:

- Voorwaarde 3: $n > 2,5$ (= helling van het buitentalud is flauwer of gelijk aan 1:2,5);
- Voorwaarde 4: $h + D_1 < 6$;
- Voorwaarde 5: $D_2 > H + D_1$.

De parameters worden toegelicht in figuur 4.

Als aan alle voorwaarden wordt voldaan is het oordeel 'voldoende'. In andere gevallen is gedetailleerde toetsing nodig.

Invullen levert op:

$$V = 45 \text{ m}$$

$$H_1 = \text{kruinhoogte} - \text{GWS} = \text{NAP}+8\text{m} - \text{NAP}+2,1 \text{ m} = 5,9 \text{ m}$$

Voorwaarde 1: $V > 1,5 H_1 = 8,85$ (voldoet)

$$H_{vw} = H_{geul} = 7 \text{ m (NAP}+5 - \text{NAP}-2 \text{ m)}$$

$$M_{rek} = 2 * 7 + 1,5 * 0 = 14 \text{ m}$$

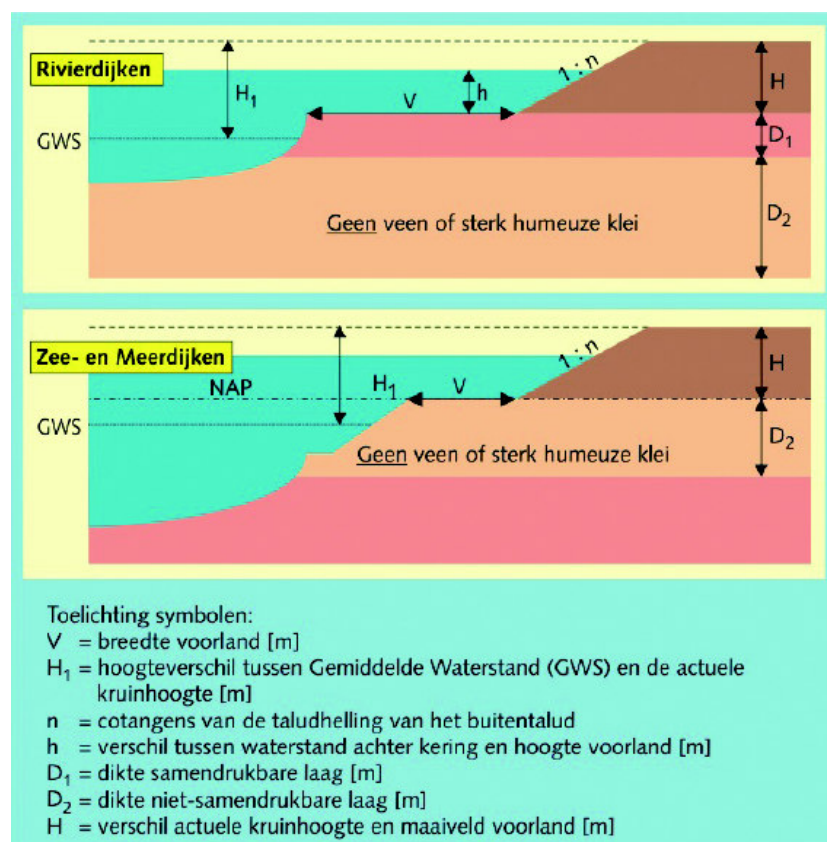
Voorwaarde 2: $V > M_{rek} = 14 \text{ m}$ (voldoet)

Voorwaarde 3: $n = \text{ca. } 3 > 2,5$ (voldoet)

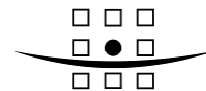
$$h = 4,7 \text{ m (7,7 - 3)}$$

Voorwaarde 4: $4,7 + 1 < 6$ (voldoet)

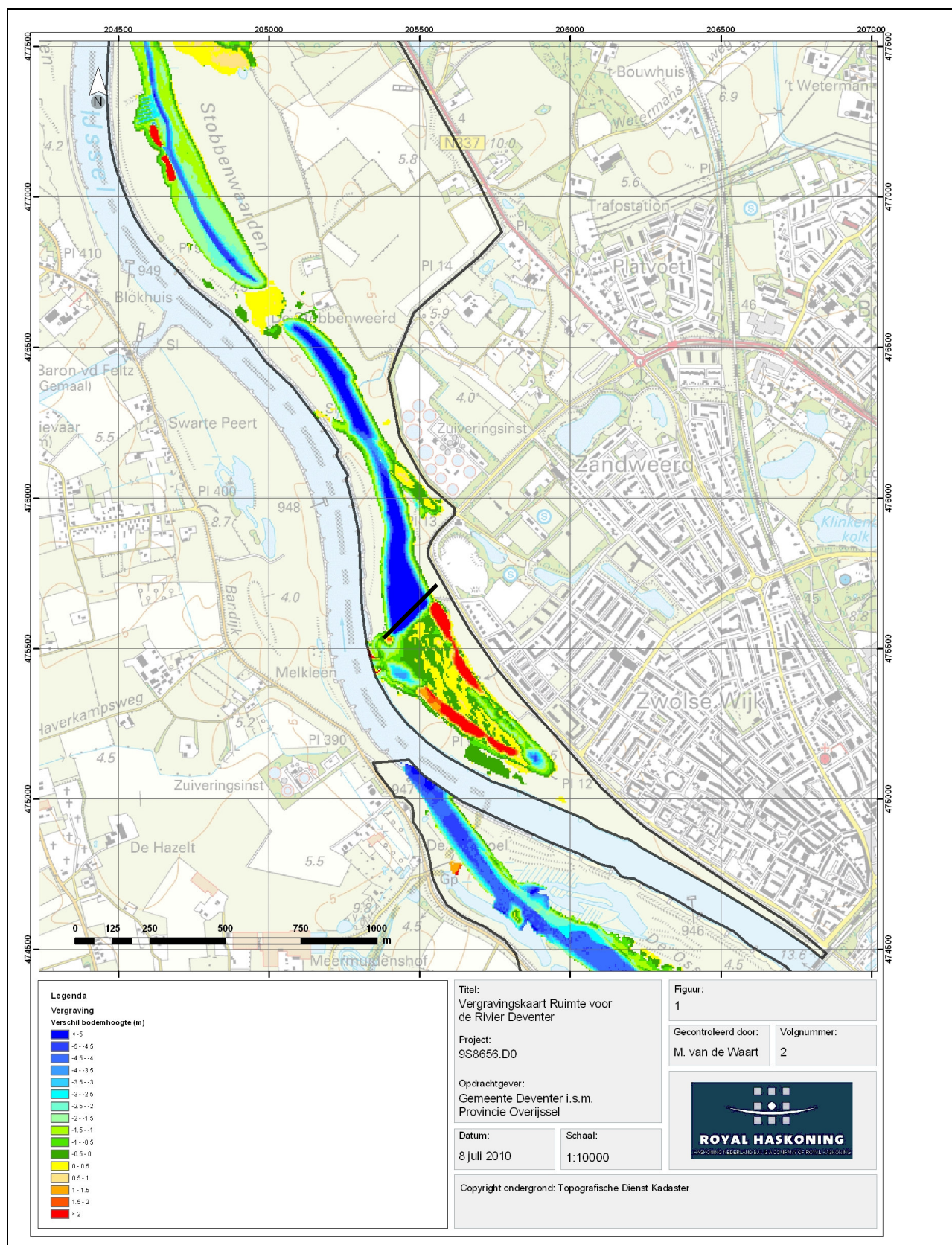
Voorwaarde 5: $D_2 > 3 + 1 = 4 \text{ m}$ (voldoet, er is geen veen of sterk humeuze klei aanwezig)



