



Planuitwerking gebiedsontwikkeling Grebbedijk

Ontwerpnota gebiedsambitie KRW-geul en NURG in de oostelijke Plasserwaard

Waterschap Vallei en Veluwe

18 juli 2025

Project Opdrachtgever	Planuitwerking gebiedsontwikkeling Grebbedijk Waterschap Vallei en Veluwe
Document Status Datum Referentie	Ontwerpnota gebiedsambitie KRW-geul en NURG in de oostelijke Plasserwaard Definitief 04 18 juli 2025 124281-2.1/25-011.458
Projectcode	124281
Auteur(s)	Dit document is geautoriseerd en intern (<i>nog niet</i>) aantoonbaar vrijgegeven conform het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos. Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.
Adres	Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. Leeuwenbrug 8 Postbus 233 7400 AE Deventer +31 (0)570 69 79 11 www.witteveenbos.com KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos, noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Tekst- en datamining van (delen van) dit document, evenals enige verwerking of reproductie ervan door middel van kunstmatige intelligentie technologieën is uitdrukkelijk niet toegestaan, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Dit document (of delen ervan) mag niet worden veeelvoudigd en/of anderszins worden gebruikt op enigerlei wijze voor het trainen van kunstmatige intelligentie technologieën, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	5
1.1	Gebiedsontwikkeling Grebbedijk	5
1.2	Projectdoel	6
1.3	Gebiedsambities	6
1.4	Gebiedsambitie geulgebied	7
1.5	Tekeningen behorend bij deze ontwerpnota	7
1.6	Referenties	8
1.7	Leeswijzer	8
2	UITGANGSPUNTEN ONTWERPOPGAVE GEULGEBIED	9
2.1	Uitgangspunten landschappelijke inpassing	10
2.2	Uitgangspunten ecologische doelstelling	10
2.3	Uitgangspunten rivierkundige effecten	12
2.4	Uitgangspunten waterhuishouding omgeving	13
2.5	Uitgangspunten (toekomstig) onderhoud	14
3	ONTWERP GEULGEBIED	15
3.1	Algemene inpassing van het ontwerp in het landschap	15
3.2	Ontwerp KRW-geul	16
3.2.1	Contour en ligging van de geul	16
3.2.2	In- en uitstroomopening	20
3.3	Ontwerp NURG-zone	20
3.3.1	Plas-dras zone met porseleinhoenleefgebied	20
3.3.2	Kwartelkoning leefgebied	22
3.3.3	Fauna en Florarijk grasland	23
3.3.4	Ontwerp nieuwe zomerkade (dwarskade ten westen van KRW-geul)	24
3.3.5	Beheerpad Rijkswaterstaat	25
3.3.6	Erosiebestendigheid oevers en nieuwe zomerkade	25
3.4	Rivierkundige toetsing van het ontwerp	26
3.5	Hydrologische toetsing van het ontwerp	27
4	INRICHTINGS- EN BEHEERPLAN	29

4.1	Inrichtingselementen	29
4.2	Porseleinhoen compensatie/plasdraszone	29
4.3	Kwartelkoning compensatie/graslanden	30
4.4	Monitoring	31

[Laatste pagina](#) 31

Bijlage(n)

Aantal pagina's

I	Ontwerpnotitie nieuwe zomerkade geulgebied	22
II	Ontwerpnotitie in- en uitstroomopening KRW-geul	9
III	Ontwerptekeningen geulgebied	4

1

INLEIDING

1.1 Gebiedsontwikkeling Grebbedijk

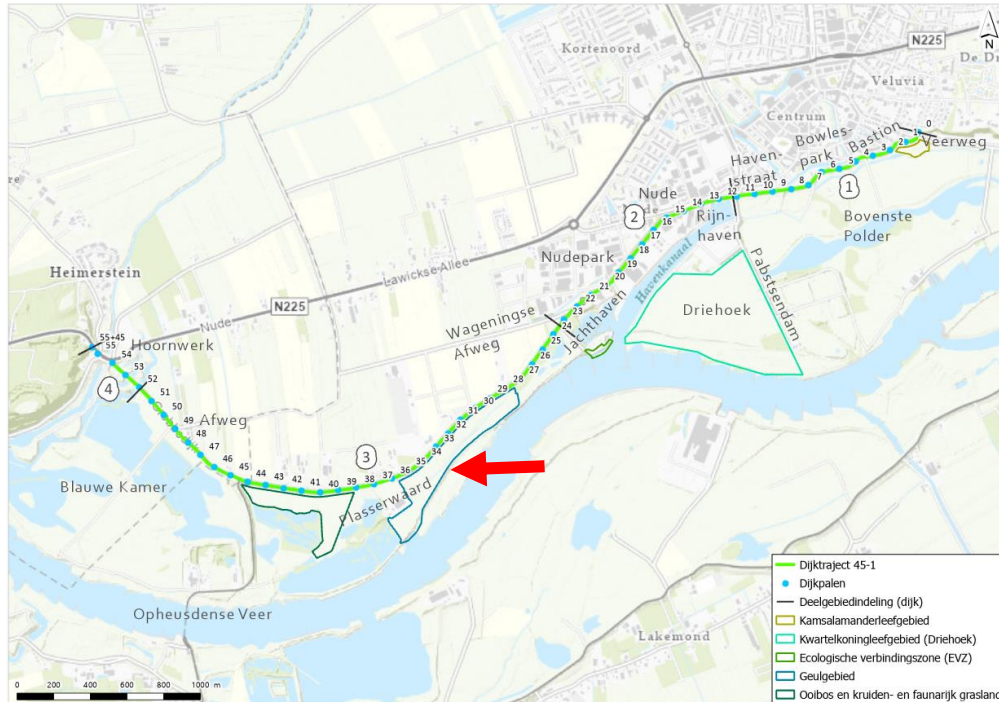
De Grebbedijk beschermt de bewoners van de Gelderse Vallei tegen hoge waterstanden in de Nederrijn. Ook in de toekomst moet de dijk veiligheid bieden. Op dit moment voldoet de dijk niet aan de wettelijk voorgeschreven signaleringswaarde, een vastgestelde overstromingskans. Daarom gaat Waterschap Vallei en Veluwe de dijk versterken.

De verbetering van de dijk is een kans om tegelijk het omliggende gebied aan te pakken. De Grebbedijk, de Nederrijn en de uiterwaarden hebben een belangrijke functie voor planten en dieren, omdat het gebied de Utrechtse Heuvelrug en de Veluwe met elkaar verbindt. Daarnaast vindt hier veel recreatie plaats, zoals wandelen en fietsen.

In de plannen van de gebiedsontwikkeling Grebbedijk staat waterveiligheid centraal. Daarnaast worden (zo mogelijk) de natuur en cultuur versterkt en wordt het gebied aantrekkelijker gemaakt voor recreatie. Acht partners werken in deze gebiedsontwikkeling samen: het waterschap Vallei en Veluwe, gemeenten Wageningen en Rhenen, provincies Gelderland en Utrecht, Rijkswaterstaat, Utrechts Landschap en Staatsbosbeheer.

Bewoners, ondernemers, belangenverenigingen en andere geïnteresseerden uit de omgeving zijn betrokken in het proces en de voorbereiding van de dijkversterking en gebiedsontwikkelingen.

Afbeelding 1.1 Gebiedsontwikkeling Grebbedijk



1.2 Projectdoel

De overkoepelende doelstelling van het project 'gebiedsontwikkeling Grebbedijk' is het realiseren van een veilige en beleefbare dijk in een mooie omgeving door bestaande functies en waarden in te passen en invulling te geven aan de gebiedsambities.

De volgende doelstellingen over hoogwaterveiligheid en natuur worden in ieder geval gerealiseerd:

- 1 versterking van de Grebbedijk, zodat dit waterstaatswerk voldoet aan de wettelijke hoogwaterveiligheidsnormen;
- 2 inrichting van een nieuw geulgebied in de Plasserwaard. Hiermee wordt bijgedragen aan de Nadere uitwerking Riviergebied (NURG) en opgaven vanuit de Kaderrichtlijn Water (KRW);
- 3 natuurontwikkeling in aangrenzende uiterwaarden vanuit Natura 2000-, Gelders Natuur Netwerk (GNN)- en NURG-opgaven.

Daarnaast wil het project gebiedsambities (zoals de verkeerveiligheid en herstel van het Hoornwerk) mogelijk maken en invulling geven aan het vergroten van het waterveiligheidsbewustzijn in de Gelderse Vallei. Deze gebiedsambities kunnen een ander tijdpad doorlopen dan de hiervoor genoemde doelstellingen.

1.3 Gebiedsambities

Binnen de 'Gebiedsontwikkeling Grebbedijk' wordt invulling gegeven aan zogenoemde gebiedsambities, te weten:

- kwartelkoningleefgebied in de Driehoek;
- ecologische verbindingzone (EVZ) bij de ingang van het Havenkanaal;
- Ooibos en kruiden- en faunarijk grasland in de westelijke Plasserwaard;
- KRW-geul en NURG in de oostelijke Plasserwaard;
- poelen kamsalamanderleefgebied in de Bovenste Polder;
- verkeerveiligheid Nudedijk;
- TEO (thermische energie uit oppervlaktewater);

- panoramazicht Nederrijn;
- Hoornwerk.

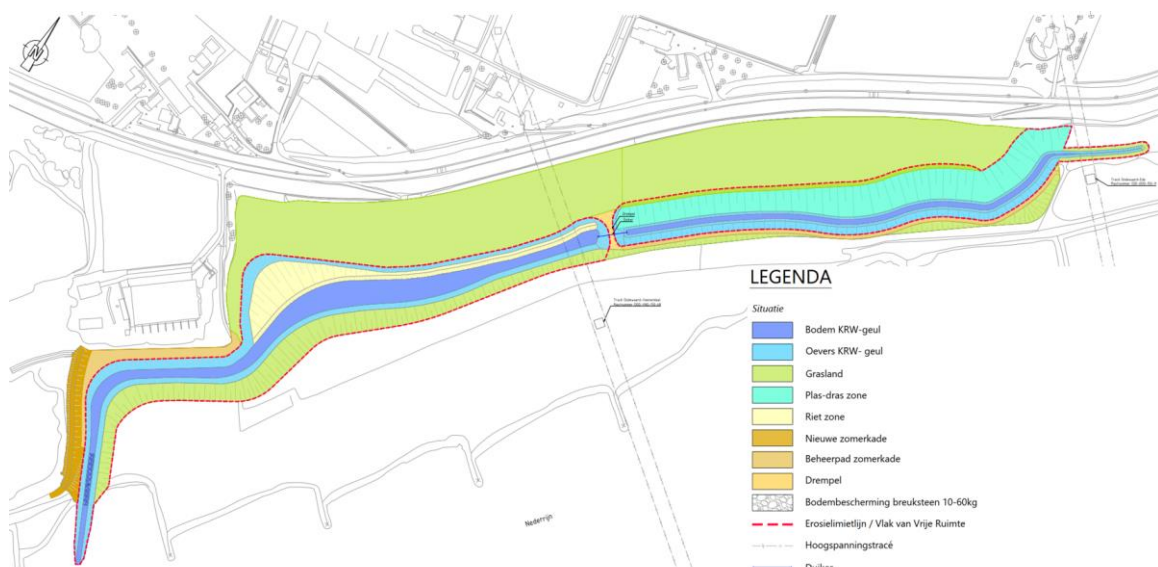
Voorliggend rapport beschrijft de technische onderbouwing en verantwoording van het ontwerp van het geulgebied met bijbehorende gebiedsambities KRW-geul en NURG-zone (zie rode pijl afbeelding 1.1).

1.4 Gebiedsambitie geulgebied

In het oostelijke gedeelte van de Plasserwaard wordt de riviernatuur langs de Nederrijn versterkt met een gecombineerde doelstelling voor het realiseren van een KRW-geul, kruiden- en faunairijk grasland en glanshaver-hooiland in het gebied. Daarnaast is kans op synergie door de klei uit de geulgebied te gebruiken voor de dijkversterking. Onderdeel van de doelstelling is om voldoende te compenseren voor het verlies van leefgebied voor Kwartelkoning en Porseleinhoen.

De KRW-geul ligt in het uiterwaardegebied van de Plasserwaard, aan de noordoever van de Nederrijn, tussen rivierkilometer 903.7 en 904.7. Binnen het projectgebied ligt het geulgebied in dijkvak 3B. Het ontwerp van het geulgebied is in afbeelding 1.2 weergegeven.

Afbeelding 1.2 Ligging en ontwerp geulgebied (KRW-geul en NURG-zone)



Voor de aanleg van het geulgebied zijn de volgende (hoofd)vergunningen van toepassing:

- een zogenaamde vergunning 'eigen dienst' van Rijkswaterstaat voor de geul. Formeel is dit de omgevingsvergunning - Beperkingengebiedactiviteit van het Rijk;
- omgevingsvergunning - Beperkingengebiedactiviteit van het Rijk (van SBB voor de NURG);
- binnenplanse omgevingsvergunning - omgevingsplanactiviteit;
- omgevingsvergunning - Beperkingengebiedactiviteit waterstaatswerk waterschap;
- omgevingsvergunning - Natura 2000-activiteit;
- omgevingsvergunning - Flora- en fauna-activiteit;
- omgevingsvergunning - Ontgrondingenactiviteit;
- eventuele uitvoeringsgerelateerde besluiten.

1.5 Tekeningen behorend bij deze ontwerpnota

De tekeningen die onderdeel zijn van deze ontwerpnota, zijn opgenomen in onderstaande tabel.

Tabel 1.1 Overzicht tekeningen

Tekeningnummer	Titel	Rev.	Datum
124281-12-2301	Geulontwerp Plasserwaard situatie-REV_C	Definitief	17-07-2025
124281-12-2302	Geulontwerp Plasserwaard dwarsprofielen - DP01-DP04-REV_C	Definitief	17-07-2025
124281-12-2302	Geulontwerp Plasserwaard dwarsprofielen - DP05-DP08-REV_C	Definitief	17-07-2025
124281-12-2302	Geulontwerp Plasserwaard dwarsprofielen - DP09-DP11-REV_C	Definitief	17-07-2025

1.6 Referenties

De referenties, die worden aangehaald in deze ontwerpnota, zijn opgenomen in onderstaande tabel. Deze referenties houden wel verband met deze ontwerpnota, maar maken hier geen integraal onderdeel van uit.

Tabel 1.2 Overzicht referenties

Ref.	Documentnummer	Documenttitel	Rev.	Datum
[5]	124281-6.2/24-011.682	Effectrapportage ontwerploop 2 geohydrologie	definitief 03	16 augustus 2024
	124281-6.2/25-007.584	Addendum geohydrologische effecten geulgebied	definitief	14 mei 2025
[6]	124281-3.4/24-013.283	Milieu-effectrapportage	definitief 03	17 september 2024.
	124281-3.4/25-008.213	Aanvulling milieu-effectrapportage - geulgebied	definitief	26 mei 2025
[[7]	124281-3.3/25-001.438	ADC-toets Natura 2000	definitief 03	30 januari 2025
[8]	124281-2.8/23-017.488	LESA fase 2 (landschapsecologische systeemanalyse)	definitief 02	2 november 2023
[9]	124281-2.6/24-008.014	Uitvoeringsplan	definitief 02	7 juni 2024
[10]	124281-2.2/25-009.956	Verkenning effect verlaging grondwaterstand op funderingen van panden	definitief	24 juni 2025
[11]	124281-2.4/24-008.274	Rivierkundige effectenbeoordeling	definitief	7 juni 2024
[12]	124281-2.4/25-009.938	Addendum bij rivierkundige effectenbeoordeling	definitief	24 juni 2025

1.7 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft inzicht in de ontwerpogave en het Programma van Eisen (PvE) per onderliggende deelopgave. Hoofdstuk 3 beschrijft hoe de deelopgaven samenkomen en het ontwerp van het geulgebied vormen. In hoofdstuk 4 is de verificatie van het ontwerp gegeven.

Dit document heeft de volgende bijlagen(structuur):

Ontwerpnota Gebiedsambitie KRW-Geul en NURG Plassewaard (hoofddocument)

- Bijlage I Toetsing nieuwe zomerkade (notitie)
 - Bijlage I Grebbedijk - hoogte dwarskade KRW-geul (notitie)
 - Bijlage II Dwarsprofielen zomerkade (tekeningen)
- Bijlage II Ontwerp bodembescherming in- en uitstroomopening KRW geul (notitie)
- Bijlage III Ontwerptekeningen geulgebied (tekeningen)

2

UITGANGSPUNTEN ONTWERPOPGAVE GEULGEBIED

Dit hoofdstuk geeft een toelichting op de uitgangspunten, die gehanteerd zijn voor het ontwerp van de gebiedsambitie.

De opgave of doelstelling van NURG, KRW en GNN kunnen afzonderlijk van elkaar in het kort als volgt worden samengevat:

KRW

Realiseren van een KRW geul in de uiterwaarden om de ecologische kwaliteit van het oppervlaktewater van de Neder-Rijn te verbeteren.

NURG

Realiseren van water, moeras en kruiden- en faunarijk grasland.

GNN

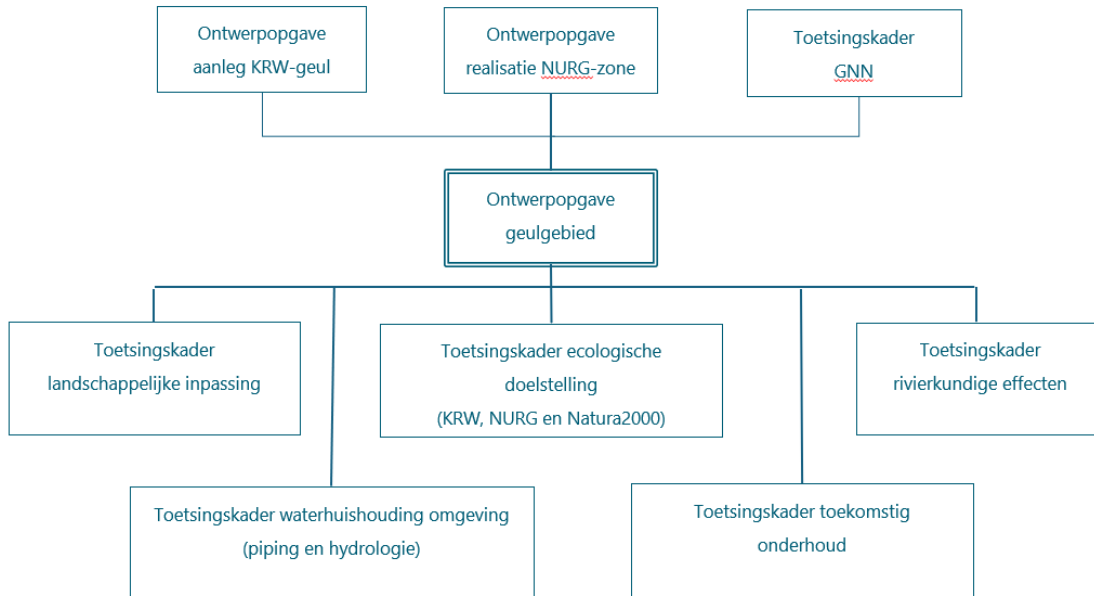
De doelstelling is vooral gericht op ontwikkeling van water- en oeverhabitats, oobossen, glanshaverhooilanden, biotopen voor o.a kamsalamander en populaties van water, oever en moerasvogels (e.a. volgens de beschrijving: 'deelgebied 181 Uiterwaarden Neder-Rijn Doorwerth - Rhenen').

De ontwerpogave van het geulgebied is direct verbonden met het projectdoel: inrichting van een nieuw geulgebied in de Plasserwaard. Hiermee wordt bijgedragen aan de Nadere uitwerking Riviergebied (NURG) en opgaven vanuit de Kaderrichtlijn Water (KRW). De ontwerpogave van het geulgebied is daarmee niet strijdig met de doelstellingen van het GNN.

Naast dat de ontwerpogave moet passen binnen de conditionerende randvoorwaarden, moet de ontwerpogave van het geulgebied voldoen aan onderstaand toetsingskader:

- het ontwerp moet passen binnen de landschappelijke inpassing;
- het ontwerp moet zijn uitgewerkt binnen de ecologische doelstellingen:
 - dient vergunbaar te zijn vanuit Natura 2000-wetgeving;
- het ontwerp moet voldoen aan de rivierkundige effecten:
 - dient te voldoen aan het rivierkundig beoordelingskader;
- het ontwerp moet voldoen aan de randvoorwaarden vanuit waterhuishouding naar de omgeving:
 - piping mag niet tot een grotere versterkingsopgave voor waterveiligheid leiden;
 - de dijkversterkings- en natuuropgaven mogen niet leiden tot een hydrologische verslechtering ten opzichte van de huidige situatie;
- het ontwerp moet voldoen aan de eisen vanuit onderhoud.

Afbeelding 2.1 Overzicht ontwerpogave geulgebied en toetsingskaders



2.1 Uitgangspunten landschappelijke inpassing

Het geulgebied is een versterking van het moeras- en rivierlandschap. Dit landschap zal een open karakter hebben, zonder bomen en beschutte plekken. Door deze openheid wordt er geen goede omstandigheden voor muggen geboden. Het landschap is daarbij van afstand te beleven vanaf de dijk. Het geulgebied is niet toegankelijk voor recreatie.

De volgende uitgangspunten zijn verder van toepassing op de landelijke inpassing van het geulgebied:

- kaderstelling conform Ruimtelijke kwaliteitskader 2.0 en het landschapsplan;
- de opgaven voor KRW-geul, plas-draszone en kruiden en faunarijck grasland krijgen een logische plek en vormgeving, passend bij de 'DNA van de rivier'. De bodemopbouw en hoogteligging van het terrein zijn hierin leidend;
- de aanleg van een geul in de Plasserwaard biedt mogelijkheden voor het winnen van klei die is in te zetten voor de dijkversterking, maar de ecologische doelstelling van het gebied is leidend;
- de gronden in het geulgebied ter hoogte van de loopgraven uit WO II moeten behouden blijven;
- de KRW-geul bestaat uit twee delen:
 - het westelijke deel van de geul dient aangetakt te zijn door een smalle doorsnijding in de zomerkade, zonder peilregulatie;
 - het oostelijke deel van de geul is niet aangetakt en is gescheiden van het westelijke deel door een drempel met een duiker met terugslagklep. Dit deel noemen we 'KRW uiterwaardverlaging';
- vanuit landschappelijk beeld wordt de KRW-geul zo min mogelijk vastgelegd middels steenbekleding.

