

NOTITIE

Onderwerp	Oplegnotitie geohydrologie
Project	Planuitwerking gebiedsontwikkeling Grebbedijk
Opdrachtgever	Waterschap Vallei en Veluwe
Projectcode	124281
Status	Definitief
Datum	25 september 2024
Referentie	124281-6.2/24-013.746
Auteur(s)	R.D. Visser MSc

Gecontroleerd door	P.M. van Dijk MSc
Goedgekeurd door	Ir. H.J. van Strijp-Harms
Paraaf	

Bijlage(n)

Aan	Waterschap Vallei en Veluwe	N. Bakkum
Kopie	Witteveen+Bos	

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding voor 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 benodigde sterkte volgens de wettelijk voorgeschreven normering. Daarom gaat Waterschap Vallei en Veluwe de dijk verbeteren.

De verbetering van de dijk is een kans om tegelijk het omliggende gebied aan te pakken. De Grebbedijk, de Nederrijn en de uiterwaarden vormen namelijk bijzondere riviernatuur voor recreatie, zoals wandelen en fietsen. Het gebied heeft ook een belangrijke functie voor planten en dieren, omdat het de Utrechtse Heuvelrug en de Veluwe met elkaar verbindt.

In de plannen van de gebiedsontwikkeling Grebbedijk staat waterveiligheid centraal. Daarnaast worden de natuur en cultuur versterkt en het gebied aantrekkelijker gemaakt voor recreatie. Acht partners werken in deze gebiedsontwikkeling samen: het waterschap, gemeenten Wageningen en Rhenen, provincies Gelderland en Utrecht, Rijkswaterstaat, Utrechts Landschap en Staatsbosbeheer. Bewoners, ondernemers, belangenverenigingen en andere geïnteresseerden uit de omgeving zijn hierbij betrokken.

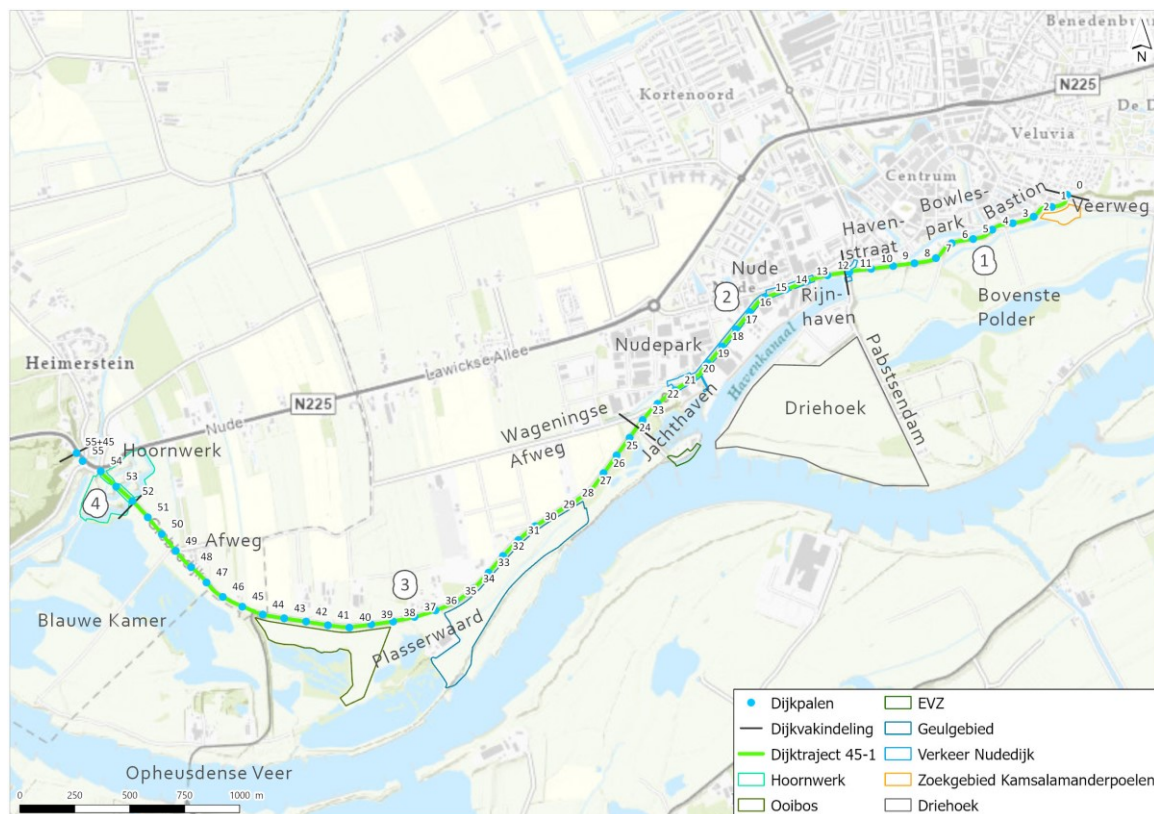
1.2 Projectgebied

Het projectgebied, zie afbeelding 1.1, bevindt zich tussen de Wageningse berg (Veluwe) aan de oostzijde en de Grebbeberg (Utrechtse Heuvelrug) aan de westzijde.

De Grebbedijk (dijktraject 45-1) beschermt de Gelderse Vallei tegen hoogwater vanuit de Nederrijn. De dijk is 5,5 km lang. Het traject start bij de Wageningse Berg (dijkpaal 0) tot aan de Grebbeberg in Rhenen (dijkpaal 55). De Grebbedijk is, ondermeer vanuit de landschappelijke karakteristieken, opgedeeld in vier deelgebieden: stedelijk gebied, Nudedijk, landelijk gebied en dijk door het Hoornwerk.

Aan de Grebbedijk liggen verschillende uiterwaarden. In een eerdere fase (de verkenning) is onderzocht welke opgaven gekoppeld kunnen worden aan de dijkversterking en hoe opgaven elkaar kunnen versterken. Daaruit is één integrale gebiedsontwikkeling als voorkeursalternatief vastgelegd. Het voorkeursalternatief verenigt de dijkversterking met de volgende opgaven: natuurontwikkeling in de Bovenste Polder en de Driehoek aan de oostzijde van het projectgebied, verbetering van de verkeersveiligheid bij de Nudedijk, natuurontwikkeling in de Plasserwaard en ontwerpen met cultuurhistorie bij het Hoornwerk nabij de Grebbeberg.