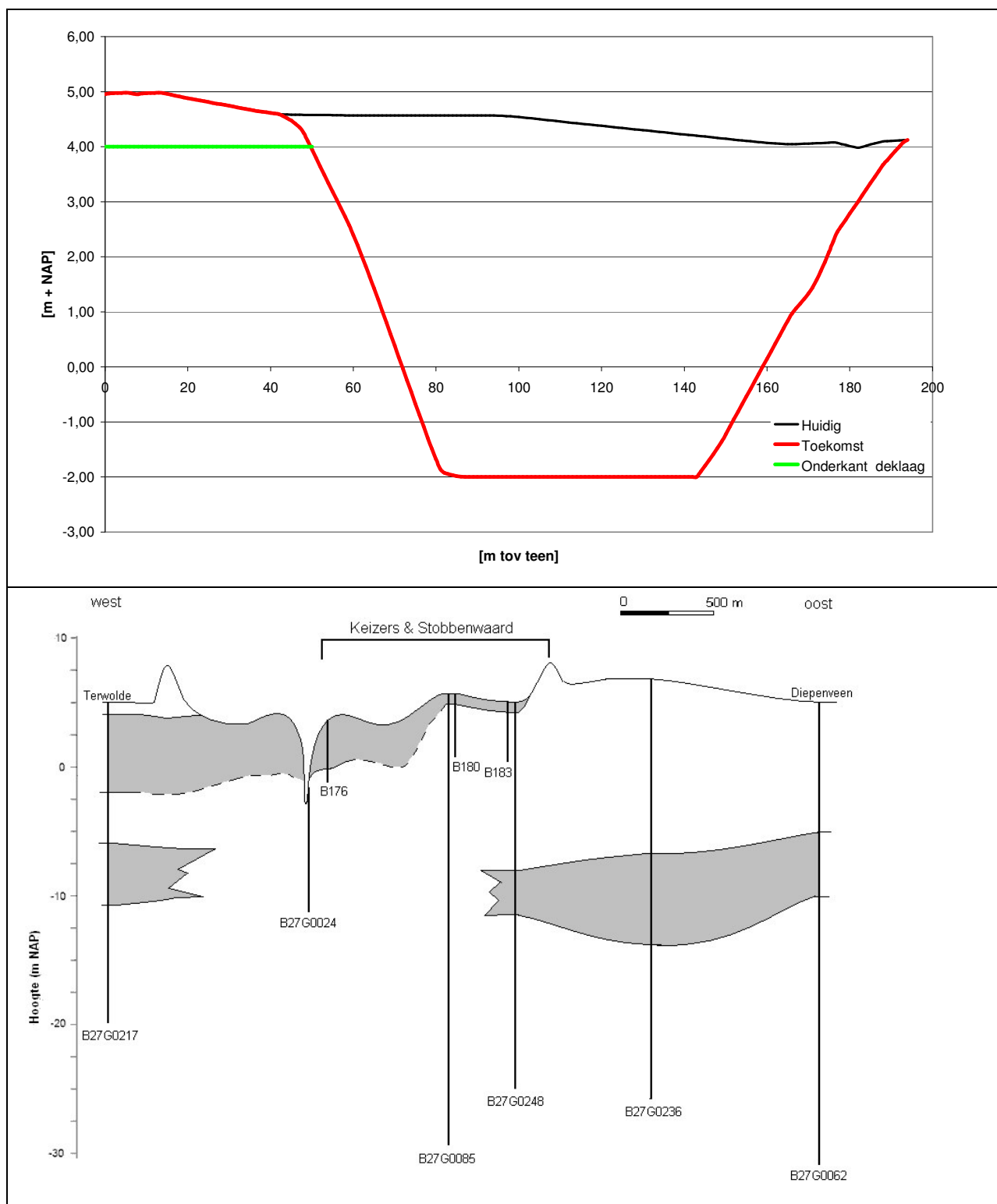
Figuur 4: VTV figuur 5-4.17 [lit. 7]



ROYAL HASKONING



Figuur 5 : Vergravingskaart en locatie dwarsprofiel Jachthaven Stobbenwaarden.