2.2 Uitgangspunten ecologische doelstelling

De volgende uitgangspunten zijn van toepassing op de ecologische doelstelling van het geulgebied:

- KRW-doelen:
 - de geul draagt bij aan het bereiken van de ecologische doelstelling vanuit de KRW, te weten leefgebied creëren voor R7 (langzaam stromende rivier of nevengeul op zandige of kleiige bodem) laag dynamische soorten;
 - de KRW-geul is ontworpen conform de tool ontwerpen Rijkswaterstaat met gidssoorten uit de Factsheet Kaderrichtlijn Water Leidraad Rijkswaterstaat Oost-Nederland;
 - voor het ontwerp van de KRW-geul en oevers zijn de 'ontwerpeisen KRW op Nederrijn Lek' als leidraad gebruikt;

- de bodem van KRW-geul dient een zandige bodem te hebben;
 - ontwerp volgt Smart Rivers systematiek (maatregelen passend bij het DNA van de rivier);
 - de geul dient permanent éénzijdig te zijn aangetakt op de rivier;
 - de geul dient permanent aangesloten te zijn op de rivier voor een optimale werking als paai en opgroeigebied van jonge vis;
 - het geulgebied dient niet te voorzien in recreatie;
 - de opgave voor KRW is 1.200 m. Over de as van de te graven westelijke deel van de geul gemeten, heeft de geul een lengte van 625 m. Het oostelijke deel heeft een lengte van 525 m. Inclusief de drempel met duiker met terugslagklep (30 m breed) is de totale lengte van de geul circa 1.180 m;
 - de geul wordt lokaal verbreed door de aanleg van een plasberm voor de mogelijke vestiging van een rietmoeras (totale breedte, orde grootte van 20 m tot 80 m);
 - de plasdraszone, met moerasoevers dient een breedte van 30-50 m te hebben, dit is onderdeel van de compensatieopgave;
 - het doorsteken van de huidige zomerkade mag geen negatieve gevolgen hebben voor de habitattypen Meren met Krabbescheer en Fonteinkruiden in de twee wielen in de westelijke Plasserwaard;
 - er dient compensatie leefgebied te worden gecreëerd (i.v.m. de dijkversterking) voor porseleinhoen en kwartelkoning. Dit zal gebeuren in de plas-draszone en het gebied tussen de dijk en de plasdraszone, bovenstrooms van de drempel;
 - door de aanleg van de geul, het deel achter de steenfabriek, is er verlies van leefgebied voor de kwartelkoning. Voordat vergraving plaatsvindt ten behoeve de aanleg van het geulgebied zal dit verlies van leefgebied gemitigeerd moeten worden;
 - er mogen geen hoge gronden worden afgegraven, die potentie hebben tot ontwikkeling van glanshaverhooiland, zie rode pijlen afbeelding 2.2.
- Natura 2000-doelen:
 - het geulgebied heeft vanuit de gebiedsontwikkeling geen concrete opgave voor Natura 2000;
 - het ontwerp zal geen verslechtering vanuit Natura 2000 veroorzaken;
 - NURG-doelen:
 - de doelstelling projectbreed is invulling geven aan 36 ha NURG (VKA-nota Nadere Uitwerking Rivierengebied (NURG));
 - NURG-opgave binnen het geulgebied (vigerend provinciaal natuurbeheerplan Gelderland):
 - beheertype Kruiden- en faunairijk grasland (N12.02);
 - ambitie Nog om te vormen naar Natuur (N00.01) Rivier- en moeraslandschap (N01.03).

Afbeelding 2.2 Ligging hoge gronden die niet mogen insnijden

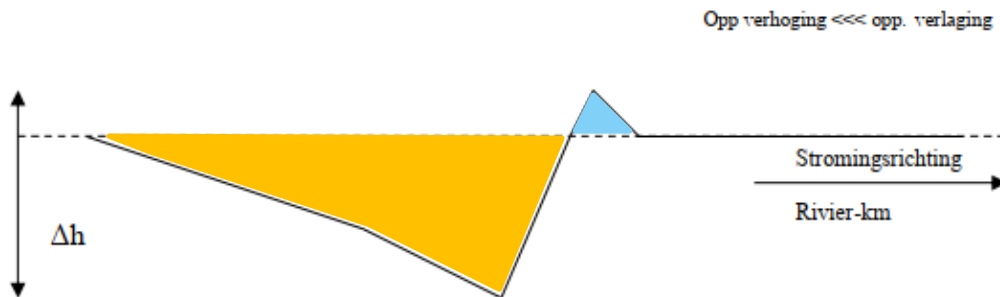


2.3 Uitgangspunten rivierkundige effecten

De volgende uitgangspunten zijn van toepassing op de rivierkundige toetsingskaders van het geulgebied:

- de rivierkundige effecten van het gehele project moeten worden bepaald en getoetst aan het Rivierkundig Beoordelingskader (RBK);
- binnen de rivierkundige toetsing mag gebruik worden gemaakt van het zaagtand-principe, zie afbeelding 2.3;
- ten behoeve van de WAQUA-berekening worden de ruwheden van de vegetatietypen vastgesteld conform het 'Beeldenboek vegetatiebeheer'. Zie afbeelding 2.4 voor een voorbeeld ten aanzien van 'gras en akker' en 'riet en ruigte';
- bij dwarsstroming met een debiet van meer dan $50 \text{ m}^3/\text{s}$ wordt een dwarsstroomsnelheid van maximaal $0,15 \text{ m/s}$ toegelaten;
- bij dwarsstroming met een debiet kleiner dan $50 \text{ m}^3/\text{s}$ wordt een dwarsstroomsnelheid van maximaal $0,30 \text{ m/s}$ toegelaten.

Afbeelding 2.3 Voorbeeld zaagtandprincipe



Toelichting op afbeelding 2.3

Wanneer er sprake is van benedenstroomse piek van meer dan 1 mm, dan moet worden gezocht naar een optimale balans tussen een vermindering van benedenstroomse piek (lichtblauwe oppervlak) en behoud van zoveel mogelijk waterstandsverlaging (oranje oppervlak).

Binnen het voorbeeld is de oppervlakte van de verhoging vele malen kleiner dan de oppervlakte van de verlaging, waardoor dit volgens het zaagtand-principe vergunbaar is.

Afbeelding 2.4 Voorbeeld uit 'Beeldenboek vegetatiebeheer'

Koppelingstabel Klassen met structuurtypen RWS met Index Natuur en Landschap en Natura 2000-gebied

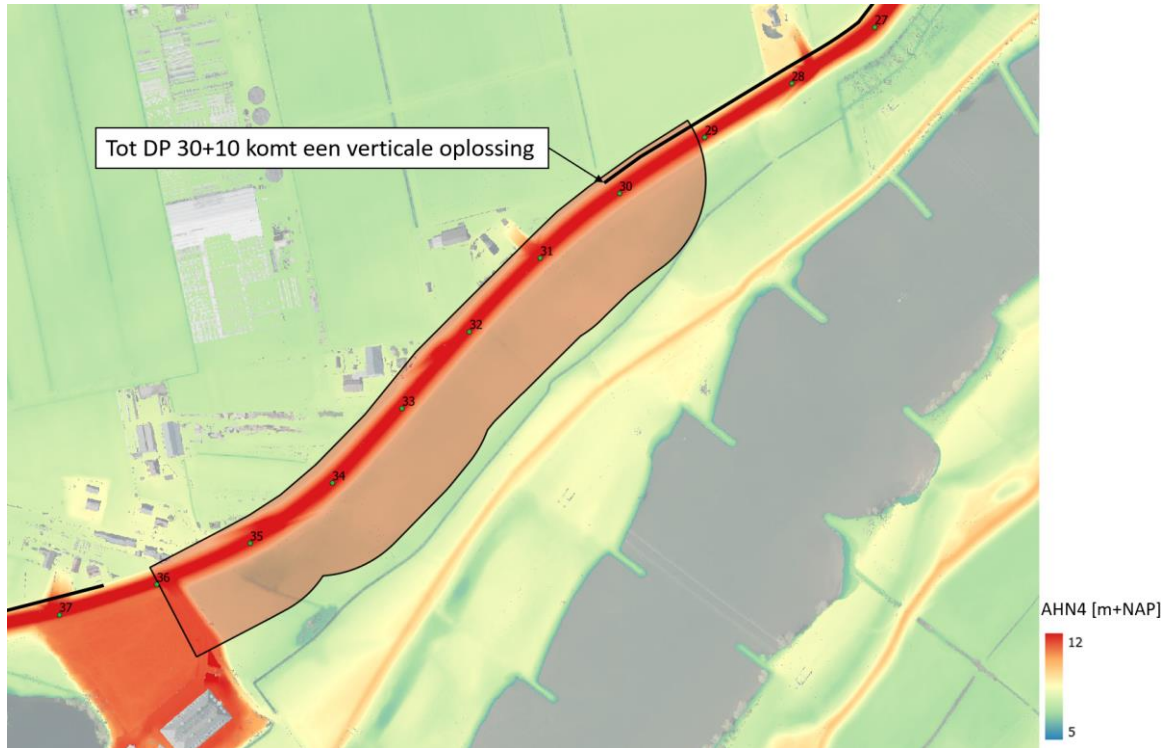
Klasse	Structuurtype	Beheertype Index Natuur en Landschap	Habitattype Natura2000
Gras en akker	Kribvakstrand	N02.01 Rivier	-
Gras en akker	Zandplaat	N02.01 Rivier	-
Gras en akker	Grindplaat	N02.01 Rivier	-
Gras en akker	Pioniervegetatie	N11.01 droog schraalland	H6120 stroomdalgraslanden
Gras en akker	Akker	-	-
Gras en akker	Productiegrasland	-	-
Gras en akker	Natuurlijk grasland begraasd	N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland	-
Gras en akker	Natuurlijk hooiland	N12.03 glanshaverhooiland	H6120 stroomdalgraslanden, H6510 Glanshaver- en vossenstaarhooilanden
Gras en akker	Verruigd grasland	N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland	-
Riet en ruigte	Biezen	N05.01 moeras	-
Riet en ruigte	Lisdodde	N05.01 moeras	-
Riet en ruigte	Zeggen	N05.01 moeras	-
Riet en ruigte	Riet	N05.01 moeras, N05.02 gemaaid rietland	-
Riet en ruigte	Rietruigte	N05.01 moeras	-
Riet en ruigte	Rietgras	N12.06 ruigteveld	-
Riet en ruigte	Natte ruigte	N12.06 ruigteveld	H6430A ruigten en zomen moerasspirea
Riet en ruigte	Harig wilgenroosje	N12.06 ruigteveld	H6430B ruigten en zomen, harig wilgenroosje
Riet en ruigte	Akkerdistel/brandnetelruigte	N12.06 ruigteveld	-
Riet en ruigte	Droge ruigte	N12.06 ruigteveld	-
Riet en ruigte	Dauwbraamruigte	N12.06 ruigteveld	-
Struweel	Doornstruweel	-	-
Struweel	Zachthoutstruweel	N14.01 rivier- en beekbegeleidend bos	-

2.4 Uitgangspunten waterhuishouding omgeving

De volgende uitgangspunten zijn van toepassing op de toetsingskaders voor de waterhuishouding van het geulgebied:

- piping:
 - voor het ontwerp van het geulgebied geldt, dat na eventuele ontgravingen, binnen de zwarte contourlijn in afbeelding 2.5, een kleilaagdikte van minimaal 1,3 m aanwezig dient te zijn;
- hydrologie:
 - de dijkversterkings- en natuuropgaven mogen niet leiden tot een verslechtering van de gebruiksfuncties in de huidige situatie door een verandering van de grondwaterstand die groter is dan 5 cm.

Afbeelding 2.5 Veilige afstand bij 1 m klei in het voorland



2.5 Uitgangspunten (toekomstig) onderhoud

De volgende uitgangspunten gelden voor het toekomstige onderhoud van het geulgebied:

- voor inspectie en onderhoud wordt de belasting voor een onderhoudsvoertuig van 5 kPa aangehouden;
- de in- en uitstroomopening hoeft niet overbrugbaar te zijn voor vee;
- hoogspanningsmasten nummer 11 en nummer 68 moet bereikbaar blijven;
- de stabiliteit van de hoogspanningsmasten nummer 11 en nummer 68 mag niet in het geding raken;
- voor maai-beheer dient uit gegaan te worden van een maai-zuigcombinatie 13,00 m x 2,50 m, 23 ton en tractor met maai-arm 3,00 m x 2,50 m, 15 ton;
- het westelijke deel van de geul moet toegankelijk zijn vanaf de rivier, voor een onderhoudsvoertuig;
- ten zuiden van de oostelijke geul zal een 4 m breed onderhoudspad aangelegd moeten worden;
- de toegang tot het onderhoudspad moet via het oosten zijn (nabij de hoogspanningsmast) en ook over de drempel.

3

ONTWERP GEULGEBIED

Het ontwerp van het geulgebied bestaat uit het ontwerp van de KRW-geul en het ontwerp van de NURG-zone. Het ontwerp is gebaseerd op de uitkomsten van de toetsingskaders als beschreven in hoofdstuk 2. Onderstaand is eerst het ontwerp van de KRW-geul uitgewerkt, daarna de NURG-zone.

3.1 Algemene inpassing van het ontwerp in het landschap

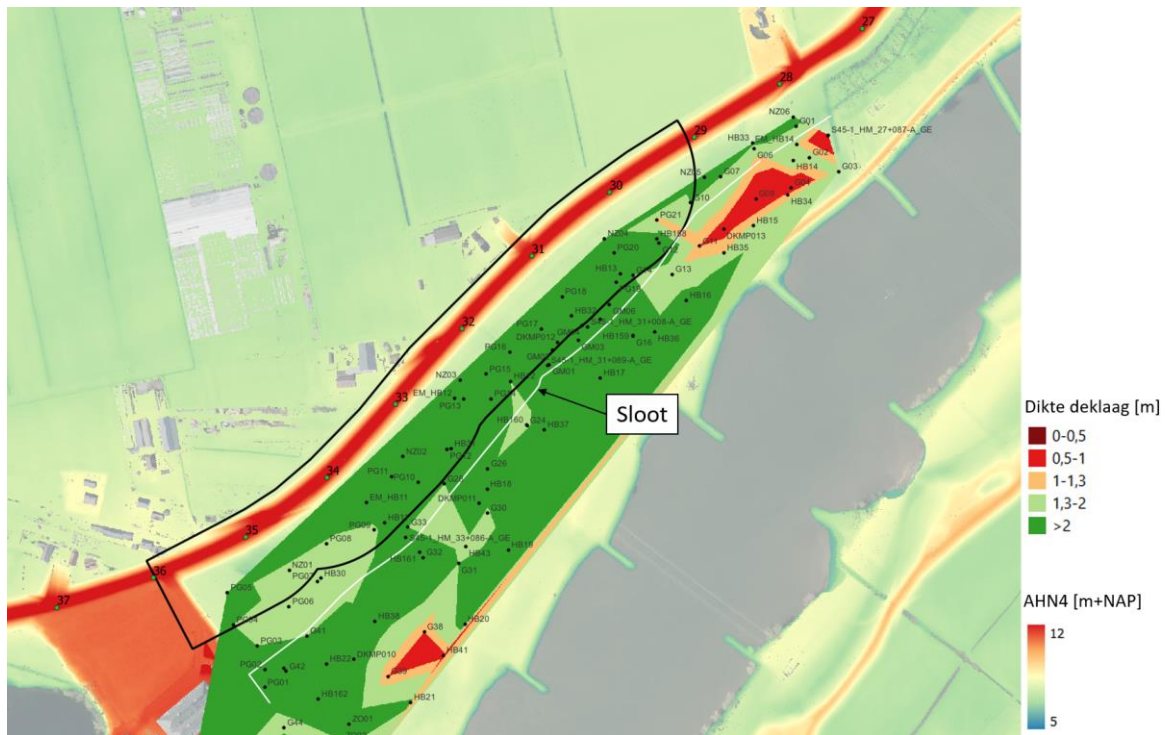
Om invulling te geven aan de landschappelijke inpassing wordt aan de voet van de dijk een kruidenrijk grasland aangelegd, dat overgaat in een plas-draszone richting de nieuwe watergang in het oostelijke deel van het geulgebied. In het westelijke deel gaat het grasland over in de flauwe oevers van de KRW-geul en rietmoeras. Door een drempel aan te leggen tussen de KRW-geul en de plasdraszone ontstaat een geïsoleerde laagte waar gedurende het voorjaar en de vroege zomer water langer vastgehouden kan worden. Daarnaast kan de kade ook gebruikt als toegang voor onderhoudsvoertuigen.

Een nieuwe graskade tussen de hooggelegen steenfabriek en zomerkade zorgt ervoor dat achtergelegen gebied niet vaker inundeert.

De huidige route, welke TenneT gebruikt, naar hoogspanningsmast 68 wordt door de geul gekruist. Hierdoor dient toegang via een andere route mogelijk te blijven. Toegang tot hoogspanningsmast 68 wordt voorzien via de drempel. De toegang naar hoogspanningsmast 11 loopt via de weg Jachthaven en het aangrenzende grasland.

In de huidige situatie voldoet de bodemopbouw aan de pipingopgave. Lokaal is er minimaal een 1,3 m dikke kleilaag aanwezig binnen de contour van de pipingopgave, zie afbeelding 3.1.

Afbeelding 3.1 Knelpuntenkaart huidige situatie. De zwarte lijn markeert het gebied waarbinnen minimaal 1,3m kleilaagdikte nodig is. De kleuren geven aan of binnen deze veilige afstand wordt voldaan aan 1,3m klei in de huidige situatie



3.2 Ontwerp KRW-geul

3.2.1 Contour en ligging van de geul

De KRW geul heeft een licht slingerend verloop en de ligging komt zoveel mogelijk overeen met de kleivoorkomens in het gebied. De geul is breed in het midden en smal ter hoogte van de aantakking van de noordelijke teensloot langs de dijk en de fundamente van de hoogspanningsmast. Gezien vanaf de dijk levert dat een steeds veranderd beeld over de geul op. Ten zuiden van de steenfabriek verlaat de geul het tracé van de bestaande sloot. De geul versmalt geleidelijk en maakt een directe, bijna haakse, verbinding met de rivier om zoveel mogelijk van het hooggelegen gebied rondom de zomerkade te kunnen behouden.

De contour van de geul ligt buiten de pipingopgave. De pipingopgave wordt gekenmerkt door de zwarte contour in afbeelding 3.2.

Afbeelding 3.2 Bovenaanzicht ontwerp KRW-geul buiten de pipingogave



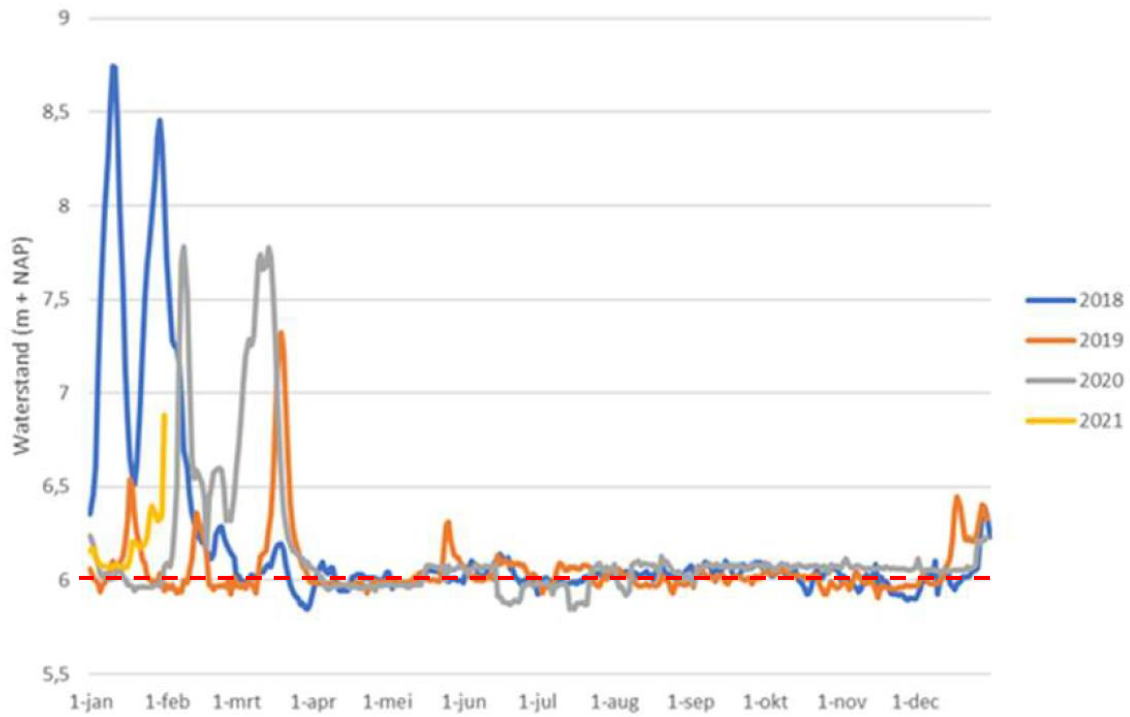
De contour van de geul wordt in de basis bepaald door:

- een waterdiepte van 2 m bij stuwpeil (waterbodem NAP +4 m - stuwpeil NAP +6 m) in het westelijke deel van de geul, een waterdiepte van 1 m bij stuwpeil in het oostelijke deel (waterbodem NAP +5 m);
- een waterdiepte van 20 cm bij stuwpeil voor het meest oostelijke deel van de geul over een lengte van circa 85 m, nabij de hoogspanningsmast 11;
- een zandige bodem met zandige onderwater taluds in het westelijke deel van de geul, het oostelijke deel heeft een kleibodem (om het water vast te houden);
- onderwatertaluds niet steiler dan 1V:3H tot 20 cm onder stuwpeil in het oostelijke deel, in het westelijk deel geldt dat ook maar op de noord-west-oever is het talud flauwer vanaf 60 cm onder stuwpeil om rietmoeras mogelijk te maken;
- een breedte van de westelijke geul op de waterlijn van circa 25 m, bij de in- en uitstroom iets smaller, op de locatie voor rietmoerasvorming neemt de breedte flink toe, tot maximaal 80 m, in het oostelijke deel van de geul is de breedte ca. 15 m bij stuwpeil;
- de lengte, over de as van de te graven westelijke geul gemeten, van 625 m, het oostelijke deel is 525 m.

Het stuwpeil van NAP +6 m wordt in de zomermaanden niet altijd gehaald, zie afbeelding 3.3. De waterstand zakt onder drogere omstandigheden tot onder dit niveau. Tezamen met de sedimentatie, die optreedt in de geul, is gekozen voor een waterbodem op NAP +4 m in het westelijke deel van de geul. Op deze wijze wordt een minimale waterdiepte van 1,5 m gehaald ten behoeve van doelsoorten aangaande oever- en waterplanten en vissen¹ en wordt de onderhoudsfrequentie beperkt. In het oostelijke deel ligt de waterbodem op NAP +5 m.