Afbeelding 1.1 Gebiedsontwikkeling Grebbedijk



1.3 Voorgeschiedenis

Initiatiefase

Vanaf 2014 was duidelijk dat de Grebbedijk niet voldeed aan de toenmalige landelijke hoogwaterveiligheidsnormen. Dit betekent niet dat er een urgent probleem is, maar dit is het signaal om een dijkversterking of een andere oplossing voor te gaan bereiden.

Vanaf deze tijd onderzocht Waterschap Vallei en Veluwe samen met de gemeente Wageningen en de provincies Utrecht en Gelderland of de benodigde verbetering van de Grebbedijk ook kansen bood voor andere ruimtelijke opgaven en ambities. In 2016 sloten Rijkswaterstaat en Staatsbosbeheer zich aan bij deze aanpak. Later sloten ook gemeente Rhenen en Utrechts landschap zich bij de gebiedspartners aan.

Een aanvullende veiligheidsrapportage van de Grebbedijk concludeerde, op basis van het wettelijk beoordelingsinstrumentarium 2017 (WBI), dat de dijk de signaleringsnorm overschreed. Op basis hiervan is de dijkversterking in het programma van het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) opgenomen. De gebiedspartners schreven samen het plan van aanpak voor de eerste fase van de planvorming.

Fasering binnen het HWBP

De planvorming voor dijkversterkingen volgt vanuit een door het HWBP opgelegde fasering voor de totstandkoming van het ontwerp. Na opname in het HWBP wordt voor de dijkversterking de volgende fasering doorlopen:

- de verkenningfase. In deze fase onderzochten de gebiedspartners, verschillende oplossingen voor het hoogwaterveiligheidsprobleem en de gebiedsopgave. De verkenning had als doel een voorkeursalternatief vast te stellen. Het waterschap en haar partners besloten in 2020 over het voorkeursalternatief;
- de planuitwerkingsfase. In de planuitwerking werkt het waterschap met partners het voorkeursalternatief uit tot het detailniveau dat nodig is voor de besluitvorming van provincie en gemeenten over het plan (projectbesluit en omgevingsvergunningen) en de (overige) vergunningen. Bovendien moet de planuitwerking leiden tot financiering van de realisatiefase vanuit het HWBP. Deze fase eindigt met het nemen van deze besluiten;
- de realisatiefase. In de realisatiefase voert het waterschap de dijkversterkingsmaatregelen uit. Wanneer de realisatiefase is afgerond, voldoet de dijk weer aan de norm voor hoogwaterveiligheid. Deze fase wordt afgesloten met oplevering van de versterkte dijk en overdracht aan de beheersorganisatie van het waterschap.

Voorkeursalternatief

In de verkenning zijn uiteindelijk diverse oplossingen afgewogen en is gekozen voor één integraal, maatschappelijk en bestuurlijk gedragen, voorkeursalternatief. In het voorkeursalternatief zit de versterking van de Grebbedijk en maatregelen op gebied van natuurontwikkeling, recreatie, ruimtelijke kwaliteit, verkeersveiligheid en duurzaamheid. In dit voorkeursalternatief is rekening gehouden met maatschappelijke belangen en randvoorwaarden en het voldoet aan de veiligheidsopgave. De 'nota voorkeursalternatief gebiedsontwikkeling Grebbedijk' is in 2020 gepubliceerd¹.

1.4 Projectdoel

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

De volgende doelstellingen met betrekking tot de hoogwaterveiligheid en natuur worden in ieder geval gerealiseerd:

- 1 het verwezenlijken van een versterking van de Grebbedijk, zodat dit waterstaatswerk voldoet aan de wettelijke hoogwaterveiligheidsnormen;
- 2 het creëren van mogelijkheden voor het verwezenlijken van een geul in de Plasserwaard. Hiermee wordt circa 2,5 ha open water voor de Nadere uitwerking Riviergebied (NURG) gerealiseerd. De geul voldoet eveneens aan opgaven vanuit de Kaderrichtlijn Water (KRW);
- 3 het creëren van mogelijkheden voor het verwezenlijken van natuurontwikkeling vanuit Natura 2000-, Gelders Natuur Netwerk (GNN)- en NURG-opgaven.

¹ https://www.grebbedijk.com/kennisbank/200416_grebbedijk_adviesnota-vka_incl_bijlagen_v3.pdf.

Daarnaast wil het project gebiedsambities (zoals de verkeersveiligheid en herstel van het Hoornwerk) realiseren en invulling geven aan vergroten van het waterveiligheidsbewustzijn in de Gelderse Vallei.

1.5 Doel oplegnotitie

Verscheidene rapportages zijn opgeleverd voor de planuitwerking voor de dijkversterking van de Grebbedijk en de natuuropgaven daaromheen met betrekking tot de geohydrologie. Door het grote aantal rapportages kan de samenhang ontbreken en kan het voor de lezer onduidelijk zijn geworden waar relevante informatie te vinden is. Om hierin duidelijkheid te verschaffen is deze oplegnotitie opgesteld waarin de rapportages door verschillende fases van het project heen zijn toegelicht. Hiermee willen we de herleidbaarheid van de informatie vergroten.

