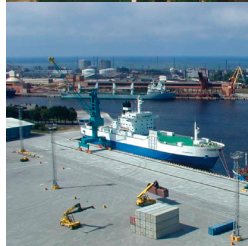


Sluitstukkades Cluster E

Ontwerpnota Definitief Ontwerp

Dijkkring 88 (Geulle aan de Maas) Dijkvakken 50.320.7 en 50.320.11



Sluitstukkades Cluster E**Ontwerpnota Definitief Ontwerp****Dijkkring 88 (Geulle aan de Maas)
Dijkvakken 50.320.7 en 50.320.11**

referentie	projectcode	status
STD88-1/smid3/033	STD88-1	definitief
projectleider	projectdirecteur	datum
ir. S.T. Pwa	ir. H.J.M.A. Mols	27 september 2013

autorisatie	naam	paraaf
goedgekeurd	ir. J. Lansink	 l.o.

INHOUDSOPGAVE	blz.
1. INLEIDING	1
1.1. Aanleiding	1
1.2. Opdrachtoomschrijving	1
1.3. Kader	1
1.4. Versterkingsopgave	2
1.5. Beschrijving dijkvakken	2
1.5.1. 50.320.7	2
1.5.2. 50.320.11	3
1.6. Doel en doelgroep	4
1.7. Leeswijzer	4
DEEL A: ONTWERPUITGANGSPUNTEN	5
2. ALGEMENE UITGANGSPUNTEN	7
2.1. Veiligheidsniveau	7
2.2. Robuustheid	7
2.3. Ontwerpperiode en uitbreidbaarheid	7
2.4. Ontwerp op alle faalmechanismen	7
2.5. Ontwerpleidraden	7
3. HYDRAULISCHE UITGANGSPUNTEN	11
3.1. Maatgevende waterstanden	11
3.1.1. Ontwerpkaderwaterstand 2020 (dijkhoogte)	11
3.1.2. Ontwerpwaterstand voor planperiode 50 jaar (dijksterkte)	11
3.2. Waterstanden bij val na hoogwater	11
3.3. Gemiddelde waterstand	12
3.4. Waterstand 1/10 jaar	12
3.5. Extreem laagwater	12
3.6. Golfcondities	12
3.7. Overslagdebiet	13
3.8. Polderpeil	13
4. GEOMETRISCHE UITGANGSPUNTEN	14
4.1. Kruinhoogte	14
4.1.1. Waakhoogte	14
4.1.2. Kruinhoogte (sterkte)	14
4.1.3. Kruinhoogte (ontwerp Sluitstukkaden)	14
4.1.4. Aanleghoogte	14
4.2. Taludhellingen	14
4.2.1. Kruinbreedte	15
5. GEOTECHNISCHE UITGANGSPUNTEN	17
5.1. Beschikbaar grondonderzoek	17
5.2. Bodemopbouw en grondsoorten	17
5.2.1. Dekgrond	17
5.2.2. Grind	18
5.3. Schematisatie bodemopbouw	18
5.4. Volumieke gewichten	18
5.5. Sterkteparameters	18
5.5.1. Karakteristieke waarden	18
5.5.2. Materiaalfactoren	19

5.5.3.	Rekenwaarden	19
5.6.	Zettingsparameters	19
5.7.	Stabiliteitsfactor	19
5.7.1.	Schadefactor	19
5.7.2.	Schematiseringsfactor	20
5.7.3.	Modelfactor	21
5.7.4.	Stabiliteitsfactor per zone	21
5.8.	Rekenmodel	21
5.9.	Verkeersbelasting	21
6.	GEOHYDROLOGISCHE UITGANGSPUNTEN	23
6.1.	Freatische lijn	23
6.1.1.	Bij maatgevend hoogwater	23
6.1.2.	Bij val na hoogwater	23
6.2.	Stijghoogte	24
6.3.	Waterspanningsverloop	24
	DEEL B: HET ONTWERP	27
7.	ONTWERPBEREKENINGEN	29
7.1.	Rekenprofielen	29
7.2.	Hoogte (HT)	29
7.2.1.	Kruinbreedte	29
7.2.2.	Overslagdebiet	29
7.3.	Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI)	30
7.3.1.	Maatgevende omstandigheden	30
7.3.2.	Uitvoeringsfase	31
7.3.3.	Consolidatietijd	31
7.4.	Macrostabiliteit buitenwaarts (STBU)	31
7.5.	Stabiliteit piping en heave (STPH)	32
7.5.1.	Kwelscherm dijkvak 50.320.7	32
7.5.2.	Verhogen maaiveld dijkvak 50.320.11	36
7.6.	Stabiliteit voorland (STVL)	36
7.7.	Microstabiliteit (STMI)	41
7.8.	Stabiliteit bekleding (STBK)	41
7.8.1.	Buitentalud	41
7.8.2.	Kruin en binnentalud	42
7.9.	Niet waterkerende objecten (NWO's)	42
7.9.1.	Bomen	42
7.9.2.	Kabels en leidingen	42
7.9.3.	Bebouwing	42
7.10.	Waterkerende kunstwerken	42
7.11.	Samenvatting resultaten faalmechanismen	43
7.12.	Zettingen	44
8.	BESCHRIJVING ONTWERP	45
8.1.	Dijkvak 50.320.7	45
8.1.1.	Geometrie	45
8.1.2.	Dempen waterbekken en verbreden sloot	45
8.1.3.	Damwandscherm	45
8.1.4.	Onderhoudsstroken	46
8.1.5.	Verlengen duiker	47
8.1.6.	Bomen	48

8.1.7.	Zonering legger	48
8.2.	Dijkvak 50.320.11	49
8.2.1.	Geometrie	49
8.2.2.	Materiaalgebruik grondaanvulling	50
8.2.3.	Aanlegprofiel in verband met zettingen	50
8.2.4.	Onderhoudsstroken	51
8.2.5.	Zonering legger	51
8.3.	Ontwerptekeningen	52
9.	HOEEVELHEDEN	53
9.1.	Hoeveelheden	53
9.1.1.	Grondverwerving	53
9.2.	Kosten	54
10.	OVERIGE ASPECTEN	55
10.1.	Uitvoeringsuitgangspunten	55
10.2.	Aansluiting damwand op uitwateringsduiker 'Oude Broekgraaf'	55
10.3.	Eindsterkte dijklichaam	55
10.4.	Raakvlakken/Risico's	55
10.4.1.	Installeren damwandplanken	55
10.4.2.	Werkzaamheden Consortium Grensmaas	55
10.4.3.	Kwelscherm	56
10.4.4.	Kabels en Leidingen	56
10.4.5.	Flora en Fauna	56
10.4.6.	Explosieven	56
10.4.7.	Archeologie	56
10.4.8.	Bekleding buitentalud	57
10.5.	Beheer en onderhoud	57
10.5.1.	Dijklichaam	57
10.5.2.	Onderhoudsweg	57
10.5.3.	Kwelscherm	57
10.5.4.	Uitwateringsduiker 'Oude Broekgraaf'	57
10.6.	Veiligheid en gezondheid (V&G)	57
10.6.1.	Omgevingsveiligheid	57
10.6.2.	Veilige realisatie	57
10.6.3.	Veilig beheer en onderhoud	58
10.7.	Overig	58
10.7.1.	Te monitoren kritisch geachte omgevingsobjecten	58
10.7.2.	Te monitoren deformaties en bouwkundige opnames	58
10.7.3.	Beheersmaatregelen ter voorkomen van schade aan omgeving	58
LITERATUURLIJST		59
laatste bladzijde		53
BIJLAGEN	aantal blz.	
I	Grondonderzoek	66
II	Notitie gevoeligheidsanalyse dekgrond	13
III	Notitie rekenblok schematiseringsfactor	12
IV	Berekeningen opbarsten	2
V	Berekeningen stabiliteit binnenwaarts (STBI)	6
VI	Berekeningen stabiliteit buitenwaarts (STBU)	2
VII	Helpdesk water vraag	2

VIII	Berekeningen piping (STPH)	1
IX	Berekeningen kwelscherm	28
X	Berekeningen stabiliteit voorland (STVL)	1
XI	Berekening stabiliteit bekleding (STBK)	1
XII	Zettingsberekeningen	12
XIII	Ontwerptekeningen	3
XIV	Tekening leggerzonering	2
XV	Berekening stalen duiker	14

1. INLEIDING

1.1. Aanleiding

De sluitstukkades - Cluster E zijn als sluitstuk van de Maaskaden in Limburg in 2010 voor de eerste keer als primaire waterkering getoetst. Door een wijziging van de Wet op de waterkering (inmiddels opgenomen in de Waterwet) in 2005 zijn de Maaskaden als primaire waterkeringen aangemerkt. Primaire waterkeringen dienen volgens de wet iedere 6 jaar getoetst te worden op veiligheid en standzekerheid. Uit de toetsing is gebleken dat de sluitstukkades - Cluster E, die aanvankelijk buiten de scope van de Maaskaden vielen, niet voldoen aan de veiligheidsnorm van 1/250 per jaar. Om aan de wettelijke norm te voldoen is besloten om de kaden te gaan versterken.

Het project sluitstukkades - Cluster E bestaat uit de volgende dijkringen:

- Merum - Solvay (dijkring 77);
- Clauscentrale Maasbracht/Brachterbeek (dijkring 80-1 en 80-2);
- Aasterberg (dijkring 82);
- Geulle a/d Maas (dijkring 88).

Het Waterschap Roer en Overmaas is belast met de waterstaatkundige verzorging van deze kaden en is opdrachtgever van de versterkingsopgave.

1.2. Opdrachtschrijving

Witteveen+Bos voert voor Waterschap Roer en Overmaas de voorbereiding uit van de daadwerkelijke versterking. Deze voorbereiding bestaat uit twee fases:

- planstudie: variantenverkenning, DO voor dijken en kunstwerken.
- bestek en aanbesteding.

De planstudie zal per dijkring separaat worden uitgevoerd. Cluster E zal als één geheel in een bestek worden opgenomen en worden aanbesteed.

1.3. Kader

Het voorliggende document 'Ontwerpnota definitief ontwerp' valt binnen het kader van de planstudie. De planstudie omvat naast de ontwerpnota definitief ontwerp de volgende documenten:

- Programma van Eisen;
- Basisrapportage NWO - begroeiing, bebouwing en overige constructies;
- Basisrapportage waterkerende constructies;
- Grondverwervingsplan;
- Notitie Variantenafweging;
- V & G dossier.

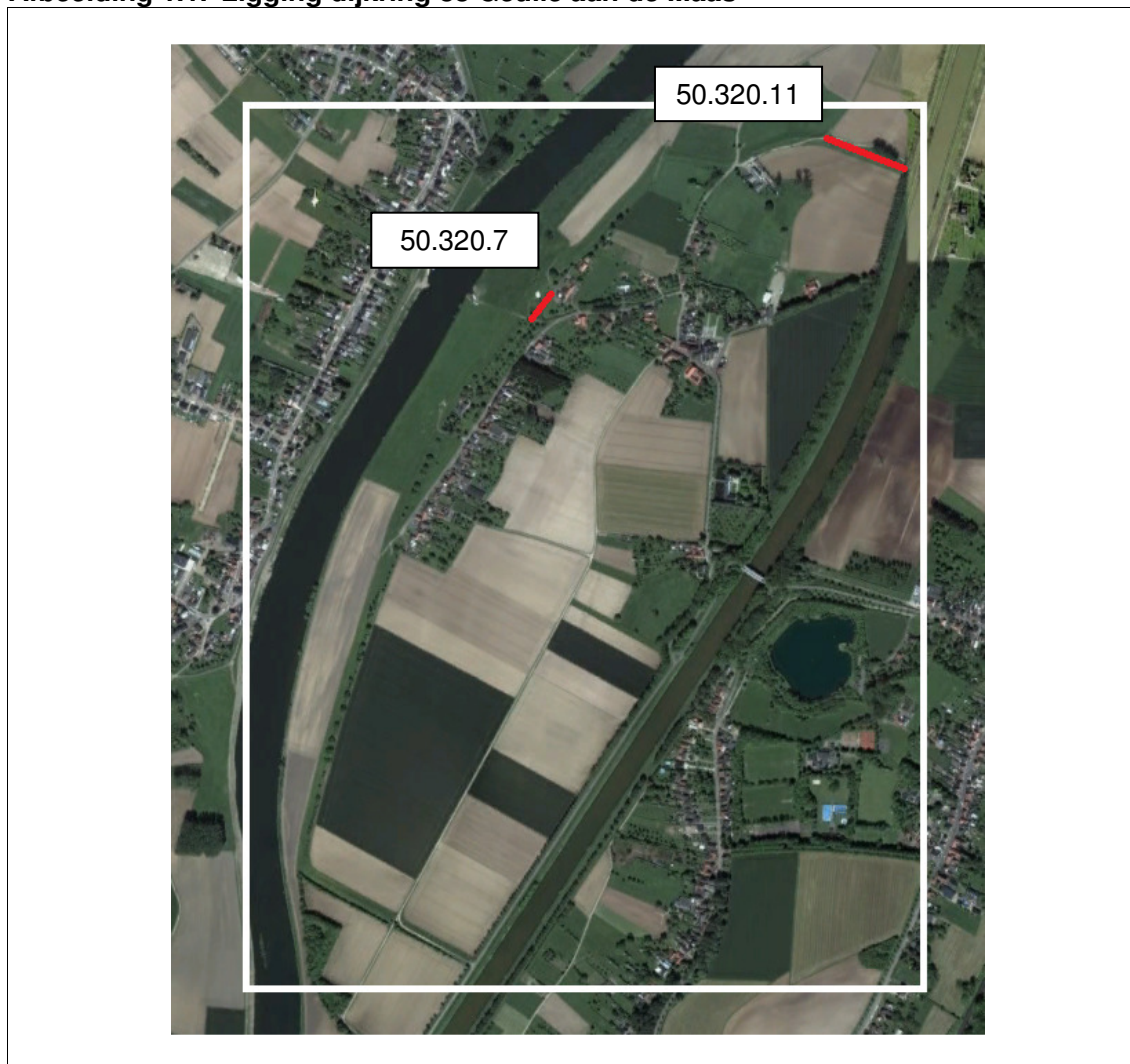
Per dijkringgebied is een ontwerpnota definitief ontwerp opgemaakt. Het onderhavige document betreft die van dijkring 88 Geulle aan de Maas. Naast de ontwerpnota definitief ontwerp dijkring 88 Geulle aan de Maas bestaan de volgende ontwerpnota's:

- Merum-Solvay (dijkring 77);
- Clauscentrale Maasbracht/Bachterbeek (dijkring 80-1 en 80-2);
- Aasterberg (dijkring 82).

1.4. Versterkingsopgave

Dijkkring 88 Geulle aan de Maas bestaat uit 12 dijkvakken waarvan dijkvak 50.320.7 in de toetsing is afgekeurd op piping en heave (STPH) en dijkvak 50.320.11 is afgekeurd op macrostabiliteit binnenwaarts (STBI). Voor het definitief ontwerp dient de dijk niet alleen op het afgekeurde faalmechanisme, maar op alle faalmechanismen te worden ontworpen.

Afbeelding 1.1. Ligging dijkkring 88 Geulle aan de Maas



1.5. Beschrijving dijkvakken

1.5.1. 50.320.7

Dijkvak 50.320.7 bevindt zich ten westen van de weg Aan de Maas in Geulle aan de Maas en ligt direct ten noorden van het pad richting het voetgangersveer. Het dijkvak heeft een lengte van ongeveer 110 meter. Er loopt een uitwateringsduiker (Oude Broekgraaf) onder de dijk door en aan de instroomzijde (binnendijs) bevindt zich een pompopstelplaats. Ook is er een waterbekken aanwezig welke vroeger nodig was voor de opstelling van de mobiele pompen. In de huidige situatie heeft deze bekken geen functie meer. Een sloot zorgt voor een verbinding tussen de waterbekken / duiker en het achterland (zie afbeelding 1.2).

Afbeelding 1.2. Dijkvak 50.320.7



In de huidige situatie is er een voorland aanwezig van circa 100 meter. Na realisatie van de Maaswerken (Grensmaas) door het Consortium Grensmaas bedraagt het voorland nog circa 10 meter.

In het definitief ontwerp wordt de waterbekken gedempt en de sloot richting de duiker verbreed. Er wordt een kwelscherm aangebracht in verband met piping.

1.5.2. 50.320.11

Dijkvak 50.320.11 ligt ten noorden van Geulle aan de Maas, direct ten westen van het Julianakanaal. Het dijkvak heeft een lengte van ongeveer 200 meter. In afbeelding 1.3 is de noordzijde de buitenzijde. Er is na de realisatie van de Maaswerken opnieuw een zeer lang voorland aanwezig welke in de toekomst de functie natuur zal krijgen.

Afbeelding 1.3. Dijkvak 50.320.11



In verband met de instabiliteit van het binnentalud wordt in het definitief ontwerp een steunberm ontworpen.

1.6. Doel en doelgroep

In de ontwerpnota definitief ontwerp is het voorkeursalternatief uit de verkennende variantenstudie uitgewerkt. Doel van de nota is het beschrijven en visualiseren van het definitief ontwerp.

De doelgroep bestaat uit het WRO (initiatiefnemer van de planstudie) en RWS Maaswerken (subsidieverlener). Dit document zal op zogenoemde toetsmomenten worden voorgelegd aan RWS Maaswerken.

1.7. Leeswijzer

Het voorliggend ontwerprapport beschrijft het definitief ontwerp. De rapportage bevat twee delen:

- A. ontwerpuitgangspunten;
- B. het ontwerp.

In deel A worden de gehanteerde uitgangspunten voor het ontwerp beschreven. In respectievelijk hoofdstuk 2 t/m 6 worden de algemene-, geometrische-, hydraulische-, geotechnische- en geohydrologische uitgangspunten behandeld.

Deel B beschrijft het ontwerp. Eerst wordt de ontwerpberekeningen voor de verschillende faalmechanismen in hoofdstuk 7 behandeld. In hoofdstuk 8 het ontwerpresultaat beschreven en hoofdstuk 9 gaat in op de hoeveelheden. Tot slot gaat hoofdstuk 10 in op overige aspecten als uitvoeringsuitgangspunten, raakvlakken, risico's, beheer en onderhoud en veiligheid en gezondheid.