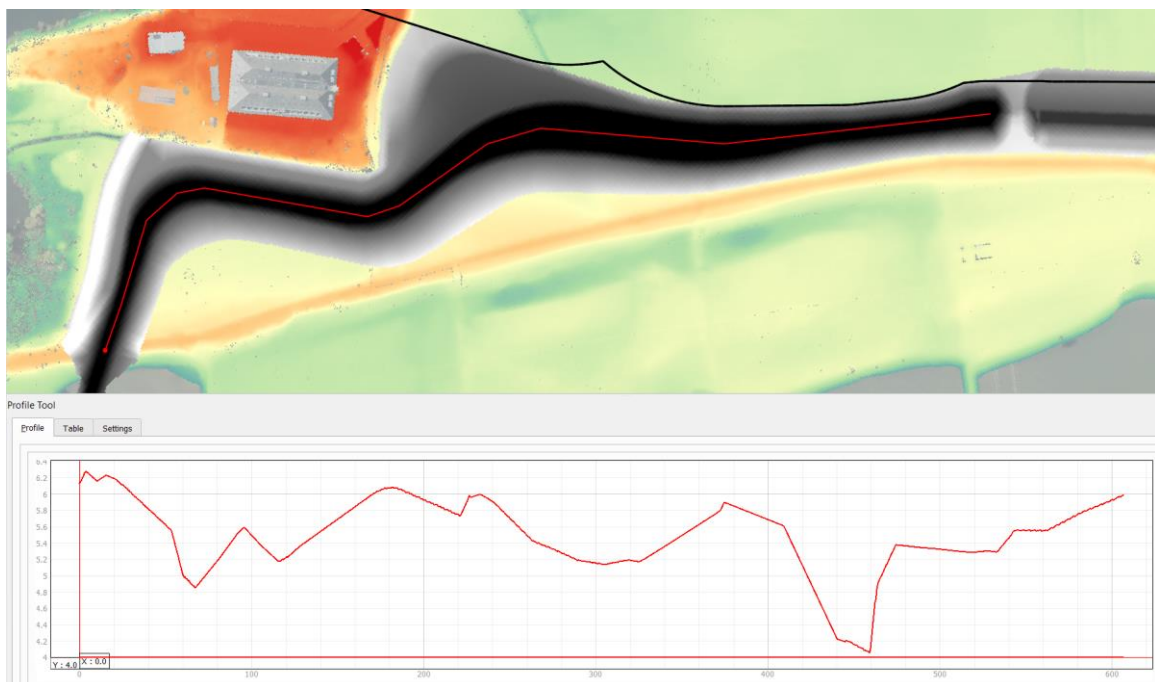
¹ Kaderrichtlijn Water, Rijkswaterstaat Oost-Nederland, juli 2020.

Afbeelding 3.3 Waterpeil verloop in Nederrijn (RWS-metpunt 'Grebbe')



Bij een waterbodem op NAP +4 m geeft dit een zandige bodem met (deels) zandige taluds. In afbeelding 3.4 is het waterbodemniveau gegeven ten opzichte van de onderkant van de kleilaag. Uit de afbeelding is af te leiden dat de bodem van de geul 1 tot 2 m onder de kleilaag ligt. De geul snijdt dus circa 1 tot 2 m in de zandlaag in.

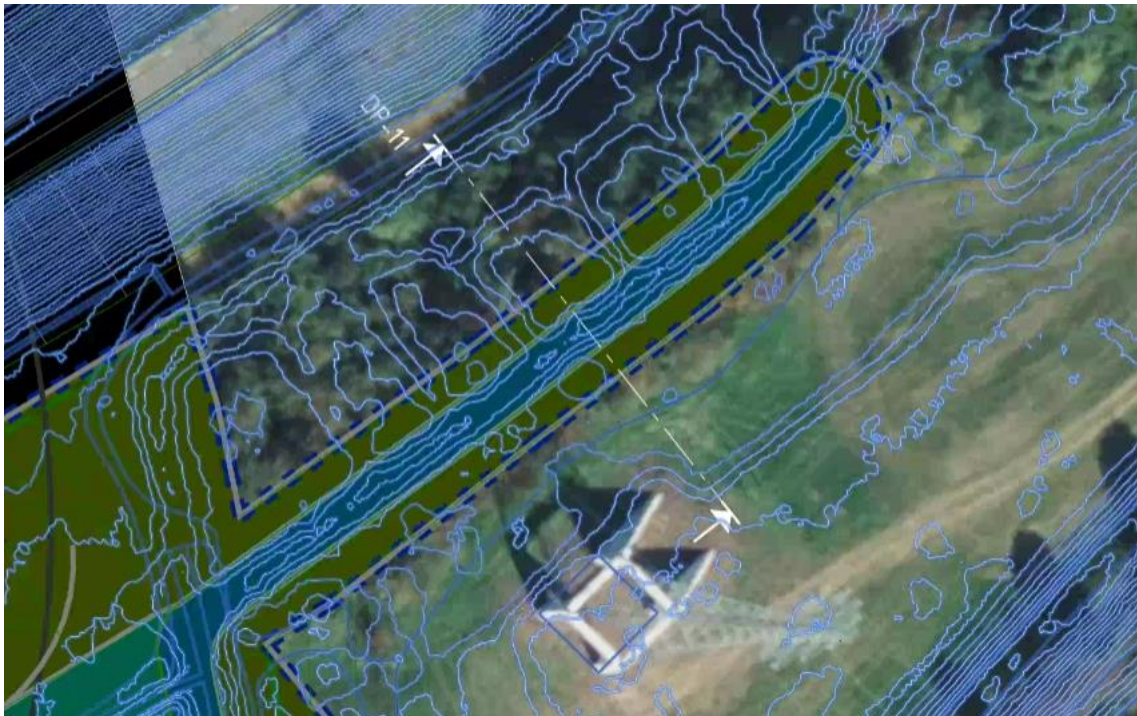
Afbeelding 3.4 Onderkant deklaag en onderkant geul (NAP + 4 m) in de as van de (westelijke) KRW-geul



Voor het KRW-doel 'vis', is de bodembreedte niet relevant. De waterbodembreedte is gekozen op basis van de onderhoudsstrategie. Het westelijke deel van de KRW-geul wordt vanaf het water onderhouden. Een onderhoudsstrook is landschappelijk niet wenselijk en vraagt een 4 m brede strook aan weerszijde van de geul. Rondom de in- en uitstroomopening is geen ruimte voor de onderhoudsstrook aan de oostzijde van de KRW-geul. Hier wordt de ruimte beperkt door de hogere gronden. Aan de westzijde ligt een onderhoudsstrook ten behoeve van het onderhoud aan de nieuwe zomerkade. Langs het oostelijke deel van de geul komt aan de zuidzijde een onderhoudsstrook.

De geul is doorgetrokken in het perceel dat grenst aan de hoogspanningsmast, te weten mast tracé Dodewaard-Ede, mastnummer 11 (zie afbeelding 3.5). De ontgraving ten behoeve van de geul, volgt de bestaande laagte in het terrein.

Afbeelding 3.5 Hoogtelijnen in bestaande situatie t.o.v. geulontwerp nabij mast 11

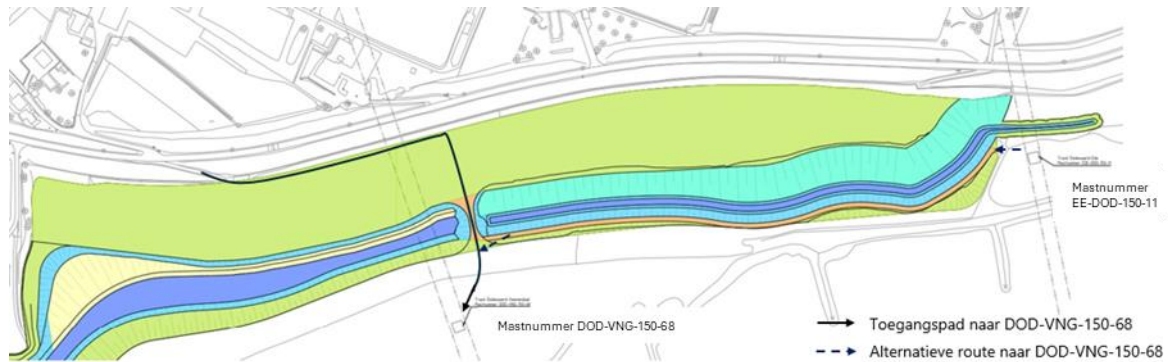


De geul is daarmee ter plekke aanzienlijk minder diep dan de rest van de geul, met een bodemniveau op NAP +5,80 m in plaats van NAP +5,00 m (20 cm waterdiepte bij stuwpeil). Ook de breedte is met circa 12,5 m op de boveninsteek van het talud smaller dan de rest van de geul. Dit in verband met de aanwezigheid van de hoogspanningsmast op circa 14,5 m afstand. De ontgraving is kwalitatief beoordeeld. De uitkomst van de kwalitatieve beoordeling is dat de geul voldoet aan de eisen van de beheerder van de mast. Deze eisen hebben met name betrekking op de stabiliteit van de bodem nabij de hoogspanningsmast en de kans op uitschuring / erosie in de geul nabij de hoogspanningsmast.

Het huidige ontwerp voorziet in een mogelijkheid voor een toegangspad tot hoogspanningsmast DOD-VNG-150-68:

- vanaf de dijk, via de afrit en over de drempel;
- alternatief is om vanaf hoogspanningsmast 11 via het onderhoudspad te rijden, nabij de drempel richting de hoogspanningsmast.

Afbeelding 3.6 Bovenaanzicht route naar hoogspanningsmast 68 + alternatief via hoogspanningsmast 11



3.2.2 In- en uitstroomopening

Op basis van bijlage II is de benodigde gradering, van de bodembescherming, rondom de in- en uitstroomopening, een 10-60 kg gradering met een gemiddelde D_{n50} van 0,24 m. Deze bodembescherming is voldoende stabiel om de stromingsbelasting als gevolg van passerende scheepvaart te weerstaan, en ruim voldoende om de stroombelasting haaks op de geul te weerstaan. De globale afmetingen van de bodembescherming zijn bepaald op basis van expert judgement. Dit komt neer op een bescherming van circa 20 m buiten de zomerkade (richting het kribvak), en circa 30 m tot 40 m binnen de zomerkade.

De bodem van de geul (NAP +4 m) ligt lager dan de bodem van het aangrenzende kribvak (circa NAP +5 tot 7 m). De bodemhoogte uit de KRW-geul wordt doorgetrokken door het kribvak tot aan de rivier, met de kanttekening dat de stabiliteit van de kribben niet getoetst is en de teenlijn van de kribben niet is vastgesteld. De geul loopt steeds wijder uit om de stroming vanuit de geul sneller te vertragen. Voor de zijwaartse hellingen wordt een taludhelling van 1:3 aangehouden. Daardoor ontstaan kleine hellingen richting de kribben die niet beschermd zijn, maar omdat de stroming in de kribben onder dagelijkse omstandigheden laag is, is de verwachting dat deze weinig zullen eroderen. Wanneer tijdens monitoring blijkt dat de gebaggerde geul niet op zijn positie blijft, en dat de stabiliteit van de kribben in gevaar komt, moet de gegraven geul in het kribvak verankerd worden, door deze met een harde bekleding vast te leggen.

3.3 Ontwerp NURG-zone

3.3.1 Plas-dras zone met porseleinhoenleefgebied

Habitat algemeen

Geschikt leefgebied voor de Porseleinhoen betekent langdurige inundaties (vanaf wintermaanden tot ten minste medio juni) in combinatie met moeras, hoge zeggenvegetaties of ruig grasland. Het meest effectief is om in bestaande natuurterreinen inundaties zo lang mogelijk vast te houden door middel van een afsluitbaar kunstwerk in een zomerkade en/of door verhoging van stuwpeil in uiterwaarden die gevoed worden door beken en of kwel (SOVON, 2022).

Vegetatiestructuur

Het belangrijkste kenmerk voor een optimaal porseleinhoenleefgebied is een (ten dele) lage kruidachtige vegetatie (hoogte tot ca. 1 m) in een permanent natte situatie met water van ongeveer 5-20 cm diep. De vegetatiesamenstelling kan divers zijn: grote zeggenvegetaties, natte graslanden en ruigten, jonge rietvegetaties en pitrus-liesgraspercelen. De vegetatiestructuur is belangrijker dan de plantensoorten, en daarbij gaat het steeds om relatief lage vegetaties (SOVON, 2022). Dit is een beheeropgave. Onderzoek aan de ecologie van de soort in het laag-veenmoeras Houtwiel (Fr) wijst er op dat de ruimtelijke variatie of mozaïek in de vegetatiestructuur een sleutelrol speelt, oftewel een mozaïekpatroon van lage vegetatie en kleinschalig ondiep open water en kale plekken in de vegetatie (SOVON, 2022).

Hydrologie

De belangrijkste hydrologische eis is dat het leefgebied bestaat uit een permanent natte situatie met ondiep water van ongeveer 5-20 cm en een overgangszone die periodiek geïnundeerd is (SOVON, 2022).

Natuurlijke inrichting en extensief beheer van uiterwaarden kan een positieve rol spelen, bijvoorbeeld het creëren van natte overstromingsvlaktes. Door een minder snelle afvoer van in geulen achterblijvend water, ontstaan ondiep overstromde kruidenvegetaties die voor de porseleinhoen geschikt zijn. Het is belangrijk dat de hoogwaterpieken zeker tot in mei/juni kunnen worden vastgehouden in de vorm van langdurig voorkomende plasdras situaties, als resultante van langzaam uitzakkende waterstanden (SOVON, 2022).

Schaal

De minimaal benodigde oppervlakte aan moerasgebied (voor de regelmatige aanwezigheid van broedende porseleinhoenen en een duurzame lokale populatie) ligt tussen 10-20 ha (SOVON, 2022).

Foerageerhabitat

Vegetatiestructuur

De porseleinhoen verschuilt zich graag in vegetatie en zoekt voedsel in ondiep water (tot 15 cm) of op droogvallend slik. Het is daarom van belang dat er ondiep water of droogvallend slik aanwezig is (SOVON, 2022) in de nabijheid van dekking biedende vegetaties.

Broedhabitat

Vegetatiestructuur

De porseleinhoen broedt in alle typen moeras, van voedselrijk tot arm. Het gaat zowel om rietmoerassen op zeeklei als rivierbegeleidende moerassen, laagveen, vennen en hoogveen. Na inundaties (overstromingen) worden ook (enigszins verruigde) graslanden benut. Het nest wordt in dichte pollenvegetatie (riet, zeggen of grassen) in of nabij ondiep water gemaakt. Dit nest is een stevige kom in een ophoging van grove stengels en bladeren, bekleed met fijner materiaal en bij voorkeur overhuifd door bladeren en halmen (SOVON, 2022).

Hydrologie

De broedperiode start in april, waarbij tot in juli vestigingen en broedpogingen mogelijk zijn, vooral in gebieden met voorjaars- of zomerinundaties (overstromingen). Influxen van porseleinhoenen in de Rijntakken treden alleen op bij hoogwater vanaf eind mei tot in juli. Het betreft dus waarschijnlijk vogels die eerder dat seizoen al elders hebben gebroed, mogelijk zelfs in het buitenland, en die de plotseling gunstige situatie in het rivierengebied benutten voor het grootbrengen van een tweede broedsel (SOVON, 2022).

Schaal

Deze soort kan in relatief kleine moeraselementen broeden met een minimumoppervlakte van 1-2 ha geschikt habitat (SOVON, 2022).

Verstoring

De porseleinhoen wordt ingeschat als matig verstoringgevoelig, omdat het dier zich tussen de vegetatie verbergt (Krijgsveld et al. 2008). Verstoring door recreanten kan in kleinere gebieden eerder optreden dan in grotere. Relatief gezien (ten opzichte van voornoemde sturende factoren, zoals vegetatiestructuur) lijkt de impact van recreatie en andere verstoringbronnen in de Rijntakken voor de porseleinhoen vrij klein te zijn.

Inbedding van habitatvereisten in het ontwerp

Het ontwerp geeft invulling aan bovenstaande vereisten door in het oostelijke deel van de KRW-geul een laagte aan te brengen waar een plasdras situatie gehandhaafd kan worden. Het ontwerp rust op de volgende pijlers:

- er ligt een plas-dras zone aansluitend op een ondiepe smalle watergang. De plas-dras zone is ruim 10.000 m². De bodem van plas-dras zone en geul is over de gehele oppervlakte bedekt met een laag klei zodat water niet snel wegzakt. De plas-dras zone is een heel flauw oplopend talud dat uiteindelijk aan de noordzijde aansluit op het bestaande, aanliggende maaiveld;
- het oostelijk deel van de geul wordt gescheiden van het westelijke deel van de geul door middel van een drempel. Deze drempel ligt op NAP +7,00 m. Deze drempel maakt het mogelijk om water na inundaties langer vast te houden. Wanneer het gebied tot NAP +7,00 m geïnundeerd wordt, dan ontstaat er circa 1 hectare aan geschikt habitat voor de porseleinhoen;
- het is noodzakelijk om een plasdrassituatie met flexibel peil (geleidelijke droogval) te realiseren en tot en met juni vast te houden. Het is met het huidig ontwerp, met een drempel op NAP +7,00 m, niet gegarandeerd of dat lukt met enkel het vasthouden van hoogwaterpieken en neerslag. We signaleren echter wel dat de maximale bergingscapaciteit van 100 cm (kruinhoogte drempel minus stuwpeil) een redelijke kans geeft om een flexibel peil te behouden vanaf de winter tot in juni.

3.3.2 Kwartelkoning leefgebied

Vegetatiestructuur

Voor de vestiging van de kwartelkoning (mei) dient de begroeiing 20 - 30 cm hoog te zijn. De begroeiing moet ijl blijven zodat de kwartelkoning er goed door kan lopen (vervilting op de bodem, bijvoorbeeld in natuurontwikkelingsgebieden/procesnatuur is op termijn problematisch door successie). De vegetatie dient periodiek, jaarlijks vanaf september, verwijderd en afgevoerd te worden om successie naar ongeschikte begroeiing te voorkomen. Er kan eerder gemaaid worden bij afwezigheid van een tweede legsel (SOVON, 2021). Door jaarlijks 10 tot 15 % van de vegetatie de winter te laten overstaan worden ook insecten, kleine zoogdierfauna en amfibieën gefaciliteerd. In combinatie met overgangen naar moeras kan de moerasvegetatie hierbij een rol vervullen.

Percelen met natuurtypen N12.03 (glanshaverhooiland), N12.05 (kruiden- en faunarijke akker) en N13.01 (vochtig weidevogelgrasland) zijn interessant. Dit kan ook gelden voor N12.02 (kruiden- en faunarijke grasland) en N12.06 (ruigteveld): als dit niet wordt begraaasd of bemest (zodat vegetatie ijl blijft). De voedselrijkdom lijkt geen beperking (onderzoek Schotland, Polen), maar speelt mogelijk wel een rol in rivieruiterwaarden (droger door verlaging rivierbed). Over de invloed van voedselrijkdom voor kwartelkoning leefgebied weten we (te) weinig van af (SOVON, 2021).

Hydrologie

De bodem dient bij vestiging van de kwartelkoning droog te liggen en begroeid te zijn. Bij vestiging dient de vegetatie wel voldoende dekking te bieden (20 tot 30 cm hoog met een ijle stand zodat deze goed doorlopen kan worden).

Verstoring

De kwartelkoning is gevoelig voor verstoring en om deze reden geldt:

- geen verstoring door recreatie (loslopende honden!) en niet maaien tijdens het broedseizoen (mei tot eind augustus uitgaande van 2 legsels);
- bij voorkeur geen verstoring door begrazing tijdens broedseizoen.

Schaal

Voldoende schaalomvang, dus liever enkele grote, aanéengesloten gebieden dan veel losse snippers habitat. Richtlijn voor één territorium is minstens 11 ha groot. Bij voorkeur groter aangezien kwartelkoningen graag geclusterd broeden (mannetjes leggen als het ware een klanktapijt over landschap om vrouwtjes te lokken moet het habitatvoldoende van omvang zijn voor de vestiging van meerdere territoria waardoor de kans op broedgevallen stijgt).

Inbedding van habitatvereisten in het ontwerp

Compensatie

Om compensatieleefgebied voor de kwartelkoning te realiseren in de Plasserwaard wordt in dit gebied de bouwvoor over 30 cm verschaald (doormiddel van vervanging van deze bouwvoor met voedselarme grond). Dit met inachtneming van behoud van de vereiste kleilaagdikte (1,3 m) om piping tegen te gaan. We gaan er, in combinatie met het peilregime (late droogval) en passend beheer, vanuit dat hiermee de gewenste lage vegetatie haalbaar is. Het compensatieleefgebied ligt tussen de dijk en de plas-draszone, ten noorden van het oostelijke geulgebied en beslaat ca. 2 ha.

Mitigatie

Naast compensatiegebied voor de Kwartelkoning in het plangebied Plasserwaard zal er ook mitigatiegebied voor kwartelkoning aangewezen moeten worden. Deze mitigatie zal buiten het projectgebied vallen, in de Schellerwaard, een uiterwaard van de IJssel nabij Zwolle (onderdeel Natura-2000 Rijntakken). Deze mitigatie moet gerealiseerd zijn voordat er kwartelkoning-leefgebied verstoord gaat worden in de Plasserwaard.

3.3.3 Fauna en Florarijk grasland

De LESA [ref. 8] laat zien dat de toplaag van het grasland voedselrijk tot zeer voedselrijk is maar dat de voedselrijkdom afneemt met de diepte. Er is in het biochemisch onderzoek slechts gemeten tot een diepte van maximaal 50 cm minus maaiveld. Op die diepte lijkt wal sprake te zijn van voldoende voedselarme condities voor de ontwikkeling van schraalgraslanden en vochtig hooiland.

Het ontwerp gaat uit van gelijkblijvend maaiveld verloop vanaf de dijk tot de noordelijke grens van de plas-dras zone (geen ontgraving). Dit deel zal relatief voedselrijk zijn. Vanaf de noordelijke grens van de plas-dras zone zal in zuidelijke richting snel een overgang komen naar een voedselarm milieu (de voedselrijke laag wordt ontgraven voor het creëren van het plas-dras gebied).

Opgemerkt wordt dat de voedselrijkdom van het gebied toeneemt als gevolg van de inundaties van, met name, het porseleinhoengebied. Daar wordt immers water lang vast gehouden, waardoor voedselrijk sediment de kans krijgt om te bezinken in die laagtes. Door middel van beheer moeten deze extra voedingsstoffen afgevoerd worden.

Aan oppervlaktes worden bij benadering onderstaande hectaren aan porseleinhoen en kwartelkoning habitat gerealiseerd in het geulgebied.