1.6 Producten

Een overzicht van de producten die opgeleverd zijn die relevant zijn met betrekking tot de geohydrologie van de Grebbedijk zijn opgenomen in Tabel 1.1

Tabel 1.1 Productenlijst met betrekking tot de geohydrologie van de Grebbedijk

Nr.	Rapportage	Toelichting	Datum oplevering en kenmerk	Toelichting
1	projectbesluit	dit document beschrijft het projectbesluit voor de dijkversterking en gaat in op doelstelling 1: het verwezenlijken van een versterking van de Grebbedijk, zodat dit waterstaatswerk voldoet aan de wettelijke hoogwaterveiligheidsnormen. De overige opgaven die deel uitmaken van de gebiedsontwikkeling, doorlopen een separaat vergunningenspoor	17-09-2024 / 124281-3.1/24-013.279	hoofdstuk 2
2	geohydrologische uitgangspuntennota	in de notitie zijn de aspecten die relevant zijn op het geohydrologisch gebied voor de modelverbetering van het regionaal grondwatermodel Azure uitgelicht. Hierbij is specifiek gekeken naar de bodemopbouw op basis van beschikbare sonderingen en boringen, de freatische grondwaterstanden en stijghoogte, en het optreden van infiltratie of kwel. De uitgangspunten uit de nota worden verwerkt in het grondwatermodel.	26-08-2022 124281-6.1.4/22-012.210	hoofdstuk 3
3	modellrapportage AZURE	het rapportage beschrijft de uitgangspunten en gemaakte aanpassingen aan het grondwatermodel. Het gebruikte deelmodel is op basis van een uitsnede van de bestaande modelversie AZURE 1.0.4 bèta voor de Gelderse Vallei. Het aangepaste deelmodel is vervolgens gevalideerd aan de hand van een peilbuisendataset.	12-07-2023 / 124281-6.1.4/23-011.697	hoofdstuk 3
4	effectrapportage Ontwerploop 2 geohydrologie	de maatregelen die zijn voorzien hebben mogelijk effect op het geohydrologisch systeem. Het doel van de voorliggende rapportage is om de geohydrologische effecten van de dijkalternatieven en natuuropgaven in kaart te brengen. Met een grondwatermodel is het effect van de maatregelen op de grondwaterstand en -stroming afgeleid.	16-08-2024 / 124281-6.2/24-011.682	hoofdstuk 4
5	milieueffectrapportage fase II	het doel van dit document is om de milieueffecten van het geactualiseerde ontwerp in beeld te brengen. Met	17-09-2024 /	hoofdstuk 4

Nr.	Rapportage	Toelichting	Datum oplevering en kenmerk	Toelichting
		als achterliggende gedachte het ontwerp of de uitvoering, waar mogelijk, te optimaliseren en effecten te mitigeren of te compenseren. Het MER geeft de milieu-informatie bij het projectbesluit en de hoofdvergunningen.	124281-3.4/24-013.283	
6	gevoeligheidsanalyse	het grondwatermodel is opgebouwd uit velen parameters. Veel parameters zijn gebaseerd op metingen en richtlijnen denk aan neerslag en de grondopbouw. Een aantal van deze parameters zijn onzeker en hebben een bandbreedte. De keuze van een parameterwaarde heeft vaak enig invloed op de berekende effecten. Om deze invloed en de onzekerheid in de aangehouden parameterwaarde te bepalen is besloten om een gevoeligheidsanalyse uit te voeren van twee onzekere parameters: horizontale anisotropie en de geleiding (conductance) van de bodem van de KRW-geul.	29-08-2024 / 124281-6.2/24-012.366	hoofdstuk 5

1.7 Leeswijzer

Een leeswijzer waarin de hoofdstuk indeling is toegelicht is opgenomen in Tabel 1.2.

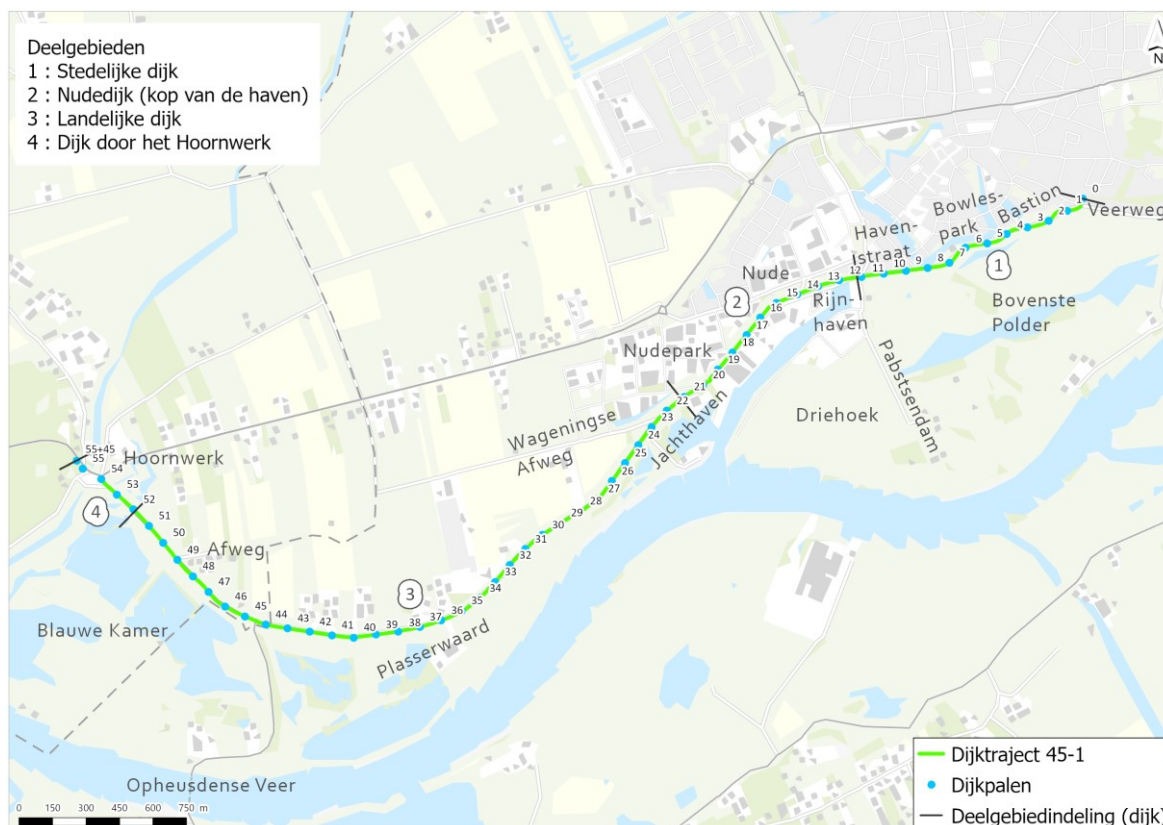
Tabel 1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk	Inhoud
2	toelichting op de maatregelen die genomen worden voor de dijkversterking, zoals aanpassingen aan het dijklichaam en het plaatsen van verticale wanden, en natuuropgaven om de Grebbedijk heen
3	samenvatting van de geohydrologische rapportages die betrekking hebben tot de modelverbetering die plaats heeft gevonden
4	de geohydrologische effecten op de omgeving zijn samengevat. Hierin is expliciet gekeken naar het effect op de dijkstabiliteit en ecologie. Verder is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om de waarschijnlijkheid van de uitkomsten te kunnen kwantificeren