DEEL A: ONTWERPUITGANGSPUNTEN

2. ALGEMENE UITGANGSPUNTEN

Onder algemene uitgangspunten vallen uitgangspunten ten aanzien van ontwerpperiode, veiligheidsniveau, robuustheid, uitbreidbaarheid en ontwerpleidraden.

2.1. Veiligheidsniveau

Voor de dijkeringen in het beheersgebied van waterschap Roer en Overmaas bedraagt de overschrijdingsnorm 1/250 per jaar conform bijlage II van de Waterwet.

2.2. Robuustheid

Dijkkring 88 heeft een overschrijdingsfrequentie van minder dan 1/1250 per jaar. Hierdoor komt de robuustheidtoeslag op de maatgevende hoogwaterstand aan het einde van de planperiode te vervallen [lit. 3].

2.3. Ontwerpperiode en uitbreidbaarheid

De versterking van dijkkring 88 dient uiterlijk voor 2020 gereed te zijn. Voor de **sterkte** van dijk wordt in het geotechnische ontwerp rekening gehouden met een maatgevende berekende ontwerpwaterstand voor een planperiode tot tenminste 2050.

De sterkte vertaald zich in:

- de breedte van de waterkering;
- taludhellingen;
- afmetingen steunbermen.

De **hoogte** van de dijk is daarentegen gerelateerd aan de waterstanden uit het ontwerpka-der voor het jaar 2020 [lit. 3].

Op deze manier zijn in de toekomst, bij aanpassing van de waterstand (2020 naar 2050), geen aanvullende maatregelen nodig voor de sterkte van de dijk (zie Afbeelding 4.1). Vol-gens het uitbreidbaarheidsprincipe hoeft alleen de kruin te worden opgehoogd.

2.4. Ontwerp op alle faalmechanismen

De sluitstukkaden zijn trajecten c.q. dijkvakken van de waterkering die verbeterd worden. De overige dijkvakken in de betreffende dijkkring die niet worden verbeterd hebben nog vol-doende reserve voor de huidige veiligheidsnorm. De dijkvakken die verbeterd worden, die-nen niet alleen op het afgekeurde faalmechanisme ontworpen en verbeterd te worden, maar op alle faalmechanismen (volledig ontwerp) [lit. 3].

2.5. Ontwerpleidraden

In het ontwerp is rekening gehouden met alle geldende publicaties van het Expertisenet-werk Waterveiligheid (ENW, voorheen TAW). Hieronder vallen Technische Rapporten, Lei-draden en Handreikingen. De separate documenten zijn opgenomen in de literatuurlijst en bij de genoemde uitgangspunten en eisen in het document wordt hier naar verwezen.

Naast bovengenoemde publicaties zijn ook de volgende documenten van toepassing op het versterkingsontwerp:

- ontwerpka-der nog aan te leggen Maaskaden [lit. 2];
- technische ontwerpuitgangspunten Maasdal [lit. 3].

3. HYDRAULISCHE UITGANGSPUNTEN

3.1. Maatgevende waterstanden

3.1.1. Ontwerpkaderwaterstand 2020 (dijkhoogte)

Met het modelinstrumentarium van projectbureau de Maaswerken en met het modelinstrumentarium van RWS-DL (DPR) zijn de ontwerpwaterstanden vastgelegd voor 2020. Het model van RWS-DL is als meest betrouwbaar bestempeld door een fijnere modelresolutie en de betere beschrijving van de modelgrenzen.

Tabel 3.1. Ontwerpwaterstand ontwerpkader

dijkvak	rivierkilometer [km-km]	ontwerpkaderwaterstand RWS-DL [m +NAP]
50.320.7	25-26	42,19
50.320.11	26-27	42,10

3.1.2. Ontwerpwaterstand voor planperiode 50 jaar (dijksterkte)

Met beide modelinstrumentaria zijn ook de waterstanden voor 2050 bepaald. De uitkomsten verschillen van elkaar. Het model van RWS-DL is als meest betrouwbaar bestempeld door een fijnere modelresolutie en de betere beschrijving van de modelgrenzen.

Tabel 3.2. Ontwerpwaterstand 50 jaar

dijkvak	rivierkilometer [km-km]	ontwerpwaterstand RWS-DL [m +NAP]
50.320.7	25-26	42,52*
50.320.11	26-27	42,45*

* indien de ontwerpkaderwaterstand 2020 + 0,30 m groter is dan de ontwerpwaterstand 2050 dient met deze waarde te worden gerekend. Dit is hier niet van toepassing.

3.2. Waterstanden bij val na hoogwater

Met het peil na val wordt de waterstand 10 dagen na optreden van maatgevend hoogwater bedoeld. Voor het peil na val bij Geulle aan de Maas is in eerste instantie de piekafvoer 10 dagen na MHW nabij Borgharen (dorp) afgeleid. Met behulp van Qh-relaties op de Maas is de afvoer vertaald naar een waterstand bij het vaste meetpunt Elsloo. De waterstand ter hoogte van Geulle aan de Maas is tot slot afgeleid uit interpolatie tussen beide meetpunten. Tabel 3.3 geeft het resultaat van deze afleiding. De waterstand bij val na hoogwater wordt gebruikt in de berekeningen van de stabiliteit van het buitentalud.

Tabel 3.3. Waterstand bij val na hoogwater

locatie	rivierkilometer [km-km]	peil na val [m +NAP]
Borgharen	16	44,60
Geulle aan de Maas	25-26	40,30
	26-27	39,90
Elsloo	29	38,72

3.3. Gemiddelde waterstand

De gemiddelde waterstand is vastgesteld met behulp van waternormalen van Rijkswaterstaat. Hiervoor is gebruik gemaakt van de meetpunten Borgharen en Elsloo. Hiertussen is lineair geïnterpoleerd (zie tabel 3.4). De gemiddelde waterstand wordt gebruikt in de berekeningen van de stabiliteit van het dijklichaam in de uitvoeringsfase.

Tabel 3.4. Gemiddelde rivierwaterstand

locatie	rivierkilometer [km-km]	gemiddelde waterstand [m +NAP]
Borgharen	16	39,55
Geulle aan de Maas	25-26	35,80
	26-27	35,40
Elsloo	29	34,40

3.4. Waterstand 1/10 jaar

De maximale waterstand die eens per 10 jaar optreedt is vastgesteld met behulp van waternormalen van Rijkswaterstaat. Hiervoor is gebruik gemaakt van de meetpunten Borgharen en Elsloo. Hiertussen is lineair geïnterpoleerd (zie tabel 3.5). De waterstand die eens per 10 jaar optreedt wordt gebruikt in de berekeningen van de stabiliteit van de bekleding.

Tabel 3.5. Peil eens per 10 jaar

locatie	rivierkilometer [km-km]	waterstand 1/10 jaar [m +NAP]
Borgharen	16	45,05
Geulle aan de Maas	25-26	40,80
	26-27	40,30
Elsloo	29	39,20

3.5. Extreem laagwater

Het extreem laagwaterpeil is vastgesteld met behulp van waternormalen van Rijkswaterstaat. Als extreem laagwaterpeil is de waterstand aangehouden die optreedt bij de laagst bekende afvoer. Hiervoor is gebruik gemaakt van de meetpunten Grevenbicht en Stevensweert. Hiertussen is lineair geïnterpoleerd (zie tabel 3.6). De extreem lage waterstand wordt gebruikt in de berekeningen van de stabiliteit van het voorland.

Tabel 3.6. Extreem laagwater

locatie	rivierkilometer [km-km]	extreem laagwaterpeil [m +NAP]
Borgharen	44	37,40
Geulle aan de Maas	25-26	34,10
	26-27	33,80
Elsloo	62	32,90

3.6. Golfcondities

De golfhoogte, -periode en -richting van windgolven op de Maas zijn bepaald met hydra-R Maas.

3.7. Overslagdebiet

Bij het ontwerp van de hoogte van de dijk wordt een vaste waakhoogte toegepast van 0,5 m. Hierop worden de overslagdebieten bepaald.

Hydra-R Maas biedt de mogelijkheid om de dijkgeometrie en de maatgevende waterstanden handmatig in te voeren. De geometrie van het versterkingsontwerp en de ontwerpwaterstand voor 2020 bepalen het overslagdebiet, zie figuur 4.1. De overslagdebieten worden als volgt beoordeeld:

- bij $q < 0,1$ l/s/m zal de invloed van het overslagdebiet worden verwaarloosd;
- bij $0,1 < q < 10$ l/s/m zal de sterkte van de bekleding op het binnentalud of de dimensies van het dijklichaam daarop aangepast worden;
- bij $q > 10$ l/s/m zullen de dimensies van het dijklichaam worden aangepast, zodat het overslagdebiet maximaal 10 l/s/m bedraagt.

De overslagdebieten worden zowel bepaald voor het jaar 2020 als het jaar 2050.

3.8. Polderpeil

Het polderpeil in dijkvak 50.320.7 is gelijk gehouden aan het uitslagpeil van de pompen en ligt op NAP +38,8 m. In dijkvak 50.320.11 is het polderpeil in het achterland gelijk gehouden aan het niveau van het maaiveld.

4. GEOMETRISCHE UITGANGSPUNTEN

4.1. Kruinhoogte

4.1.1. Waakhoogte

In het ontwerp wordt rekening gehouden met een vaste waakhoogte van 0,50 m.

4.1.2. Kruinhoogte (sterkte)

Voor de berekeningen van de 'sterkte' van de dijk is rekening gehouden met een kruinhoogte gelijk aan de ontwerpwaterstand voor 50 jaar plus de waakhoogte. De kruinhoogtes zijn gegeven in tabel 4.1.

Tabel 4.1. Kruinhoogte (sterkte)

dijkvak	ontwerpwaterstand 2050 [m +NAP]	waakhoogte [m]	Kruinhoogte [m +NAP]
50.320.7	42,52	0,50	43,02
50.320.11	42,45	0,50	42,95

4.1.3. Kruinhoogte (ontwerp Sluitstukkaden)

In het ontwerp wordt een kruinhoogte opgenomen welke gelijk is aan de ontwerpwaterstand 2020 plus de waakhoogte. De kruinhoogtes zijn gegeven in tabel 4.2.

Tabel 4.2. Kruinhoogte (ontwerp)

dijkvak	ontwerpwaterstand 2020 [m +NAP]	waakhoogte [m]	Kruinhoogte [m +NAP]
50.320.7	42,19	0,50	42,69
50.320.11	42,10	0,50	42,60

4.1.4. Aanleghoogte

Aanleghoogte 2020

De huidige kruinhoogte bedraagt minimaal NAP +43,0 m en NAP +42,7 m in respectievelijk dijkvak 50.320.7 en dijkvak 50.320.11. Beide dijkvakken worden niet opgehoogd.

Aanleghoogte 2050 (ten behoeve van kruinbreedtebepaling en sterkte)

In dijkvak 50.320.7 is ook geen kruinverhoging noodzakelijk voor het jaar 2050.

In dijkvak 50.320.11 is voor het jaar 2050 een kruinverhoging nodig van circa 0,25 m. Hier wordt voor de sterkte rekening gehouden met deze overhoogte.

Wanneer in de toekomst de dijk versterkt wordt zullen er ook zettingen optreden. Voor dit dijkvak is 8 cm zetting bepaald (paragraaf 7.122).

Klink

Er wordt rekening gehouden met 10% klink conform het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies [lit. 15]. Hier is bij de bepaling van de hoeveelheden rekening mee gehouden.

4.2. Taludhellingen

De minimale taludhellingen die in het ontwerp worden gebruikt zijn 1:3.

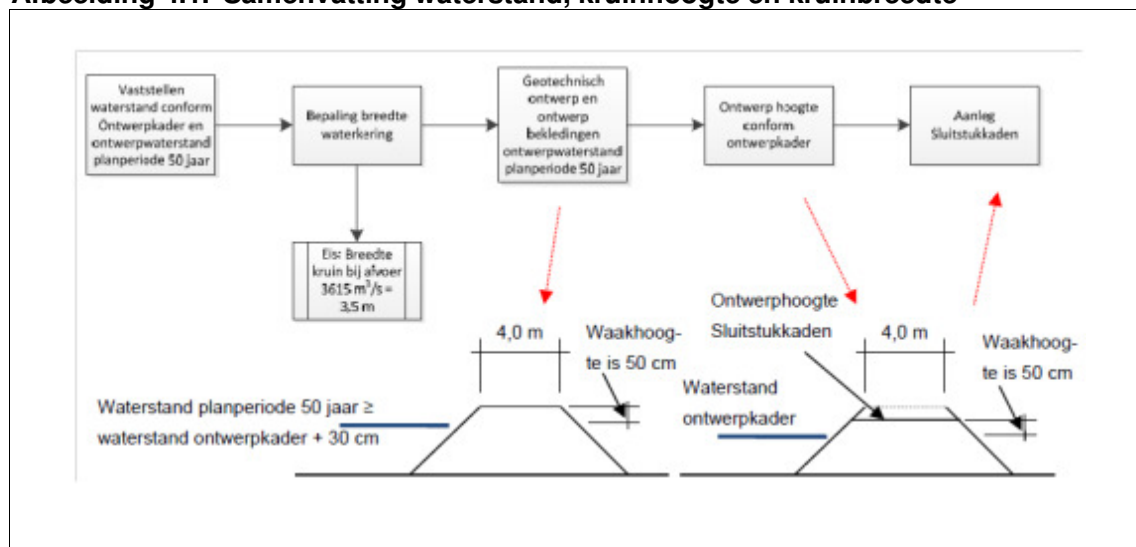
4.2.1. Kruinbreedte

Binnen de ruimtereservering voor de uitbreidbaarheid dient rekening gehouden te worden met een kruinbreedte van minimaal 4 meter ten behoeve van een onderhoudspad. Dit betekent dat de kruinbreedte op het ontwerpniveau (2020) breder zal zijn. In onderstaande tabel is inzichtelijk gemaakt welke breedte de dijk dient te hebben indien er wordt versterkt met taluds van 1:3.

Tabel 4.3. Kruinbreedte

dijkvak	uitbreidbaarheidsprofiel		versterkingsontwerp		
	niveau [m +NAP]	breedte [m]	niveau [m +NAP]	taludhelling [-]	breedte [m]
50.320.7	43,02	4,00	42,69	1:3	5,98
50.320.11	42,95	4,00	42,60	1:3	6,10

Afbeelding 4.1. Samenvatting waterstand, kruinhoogte en kruinbreedte



5. GEOTECHNISCHE UITGANGSPUNTEN

5.1. Beschikbaar grondonderzoek

In januari 2010 is er grondonderzoek uitgevoerd door Grontmij. Tabel 5.1 geeft een overzicht van het onderzoeksareaal. Het grondonderzoek is in bijlage I opgenomen.

Tabel 5.1. Beschikbaar grondonderzoek Grontmij

dijkvak	locatie	codering	
		boring	sondering
50.320.7	teen buitendijks	320.7-BhBu-01.680, 320.7-BhBu-01.740	-
	kruin	320.7-BmKr-01.710	-
	teen binnendijks	320.7-BhBt-01.680	-
50.320.11	teen buitendijks	320.11-BhBu-02.550	-
	teen kruin	320.11-Bhkr-02.490, 320.11-BmKr-02.585	-
	teen binnendijks	320.11-BhBt-02.550, 320.11-BhBt-02.630	-

Aanvullend is in dijkvak 50.320.11 één boormonster uit het Dinoloket (B60C1954) beschikbaar in het voorland van dijkvak 50.320.11.

5.2. Bodemopbouw en grondsoorten

De bodemopbouw bij Geulle aan de Maas bestaat grofweg uit de volgende grondlagen (tot 10 meter onder kruinhoogte):

- dekgrond: bestaat hoofdzakelijk uit leem uit het Maasdal door alluviale of aeolische afzettingen;
- grind: direct onder de dekgrond bevindt zich hoofdzakelijk grind, de bijmenging is veelal siltig en/of zandig.

5.2.1. Dekgrond

De natuurlijke dekgrond bestaat hoofdzakelijk uit leem en komt voor als alluviale afzetting (sterk kleiig silt/leem) en aeolische (löss) afzetting (zandig leem, al dan niet verspoeld). De alluviale afzettingen gedragen zich als klei en zijn gesedimenteerd in de maasgeul. De aeolische afzettingen komen vanaf het land en liggen als een “deken” over de andere afzettingen.

Conform Tabel 2.b van de NEN 9997-1+C1:2012 [lit. 21] laten de sterkte-eigenschappen van de rivierafzetting zich schematiseren als ‘klei, zwak zandig, matig’ en sterkte-eigenschappen van de meer zandige lössafzetting als ‘leem, zwak zandig, slap’. Beide soorten afzettingen hebben een droog en nat volumiek gewicht van 19 kN/m³.

Voor de stabiliteitsberekeningen is een gevoeligheidsanalyse (bijlage II) uitgevoerd naar de schematisatie van de dekgrond. In deze gevoeligheidsanalyse zijn de volgende punten opgenomen:

- sterkteparameters (klei, zwak zandig, matig - leem, sterk of zwak zandig, slap);
- freatische lijn (kleidijk - zanddijk);
- zonering (kleidijk - zanddijk).

Op basis van de uitgevoerde analyse is de dekgrond geschematiseerd als leem, zwak zandig, slap.

5.2.2. Grind

De ondergrond onder de dekgrond bestaat voornamelijk uit een mengsel van zand en grind. Conform Tabel 2.b van de NEN 9997-1+C1:2012 [lit. 21] laten de sterkte-eigenschappen van deze ondergrond zich schematiseren als 'grind, zwak siltig, matig'.

5.3. Schematisatie bodemopbouw

De bodemopbouw is geschematiseerd zoals weergegeven in tabellen 5.2 en 5.3.

Tabel 5.2. Schematisatie bodemopbouw 50.320.7

grondsoort	onderkant laag		
	voorland (320.7-BhBu-01.740) [m +NAP]	kruin (320.7-BmKr-01.710) [m +NAP]	achterland (320.7-BhBt-01.680) [m +NAP]
Leem, zwak zandig, slap	38,5	39,3	39,4
Grind, zwak siltig, matig	-	-	-

Tabel 5.3. Schematisatie bodemopbouw 50.320.11

grondsoort	onderkant laag		
	voorland (320.11-BhBu-02.550) [m +NAP]	kruin (320.11-BhKr-02.490) [m +NAP]	achterland (320.11-BhBt-02.550) [m +NAP]
Leem, zwak zandig, slap	38,1	37,7	38,55*
Grind, zwak siltig, matig	-	-	-

* in berekening voor piping en heave is in het achterland gebruik gemaakt van boring 320.11-BhBt-02.630 in verband met een dunnere deklaag. De onderkant van de deklaag ligt hier op NAP +38,95 m.