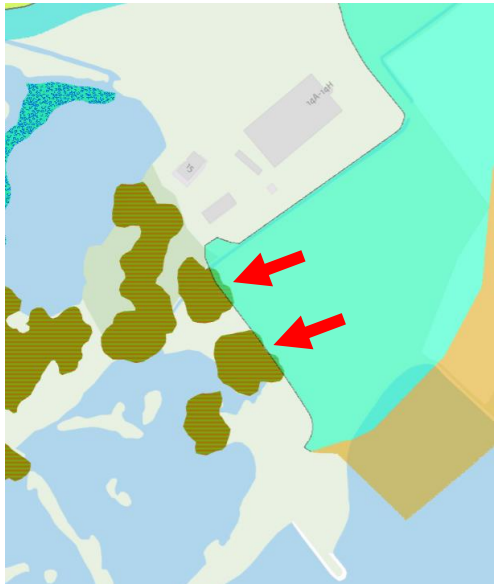
Tabel 3.1 Oppervlakten habitat kwartelkoning en porseleinhoen in ontwerp geulgebied

Soort	Habitat	Oppervlakte
kwartelkoning	droog grasland	circa 2 ha
porseleinhoen	plas-dras situatie	circa 1 ha

3.3.4 Ontwerp nieuwe zomerkade (dwarskade ten westen van KRW-geul)

De geul snijdt de huidige zomerkade. Om de inundatiefrequentie van de westelijke Plasserwaard niet te laten toenemen wordt een nieuwe zomerkade gerealiseerd. De kade wordt aan de westzijde begrenst door een beschermd habitatype. De footprint van de kade raakt dit habitatype niet. Voor uitvoering wordt opgenomen dat dit gebied niet geraakt mag worden tijdens uitvoering.

Afbeelding 3.7 Situering beschermd habitatype grenzend aan de nieuwe zomerkade (rode pijlen)



Voor hoogtebepaling van de kruin wordt de ondergrens gevormd door de eis dat de inundatiefrequentie van de westelijke Plasserwaard niet mag toenemen als gevolg van het project, vanwege de beschermde natuur in het gebied. De nieuwe zomerkade mag dus, gecorrigeerd voor het verval, niet het laagste punt zijn. Hieruit volgt dat de hoogte van de nieuwe zomerkade ten minste NAP +8,67 m moet zijn (exclusief onzekerheidsmarge). De bovengrens wordt gevormd door de eisen van het RBK. Wanneer de hoogte van de nieuwe zomerkade maximaal NAP +9,13 m bedraagt, wordt voldaan aan de eis op het gebied van dwarsstroming, en kan worden aangetoond dat de opstuwingspiek is geoptimaliseerd.

De overige vormgeving van de nieuwe zomerkade is nader toegelicht in bijlage I. In dezelfde bijlage is de stabiliteit van de zomerkade beschouwd met een 1D stabiliteitsberekening volgens de Eurocode methodiek voor risicoklasse RC1. De stabiliteit van de zomerkade voldoet ter plaatse van de maatgevende snede. In de berekening is een vrij onwaarschijnlijke situatie beschouwd met een zeer hoge waterstand in combinatie met een bovenbelasting van 5 kPa (onderhoudsvoertuig). Ook voor deze onwaarschijnlijke combinatie ter plaatse van de maatgevende snede voldoet de stabiliteit van de zomerkade.

Naast stabiliteit is piping beoordeeld als niet relevant, vanwege het feit dat er nooit een significante verval over de kade staat en daarmee geen stijghoogte-opbouw kan plaatsvinden.

Naar aanleiding van de resultaten van ontwerploop 1 zijn optimalisaties uitgevoerd aan de instroomopening van de KRW-geul. Hierbij zijn een onder- en bovengrens voor de hoogte van de nieuwe zomerkade ten westen van de KRW-geul bepaald.

Om de uitvoering van de nieuwe zomerkade op een veilige manier te kunnen aanleggen kunnen dezelfde algemene uitgangspunten, zoals beschreven in het uitvoeringsplan [ref. 9], worden aangehouden.

3.3.5 Beheerpad Rijkswaterstaat

De drempel die de geul en de plasdras-zone scheidt dient primair om water vast te houden, opdat er leefgebied voor porseleinhoen ontstaat, zie ook paragraaf 3.3.1. Secundair kan deze als (toegang tot) beheerpad voor Rijkswaterstaat worden gebruikt. Het beheerpad ten zuiden van de oostelijke geul/watergang is ontworpen met taluds van 1V:20H en een (kruin)breedte van 4,0 m op NAP +7,4 m. In bijlage I is vastgesteld dat het beheerpad stabiel is. In geval het nodig is i.v.m. reikwijdte is het (1V:5H) talud juist ten noorden van het beheerpad mogelijk ook begaanbaar voor onderhoudsmaterieel in droge periodes.

3.3.6 Erosiebestendigheid oevers en nieuwe zomerkade

Op basis van de handreiking voor golfoverslag 'Voorschrift toetsen op Veiligheid Primaire Waterkeringen' (VTV2006) is het volgende, pragmatisch, gesteld ten aanzien van erosiebestendigheid van de grasbekleding:

- slechte zodekwaliteit: maximaal 1 m/s;
- matige zodekwaliteit: maximaal 1,5 m/s;
- goede zodekwaliteit: maximaal 2 m/s.

Daarbij wordt impliciet meegenomen dat een turbulentiëgraad van 0,1 is toegepast. Bij hogere turbulentië gaat de maximaal toelaatbare stroomsnelheid omlaag, zoals is opgenomen in onderstaande tabel.

Tabel 3.2 Erosiebestendigheid grasbekleding tegen stroming

Turbulentiëgraad	Matige zodekwaliteit U max [m/s]	Goede zodekwaliteit U max [m/s]
r = 0,10	1,5	2,0
r = 0,20	1,1	1,5
r = 0,30	0,9	1,2

CUR rapport 201 (Natuurvriendelijke oevers: belasting en sterkte) stelt dat voor een grasbekleding, afhankelijk van de kwaliteit, een stroomsnelheid van 1,5 tot 2,5 m/s gedurende 100 uur achtereenvolgend kan weerstaan.

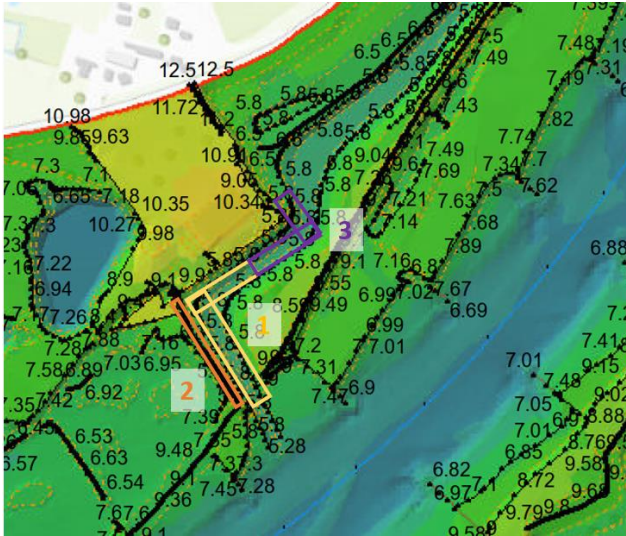
Op basis van bovenstaande voorschriften is geconcludeerd dat een stroomsnelheid van 2 m/s kan worden weerstaan, zolang er een goede grasmat is aangebracht, die goed doorwortelt is.

Bijlage II geeft de volgende stroomsnelheden voor de verschillende zones in de geul (zie afbeelding 3.8):

- zone 1 - in- en uitstroomopening: profielgemiddelde stroomsnelheid van 2,4 m/s bij stuwpeil en 2,8 m/s bij $Q = 6.000 \text{ m}^3/\text{s}$;
- zone 2 - nieuwe zomerkade: stroomsnelheid van circa van 0,6 m/s;
- zone 3 - hoek nabij het hoge terrein: profielgemiddelde stroomsnelheid van 1,1 m/s;
- zone 4 - overig geulgebied: bij een afvoer van $10.000 \text{ m}^3/\text{s}$ kleiner dan 0,5 m/s en bij een afvoer van $16.000 \text{ m}^3/\text{s}$ kleiner dan 0,6 m/s.

De eis is dat nabij de nieuwe zomerkade en de hoge terreinen (o.a. bocht nabij steenfabriek, zone 1, 2 en 3) geen erosie zal optreden als gevolg van een hoge stroomsnelheid. Geconcludeerd wordt dat een grasbekleding volstaat op de nieuwe zomerkade en de zones 2 en 3 om erosie ten gevolge van stroming te weerstaan. De huidige zomerkade heeft overigens ook een grasbekleding. Echter, enige dynamiek in het gebied is toegestaan en daarom hoeft niet het volledige gebied vastgelegd te worden. Sowieso zal onder de waterlijn een meer zandige oever blijven bestaan. Mocht na verloop van tijd toch te veel erosie ontstaan dan kan middels onderhoud de oever lokaal toch worden vastgelegd (zie ook bijlage II).

Afbeelding 3.8 Definitie van zone 1-3



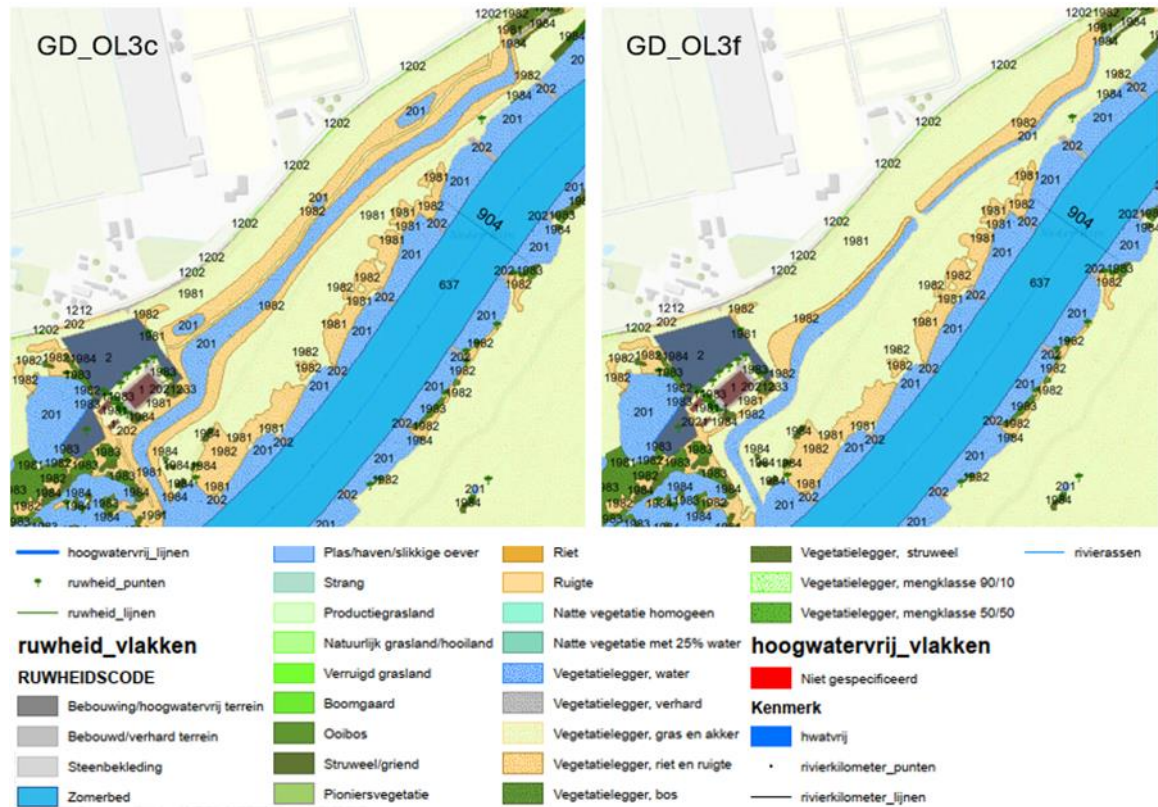
3.4 Rivierkundige toetsing van het ontwerp

De effecten van de gebiedsontwikkeling Grebbedijk zijn getoetst aan het Rivierkundig Beoordelingskader (RBK) van Rijkswaterstaat. Hiervoor zijn berekeningen uitgevoerd met het numerieke model WAQUA. De uitgangspunten, methode en resultaten zijn beschreven in de rivierkundige beoordeling [ref. 11] en het addendum bij deze beoordeling [ref. 12]. Hierbij is onder andere gekeken naar effecten op de waterstand bij maatgevend hoogwater, dwarsstroming en morfologie. De effecten van de verschillende onderdelen van de gebiedsontwikkeling zijn gezamenlijk beoordeeld en voldoen aan de eisen van het beoordelingskader.

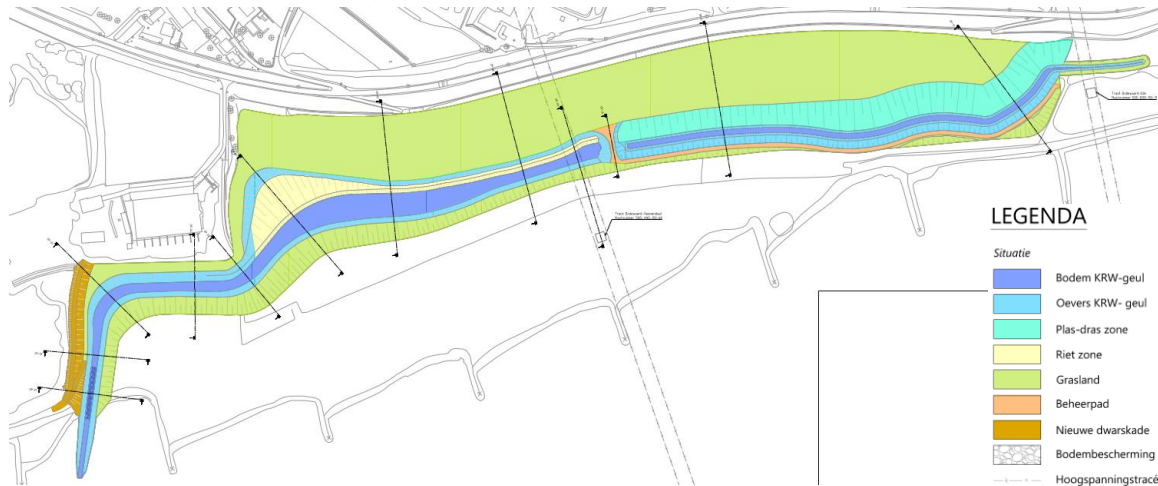
In afbeelding 3.9 is het verschil gegeven in de aanwezigheid van de ruwheidsklassen tussen het nieuwe en het oude/eerdere ontwerp. Hierin is af te lezen dat het gebied met ruwheidsklasse 'riet en ruigte' significant is afgenomen (de oker-geel gearceerde vlakken). Voor de indeling van begroeiing en ruwheidsklassen zie afbeelding 2.4. De ruwheidsklassen komen overeen met het ontwerp van de vegetatie, zie afbeelding 3.10.

Ter voorkomen van een hogere ruwheidsklasse in het kader van de rivierkundige berekeningen wordt het beheer op de zuidelijke oever van de KRW-geul zodanig uitgevoerd dat het binnen de ruwheidsklasse 'gras en akker' valt.

Afbeelding 3.9 Verschil aanwezige ruwheidsklassen huidig ontwerp (rechts) en oude/eerdere ontwerp (links)



Afbeelding 3.10 Overzicht verschillende zones/onderdelen geulgebied



3.5 Hydrologische toetsing van het ontwerp

De effecten van de dijkversterking van de Grebbedijk en de natuuropgaven op (geo)hydrologie zijn in kaart gebracht met gebruik van een grondwatermodel. Het model is opgesteld om de ruimtelijke effecten van de opgaven te kwantificeren. In de geohydrologische effectrapportage [ref. 5] zijn de uitgangspunten van het model en de resulterende effecten beschreven.

Om de omgevingseffecten te beoordelen is gekeken naar de veranderingen in grondwaterstanden en kwelfluxen. De effecten op natuur, bebouwing, archeologie, landbouw, onttrekkingen en hoogspanningsmasten zijn beschouwd. Ook is gekeken naar de veranderingen in kwel na de dijkversterkings- en natuuropgaven.

In de geohydrologische effectrapportage [ref. 5] zijn de veranderingen in grondwaterstanden en de kwelfluxen getoetst aan de referentiesituatie. Voor archeologie en natuur worden de effecten getoetst in de milieueffectrapportage [ref. 6]. De veranderingen in kwelfluxen en grondwaterstanden zijn getoetst aan de hand van de volgende criteria:

- natuur: geen verslechtering in geohydrologisch situatie bij kwelafhankelijke natuur;
- archeologie: verlaging van de gemiddeld laagste grondwaterstanden (GLG) onder archeologisch gebied;
- bebouwing: verlaging van de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) kan leiden tot zettingen en aantasting van de fundering, zoals houten palen. Ook kan een toename in de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) leiden tot grondwateroverlast bij bebouwing en wegen, afhankelijk van de ontwateringscriteria van de gebruiksfunctie;
- grondwateronttrekkingen: een daling in grondwaterstanden kan effect hebben op de capaciteit van de winning;
- hoogspanningsmasten: verandering in grondwaterstand kan veranderingen brengen in de stabiliteit van de ondergrond;
- landbouw: veranderingen in grondwaterstand kunnen leiden tot afnames/toenames in de landbouwproductie;

Aanvullend gelden de volgende klanteisen:

- de KRW-geul leidt niet tot meer wateroverlast binnendijks en buitendijks (denk aan vermijden van wateroverlast bij de steenfabriek);
- binnendijkse vernatting moet worden voorkomen.

Bovenstaande eisen zijn op basis van het grondwatermodel gekwantificeerd. Uit de effectenbeoordeling [ref. 5] volgt dat bij 3 buitendijkse panden de daling van de GLG negatieve effecten kan hebben op mogelijke zettingen en schade aan fundering. Dit betreft de oude steenfabriek. Bij alle panden is de ontwateringseis gehaald, waardoor geen wateroverlast wordt verwacht. Tevens leidt de KRW-geul niet tot een binnendijkse vernatting. Verdere resultaten zijn beschreven in de effectrapportage [ref. 5]. Voor locatie oude steenfabriek zijn extra berekeningen uitgevoerd om vast te stellen of zettingen inderdaad plaats kunnen vinden. Geconcludeerd is dat die kans verwaarloosbaar klein is en daarmee ook de kans op schade aan fundering [ref. 10].

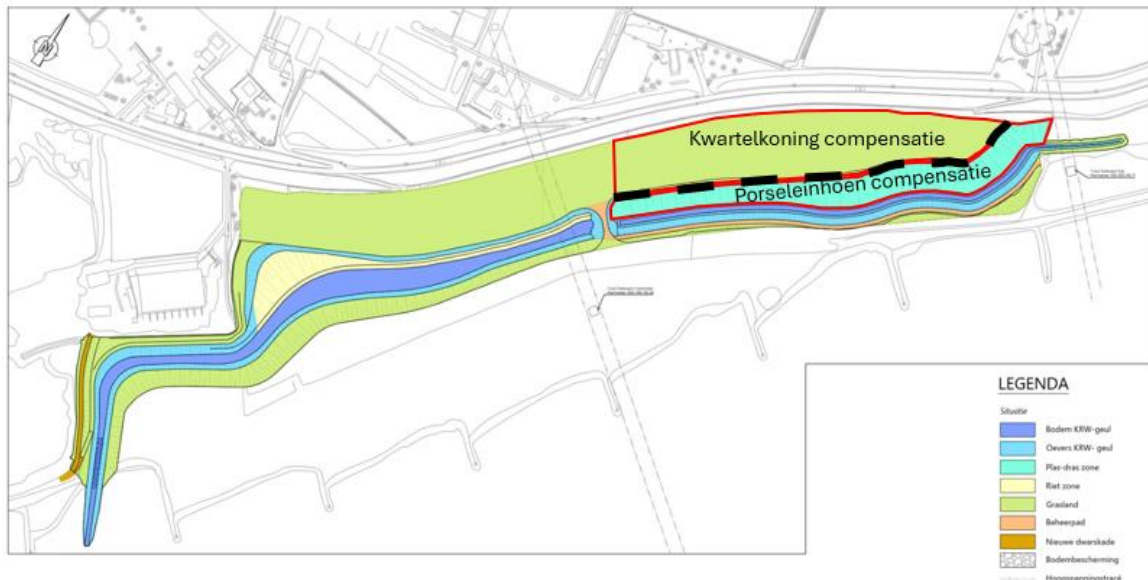
4

INRICHTINGS- EN BEHEERPLAN

4.1 Inrichtingselementen

Afbeelding 4.1 geeft de inrichtingselementen binnen het geulgebied weer. Voor het compensatieplan worden de inrichtingselementen binnen de compensatiegebieden behandeld; de plasdraszone en grasland [ref. 7].

Afbeelding 4.1 Inrichtingselementen Plasserwaard



4.2 Porseleinhoen compensatie/plasdraszone

Inrichting

Het element 'plasdraszone' ligt globaal tussen NAP +6.20 m en NAP +6.50 m. Binnen het element 'plasdraszone' is er sprake van microreliëf.

Het gebied staat na inundaties of hevige regenval onder water maar valt gedurende het seizoen grotendeels droog. In deze zone kunnen als gevolg van het flexibele peil en de aanwezigheid van de dwarsdrempel op grote schaal slikkige zones met lage vegetaties ontstaan die geschikt habitat bieden voor de porseleinhoen. Op de hogere delen zal er ook geschikt habitat voor de kwartelkoning ontstaan (overlap tussen habitats in drogere periodes).

Beheer

Tabel 4.1 geeft het beheer voor de plasdraszone met het porseleinhoenhabitat weer. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in ontwikkelings-, instandhoudings- en herstelbeheer.

Het peilbeheer in het plasdrasgebied zal van cruciaal belang zijn voor haar ontwikkeling. Er dient met name voor gewaakt te worden dat er geen grootschalige droogval plaatsvindt in de periode april-juni omdat daarmee optimaal kiemhabitat voor wilgen gecreëerd wordt. In hoeverre het gewenste peil in de praktijk ook gehaald wordt is onzeker. Dit komt doordat de beschikbare meetreeks voor het grondwater op die locatie kort is en de doorlaatbaarheid van de bodem onbekend. We achten het niet wenselijk om de bodemsamenstelling aan te passen maar juist ruimte te laten voor de natuurlijke bodem.

We adviseren om de ontwikkeling zo veel als mogelijk over te laten aan spontane ontwikkeling en de vegetatieontwikkeling dus niet actief op te starten. Hiermee wordt de pionierssituatie, wat van groot belang is voor de porseleinhoen, zo lang als mogelijk in stand gehouden. Daarnaast biedt die aanpak een grotere vestigingskans voor soorten die het beste aansluiten bij de abiotische condities. Deze aanpak is echter wel een risico ten aanzien van bosopslag omdat er in potentie veel kale bodem kan droogvallen in april-juni. Daarvoor is effectief peilbeheer dus cruciaal.

We adviseren om maaibeheer gefaseerd uit te voeren in de vorm van sinusbeheer. Hierdoor ontstaat meer randlengte en structuurvariatie. Dit komt zowel het habitat voor de porseleinhoen als de biodiversiteit in het algemeen ten goede.