2 TOELICHTING MAATREGELEN DIJKVERSTERKING EN NATUUROPGAVEN

De Grebbedijk voldoet op het moment niet aan de wettelijk voorgeschreven normeringen. De verschillende faalmechanismen waarop de dijk is afgekeurd bestaan uit grasbekleding erosie kruin en binnentalud, macrostabiliteit binnenwaarts, piping, grasbekleding erosie buitentalud en grasbekleding afschuiven binnentalud. Het verbeteren van de dijk brengt de kans met zich mee om tegelijkertijd het omliggende gebied aan te pakken. De Grebbedijk is opgedeeld in vier deelgebieden: stedelijke dijk, Nudedijk, landelijk gebied en de dijk door het Hoornwerk (Projectbesluit, 17 september 2024. De indeling hiervan is weergegeven in Afbeelding 2.1.

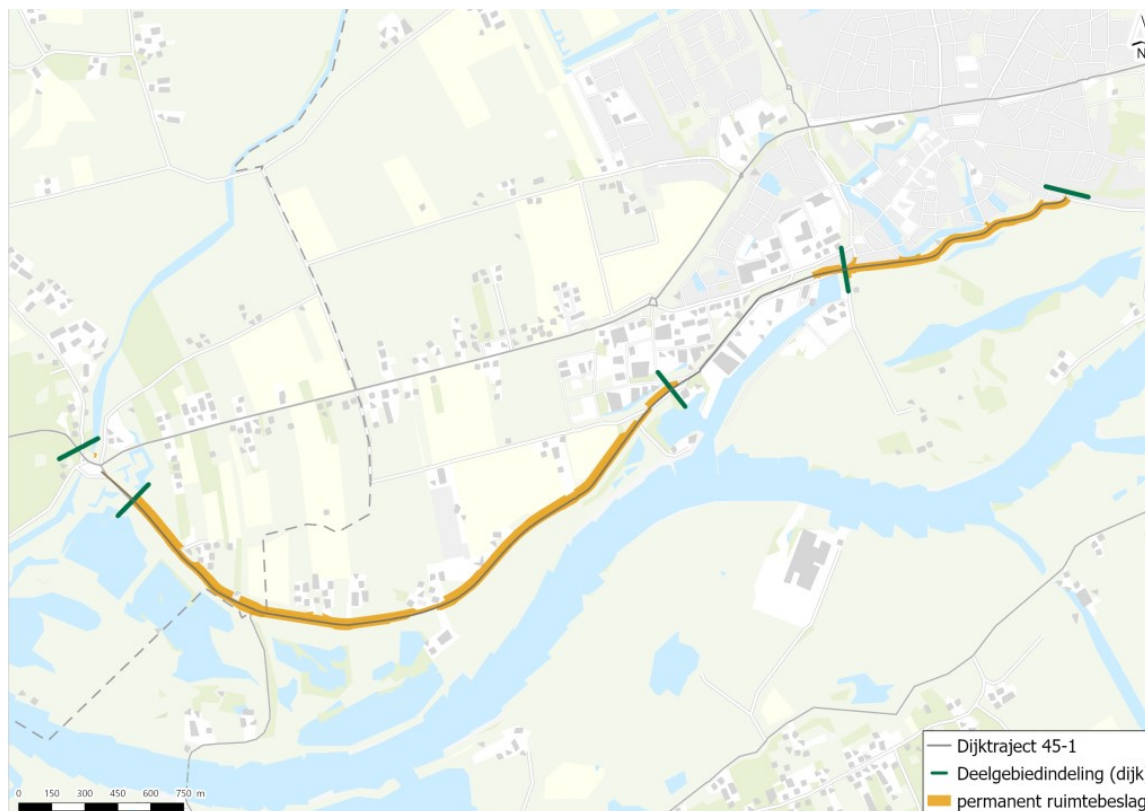
Afbeelding 2.1 Projectgebied dijkversterking Grebbedijk (Projectbesluit, 17 september 2024)



2.1 Dijkversterking

Het permanent ruimtebeslag is de ruimte die het dijkontwerp inneemt wanneer de uitvoeringswerkzaamheden zijn voltooid (gebruiksfase). In het ontwerp bevinden zich diverse maatregelen, zoals herprofilering van kruin, talud en/of berm (Projectbesluit, 17 september 2024). Ook worden constructiezones toegepast, waarbinnen verticale schermen worden gerealiseerd. Het permanente ruimtebeslag is weergegeven in Afbeelding 2.2.

Ten aanzien van de geohydrologische effecten zijn de constructiezones het meest relevant aangezien deze de potentie hebben om de grondwaterstroming te doen blokkeren. Het aanpassen van bekleding en herprofilering heeft relatief weinig effect op de geohydrologie en enkel ter plaatse van de dijk zelf. Daarom worden de constructiezones met verticale schermen in meer detail toegelicht. In Afbeelding 2.3 zijn zowel de bestaande als ontworpen verticale schermen weergegeven.