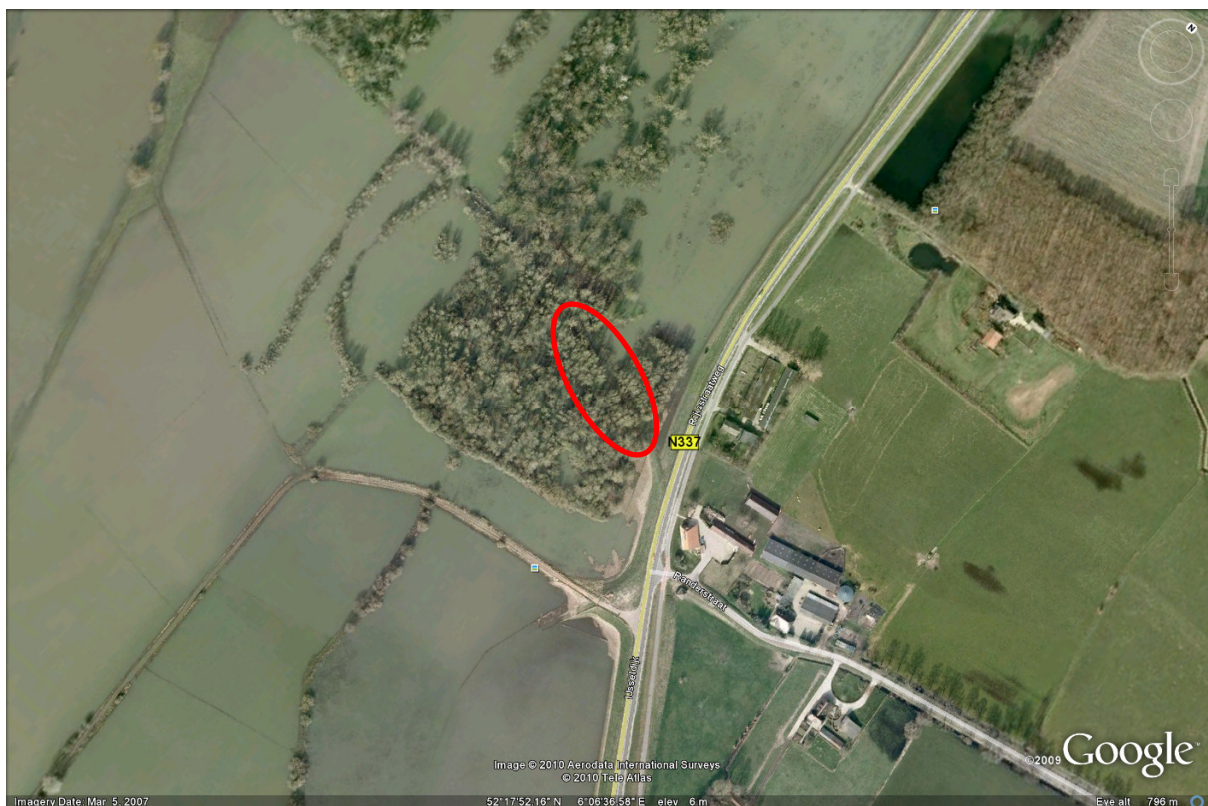


Figuur 6: Profiel en opbouw ondergrond [6], hm 53-128

4. Locatie Hengforderwaarden, rechteroever, dijkkring 53

Beschrijving situatie

De primaire waterkering is in beheer bij Waterschap Groot-Salland. Het beschouwde traject betreft hm 53-168 – hm 53-170. Dit is het meest kritische gedeelte van het deelgebied Hengforderwaarden aangezien de ingreep op de waterkering plaatsvindt. De locatie komt globaal overeen met rivierkm 951,7. De locatie is aangegeven in Figuur 3 en meer in detail in Figuur 7. Bij de ingang van natuurgebied Hengforderwaarden worden dwarskades verlaagd met 1,5 meter tot het niveau van omliggend maaiveld. Deze kade ligt binnen de kernzone, de beschermingszone en de buitenbeschermingszone, maar ingrepen vinden alleen in de beschermings- en buitenbeschermingszone plaats. De huidige oprit blijft behouden, waardoor de ingreep op 20 m uit de teen van de dijk – en daarmee buiten de kernzone – blijft. Het Toetspeil bedraagt NAP +7,40m (kmr 951) [lit. 5].



Figuur 7: Locatie kade Hengforderwaarden

Risico op piping

De deklaag is in de Hengforderwaarden 3 m tot 4 m dik.

De verlaging van de kade vindt plaats in de beschermingszone. De deklaag wordt niet doorsneden door de maatregelen, want deze ingreep betreft geen ontgraving in de natuurlijke ondergrond, maar alleen van de kade. Evenwel moet voorkomen worden dat de afgraving ertoe leidt dat een intredepunt aan de teen van de dijk wordt gecreëerd. De kade komt niet lager dan omliggend maaiveld en wordt ingezaaid met gras.

Er is geen negatief effect voor piping te verwachten door de vergraving van de uiterwaarden. De intrede- en uittredepunten blijven op gelijke afstand van de dijk, waardoor de kwelweglengte gelijk blijft. De vergraving doorsnijdt de deklaag niet en de dekking bedraagt minimaal 1,5 m. De vergraving van de deklaag vindt plaats op dusdanige afstand van de dijk dat voldoende dekking overblijft binnen de zone waarin de kwelweglengte kritisch wordt (54 m ten opzichte van de binnenteen of 30m vanuit de buitenteen), uitgaande van $18\Delta H$.

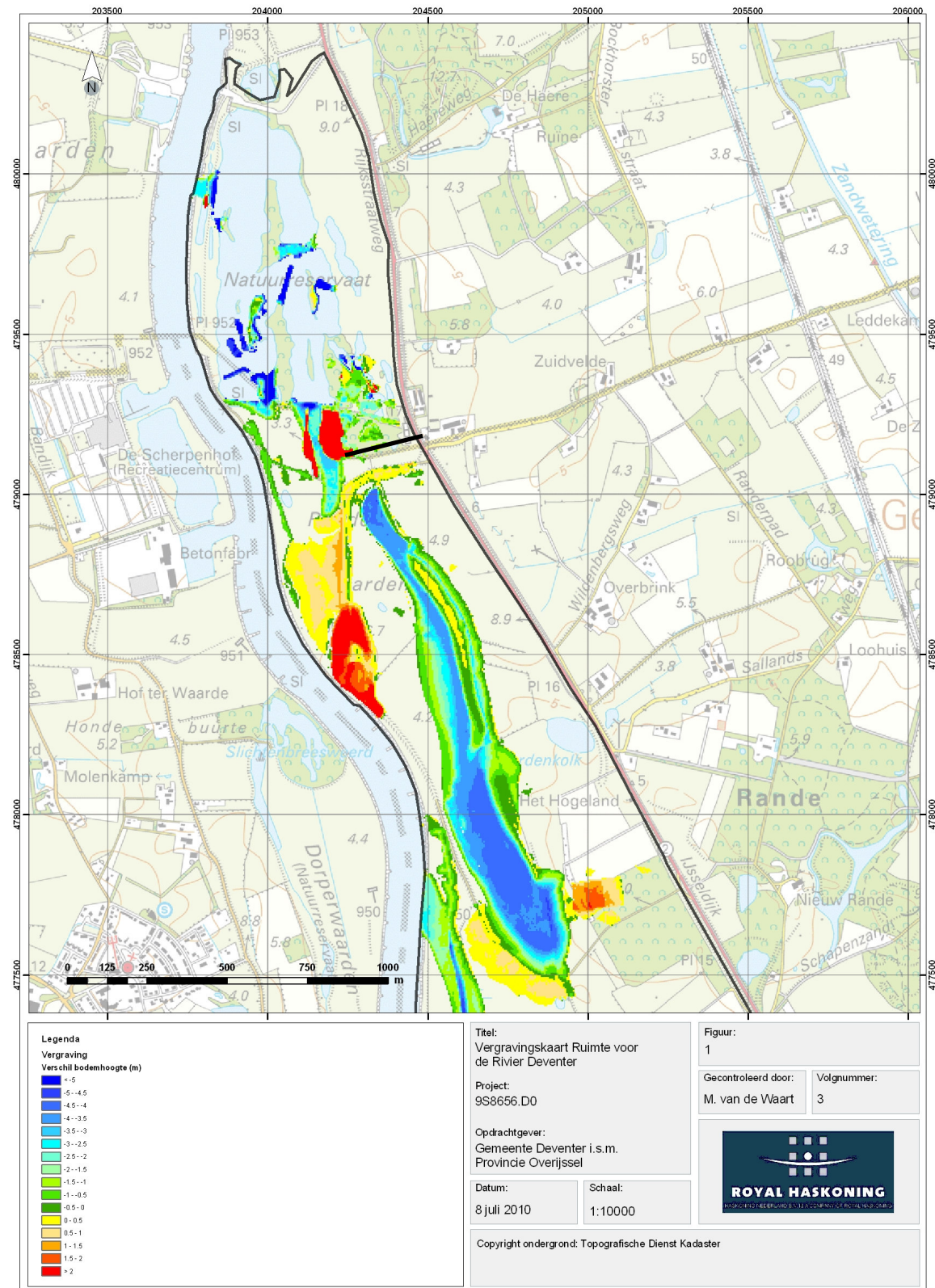
Risico op zettingsvloeiing

Optreden van zettingsvloeiing is niet aannemelijk. De ontgraving vindt volledig plaats in cohesief materiaal. Zettingsvloeiing treedt niet op in cohesief materiaal.