Tabel 4.1 Beheertabel plasdraszone

Beheer	Frequentie	Periode
<i>ontwikkelingsbeheer (3-5 jaar)</i>		
trekken bosopslag (indien nodig, voorafgaand aan het maaien)	1x per jaar	oktober-februari
maaien en afvoeren van vrijkomend maaisel (sinusbeheer)	1x per jaar	september-oktober
inspectie van duikers en aanwezigheid van ingevangen vis in laagtes en indien noodzakelijk uitlaat van vis. Uitgaande van periodieke controles en eventuele aanvullende controles na hoge waterstanden of periodes van grote droogte	6-10x per jaar	februari - september
indien noodzakelijk het bijvullen van het waterpeil door middel van een (drasland)pomp	afhankelijk van de noodzaak	februari - juli
<i>instandhoudingsbeheer (>5 jaar)</i>		
maaien en afvoeren van vrijkomend maaisel (sinusbeheer)	1x per jaar	september-oktober
inspectie van duikers en aanwezigheid van ingevangen vis in laagtes en indien noodzakelijk uitlaat van vis. Uitgaande van periodieke controles en eventuele aanvullende controles na hoge waterstanden of periodes van grote droogte	6-10x per jaar	februari - september
<i>herstelbeheer (1x 10 jaar)</i>		
terug zetten van de successie door verwijderen van alle vegetatie (reset)	1x 10 jaar (gefaseerd, zodat er altijd habitat beschikbaar blijft)	oktober-februari

4.3 Kwartelkoning compensatie/graslanden

Inrichting

De graslanden liggen tussen de plasdraszone en de dijk. De graslanden zullen met name droge graslanden betreffen. De maaiveldhoogte varieert van het huidige maaiveld circa NAP +7.5 m tot NAP +6.50 m. Binnen het compensatiegebied voor kwartelkoning wordt de bouwvoor over 30 cm verschaald door middel van vervanging van deze bouwvoor met voedselarme grond. Door de maaiveldhoogte in combinatie met het

peilregime (late droogval) zal, in combinatie met passend beheer, een lage, doorwaadbare vegetatie ontstaan die geschikt is voor kwartelkoning. Richting de plasdraszone zal de bodem vochtiger worden.

In deze droge graslanden ontstaat geschikt habitat voor de kwartelkoning. In drogere jaren zal ook een deel van het porseleinhoenhabitat geschikt zijn als foerageergebied voor de kwartelkoning.

Beheer

Tabel 4.2 geeft het beheer voor de droge graslanden weer. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in ontwikkelings- en instandhoudingsbeheer.

We adviseren om hierbij sinus of mozaïekbeheer toe te passen (in overleg met de toekomstig beheerder Staatsbosbeheer). Dit beheer richt zich op het creëren van randlengte en het 'over laten staan' van een deel van de vegetatie dat als overwinteringshabitat voor fauna dient.

Tabel 4.2 Beheertabel droge graslanden

Beheer	Frequentie	Periode
<i>ontwikkelingsbeheer (1-2 jaar)</i>		
trekken bosopslag (voorafgaand aan het maaien, indien nodig)	1x per jaar	oktober-februari
inzaaien van met passend gras-kruidmengsel (1 ^e jaar)	1x	augustus-september
maaien en afvoeren van vrijkomend maaisel	1x per jaar	september-oktober
<i>instandhoudingsbeheer (>2 jaar)</i>		
maaien en afvoeren van vrijkomend maaisel	1x per jaar (in mozaïek of sinus)	september-oktober

4.4 Monitoring

Een vegetatiekundige met kennis van porseleinhoen en kwartelkoning dient de vegetatieontwikkeling en geschiktheid voor beide soorten te beoordelen door het gebied jaarlijks te bezoeken in de maand juni. De vegetatie wordt beoordeeld op structuur en soortensamenstelling. Dit moment kan eventueel ook gebruikt worden voor kennisoverdracht en aansturing van de beheerder Staatsbosbeheer van het gebied. Indien na 2 á 3 jaar blijkt dat de vegetatie zich niet goed ontwikkelt, kunnen desgewenst extra maatregelen worden toegepast. Welke maatregelen eventueel nodig zijn, is afhankelijk van het type knelpunt. Extra maaironden om te verschrallen zijn in ieder geval niet wenselijk, omdat de kwartelkoning jongen kan hebben tot in augustus, maar ook een vegetatiehoogte van 20 á 30 cm nodig heeft in de vestigingsperiode april/mei. De monitoring eindigt op het moment dat de vegetatiekundige vaststelt dat er sprake is van een duurzaam geschikt gebied voor kwartelkoning.

Bijlage(n)



BIJLAGE: ONTWERPNOTITIE NIEUWE ZOMERKADE GEULGEBIED

NOTITIE

Onderwerp	Toetsing nieuwe zomerkade
Project	Planuitwerking gebiedsontwikkeling Grebbedijk
Opdrachtgever	Waterschap Vallei en Veluwe
Projectcode	124281
Status	Definitief
Datum	16 augustus 2024
Referentie	124281-2.1/24-011.747

Dit document is geautoriseerd en intern aantoonbaar vrijgegeven conform het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos.

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

Bijlage(n)	I - Notitie Grebbedijk - hoogte dwarskade KRW-geul II - Dwarsprofielen zomerkade
Aan	Waterschap Vallei en Veluwe
Kopie	-

1 EISEN EN CONDITIES NIEUWE ZOMERKADE

1.1 Doel nieuwe zomerkade

Doel van het ontwerp van de nieuwe zomerkade is het uitwerken van een stabiele zomerkade, die de inundatiefrequentie van het westelijk gelegen natuurgebied de Plasserwaard niet verslechtert ten opzichte van de huidige situatie.

1.2 Situering en vormgeving nieuwe zomerkade

Situering en vormgeving nieuwe zomerkade

De nieuwe zomerkade ligt parallel aan de westelijke in- en uitstroom van de KRW-geul. De nieuwe zomerkade sluit aan de rivierzijde aan op de onderbroken bestaande zomerkade en sluit aan de noordzijde, nabij de steenfabriek, aan op de hogere gronden. Het ruimtebeslag van de nieuwe zomerkade grenst aan een beschermd habitattype (H91 EOA: vochtige alluviale bossen_zachthoutoibossen), dat niet geraakt mag worden door de zomerkade. De ligging en een dwarsdoorsnede zijn weergegeven in Afbeelding 1.2.

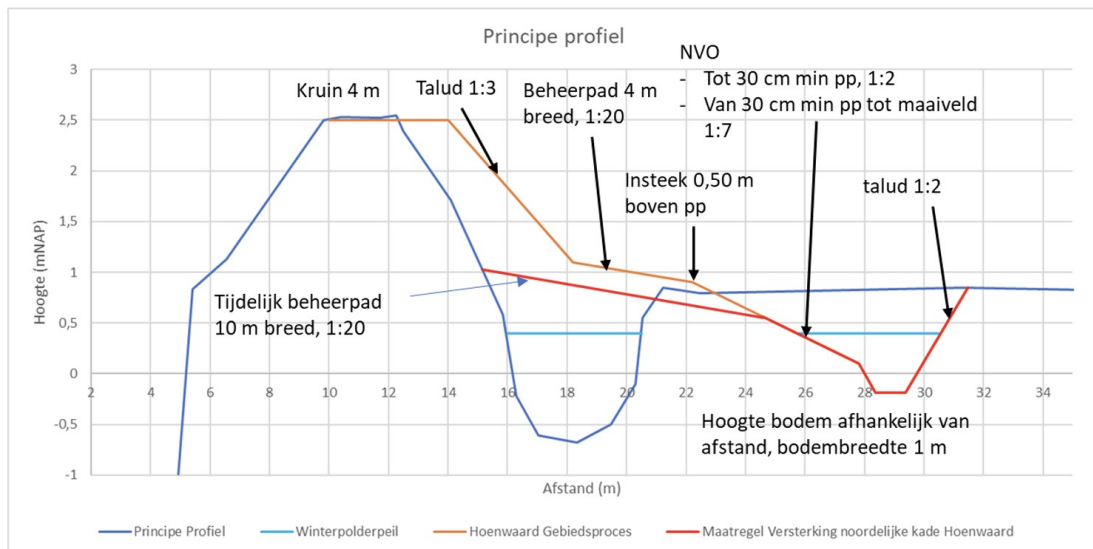
De kruinhoogte van de nieuwe zomerkade is bepaald op NAP + 9,13 m. Bij deze kruinhoogte zal de inundatiefrequentie van de Plasserwaard niet toenemen. Het punt van NAP +9,13 m is het laagste punt van de huidige zomerkade met een correctie op basis van de gemodelleerde waterstanden, omdat de kade wat verder bovenstrooms ligt dan het laagste punt. De kruinhoogte is onderbouwd in Bijlage I. Deze kruinhoogte zorgt ervoor dat de kade alleen bij zeer hoogwater overstroomt. De materialisering van de zomerkade bestaat uit een grondlichaam van klei met daarop een grasbekleding.

Voor de geometrie van de nieuwe zomerkade is in principe de onderstaande maatvoering opgelegd:

- kruinbreedte ten minste 4,0 m;
- taludhelling waar mogelijk 1V:3H of flauwer;
- tussen het talud en KRW-geul dient ruimte te zijn voor een beheerpad:
 - breedte beheerpad ten minste 4,0 m (in ontwerploop 1 ook 4,0 m breed);
 - insteek beheerpad ca. 0,5 m boven stuwpeil;
 - helling beheerpad ca. 1V:20H.

In Afbeelding 1.1 is een principe doorsnede gegeven op basis van bovenstaande opsomming uit een referentieproject Hoenwaard.

Afbeelding 1.1 Principe doorsnede geometrie nieuwe zomerkade uit een referentieproject Hoenwaard

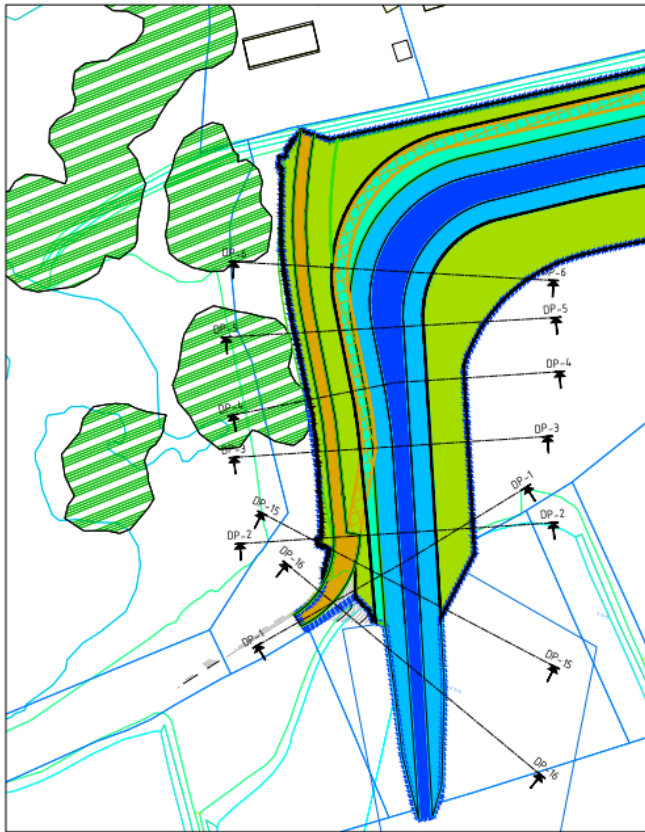


Bij een kruinbreedte van 4,0 m is er voldoende breedte om een onderhoudsvoertuig met een breedte van 2,5 m over de kruin te laten rijden. Dit komt overeen met de maximale breedte van een tractor, incl. maai-zuigcombinatie, zoals bepaald in door de RDW (2,55 m)¹. Er is in deze situatie aan beide kanten een 'berm' van een 0,75 m.

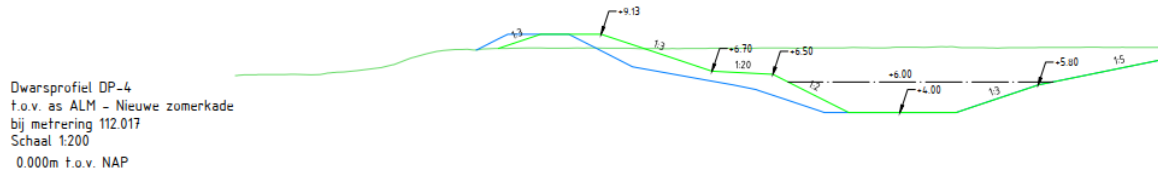
De dwarsprofielen ter plaatse van de zomerkade zijn toegevoegd in bijlage II. Het algemene representatieve dwarsprofiel van de zomerkade met berm is dwarsprofiel 4 (DP-4). Het dwarsprofiel DP-4 is weergegeven in Afbeelding 1.3. Ter plaatse van dwarsprofiel 2 (DP-2) is de kruinbreedte groter en loopt de zomerkade in een bocht. Hierdoor is het talud lokaal steiler (1:2) en is er geen berm aanwezig. Door het 1:2 talud is DP-2 gekozen als maatgevende dwarsprofiel voor de stabiliteitsanalyse. Het dwarsprofiel DP-2 is weergegeven in Afbeelding 1.4.

¹ Bron: <https://apk-handboek.rdw.nl/landbouwvoertuigen/afmetingen-en-massas/afmetingen>.

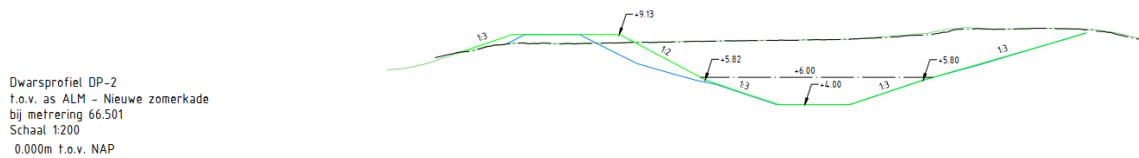
Afbeelding 1.2 Ligging en dwarsdoorsnede nieuwe zomerkade (in het oranje)



Afbeelding 1.3 Representatief dwarsprofiel DP-4 zomerkade



Afbeelding 1.4 Maatgevend dwarsprofiel DP-2 zomerkade



1.3 Eisen zomerkade

De onderstaande functionele- en aspecteisen zijn meegegeven aan het ontwerp van de zomerkade.

Functionele eisen

- FE1: De zomerkade dient buitenwater te kunnen keren tot het niveau zoals vastgelegd in de Legger.
- FE2: De zomerkade dient buitenwater te kunnen keren tot het niveau zoals bepaald in de rivierkundige analyse.
- FE3: De zomerkade dient water te kunnen keren na een geïnundeerde Plasserwaard na een val van de rivierwaterstand tot stuwpeil, rekening houdend met een volledige verzadiging van de zomerkade.
- FE4: De zomerkade dient overstroombaar te zijn bij waterstanden hoger dan de kruin (bij overstromen mag geen economische schade optreden).

Aspecteisen

- AE1: De zomerkade dient veilig te onderhouden zijn als schaaldijk (Toelichting: operationele veiligheid is hier de eis, verwachte praktische oplossing bij grasbekleding is vlakke beheerstrook aan de geulzijde, zodat mens en materieel niet te water kan geraken).
- AE2: De zomerkade dient te beheren zijn vanaf een beheerpad die tweezijdig bereikbaar is vanaf de dijk of hoogwatervrij terrein met een terreinwagen bij een waterstand stuwpeil + 1,5m (zie onderhoudsmaterieel WSVV).
- AE3: De zomerkade dient te beheren zijn vanaf een beheerpad die tweezijdig bereikbaar is vanaf de dijk of hoogwatervrij terrein met een tractor met maaier en balenpers bij stuwpeil + 0,5m (zie onderhoudsmaterieel WSVV).

Er is geen eis gesteld aan het type bekleding. Binnen het landschappelijke beeld, zijnde een ligging in een natuurgebied, heeft het de voorkeur om een grasbekleding toe te passen. Echter gezien het beperkte ruimtebeslag mag de nieuwe zomerkade ook in harde bekleding worden uitgevoerd. De nieuwe zomerkade is dan een soort van naar binnen verlegde krib.

1.4 Methodiek en normering stabiliteit zomerkade

Het waterschap heeft geen normering vastgesteld aan het ontwerp van een zomerkade en daarmee zijn er geen standaard eisen voor het ontwerp van de nieuwe zomerkade. Toepassing is conform 'Legger van de overige waterkeringen'. De geotechnische stabiliteit wordt getoetst met behulp van het programma D-Stability versie 2023.

In de stabiliteitsbeschouwing is Eurocode 7 (NEN-EN 9997-1) als vigerende norm aangehouden [ref.1]. Er is uitgegaan van risicoklasse RC1 omdat de zomerkade een relatief eenvoudige kade is, waarbij er geen direct gevaar voor waterveiligheid is bij bezwijken. In de gebruikte methodiek wordt uitgegaan van de uiterste grenstoestand (ofwel UGT). UGT houdt in dat er wordt gerekend met rekenwaarden in tegenstelling tot karakteristieke waarden. Daarvoor is gekozen omdat de geotechnische analyse zich richt op afschuiven van de zomerkade. In een verificatie van de betrouwbaarheid conform de Eurocode wordt gebruik gemaakt van partiële factoren op de karakteristieke waarde om tot een rekenwaarde voor de relevante invoerparameters (zowel sterkte als belasting) te komen. De partiële factoren zijn afhankelijk van de risicoklasse. Gegeven deze rekenwaarden dient de sterkte groter te zijn dan de belasting (veiligheidsfactor > 1). De glijcirkels van de zomerkade dienen daarom te voldoen aan een veiligheidsfactor (SF) van 1,00¹.

Omdat er getoetst wordt volgens de Eurocode NEN 9997-1 [ref.1] dient er met een maximale waterstand gerekend te worden, maar niet met een zeer extreme situatie zoals een zeldzame storm. De veiligheid zit namelijk al in de partiële factoren verwerkt.

¹ Deze verificatie is deterministisch en de betrouwbaarheid wordt zodoende niet expliciet berekend. Er kan enkel worden gesteld dat wordt voldaan aan een bepaalde betrouwbaarheidsklasse.

1.5 Toetsingscondities en hydraulische randvoorwaarden zomerkade

Het systeem van het geulgebied en de zomerkade werkt als volgt. De KRW-geul staat in directe open verbinding met de rivier door de nieuw te realiseren instroomopening. De Plasserwaard staat niet in directe open verbinding met de rivier. Wanneer de waterstanden in de rivier stijgen zal de zomerkade zijn functie uitoefenen door te voorkomen dat de waterstand in de Plasserwaard meteen meestijgt. Vanaf het moment dat de waterstand in de rivier de hoogte van de kruin van de zomerkade bereikt zal de zomerkade overstromen en zal ook de waterstand in de Plasserwaard gaan stijgen. Vlak voor dat moment zal er ook een afsluitbare duiker in de Plasserwaard geopend worden om te zorgen dat 'het water gecontroleerd de uiterwaard in kan stromen. Het kan in de praktijk wel voorkomen dat het water ook deels over de kruin van de zomerkade stroomt, maar het meeste zal via de duiker stromen.' (beheerder WSVV, persoonlijke communicatie, 28 augustus 2023). Deze duiker zal ook bijdragen aan het feit dat de Plasserwaard weer leeg zal stromen bij afgaand water, maar het is niet bekend wanneer de duiker precies weer gesloten wordt. De verwachting is dat de waterstanden aan beide zijden elkaar te allen tijde zullen volgen, maar dat er enige vertraging in zit. Daarom zal het verval over de kering nooit enkele meters zijn. Er wordt echter voor de stabiliteitsanalyse vanuit gegaan dat de waterstand in de Plasserwaard onwaarschijnlijk lang hoog kan blijven.

Voor stabiliteit is de maatgevende situatie een hoge waterstand aan één zijde van de zomerkade en een lage waterstand aan de andere zijde. De zijde van de KRW-geul is door het niveau van de bodem van de geul als maatgevend beoordeeld. Het maximale verval over de kade betreft het verval tussen een waterstand tot de kruin aan de zijde van de Plasserwaard en een volledig droge KRW-geul. Het is echter zeer onwaarschijnlijk dat de waterstand aan één zijde tot aan de kruin (+9,13 m) staat, en de geul aan de andere kant volledig leeg staat. De dagelijkse waterstand in de KRW-geul betreft het streefpeil, NAP + 6,00 m, zie afbeelding 1.5.

De stabiliteit van de nieuwe zomerkade wordt getoetst in de volgende (maatgevende) situatie:

- Val na hoogwatersituatie 1: hoogwater (NAP +9,13 m) aan één zijde van de zomerkade (Plasserwaard), en dagelijkse condities (NAP +6 m) aan andere zijde van de zomerkade (KRW-geul). Dit is de maatgevende situatie voor stabiliteit. Er moet een kanttekening geplaatst worden dat deze situatie ook onwaarschijnlijk is aangezien de Plasserwaard via de duiker in verbinding staat met de rivier. In het kader van een grof naar fijn methodiek is deze situatie toch beschouwd, mocht deze niet voldoen kan altijd angescherpt worden.

De volgende situaties zijn niet beschouwd omdat ze niet relevant of maatgevend zijn voor stabiliteit:

- 1 Hoogwatersituatie 1: de zomerkade is nog net niet overgelopen, het water staat aan de kant van de KRW-geul tot aan de kruin (NAP +9,13 m), in de Plasserwaard is de waterstand nog niet (significant) gestegen. Deze situatie is niet realistisch geacht, omdat de duiker in de Plasserwaard al eerder ervoor zorgt dat het water gecontroleerd de polder in kan stromen. Daarnaast is deze situatie niet maatgevend omdat het maaiveld aan de Plasserwaard zijde veel minder laag ligt dan de zijde van de KRW-geul, en daarom zal deze situatie altijd minder maatgevend zijn dan de val na hoogwatersituatie zoals hierboven beschreven.
- 2 Hoogwatersituatie 2: de zomerkade is volledig ondergelopen, de waterstand is gelijk aan de waterstand bij de norm van de primaire waterkering (grofweg NAP + 12 m). Er staat water aan beide zijden. Dit scenario is niet maatgevend voor de stabiliteit van de zomerkade, want er aan twee kanten water en de kade is ondergelopen.
- 3 Val na hoogwatersituatie 2: met hoogwater in de Plasserwaard en een nog vrijwel volledig verzadigde kade en dagelijkse condities aan andere zijde. Dit scenario met verzadigde kade is te conservatief en daarom niet maatgevend, conform de Eurocode methodiek.

1.5.1 Geohydrologische randvoorwaarden

De freatische lijn wordt lineair geschematiseerd op een vergelijkbare manier als voor de primaire dijk. De situatie met volledig verzadigde kade is niet beoordeeld omdat dit niet conform Eurocode methodiek is.

Er is geen stijghoogte meegenomen in de berekeningen (en geen verval over de kering) omdat de zomerkade nabij de rivier ligt en er naar verwachting geen significante stijghoogte-opbouw kan plaatsvinden.