5.4. Volumieke gewichten

De volumieke gewichten zijn opgenomen in Tabel 5.4 en zijn afkomstig uit tabel 2b van de NEN 9997-1+C1:2012 [lit. 21].

Tabel 5.4. Volumieke gewichten

grondsoort	volumiek gewicht droog γ [kN/m ³]	volumiek gewicht nat γ_{sat} [kN/m ³]
Leem, zwak zandig, slap	19	19
Grind, zwak siltig, matig	18	20

5.5. Sterkteparameters

5.5.1. Karakteristieke waarden

De karakteristieke waarden van de aanwezige grondsoorten zijn opgenomen in Tabel 5.5. De sterkteparameters zijn afkomstig uit Tabel 2b van de NEN 9997-1+C1:2012 [lit. 21].

Tabel 5.5. Karakteristieke waarden sterkteparameters

grondsoort	cohesie c'_{rep} [kN/m ²]	hoek van inwendige wrijving ϕ'_{rep} [°]
Leem, zwak zandig, slap	1,0 *	27,5
Grind, zwak siltig, matig	0,0	35,0

* Er is een cohesie van 1 kPa aangehouden omdat er relatief veel klei in het leem aanwezig is. De eurocode schrijft voor leem, zwak zandig, slap een cohesie voor van 0 tot 1.

5.5.2. Materiaalfactoren

In de materiaalfactor zijn onzekerheden ten aanzien van de beschrijving van de schuifsterkte verdisconteerd. Een overzicht van de toe te passen materiaalfactoren is gegeven in Tabel 5.6. De waarden zijn afkomstig uit het Addendum bij het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies [lit. 15] en zijn afgeleid voor een basisbetrouwbaarheidsniveau $\beta = 4,0$ (-).

Tabel 5.6. Materiaalfactoren

grondsoort	cohesie	hoek van inwendige wrijving
	[-]	[-]
Leem, zwak zandig, slap *	1,25	1,20
Grind, zwak siltig, matig	n.v.t.	1,20

* voor leem, zwak zandig, slap zijn de materiaalfactoren voor klei gehanteerd.

5.5.3. Rekenwaarden

De rekenwaarden van de aanwezige grondsoorten zijn opgenomen in Tabel 5.7.

Tabel 5.7. Rekenwaarden sterkteparameters

grondsoort	cohesie c'_{rek} [kN/m ²]	hoek van inwendige wrijving ϕ'_{rek} [°]
Leem, zwak zandig, slap	0,8	23,5
Grind, zwak siltig, matig	0,0	30,3

5.6. Zettingsparameters

De NEN-Bjerrum zettingsparameters zijn opgenomen in Tabel 5.8. De waarden voor RR , CR en C_α zijn afkomstig uit tabel 2.b van de NEN 9997-1+C1:2012 [lit. 21]. Voor de consolidatie coëfficiënt c_v is voor leem $1 \cdot 10^{-7}$ m²/s aangenomen, grind is gedraineerd gemodelleerd. Voor beide grondsoorten is een pre-overburden pressure (POP) aangehouden van 10 kPa.

Tabel 5.8. Zettingsparameters

grondsoort	RR [-]	CR [-]	C_α [-]	c_v [m ² /s]	POP [kPa]
Leem, zwak zandig, slap	0,0307	0,0920	0,0037	$1 \cdot 10^{-7}$	10
Grind, zwak siltig, matig	0,0008	0,0023	0	drained	10

5.7. Stabiliteitsfactor

In het addendum bij het Technische Rapport Waterkerende Grondconstructies [lit. 12] is voorgeschreven hoe groot de veiligheid dient te zijn tegen afschuiven.

De stabiliteitsfactor is de minimale veiligheidsfactor waaraan de maatgevende glijcirkel moet voldoen. De stabiliteitsfactor is het product van de modelfactor, de schadefactor en de schematiseringsfactor.

5.7.1. Schadefactor

Dijkkring 88 heeft een overschrijdingsnorm van 1/250 per jaar. Bij deze norm geldt een schadefactor van 1,04 [lit. 15].

Zoneringsregel

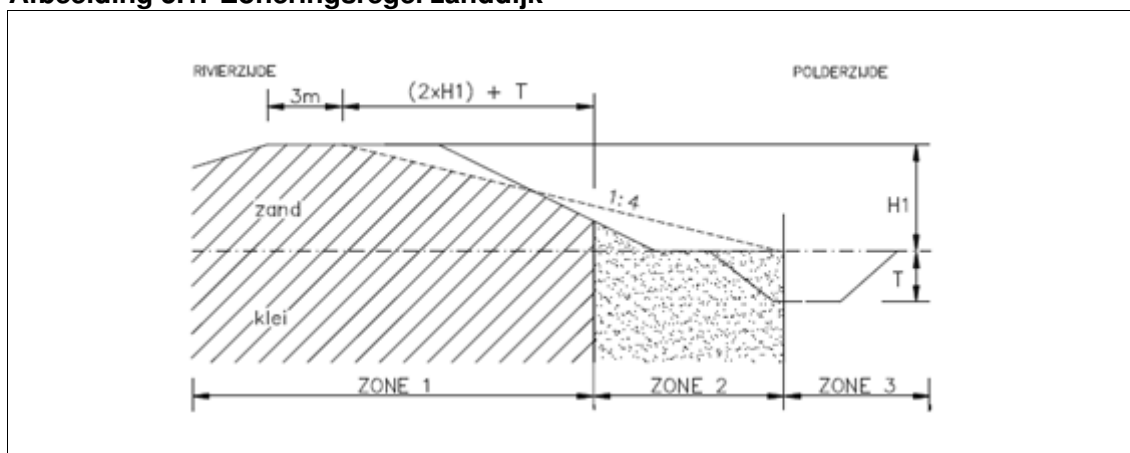
In de handreiking constructief ontwerpen [lit. 20] is een methodiek beschreven om met ge-differentieerde schadefactoren te rekenen. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen drie zones. Afhankelijk van de zone waarin het intredepunt van de glijcirkel ligt mag een lagere schadefactor worden toegepast.

Voor de stabiliteitsberekeningen is een gevoeligheidsanalyse (bijlage II) uitgevoerd naar de schematisatie van de dekgrond. In deze gevoeligheidsanalyse zijn de volgende punten opgenomen:

- sterkteparameters (klei, zwak zandig, matig - leem, sterk of zwak zandig, slap);
- freatische lijn (kleidijk - zanddijk);
- zonering (kleidijk - zanddijk).

Op basis van de uitgevoerde analyse is de dekgrond geschematiseerd als leem, zwak zandig, slap en wordt bij de zonering uitgegaan van een zanddijk.

Abbeelding 5.1. Zoneringsregel zanddijk



Voor zone 2 geldt een schadefactor van 0,97 [lit. 20]. Aan zone 3 zijn geen eisen gesteld. Bij de teen van de dijk is een opbarstzone waardoor er altijd lokaal zeer kleine glijcirkels kunnen optreden. Deze glijcirkels liggen door de zoneringsregel zo ver van de dijk dat wordt gesteld dat deze geen invloed hebben op de waterkerende functie van het grondlichaam.

Voor de buitenwaartse macrostabiliteit wordt dezelfde schadefactor gehanteerd als zone 2.

5.7.2. Schematiseringsfactor

Voor de schematiseringsfactor is een waarde van 1,1 aangehouden. Deze waarde is bepaald met behulp van het stappenplan schematiseringsfactor. Deze is opgenomen in bijlage III.

5.7.3. Modelfactor

Met de modelfactor wordt onder andere onzekerheden ten aanzien van het rekenmodel verdisconteerd. Voor de methode Bishop en Uplift Van geldt een modelfactor van respectievelijk 1,00 en 1,05.

5.7.4. Stabiliteitsfactor per zone

Op basis van bovengenoemde factoren gelden de stabiliteitsfactoren zoals genoemd in onderstaande tabel.

Tabel 5.9. Stabiliteitsfactoren

grondsoort	SF Bishop (1/250 jaar)	SF Uplift Van (1/250 jaar)
binnenwaarts zone 1	1,14	1,20
binnenwaarts zone 2	1,07	1,12
binnenwaarts zone 3	-	-
buitenwaarts	1,07	-

5.8. Rekenmodel

Bij een opbarstveiligheid tussen 1,1 en 1,2 (opdrijven) wordt naast de berekening met methode Bishop ook een berekening met de methode Uplift van uitgevoerd.

Indien de opbarstveiligheid kleiner is dan 1,1 (opbarsten) is er een reductie toegepast op de cohesieve deklaag in de opbarstzone. De sterkteparameter van de cohesie en de hoek van inwendige wrijving zijn in de berekeningen met methode Bishop gereduceerd naar 0.

5.9. Verkeersbelasting

Bij de bepaling van macrostabiliteit dient rekening te worden gehouden met een verkeersbelasting op de kruin. Conform de Handreiking Constructief Ontwerpen [lit. 20] bedraagt de belasting 13,3 kN/m² over 2,5 meter kruinbreedte. De in rekening gebrachte consolidatiegraden zijn voor de cohesieve grondlagen gelijk aan 0 % (nog volledig ongeconsolideerd) en voor zand en grind 100 % (volledig geconsolideerd). De lastspreidingshoek in de ondergrond bedraagt 30°.

6. GEOHYDROLOGISCHE UITGANGSPUNTEN

6.1. Freatische lijn

6.1.1. Bij maatgevend hoogwater

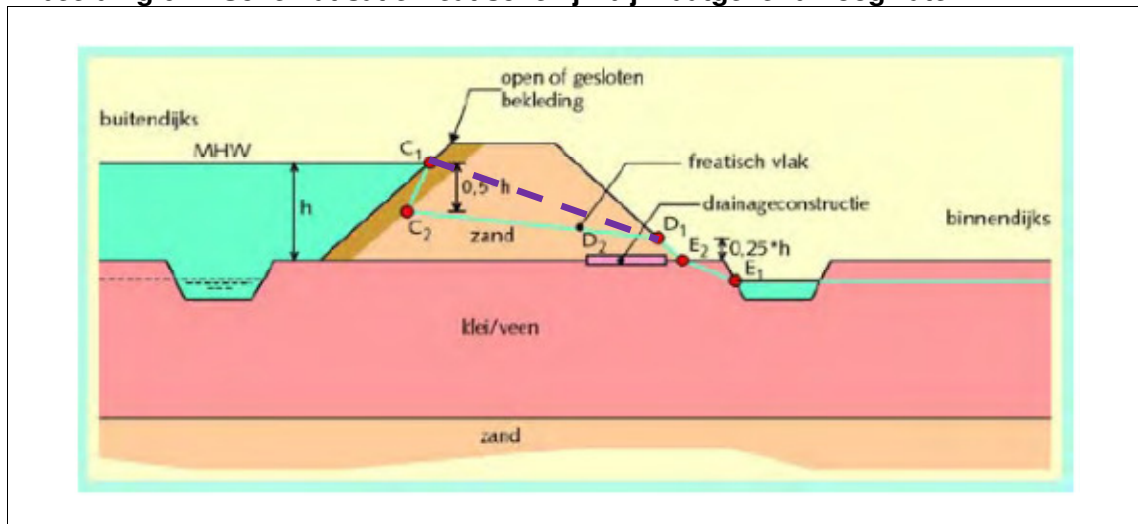
Voor de stabiliteitsberekeningen is een gevoeligheidsanalyse (bijlage II) uitgevoerd naar de schematisatie van de dekgrond. In deze gevoeligheidsanalyse zijn de volgende punten opgenomen:

- sterkteparameters (klei, zwak zandig, matig - leem, sterk of zwak zandig, slap);
- freatische lijn (kleidijk - zanddijk);
- zonering (kleidijk - zanddijk).

Op basis van de uitgevoerde analyse is de dekgrond geschematiseerd als leem, zwak zandig, slap en wordt bij de schematisatie van de freatische lijn uitgegaan van een zanddijk.

De freatische lijn is geschematiseerd op basis van figuur b1.3 uit het Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken [lit. 13]. Er is geen rekening gehouden met een gesloten bekleding op het buitentalud, de freatische lijn verloopt van C1 naar D1 (zie stippellijn).

Afbeelding 6.1. Schematisatie freatische lijn bij maatgevend hoogwater

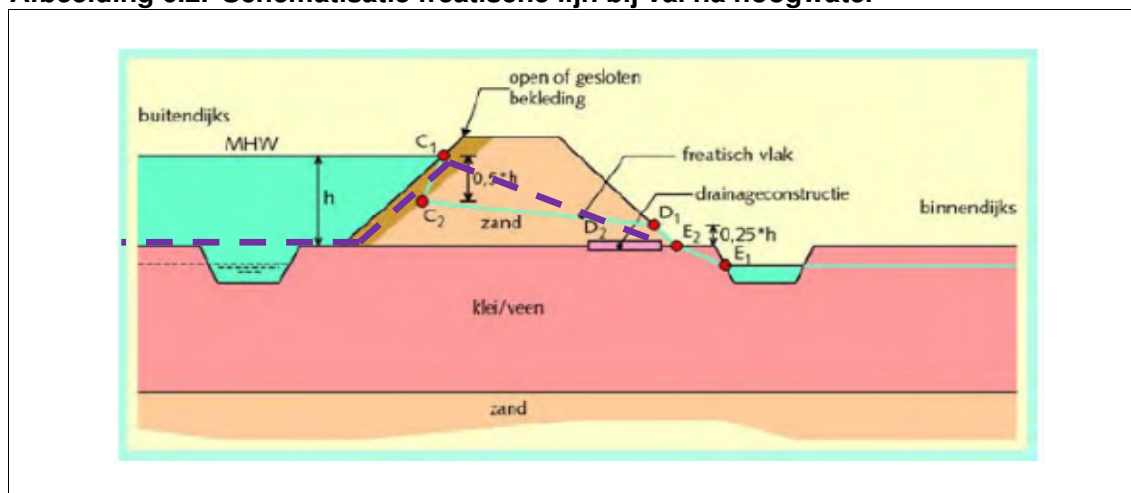


6.1.2. Bij val na hoogwater

Voor het berekenen van de buitenwaartse macrostabiliteit wordt de freatische lijn geschematiseerd na een val van het hoogwater.

Voor deze situatie geldt de freatische lijn bij maatgevend hoogwater als uitgangspunt. Vanaf het punt op de freatische lijn dat 0,3 m onder het buitentalud ligt volgt de freatische lijn het buitentalud (op een afstand van 0,3 m) tot aan de waterstand bij snelle val.

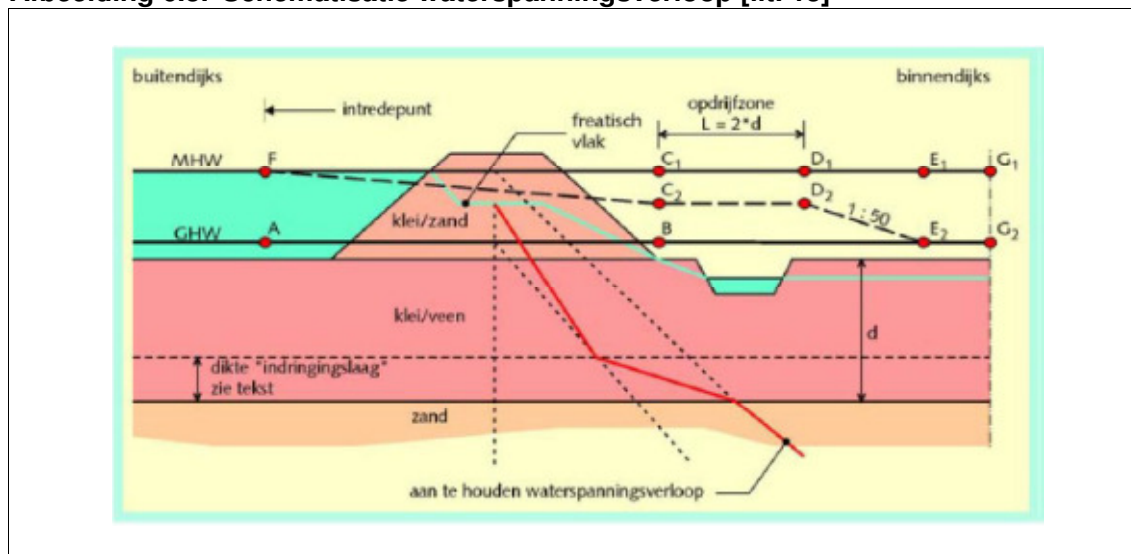
Afbeelding 6.2. Schematisatie freatische lijn bij val na hoogwater



6.2. Stijghoogte

In verband met de hoge doorlatendheid van de grindlaag is de stijghoogte bij de teen van de dijk gelijk gehouden aan de maatgevende waterstand tenzij er sprake is van opbarsten. In geval van opbarsten (opbarstveiligheid $< 1,0$) is de grenspotentiaal geschematiseerd conform figuur b.1.5 uit het Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken [lit. 13]. De stijghoogtelijn volgt in dit geval de onderbroken lijn waarbij de hoogte van punten C2 en D2 afhankelijk is van de grenspotentiaal. Voor het intredepunt (F) is de buitenteen van de dijk aangehouden. In verband met de geringe dikte van de deklaag is er niet gerekend met een indringingslaag.

Afbeelding 6.3. Schematisatie waterspanningsverloop [lit. 13]



6.3. Waterspanningsverloop

De waterspanningen in de kern van de dijk worden hydrostatisch aangenomen (volledig beïnvloed door de freatische lijn). In het 1^e watervoerend pakket, aan de onderzijde van de dekgrond, heerst een stijghoogte gelijk aan MHW.

Over de dekgrond verloopt de waterspanning lineair van de freatische lijn aan het maaiveld (en onderzijde kern) naar de stijghoogte in het 1^e watervoerend pakket.

DEEL B: HET ONTWERP

7. ONTWERPBEREKENINGEN

7.1. Rekenprofielen

Voor het definitief ontwerp is in beide dijkvakken één maatgevend dwarsprofiel doorgekend op alle faalmechanismen. Hiervoor zijn dwarsprofielen DP 30 en DP 45 uit de revisiemetingen gebruikt.