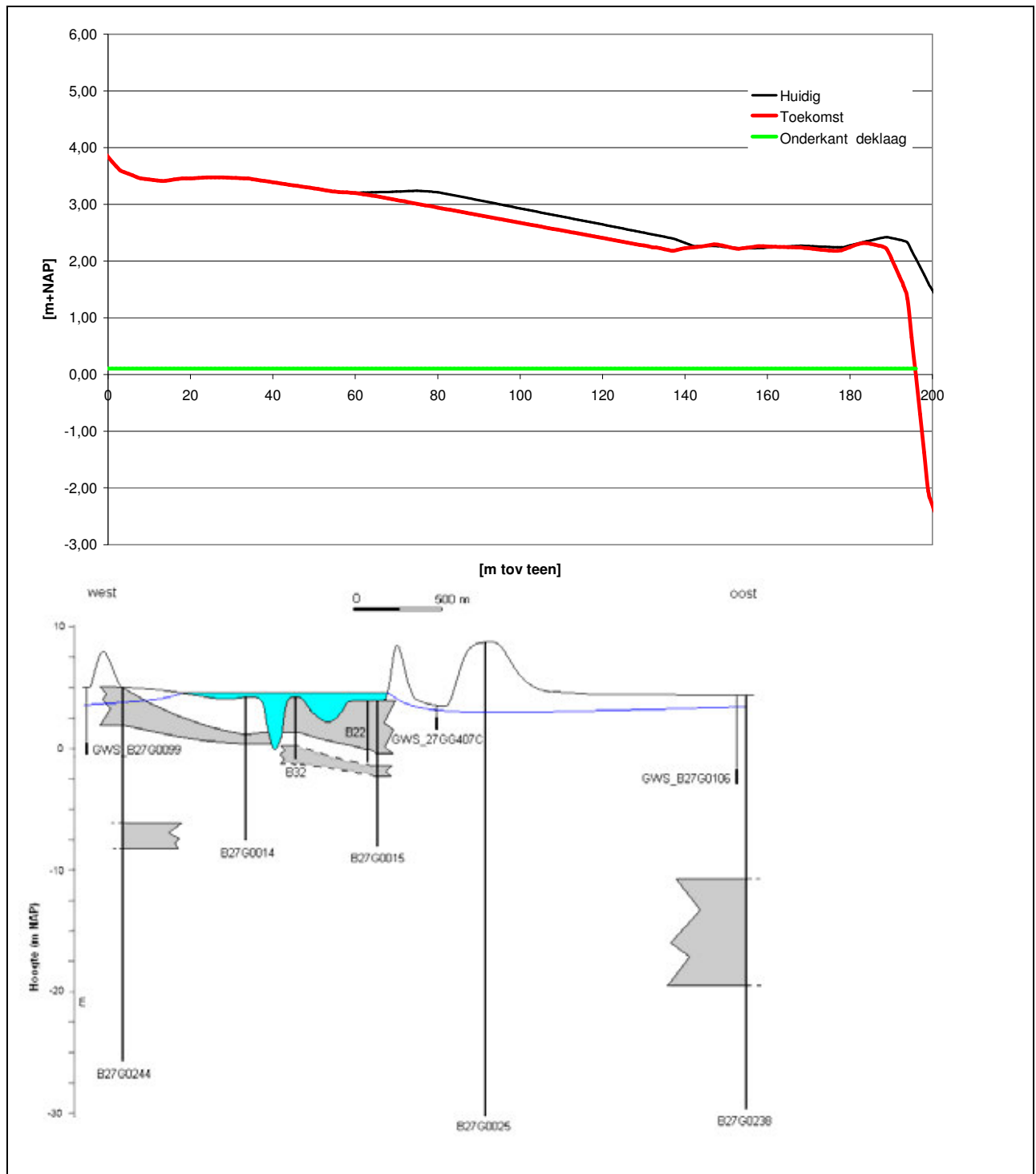
Risico van macrostabiliteit buitenwaarts

Door verwijdering van de top van de kade neemt het gewicht aan de buitenzijde van het dwarsprofiel af. Dit effect is beperkt aangezien de kade slechts 1,5 m hoog is, 5m breed. Het dwarsprofiel van de dijk is na uitvoering gelijk aan de naastgelegen dwarsprofielen en biedt daarmee dezelfde waterkeringsveiligheid of hoger gegeven het lagergelegen maaiveld aan de noordkant van de locatie. De kans op instabiliteit wordt verwaarloosbaar klein geacht aangezien macrostabiliteit buitenwaarts daar nu voldoet met een veiligheidsfactor 1,14 volgens [lit. 9], gegeven de eis van 1,03 is er zelfs sprake van een redelijke marge. Geconcludeerd wordt dat de waterkering na de werkzaamheden zeer waarschijnlijk voldoet aan de norm.

De vergraving van de uiterwaard vindt op een dusdanige afstand van de teen van de waterkering (20 m) plaats dat de ondergrond van de dijk ten aanzien van macrostabiliteit niet beïnvloed wordt.



Figuur 8: Vergravingskaart met locatie dwarsprofiel Hengforderwaarden.