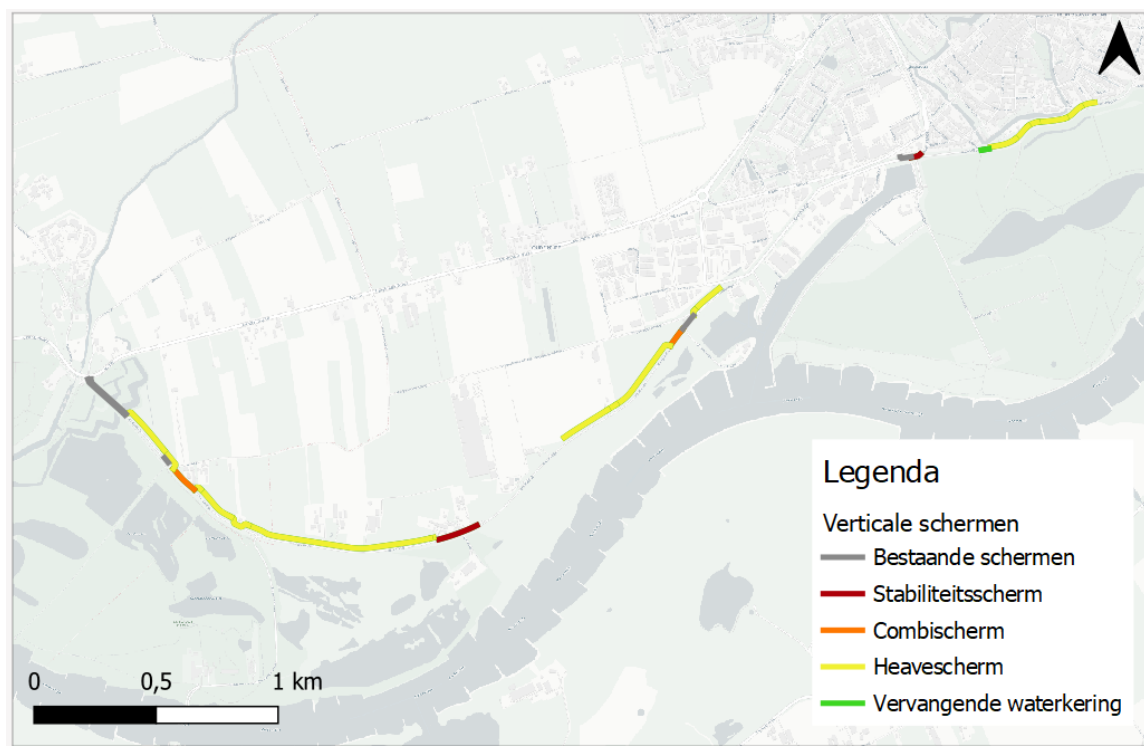


In Afbeelding 2.3 zijn de verticale schermen weergegeven die geplaatst worden in het dijkontwerp (Projectbesluit, 17 september 2024). Deze schermen bestaan uit verschillende typen voor vier verschillende doelen:

- **Vervangende waterkering:** ter plaatse van de stedelijke dijk wordt een vervangende waterkering aangebracht in de vorm van een damwand. De stalen wand krijgt een lengte van circa 30 m en wordt 15 m diep;
- **Stabiliteitsconstructie:** voor een stabiliteitsopgave wordt in het ontwerp uitgegaan van een stalen damwand. De diepte van de wanden is circa 10-15 m onder het maaiveldniveau van de binnenteen van de dijk. In het grondwatermodel is uitgegaan van een lengte van 15 m;
- **Pipingconstructie:** in het ontwerp wordt voor piping uitgegaan van kunststofschermen met een lengte van circa 9-13 m vanaf de binnenteen van de dijk. De schermen worden binnen in de aangegeven constructiezone geplaatst. In de grondwatermodellering is uitgegaan van een scherm met een lengte van 12,5 m van staal zonder slotvulling;
- **Combinatie piping en stabiliteit:** voor een combinatie van de opgaven piping en stabiliteit is in het model uitgegaan van een stalen damwand vanwege de stabiliteitsopgave en een conservatieve lengte van 15 m onder het maaiveld vanaf de binnenteen van de dijk.

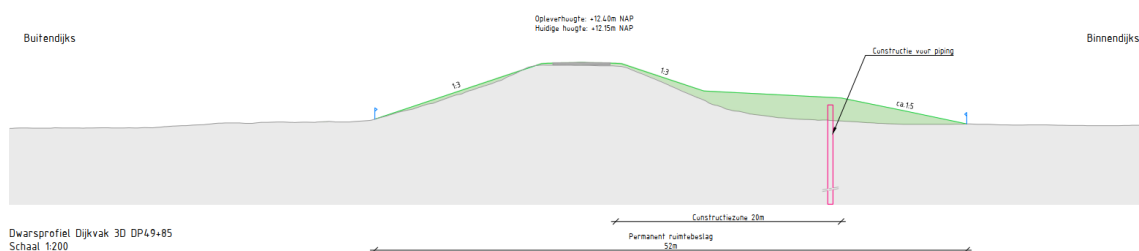
In de grondwatermodellering is de conservatieve aanname gemaakt dat alle verticale wanden van staal zijn en dat geen slotvulling wordt toegepast. De bijhorende weerstand komt daarmee uit op 115 dagen. Op sommige locaties is dit minder doorlatend dan in de praktijk toegepast zal worden waardoor de berekende effecten eerder overschat worden. Vanwege de lengte van de damwanden snijden deze de Holocene deklaag af en komen voor een klein deel in het bovenste deel van het 1^e watervoerende pakket (doorlatend Kreftenheye zand). Dit watervoerende pakket is groter dan het deel dat de damwand afsluit waardoor stroming onder de damwand mogelijk blijft. Vuistregel is dat wanneer een watervoerend pakket voor meer dan 70% wordt afgesloten dit leidt tot effecten. Dat is in dit project niet het geval waardoor verwacht wordt dat de verticale wanden geen blokkerende werking heeft. De kleiige Holocene deklaag wordt wel volledig afgesloten door de verticale wanden.

Afbeelding 2.3 Bestaande en ontworpen verticale schermen Grebbedijk (Projectbesluit, 17 september 2024)



In Afbeelding 2.4 is een principeprofiel van de dijkversterking en de verticale wand van de landelijke dijk weergegeven (Projectbesluit, 17 september 2024). Een heavescherm is in het profiel binnen de aangegeven constructiezone geplaatst die zich tussen de kruin en de binnenteen van de Grebbedijk bevindt.