Voor de berekening van de buitenwaartse macrostabiliteit en de stabiliteit van het voorland in dijkvak 50.320.7 is het onderwaterprofiel na de realisatie van de stroomgeulverbreding in het profiel uit de revisiemeting verwerkt.

7.2. Hoogte (HT)

De hoogte van de dijk is afhankelijk van de ontwerp kaderwaterstand 2020 en de waakhogte. De ontwerp kaderwaterstand 2020 voor dijkvakken 50.320.7 en 50.320.11 bedragen respectievelijk NAP +42,19 m en NAP +42,10 m. De waakhogte bedraagt 0,5 meter.

In beide dijkvakken dient de dijk niet te worden opgehoogd.

7.2.1. Kruinbreedte

In dijkvak 50.320.7 is de kruin op een niveau van NAP +42,69 meer dan 5,98 meter breed. De kruin van dit dijkvak hoeft niet te worden verbreed. In dijkvak 50.320.11 is de kruin op NAP +42,60 m over de gehele lengte te smal. De kruin dient hier tussen de 1,5 en 2,5 meter te worden verbreed.

7.2.2. Overslagdebiet

De hoogte van de dijk is niet afhankelijk van het toelaatbare overslagdebiet. Wel is overslagdebiet bepaald voor het jaar 2020 en het jaar 2050. De berekeningen hiervan zijn uitgevoerd met Hydra-R Maas. Voor dijkvak 50.320.7 is gebruik gemaakt van locatie 4 (km 25-26) en voor dijkvak 50.320.11 van locatie 1 (km 26-27).

Tabel 7.1. Overslagdebieten berekend met Hydra-R Maas voor 2020

dijkvak	locatie Hydra-R Maas	dijknormaal t.o.v. noord [°]	waterstand [m +NAP]	kruinhoogte [m +NAP]	H_s [m]	T_p [sec]	overslagdebiet [l/s/m ¹]	kruinhoogte bij overslagdebiet van 0,1 l/s/m ¹ [m NAP]
50.320.7	4 (25-26)	300	42,19	43,02	0,22	1,77	< 0,1	42,49
50.320.11	1 (26-27)	20	42,10	42,67	0,22	1,80	< 0,1	42,42

Tabel 7.2. Overslagdebieten berekend met Hydra-R Maas voor 2050

dwarsprofiel	locatie Hydra-R Maas	dijknormaal t.o.v. noord [°]	waterstand [m +NAP]	kruinhoogte [m +NAP]	H _s [m]	T _p [sec]	overslagdebiet [l/s/m']	kruinhoogte bij overslagdebiet van 0,1 l/s/m' [m NAP]
50.320.7	4 (25-26)	300	42,52	43,02	0,22	1,77	< 0,1	42,81
50.320.11	1 (26-27)	20	42,45	42,95	0,22	1,81	< 0,1	42,77

Aangezien het overslagdebiet niet groter is dan 0,1 l/s/m is de invloed van het overslagdebiet verwaarloosd (§3.7). Er worden geen eisen gesteld aan de bekleding op het binnentalud.

7.3. Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI)

7.3.1. Maatgevende omstandigheden

In de berekening van de binnenwaartse macrostabiliteit is de waterbekken in het achterland van dijkvak 50.320.7 gedempt. Voor de bepaling van de rekenmethode is in eerste instantie de opbarstveiligheid bij de binnentoeen bepaald. In de berekening van dijkvak 50.320.7 is de stijghoogte bij de binnentoeen niet gelijk gehouden aan de buitenwaterstand omdat de sloot in het achterland water onttrekt. De berekeningen zijn opgenomen in bijlage IV.

Tabel 7.3. Opbarstveiligheid

Dijkvak	Dwarsprofiel	Opbarstveiligheid	Rekenmethode
50.320.7 (zonder kwelkom)	DP30	1,90	Bishop*
50.320.11	DP45	0,75	Bishop met reductie sterkteparameters

* in dijkvak 50.320.7 is ook een controleberekening uitgevoerd met Uplift Van omder wel een glijvlak kan ontstaan naar de sloot in het achterland.

De binnenwaartse macrostabiliteit is berekend met behulp van de computersoftware D-Geo Stability, versie 10.1 (build 1.4) van Deltares. De berekende binnenwaartse stabiliteit is weergegeven in tabel 7.4. De D-Geo Stability berekeningen zijn opgenomen in bijlage V. In dijkvak 50.320.7 voldoet het profiel aan de norm.

Tabel 7.4. Minimale stabiliteitsfactoren binnenwaarts 50.320.7

Dijkvak	Dwarsprofiel	Bishop (zone 1)		Uplift Van (zone 1)		oordeel
		Eis [-]	Stabiliteits- factor [-]	Eis [-]	Stabiliteits- factor [-]	
50.320.7 (zonder kwelkom)	DP30	1,14	1,42	1,20	3,71	voldoet

Voor dijkvak 50.320.11 is een berm ontworpen. De hoogte van de berm is dusdanig gedi-mensioneerend dat deze niet kan opbarsten.

Tabel 7.5. Minimale stabiliteitsfactoren binnenwaarts 50.320.11

Dijkvak	Dwarsprofiel	Zone 1		Zone 2		Bermlengte	hoogte bermknik
		Eis	Stabiliteitsfactor	Eis	Stabiliteitsfactor		
		[-]	[-]	[-]	[-]		
50.320.11	DP45	1,14	1,23	1,07	1,13	9	41,10

7.3.2. Uitvoeringsfase

Omdat in de uitvoeringsfase de uitgangspunten verschillen ten opzichte van de maatgevende situatie is ook voor de uitvoeringsfase de binnenwaartse macrostabiliteit berekend. Uitgangspunten zijn:

- uitvoering geschiedt buiten hoogwaterseizoen, dus met gunstiger hydraulische randvoorwaarden dan in de maatgevende situatie;
- de nieuw aan te brengen leem (berm) en onderliggende cohesieve lagen worden als ongeconsolideerd beschouwd.

Tabel 7.4 geeft de resultaten van de D-Geo Stability berekeningen, de grondophoging in dijkvak 50.320.11 is voldoende veilig in de uitvoeringsfase. De uitvoer is opgenomen in bijlage V.

Tabel 7.6. Minimale stabiliteitsfactoren binnenwaarts bij uitvoering 50.320.11

dijkvak	dwarsprofiel	uitvoering			
		eis	stabiliteitsfactor	bermlengte	hoogte bermknik
		[-]	[-]	[m]	[m +NAP]
50.320.11	DP45	1,00	1,14	9	41,10

7.3.3. Consolidatietijd

Als gevolg van de ophoging in dijkvak 50.320.11 ontstaan wateroverspanningen in de cohesieve lagen, wat ongunstig is met betrekking tot stabiliteit. De wateroverspanningen nemen af in de tijd, waarmee de effectieve korrelspanning en dus de stabiliteit toeneemt.

In de zettingsberekening (§ 7.11) is de consolidatietijd bepaald, de tijd waarin al het overspannen water wegstroomt. Dit is circa 2,5 jaar. Indien de dijk in de zomer van 2014 wordt aangelegd, is deze eind 2016 op volledige sterkte. Tot deze tijd zal de stabiliteit van de dijk niet verminderen ten opzichte van de huidige situatie. Indien de dijk eerder op volledige sterkte dient te zijn, dienen er maatregelen te worden genomen om de afname van de consolidatie te versnellen.

7.4. Macrostabiliteit buitenwaarts (STBU)

De buitenwaartse macrostabiliteit is berekend met behulp van de computersoftware D-Geo Stability, versie 10.1 (build 1.4) van Deltares. De berekende buitenwaartse stabiliteit is weergegeven in tabel 7.6. De berekeningen zijn opgenomen in bijlage VI.

Tabel 7.7. Minimale stabiliteitsfactoren buitenwaarts

Dijkvak	Dwarsprofiel	Eis	Stabiliteitsfactor
50.320.7	DP30	1,07	1,19
50.230.11	DP45	1,07	1,21

De buitenwaartse stabiliteit van de dijk voldoet in beide dijkvakken.

7.5. Stabiliteit piping en heave (STPH)

De benodigde kwelweglengte is berekend met de methode Bligh. Er is een helpdesk watervraag gesteld over het toetsen van waterkeringen in Limburg op piping en heave. In verband met de hoge doorlatendheid van het grind en de piping gevoeligheid van het leem wordt aanbevolen te toetsen met een Creepfactor van 22 (bijlage VII).

De aanwezige kwelweglengte is in dijkvak 50.320.7 gelijk aan de afstand tussen de buitenteen en de bodem van de sloot bij de instroombak van de duiker. Daarnaast is aan de buitenzijde de beschermingszone (10 meter) in rekening gebracht. Voor dijkvak 50.320.11 is de aanwezige kwelweglengte gelijk aan de afstand tussen de binnen- en buitenteen plus de buitendijkse beschermingszone van 10 meter. De pipingberekeningen zijn opgenomen in bijlage VIII. In beide dijkvakken is er een tekort aan kwelweglengte (tabel 7.7).

Tabel 7.8. Gedetailleerde beoordeling STPH

dijkvak	dwarsprofiel	opbarst- veiligheid	aanwezige kwelweglengte	beschermingszone voorland	benodigde kwelweglengte	kwelwegtekort
[-]	[-]	[-]	[m]	[m]	[m]	[m]
50.320.7	DP30	0,0	27,0	10,0	81,8	44,8
50.320.11	DP45	0,72	27,0	10,0	44,3	7,3

7.5.1. Kwelscherm dijkvak 50.320.7

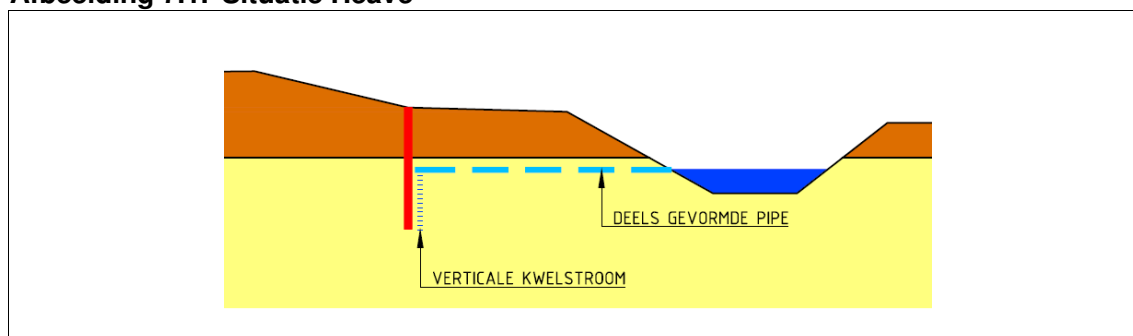
Voor de oplossing van de piping problematiek is gekozen voor het toepassen van een verticaal kwelscherm. Er is een kort voorland aanwezig, dus het aanbrengen van een kleikist aan de buitenzijde is geen optie. Een kleikist of pipingberm aan de binnenzijde is tevens geen optie omdat het uitredepunt bij de bodem van de sloot ligt.

Een filterconstructie is niet in de overweging meegenomen omdat dit nog geen beproefde methode is en ook het beheer en onderhoud ervan lastig is. Deze oplossing is niet als duurzaam en beheersbaar beschouwd.

Lengte kwelscherm (t.b.v. oplossing pipingprobleem)

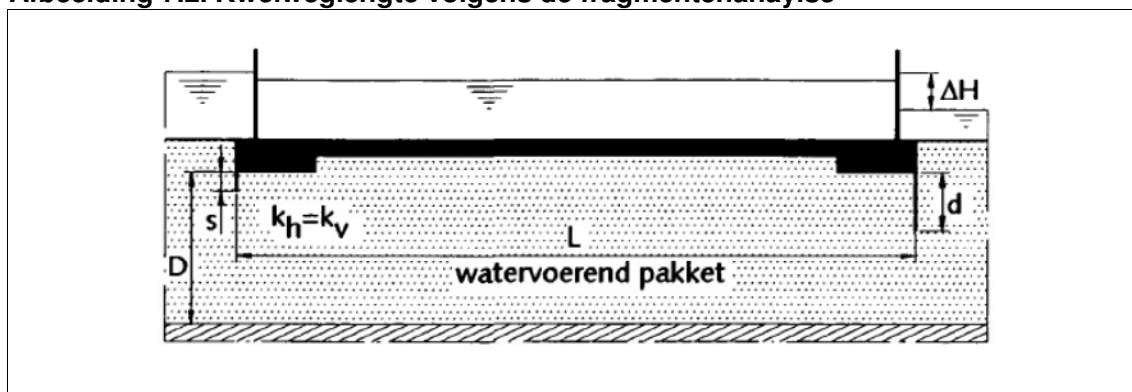
De lengte van het kwelscherm is bepaald aan de hand van het heave criterium. Hierbij wordt het maximaal toelaatbare potentiaalverschil berekend achter een damwand waarbij net geen heave ontstaat. Heave ontstaat wanneer een verticale kwelstroom zo sterk is dat het zand waar het doorheen stroomt fluïdiseert (drijfzand). Zolang er geen heave optreedt is ook piping uitgesloten.

Afbeelding 7.1. Situatie Heave



Voor het berekenen van het potentiaalverschil is de fragmentenanalyse uit het Technisch Rapport Zandmeevoerende Wellen [lit. 16] toegepast.

Afbeelding 7.2. Kwelweglengte volgens de fragmentenanalyse



Voor de bepaling van de lengte van het kwelscherm zijn de volgende verhoudingen van belang:

$$\frac{\Delta H}{L} = \frac{3,72}{37} = 0,10$$

$$\frac{D}{L} = \frac{10}{37} = 0,27$$

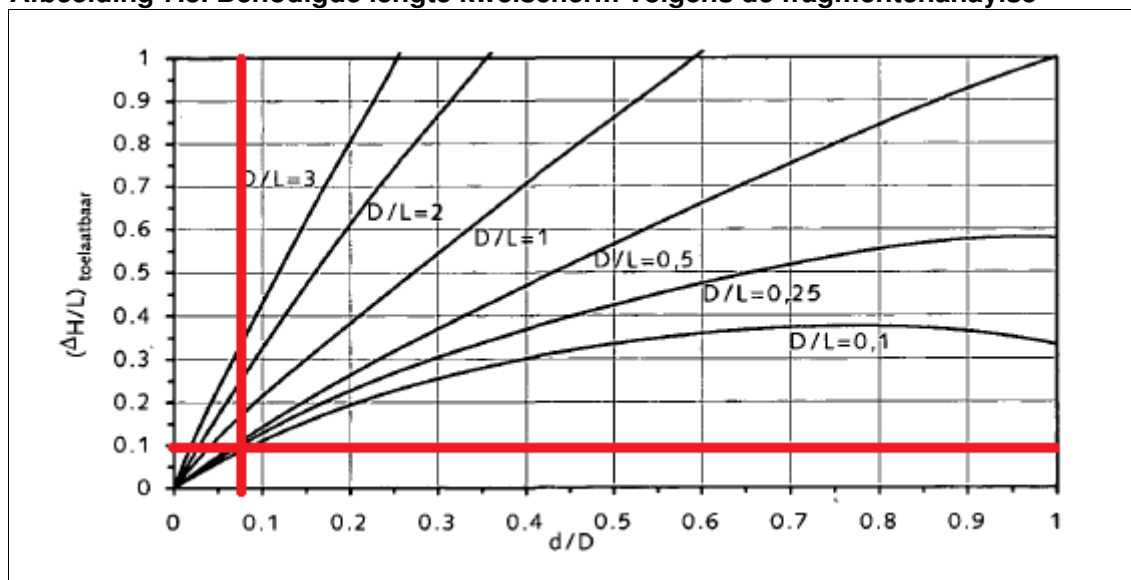
Waarin:

ΔH	Verval	[m]
L	Horizontale kwelweglengte	[m]
D	Dikte van het watervoerend pakket	[m]

de dikte (10 meter) van het watervoerendpakket is overgenomen uit het geohydrologische model REGIS II.1.

De benodigde lengte van het kwelscherm kan worden afgelezen uit Figuur A.1.2 (afbeelding 7.3) van het Technisch Rapport Zandmeevoerende Wellen [lit. 13]. Hieruit blijkt dat de verhouding d/D ongeveer 0,075 bedraagt. De dikte (D) van het watervoerendpakket is 10 meter, waarmee de benodigde kwelscherm lengte (d) volgens de fragmentenmethode komt op 0,75 meter.

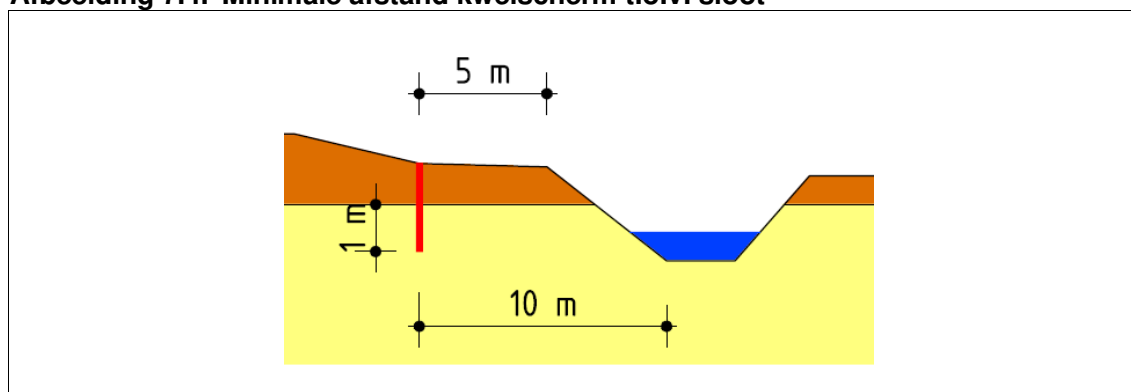
Afbeelding 7.3. Benodigde lengte kwelscherm volgens de fragmentenanalyse



In verband met onzekerheden in de dikte van het grindpakket is voor het piping ontwerp een kwelscherm voorzien die een lengte dient te hebben van 1 meter. Dit betekent dat die damwand tot een niveau van NAP +38,4 m (onderkant deklaag op NAP +39,4 m) dient te worden aangebracht.

