NATURA 2000-GEBIED DINKELLAND

Oppervlaktewatersysteem rond Achter de Voort, Agelerbroek & Voltherbroek

7 september 2021

Contactpersoon

JEROEN BEUSEKER
Sr. Projectleider Waterbeheer

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 33
6800 LE Arnhem
Nederland

Inhoudsopgave

1 Inleiding 5
1.1 Achtergrond en doel 5
1.2 Aanpak 5
1.3 Projectgroep en proces 6
1.4 Leeswijzer 6
2 Afbakening en uitgangspunten 7
2.1 Ligging interessegebied 7
2.2 Kenmerken studiegebied 7
2.3 Beschikbare (meet)gegevens 8
2.4 Toelichting gehanteerde methodieken 9
2.4.1 Uitwerking in analyses 9
2.4.1.1 Stationaire afvoersituaties 9
2.4.1.2 Modelonderdelen 9
2.4.1.3 Inundatie en controle NBW-knelpunten 9
2.4.1.4 Normopvulling 10
2.4.1.5 Gevoeligheidsanalyse begroeiingsweerstand 10
2.4.2 Gehanteerde uitgangspunten, randvoorwaarden en toetsingscriteria 10
3 Referentiesituatie 12
3.1 Afvoeren 12
3.2 Stroomsnelheden en waterdiepte 12
3.3 Waterstanden, inundatie en overlastlocaties 13
4 Detaillering maatregelen 14
4.1 Opheffen detailontwatering 14
4.2 Aanpassingen profielen waterlopen 15
4.3 Aanpassingen kunstwerken 15
5 Effecten herstelmaatregelen 16
5.1 Inundaties en NBW-knelpunten 16

5.2 Locaties normopvulling 18
5.2.1 Afvoer benedenstrooms Weerselo 19
5.3 Stroomsnelheden en waterdiepte 20

6 Literatuurlijst 21

6.2 Totstandkoming van het eindscenario 59
6.3 N2000 AVAV ontwerp maatregelen 59
6.4 Aanpassingen in model 62

Colofon 79

1 Inleiding

Voor u ligt het hydrologische achtergronddocument ‘Natura 2000 Dinkelland, oppervlaktewatersysteem rond Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek (d.d. 23 augustus, versie 00). Het is in opdracht van de provincie Overijssel opgesteld door Arcadis. Het document met de resultaten vormt de basis voor de grondwaterberekeningen en (daarmee) de uitwerkingen van de maatregelen en effecten bij het inrichtingsplan. Het betreft een eindconcept, het wordt langs deze weg ter toetsing voorgelegd aan de betrokkenen, en na verwerking van de commentaren tot een definitief rapport gemaakt.

1.1 Achtergrond en doel

De provincie Overijssel staat aan de lat voor de realisatie van de Natura 2000-gebieden in Overijssel. Hiervoor zijn per Natura 2000-gebied zogeheten gebiedsanalyses opgesteld. In de gebiedsanalyse zijn de doelen en beoogde herstelmaatregelen op hoofdlijnen omschreven waarna ze verder zijn uitgewerkt in de beheerplannen (Provincie Overijssel en Ministerie van Economische, 2016).

De opgenomen herstelmaatregelen hebben een directe relatie tot het grond- en oppervlaktewatersysteem. Om de stap naar een inrichtingsplan te maken, moeten de maatregelen verder geconcretiseerd worden en effecten van de maatregelen worden vastgesteld. Dit vereist hydrologische detaillering van de maatregelen met uitwerking van bijbehorende effecten. Het navolgende rapport voorziet hierin voor het oppervlaktewatersysteem. Hiermee is het doel van deze studie:

1. detailleren van de maatregelen in het oppervlaktewatersysteem;
2. kwantificeren van de oppervlaktewatereffecten van de herstelmaatregelen.

Dit rapport beschrijft de huidige situatie, herstelmaatregelen met de bijbehorende effecten. De effecten in het oppervlaktewater zijn getoetst aan het relevante beleid. Daarnaast zijn de berekende waterpeilen de input voor de grondwaterberekeningen. Deze zijn aangeleverd en waar nodig afgestemd met de modelleurs van Royal Haskoning DHV. De effecten op het grondwater maken geen onderdeel uit van deze rapportage. Deze zijn in een separate rapportage uitgewerkt, waarbij tevens is beoordeeld of de Natura 2000-doelen in het Natura 2000-gebied worden behaald.

1.2 Aanpak

Om de maatregelen te detailleren en effecten op het oppervlaktewatersysteem te kwantificeren, is inzicht in het systeem vereist. Hiervoor is gebruik gemaakt van analyses en het oppervlaktewatermodel SOBEK om de waterstanden, drooglegging, stroomsnelheden, debieten en inundaties vast te stellen. Meer concreet zijn hiervoor de navolgende werkstappen doorlopen:

1. Gegevensinventarisatie, zie bijlage A (gebiedsbeschrijving en beschikbare gegevens);
2. Ontwikkeling SOBEK oppervlaktewatermodel (SOBEK2.12, flowmodule en RR module), zie bijlage B (modelbouw);
3. Vaststellen referentiesituatie, zie bijlage C (huidige situatie);
4. Detaillering maatregelen, zie bijlage D (detaillering waterlopen en kunstwerken);
5. Effectbepaling, zie hoofdstuk 5 en de kaartbijlage;
6. Gevoeligheidsanalyse, zie bijlage E.

Het ontwikkelde model is opgesteld aan de hand van de beschikbare meet- en veldgegevens. De gehanteerde methodieken zijn toegelicht in bijlage B Modelinstrumentarium. De modeluitkomsten zijn geverifieerd door gebieds-kenners van de waterschappen en terrein beherende instanties en waar nodig verder geoptimaliseerd. De droog-leggingskaarten, zoals opgenomen in bijlage D, zijn hiervoor de belangrijkste verificatiedocumenten geweest. Op basis van de uitgevoerde berekeningen is gezamenlijk geconcludeerd dat het model voldoende betrouwbaar en nauwkeurig is om de benodigde resultaten te genereren en daarmee bruikbaar is voor de onderbouwing van de maatregelen en effecten bij het inrichtingsplan.

1.3 Projectgroep en proces

Het rapport is tot stand gekomen in nauwe samenwerking met de leden van de projectgroep. Deze bestaat uit gebiedsadviseurs en inhoudelijke specialisten (hydrologen en visexperts) van onder andere de gemeente Dinkelland, provincie Overijssel, waterschap Vechtstromen, LTO en Staatsbosbeheer.

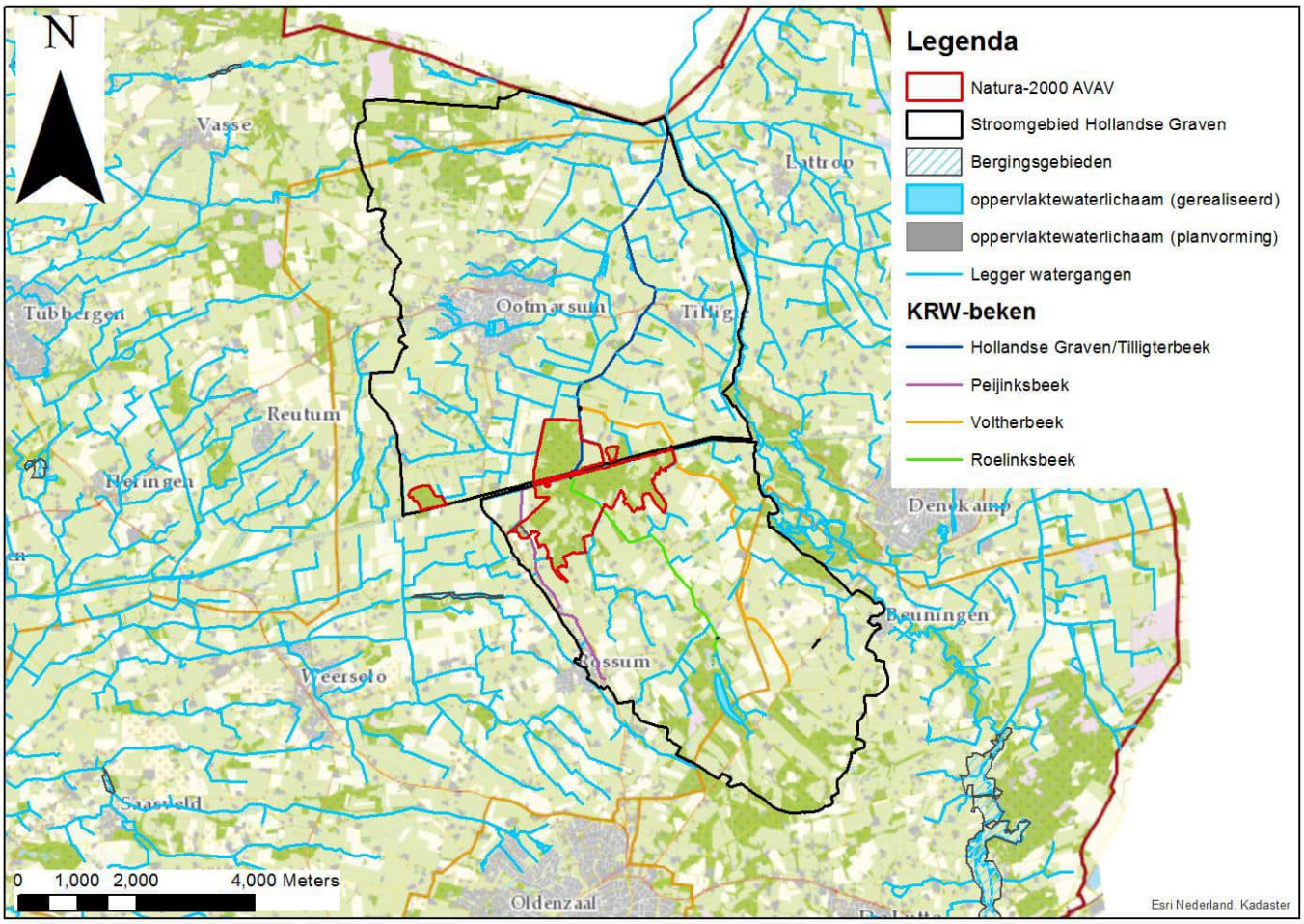
1.4 Leeswijzer

Om tot herleidbare resultaten te komen, die aansluiten op de wensen van het gebied, zijn in hoofdstuk 2 de afbakening, gehanteerde methodieken en randvoorwaarden en uitgangspunten beschreven. Tezamen met bijlage A Gebiedsbeschrijving (systeemkennis en gebruikte basisgegevens) en de modelopbouw (input en methodieken), is dit de basis onder de uitwerkingen. Hoofdstuk 3 en bijlage C beschrijven de huidige situatie. Deze is gebruikt om de knelpunten te kwantificeren en vormt de referentiesituatie waaruit de effecten zijn afgeleid. In hoofdstuk 4 is het maatregelenpakket toegelicht en zijn de maatregelen verder uitgewerkt (zie ook bijlage D). De effecten van deze maatregelen zijn beschreven in hoofdstuk 5. De effecten zijn getoetst aan het vigerend beleid met als belangrijkste de stroomsnelheden (vispassage en erosie). Tevens is inzichtelijk gemaakt waar normopvulling optreedt.