Afbeelding 2.4 Principeprofiel landelijke dijk (dijkvak 3) (Projectbesluit, 17 september 2024)



2.2 Natuuropgaven

Naast het verwezenlijken van de versterking van de Grebbedijk om te voldoen aan de waterveiligheidsopgave worden meerdere gebiedsontwikkelingen meegenomen in het ontwerp (Projectbesluit, 17 september 2024). Deze opgaven betreffen de: ecologische verbingszone (EVZ), geulgebied, kamsalamanderleefgebied, kwartelkoningleefgebied (Driehoek), ooibos en kruiden- en faunarijk grasland en verkeersveiligheid Nudedijk. De ontwikkelingen zijn weergegeven langs de Grebbedijk in Afbeelding 2.5.



Niet alle ontwikkelingen die plaatsvinden beïnvloeden de grondwaterhuishouding rondom de Grebbedijk. Dit geldt echter wel voor de KRW-geul die ontwikkeld wordt in de Plasserwaard en voor de Kamsalamanderpoelen in de Bovenste Polder. De ontwikkelingen zijn daarom eveneens verwerkt in de grondwatermodellering:

- **geulgebied (KRW):** er wordt minimaal 1.200 m lengte geul aangelegd, daarbij telt de lengte van de aangetakte bestaande watergang in de oostelijke Plasserwaard mee. Het diepste punt van de geul ligt op NAP +4 m. Hier staat daardoor in principe minimaal 2 m water in. De geul is permanent eenzijdig aangesloten op de Nederrijn. De huidige zomerkade wordt hiervoor doorgebroken bij de instroom van de geul. Er wordt een nieuwe zomerkade aangelegd ten westen van de instroom. Tussen de winterkade van de Grebbedijk en de geul in loopt het maaiveld af en wordt een drempel parallel aan de geul met een hoogte van NAP +6,5 m aangelegd. Hierdoor kan langer water vastgehouden worden (Milieueffectrapportage fase II, 23 augustus 2024). In het grondwatermodel is de Geul verwerkt door de deklaagweerstand te verminderen en de KRW-geul op te nemen in de rivierenmodule met een peil gelijk aan de Nederrijn. De vermindering van de weerstand staat beschreven in hoofdstuk 3 van de geohydrologische effectenrapportage;
- **kamsalamanderleefgebied:** de poelen worden ontwikkeld aan de voet van Wageningse Berg bij de Veerweg. In het ontwerp zijn drie losse poelen opgenomen met onderzijde van de bodem op een diepte van NAP +6,25 m, NAP +6,00 m en NAP +5,75 m. De meest ondiepe poel heeft een kleiige ondergrond en de overige een zandige ondergrond vanwege het afgraven van de deklaag. In het grondwatermodel zijn de poelen opgenomen door de bergingscoëfficiënt te verhogen naar 1,0, de verdamping aan te passen naar dat van zoet oppervlaktewater, en de weerstand van de deklaag te verminderen afhankelijk van de afgegraven dikte.

3 GRONDWATERMODELLERING

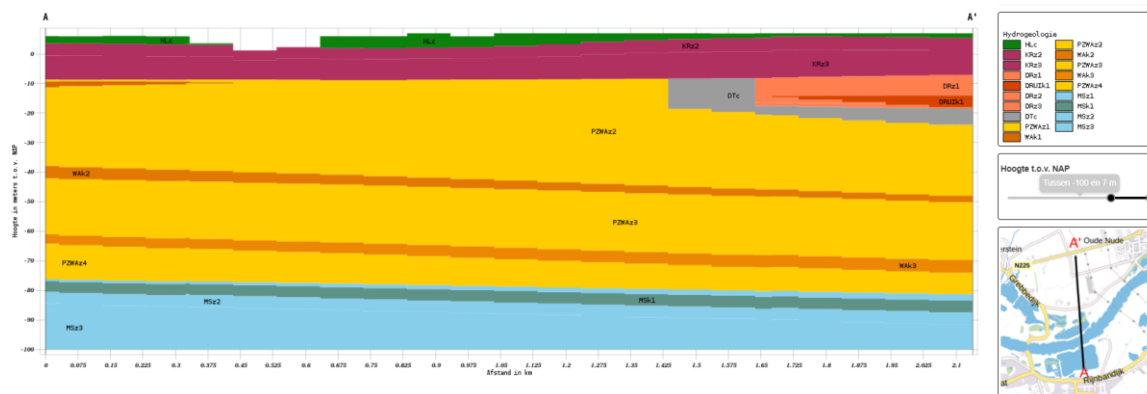
3.1 Geohydrologische uitgangspunten

In dit onderzoek zijn meetgegevens die de grondwaterhuishouding rondom de Grebbedijk beïnvloeden verzameld en geanalyseerd (Geohydrologische uitgangspuntennota, 26 augustus 2022). De verzamelde gegevens bestaan uit:

- grondwaterwinningen voor drinkwater en industriële doeleinden;
- maaiveldhoogte;
- vigerende zomer- en winterpeilen van de watergangen;
- rivierpeil van de Nederrijn;
- bodemonderzoek ingedeeld voor de verschillende deellocaties uit het voorkeursalternatief;
- grondwaterstanden ingedeeld voor de verschillende deellocaties uit het voorkeursalternatief;
- verticale flux op basis van peilbuizen met een dubbel filter voor de verschillende deellocaties uit het voorkeursalternatief.

In Afbeelding 3.1 is de geologie vanaf de Nederrijn naar het achterland van de Grebbedijk weergegeven. De Grebbedijk is gelegen tussen de stuwwallen van de Utrechtse Heuvelrug en de Veluwe. De deklaag tussen de stuwwallen in behoort tot de Holocene afzettingen en met een sterke plaatselijke variatie tussen klei en veen, met plaatselijk zandige lagen. De veen- en komgronden zijn ontstaan nadat het landijs zich na de ijstijd heeft teruggetrokken. Onder de deklaag bevindt zich de zandige Formatie van Kreftenheye. Meer naar het achterland toe komt de Formatie van Drenthe voor die bestaat uit zand van glaciële en fluvoflaciële afzettingen. De gestuwde afzettingen van de stuwwallen zijn rond die diepte eveneens te vinden. De onderliggende formatie is die van Peize en Waalre die voornamelijk is opgebouwd uit zandige fluvatiele afzettingen.