De minimale afstand tussen de insteek van de sloot en de damwand bedraagt circa 5 meter. Deze afstand is voldoende geacht om een pipe van de slootbodembod richting de damwand uit te sluiten (afbeelding 7.4).

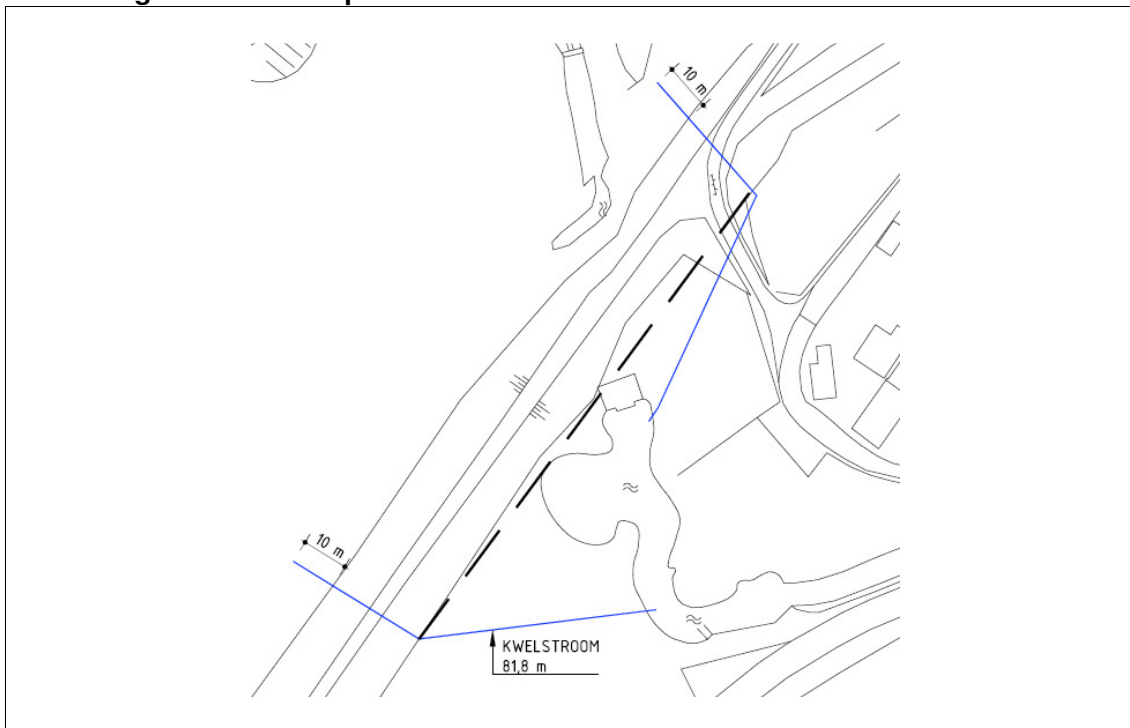
Afbeelding 7.4. Minimale afstand kwelscherm t.o.v. sloot



Achterloopsheid

In verband met achterloopsheid dient het kwelscherm ook naast de watergang te worden doorgezet. De benodigde kwelweglengte is 81,8 meter (bijlage VIII). In afbeelding 7.5 is het principe van het kwelscherm weergegeven minimale kwelweglengtes (achterloopsheid).

Afbeelding 7.5. Achterloopsheid



Damwandprofiel

De damwand dient geïnstalleerd te worden tot 1 meter in de grindlaag. Installatie van een damwand in grind is uitvoeringstechnisch lastig. Er wordt aanbevolen om gebruik te maken van een U-profiel omdat deze eenvoudiger is te installeren dan een Z-profiel. Om schade aan de damwand te voorkomen dient een damwandprofiel toegepast te worden van minimaal AU18 ($A = 150,3 \text{ cm}^2/\text{m}$, $W = 1780 \text{ cm}^3/\text{m}$) of gelijkwaardig).

Tijdens de installatie wordt aanbevolen om voor te boren ter plaatse van de damwandsloten. Dit reduceert het risico van uit het slot lopen van de planken.

Stabiliteit damwand

Er zijn twee damwandberekeningen gemaakt met behulp van D-Sheet Piling (versie 9.1, build 1.2), om de damwand tijdens ontwerpomstandigheden te toetsen:

- sloot dichtbij damwand. De sloot zit daarbij in de passieve wig van de damwand, waardoor de weerstand gereduceerd wordt;
- sloot ver weg van damwand. De stijghoogte in de grindlaag is hoger in vergelijking met het model waarin de sloot dichtbij de damwand is. Een grotere stijghoogte reduceert de effectieve spanningen en daarmee de weerstand.

De damwandberekeningen zijn opgenomen in bijlage IX. Uit beide berekeningen volgt dat een plankpuntniveau op NAP + 38,4 m (1 m in de grindlaag) voldoende is. De verplaatsing is slechts enkele millimeters. Het optredende buigend moment is circa 1 % van het opneembare moment. Het damwandprofiel is daarmee overgedimensioneerd wat betreft ontwerpomstandigheden, maar met betrekking tot de uitvoering is dit profiel benodigd om schade tijdens de installatie te voorkomen.

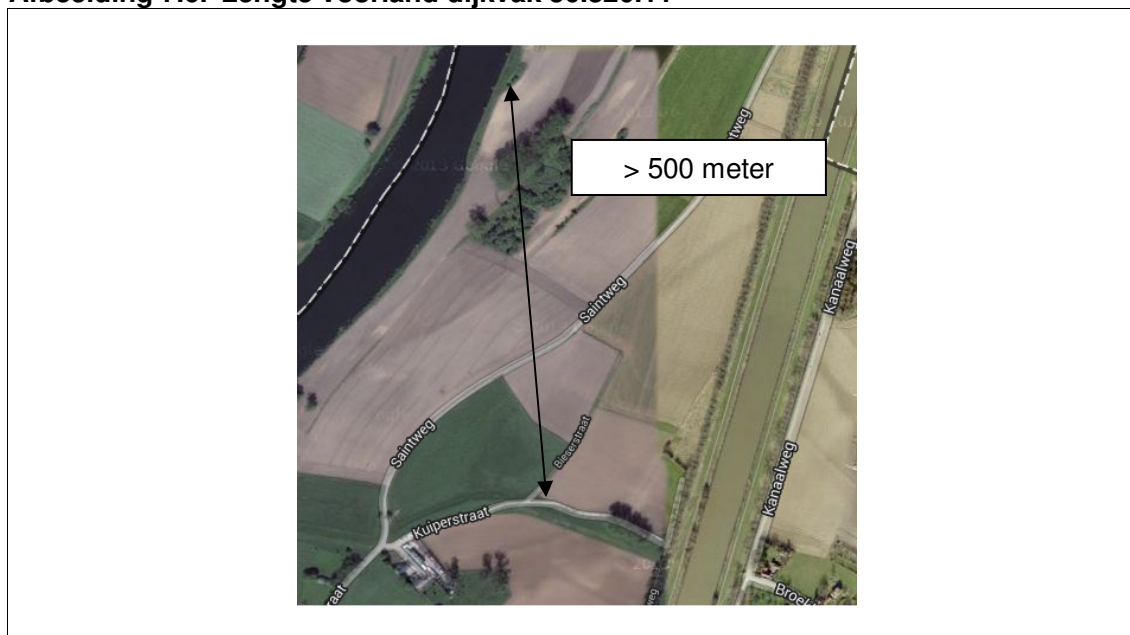
7.5.2. Verhogen maaiveld dijkvak 50.320.11

Dijkvak 50.320.11 voldoet niet op piping omdat het maaiveld hier lokaal te laag ligt. Het maaiveld dient te worden opgehoogd naar NAP + 40,3 om aan piping te kunnen voldoen (zie bijlage VIII).

7.6. Stabiliteit voorland (STVL)

Het voorland van dijkvak 50.320.7 wordt vergraven in verband met het project Grensmaas. De aanwezige voorlandlengte bedraagt na vergraving nog ongeveer 10 meter. In dijkvak 50.320.11 is er na de realisatie van de Maaswerken opnieuw een zeer lang voorland aanwezig met een lengte van meer dan 500 meter. Bij een voorland met deze lengte is de stabiliteit van het voorland geen relevant faalmechanisme voor het ontwerp van de dijk. In deze paragraaf wordt ingegaan op de stabiliteit van het voorland in dijkvak 50.320.7.

Afbeelding 7.6. Lengte voorland dijkvak 50.320.11



De beoordeling van de stabiliteit van het voorland in dijkvak 50.320. 7 is uitgevoerd met behulp van het VTV2006 [lit. 9] en bestaat uit een beoordeling op Afschuiving (AF) en een beoordeling op Zettingsvloeiing (ZV). Beide deelsporen dienen te voldoen aan de gestelde voorwaarden.

Afschuiving (AF)

Het deelspoor AF moet worden getoetst aan de hand van de volgende stappen (Afbeelding 7.7):

- stap 1: Vuistregel: Controle aanwezigheid geul met diepte > 9 m;
- stap 2: Geometrische toetsing: schadelijkheidscriterium Afschuiving;
- stap 3: Bestortingscriterium;
- stap 4: Geometrische toetsing: optredingscriterium Afschuiving;
- stap 5: Gedetailleerde toetsing;
- stap 6: Geavanceerde toetsing.

```
graph TD
    Q1["(1) Veilig op basis van vuistregel  
ja nee"]
    Q2["(2) Afschuiving is schadelijk op basis van geometrie  
nee ja"]
    Q3["(3) Er wordt voldaan aan het bestortingscriterium  
ja nee"]
    Q4["(4) Afschuiving is mogelijk op basis van geometrie  
nee ja"]
    Q5["(5) Gedetailleerde toetsing op afschuiving  
g v t o"]
    Q6["(6) Geavanceerde toetsing op afschuiving  
g v o"]
    Out["g v v g v g v o o"]

    Q1 -- ja --> Out_g1[g]
    Q1 -- nee --> Q2
    Q2 -- nee --> Q3
    Q2 -- ja --> Q4
    Q3 -- ja --> Out_g2[g]
    Q3 -- nee --> Out_v1[v]
    Q4 -- nee --> Out_v2[v]
    Q4 -- ja --> Q5
    Q5 -- g --> Out_g3[g]
    Q5 -- v --> Out_v3[v]
    Q5 -- t --> Out_v4[v]
    Q5 -- o --> Out_o1[o]
    Q6 -- g --> Out_g4[g]
    Q6 -- v --> Out_v5[v]
    Q6 -- o --> Out_o2[o]
```

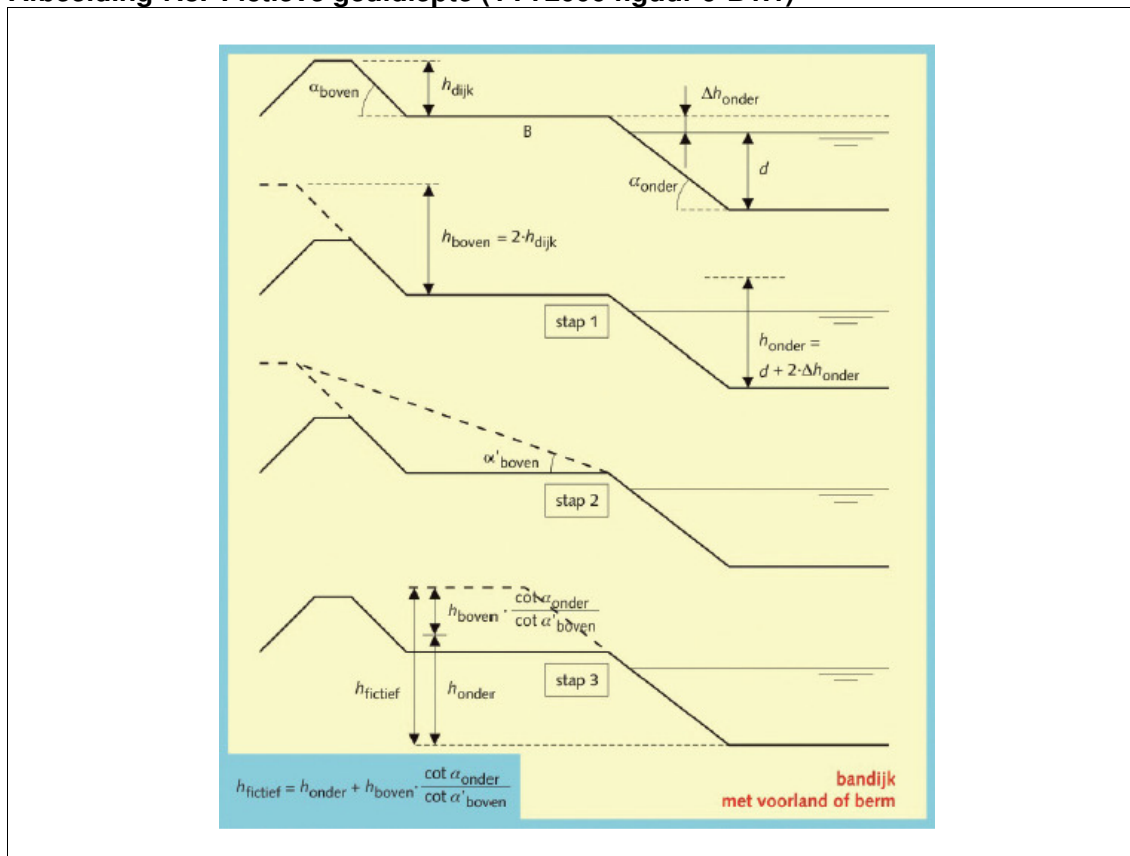
Stap 1: Vuistregel

In stap 1 wordt de fictieve geuldiepte beschouwd. In de VTV2006 worden twee voorwaarden genoemd waaraan voldaan moet worden om naar stap 3 te gaan:

- het voorland is ontstaan door natuurlijke processen;
- de fictieve geuldiepte is kleiner dan 9 meter.

De fictieve geuldiepte is bepaald met behulp van Afbeelding 7.3. De resultaten van stap 1 zijn gegeven in Tabel 7.9.

Afbeelding 7.8. Fictieve geuldiepte (VTV2006 figuur 9-B1.1)



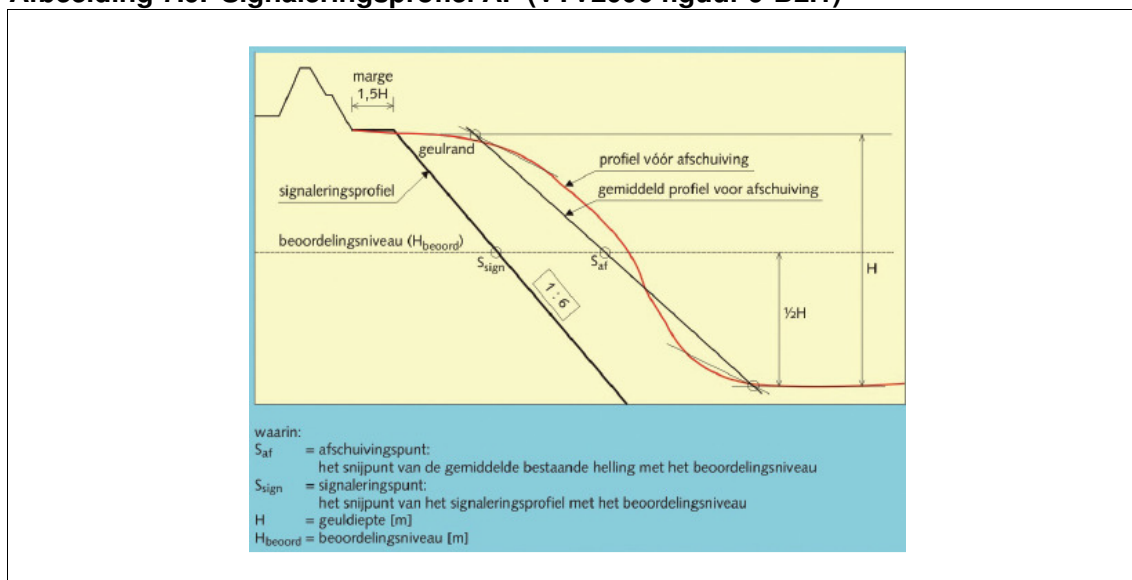
Tabel 7.9. Beoordeling stap 1: Bepaling fictieve geuldiepte

dijkvak [-]	dwarsprofiel [-]	niveau			fictieve geuldiepte [m]	vervolg [-]
		geul [m NAP]	voorland [m NAP]	kruin [m NAP]		
50.320.7	DP30	34,86	40,50	43,02	15,62	stap 2

Stap 2: Schadelijkheids criterium Afschuiving

In deze stap is nagegaan of de afschuiving de waterkering bereikt. Hiervoor wordt de methode met een signaleringsprofiel gebruikt volgens Afbeelding 7.9.

Afbeelding 7.9. Signaleringsprofiel AF (VTV2006 figuur 9-B2.1)



Tabel 7.10. Beoordeling stap 2: Schadelijkheidscriterium afschuiving

dijkvak	dwarsprofiel	signaleringspunt [m t.o.v. buitenteen dijk]	afschuivingspunt [m t.o.v. buitenteen dijk]	vervolg
50.320.7	DP30	25	26	stap 3

De rekensheet voor stappen 1 en 2 is opgenomen in bijlage X.

Stap 3: Bestortingscriterium

Er zijn geen gegevens beschikbaar betreffende de aanwezigheid van een steenbestorting op het voorland. Om deze reden luidt het oordeel 'voldoende'.