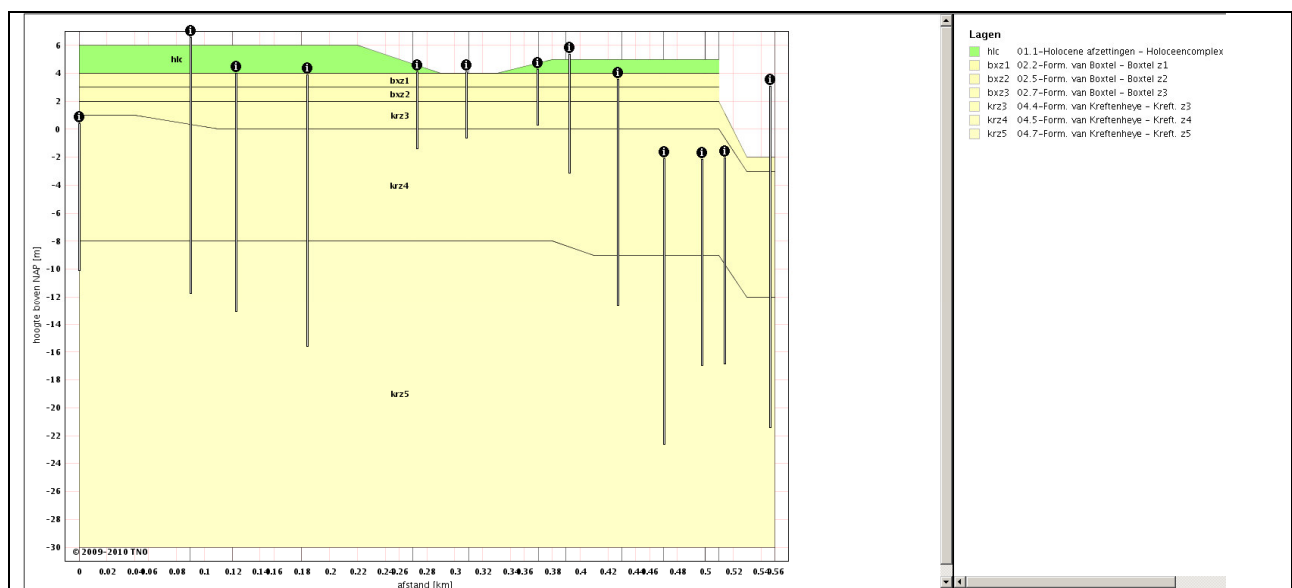
Figuur 9: Profiel en opbouw ondergrond [6], hm 53-170

5. Locatie Ossenwaarden

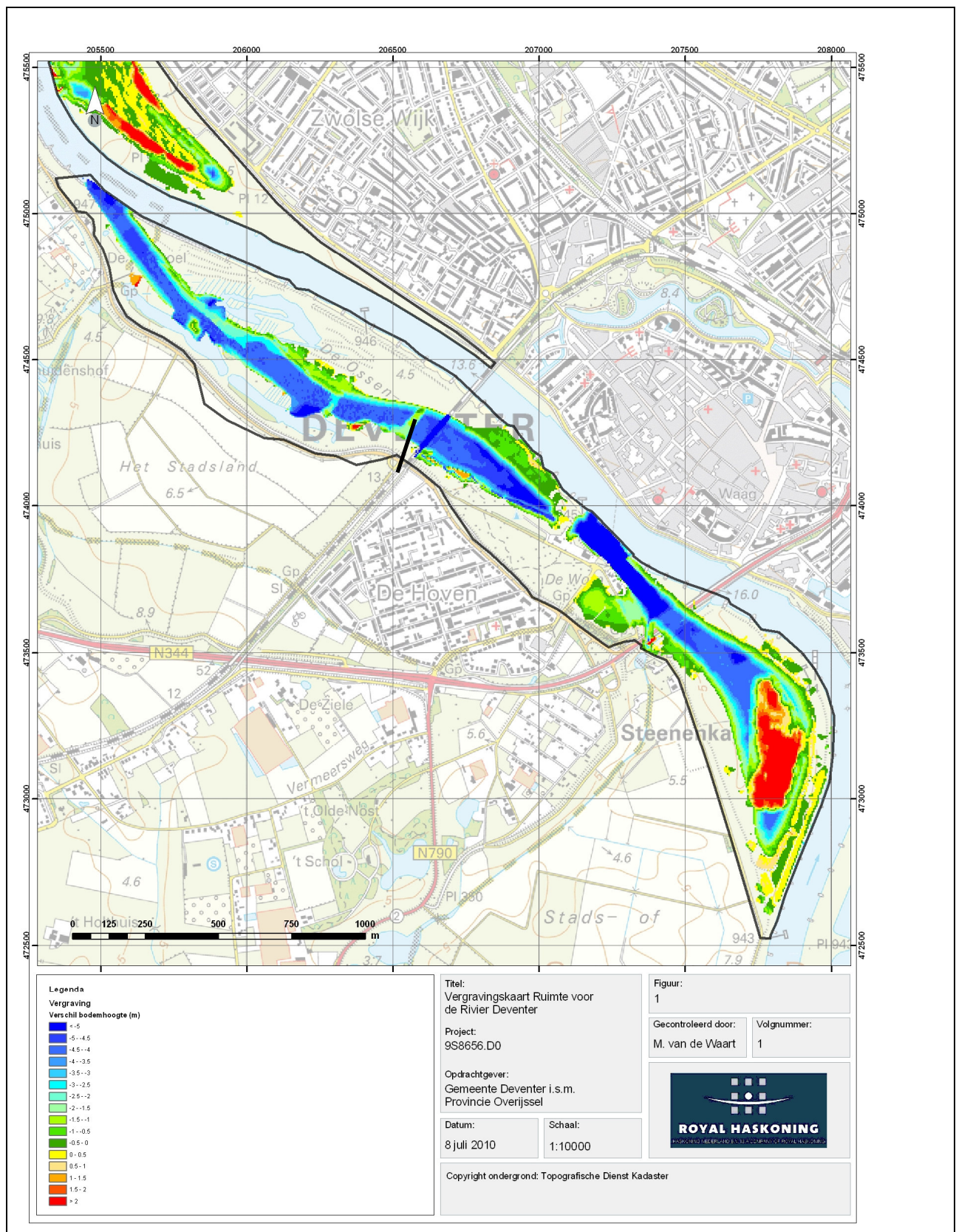
Beschrijving situatie

De primaire kering is in beheer bij Waterschap Veluwe. Het beschouwde traject maakt onderdeel uit van dijkkringgebied 52, Oost-Veluwe. Voor de aanleg van de bestaande strangen in de uiterwaard worden de huidige geulen maximaal 4,5 meter (tot NAP -0,5m) uitgediept ten opzichte van de huidige situatie. De insteek van de geulen blijft op gelijke afstand van de teen van de waterkering. Een groot gedeelte van de nieuwe geul bevindt zich binnen de invloedszone.

De geulen blijven op dezelfde afstand van de waterkering als in de huidige situatie, namelijk meer dan 30 m van de teen van de waterkering de maatregelen vinden dus plaats in de buitenbeschermingszone. Uitgegaan is van het profiel bij de spoorbrug kmraai 945,5. Dit profiel is maatgevend voor het gehele dijktraject van Waterschap Veluwe dat binnen het plangebied ligt (dp 350 – 370). Het Toetspeil ter plaatse is NAP +7,90m (kmr 945) [lit. 5].



Figuur 10: Profiel en opbouw ondergrond [6] DR 52, dp 372, rivierkm 945,5



Figuur 11: Vergravingskaart en locatie dwarsprofiel Ossenwaarden.