2 Afbakening en uitgangspunten

2.1 Ligging interessegebied

Het Natura-2000 gebied Agelerbroek en Voltherbroek ligt in de gemeente Dinkelland ca. 5 km ten noorden van Oldenzaal en 1,5 km ten zuiden van Ootmarsum. Het gebied wordt aan de oostzijde begrenst door de Voltherbeek en aan de westzijde door de Peijinksbeek en het Vree. De Roelinksbeek en de Hollandse Graven/Tilligterbeek stromen dwars door het gebied. Achter de Voort ligt los van het Agelerbroek en Voltherbroek. Dit gebied wordt aan de zuidzijde begrenst door het kanaal Almelo Nordhorn. Het gebied inclusief Achter de Voort is ca. 320 ha groot.



Figuur 1 Ligging van Natura-2000 gebied Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek binnen het stroomgebied.

2.2 Kenmerken studiegebied

In Bijlage A staat een uitgebreide beschrijving van de kenmerken in het studiegebied met toelichting van de beschikbare basisinformatie. De belangrijke kenmerken zijn navolgend opgesomd. Ten aanzien van Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek geldt het volgende:

- Het Natura-2000 gebied Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek (AVAV) valt binnen het stroomgebied van de Hollandse Graven en Tilligterbeek;
- Het studiegebied ligt binnen 5 stroomgebieden, de Hollandse Graven, Het Vree, Voltherbeek, Roelinksbeek en de Peijinksbeek. Het totale stroomgebied oppervlak is 6.079 hectare;
- De voornaamste landgebruiksfunctie is agrarisch grasland en maïs. Natuur in de omgeving bestaat uit loofbos, sterk vergraste heide en moerasvegetatie;
- De bodem in het laaggelegen beekdal bestaat voornamelijk uit kleiïige beekdalgronden op fijn zand en hoge bruine of zwarte enkeerdgronden. De meer hoger gelegen delen van het gebied worden gekenmerkt door lemig fijn

zandige veldpodzolgronden of beekeerdgronden. In de hogere delen van het gebied is meer infiltratie, waardoor hier minder inundatie optreedt dan in het lagere beekdal.
- Door het hoogteverschil is er ook veel variatie in de ontwateringsdiepte. In de hoge zandige delen kan het water grotendeels infiltreren en komt vertraagt via korte grondwaterstromingen tot afvoer. Hierdoor reageert het systeem snel op neerslagpieken.;
- het Natura-2000 gebied voornamelijk grondwatertrap II of III voorkomt. Op de hoger gelegen gebieden met ondiep keileem is vooral sprake van grondwatertrap V. De grondwaterstanden in het gebied zijn daarmee relatief ondiep maar kunnen in hogere delen diep wegzakken;
- In 1998 is een extreem natte situatie voorgekomen. In Bijlage A7 is een kaart weergegeven van een inventarisatie op basis van ervaringen in het gebied en luchtfoto's. Tijdens deze situatie was er met name inundatie vanuit de Peijinksbeek. Deze inventarisatie is in deze studie gebruikt voor verificatie van het oppervlaktewatermodel;
- De Roelinksbeek kruist het kanaal middels een onderleider. Deze onderleider is sterk verzand en vervuild. Een van de maatregelen in de toekomstige situatie is om deze onderleider om deze reden niet meer te gebruiken en een alternatieve route voor de afvoer te ontwerpen.

2.3 Beschikbare (meet)gegevens

Voor de opbouw van het model zijn de volgende (meet)gegevens gebruikt en vertaald naar een SOBEK-model. Een uitgebreide beschrijving van de modelbouw is te lezen in Bijlage B. Belangrijke meetgegevens zijn onderstaand opgesomd:

- Afvoervakken
- Afwateringseenheden
- Bodemvallen
- Bruggen
- Duikers
- Gemeten profielen
- Putten
- Stuwen
- Waterlopen legger
- Bodemkaart
- Oppervlaktewatermeetpunten
- Stroomgebied
- Meetgegevens Hollandergraven Ottershagenweg
- Meetgegevens Huttenweg
- Meetgegevens Roelinksbeek
- Meetgegevens Voltherbeek
- Meetgegevens Peijinksbeek
- Meetgegevens Wolboersleiding
- Meetgegevens Roderveld
- Afvoercoëfficiënten Vechtstromen

2.4 Toelichting gehanteerde methodieken

2.4.1 Uitwerking in analyses

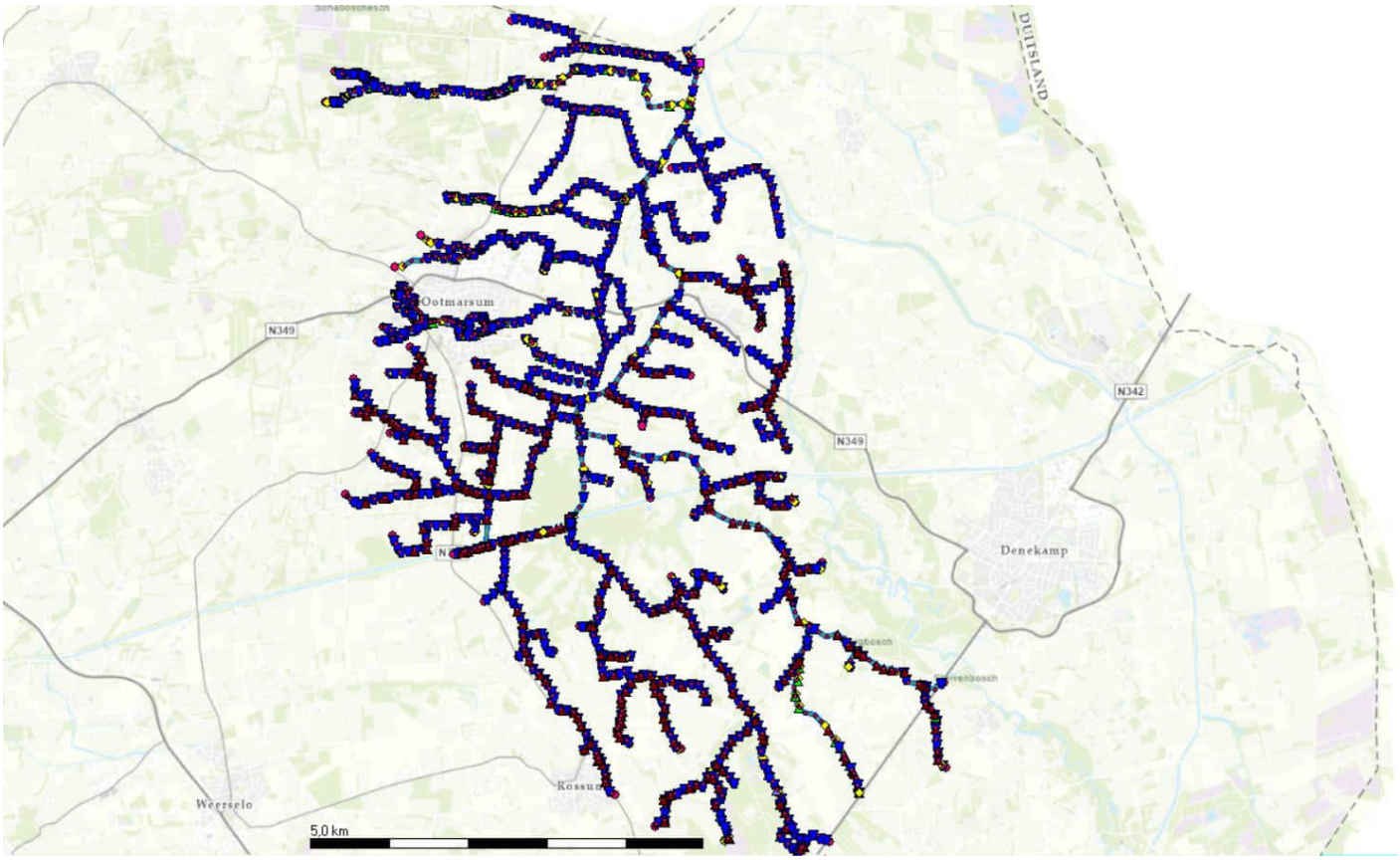
2.4.1.1 Stationaire afvoersituaties

In afstemming met het waterschap is ervoor gekozen om de semi-stationaire methode toe te passen. De semi-stationaire methode houdt in dat er een constante afvoerhoeveelheid op de watergangen wordt gezet door middel van 'laterals' (knooppunten aan de watergangen in het SOBEK-model). De laterals zijn gekoppeld aan de beschikbare afwaterende eenheden en bevatten het oppervlak van deze afwaterende eenheden.

2.4.1.2 Modelonderdelen

Het model bestaat uit verschillende onderdelen:
- watergangen met dimensies en weerstanden;
- laterals met oppervlaktes van afwateringseenheden in combinatie met een afvoerverwijzing;
- stuwen met dimensies en weerstanden;
- duikers met dimensies en weerstanden;
- bruggen met dimensies en weerstanden.

Een overzicht van het model is weergegeven in onderstaande Figuur.



Figuur 2 Modelnetwerk in SOBEK

2.4.1.3 Inundatie en controle NBW-knelpunten

Met het model worden waterstanden in de watergangen berekend voor verschillende afvoersituaties. Vanuit deze waterstanden is bepaald waar inundatie optreedt en wat de drooglegging is. Daarvoor is een relatie gelegd met de hoogtekaart (AHN3). Daar waar de waterstand hoger is dan het maaiveld treedt inundatie op. Hiervoor worden drie stappen doorlopen:
1. De puntgegevens met waterstanden worden geïnterpoleerd tot een vlakdekkend raster.
2. Met de ArcGIS-tool Topo2Raster zijn de geïnterpoleerde waterstanden afgetrokken van de maaiveldhoogte.
3. Inundatielocaties die niet direct in contact staan met de watergang zijn uit het inundatierasterbestand gefilterd (o.a. kades en wallen). Inundatie die niet in verbinding staat met een watergang, bijvoorbeeld door tussenliggende dammen of hoge ruggen, is weggefilterd.

Inundatie is bepaald door de eendimensionale rekenresultaten te interpoleren binnen de afwaterende eenheden. Het verschil tussen deze interpolatie en een maaiveldraster bepaalt de inundatiediepte. Op basis hiervan zijn inundaties bepaald voor een T1, T10, T25 en T100 afvoergebeurtenis. De normeringskaart van Vechtstromen heeft ook T50

normering, maar dit komt niet voor binnen het studiegebied en is daarom buiten beschouwing gelaten. In Bijlage C is voor het interessegebied een inundatiekaart weergegeven en een drooglegginsgskaart.