Zettingsvloeiing (ZV)

Het deelspoor ZV moet worden getoetst aan de hand van de volgende stappen (Afbeelding 7.10):

- stap 1: Vuistregel: Controle aanwezigheid geul met diepte > 9 m;
- stap 2: Geometrische toetsing: schadelijkheidscriterium Zettingsvloeiing;
- stap 3: Bestortingscriterium;
- stap 4: Geometrische toetsing: optredingscriterium Zettingsvloeiing;
- stap 5: Aanwezigheid verwekingsgevoelige lagen+
- stap 6: Geavanceerde toetsing.

```
graph TD
    (1) "Veilig op basis van vuistregel  
ja nee" -- ja --> G1[g]
    (1) -- nee --> (2)
    (2) "Zettingsvloeiing is schadelijk op basis van geometrie  
nee ja" -- nee --> (3)
    (2) -- ja --> (4)
    (3) "Er wordt voldaan aan het bestortingscriterium  
ja nee" -- ja --> G1
    (3) -- nee --> V1[v]
    (4) "Zettingsvloeiing is mogelijk op basis van geometrie  
nee ja" -- nee --> V2[v]
    (4) -- ja --> (5)
    (5) "Er zijn verwekingsgevoelige lagen aanwezig  
nee ja/twijfel" -- nee --> G2[g]
    (5) -- ja/twijfel --> (6)
    (6) "Geavanceerde toetsing op zettingsvloeiing  
g v o" -- g --> G3[g]
    (6) -- v --> V3[v]
    (6) -- o --> O[o]
```

Stap 1 verloopt voor zettingsvloeiing hetzelfde als de beoordeling op afschuiving.

In deze stap is nagegaan of zettingsvloeiing de waterkering bereikt. Hiervoor wordt de methode met een signaleringsprofiel gebruikt volgens Afbeelding 7.96.

verwekingsgevoelig over de gehele hoogte $H = H_{vw}$

marge

geulrand

signaleringsprofiel

1 : A

profiel vóór zettingsvloeiing

beoordelingsniveau (H_{beoord})

$H = H_{vw}$

$\frac{1}{3} H$

S_{zv}

S_{sign}

1 : A = gemiddelde helling na zettingsvloeiing; 1 : 15 voor $H < 40$ m
1 : 20 voor $H \geq 40$ m

Tabel 7.11. Beoordeling stap 2: Schadelijkheidscriterium zettingsvloeiing

dijkvak	dwarsprofiel	signaleringspunt [m t.o.v. hartlijn dijk]	zettingsvloeiingspunt [m t.o.v. hartlijn dijk]	vervolg
50.320.7	DP30	68	30	stap 4

De rekensheet voor stappen 1 en 2 is opgenomen in bijlage X.

Stap 4: Optredingscriterium Zettingsvloeiing

Het optreden van een zettingsvloeiing is mogelijk als wordt voldaan aan één van de twee onderstaande voorwaarden:

- de gemiddelde helling is steiler dan of gelijk aan 1:4, over een hoogte van minimaal 5 m;
- de totale helling (geulrand-geulbodem) is gemiddeld steiler dan of gelijk aan 1:7.

Aan de tweede voorwaarde wordt voldaan. Zettingsvloeiing is op basis van de geometrie niet uit te sluiten en de beoordeling gaat verder in stap 5.

Stap 5: Aanwezigheid verwekingsgevoelige lagen

In bijlage 9-6 van het VTV staat beschreven dat cohesieve lagen en grof materiaal niet verwekingsgevoelig zijn. Bij Merum-Solvay is in het voorland een grindpakket aanwezig met een deklaag van cohesieve materialen. Deze materialen zijn dus niet verwekingsgevoelig en dus luidt het oordeel 'voldoende'.

7.7. Microstabiliteit (STMI)

Aangezien het gehele dijklichaam binnenwaarts van de binnenkruinlijn volledig uit slecht doorlatend materiaal (leem) bestaat speelt microstabiliteit geen rol.

7.8. Stabiliteit bekleding (STBK)

In de beoordeling van de stabiliteit van de bekleding wordt in het VTV2006 onderscheid gemaakt in vier zones. Zone A,B en C bevinden zich op het buitentalud en zone D is de kruin en het binnentalud.

7.8.1. Buitentalud

In het ontwerp van de dijk op de overige faalmechanismen hoeft het buitentalud niet te worden aangepast. Voor de beoordeling van de bekleding op het buitentalud is daarom conform de VTV2006 [lit. 9] gebruik gemaakt van de Grastoets2004 V3.0. De stabiliteit van de bekleding is gecontroleerd voor het jaar 2050, aangezien de golfoverslag in deze situatie maatgevend is boven de situatie 2020 (zie § 7.1.2).

Aanvullende uitgangspunten

- geen differentiatie golfcondities over buitentalud;
- minimale golfhoogte H_s ; min: 0,1m (standaard);
- bekledingstype: gezaaid gras;
- windrichting 247,5 / 0 graden;
- graszode voldoende ontwikkeld op buitentalud;
- beheerdersoordeel luidt voldoende;
- gedrag van graszode op buitentalud is goed;
- kwaliteit graszode is 'matig' of beter;
- beheertype: bemaaiing;
- klei van erosiebestendigheid van minimaal klasse c3;
- zandgehalte van 50 % of minder;

Het oordeel op stabiliteit bekleding is samengevat in Tabel 7.12. De uitvoer van de grastoets is opgenomen in bijlage XI. In de berekening is uitgegaan dat het zandgehalte van de kleibekleding kleiner is dan 50 %. Indien dit niet het geval is, voldoet het buitentalud niet op stabiliteit van de bekleding.

Tabel 7.12. Beoordeling STBK

dijkvak	dwarsprofiel	nadere beoordeling				eindoordeel
		zone A	zone B	zone C	zone D	
50.320.7	DP6	goed	goed	goed	n.v.t.	goed
50.320.11	DP6	goed	goed	goed	n.v.t.	goed

7.8.2. Kruin en binnentalud

Aangezien het overslagdebiet gelijk is aan 0,1 l/m/s (§7.2.2) worden er geen eisen gesteld aan de bekleding op de kruin en op het binnentalud.

7.9. Niet waterkerende objecten (NWO's)

Niet Waterkerende Objecten worden volgens de VTV2006 [lit. 9] in 3 categorieën ingedeeld:

1. bomen;
2. kabels en leidingen;
3. bebouwing.

7.9.1. Bomen

In dijkvak 50.320.7 bevinden zich enkele solitaire bomen in het achterland. In dijkvak 50.320.11 zijn geen bomen aanwezig.

Voor de beoordeling van de solitaire bomen moet de invloed van een ontgrondingskuil worden beschouwd op piping en heave en op stabiliteit van het binnentalud [lit. 9]. De ontgrondingskuil die zal ontstaan is minder diep dan de aanwezige sloot waardoor de beoordeling van de bomen op piping en heave niet relevant is.

De dichtstbijzijnde boom ligt op circa 15 meter afstand van de binnenteen. Op deze afstand heeft een eventuele ontgrondingskuil geen invloed op de maatgevende glijcirkel. De maatgevende glijcirkel treedt immers uit bij de teen van de dijk (zie bijlage V).

7.9.2. Kabels en leidingen

In beide dijkvakken bevinden zich geen kabels en leidingen.

7.9.3. Bebouwing

In beide dijkvakken is geen bebouwing aanwezig.

7.10. Waterkerende kunstwerken

In dijkvak 50.320.7 bevindt zich de uitwateringsduiker 'Oude Broekgraaf' die het achterland verbindt met de Maas. In de toetsing van deze duiker wordt aanbevolen om nader onderzoek uit te voeren naar het stenen muurtje aan de uitstroomzijde. In verband met de eis om een onderhoudsstrook te realiseren wordt de huidige sloot gedempt. Hiermee komt het stenen muurtje te vervallen.

Er is geen toetsoordeel gegeven op het toetsspoor piping en heave. Door het aanbrengen van een kwelscherm wordt ook de eventuele problematiek rondom piping bij de duiker ondervangen.

Op alle andere toetssporen is de constructie goedgekeurd.

Afbeelding 7.12. Afgekeurd stenen muurtje



In dijkvak 50.320.11 zijn geen waterkerende constructies aanwezig.

7.11. Samenvatting resultaten faalmechanismen

In tabellen 7.13 en 7.14 zijn de resultaten van de berekeningen samengevat.

Tabel 7.13. Samenvatting resultaten 50.320.7

faalmechanisme	
HT	zowel voor het jaar 2020 als 2050 is er geen kruinophoging nodig
STBI	de stabiliteit van de dijk is voldoende
STBU	het gehele dijkvak voldoet op macrostabiliteit buitenwaarts
STPH	het dijkvak voldoet niet op piping en heave, er wordt een kwelscherm aangebracht
STVL	de stabiliteit van het voorland is voldoende
STMI	aangezien de dijk is opgebouwd uit leem speelt STMI geen rol
STBK	de stabiliteit van de bekleding is goed indien aangetoond kan worden dat het zandgehalte van de bovenste 0,5 meter kleiner is dan 50%
NWO's	de bomen in het dijkvak zijn niet maatgevend boven de sloot
WK's	het stenen wandje aan de uitstroomzijde van de duiker is onvoldoende stabiel, de sloot wordt gedempt en het stenen muurtje wordt verwijderd

Tabel 7.14. Samenvatting resultaten 50.320.11

faalmechanisme	
HT	de kruin hoeft voor het ontwerp van het jaar 2020 niet te worden opgehoogd (wel verbreed in verband met het ontwerp voor het jaar 2050)
STBI	in het gehele dijkvak is een steunberm benodigd van 9 meter breed en met het knikpunt op NAP

faalmechanisme	
	+41,1 m
STBU	het gehele dijkvak voldoet op macrostabiliteit buitenwaarts
STPH	het dijkvak voldoet niet op piping en heave, het maaiveld wordt lokaal opgehoogd
STVL	in verband met de grote afstand tot de maasgeul voldoet het dijkvak op STVL
STMI	aangezien de dijk is opgebouwd uit leem speelt STMI geen rol
STBK	de stabiliteit van de bekleding is goed indien aangetoond kan worden dat het zandgehalte van de bovenste 0,5 meter kleiner is dan 50 %
NWO's	er zijn NWO's aanwezig in het dijkvak
WK's	er zijn geen waterkerende kunstwerken aanwezig

7.12. Zettingen

In dijkvak 50.320.7 is geen sprake van grondophogingen. Voor dijkvak 50.320.11 zijn er zettingsberekeningen gemaakt om een inschatting te maken van de te verwachten zettingen. Hiertoe is het software programma D-Settlement gebruikt (versie 9.2, build 1.2).

Het aanbrengen van de ophoging, als non-uniform load met $\gamma/\gamma_{\text{sat}} = 19/19 \text{ kN/m}^3$, is gemodelleerd op $t = 1$. Met behulp van de optie 'maintain profile' in D-Settlement is de spanningstoename door zettingscompensatie in rekening gebracht, gewichtsafname door het onderwater zakken van grondlagen is gemodelleerd met behulp van de optie 'submerging'. Er is gerekend met een periode van 36 jaar (2014-2050). In werkelijkheid zal het uitbreidbaarheidsprofiel later worden aangebracht en dus voor minder zettingen zorgen, dit is dus een conservatief uitgangspunt voor de zettingen die tot 2050 zullen optreden. De grondwaterstand is aangehouden op het polderpeil (gelijk aan maaiveld).

Er is een zettingsberekening gemaakt voor de versterkingsopgave voor het jaar 2020, en een zettingsberekening voor het uitbreidbaarheidsprofiel voor 2050. De berekeningen zijn opgenomen in bijlage XII. De resultaten zijn gepresenteerd in Tabel 7.15.

Tabel 7.15. Resultaat zettingsberekening

dijkvak	dwarsprofiel	locatie	zettingscompensatie versterkingsopgave 2020 [m]	zettingscompensatie uitbreidbaarheidsprofiel 2050 [m]
50.320.11	DP45	kruin	0,06	0,08
		binnenteen	0,08	0,08
		achterland	0,08	0,08

8. BESCHRIJVING ONTWERP

8.1. Dijkvak 50.320.7

8.1.1. Geometrie

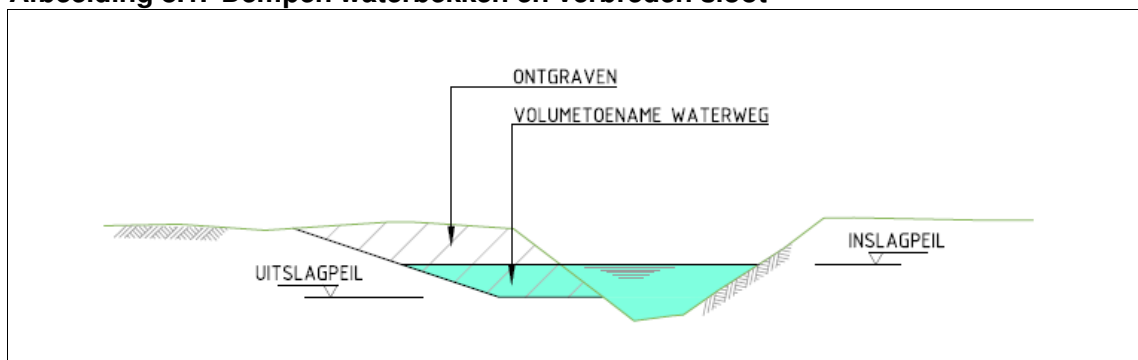
In dijkvak 50.320.7 is de hoogte en de breedte van de kruin voldoende. De dijk voldoet niet op piping en heave (STPH). Het ontwerp is zo opgesteld dat dit faalmechanisme wordt aangepakt met behulp van een damwandscherm in de teen van de dijk.

8.1.2. Dempen waterbekken en verbreden sloot

In het definitief ontwerp wordt de waterbekken bij de uitwateringsduiker gedempt. Dit wordt gedaan om ervoor te zorgen dat de aanrijroute naar de pompopstelplaats ook tijdens maatgevende omstandigheden goed bereikbaar is. In de huidige situatie is de grond achter de dijk nat tijdens hoogwater. Hierdoor treedt afkalving op van de waterbekken waardoor de aanrijroute verzakt.

Ter compensatie van de bergingscapaciteit en het wateroppervlakte ten behoeve van de ecologie wordt de sloot richting de duiker verbreed. Het principe van deze maatregel is gegeven in afbeelding 8.1. De dijk wordt met 2,75 meter verbreed op een niveau van NAP + 39,04 (uitslagpeil). Vervolgens wordt met een talud van 1:3 aangesloten op het maaiveld. Op deze manier blijft de capaciteit (tussen inslagpeil en uitslagpeil) gelijk.

Afbeelding 8.1. Dempen waterbekken en verbreden sloot



8.1.3. Damwandscherm

Profiel en lengte

In paragraaf 7.5.1 is de benodigde lengte en type van de damwandplanken bepaald. Er wordt gebruik gemaakt van damwand type AU18 en deze wordt tot 1 meter onder de deklaag ingebracht. In de berekeningen en in de hoeveelheden is uitgegaan van een deklaag op NAP +39,4 meter.

Aansluiting op uitwateringsduiker 'Oude Broekgraaf'.

Het kwelscherm zal ergens de uitwateringsduiker moeten kruisen. Hierbij zijn twee principe oplossingen mogelijk:

- stalen duiker door de damwand;
- damwand om de constructie leggen.

Er is in de uitwerking van het DO gekozen om de duiker met de damwand te laten kruisen:

- de lengte van het damwand scherm is kleiner;
- de damwand kan nagenoeg overal in de teen van de dijk liggen;
- er hoeven geen werkzaamheden op terrein van derden te worden uitgevoerd;

- aan het aanbrengen van de damwand dicht op de constructie is er het risico op het beschadigen van de constructie;
- bij het aanbrengen van de damwand om de constructie heen is de waterdichte verbinding tussen de betonnen bak en het kwelscherm moeilijk te verzekeren;
- bij het aanbrengen van de damwand om de constructie wordt de betonnen bak onderdeel van het kwelscherm. De waterdichtheid tussen duiker en betonnen bak is hier een aandachtspunt.

De duiker dient waterdicht aan te sluiten op het kwelscherm. Hiervoor dient eerst de duiker gedeeltelijk te worden verwijderd. Aan de zijde van de betonnen instrookbak is de duiker volgens de Revisietekening van Grontmij aangesloten met behulp van een Dresser-koppeling. In het ontwerp wordt uitgegaan dat hiermee een pendelstuk wordt bedoeld, en dat de stalen buis onder de dijk hier eenvoudig los te koppelen is. Aan de andere zijde dient de bestaande duiker te worden afgeslepen.

In de vrije ruimte die is gecreëerd wordt de damwand op positie gebracht. In het kwelscherm dient een stuk te worden uitgeslepen die wordt voorzien van een stalen grondplaat met een gat voor de duiker. Het nieuwe stuk duiker wordt waterdicht aangesloten op de grondplaat met behulp van een neonpreenslab. Aan een zijde kan de duiker worden aangesloten op het pendelstuk. Aan de andere zijde dient het nieuwe stuk aan te sluiten op de bestaande duiker, hierbij kan gebruik gemaakt worden van een trekvast in- en uitbouw stuk. Ter plaatse van de kruising van de duiker met het kwelscherm is een kleikist voorzien van 0,5 meter dik rondom de duiker.

De damwanden (kwelscherm) ter plaatse van de duiker zullen dieper moeten worden aangelegd dan in het ontwerp is voorzien. Dit heeft te maken met de stalen grondplaat die op de damwanden moet worden bevestigd. De damwanden ter plaatse van de kruising met de duiker dienen tot een niveau van ongeveer NAP +37,0 meter te worden ingebracht.

Het ontwerp is verder uitgewerkt op de ontwerptekening in bijlage XIII.

Uitvoering

Tijdens de uitvoering dient de duiker gedeeltelijk bloot worden gelegd. Dit kan worden gedaan door het gebruik van een sleufbekisting, wat ook vaak wordt toegepast bij het openleggen van rioolleidingen. Voor het drooghouden van het werkterrein zal naar verwachting een dorpelpomp volstaan. Wel belangrijk is dat de werkzaamheden tijdens laagwater plaatsvinden in verband met de hoge doorlatendheid van het grindpakket in de ondergrond.

Damwand onder de weg Aan de Maas

Aan de noordzijde van het dijkvak dient het kwelscherm te worden aangebracht onder de oprit Aan de Maas. Deze weg heeft een asfalt verharding. De asfaltverharding zal over een strook van circa 1 meter moeten worden verwijderd om ruimte te creëren voor de damwanden. In de taluds moet de damwand worden afgebrand zodat deze in de uiteindelijke situatie niet zichtbaar zijn. De strook asfalt zal opnieuw moeten worden geasfalteerd.

8.1.4. Onderhoudsstroken

In het ontwerp zijn 3 onderhoudspaden voorzien:

- op de kruin;
- bij de binnenteen;
- bij de buitenteen.