Piping

De KRW-geul kan door zijn ontgraving de weerstand in het voorland verlagen en daarmee mogelijk piping veroorzaken, zowel van KRW-geul naar Plasserwaard (KRW-geul is intredepunt) als andersom (KRW-geul is uitredepunt). Eventuele problemen m.b.t. piping zijn niet realistisch. De redenering hierbij is als volgt:

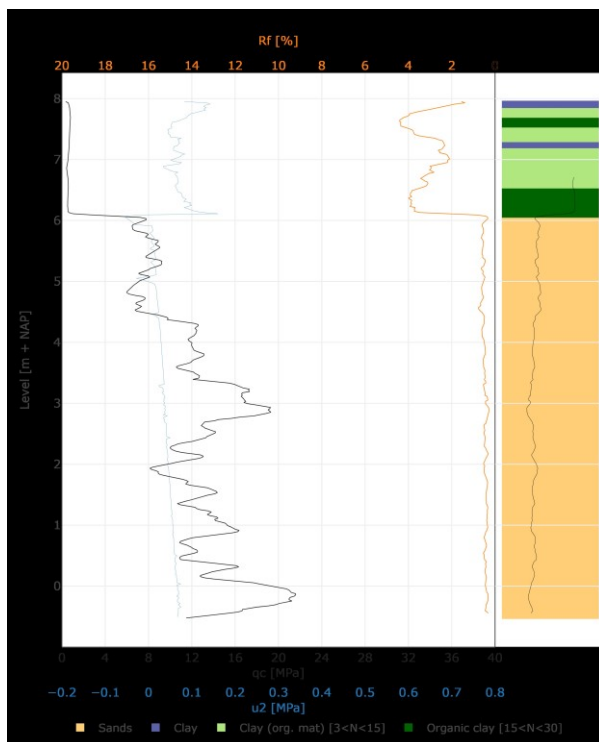
- er zal nooit een significant verval over de kering plaatsvinden (zie redenering hierboven), de verwachting is dat de Plasserwaard altijd enige vertraging heeft maar nooit volledig afgesloten is. Zowel val na hoogwatersituatie 1 als hoogwatersituatie 1 zijn beiden niet realistisch. Bij een niet-significant verval kan er geen stijghoogte-opbouw plaatsvinden en is piping uitgesloten. Bovendien kan het verval over de kade snel van richting wisselen, te snel om een stationaire situatie te krijgen die piping kan veroorzaken.

Om deze redenen is piping beoordeeld als niet relevant.

1.6 Grondopbouw en -parameters

Een versimpelde 1D grondopbouw is opgesteld op basis van de maatgevende sondering DKMP009 die in de buurt van de nieuwe zomerkade ligt. Er is gekozen voor een versimpelde 1D schematisatie omdat er niet voldoende grondonderzoek beschikbaar is voor een 2D schematisatie. Echter, omdat een stabiliteitsberekening volgens risicoklasse 1 gaat is deze beschouwing voldoende. De sondering is te zien in Afbeelding 1.5.

Afbeelding 1.5 DKMP009



Deze sondering leidt tot de 1D bodemopbouw als gegeven in Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Grondopbouw zomerkade maatgevend grondonderzoek DKMP009

	Bovenkant laag [m +NAP]
klei deklaag su-tabel	8,0
klei deklaag c-phi	7,3
klei deklaag su-tabel	6,9
zand-kleiig	5,8
zand kreftenheye	-2,0

De grondparameters van de grondlagen, voor toepassing van de partiële factoren, zijn conform het Geotechnisch Interpretatierapport. Materiaal- en belastingsfactoren conform NEN 9997-1 [ref.1] voor risicoklasse RC1, zijn toegepast in de berekening. De ongedraineerde sterkte van de klei-deklaag-Su-tabel is in D-stability toegepast als cohesie in een gedraineerd Mohr-Coulomb model. Maar omdat het als parameter om de ongedraineerde sterkte gaat is de partiële factor van de ongedraineerde sterkte toegepast.

Tabel 1.2 Toegepaste parameters in berekening na toepassing van partiele factoren

Materiaal	φ [°]	c [kN/m ²]	γdroog/nat [kN/m ³]
Partiële factor	1,2*	1,3	1,0
zand-kreftenheye	27,8	0,1	18,0/20,0
klei-deklaag-C-PHI	27,2	10,0**	17,4/17,9
zand-kleiig	25,5	0,1	18,0/20,0
klei-deklaag-Su-tabel	0	0	17,4/17,9
klei ophoog	0	10,0**	18,0/20,0

* Deze factor heeft betrekking op $\tan \varphi'$.

** Factor van 1,5 in plaats van 1,3 toegepast door toepassing op ongedraineerde schuifsterkte.

Voor het versterkingsmateriaal van de nieuwe zomerkade wordt in de berekening, net als voor de dijkversterking, uitgegaan van volledig ophogen met ophoogklei.

1.7 Bovenbelasting

Er is in de maatgevende situatie een bovenbelasting van 5 kN/m² aanwezig over een breedte van 2,5 m met een spreidingshoek van 30°. Als gevolg van deze variabele belasting is er nog 80 % wateroverspanning in de cohesieve lagen aanwezig.

Deze bovenbelasting komt overeen met een inspectie- of onderhoudsvoertuig. Dit is een variabele belasting en daarom is er een belastingfactor (1,5) op van toepassing conform Eurocode [ref.1].

2 RESULTAAT STABILITEITSBEREKENING

De stabiliteit van het talud voldoet net ($1,01 > 1,0$) voor het maatgevende profiel (DP-2) zoals gepresenteerd in paragraaf 1.2, in combinatie met een maximale waterstand tot aan de kruin (+9,13 m) aan de hoge zijde en een dagelijkse waterstand aan de lage zijde. Deze situatie is zeer zeldzaam, daarom is ook de situatie beschouwd waarbij de waterstand is gezakt tot een niveau van +8,0 m. De resulterende veiligheidsfactor (S.F.) voor deze situatie is dan 1,06.

Het resultaat van de analyse is toegevoegd in onderstaande Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Resultaat analyse stabiliteit zomerkade

Situatie	S.F
DP-2, Val na hoogwater +9,13 m, +6,0 m lage zijde	1,01
DP-2, Val na hoogwater +8,0 m, +6,0 m lage zijde	1,06

3 CONCLUSIE

In deze notitie is de stabiliteit van de zomerkade beschouwd met een 1D stabiliteitsberekening volgens de Eurocode methodiek voor risicoklasse RC1. De stabiliteit van de zomerkade voldoet ter plaatse van de maatgevende snede. In de berekening is een vrij onwaarschijnlijke situatie beschouwd met een zeer hoge waterstand in combinatie met een bovenbelasting van 5 kPa (onderhoudsvoertuig). Ook voor deze onwaarschijnlijke combinatie ter plaatse van de maatgevende snede voldoet de stabiliteit van de zomerkade.

Naast stabiliteit is piping beoordeeld als niet relevant, vanwege het feit dat er nooit een significant verval over de kade staat en daarmee geen stijghoogte-opbouw kan plaatsvinden. Het optreden van piping in beide richtingen is uitgesloten.

Om de nieuwe zomerkade op een veilige manier te kunnen aanleggen kunnen dezelfde algemene uitgangspunten zoals beschreven in het uitvoeringsplan van het project Grebbedijk worden aangehouden.

4 REFERENTIES

- 1 NEN-EN9997-1+C2;2017 Geotechnisch ontwerp van constructies- Deel1: Algemene regels.
- 2 124281-6.2_23-017.295_rep_draft01_Geotechnisch interpretatierapport - Fase 2.



BIJLAGE: NOTITIE GREBBEDIJK - HOOGTE DWARSKADE KRW-GEUL

NOTITIE

Onderwerp	Grebbedijk - hoogte dwarskade KRW-geul
Projectcode	124281
Datum	17 oktober 2023
Referentie	-
Auteur(s)	ir. M.M.A. Schippers ir. A.L. de Jongste (controle)
Bijlage(n)	-
Aan	-
Kopie	-

1 INLEIDING

Aanleiding

Op basis van het ontwerp wat is opgesteld in de eerste ontwerploop van zijn in februari 2023 rivierkundige berekeningen uitgevoerd. De rivierkundige effecten moeten ter onderbouwing van een vergunningsaanvraag op grond van de Waterwet worden bepaald en getoetst aan het Rivierkundig Beoordelingskader (RBK 5.0) [ref.2].

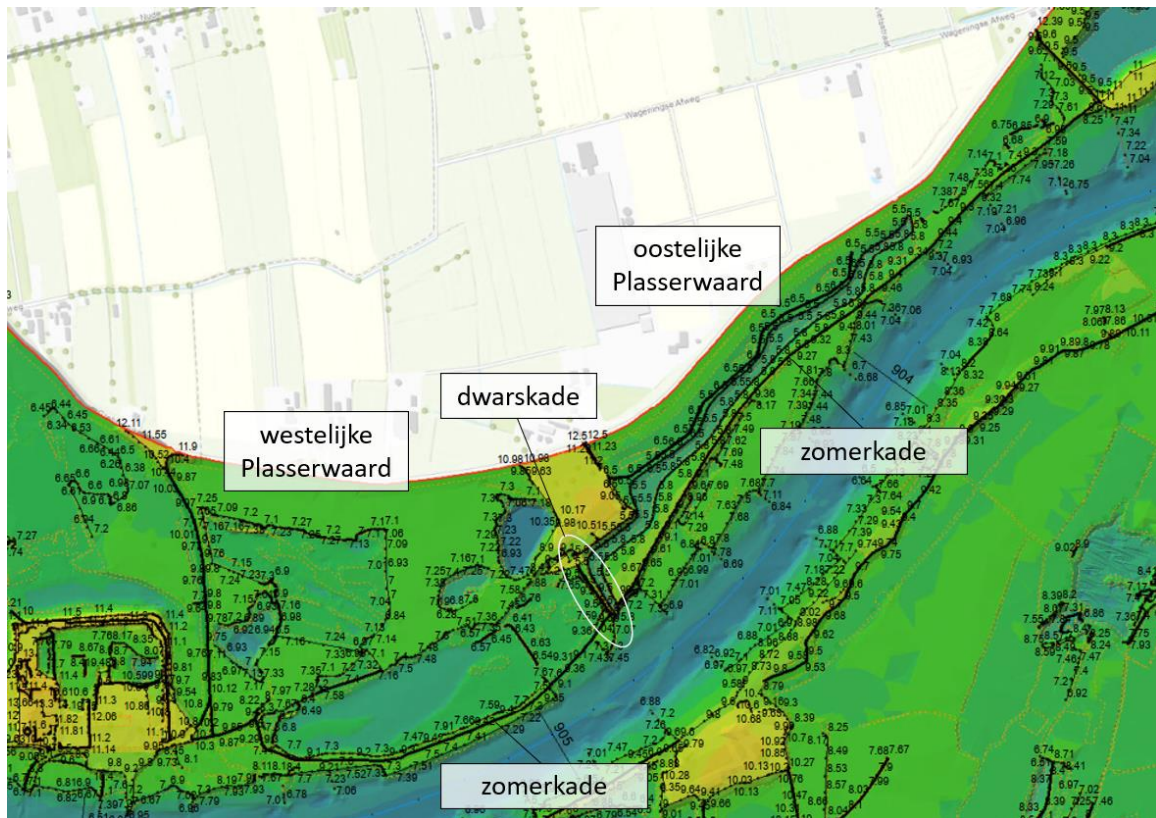
Uit de effectbeoordeling na ontwerploop 1 volgt dat het ontwerp op drie punten nog niet voldoet aan de eisen die Rijkswaterstaat in het RBK stelt:

- 1 Ter plaatse van de uitstroomopening van de KRW-geul ontstaat er lokaal een overschrijding van het dwarsstromingscriterium;
- 2 De opstuwung op de as van de rivier benedenstrooms van de KRW-geul is groter dan 1 mm en dient geoptimaliseerd te worden;
- 3 De opstuwung op de as van de rivier bovenstrooms van het oobos is groter dan 1 mm.

De KRW-geul speelt een rol bij zowel het eerste als tweede criterium. In de maanden juli-september is gezocht naar optimalisaties van de uitstroomopening van de KRW-geul. Uit deze analyse is naar voren gekomen dat de hoogte van de dwarskade een belangrijke rol speelt in zowel de effecten op het gebied van dwarsstroming als opstuwung.

De dwarskade bevindt zich ten westen van de KRW-geul en verbindt het hoger gelegen terrein van de voormalige steenfabriek met de zomerkade (Afbeelding 1.1). De KRW-geul doorsnijdt de zomerkade, waardoor de inundatiefrequentie van het gebied verandert. De dwarskade maakt een scheiding tussen de oostelijke en westelijke Plasserwaard, zodat de inundatiefrequentie van het westelijke deel niet verandert. In ontwerploop 1 heeft deze dwarskade een hoogte van 9,5 m NAP.

Afbeelding 1.1 Locatie van de dwarskade in de Plasserwaard



Doel

Het doel van deze notitie is om te zoeken naar een hoogte van de dwarskade waarop de kade zijn functie (huidige inundatiefrequentie westelijke Plasserwaard behouden) blijft vervullen, en het gehele ontwerp tevens voldoet aan de eisen van het RBK. De effecten van het oobos worden in deze notitie buiten beschouwing gelaten.

2 METHODE

Ondergrens hoogte dwarskade

De ondergrens van de hoogte van de dwarskade wordt gevormd door de eis dat de inundatiefrequentie van de westelijke Plasserwaard niet mag veranderen. De dwarskade mag dus, gecorrigeerd voor het verval op de rivier, niet het laagste punt zijn van de kades die de westelijke Plasserwaard omringen. De hoogte van de kade wordt bepaald op basis van een recente inmeting van het gebied [ref.3].

Inzet duiker

De Plasserwaard is voorzien van een duiker. In de normale situatie is deze duiker gesloten. Wanneer het waterpeil bij Lobith 14,50 m NAP bedraagt, en een peil van minimaal 15,00 m NAP verwacht wordt, wordt de duiker geopend, zodat de uiterwaard via deze duiker gecontroleerd vol kan stromen. Slechts een deel van het water zal in deze situatie over de kruin van de zomerkade stromen. Om de inundatiefrequentie ook bij iets lagere afvoeren niet te veranderen, wordt de laagste kruinhoogte van de bestaande zomerkade wel als uitgangspunt gebruikt voor het bepalen van de ondergrens voor de hoogte van de dwarskade.

Bovengrens hoogte dwarskade

De bovengrens van de hoogte van de dwarskade wordt gevormd door de eisen van het RBK. Uit de berekeningen na de eerste ontwerploop volgt dat de daarvoor bepalende criteria dwarsstroming en opstuwijng zijn.

Het totale ontwerp moet voldoen aan de eis op het criterium van dwarsstroming. Bij dwarsstroming met een debiet van meer dan 50 m³/s wordt een dwarsstroomsnelheid van maximaal 0,15 m/s toegelaten. Bij dwarsstroming met een debiet kleiner dan 50 m³/s wordt een dwarsstroomsnelheid van maximaal 0,30 m/s toegelaten.

De waterstandsverhoging op de as van de rivier door de ingreep mag op de as van de rivier niet groter zijn dan 1 mm, tenzij het een ingreep betreft die een waterstandsverlagend effect heeft en het een lokale piek benedenstrooms van de maatregel betreft. Dan kan het bevoegd gezag instemmen met een piek die meer dan 1 mm bedraagt indien er sprake is van een ruime netto waterstandsverlaging en er gezocht is naar minimalisatie van de piek door aanpassing van het ontwerp.

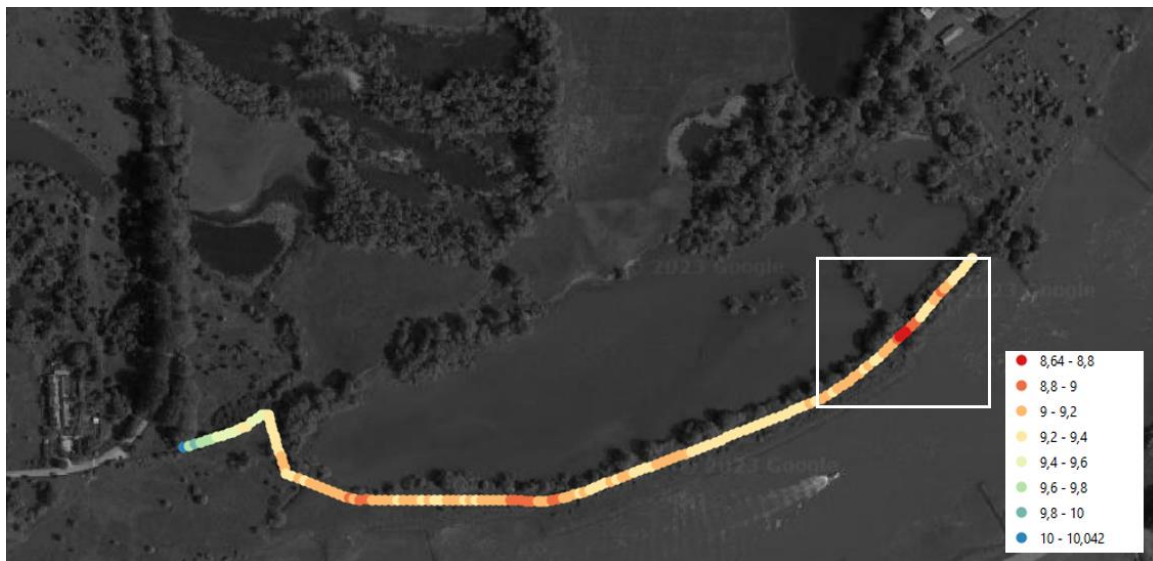
De KRW-geul is een maatregel die bovenstrooms een waterstandsverlagend effect heeft, en alleen lokaal ter hoogte van de uitstroomopening opstuwung veroorzaakt. Het bevoegd gezag kan daarom instemmen als de opstuwingspiek kleiner is dan 1 mm, maar ook als kan worden aangetoond dat de opstuwingspiek geminimaliseerd is.

3 ANALYSE

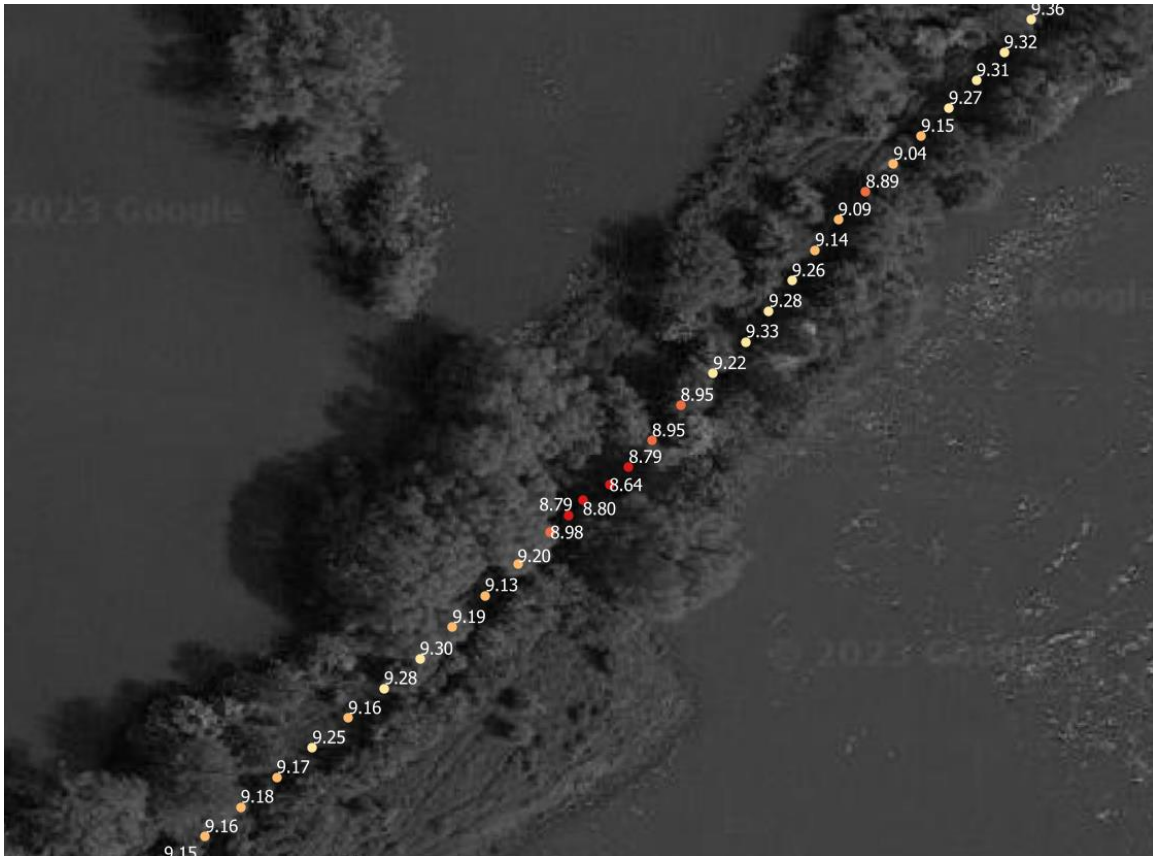
Ondergrens hoogte dwarskade

In april 2022 is het projectgebied ingemeten met behulp van drones. Hiervan is een hoogtemodel gemaakt [ref.3]. Op basis van deze inmeting is de hoogte op punten langs de zomerkade bepaald (Afbeelding 3.1, Afbeelding 3.2). Het laagste punt heeft een hoogte van 8,64 m NAP en bevindt zich ongeveer 200 m benedenstrooms van de locatie waar de dwarskade is voorzien.

Afbeelding 3.1 Hoogte zomerkade o.b.v. inmeting [ref.3]



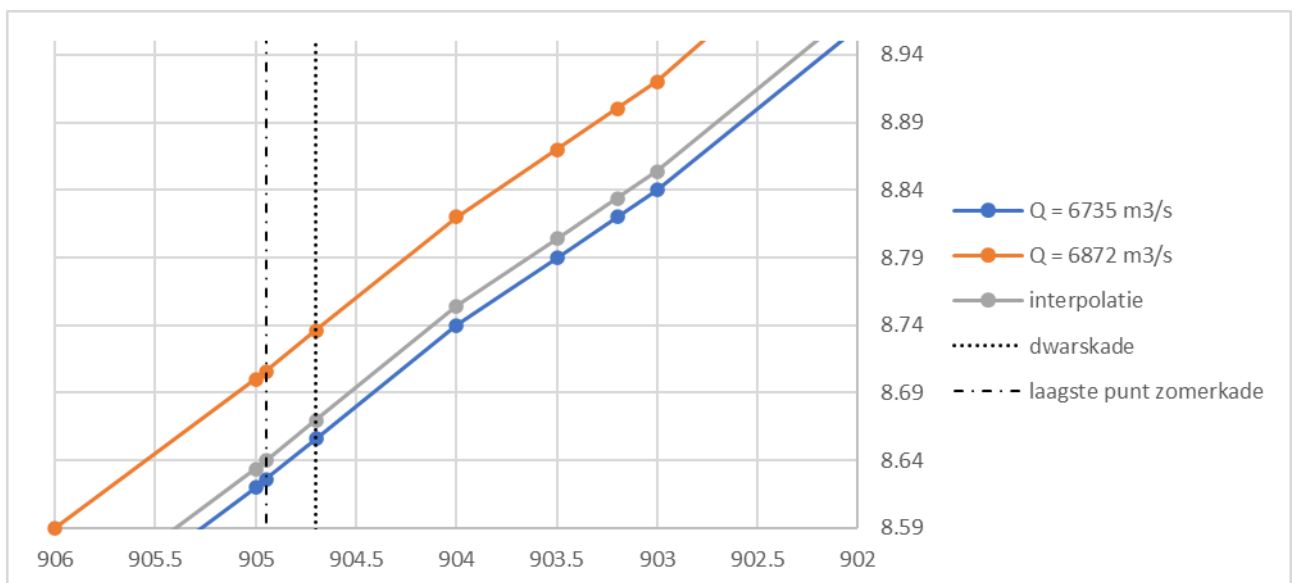
Afbeelding 3.2 Detail Afbeelding 3.1



Als uitgangspunt voor de verdere analyse wordt gebruikt dat het laagste punt van de zomerkade zich bevindt bij rkm 904,95 op een hoogte van 8,64 m NAP.