2.4.1.4 Normopvulling

Als het inundatierisico verslechtert door actief ingrijpen (maatregelen), zonder normoverschrijding, is sprake van normopvulling. Gezien het beleid van Vechtstromen is normopvulling toegestaan, maar dient inzichtelijk gemaakt te worden en afgestemd met het gebied. Dit is uitgewerkt door de verandering van de berekende inundatiefrequenties huidige en toekomstige situatie te vergelijken voor verschillende afvoersituaties (T1, T10, T25 en T100). Wanneer het inundatierisico toeneemt, bijvoorbeeld van T100 naar T10 of T1 is er sprake van normopvulling. Neemt het risico af, dan is er sprake van een verbetering.

2.4.1.5 Extreme situaties

Extreme afvoeren op dag-basis zijn afgeleid met de statistische Gumbel-methode voor verschillende maatgevende situaties. Voor de meetpunten Ottershagenweg, Roelinksbeek, Voltherbeek en de Peijinksbeek zijn trendlijnen bepaald. De afgeleide afvoeren die in het model zijn opgelegd op basis van deze extreme afvoeren analyse zijn te lezen in Bijlage B in paragraaf B5 Maatgevende afvoeren en waterstanden.

2.4.1.6 Normale omstandigheden

Met afvoeren en waterstanden onder normale omstandigheden wordt een gemiddelde winter of zomersituatie bedoeld. Deze afvoeren en waterstanden zijn met name interessant in verband met de interactie met het grondwatersysteem omdat deze in belangrijke mate de ontwatering van het grondwatersysteem kunnen sturen. De normale omstandigheden die beschouwd zijn betreffen de zomer- en wintersituatie. De zomersituatie komt 10% van de zomerperiode voor of wordt onderschreden. De wintersituatie wordt 80 dagen per jaar bereikt of overschreden.

2.4.1.7 Modelvalidatie

Ter validatie van het model zijn de berekende waterstanden bij verschillende maatgevende afvoersituaties afgezet tegen de maatgevende gemeten waterstanden. In Bijlage B paragraaf B6 zijn de validatiegrafieken en -tabellen weergegeven. Met het model worden plausibele waterstanden berekend die goed overeenkomen met de metingen. Onderstaande tabel toont het verschil tussen de gemeten en gesimuleerde waterstanden. Bovenstrooms van de Roelinksbeek en de Voltherbeek is het verschil hoger in de zomersituatie dan op de andere punten. Dit is te verklaren omdat uit gegevens bekend is dat het peil in deze beken gedurende langere tijd onder streefwaarde ligt.

Situatie	Frequentie van voorkomen	Zijde	Otters-hagen-weg	Hutten-weg	Roelinks-beek	Volther-beek	Wolboers-leiding	Peijinks-beek
1/4 Q	Wordt 80 dagen per jaar bereikt of overschreden	Bov.	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.02
		Ben.	-0.06	-0.02	-0.04	-0.09		

2.4.2 Gehanteerde uitgangspunten, randvoorwaarden en toetsingscriteria

Bij de studie zijn verder de navolgende uitgangspunten aangehouden:

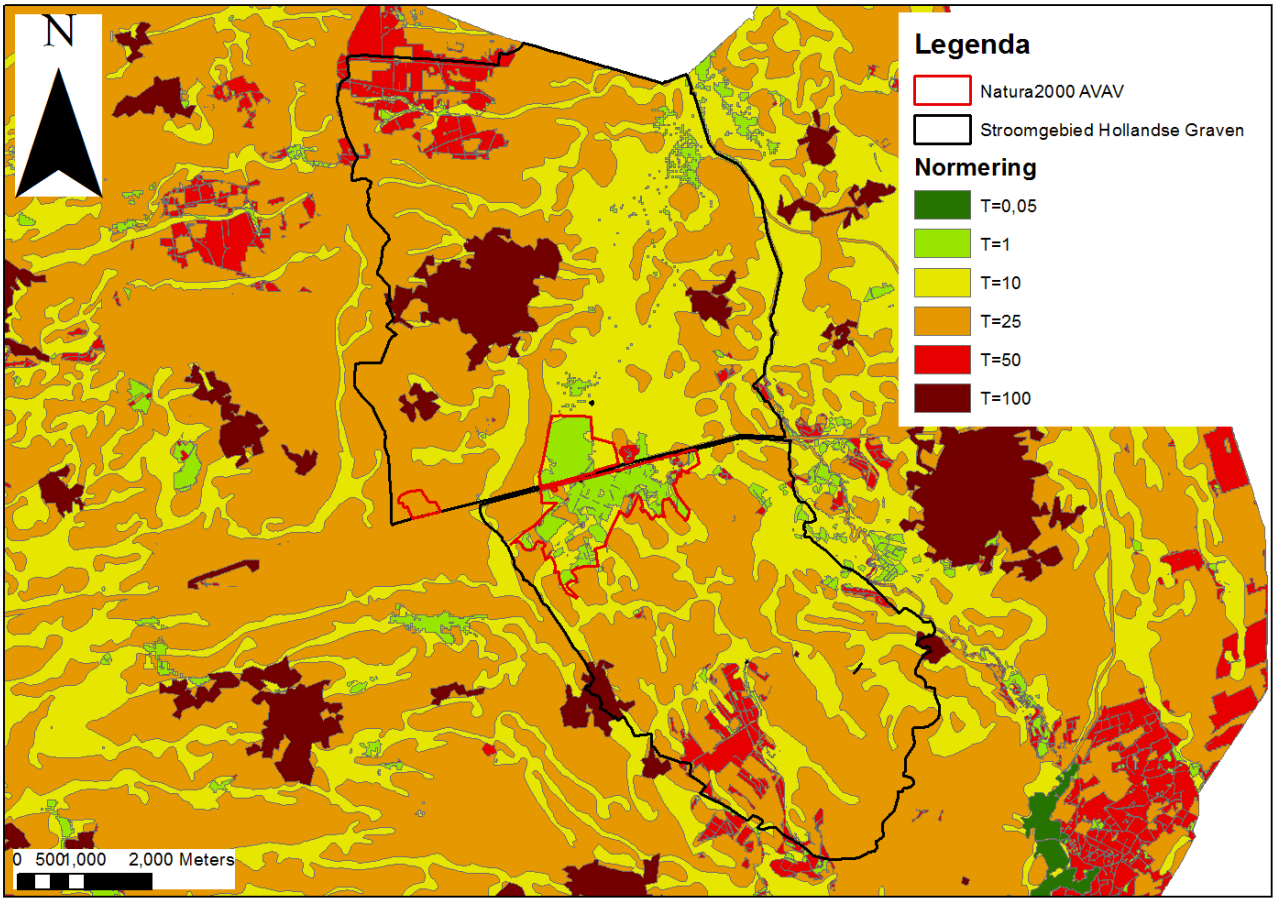
- De stromingsweerstand bedraagt voor de landbouwkundige watergangen Bos en Bijkerk 34 (winter) en 23 (zomer).
- In het ontwerp zijn vistrappen opgenomen. Het ontwerp is uitgewerkt tot het detailniveau, zodat deze in het model geschematiseerd kunnen worden. De keuze voor het type en de hydraulische dimensionering zijn getoetst bij visspecialisten van waterschap Vechtstromen en van Arcadis.
- Peilverloop in de watergangen is bepalend voor de grondwaterstanden. De rekenresultaten uit het oppervlaktewatermodel zijn voor de huidige situatie aangeleverd aan Royal Haskoning DHV voor deze berekeningen. Voor de zomersituatie is 1/100 maatgevende afvoer aangehouden met een stromingsweerstand van BB23. Voor de wintersituatie is 1/4 maatgevende afvoer aangehouden met een stromingsweerstand van BB34.

Bij de studie gelden de navolgende randvoorwaarden:

- Inundatie is pas een probleem als het ten opzichte van de norm een overschrijding betreft. De inundatievlekken zijn vergeleken met de normeringskaart om overlastlocaties vast te stellen. Figuur 3 toont de normeringskaart voor het gebied. Daarnaast is er getoetst aan de huidige functiekaart (LGN7, 2012).

Bij de studie zijn de navolgende toetsingscriteria aangehouden:
- Voor vispasseerbaarheid is het criterium dat de stroomsnelheden bij een wintersituatie tussen de 0,1 en 0,5 m/s moeten zijn. In een T1, T10 of T100 situatie mag de stroomsnelheid niet hoger zijn dan 0,6 m/s om erosie te voorkomen.

Ten aanzien van erosie is aangehouden dat bij een T1 neerslaggebeurtenis de stroomsnelheid niet mag stijgen tot boven 1,0 m/s binnen een watergang (Hydrologisch handboek Vechtstromen). Omdat deze kritische grens hoger ligt dan voor vismigratie is met name op het laatste punt gefocust bij de uitwerkingen.



Figuur 3: Normeringskaart inundaties in de omgeving van AVAV.

3 Referentiesituatie

Op basis van de uitgevoerde analyses en modelberekeningen is het hydrologische functioneren voor de huidige situatie in beeld gebracht. De resultaten zijn op kaarten uitgewerkt en opgenomen in bijlage C en geschikt bevonden om de knelpunten in de huidige situatie vast te stellen en als referentie aan te houden voor het bepalen van de effecten van de maatregelen.

3.1 Afvoeren

In het SOBEK-model zijn verschillende afvoersituaties doorgerekend en vergeleken met de meetpunten Ottershagenweg, Voltherbek, Peijinksbeek en de Roelinksbeek. De overschrijdingskans van de afvoerintensiteit bij deze punten is voor deze beschikbare meetpunten weergegeven in Bijlage C in paragraaf C3. Hieruit volgt:

- Het maximale debiet bij een overschrijdingskans van 0,001% varieert tussen de 1,7 m^3/s en 3,5 m^3/s;
- Bij de 0,1% overschrijdingskans varieert het debiet tussen de 1,0 m^3/s en 2,0 m^3/s;
- Er is een geleidelijke overgang van lage naar hoge afvoer bij Ottershagenweg. Het verschil tussen ‘normale’ afvoer en hoge afvoer in de bovenstroomse beken (Voltherbeek, Peijinksbeek en Roelinksbeek) is veel scherper.