De onderhoudspaden op de kruin en bij de binnenteen krijgen een breedte van 3,5 meter en worden opgebouwd uit een laag van 0,3 m hydraulisch gebonden menggranulaat. In het

zuiden sluiten deze paden aan op het pad richting de fietsveerpont. In het noorden sluiten de paden aan op de weg 'Aan de Maas' welke hier de kruin over gaat.

De onderhoudsstrook bij de buitenteen krijgt ook een breedte van 3,5 meter maar hier wordt geen verharding voor aangebracht. Wel dient deze zone obstakelvrij te zijn waarvoor de inrichting van het terrein aan de uitstroomzijde van de duiker gewijzigd dient te worden.

8.1.5. Verlengen duiker

Buitendijks dient een onderhoudsstrook te worden gerealiseerd. In de huidige situatie een doorgaande strook niet aanwezig in verband met de uitwateringsduiker, de spoelgoot op het buitentalud en de sloot (afbeelding 8.2). Tijdens een hoogwatersituatie wordt via een noodpomp (Betsy XXL) overtollig water uit het achterland over de dijk naar buiten gepompt. Dit gaat met een maximale capaciteit van 1500 m³ per uur. De spoelgoot op het buitentalud voorkomt erosie van de bekleding.

Afbeelding 8.2. Spoelgoot buitentalud en sloot met stenen muurtje



Voor de realisatie van de onderhoudsstrook wordt het maaiveld bij de buitenteen ter plaatse van de spoelgoot opgehoogd tot het niveau aan weerszijden van de sloot. Het maaiveld niveau bij de buitenteen van de dijk ligt op circa NAP +41,0 m.

Er is gekozen voor een robuuste oplossing in verband met de grote turbulentie en stroomsnelheid van het water dat over de kruin wordt gepompt. Het ontwerp wordt hieronder per stap omschreven:

1. verwijderen terugslagklep en aanbrengen van een pendelstuk op de bestaande duiker;
2. verwijderen stenen muurtje;
3. aanbrengen van een betonnen taludbak inclusief terugslagklep en stalen duiker. De stalen duiker dient een wanddikte van 12,7 mm te hebben (zie berekening in bijlage XV);
4. aansluiten taludbak met duiker op het pendelstuk;
5. ophogen maaiveld tussen taludbak en buitenteen van de dijk en ontgraven nieuwe afwateringssloot richting de Maas;
6. aanbrengen van asfaltverharding tussen de taludbak en de spoelgoot op het buitenta

lud, met behoud van de vorm als spoelgoot. Er wordt feitelijk een soort voorde gecreëerd. Er is gekozen voor een bekleding van waterbouwasfaltbeton. Waterbouwasfaltbeton kan in één laag op de ondergrond worden aangebracht en door het lage percentage holle ruimte is het een waterdicht mengsel waardoor het een duurzame oplossing is. Waterbouwasfaltbeton is bestand tegen hoge hydraulische belastingen en is overrijdbaar voor onderhoudsvoertuigen. De dikte van de laag waterbouwasfaltbeton is 10 cm en voor de breedte is twee maal de breedte van de spoelgoot aangehouden (8 meter breed);

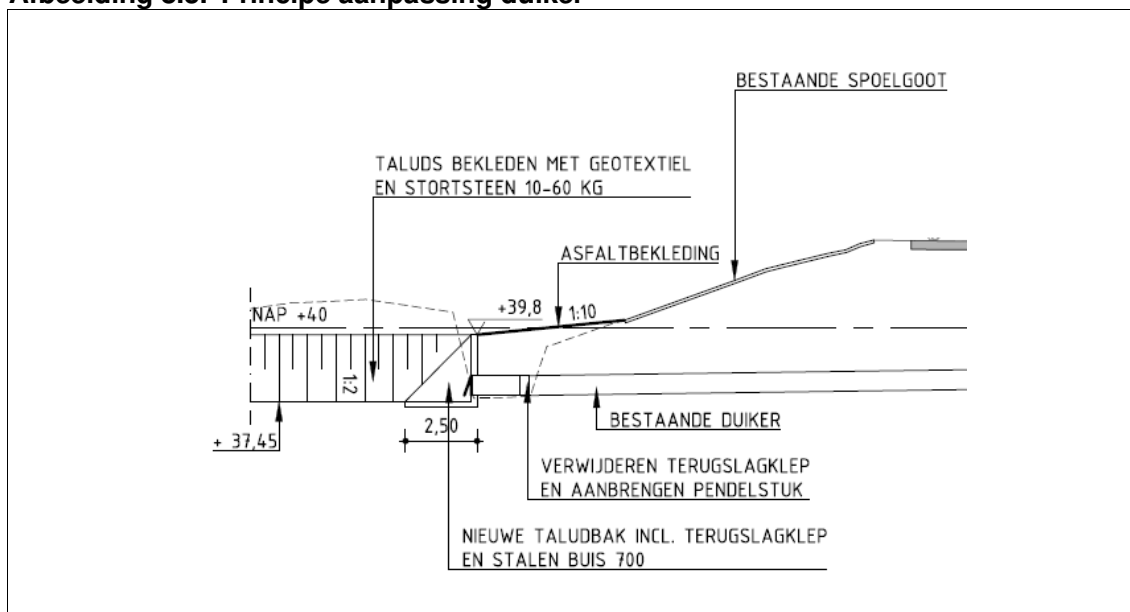
7. afwateringssloot voorzien van geotextiel en een vlijlaag met bekleding van stortsteen 10-60 kg. Er is voor een gradering van 10-60 kg gekozen omdat dit bestand is tegen een stroomsnelheid van ca. 2m/s bij hoge turbulentie. De Betsy XXL heeft een capaciteit van 1500 m³ per uur en dit wordt met twee slangen geloosd op de spoelgoot op het buitentalud. De snelheid van het water dat uit de slangen komt is gelijk aan:

- capaciteit: 1500 m³/uur = 0,42 m³/sec;
- oppervlakte: 0,1 m² bij twee slangen met een diameter van 250 mm;
- stroomsnelheid: 0,42 / 0,1 = 4,2 m/s.

Zodra het water in de spoelgoot komt neemt het doorstroomoppervlakte toe en de stroomsnelheid af. Ter plaatse van de sloot is het doorstroomoppervlakte vele malen groter dan de slangen van de pompinstallatie.

Het ontwerp is uitgewerkt op de ontwerptekening (STD88-1-2040) in bijlage XIII, in afbeelding 8.3 is het principe weergegeven.

Afbeelding 8.3. Principe aanpassing duiker



8.1.6. Bomen

In het achterland bevinden zich een aantal solitaire bomen. Aangezien er een damwand-scherm wordt geplaatst in de binnenteen, vormen deze bomen geen gevaar voor de waterveiligheid. De bomen kunnen behouden blijven.

8.1.7. Zonering legger

Het definitief ontwerp heeft geen invloed op de grenzen van de huidige zonering in de legger. Dit is een gevolg van het aanpassen van de situatie bij de uitstroomzijde van de duiker, het dempen van de waterbekken en het plaatsen van het kwelscherm in de binnenteen.

In bijlage XIV is een tekening opgenomen met daarop de leggergrenzen voor zowel de huidige- als de nieuwe situatie. De leggergrenzen uit de huidige situatie zijn overgenomen uit de leggertekeningen van Waterschap Roer en Overmaas.

In de nieuwe situatie zijn er drie wijzigingen doorgevoerd aan de zonering:

- De kernzone is aan de binnenzijde ten plaatse van de damwand, 3 meter buiten de damwand gelegd. Op de locaties waar dit reeds het geval was, is de zonering niet aangepast;
- Aan de buitenzijde is de waterzone gewijzigd in verband met het verleggen van de sloot en het gereedkomen van Maaswerken;
- Aan de binnenzijde is de waterzone verbreed in verband met het verbreden van de sloot. Ter plaatse van de gedempte waterbekken is de waterzone kleiner geworden.

De dimensies van de zones volgen de huidige legger van het Waterschap Roer en Overmaas. De afmetingen van de beschermingszonewijken af van de landelijk gebruikte praktijk.

8.2. Dijkvak 50.320.11

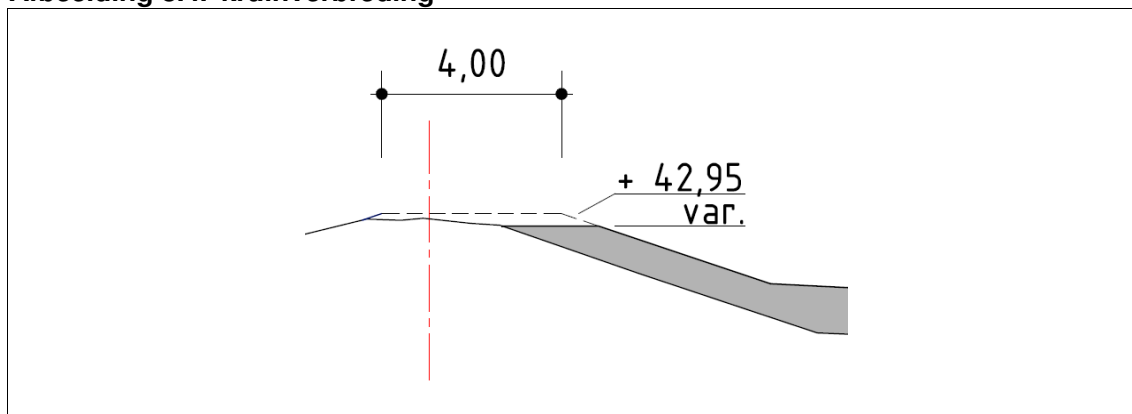
8.2.1. Geometrie

Ophoging en verbreding kruin

De kruin hoeft voor het ontwerpjaar 2020 niet te worden opgehoogd. Wel is in het ontwerp rekening gehouden met een uitbreiding van het dijklichaam naar het jaar 2050. Het ontwerp voor het jaar 2050 is uitgezet vanaf de huidige buitenkruinlijn. De kruin van het uitbreidbaarheidsprofiel ligt op NAP + 42,95 m en is 4 meter breed.

In het ontwerp is de huidige kruin verbreed tot aan de insnijding met het theoretische uitbreidbaarheidsprofiel (zie afbeelding 8.4). Het nieuwe binnentalud heeft een helling van 1:3 tot aan de bovenzijde van de steunberm.

Afbeelding 8.4. kruinverbreding



Steunberm

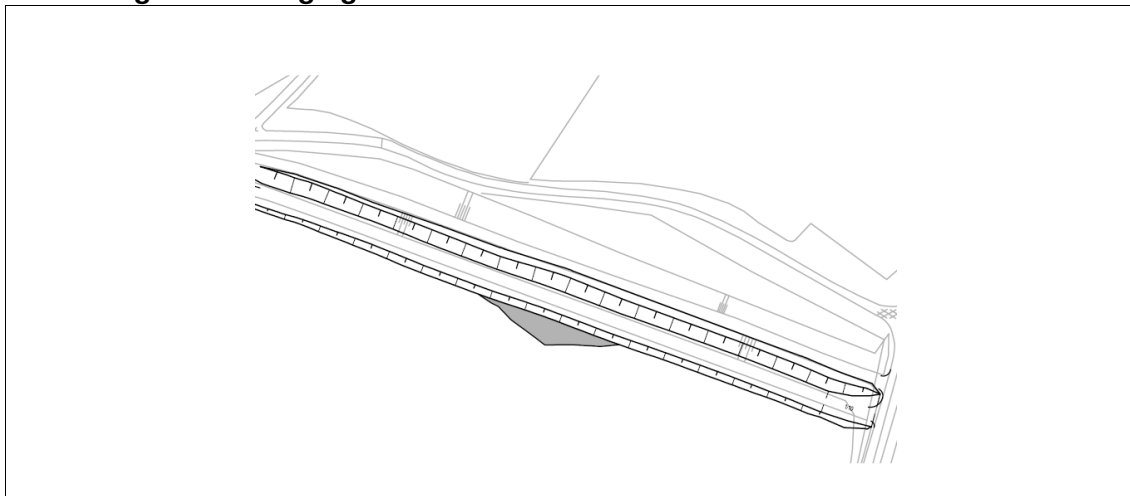
In verband met de binnenwaartse macrostabiliteit dient er een steunberm te worden aangelegd van 9 meter breed. De insnijding van de berm met het nieuwe binnentalud ligt op NAP +41,55 m en het knippunt van de berm ligt op NAP +41,1 m. De berm ligt hiermee onder een afschot van 1:20. Het talud van de berm verloopt onder een helling van 1:3 naar het maaiveld.

Ophogen achterland

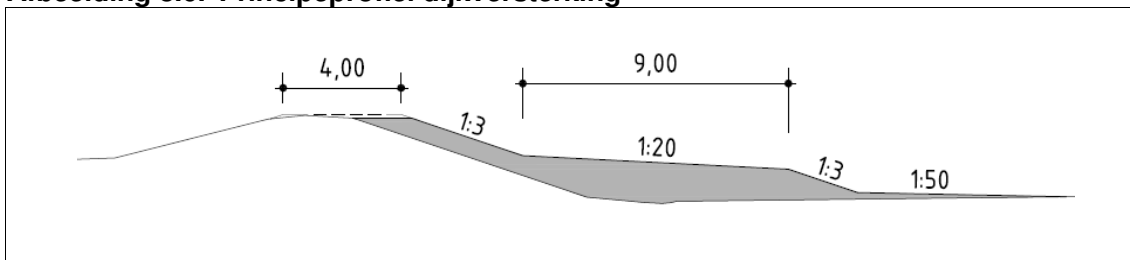
In verband met piping en heave dient het achterland lokaal te worden opgehoogd. Het maaiveld bij de teen van de nieuwe steunberm dient op minimaal NAP +40,3 m te liggen.

Dit is over een beperkte lengte van het dijkvak niet het geval. Het maaiveld moet terplaatse worden opgehoogd. De teen van de steunberm komt hier op een niveau van NAP +40,3 m en het maaiveld kan onder een afschot van 1:50 naar het achterland wegllopen. In afbeelding 8.5 is weergegeven over welke oppervlakte het maaiveld tussen de 0 en 0,2 meter dient te worden opgehoogd.

Afbeelding 8.5. Verhoging maaiveld achterland



Afbeelding 8.6. Principe-profiel dijk-versterking



8.2.2. Materiaalgebruik grondaanvulling

Aangezien het overslagdebiet gelijk is aan 0,1 l/s/m (§ 7.2.2) zijn er geen eisen gesteld aan de bekleding op de kruin en het binnentalud. In overleg met waterschap Roer en Overmaas is gesteld dat als aanvulmateriaal gebiedseigen leem of klei met een volumiek gewicht van tenminste 19 kN/m³ geschikt is. Voor een goede aansluiting op het bestaande maaiveld dient de bovenste 0,3 meter van het huidige maaiveld te worden verwijderd inclusief de grasmat. Tot slot dient het nieuwe profiel te worden ingezaaid met gras.

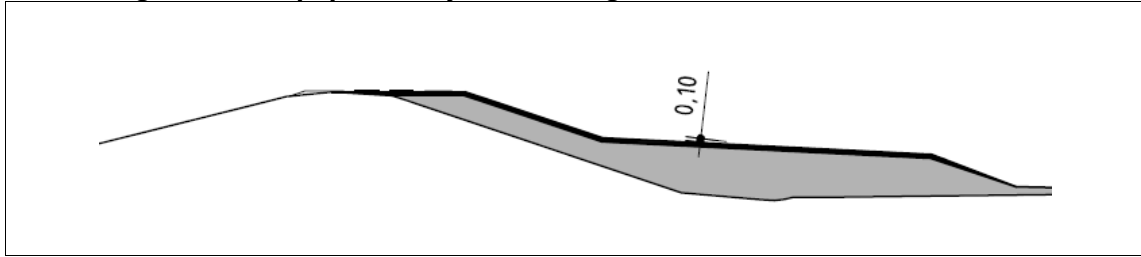
In het ontwerp is uitgegaan dat de kleibekleding op het buitentalud een minimaal kleigehalte heeft van 50 % en de erosiebestendigheid moet minimaal gelijk zijn aan klei categorie 3. Dit dient te worden gecontroleerd met zeefproeven.

Inkassing van de kleibekleding gebeurt feitelijk door het frezen van de grasmat en het afgraven van de toplaag (0,3 m). Omdat het overslagdebiet kleiner is dan 0,1 l/s/m en het een leemdijk betreft, is verdere inkassing van de kleibekleding niet noodzakelijk.

8.2.3. Aanlegprofiel in verband met zettingen

De zettingsberekeningen tonen zettingen van 0,08 m (§ 7.12). Geadviseerd wordt om het gehele ontwerp-profiel 0,1 meter hoger aan te leggen dan zoals in het ontwerp is opgenomen (afbeelding 8.7).

Afbeelding 8.7. Principeprofiel dijkversterking



8.2.4. Onderhoudsstroken

In het ontwerp zijn 3 onderhoudspaden voorzien:

- op de kruin;
- op de steunberm;
- bij de buitenteen.

Het onderhoudspad bij de buitenteen is reeds aanwezig in verband met de verlegging van de Saintsweg.

Voor het onderhoudspad op de kruin is een verharding voorzien, namelijk: hydraulisch gebonden menggranulaat. Deze onderhoudsstrook krijgt een breedte van 3,5 meter en worden opgebouwd uit een laag van 0,3 m hydraulisch gebonden menggranulaat.

De onderhoudsstrook op de steunberm krijgt ook een breedte van 3,5 meter maar hier wordt geen verharding voor aangebracht. Wel wordt er menggranulaat aangebracht op de oprit richting de Kommelderweg. De oprit dient een maximale helling te hebben van 1:12.

8.2.5. Zonering legger

In bijlage XIV is een tekening opgenomen met daarop de leggergrenzen voor zowel de huidige- als de nieuwe situatie. De leggergrenzen uit de huidige situatie zijn overgenomen uit de leggetekeningen van Waterschap Roer en Overmaas.