Afbeelding 3.1 Regionale bodemopbouw REGIS II v2.2



3.2 Grondwatermodel

In de omgeving van de Grebbedijk is het regionale grondwatermodel AZURE versie 1.0.4 bèta beschikbaar. Dit model is gebaseerd op de gekalibreerde versie AZURE 1.0.3. Een uitsnede van het model is gemaakt ten behoeve voor het project (Modelrapportage AZURE, 12 juli 2023). In dit deelmodel is een actualisatie van uitgangspunten en verbeteringen doorgevoerd. Dit zijn:

- ondergrondse barrières (HFB). In de Modelrapportage AZURE (12 juli 2023) staat opgenomen dat de bestaande verticale schermen niet opgenomen zijn omdat dit numerieke instabiliteit gaf. In de Effectrapportage Ontwerploop 2 geohydrologie (16 augustus 2024) is succesvol een nieuwe poging gedaan om de damwanden, kwelschermen en kistdam op te nemen in het gebruikte referentiemodel;
- buisdrainage is in de kruin van de dijk toegevoegd, waarmee tijdens hoogwatersituatie grondwater afgevoerd wordt;

- ontbrekende grondwateronttrekkingen zijn toegevoegd en het onttrokken debiet is verfijnd per tijdseenheid indien aanvullende gegevens beschikbaar zijn;
- de deklaagweerstand van de eerste modellaag is op basis van nieuwe boringen en sonderingen geïnterpoleerd en in het model verwerkt;
- oppervlaktewaterpeil van de Nederrijn. In AZURE model versie 1.0.4 bèta zit een fout in het oppervlaktewaterpeil. Deze fout is gecorrigeerd. Hierdoor zakt het rivierpeil niet langer plotseling uit.

Na de aanpassingen aan het model is het verbeterde uitsnedemodel gevalideerd (Modelrapportage AZURE, 12 juli 2023). Hiervoor is gebruik gemaakt van de peilbuizen van DINOluket en de peilbuizen van het monitoringsnetwerk opgezet voor de Grebbedijk. Uit de validatie volgt dat de actualisatie van modeluitgangspunten en de verbeteringen de modelafwijkingen verkleinen. Over het algemeen kan de freatische grondwaterstand en de stijghoogte rondom de Grebbedijk in de Gelderse Vallei goed gemodelleerd worden en is de afwijking veelal kleiner dan 20 cm. Nabij de stuwwallen (Wageningse Berg en Grebbeberg) neemt de modelprestatie af. Samen met waterschap Vallei & Veluwe is besloten dat de modelprestatie rondom de dijk en beoogde natuuropgaven, en dus in het interessegebied voldoende is en de afwijkingen ter plaatse van de stuwwallen minder relevant zijn.

4 EFFECTENBEOORDELING EN CONCLUSIE

4.1 Effectbeoordeling Geohydrologie

Met het gevalideerde grondwatermodel zijn de effecten van relevante maatregelen zoals verticale wanden, KRW-geul en de Kamsalamanderpoelen op de geohydrologie berekend. In het rapportage Effectrapportage Ontwerploop 2 geohydrologie (16 augustus 2024) zijn deze opgenomen. Vervolgens zijn de berekende effecten getoetst voor diverse thema's genoemd in Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Effectbeoordeling geohydrologie (Effectrapportage Ontwerploop 2 geohydrologie, 16 augustus 2024)

Thema	Conclusie beoordeling	Toelichting
Funderingen en zettingen	Uit nader onderzoek volgt dat het risico voor funderingen en op zettingen klein is.	Op basis van boringen in de omgeving kan het dalen van de freatische grondwaterstand de consolidatieprocessen van de deklaag voortzetten. Hierdoor kunnen zettingen niet uitgesloten worden. De GLG daalt in totaal bij 6 panden ter hoogte van de Blauwe Kamer, 10 panden in het westelijke gedeelte van de landelijke dijk en 3 panden in de Plasserwaard. Het effect op funderingen is nader onderzocht.
Grondwateronttrekkingen	Er zijn geen negatieve effecten te verwachten.	Op basis van de grote afstand en de relatief beperkte verandering van de grondwaterstand worden geen negatieve effecten verwacht voor de drinkwaterwinningen in de omgeving van de Grebbedijk.
Grondwateroverlast ter plaatse van gebruiksfuncties, zoals woningen en gebouwen en wegen	Ter plaatse van twee panden neemt de GHG toe, en voor de rest af. Uit de beoordeling volgt dat er waarschijnlijk geen negatieve effecten te verwachten zijn. Ter plaatse van wegen worden geen negatieve effecten verwacht.	De ontwateringsdiepte voor beide gebruiksfuncties (bebouwing en secundaire wegen) bedraagt 0,7 m beneden maaiveld. De ontwateringseis van 0,7 m wordt voor de panden bij een stijging van de GHG nog steeds gehaald. Op een klein gebiedje van 25 bij 25 meter nabij de kruising tussen de Wageningse Afweg en de Grebbedijk wordt de ontwateringseis niet gehaald. Door een GHG-stijging van 0,1 m verkleind de ontwateringseis naar 0,5 m-mv. Het is de verwachting dat deze zeer lokale ontwateringsdiepte niet leidt tot negatieve effecten.
Hoogspanningsmasten	Er zijn geen negatieve effecten te verwachten.	Ter plaatse van de hoogspanningsmasten zijn geen grondwatereffecten berekend.

Thema	Conclusie beoordeling	Toelichting
Landbouw	De toename van de GHG wordt berekend in een smalle zone langs de dijk tot ongeveer 50 a 75 meter vanaf de dijk. Dit zorgt ervoor dat de zuurstofstress wordt verergert. Als gevolg neemt de productie op deze locaties af tot maximaal 7,9 % door de dijkversterking en de natuuropgaven.	In het westelijke deel van de Plasserwaard neemt binnendijks de freatische grondwaterstand af tot maximaal 20 cm. In het oostelijke gedeelte van de Plasserwaard neemt de grondwaterstand aan de binnendijkse zijde toe met maximaal circa 30 cm. De berekende grondwatereffecten zijn vervolgens doorgerekend met het programma WaterWijzer Landbouw (WWL).