3.2 Stroomsnelheden en waterdiepte

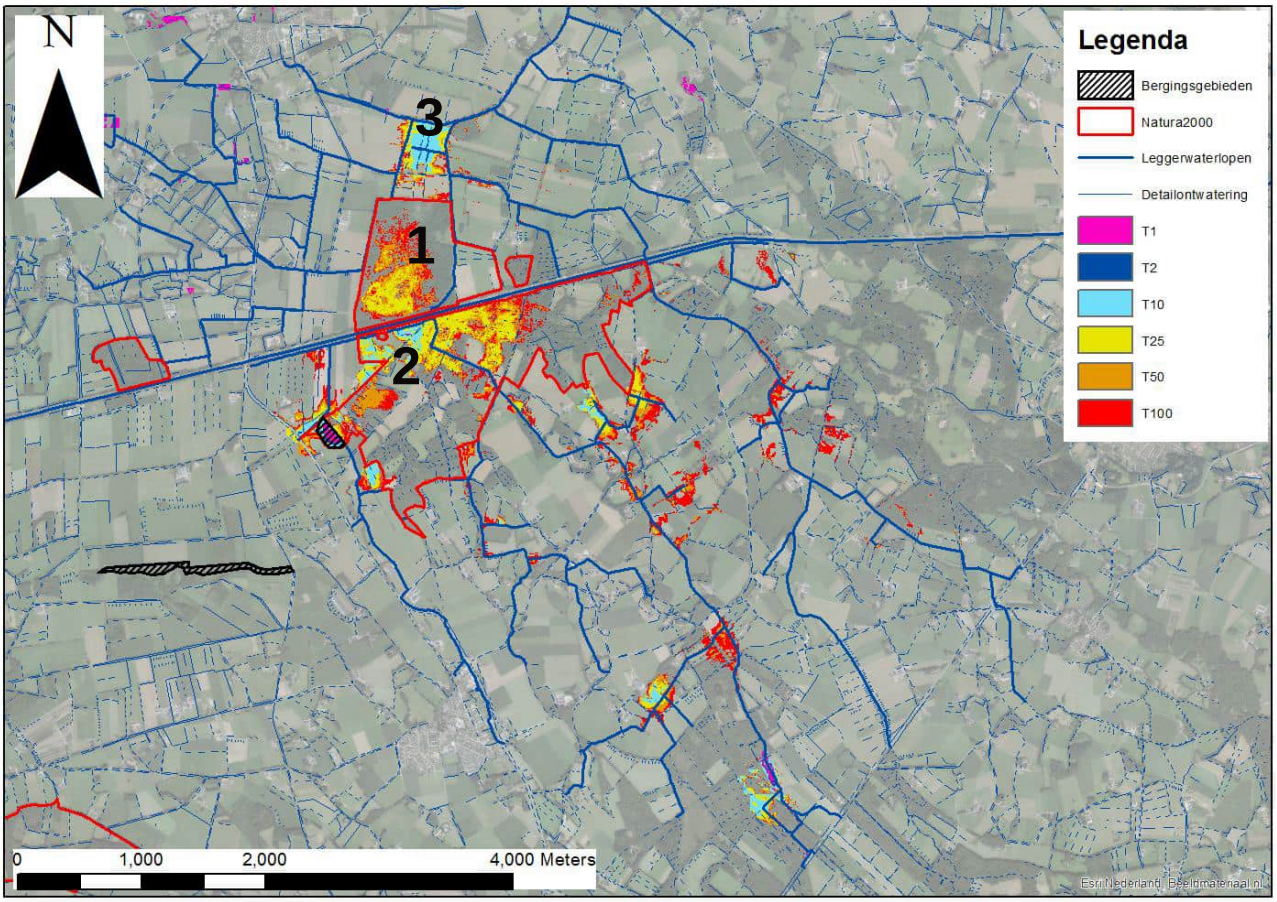
Stroomsnelheden zijn relevant voor de vispasseerbaarheid en de erosie. In de kaartenbijlage is voor het stroomgebied weergegeven wat de stroomsnelheid is in de wintersituatie en bij een T1 situatie. Hieruit volgt:

- In de zomersituatie is er binnen het interessegebied amper afvoer en is de stroomsnelheid dus 0 m/s;
- In de wintersituatie is voor een groot deel van de waterlopen ook maar een beperkte stroomsnelheid. Enkel, binnen het interessegebied, wordt in de Roelinksbeek, het Vree en Tilligterbeek op enkele plekken een hogere stroomsnelheid dan 0,1 m/s berekend;
- In T1-situaties is de stroomsnelheid in de Roelinksbeek en Tilligterbeek rond de 0,5 m/s. In de Voltherbeek ligt deze doorgaans rond de 0,3 m/s en in de Peijinksbeek 0,2 m/s;
- Het risico op bodemerosie bij de T1 stroomsnelheden is zeer beperkt.

3.3 Inundatie en overlastlocaties

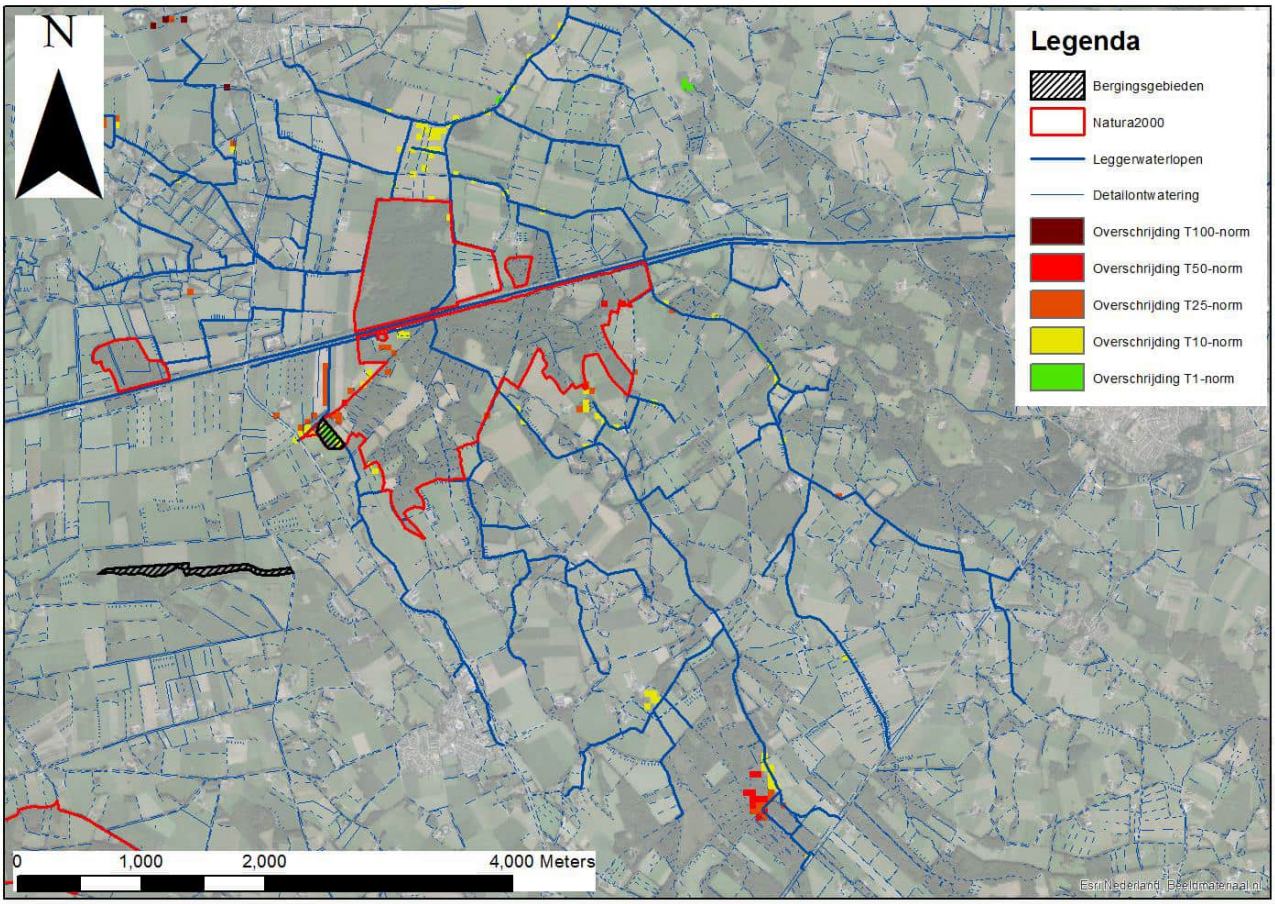
Met inundatie wordt hier bedoeld het onderlopen van het maaiveld als gevolg van het buiten zijn oevers treden van een watergang. Dit beeld is gemaakt op basis van de leggerwatergangen, dus de hoofdwatergangen en beken in het gebied. Er is geen informatie gebruikt over waterstanden in sloten of greppels. Figuur 4 is het inundatiebeeld voor het interessegebied gegeven. In het gebied treden inundaties op bij T10 situaties of extremer. Dit zijn de locaties die een kleine drooglegging hebben en deze zijn kwetsbaar. Daar waar het waterpeil ook nog veel stijgt, treedt inundatie op. In de figuur zijn nummers gegeven. De nummers worden hieronder besproken.

1. De peilstijging wordt hier geïnterpoleerd tussen de Peijinksbeek en het Vree. Van inundaties vanuit de beek is hier geen sprake, mogelijk wel van water op maaiveld doordat water niet weg kan stromen;
2. Met name bij de Wolboersleiding treden inundaties op. Het water dat afstroomt via de Peijinksbeek kan hier niet goed op de Roelinksbeek afstromen. Dit komt enerzijds door hoge peilen in de Roelinksbeek en anderzijds door de beperkte afvoercapaciteit van dit deel van de Wolboersleiding en de lange verduikering tussen de Wolboersleiding en de Roelinksbeek. Daarnaast zorgen enkele duikers in de Wolboersleiding voor extra opstuwing. Als gevolg van de beperkte afvoercapaciteit stijgt het peil en wordt water tijdelijk geborgen op maaiveld. De overlastlocaties bij T10-situatie komen tevens overeen met de benoemde knelpunten in paragraaf 0;
3. Er wordt inundatie berekent voor de huidige situatie en deze komen overeen met de bekende knelpunten in het gebied rond de Tilligterbeek;



Figuur 4: Inundaties bij afvoersituaties T1, T2, T10, T25 en T100.