Risico op piping

In de veiligheidstoetsing is de dijk 'goed' beoordeeld op het mechanisme piping. De te beoordelen ingreep betreft een ontgraving in het voorland met de insteek op 45 m afstand van de buitenteen van de dijk. Het dijklichaam wordt daarom door de ontgraving niet beïnvloedt. Door de ontgraving verschuift het intredepunt richting de dijk, maar de deklaag onder en achter de dijk wordt niet aangetast. De ontgraving reikt dieper dan de onderkant van de kleilaag. De kwelweglengte neemt af want de ligging van het intredepunt voor rivierwater (naar het onderliggende zandpakket) verschuift richting dijk. Het afdekkende kleipakket loopt voldoende ver door naar het achterland en is voldoende dik en zwaar, mede gezien het geringe verval over de dijk onder maatgevende condities, om opbarsten aan de binnenkant van de dijk met voldoende zekerheid uit te kunnen sluiten.

Bovendien is de kwelweglengte, gegeven het geringe verval ΔH (orde 3m), voldoende groot. De kwelweglengte bestaande uit voorland + breedte van de dijk bedraagt zeker $24\Delta H$ (74 m) tussen intredepunt en binnenteen.

Het risico dat 'piping' ontstaat als gevolg van de ontgraving wordt als verwaarloosbaar klein ingeschat op grond van de thans bekende uitgangspunten.

Risico zettingsvloeiing voorland

De Leidraad Rivieren verwijst voor de beoordeling van het faalmechanisme zettingsvloeiing naar het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies [lit. 12].

De ontgravingsdiepte in de geul, ten opzichte van het oorspronkelijke maaiveld, is maximaal 4,5m. De ontgraving reikt tot maximaal 2 m in het zand. Het zand wordt in deze analyse als 'verwekingsgevoelig' beschouwd als conservatieve aanname omdat er geen gegevens bekend zijn omtrent de pakkingsdichtheid van het zand.

De nadelige effecten van eventuele zettingsvloeiing zijn echter nihil aangezien de omvang van de verweekte zone klein blijft. De vloeiing kan zich immers niet onbeperkt uitbreiden. De uitbreiding wordt beperkt door de geringe ontgravingsdiepte in het zand en de aanwezigheid van de afdekkende kleilaag. De inscharingslengte blijft naar verwachting beperkt tot maximaal 20 m en kan alleen bij diepere ontgravingen voorkomen. De effecten zijn ook verwaarloosbaar in relatie tot het hierboven beschreven mechanisme piping, zodat eventuele risico's verbonden aan het mogelijk optreden van verweking als aanvaardbaar klein worden ingeschat.

Risico macrostabiliteit buitenwaarts

De eenvoudige toetsing conform VTV2006 [lit. 7] is toegepast (zie ook Figuur 4).

In feite komt de beoordeling neer op toetsing aan de volgende voorwaarden:

- Voorwaarde 1: $V > 1,5H_1$;
- Voorwaarde 2: $V > M_{rek}$.

Met:

- $M_{rek} = 2 * H_{vw} + 1,5 * (H_{geul} - H_{vw})$;
- H_{vw} = dikte van verwekingsgevoelige laag (hier gelijkgesteld aan H_{geul}^2);
- H_{geul} = geuldiepte (t.o.v. voorland).

En:

- Voorwaarde 3: $n > 2,5$ (= helling van het buitentalud is flauwer of gelijk aan 1:2,5);
- Voorwaarde 4: $h + D_1 < 6$;
- Voorwaarde 5: $D_2 > H + D_1$.

² Dit is een veilige aanname: de bodem wordt in z'n geheel als verwekingsgevoelig beschouwd.

Als aan alle voorwaarden wordt voldaan is het oordeel 'voldoende'. In andere gevallen is gedetailleerde toetsing nodig.

Invullen levert op:

$$V = 60 \text{ m}$$

$$H_1 = \text{kruinhoogte} - \text{GWS} = \text{NAP}+8,4 \text{ m}^3 - \text{NAP}+2,1 \text{ m} = 6,3 \text{ m}$$

Voorwaarde 1: $V > 1,5 H_1 = 9,45$ (voldoet)

$$H_{vw} = H_{geul} = 4,5 \text{ m (NAP +4 - NAP -0,50 m)}$$

$$M_{rek} = 2 * 4,5 + 1,5 * 0 = 9 \text{ m}$$

Voorwaarde 2: $V > M_{rek} = 9 \text{ m}$ (voldoet)

Voorwaarde 3: $n = \text{ca. } 3 > 2,5$ (voldoet)

$$h = 3,9 \text{ m (7,9 - 4)}$$

Voorwaarde 4: $3,9 + 2 < 6$ (voldoet)

Voorwaarde 5: $D_2 > 3 + 1 = 4 \text{ m}$ (voldoet, er is geen veen of sterk humeuze klei aanwezig)

Aanbevelingen

Voorgesteld wordt dat

1. de verwekingsgevoeligheid van het materiaal wordt onderzocht door vaststelling van pakkinsdichtheid en verwekingsgevoeligheid van het zand;
2. na uitvoering de vooroever wordt gemonitord door regelmatige meting van de geometrie. In geval versteiling van de onderwateroever optreedt, dient bestorting te worden aangebracht.

Er dient te worden voorkomen dat de ontgravingsgeul zich op termijn verdiept en verplaatst richting de dijk. In dat geval zou een mogelijke inscharing als gevolg van verweking kunnen reiken tot in de directe invloedszone van de dijk met alle mogelijke gevolgen daarvan. Hierop wordt ingegaan in het volgende hoofdstuk.

6. Morfologische ontwikkeling van nevengeulen

Het waterschap heeft aanmerkingen ten aanzien van de beschouwde afvoeren ten aanzien van morfologische effecten en vraagt zich af of het niet noodzakelijk is berekeningen uit te voeren van 16.000 m³/s bij Lobith. Deze vraag berust op de veronderstelling dat de 16.000 m³/s bij Lobith maatgevend is voor de erosie van de nevengeulen en daarmee voor de bedreiging van de waterkeringsveiligheid door verlegging van de nevengeulen. Er zijn ook wel berekeningen gemaakt met 16.000 m³/s, zie [lit. 16, 17], maar deze zijn alleen gebruikt voor de beschouwing van de stroomsnelheden.

In het Mer, deel A [lit. 14], paragraaf 8.2.2 staat de rivierkundige, hydraulische en morfologische effectbeschrijving. Wij citeren hieruit:

³ Afgeleid uit [lit. 8]

Kader 4: Erosie en aanzanding nevengeulen [lit. 14]

“Inzicht in de mate van aanzanding en erosie in de nevengeulen wordt verkregen uit het stroombeeld tijdens bankfull afvoer (4.000 m³/s Bovenrijn). Bij deze afvoer is de IJssel ongeveer tot aan de uiterwaarden gevuld en blijken de aangetakte nevengeulen nog niet of nauwelijks mee te stromen: de stroomsnelheid blijft daar ver onder 0,3 m/s, zodat er weinig erosie en aanzanding is te verwachten, omdat er geen eigen morfologische activiteit (sedimenttransport) is (score 0). Overigens zal bij hogere afvoeren in de nevengeulen wel meer morfologische activiteit kunnen optreden dan thans: dit is gunstig voor de ecologische ontwikkeling van de geulen en voor de morfodynamiek van de uiterwaarden.