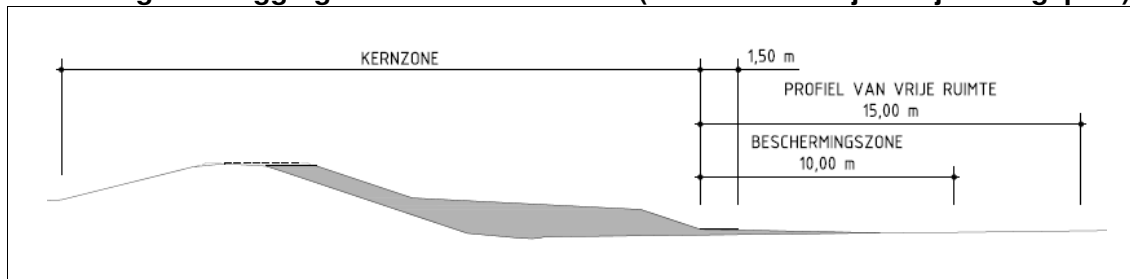
In de nieuwe situatie zijn de volgende grenzen gehanteerd::

- Kernzone: 1,5 meter uit buiten- en binnenteen*;
- Beschermingszone: 10 meter uit buiten- en binnenteen;
- Profiel van vrije ruimte: 15 meter uit buiten- en binnenteen.

* De leggergrenzen aan de buitendijkse zijde zijn niet gewijzigd ten opzichte van de huidige legger omdat der profielgeometrie van het buitentalud niet wijzigt.

De dimensies van de zones volgen de huidige legger van het Waterschap Roer en Overmaas. De afmetingen van de beschermingszonewijken af van de landelijk gebruikte praktijk.

Afbeelding 8.8. Leggergrenzen nieuwe situatie (alleen binnendijkse zijde aangepast)



Aan de noordzijde is de legger op verzoek van Waterschap Roer en Overmaas aangepast aan de feitelijke situatie na de aanleg van de Saintweg. Deze leggerwijziging zal in de reguliere aanpassing van de legger (eind 2013) worden meegenomen.

8.3. Ontwerptekeningen

De ontwerptekeningen zijn opgenomen in bijlage XIII. In bijlage XIII is tevens een tekening opgenomen met een projectie van het ontwerp op de percelenkaart.

9. HOEVEELHEDEN

9.1. Hoeveelheden

In onderstaande tabellen zijn de benodigde hoeveelheden gegeven. Voor de bepaling van deze hoeveelheden is gebruik gemaakt van een 3D-model met de software Civil3D.

Tabel 9.1. Hoeveelheden dijkvak 50.320.7

post	hoeveelheid	eenheid
Frezen grasmatt	1120	m ²
Verwijderen deklaag	165	m ³
Leveren en verwerken menggranulaat	165	m ³
Inzaaien gras	680	m ²
Aanbrengen oprit noordzijde	10	m ³
Verwijderen stenen muurtje	45	m ²
Afdichten sloot / verhogen maaiveld buiten-dijks	250	m ³
Ontgraven sloot buitendijks	375	m ³
Aanbrengen geotextiel	235	m ²
Aanbrengen vlijlaag	35	m ³
Aanbrengen stortsteen 10-60kg	100	m ³
Dempen waterbekken	280	m ²
Aanbrengen damwand type AU18, gemid-delde planklengte = 3,3 m	120	m
Aanbrengen waterbouwasfaltbeton (laagdik-te = 0,1m)	55	m ²
Aanbrengen pendelstuk	1	st
Aanbrengen taludbak (incl. duiker en terug-slagklep)	1	st

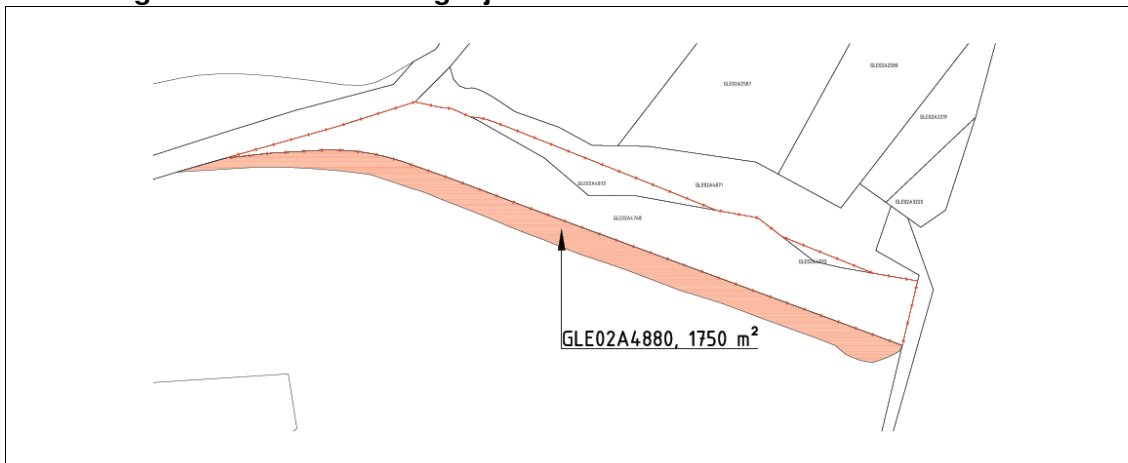
Tabel 9.2. Hoeveelheden dijkvak 50.320.11

post	hoeveelheid	eenheid
Frezen grasmatt	3750	m ²
Verwijderen en terugplaatsen deklaag	1125	m ³
Leveren en verwerken leem:		
- t.b.v. ophoging	1880	m ³
- t.b.v. zettingen	410	m ³
- t.b.v. klink	230	m ³
Leveren en verwerken menggranulaat	235	m ³
Inzaaien gras	2975	m ²

9.1.1. Grondverwerving

Voor de realisatie van het definitief ontwerp in dijkvak 50.320.7 is geen grondverwerving noodzakelijk. In dijkvak 50.320.11 dient een strook van 1,5 meter langs de huidige bin-nenteen te worden aangekocht in verband met de nieuwe grens van de kernzone. De op-pervlakte hiervan is 1750 m² en dient momenteel voor agrarisch gebruik. Het perceelnum-mer is GLE02A4880.

Afbeelding 9.1. Grondverwerving dijkvak 50.320.11



9.2. Kosten

De kostenraming van het definitief ontwerp is in een aparte notitie opgenomen.

10. OVERIGE ASPECTEN

10.1. Uitvoeringsuitgangspunten

Voor de uitvoering van de dijkversterking bij Geulle aan de Maas zijn verschillende uitvoeringsuitgangspunten aangehouden:

- alle vergunningen die benodigd zijn voor de dijkversterking zijn verkregen voor aanvang van de werkzaamheden;
- de werkzaamheden worden uitgevoerd buiten het hoogwaterseizoen.

10.2. Aansluiting damwand op uitwateringsduiker 'Oude Broekgraaf'

Voor het aansluiten voor het kwelscherm op de bestaande uitwateringsduiker wordt in het achterland een tijdelijke bouwkuip gerealiseerd. Deze bouwkuip valt binnen de beschermingszone. Tijdens de realisatie van dit werk maakt het waterschap gebruik van de projectplanprocedure. Hierdoor is er geen Keurvergunning voor het werk noodzakelijk.

10.3. Eindsterkte dijklichaam

de dijk in de zomer van 2014 wordt aangelegd, is deze eind 2016 op volledige sterkte (§7.3.3). Tot deze tijd zal de stabiliteit van de dijk niet verminderen ten opzichte van de huidige situatie. Indien de dijk eerder op volledige sterkte dient te zijn, dienen er maatregelen te worden genomen om de afname van de consolidatie te versnellen.

10.4. Raakvlakken/Risico's

10.4.1. Installeren damwandplanken

Voor het schadeloos installeren is een fijne fractie (korreldiameter < 2 mm) van meer dan 30 % wenselijk. Het percentage fijne fractie kan bepaald worden in het laboratorium door middel van zeven. In het aanwezige grondonderzoek zijn geen zeefkrommes gevonden voor het grind. Er kan derhalve niet geoordeeld worden of de fijne fractie groter of kleiner is dan 30 %. Aanbevolen wordt om voor aanvang van de werkzaamheden onderzoek uit te voeren.

10.4.2. Werkzaamheden Consortium Grensmaas

Ten behoeve van de werkzaamheden van Consortium Grensmaas ligt er in de huidige situatie een grondwal aan de buitendijkse zijde van dijkvak 50.320.7.

Een maatregel in het ontwerp van dit dijkvak is het verwijderen van het stenen muurtje, het verlengen van de duiker en het aanbrengen van een onderhoudsstrook. In de huidige situatie sluit de uitwateringsduiker aan op een watergangetje die met behulp van een duiker onder de tijdelijke grondwal in verbinding staat met de Maas.

In het definitief ontwerp is uitgegaan dat de nieuw te graven sloot kan worden aangesloten op het toekomstige talud van de nieuwe geul van de Maas. Afhankelijk van de uitvoeringsperiode en de voortgang van de werkzaamheden van consortium grensmaas kan de situatie in de praktijk afwijken van de ontwerptekening.

10.4.3. Kwelscherm

Diepte kwelscherm

Het kwelscherm dient in verband met heave 1 meter in het grindpakket te worden geïnstalleerd. De benodigde planklengtes zijn gebaseerd op de diepte van de deklaag in het grondonderzoek (NAP +39,4 m). Indien de deklaag lokaal dikker of juist dunner is kunnen de benodigde hoeveelheden damwand afwijken. De eis moet zo worden gesteld dat de damwand 1 meter in het grind zit, en niet op een vast niveau moet worden ingebracht.

Doorloop in dijkvak 50.320.6

In verband met achterloopsheid dient het kwelscherm aan de zuidzijde enkele meters doorgezet te worden in dijkvak 50.320.6. Aangezien het versterkingsontwerp van dijkvak 50.320.6 valt binnen een aanvullende opdracht, is er in dit ontwerp geen rekening gehouden met een versterking van dit dijkvak. In de besteksfase kunnen deze twee dijkvakken integraal worden beschouwd. Er komt één totaal bestek met alle dijkvakken uit deze opdracht en uit de aanvullende opdracht.

10.4.4. Kabels en Leidingen

De werkzaamheden bij de twee dijkvakken zullen geen belasting vormen voor de kabels en leidingen die aangetroffen zijn in de omgeving van de dijkvakken. Kabels en leidingen maken geen onderdeel uit van het DO.

10.4.5. Flora en Fauna

Bij het dijkvak 50.320.7 zijn aanwijzingen op de aanwezigheid van de Waterspitsmuis [lit. 5]. Indien werkzaamheden direct aan de oever van de Broekgraaf uitgevoerd dienen te worden moet er aanvullend onderzoek worden verricht. Aangezien de waterbekken wordt gedempt en de Broekgraaf wordt verbreed vinden er werkzaamheden plaats bij de oever.

Er dient een pre-baiting periode van minimaal 48 uur gedurende 3 dagen lifetraps worden geïnvventariseerd. Dit kan het beste plaatsvinden in de maanden september - oktober.

In dijkvak 50.320.11 zijn geen beschermde flora en fauna soorten aanwezig.

10.4.6. Explosieven

Het rapport van de Explosive Clearance Group (ECG) stelt dat het gebied bij dijkvakken 50.320.7 en 50.320.11 niet verdacht is op het aantreffen van conventionele explosieven [lit. 6].

10.4.7. Archeologie

Bij Geulle aan de Maas is in het rapport van RAAP [lit. 7] geconstateerd dat de archeologische verwachting middelhoog is voor de dijkvakken 50.320.7 en 50.320.11. In dijkvak 50.320.7 is aanvullend archeologisch onderzoek benodigd in verband met het aanbrengen van een kwelscherm. Aangezien er in dijkvak 50.320.11 slechts tot een diepte van 0,3 meter wordt ontgraven heeft archeologie geen voor het ontwerp in dit dijkvak.

10.4.8. Bekleding buitentalud

In het ontwerp is uitgegaan dat de kleibekleding op het buitentalud een minimaal kleigehalte heeft van 50 % en de erosiebestendigheid moet minimaal gelijk zijn aan klei categorie 3. Dit dient te worden gecontroleerd met zeefproeven.

10.5. Beheer en onderhoud

10.5.1. Dijklichaam

Het dijklichaam dient 2 keer per jaar te worden gemaaid. Het maaisel wat hierbij vrijkomt dient te worden opgevangen en te worden afgevoerd. Daarnaast zal een jaarlijkse of tweejaarlijkse schouw uitgevoerd moeten worden naar de staat van de bekleding en eventueel opgetreden schades aan de dijk.

10.5.2. Onderhoudsweg

Ten aanzien van beheer en onderhoud wordt voor de onderhoudspaden een jaarlijkse controle op spoorvorming of andersoortige schade voorgeschreven. Na controle volgt eventueel reparatie. Dit kan als onderdeel van de schouw worden meegenomen.

10.5.3. Kwelscherm

Voor het kwelscherm is geen specifiek beheer en onderhoud nodig. Er wordt aanbevolen om het scherm eens per 5 jaar te controleren op corrosie door het bovenste gedeelte van het scherm bloot te leggen.

10.5.4. Uitwateringsduiker 'Oude Broekgraaf'

Het beheer en onderhoud van de uitwateringsduiker zal niet wijzigen ten opzichte van de huidige situatie. De kruising van het kwelscherm met de duiker inclusief de neonpreenslab heeft een levensduur van 100 jaar.

10.6. Veiligheid en gezondheid (V&G)

10.6.1. Omgevingsveiligheid

Omgevingsveiligheid richt zich uitsluitend op het aantreffen van niet gesprongen explosieven. Het advies ten aanzien van V&G is het alert maken van personeel door bij het stuiten op verdachte objecten direct het werk stil te leggen en de veiligheidscoördinator in te lichten.

10.6.2. Veilige realisatie

Veilige realisatie heeft betrekking op:

- explosieven: waakzaamheidstraining;
- bouwplaatsinrichting: opslag materiaal en materieel en manoeuvreerbaarheid op wegen.

10.6.3. Veilig beheer en onderhoud

Begaanbaarheid van onderhoudswegen is een belangrijk punt. Om de onderhoudspaden op de kruin en de binnenberm begaanbaar te houden wordt hydraulisch gebonden menggranulaat toegepast als verharding. Het pad op de kruin dient onder een licht afschot te liggen (2 % op 2 oren) om plasvorming te voorkomen. Het pad op de steunberm ligt onder een gelijk afschot als de berm, namelijk 5 %.

Maaierwerkzaamheden op het binnen- en buitentalud kunnen plaatsvinden vanaf deze onderhoudswegen.

10.7. Overig

10.7.1. Te monitoren kritisch geachte omgevingsobjecten

In dijkvak 50.320.7 dient de uitwateringsduiker en de betonnen instroomvoorziening te worden gemonitord. Bij het aanbrengen van de damwandschermen moet worden gelet op eventuele verzakkingen.

In de directe omgeving van dijkvak 50.320.11 bevinden zich geen waterkerende kunstwerken, bebouwing of andere objecten. Monitoring van objecten tijdens de uitvoering is niet aan de orde.

10.7.2. Te monitoren deformaties en bouwkundige opnames

In dijkvak 50.320.7 dienen deformaties van het dijklichaam en de uitwateringsduiker moeten worden gemonitord in verband met de werkzaamheden die gemoeid zijn aan het inbrengen van de damwand en het realiseren van de verbinding tussen de duiker en het kwelscherm.

De verwachte zettingen zijn in dijkvak 50.320.11 zeer gering. Daarnaast bevindt de bebouwing zich op grote afstand van het ontwerp. Er hoeven tijdens de uitvoering geen deformaties te worden gemonitord. Bij oplevering dient wel de hoogte van het maaiveld te worden gecontroleerd in verband met de macrostabiliteit en de benodigde deklaag voor piping.

10.7.3. Beheersmaatregelen ter voorkomen van schade aan omgeving

Om schade aan de duiker en de betonnen instroombak te voorkomen dient bij waargenomen verzakkingen het trilwerk van de damwandplanken te worden onderbroken. Op het werk moet, in overleg met directievoerder, een plan worden opgesteld om schade aan de omgeving te voorkomen.

LITERATUURLIJST

1. HKV (2013) Ontwerpwaterstanden Limburgse Maas, januari 2013, kenmerk: PR2353
2. Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2010) Ontwerpkader nog aan te leggen Maas-kaden. Het ontwerpen van overstroombare waterkeringen met een norm van 1/250 per jaar; binnen het project Maaswerken, 27 sept 2010, kenmerk: VenW/DGW-2010/1187.
3. Royal Haskoning (2012) Sluitstukkaden Maasdal, Technische ontwerpuitgangspunten voor het versterken van Primaire Waterkeringen, Royal Haskoning, februari 2012.
4. Arcadis (2010) Stappenplan schematiseringsfactor. 074497336:0.6.1, O3011.000049. 15 maart 2010.
5. Regelink Ecologie & Landschap (2012) Natuurrapportage sluitstukkaden Cluster E (concept), kenmerk: RA12292-02.
6. ECG (2012) Vooronderzoek naar het risico op het aantreffen van conventionele explosieven in het onderzoeksgebied "Sluitstukkaden Maasdal" cluster E, kenmerk: 289-012-VOcE-01.
7. RAAP (2012) adviesdocument 594: Sluitstukkaden Maasdal: Gemeenten Roermond, Maasgouw, Echt-Susteren, Sittard-Geleen, Stein, Meerssen, Maastricht en Eijsden-Margraten. Een archeologische quickscan.
8. ENW (2007) Technisch Rapport Ontwerpbelastingen voor het rivierengebied.
9. ENW (2007) Voorschrift Toetsing op Veiligheid Primaire Waterkeringen 2006 (VTV2006).
10. ENW (2007) Leidraad Rivieren.
11. ENW (2007) Addendum I bij de Leidraad Rivieren t.b.v. het ontwerpen van rivierdijken.
12. ENW (2007) Addendum bij het Technisch Rapport Waterkerende grondconstructies.
13. TAW (2004) Technisch Rapport Waterspanningen bij dijken.
14. TAW (2003) Technisch Rapport Golfoploop en golfoverslag bij dijken.
15. TAW (2001) Technisch Rapport Waterkerende grondconstructies.
16. TAW (1999) Technisch Rapport Zandmeevoerende wellen.
17. TAW (1998) Technisch Rapport Erosiebestendigheid van grasland als dijkbekleding.
18. TAW (1998) Grondslagen voor waterkeren.
19. TAW (1996) Technisch Rapport Klei voor dijken.
20. TAW (1994) Handreiking constructief ontwerpen.
21. NEN (2012) NEN9997-1+C1: 'Geotechnisch ontwerp van constructies - Deel 1: Algemene regels.
22. NEN (2002) NEN-EN 13383-1:2002 nl: Waterbouwsteen - Deel 1: Specificatie.