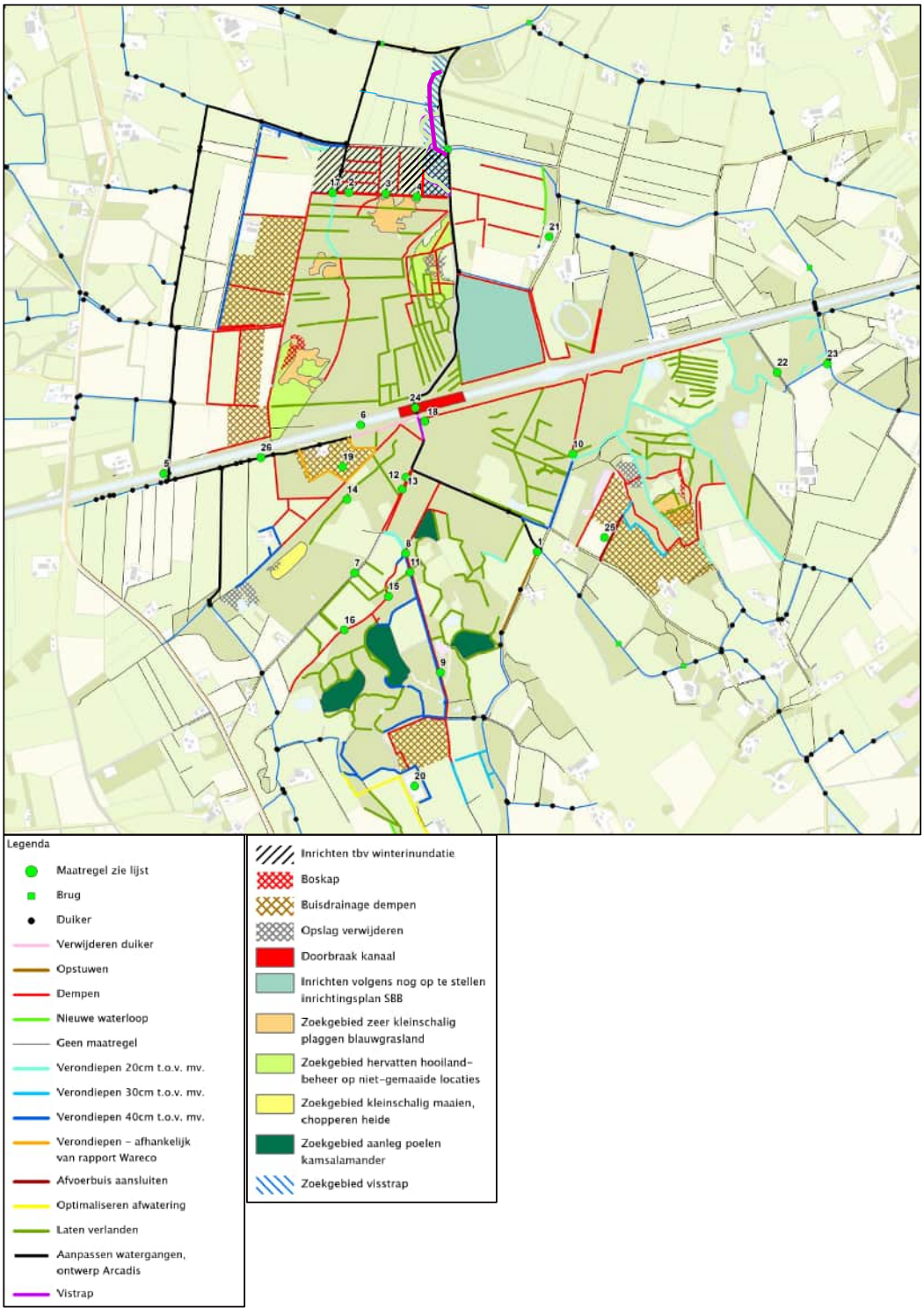
In Figuur 5 is de NBW-toets weergegeven op kaart. Dit kaartbeeld geeft weer waar er in het gebied niet aan de NBW-normering wordt voldaan. Als er bijvoorbeeld een inundatie op treedt bij een T10-situatie en de norm voor dat perceel is T10, dan wordt daar niet voldaan aan de norm. Op de kaart is dat dan met geel weergegeven. Op de kaart is te zien dat in het gebied nagenoeg helemaal aan de NBW-norm wordt voldaan. Er zijn kleine “vlekjes” waar niet aan de norm wordt voldaan maar het zijn over het algemeen geen grote delen van percelen en de laagste delen van het maaiveld.



Figuur 5: Toets NBW-normering wateroverlast/inundaties.

4 Detaillering maatregelen

In Bijlage D worden de maatregelen die zijn doorgevoerd in het oppervlaktewatermodel in detail toegelicht. Dit hoofdstuk geeft een korte toelichting. Onderstaande figuur toont de inrichtingsmaatregelen voor het gehele Natura-2000 gebied. De maatregelen zijn in Bijlage D per groene puntlocatie beschreven. In dit hoofdstuk worden de maatregelen aan het oppervlaktewatersysteem op hoofdlijnen beschreven.



Figuur 6 Overzicht maatregelen

4.1 Opheffen detailontwatering

Tertiaire watergangen en buisdrainage zijn niet opgenomen in het oppervlaktewatermodel en dus ook niet als maatregelen meegenomen in SOBEK. Dit effect is binnen het grondwatermodel doorgerekend.

4.2 Aanpassingen profielen waterlopen

In Bijlage D zijn de huidige en gewijzigde profielen opgenomen. Globaal geldt dat de navolgende aanpassingen van de profielen zijn doorgevoerd:

- Langs de Tilligterbeek wordt een vispassage gerealiseerd. De passage verbindt het tracé van de Tilligterbeek benedenstrooms van de Agelerbroekweg met het deel bovenstrooms van de Agelerbroekweg;
- De Tilligterbeek wordt verondiept en verbreed tussen de Agelerbroekweg en de Kanaalweg Noordzijde. Deze maatregel voorkomt dat er bovenstrooms van het N2000 gebied AVAV ongewenste wateroverlast optreedt door de verbreding en verminderd de afvoer van grondwater door de verondieping. De verondieping heeft een zeer positief effect op het Agelerbroek natuurgebied;
- Doordat er meer water afwatert richting de Peijinksbeek is het profiel vergroot tussen de nieuwe onderleider tot aan de kruising met de Steenmatenweg.

4.3 Aanpassingen kunstwerken

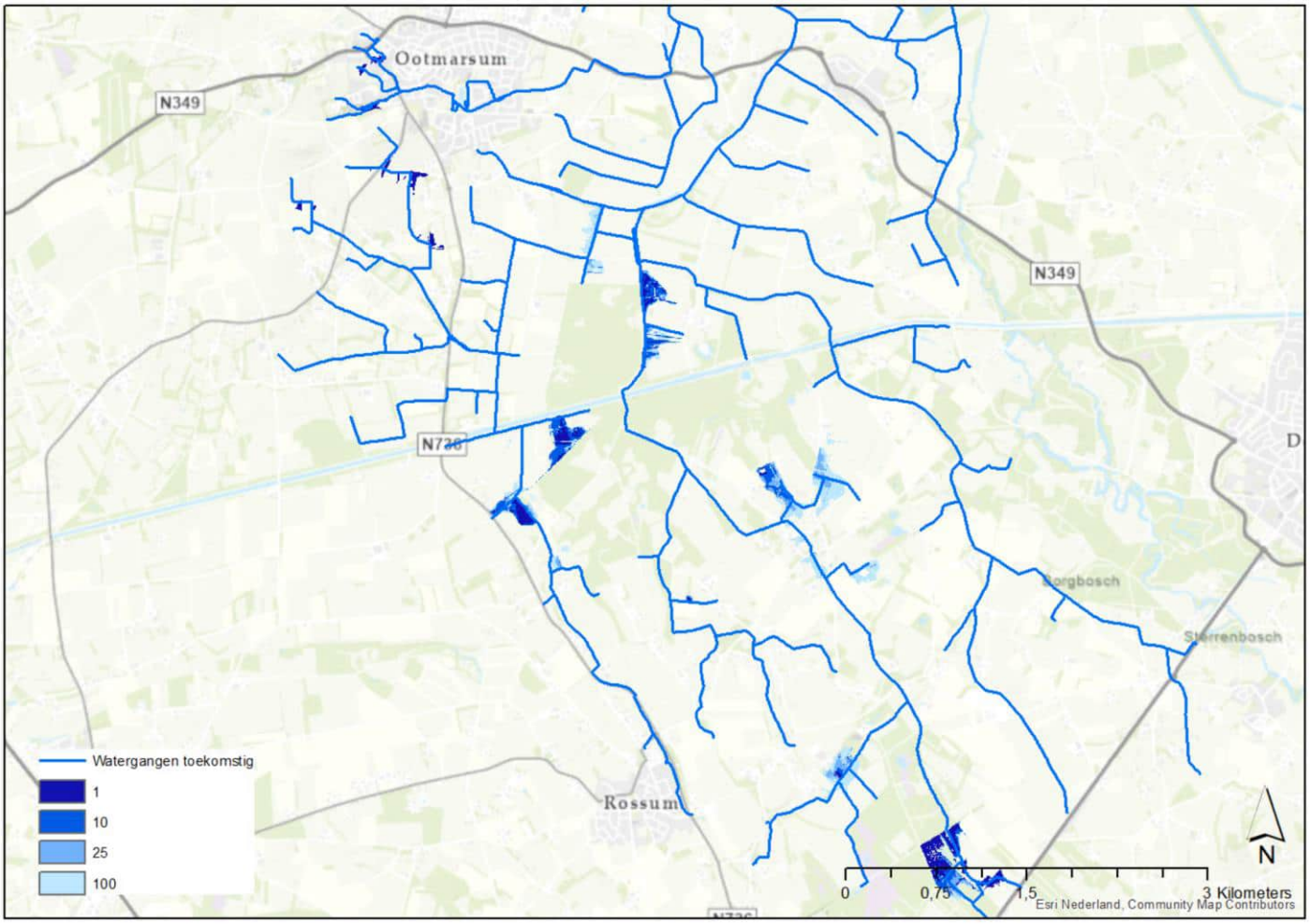
Globaal geldt dat de navolgende aanpassingen aan kunstwerken zijn doorgevoerd. In Bijlage D is de uitwerking van de kunstwerken opgenomen. Het betreft:

- De lange duiker (DK04187) ten zuiden van Kanaal Almelo-Nordhorn wordt afgesloten (locatie 24 in);
- Op locatie 5 wordt een onderdoorgang gerealiseerd onder Kanaal Almelo-Nordhorn;
- De nieuwe vispassage langs de Tilligterbeek wordt ingericht.