Voor de erosiebestendigheid van de uiterwaarden geldt, bij een afvoer van 10.000 m³/s op Bovenrijn, dat de stroomsnelheden over het gehele projectgebied gezien afnemen boven de uiterwaarden, wat over het geheel gezien gunstig is. Dit is niet verwonderlijk omdat er immers sprake is van rivierverruiming ter hoogte van de uiterwaarden. Alleen dáár waar er sprake is van meer uitstroming of toestroming uit en naar de hoofdgeul nemen de stroomsnelheden toe: dit is vooral ter plaatse van de bij deze afvoer meestromende nevengeulen, waar ze dat in de referentie niet of nauwelijks deden. Deze toename is maximaal 0,5 m/s. Dit is zeker niet verwaarloosbaar, maar de absolute stroomsnelheden blijven ter plaatse beperkt: doorgaans lager dan 1 m/s, alleen bij de Bolwerksplas en de Worp nemen de stroomsnelheden lokaal toe tot circa 1,5 m/s. Voor de uiterwaarden liggen deze stroomsnelheden onder de grens waarbij noemenswaardige erosie kan optreden. De oevers van de geulen kunnen bij deze 1/10 jaar afvoer echter wel enigermate eroderen. Een dergelijke erosie dient, zoals te doen gebruikelijk, met adequate monitoring te worden gevolgd.”

Uit het voorgaande kan worden afgeleid dat de stroomsnelheden bij bedvallende afvoer in de nevengeulen voor de rivierverruiming bij Deventer dusdanig laag zijn dat in die situatie zeker geen morfologische ontwikkeling zal optreden. Dit wijkt af van de veel voorkomende situatie waarin nevengeulen volledig zijn aangetakt op de hoofdgeul (en daarmee volledig meestromend zijn); hierbij wordt bedvallende afvoer doorgaans als maatgevend verondersteld voor de morfologische ontwikkelingen. De geulen bij Deventer zijn dus als laagdynamisch te bestempelen. Alleen bij hogere afvoeren zullen ze meer gaan meestromen en kan er enige morfologische ontwikkeling optreden. Deze zal dan vooral zijn geconcentreerd bij de locaties van in- en uitstroming van de geulen, omdat hier de stroomveranderingen het grootst zijn (erosie en sedimentatie ontstaat door verschillen in transportcapaciteit).

De hogere snelheden in de geulen tijdens afvoeren die groter zijn dan bedvallend, kunnen in principe ook horizontale veranderingen teweegbrengen, waardoor er theoretisch geulverlegging mogelijk is (meandering, uitbreken van bochten). Opgemerkt wordt dat altijd enige oevererosie kan optreden, met bijgevolg beperkte oeveraanpassingen; dit is echter hier niet van belang, zolang er geen grootschalige geulverlegging plaatsvindt. Grootschalige geulverlegging kan van belang zijn voor de standzekerheid van de nabije waterkeringen, wanneer de geul hierdoor vlak onder de kering door gaat lopen. Praktisch gezien blijkt dit echter in onze riviersystemen doorgaans niet op te treden; alleen wanneer een nevengeul al bij aanleg op (nagenoeg) minimale afstand langs de waterkering loopt, is het uit voorzorg zinvol een tegenmaatregel tegen geulverlegging aan te brengen (zoals een grindkist, als ‘verborgen verdediging’). Bij de nevengeulen in Deventer is in de initiële situatie niet sprake van een minimale afstand tot de waterkeringen.

De reden dat nevengeulen bij hogere afvoeren, en daarmee bij hogere stroomsnelheden in de geulen, in horizontale zin niet sterk dynamisch worden, komt door de stroomgeleiding over de uiterwaarden: er is bij hoger worden afvoeren in toenemende mate sprake van sterke stroming over de uiterwaarden, die de neiging heeft de stroming in de nevengeul 'gelijk te richten'. In deze situatie van samengestelde stroming, kan het zelfs zover komen dat de binnenbochten van de geulen meer gaan eroderen en de buitenbochten meer gaan aanzanden, waardoor de geulen de neiging hebben te worden rechtgetrokken. Hoe hoger de afvoer des te meer deze tendens optreedt. Dit betekent ook dat de afvoeren bij MHW niet als maatgevend worden gezien voor de horizontale dynamiek van de geulen. De maatgevende afvoer is normaliter de bedvullende afvoer. Bij Deventer zijn de geulen bij deze afvoeren inactief en daarom is ook een afvoer van 10.000 m³/s bij Lobith doorgerekend. Een afvoer van 16.000 m³/s bij Lobith zal echter zeker niet maatgevend zijn voor de horizontale dynamiek. Voorgaande geldt alleen wanneer de sterke uiterwaardstroming min of meer evenwijdig aan de rivieras loopt. Lokaal kan de stroming in de uiterwaard sterk afwijkend zijn, maar doorgaans zal deze nooit naar de kering zijn toegericht. Bij nevengeulen die dicht onder de waterkering zijn aangelegd, zal aan dit punt aandacht moeten worden geschonken. Hiervan is bij Deventer echter geen sprake.

Opgemerkt wordt nog dat we in het algemeen in de Nederlandse laaglandrivieren (met uitzondering dus van de Grensmaas) maar weinig activiteit zien. Dit wordt enerzijds veroorzaakt door de relatief lage stroomsnelheden en anderzijds door de erosiebestendige kleilaag op de uiterwaarden en op de oeverranden van de nevengeulen. Deze kleilaag beperkt de mate van horizontale dynamiek ook sterk. Verticale dynamiek is wel mogelijk, bijvoorbeeld bij de instroming en uitstroming van de geulen. Dit is echter niet van belang voor geulverleggingen en daarmee voor de waterkeringveiligheid.

Wel is het gebruikelijk om de ligging van de geulen van tijd tot tijd te monitoren; eventuele morfologische veranderingen kunnen dan worden gevolgd en tijdig worden gecorrigeerd, mocht dat nodig zijn (wat gezien het voorgaande overigens niet hoeft te worden verwacht).

De stroomsnelheden aan de dijk blijven onder 1,5 m/s, een snelheid die door grasbekleding goed kan worden weerstaan. Geconcludeerd kan worden dat stroming langs de waterkering daarom niet relevant is.

Conclusies t.a.v. morfologische ontwikkeling van de nevengeulen

Er is bij aanleg van de nevengeulen bij Deventer geen sprake van een minimale afstand tot de waterkering.