Op basis van de betrekkinglijnen [ref.4] blijkt dat bij de afvoer waarop het water op de kruinhoogte bij het laagste punt van de zomerkade staat, de waterstand bij de dwarskade 3 cm hoger staat: 8,67 m NAP. Dit vormt de ondergrens voor de hoogte van de dwarskade, waarbij er nog geen onzekerheidsmarge is toegepast.

Afbeelding 3.3 Betrekkinglijnen ter hoogte KRW-geul voor $Q_{\text{Lobith}} = 6735 \text{ m}^3/\text{s}$ en $Q_{\text{Lobith}} = 6872 \text{ m}^3/\text{s}$

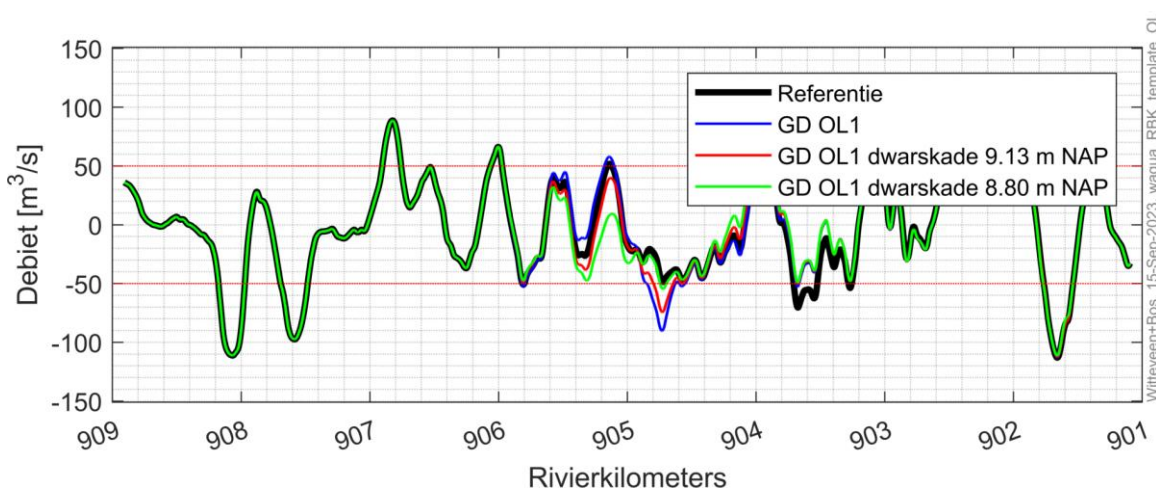


Bovengrens hoogte dwarskade

Om het effect van verschillende hoogtes van de dwarskade op de dwarsstroming en de opstuwing te bepalen, zijn aanvullende WAQUA-berekeningen uitgevoerd waarin de hoogte van de dwarskade van 9,5 m NAP is aangepast naar 9,13 m NAP en 8,80 m NAP. Alle andere onderdelen van het project, zoals de dijkversterking, het ooibos en de KRW-geul, zijn gelijk aan de berekeningen van ontwerploop 1. De verschillen tussen de nieuwe berekeningen en de originele berekeningen zijn dus geheel te verklaren door het verschil in hoogte van de dwarskade.

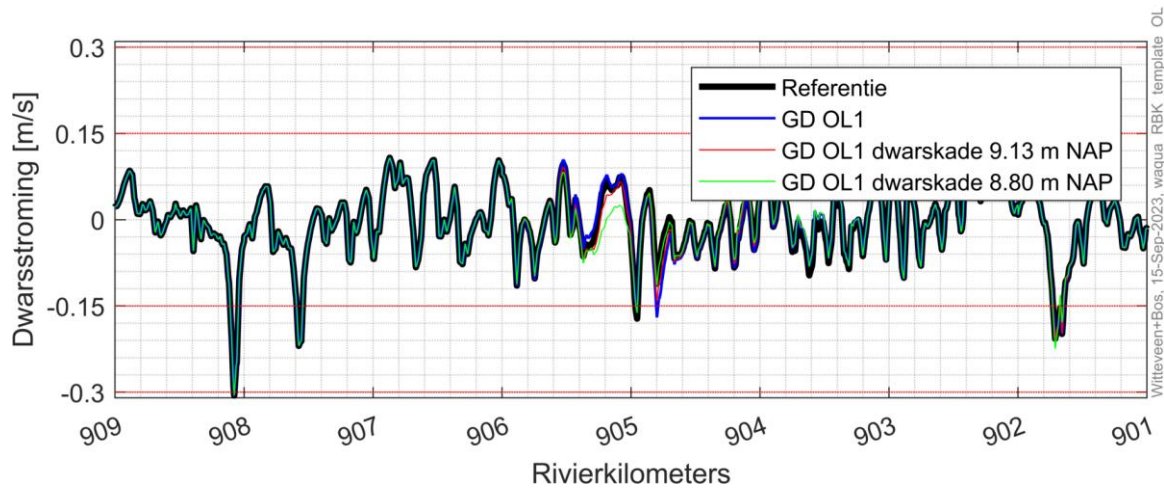
Afbeelding 3.4 toont het dwarsdebiet in het projectgebied voor de referentie, het ontwerp na ontwerploop 1 (GD OL1) en hetzelfde ontwerp met aangepaste dwarskades. De uitstroomopening van de KRW-geul bevindt zich rond rkm 904,8. Met uitzondering van de referentiesituatie is het absolute dwarsdebiet groter dan 50 m³/s. Er geldt daarom dat de dwarsstroming niet groter mag zijn dan 0,15 m/s.

Afbeelding 3.4 Dwarsdebiet voor de referentiesituatie, het ontwerp na ontwerploop 1 (GD OL1) en hetzelfde ontwerp met aangepaste hoogte van de dwarskade (Q=8.000 m³/s, positief = richting uiterwaard)



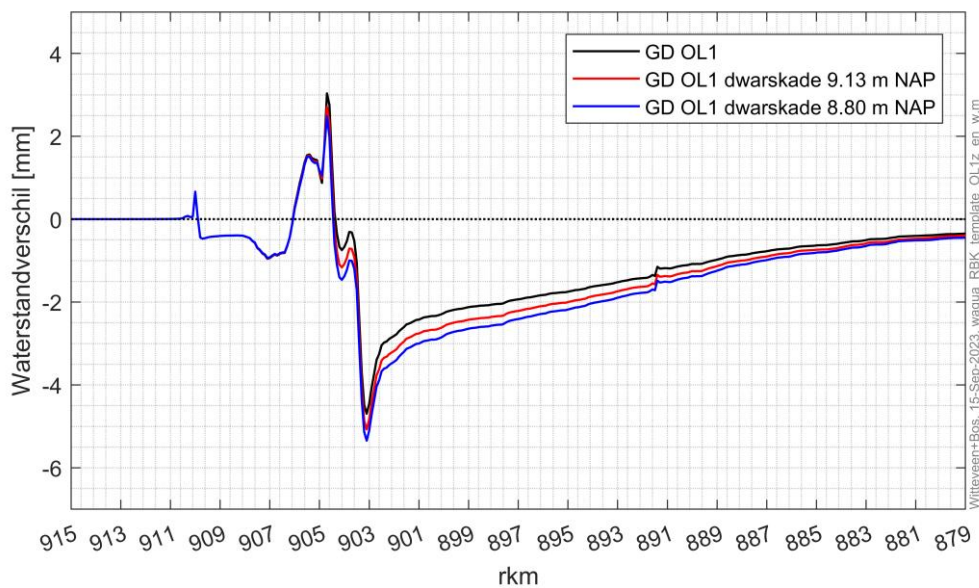
Afbeelding 3.5 toont de dwarsstroming in het projectgebied voor de referentie, het ontwerp na ontwerploop 1 (GD OL1) en hetzelfde ontwerp met aangepaste dwarskades. De uitstroomopening van de KRW-geul bevindt zich rond rkm 904,8. De blauwe lijn van het ontwerp na ontwerploop 1 (GD OL1) komt hier onder de -0,15 m/s en daarmee voldoet dit ontwerp niet aan het dwarsstromingscriterium. De groene en rode lijnen van de berekeningen die zijn uitgevoerd met lagere dwarskades, blijven boven de -0,15 m/s en voldoen daarmee wel. Bij de dwarskade die 9,13 m hoog is, is het verschil met de grens van -0,15 m/s kleiner dan 0,01 m/s. De grens van de hoogte van de dwarskade waarbij het ontwerp nog wel aan de eisen van het RBK zal daarom rond de 9,15 m NAP liggen.

Afbeelding 3.5 Dwarsstroming voor de referentiesituatie, het ontwerp na ontwerploop 1 (GD OL1) en hetzelfde ontwerp met aangepaste hoogte van de dwarskade (Q=8.000 m³/s, positief = richting uiterwaard)



Afbeelding 3.6 toont het waterstandsverschil ten opzichte van de referentie voor het ontwerp na ontwerploop 1 (GD OL1) en hetzelfde ontwerp met aangepaste dwarskades. Dit figuur laat zien dat wanneer de dwarskade wordt verlaagd ten opzichte van het ontwerp na ontwerploop 1, de maximale waterstandsvaling toeneemt, en de opstuwingspiek kleiner wordt: van 3,0 mm bij GD_OL1 naar 2,7 mm bij een dwarskade met een hoogte van 9,13 m NAP en 2,5 mm bij een dwarskade met een hoogte van 8,80 m NAP. Het verlagen van de dwarskade ten opzichte van het ontwerp na ontwerploop 1 kan dus worden gezien als optimalisatie om de opstuwingspiek te verkleinen. De opstuwingspiek blijft nog wel groter dan 1 mm voor de beschouwde hoogtes.

Afbeelding 3.6 Waterstandsverschil op de rivieras (Q=16.000 m³/s) voor GD_OL1 met en zonder aangepaste dwarskade ten opzichte van de referentiesituatie. Stroomrichting is van rechts naar links



4 CONCLUSIE

De ondergrens voor de hoogte van de dwarskade wordt bepaald door de eis dat de inundatiefrequentie van de westelijke Plasserwaard niet mag veranderen. Op basis van de inmeting die in 2022 is uitgevoerd, bevindt het laagste punt van de zomerkade rond rkm 904,95 op een hoogte van 8,64 m NAP. Ook gecorrigeerd voor het verval is dit het laagste punt. De dwarskade bevindt zich bij rkm 904,7. Bij de afvoer waarbij de waterstand ter hoogte van het laagste punt tot aan de kruin van de zomerkade komt, is de waterstand bij de dwarskade 3 cm hoger. De absolute ondergrens voor de hoogte van de dwarskade is daarom 8,67 m NAP. Daarbij is nog geen rekening gehouden met een onzekerheidsmarge.

De bovengrens voor de hoogte van de dwarskade wordt bepaald door de eisen die het RBK stelt aan dwarsstroming. Wanneer de dwarskade een hoogte heeft van 9,13 m NAP, voldoet het ontwerp nog net aan de eisen. Deze hoogte vormt daarom de bovengrens voor de hoogte van de dwarskade.

De bovengrens voor de hoogte van de dwarskade is bepaald aan de hand van WAQUA-berekeningen waarin het gehele ontwerp van de gebiedsontwikkeling is opgenomen. Dit betreft het ontwerp na ontwerploop 1. De rivierkundige effecten van de onderdelen van dit ontwerp interacteren met elkaar, zoals de dijkversterking en de geul. Wanneer er in het ontwerp wijzigingen worden aangebracht, zou het kunnen dat de dwarsstroming ter hoogte van de uitstroomopening van de KRW-geul wijzigt en niet meer voldoet aan de eisen.

5 REFERENTIES

- [ref.1] Witteveen+Bos, Planuitwerking gebiedsontwikkeling Grebbedijk - Rivierkundige effectenbeoordeling. Concept 01, 17 februari 2023, referentie 124281/23-003.066.
- [ref.2] Rivierkundig beoordelingskader voor ingrepen in de Grote Rivieren. Versie 5.0, Rijkswaterstaat, d.d. 4 juni 2019.
- [ref.3] Inmeting 6 april 2022, eindlevering Prisma geotif 0.50. 7 december 2022.
- [ref.4] Rijkswaterstaat Oost-Nederland, Betrekkingslijnen 2022 (BL22). Juli 2023.



BIJLAGE: DWARSPROFIELEN ZOMERKADE

Zie bijlage III van het hoofddocument



BIJLAGE: ONTWERPNOTITIE IN- EN UITSTROOMOPENING KRW-GEUL



NOTITIE

Onderwerp	Ontwerp bodembescherming in- en uitstroomopening KRW geul
Project	Planuitwerking gebiedsontwikkeling Grebbedijk
Opdrachtgever	Waterschap Vallei en Veluwe
Projectcode	124281
Status	Definitief
Datum	16 augustus 2024
Referentie	124281-2.1/24-011.751

Dit document is geautoriseerd en intern aantoonbaar vrijgegeven conform het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos.

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

Bijlage(n)	-
Aan	Waterschap Vallei en Veluwe
Kopie	-

1 INLEIDING

Voorliggende notitie behoort bij het vergunningen ontwerp (VO) van de KRW-geul. Voorliggende notitie geeft invulling aan de benodigde principe maatregelen om de in- en uitstroomopening van de KRW geul vast te kunnen leggen.

2 UITGANGSPUNTEN

Doel van het ontwerp van de in- en uitstroomopening van de KRW-geul is het vastleggen van de geometrie onder de werking van golven en stroming. Dit wordt gerealiseerd door een bodem- en oeverbescherming aan te brengen rondom de instroomopening.

2.1 Situering en vormgeving

De in- en uitstroomopening van de KRW-geul is gesitueerd in het kribvak, zoals aangegeven middels de rode pijl in Afbeelding 2.1, en sluit aan weerszijden aan op de bestaande zomerkade zoals te zien in afbeelding 2.2. In langsricting verbindt de in- en uitstroomopening de bodem van de KRW-geul (NAP+4,00 m) met de bodem van het kribvak (circa NAP +6,25 m).

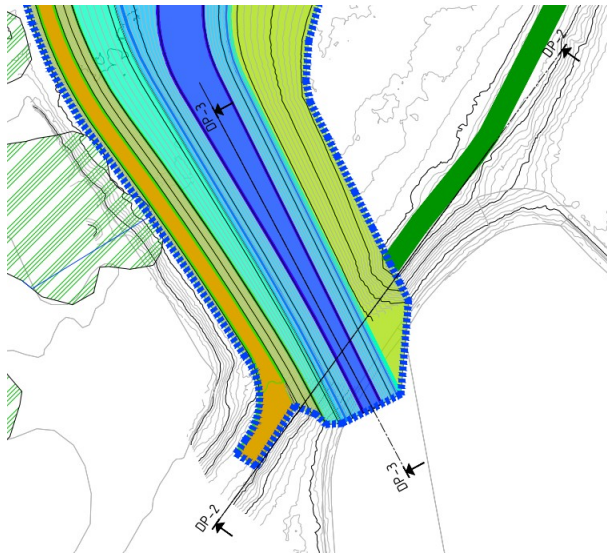
Van het kribvak zelf ontbreken de gegevens van de hoogteligging van de waterbodem. In Afbeelding 2.3 en Afbeelding 2.4 zijn het dwarsprofiel en langsprofiel gegeven, hierbij is de waterbodem van het kribvak indicatief ingetekend middels grijze stippellijn.

De taluds van de geul hebben een onderwatertalud van 1:3. De bodembreedte is 5,8 m en op het niveau van het streefpeil (NAP +6,00 m) een breedte van circa 21 m.

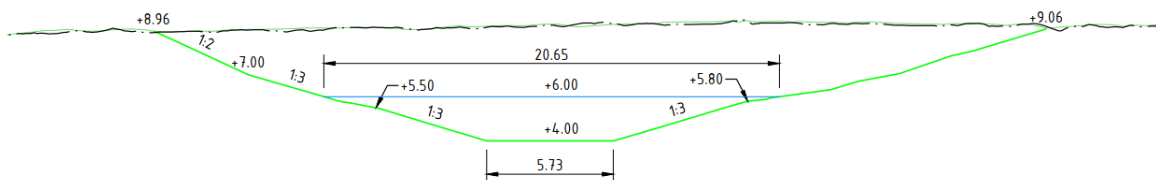
Afbeelding 2.1 Ligging in- en uitstroomopening KRW-geul



Afbeelding 2.2 Ligging dwarsdoorsnede DP-2 en langsdoorsnede DP-3



Afbeelding 2.3 Dwarsdoorsnede in- en uitstroomopening (DP-2)



Afbeelding 2.4 Langsprofiel in- en uitstroomopening (DP-3)



2.2 Randvoorwaarden voor ontwerp

Gradering breuksteen

Eén van de gehanteerde uitgangspunten voor het ontwerp van de bodem- en oeverbescherming bij de in- en uitstroomopening van de KRW-geul is, dat de breuksteenbekleding op de omliggende kribben volstaat ten aanzien van scheeps- en stromingsbelasting vanuit de Nederrijn, en daarom ook voldoende stabiel zal zijn ten aanzien van dezelfde belasting ter hoogte van de opening. Voor de bodem- en oeverbescherming wordt namelijk dezelfde breuksteen gradering aangebracht of kleiner. Echter, de waterstandszakkingen als gevolg van passerende schepen resulteert in een zuigende werking door de KRW geul. De breuksteenbekleding van de bodem- en oeverbescherming bij de in- en uitstroomopening dient daarom gedimensioneerd te worden op deze nieuwe stromingsbelasting.

De gradering van de omliggende kribben wordt als referentie aangehouden en is geschat op een 10-60 kg gradering met een minimale breuksteen diameter van 0,22 m en een gemiddelde diameter van 0,24 m. Dit is gebaseerd op foto's, maar dient bevestigd te worden door OG.

Positie bodem- en oeverbescherming

Voor het vastleggen van de positie van de bodem en oever moet een bodembescherming aangebracht worden. Echter, enige dynamiek in het gebied is toegestaan en daarom hoeft niet het volledige gebied vastgelegd te worden. Uitgangspunt is dat het gebied van de KRW-geul dat aantakt met de Nederrijn moet worden vastgelegd. Daarvoor wordt een bodem- en oeverbescherming aangebracht tot circa 20 m buiten de zomerkade (richting het kribvak), en circa 30 m tot 40 m binnen de zomerkade. De rest van het gebied dient een dynamische KRW-geul te blijven, die niet wordt beschermd tegen erosie. Indien in de loop van de tijd ergens toch te veel erosie optreedt, kan middels onderhoud de oever alsnog lokaal worden vastgelegd. Echter is dit niet de verwachting omdat de KRW-geul laag dynamisch is (eezijdig aangetakt met geringe stroomsnelheid).

Bodemhoogte

De ontwerphoogte van de bodem van de KRW-geul sluit niet aan op de bodemhoogte in het kribvak (Afbeelding 2.3). Om de aansluiting goed te kunnen realiseren zijn er twee opties:

- 1 Er is een drempel, waarbij de bodem van het kribvak hoger ligt dan de bodem van de KRW-geul.
- 2 Een deel van het kribvak wordt uitgegraven, opdat deze aansluit bij de bodemhoogte van de KRW-geul.

Voor het ontwerp van de bodem- en oeverbescherming, en onderliggende analyses, is optie 2 als uitgangspunt genomen. Het kribvak, of in ieder geval een deel van het kribvak, is afgegraven, zodat de bodemhoogte van NAP+4,0 m aansluit. NOOT: er moet nog beoordeeld worden of dit de stabiliteit van de kribben niet in het geding brengt.

Terugkeertijd

Het ontwerp van de bodembescherming dient bestand te zijn tegen een hydraulische belasting met een terugkeertijd van 100 jaar. Omdat de inlaat vanuit de geul geen onderdeel is van de waterkering hoeft deze niet bestand te zijn tegen veel zwaardere belastingen. Eventuele schade, die optreedt bij waterafvoeren met een terugkeertijd hoger dan 100 jaar, dient achteraf hersteld te worden.