5 Effecten herstelmaatregelen

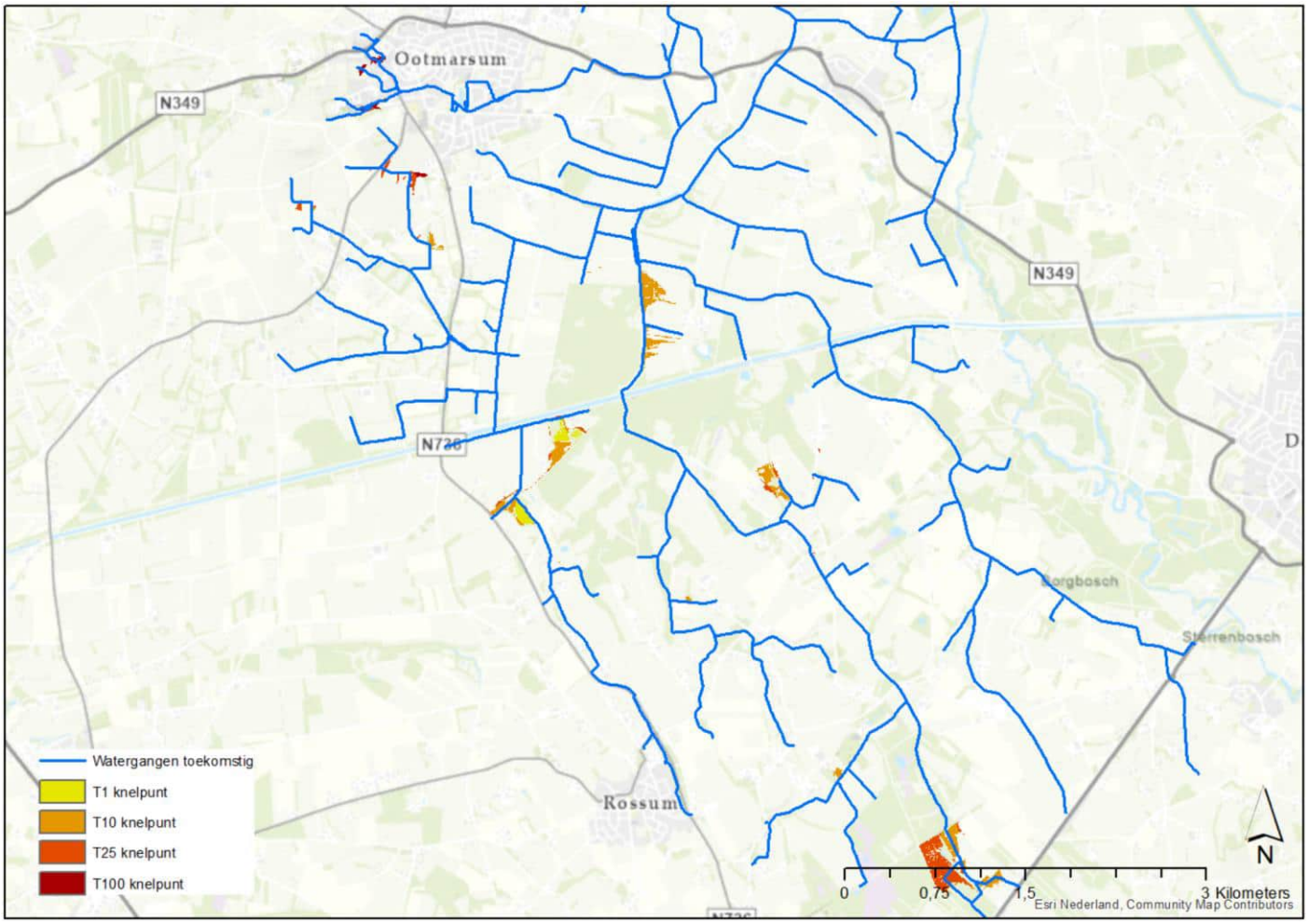
5.1 Inundaties en NBW-knelpunten

Onderstaande figuur toont inundatie die optreedt bij T1, T10, T25 en T100 afvoergebeurtenissen. Inundatietoename vindt met name plaats ten oosten van de Tilligterbeek en bovenstrooms van de aanknoping met de Voltherbeek. Dit is wordt veroorzaakt door de verondieping van de Tilligterbeek. Een significante afname treedt op in de Peijinksbeek bovenstrooms van de onderleider onder het kanaal. Op deze locatie is in de huidige situatie een hoger waterpeil berekend door opstuwing ten gevolge van de onderleider naar de Tilligterbeek.



Figuur 7, T1, T10, T50 en T100 inundatie in de toekomstige situatie

Onderstaande figuur toont de locaties waar T1-, T10-, T25- en T100-knelpunten voorkomen dat tot stand komt bij de vergelijking met de normeringskaart.

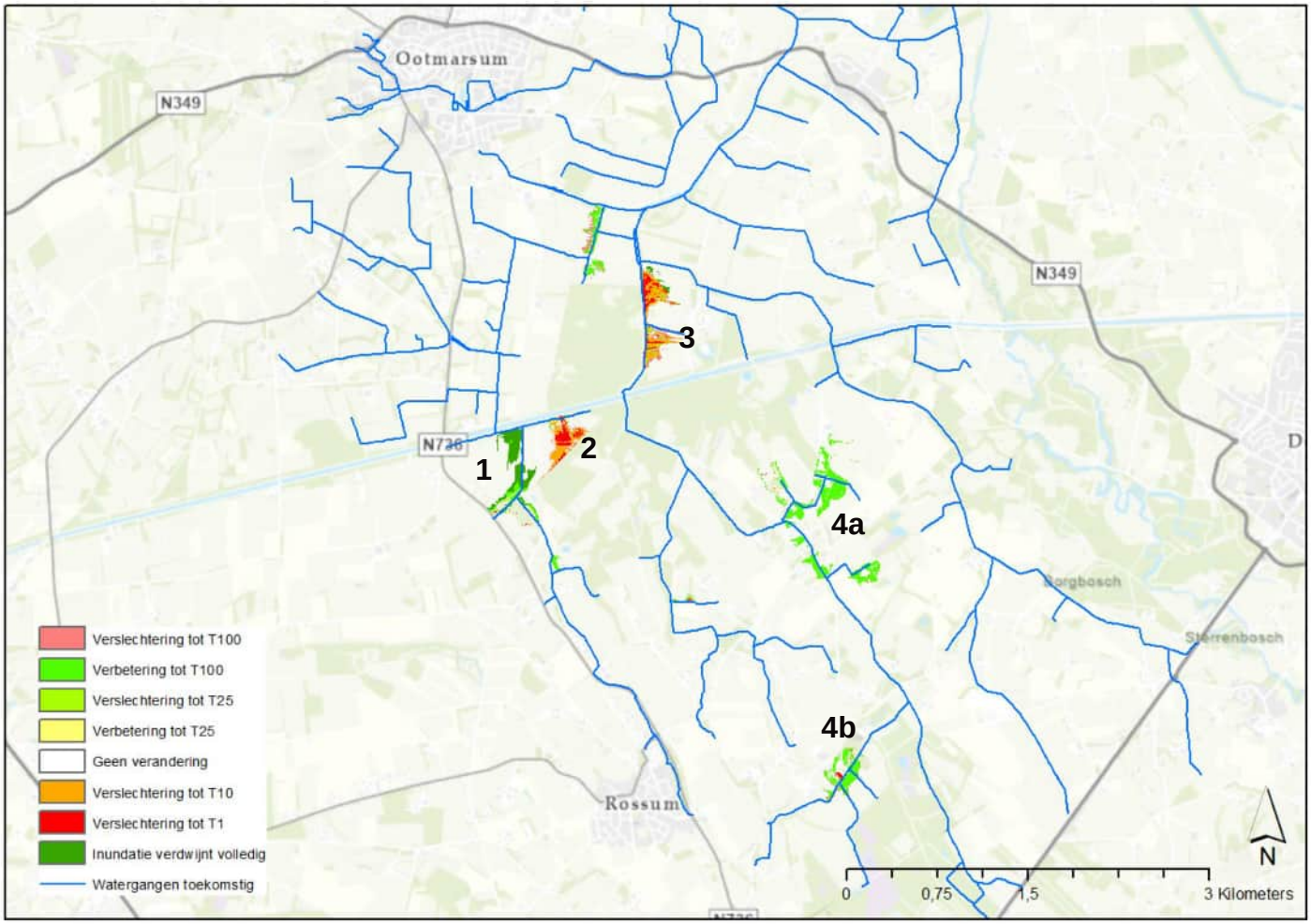


Figuur 8. Knelpunten toekomstige situatie

5.2 Locaties normopvulling

Figuur 9 toont de locaties waar normopvulling plaatsvindt. Met geel en groen wordt aangetoond waar inundatie afneemt in extreme situaties en met geel, oranje en rood waar een situatie verslechterd.

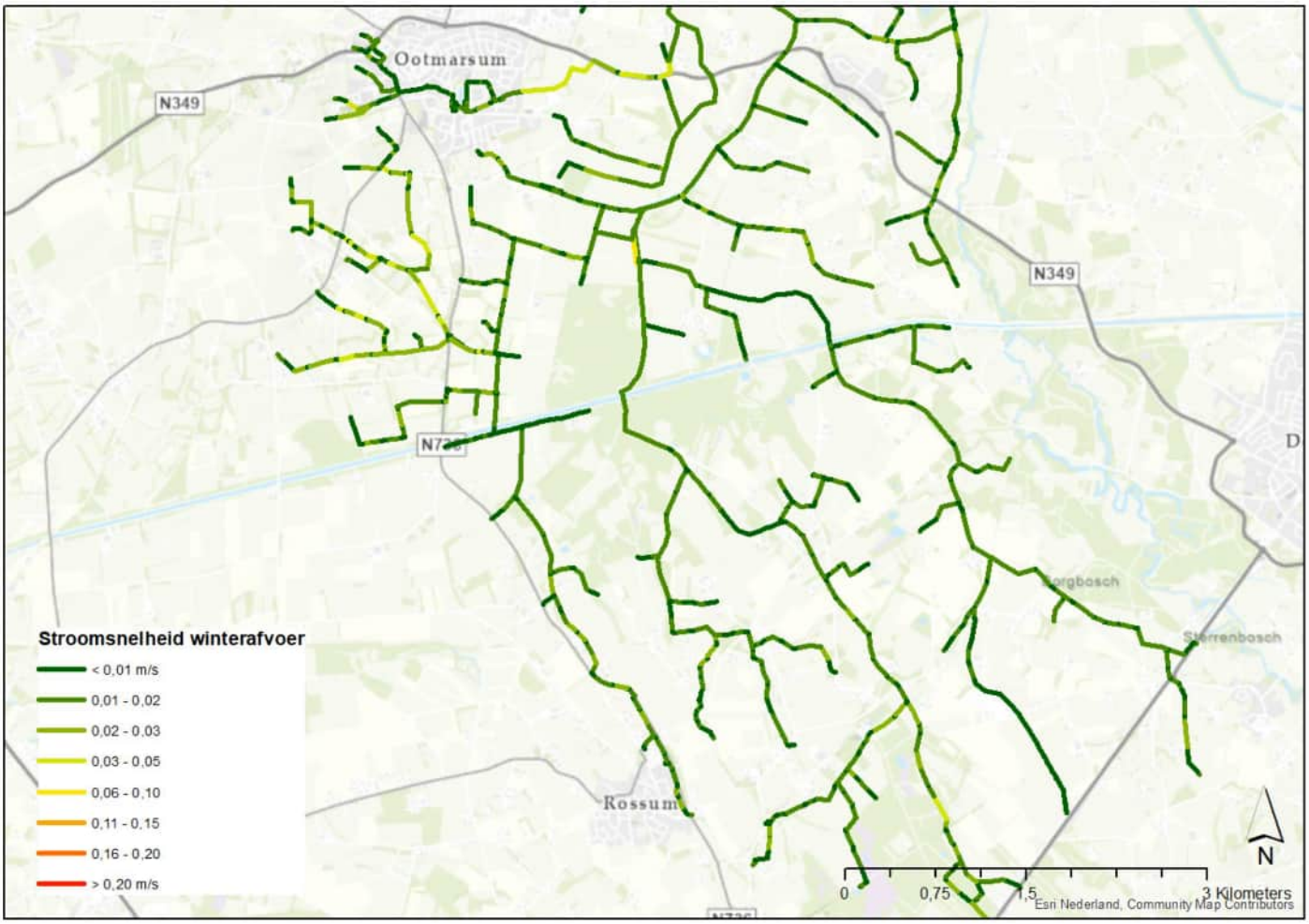
1. Zoals te zien verdwijnt inundatie volledig in de Peijinksbeek bovenstrooms van het kanaal.
2. Op deze locatie vindt normopvulling plaats van T10 naar T1 inundatie. Op deze locatie is een kavel met bebouwing gelegen. Het waterpeil in de T100 situatie blijft ruim onder deze maaiveldhoogte.
3. Ten oosten de Tilligterbeek treedt verslechtering tot T10 inundatie op net bovenstrooms van de aanknoping met de Voltherbeek.
4. Bovenstrooms van de Tilligterbeek vindt een verbetering plaats op twee locaties