De beoordeling van de grondwaterstandseffecten voor archeologie, natuur en dijkstabiliteit zijn separaat opgenomen in de Milieueffectrapportage fase II (17 september 2024) vanwege de omvang van deze onderzoeken. De beoordeling van de grondwatereffecten op deze thema's is beschreven in par. 4.1.1, 4.1.2 en 4.1.3.

4.1.1 Effectbeoordeling grondwatereffecten op archeologie

Het aanbrengen van pipingmaatregelen en damwanden leidt in het landelijke gebied tot lichte wijzigingen in de gemiddeld laagste grondwaterstand. Het gemiddeld laagste peil binnendijks ter hoogte van de Blauwe Kamer ligt rond de 6 m NAP. Dit is onder het archeologisch relevante niveau (op een diepte tussen NAP 7,0 en 7,6 m en plaatselijk wat dieper (tot 6,4 m NAP), waardoor geen (grote) effecten op archeologische sporen en resten te verwachten zijn Milieueffectrapportage fase II (17 september 2024).

4.1.2 Effectbeoordeling grondwatereffecten op dijkstabiliteit

De effecten (zowel een verhoging als verlaging) op de grondwaterstand onder dagelijkse omstandigheden zijn beschouwd in het ontwerp van de dijkversterking. Ook de dijkstabiliteit tijdens extreme omstandigheden is beoordeeld. Bij deze extreme omstandigheden hebben de effecten van de grondwaterstand geen gevolgen voor dijkveiligheid omdat deze effecten in het ontwerp zijn meegewogen. De onderbouwing hiervoor staat in de technische ontwerpdocumenten.

Aanvullend zorgt een toename van de stijghoogte in deze extreme situatie niet voor een groter negatief effect op het gebied van opbarsten. In de huidige extreme situatie (bij een hoge buitenwaterstand) zal namelijk al opbarsting van de deklaag binnendijks optreden.

4.1.3 Effectbeoordeling grondwatereffecten op natuur

Ter plaatse van de Blauwe Kamer wordt in een smalle zone langs de dijk van ongeveer 50 - 100 meter een verhoging van de GHG berekend. De berekende buitendijkse verhoging tijdens GHG is vooral omdat dan een grondwaterstroom is (door een relatief hoge buitenwaterstand) richting het achterland (Gelderse Vallei) en die stroom wordt door damwanden deels onderbroken waardoor een verhoging van de GHG optreedt aan de stroomopwaartse kant van de damwand en een daling aan de stroomafwaartse kant. Deze verhoging en effecten op andere locaties zijn opgenomen in de beoordeling natuur. Effecten van verdroging of vernatting hangen af van de grondwaterstand in de huidige situatie (voor de werkzaamheden) en de gevoeligheid van de vegetatie die lokaal voorkomt. In de natuurtoetsing zijn de effecten van het verschil in Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) en de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) beoordeeld. Hoewel de GLG en GHG op sommige locaties verandert door de dijkversterking, wordt geen van de beschermde natuurwaarden hierdoor aangetast (Milieueffectrapportage fase II, 17 september 2024).

4.2 Gevoeligheidsanalyse effecten

Aan de hand van een gevoeligheidsanalyse is de invloed van een aantal parameters op de berekende effecten van de dijkversterking en natuuropgaven van de Grebbedijk inzichtelijk gemaakt (Gevoeligheidsanalyse, 29 augustus 2024). Dit is onderzocht voor de parameters:

- **horizontale anisotropie:** in de gestuwde afzettingen rondom de Grebbedijk wordt de stroming in de horizontale richting beïnvloed door scheef gestelde lagen in het gestuwde complex. In het grondwatermodel is dit geparametriseerd door de hoek en een factor op te nemen. De hoek weergeeft de preferabele stroomrichting van het grondwater aan en de factor de sterkte van de anisotropie aan. Binnen dit project wordt met anisotropie niet de verhouding tussen horizontale en verticale doorlatendheid binnen een grondlaag bedoeld. De horizontale anisotropie is aangepast met een factor 1,1 waardoor het model meer isotroop wordt (0 is anisotroop en 1 is volledig isotroop). De aanpassing is voor de factor van de anisotropie in modellaag 1 en 2 doorgevoerd. Dit betreft beide Holocene lagen;
- **geleiding (conductance) van de KRW-geul:** een waarde van $625 \text{ m}^2/\text{d}$ (of een bodemweerstand van $1 \text{ dag}/\text{m}^2$) is in het effectenmodel aangehouden dat overeenkomt met dat van de Nederrijn. De geleiding van de geul is aangepast in de analyse met een aantal factoren: 0,5, 1,1 en 2,0

Uit de analyse volgt dat de berekende effecten plaatselijk gevoelig zijn voor veranderingen aan de anisotropie en ongevoelig zijn voor de geleiding van de KRW-geul (Gevoeligheidsanalyse, 29 augustus 2024). De grootste verandering door de anisotropie wordt berekend langs de dijk, omdat hier sporadisch waarden van anisotropie zijn opgenomen. De berekende effecten worden hierdoor kleiner dan voorheen aangenomen in Effectrapportage Ontwerploop 2 geohydrologie (16 augustus 2024). De effecten bevinden zich dus aan de bovenzijde van een veilige bandbreedte van realistisch effecten. Daarmee de verwachting dat de effecten berekend in Effectrapportage Ontwerploop 2 geohydrologie (16 augustus 2024) als realistisch kunnen worden geacht.

4.3 Conclusie en aanbeveling

Op basis van de geohydrologische onderzoeken zijn de effecten minimaal. Geadviseerd wordt om de bestaande peilbuizen in het gebied te behouden en de grondwatermonitoring meerjarig voort te zetten om hiermee de gebiedsontwikkelingen te monitoren (Milieueffectrapportage fase II, 17 september 2024).