2.3 Toetsingscondities

De erosiebestendigheid en stabiliteit van de instroomopening wordt bepaald door de belasting onder dagelijkse omstandigheden en door de belasting onder maatgevende omstandigheden. Voor beide situaties zijn de belangrijkste belastingfactoren hieronder toegelicht, en is aangegeven of ze worden meegenomen als ontwerpconditie van de bekleding:

- 1 bij dagelijkse omstandigheden (streefpeil is NAP+6,00 m):
 - stroomsnelheid door natuurlijke stroom door de KRW-KRW-geul is verwaarloosbaar klein, dus deze wordt niet beschouwd in dit scenario;
 - scheepsgolven van scheepvaartklasse Va geven bij dagelijkse omstandigheden de grootste belasting. Maar deze belasting zal niet resulteren in een hogere belasting, dan waarvoor de breuksteenbekleding op de kribben is ontworpen. Daarom hoeft de bekleding daarvoor niet getoetst te worden;
 - stroming als gevolg van scheepvaart van scheepvaartklasse Va is in potentie relatief hoog wanneer een grote zuigende werking optreedt vanuit de geul richting de Nederrijn. Dit gebeurt wanneer schepen op hoge snelheid de geul passeren. Deze stroomsnelheid is maatgevend tijdens dagelijkse omstandigheden, omdat dit voor de grootste zuigende werking vanuit de KRW-geul zorgt;
- 2 bij waterstand met maximale stroomsnelheid door KRW-geul (NAP+9,6 m) en maximale stroomsnelheid haaks op de geul:
 - de stroomsnelheid door KRW-geul bij een waterstand van NAP+9,6 m heeft terugkeertijd van 5 jaar. Deze resulteert in de hoogste stroomsnelheid door de geul, waarbij het water niet over de bestaande zomerkade zelf heen stroomt. Bij hogere waterstanden gaat het water over de bestaande zomerkade heen, waardoor het water bij het instroompunt van de geul haaks op de KRW-geul stroomt. De maximale stroomsnelheid door de geul bij deze waterstand is in de orde 0,5 m/s [ref. 3]. Dit is relatief laag en daarom is dit scenario niet meegenomen in de ontwerpberoeeningen;

- de bekleding dient bestand te zijn tegen een belasting met een terugkeertijd van maximaal 100 jaar, daarom dient ook de belasting beschouwd te worden, waarbij water over de bestaande zomerkade heen stroomt en haaks door de geul stroomt ter plaatse van de bodembescherming. De waterstand en bijbehorende stroomsnelheid die exact overeenkomt met een terugkeertijd van 100 jaar dient in de gedetailleerde ontwerpfase nog bepaald te worden met Hydra-NL. In de uitgangspuntennotitie [ref. 3] is daarvoor een eerste inschatting gegeven van de stroomsnelheid bij een terugkeertijd van 1/19 jaar (0,5 m/s) en 1/10.000 jaar (0,7 m/s). Aangezien de variatie in stroomsnelheid tussen deze twee terugkeertijden zeer klein is, is voor nu conservatief rekening gehouden met een stroomsnelheid van 0,7 m/s. Deze belasting wordt in de volgende fase van een gedetailleerd ontwerp nauwkeuriger bepaald;
- scheepsgolven van scheepvaartklasse Va. Deze belasting is nagenoeg hetzelfde als tijdens dagelijkse omstandigheden, alleen grijpt deze hoger aan op het talud. Aangenomen wordt dat de breuksteenbekleding op de kribben hiervoor ontworpen is en dat een soortgelijke breuksteengrootte daartegen bestand is;
- stroming als gevolg van scheepvaart van scheepvaartklasse Va is lager dan bij lagere waterstanden, omdat de zuigende werking vanuit de geul afneemt wanneer het doorstromend oppervlak vanuit de geul toeneemt. Daarom wordt het effect van stroming als gevolg van scheepvaart alleen bij dagelijkse omstandigheden beschouwd.

Een belasting die in deze notitie nog niet beschouwd is, is de belasting van stroming door de rivier bij hoge afvoerdebieten en een hoge waterstand. Daarbij is de stroming haaks gericht op de in- en uitstroomopening van de KRW geul.

2.3.1 Stroomsnelheid door passeren scheepvaart

Wanneer schepen passeren, ontstaat er een patroon van primaire en secundaire golven. De primaire scheepsgolven zorgen voor een waterstandsfluctuatie op de Nederrijn. Bij het passeren van een schip voor de in- en uitstroomopening beweegt de waterstand in de KRW-geul mee. Door het legen en daarna weer vullen van het geulgebied ontstaat er (zuigende) stroming door de in- en uitstroomopening.

Met behulp van de kombergingsmethode is een eerste inschatting gemaakt van het debiet door de in- en uitstroomopening ten gevolge van primaire scheepsgolven [ref. 3]. Hierbij zijn twee situaties beschouwd: bij stuwpeil, en bij een afvoer bij Lobith van 6.000 m³/s. De analyse bij hogere afvoer is relevant omdat daarbij een groter debiet door de KRW geul wordt 'gezogen' tijdens het passeren van een schip. Bij een afvoer van 8.000 m³/s en hoger stroomt het water niet alleen door de instroomopening de uiterwaard binnen, maar ook over de zomerkades. Daarom neemt vanaf een hogere afvoer de zuigende werking door de geul af.

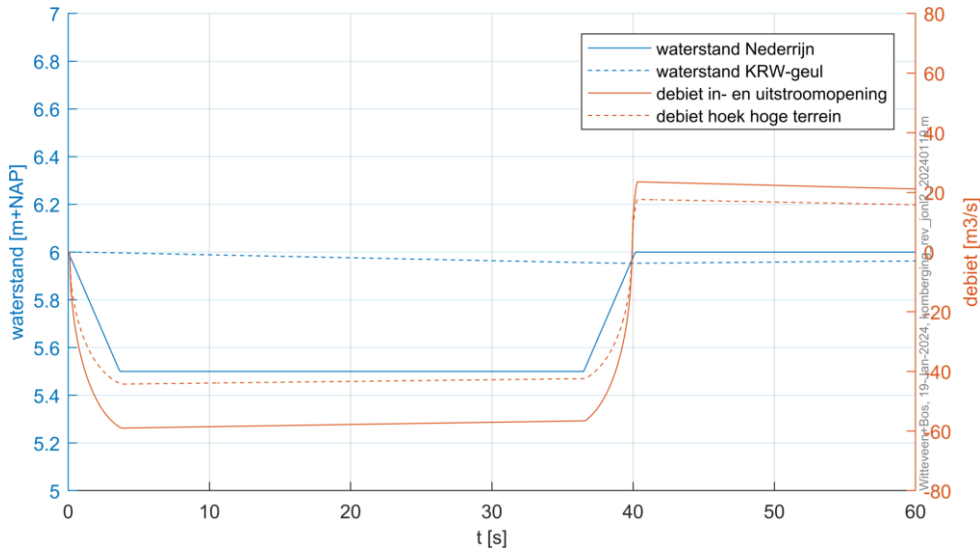
De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

- waterstand voor en na het passeren van het schip is gelijk aan stuwpeil voor en na het passeren van het schip;
- lengte van het schip is 186,5 m (representatief schip volgens RBK ref. 2);
- vaarsnelheid van het schip is circa 10 kn = 5,1 m/s;
- de maximale waterstandsval is 0,5 m¹ (of in bijzondere gevallen zelfs 1 m);
- waterstandsval vindt plaats tijdens het passeren van 10 % van de lengte van het schip (te weten de lengte van de boeg);
- de gemiddelde breedte van de instroomopening bij stuwpeil is bepaald door het oppervlak van de natte doorsnede te delen door de waterdiepte;
- voor de KRW-geul is een kombergingsbenadering gehanteerd waarbij instroom- en uitstroomverliezen zijn verwaarloosd.

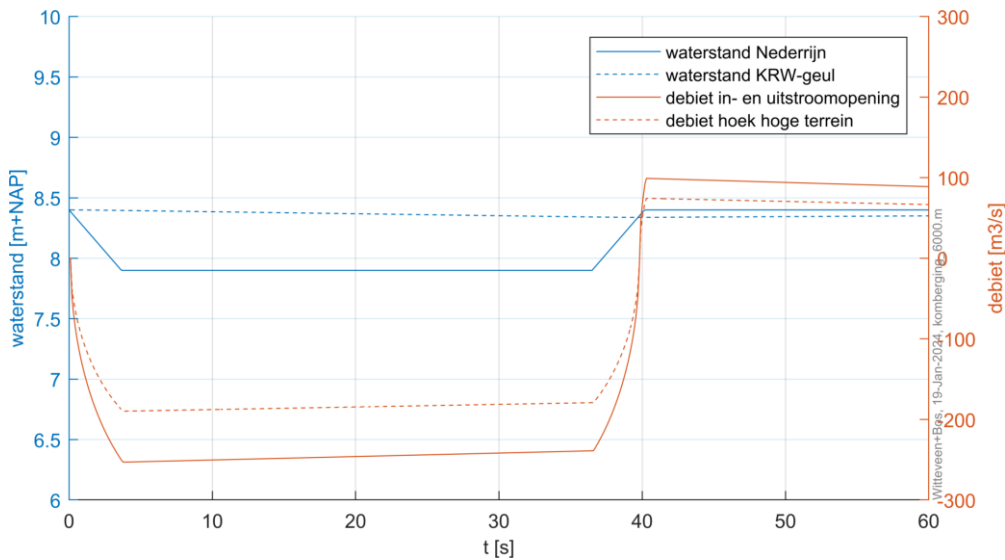
Hieruit volgt het waterstands- en debiet verloop zoals weergegeven in Afbeelding 2.5 bij stuwpeil, en in Afbeelding 2.6 bij een afvoer van Q=6.000 m³/s.

¹ <https://tl.iplo.nl/@192963/scheepsgolven-overige-belastingen/>.

Afbeelding 2.5 Verloop van waterstand en debiet in instroomopening o.b.v. kombergingsbenadering bij stuwpeil



Afbeelding 2.6 Verloop van waterstand en debiet in instroomopening o.b.v. kombergingsbenadering bij $Q=6.000 \text{ m}^3/\text{s}$



Tabel 2.1 Strooming in in- en uitstroomopening geulgebied t.g.v. primaire scheepsgolven

	Stuwpeil	$Q = 6.000 \text{ m}^3/\text{s}$
waterstand [NAP m]	6	8,4
natte doorsnede in- en uitstroomopening [m]	25,1	91,4
gemiddelde breedte in- en uitstroomopening [m]	12,6	20,8
oppervlakte geulgebied bij waterstand [m ²]	$4,7 \cdot 10^4$	$1,6 \cdot 10^5$
$Q_{\text{in- en uitstroomopening}}$ [m ³ /s]	59	253
$U_{\text{in- en uitstroomopening}}$ [m/s]	2,4	2,8

Dit resulteert in een profielgemiddelde stroomsnelheid van **2,4 m/s** bij stuwpeil en **2,8 m/s** bij $Q = 6.000 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dit zijn relatief hoge stroomsnelheden, die grotendeels worden veroorzaakt door de aanname van een waterstandsval van 0,5 m. In een volgende ontwerpfase kunnen de optredende stroomsnelheden worden aangescherpt door de waterstandsval nauwkeuriger te bepalen en de stroomsnelheid ten gevolge van de zuigende werking nauwkeuriger te bepalen.

3 METHODE

De benodigde steendiameter van de bodembescherming onder stromingsbelasting is bepaald met de methode van Pilarczyk. Deze methode is beschreven met formule 5.219 uit de Rock Manual [ref. 1]:

$$D_{n50} = \frac{\phi_{sc}}{\Delta} \cdot \frac{0,035}{\Psi_{cr}} \cdot k_h \cdot k_{sl}^{-1} \cdot k_t^2 \cdot \frac{U^2}{2g}$$

Voor de ontwerpberekeningen is een veiligheidsfactor van 1,1 gehanteerd voor de berekende D_{n50} . Daardoor is de ontworpen bodembescherming conservatief bepaald. In tabel 3.1 en in de toelichting daaronder staan de gehanteerde waarden voor de benodigde parameters toegelicht.

Tabel 3.1 Aanvullende parameters voor methode van Pilarczyk

Parameter	Symbool	Waarde	Eenheid	Bron/toelichting
correctiefactor stabiliteit	ϕ_{sc}	0,75	[-]	waarde voor doorgaande steenbestorting uit [ref. 1]
dichtheid breuksteen	ρ_s	2600	[kg/m ³]	standaard dichtheid voor waterbouwsteen
relatieve dichtheid	Δ	1,60	[-]	volgt uit $\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}$, zie tabel 5.53 uit [ref. 1]
kritische Shields-parameter	Ψ_{cr}	0,035	[-]	waarde voor stortsteen uit [ref. 1], zie toelichting hieronder
factor snelheidsprofiel	k_h	variabel	[-]	zie toelichting hieronder
hellingfactor	k_{sl}	horizontaal: 1 stroomafwaarts: 0,5	[-]	zie toelichting hieronder
turbulentiefactor	k_t^2	uitstroom: 2,0 instroom: 1,5	[-]	zie toelichting hieronder

Kritische Shields-parameter

Zonder ontgroning van de ondergrond toe te staan, kan enige mobiliteit van de bodem of bodebescherming zelf tijdens dagelijkse omstandigheden eventueel wel worden toegestaan. Daarom kan de bodembescherming ontworpen worden met een hogere kritische Shields-parameter (mobiliteitsfactor) ψ_{cr} hoger dan 0,035. Bij een dergelijk ontwerp dient de mate van toegestane mobiliteit kritisch te worden afgewogen tegen de tijdsduur van de maatgevende belasting. Omdat de maatgevende belasting relatief kort duurt, en niet bij elk passerend schip zo hoog zal oplopen is in deze fase van het ontwerp vooralsnog de standaardwaarde horend bij minimale mobiliteit van stortsteen aangehouden met een factor van 0,035.

Factor snelheidsprofiel

De factor van het snelheidsprofiel vertaalt de dieptegemiddelde stroomsnelheid naar de stroomsnelheid direct op de bodem. Voor de berekening van deze factor wordt onderscheid gemaakt tussen een volledig ontwikkeld en niet volledig ontwikkeld snelheidsprofiel (formule 5.221 respectievelijk 5.222 uit [ref. 1]). Afhankelijk van de D_{n50} is de factor voor volledig ontwikkeld snelheidsprofiel maatgevend, of de factor voor niet volledig ontwikkeld snelheidsprofiel.

Deze waarde wordt dus iteratief bepaald waarbij steeds de hoogste waarde voor k_h is gekozen. Zolang het snelheidsprofiel nog niet volledig is ontwikkeld dient voor de factor formule 5.222 uit gehanteerd te worden.

Hellingfactor

De hellingfactor voor een horizontale bodem is 1. Daardoor heeft de helling geen positieve of negatieve invloed op de stabiliteit van het breuksteen. Bij een afstromende bekleding dat aanwezig is in het scenario dat de waterstand op de rivier hoog is en de stroming haaks op de KRW geul komt, heeft de helling een negatief effect op de stabiliteit. Om de hellingfactor te bepalen wordt vergelijking 5.115 uit de Rock Manual [ref. 1] toegepast.

Turbulentiefactor

De meeste turbulentie zal plaatsvinden bij het uitstromen in het kribvak als gevolg van een vertragende stroming. Aan het begin van de bodembescherming (in de KRW geul) vindt een versnelling van de stroming plaats waarbij doorgaans een lagere turbulentie aanwezig is. Daarom is bij de uitstroom een waarde van 2,0 aangehouden bij de ontwerpsommen van de bodembescherming. Aan het begin van de bodembescherming is een lagere turbulentiefactor gehanteerd van 1,5 omdat de stroming richting de inlaat van nature minder turbulent is.

4 RESULTATEN

De resultaten van de berekening bij een streefpeil van NAP+6,0 m zijn weergegeven in Tabel 4.1, en de resultaten bij een waterstand van NAP+8,4 m zijn weergegeven in Tabel 4.2. Dit zijn de berekeningen met een horizontale bodem. Uit de berekeningen volgt dat de benodigde steendiameter in alle scenario's maximaal een D_{n50} heeft van 0,22 m. Daarmee is een 10-60 kg steengradering voldoende, aangezien die een minimale steendiameter heeft van 0,22 m zoals beschreven in paragraaf 2.2.

Tabel 4.1 Benodigde D_{n50} tijdens belasting bij een streefpeil (NAP+6,0 m)

Positie langs de bodembescherming	Stroomsnelheid [m/s]		
	2,4	2,2	2,0
KRW zijde	0,18	0,15	0,12
kribvak zijde	0,09	0,07	0,06

Tabel 4.2 Benodigde D_{n50} tijdens belasting bij een waterpeil van NAP+8,4 m ($Q=6.000 \text{ m}^3/\text{s}$)

Positie langs de bodembescherming	Stroomsnelheid [m/s]		
	2,8	2,6	2,4
KRW zijde	0,22	0,18	0,15
kribvak zijde	0,11	0,09	0,08

De resultaten van de berekening van stroming haaks op de geul is weergegeven in Tabel 4.3. Daaruit volgt dat deze belasting van ondergeschikt belang is van de stabiliteit van de breuksteen bodem- en oeverbescherming van de geul.

Tabel 4.3 Benodigde D_{n50} voor stroming haaks op de geul

Stroomsnelheid [m/s]	Benodigde D_{n50} [m]
0,7	0,02

5 CONCLUSIE

Op basis van de resultaten wordt geadviseerd om een bodembescherming aan te brengen rondom de in- en uitstroomopening, met de kanttekening dat de stabiliteit van de kribben nog getoetst moet worden. De benodigde gradering betreft een 10-60kg gradering met een gemiddelde D_{n50} van 0,24 m. Deze bodembescherming is voldoende stabiel om de stromingsbelasting als gevolg van passerende scheepvaart te weerstaan, en ruim voldoende om de stroombelasting haaks op de geul te weerstaan. De benodigde afmetingen van de bodembescherming zijn niet rekenkundig onderbouwd, omdat het dynamische karakter van het gebied zo veel mogelijk behouden dient te blijven. Daarom is op basis van expert judgement in paragraaf 2.2 al aangegeven wat de globale afmetingen moeten worden van de bodembescherming. Dit komt neer op een bescherming van circa 20 m buiten de zomerkade (richting het kribvak), en circa 30 m tot 40 m binnen de zomerkade. In een volgende fase dient het te beschermen gebied nader bepaald te worden door het stroombeeld bij de in- en uitstroomopening beter te analyseren. Daarnaast dient in de volgende fase de stroomsnelheid in de geul, als gevolg van passerende schepen, aangescherpt te worden.

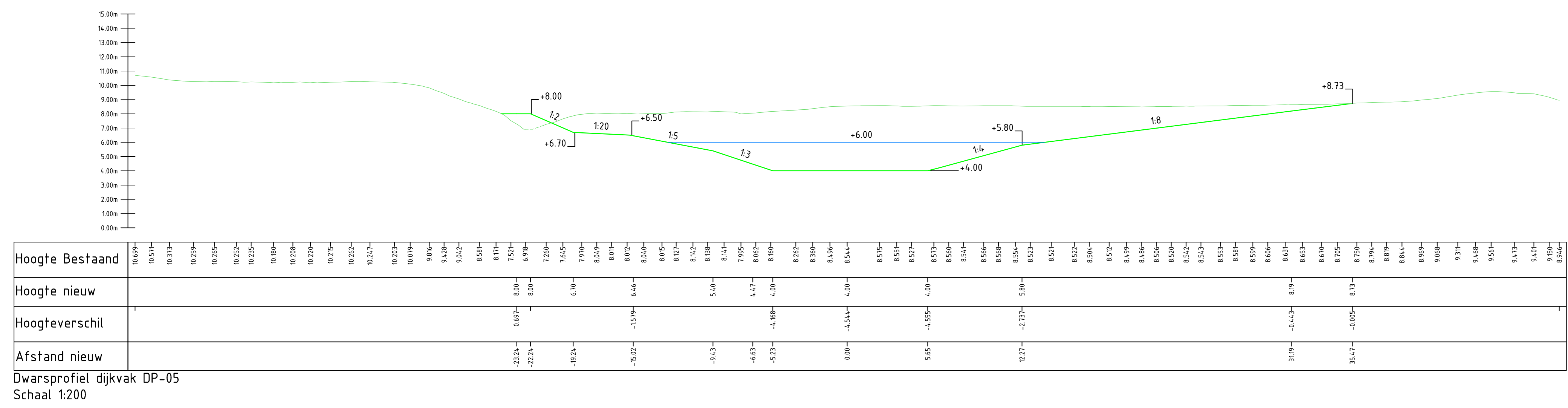
Geadviseerd wordt op de bodemhoogte uit de KRW geul door te trekken door het kribvak tot aan de rivier. Daarbij wordt tevens geadviseerd om die geul steeds breder uit te laten lopen om de stroming vanuit de geul sneller te vertragen. Voor de zijwaartse hellingen wordt geadviseerd om een taludhelling van 1:3 aan te brengen. Daardoor ontstaan kleine hellingen richting de kribben die niet beschermd zijn, maar omdat de stroming in de kribben onder dagelijkse omstandigheden laag is, is de verwachting dat deze weinig zullen eroderen. Wanneer tijdens monitoring blijkt dat de gebaggerde geul niet op zijn positie blijft, en dat de stabiliteit van de kribben eventueel in gevaar zou kunnen komen, kan gegraven geul in het kribvak altijd nog worden verankerd door deze met een harde bekleding vast te leggen.

6 REFERENTIES

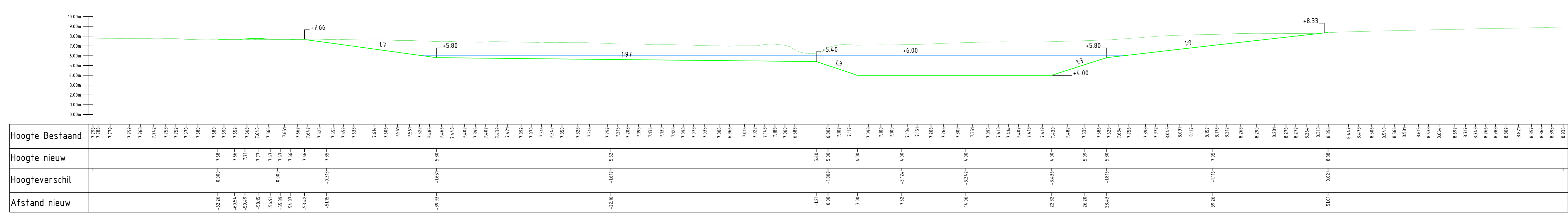
- 1 CIRIA, CUR, CETMEF (2007). The Rock Manual, the use of rock in hydraulic engineering, (inclusief errata).
- 2 Rivierkundig beoordelingskader voor ingrepen in de Grote Rivieren. Versie 5.0, Rijkswaterstaat, d.d. 4 juni 2019.
- 3 Witteveen+Bos (2024). Uitgangspunten berekening in-en uitstroomopening geul geulgebied.



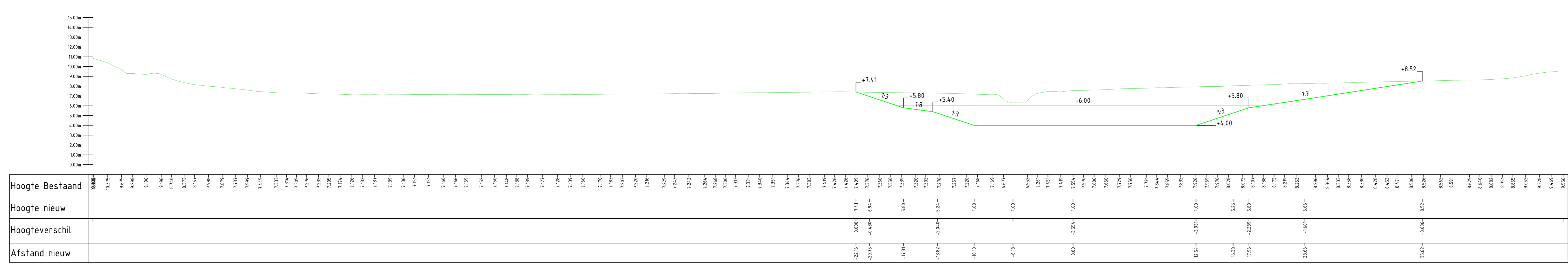
BIJLAGE: ONTWERPTEKENINGEN GEULGEBIED



Dwarsprofiel dijkvak DP-05
Schaal 1:200



Dwarsprofiel dijkvak DP-06
Schaal 1:200



Dwarsprofiel dijkvak DP-07
Schaal 1:200