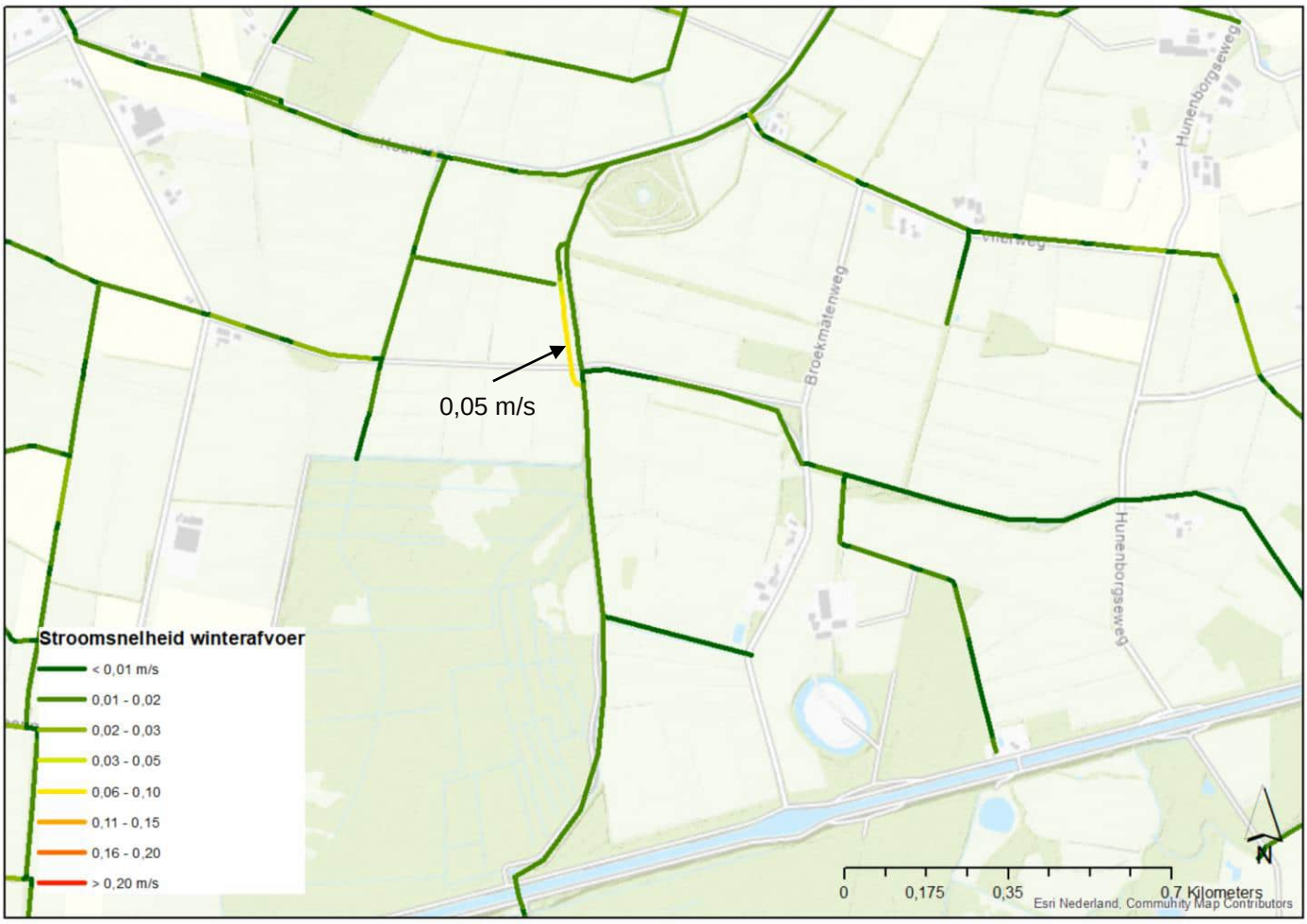
Figuur 9. Normopvulling ten gevolge van de maatregelen

5.3 Stroomsnelheden

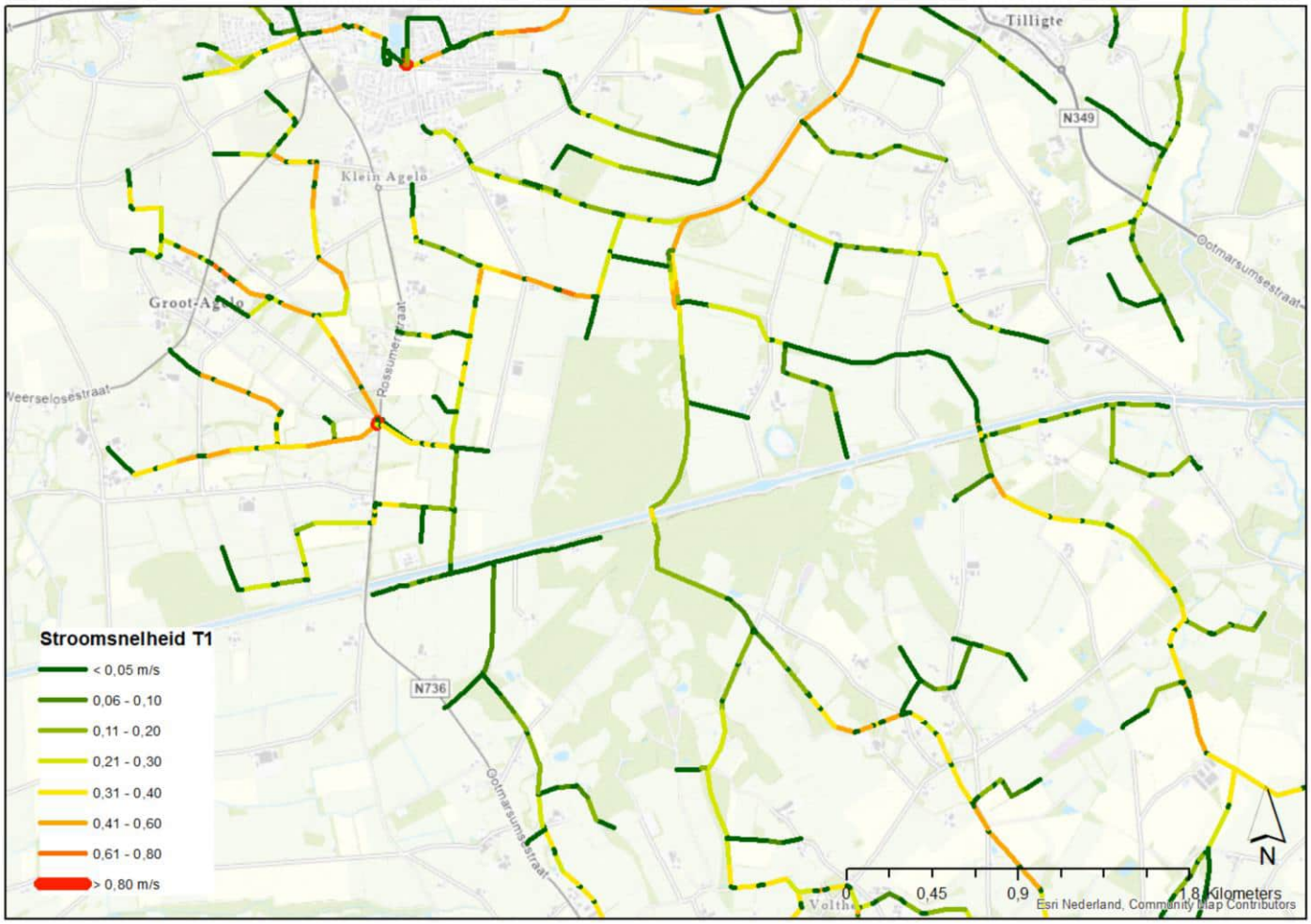
Figuur 10 toont de stroomsnelheid in de Weerselerbeek bij een winterafvoer in de toekomstige situatie. De stroomsnelheid voldoet aan de eisen voor vispasseerbaarheid. Dit is met name van belang bij de vispassage in de Tilligterbeek net benedenstrooms van de aanknoping met de Voltherbeek. In de wintersituatie is de afvoer gemiddeld 0,05 m/s (Figuur 11). Bij een T1 afvoergebeurtenis treden geen stroomsnelheden op die leiden tot erosie. De stroomsnelheid blijft lager dan 0,8 m/s.



Figuur 10 Stroomsnelheid bij winterafvoer



Figuur 11 Stroomsnelheid winterafvoer ingezoomd op de vispassage in de Voltherbeek