1. De geulen zijn minder dynamisch dan doorgaans bij rivierverruimingsprojecten, omdat ze voorzien zijn van een hoge instroomdrempel. Hierdoor stromen ze bij bedvullende afvoer nog maar weinig mee en zijn ze dan morfologisch inactief.
2. Bij hogere afvoeren zijn de geulen beter vergelijkbaar met die bij andere uiterwaardverruimingen; sterke geulverleggingen zijn echter niet te verwachten, conform de ervaringen bij andere projecten.
3. Bij hoger wordende afvoeren gaat de uiterwaardstroming een steeds grotere rol spelen: door de samengestelde stroming met de geul heeft deze stroming een gelijkrichtende werking op de geul, welke de meanderende tendens van de geul tegengaat. Extreme afvoeren worden voor de nevengeuldynamiek dan ook niet als maatgevend verondersteld.
4. De dynamiek van de geulen zal zich vooral in verticale zin manifesteren, met name bij de instroming en bij de uitstroming van de geulen.

5. Het is 'goede praktijk' om de ligging van de geulen te monitoren en waar nodig corrigerende maatregelen te treffen mocht dit onverhoopt nodig zijn (wat hier overigens niet wordt verwacht). Geulverleggende processen zullen, zo ze al zouden optreden, dermate traag verlopen dat hier alle tijd voor zal zijn.

7. Conclusies en aanbevelingen

Voor de werken in het kader van ruimte voor de Rivier te Deventer is keurontheffing nodig van Waterschap Groot-Salland en Waterschap Veluwe omdat werkzaamheden in de buitenbeschermingszone plaatsvinden.

Voor de ontgravingen op de rechteroever (zijde Deventer) is een keurontheffing nodig van Waterschap Groot-Salland voor alle ontgravingen binnen 100 m van de teen van de dijk (orde 125 m van de as van de dijk).

Voor de ontgravingen op de linkeroever is een keurontheffing nodig van Waterschap Veluwe voor alle ontgravingen binnen 150 m van de teen van de dijk (orde 175 m van de as van de dijk).

Voor de jachthaven in de Stobbenwaard dient rekening gehouden te worden met bres- of zettingsvloeiing. Een negatief effect ten aanzien van piping door de uitvoering van de maatregelen is niet aannemelijk. De bevindingen voor de locatie jachthaven Stobbenwaarden zijn geldig voor hm 53-128 tot en met hm 53-134.

Bij locatie Hengforderwaarden en Ossenwaard wordt de kans op falen van de waterkering door piping, zettingsvloeiing en macrostabiliteit buitenwaarts ten gevolge van de maatregelen verwaarloosbaar klein geacht.

Voor de locatie Hengforderwaarden is evenwel nog aandacht nodig voor de afwerking van het maaiveld. Bij verwijdering van de kade mag niet dieper dan omliggend maaiveld gaan om te voorkomen dat een intredepunt voor piping ontstaat doordat de deklaag doorgraven is.

Om risico's volledig uit te sluiten bevelen wij evenwel het volgende aan:

Nader onderzoek in de planstudiefase

1. Uitvoering van grondonderzoek naar de verwekingsgevoeligheid van de zandlaag op de locatie bij de Jachthaven. Indien wordt aangetoond dat de zandlagen niet verwekingsgevoelig zijn kan optreden van zettingsvloeiing worden uitgesloten;

Maatregelen bij uitvoering

In de uitvoering dienen de volgende maatregelen te worden genomen:

2. Ontgraving ter plaatse van de jachthaven dient buiten het hoogwaterseizoen plaats te vinden om de eventuele gevolgen te beperken. Ontgraving moet plaatsvinden onder flauw talud in kleine laagdikten;
3. Na uitvoering moet de onderwateroever bij de jachthaven worden afgedekt met een steenbestorting of zinkstuk;

Gebruiksfasen

Na uitvoering, in de gebruiksfase:

4. Monitoring van de ontwikkeling van de onderwateroever van nevengeulen door regelmatig uitvoeren van lodingen is noodzakelijk. Dit is onderdeel van regulier beheer. Het aanbrengen van een bescherming is vooralsnog niet nodig omdat de geulen niet op minimale afstand van de waterkering liggen. De monitoring van de rivier en de uiterwaarden is in eerste instantie de verantwoordelijkheid van Rijkswaterstaat als beheerder van de rivier conform Waterwet art. 3.3 lid 1. Het waterschap dient tevens in haar zesjaarlijkse toetsing op veiligheid van de primaire waterkeringen te rapporteren ten aanzien van voorland.

8. Gebruikte bronnen

GIS-data:

- bodemhoogte model van de referentie situatie (tin-refclp.zip);
- bodemhoogte model van het voorkeursalternatief (tin-vkag.zip);
- actueel Hoogtebestand van Nederland (AHN);
- zonering_dr53.shp en dijkpalen Referentiepunten.shp van Waterschap Groot Salland;
- zonering.shp en kruin.shp en Dijkpalen_DR52.shp van Waterschap Veluwe.

Literatuur:

1. Waterwet, januari 2009, 2009.
2. Keur waterkeringen, Waterschap Veluwe.
3. Keur Waterschap Groot-Salland, maart 2008, Waterschap Groot-Salland, nr. SBJ/2008-4112.
4. Toelichting op de keur, Waterschap Groot-Salland.
5. Hydraulische randvoorwaarden voor de primaire keringen 2006, september 2007, Ministerie van Verkeer & Waterstaat.
6. DINO-loket: www.dinoloket.nl.
7. Voorschrift Toetsen op Veiligheid Primaire waterkeringen, september 2007, Ministerie van Verkeer & Waterstaat.
8. Toetsrapport: Dijkkring 52: Oost-Veluwe, Dp 51-681, Resultaten tweede toetsing (Deel II), 20 juni 2005 Grontmij.
9. Dijkkring 53: Traject Oudelmolen – Spooldersluis: Beoordeling waterkering volgens Voorschrift Toetsen op veiligheid 2004, augustus 2005, DHV.
10. Addendum I bij de Leidraad Rivieren t.b.v. ontwerpen van rivierdijken, Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
11. Geohydrologisch onderzoek Ruimte voor de Rivier Deventer, 8 mei 2009, Royal Haskoning.
12. Technisch Rapport waterkerende grondconstructies, juni 2001 Technische Adviescommissie Waterkeren.
13. Addendum I Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies, september 2007, Ministerie van Verkeer & Waterstaat.
14. Planstudie Ruimte voor de Rivier Deventer, Milieueffectrapport, Deel A, Royal Haskoning, 28 augustus 2009. 9S8656.C0/R0003A/RVDL/MJANS/Nijm.
15. Ruimte voor de Rivier Deventer, Inrichtingsplan, Royal Haskoning, Rotterdam, 6 april 2009. 9S8656R0B060409.
16. Morfologische overwegingen ontwerp rivierverruimingen regio Deventer: beschrijving van morfologische overwegingen bij de ontwikkeling van het ontwerp voor rivierverruiming bij Deventer, Duurzame rivierkunde, C. van den Brink, Olst, 26 september 2008.
17. Hydraulische toetsing KSO BWO: verslag van hydraulische toetsing inrichtingsvarianten BWO en KSO, Duurzame rivierkunde, C. van den Brink, Olst, 10 juli 2009.

Nijmegen, 28 oktober 2010

L.W. van Nieuwenhuijzen M.Sc.