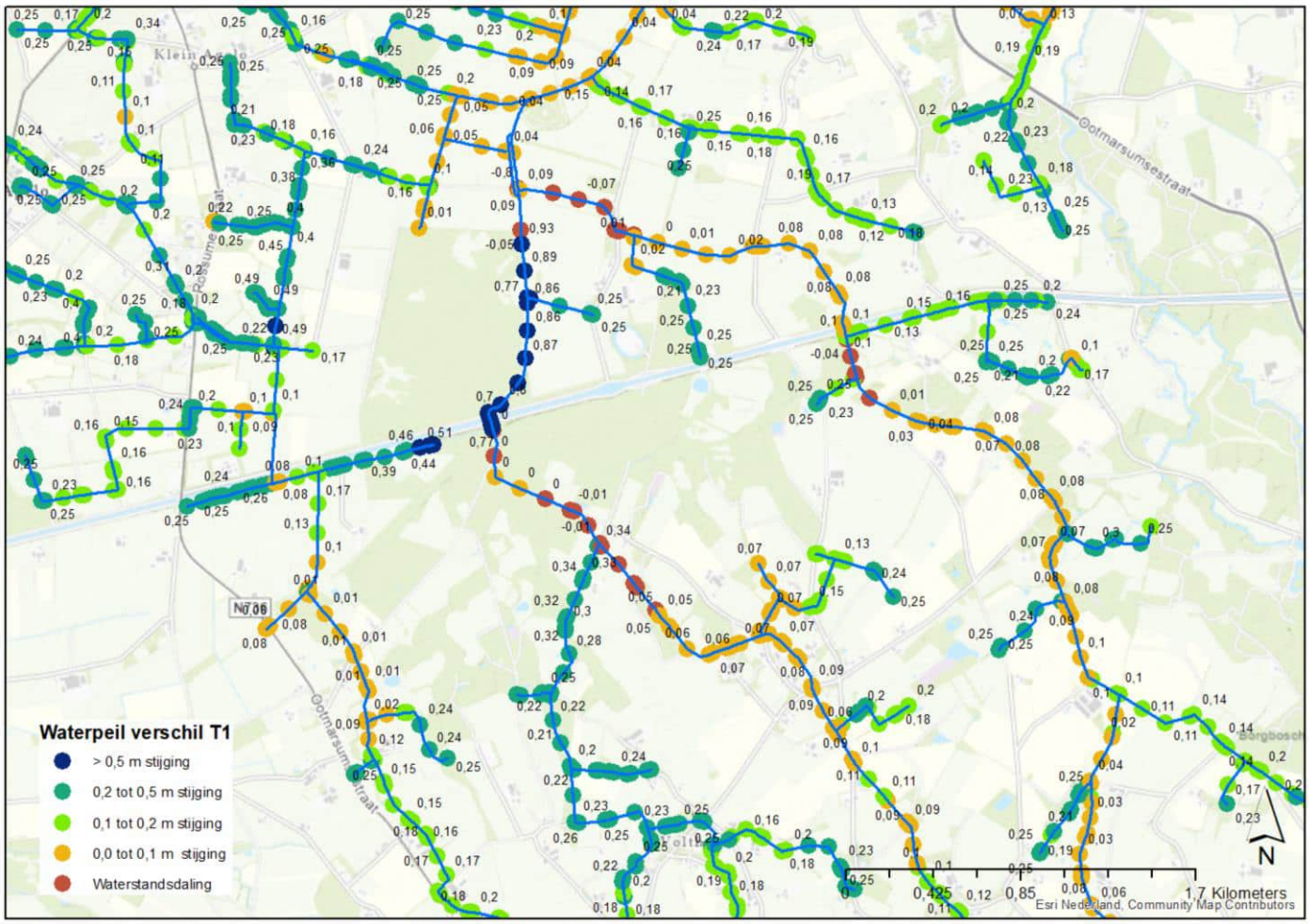


Figuur 12. Stroomsnelheid bij T1

5.4 Waterpeilverandering

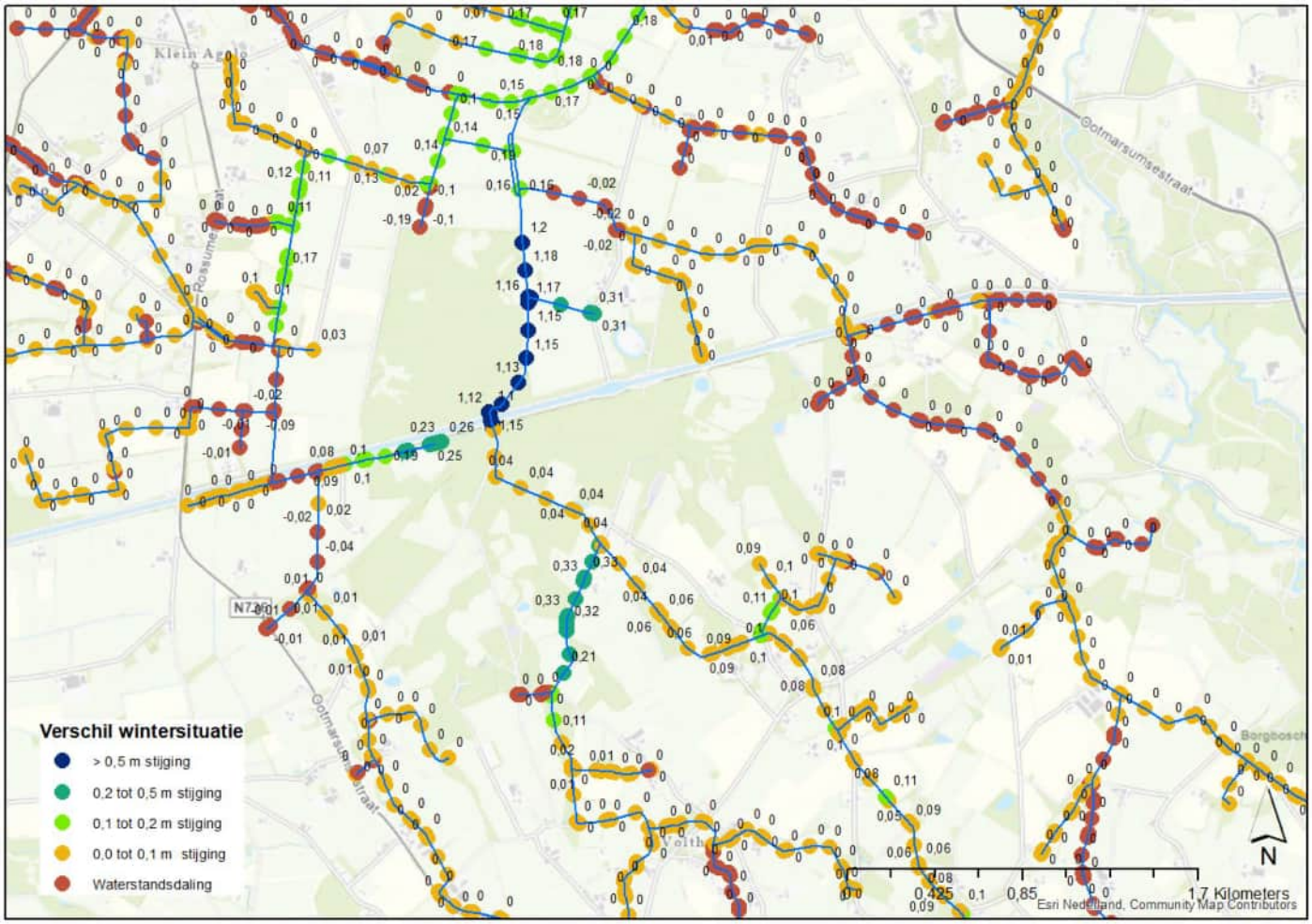
Figuur 13 toont de waterpeilverandering in een T1 situatie en Figuur 14 toont de verandering van het waterpeil in de wintersituatie in de omgeving van het interessegebied.

De stijging in de Tilligterbeek is duidelijk zichtbaar (in blauw). Dit is het gevolg van de bodemverhoging. De zijwatergang van de Roelinksbeek toont ook een significante waterpeilstijging, door de stuw die op deze locatie wordt gerealiseerd.



Figuur 13 Waterpeilverandering bij een T1 neerslaggebeurtenis

In de wintersituatie is enkel bij de watergangen waar een verondieping plaatsvindt een waterpeilstijging zichtbaar. In de overige watergangen is geen significante verandering zichtbaar, behalve in de zijwatergang van de Roelinksbeek, bij de nieuwe stuw (Figuur 14).



Figuur 14 Waterpeilverschil in de wintersituatie

6 Literatuurlijst

BRO. (2021). De Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000.

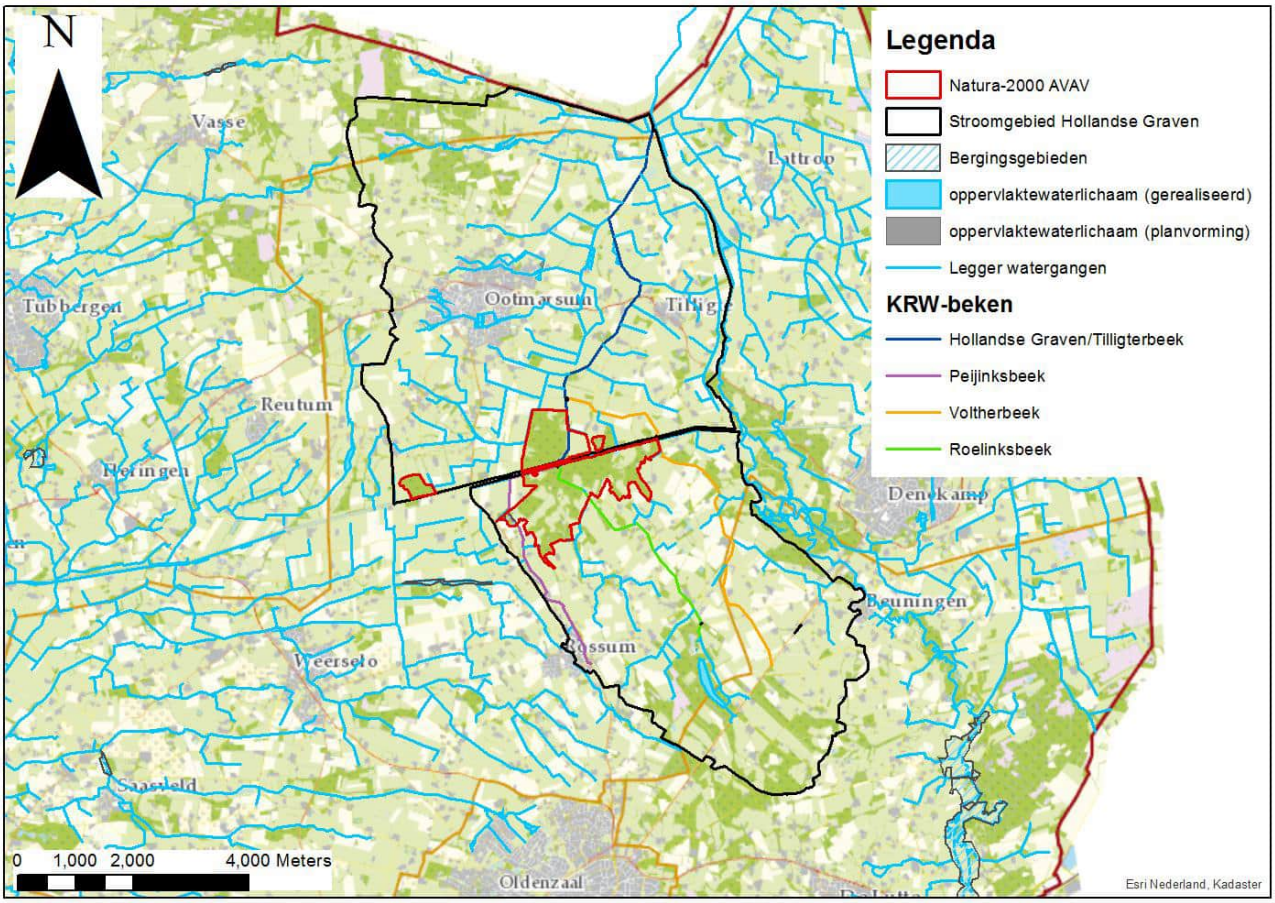
LGN7. (2012). *Landelijk Grondgebruikbestand Nederland.*

Provincie Overijssel en Ministerie van Economische. (2016). *Beheerplan Natura-2000-gebied Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek.* Provincie Overijssel en Ministerie van Economische zaken.

Bijlage A Gebiedsbeschrijving

A1. Algemeen

Het Natura-2000 gebied Agelerbroek en Voltherbroek ligt in de gemeente Dinkelland ca. 5 km ten noorden van Oldenzaal en 1,5 km ten zuiden van Ootmarsum. Het gebied wordt aan de oostzijde begrenst door de Voltherbeek en aan de westzijde door de Peijinksbeek en het Vree. De Roelinksbeek en de Hollandse Graven/Tilligterbeek stromen dwars door het gebied. Achter de Voort ligt los van het Agelerbroek en Voltherbroek. Dit gebied wordt aan de zuidzijde begrenst door het kanaal Almelo Nordhorn. Het gebied inclusief Achter de Voort is ca. 323 ha groot.



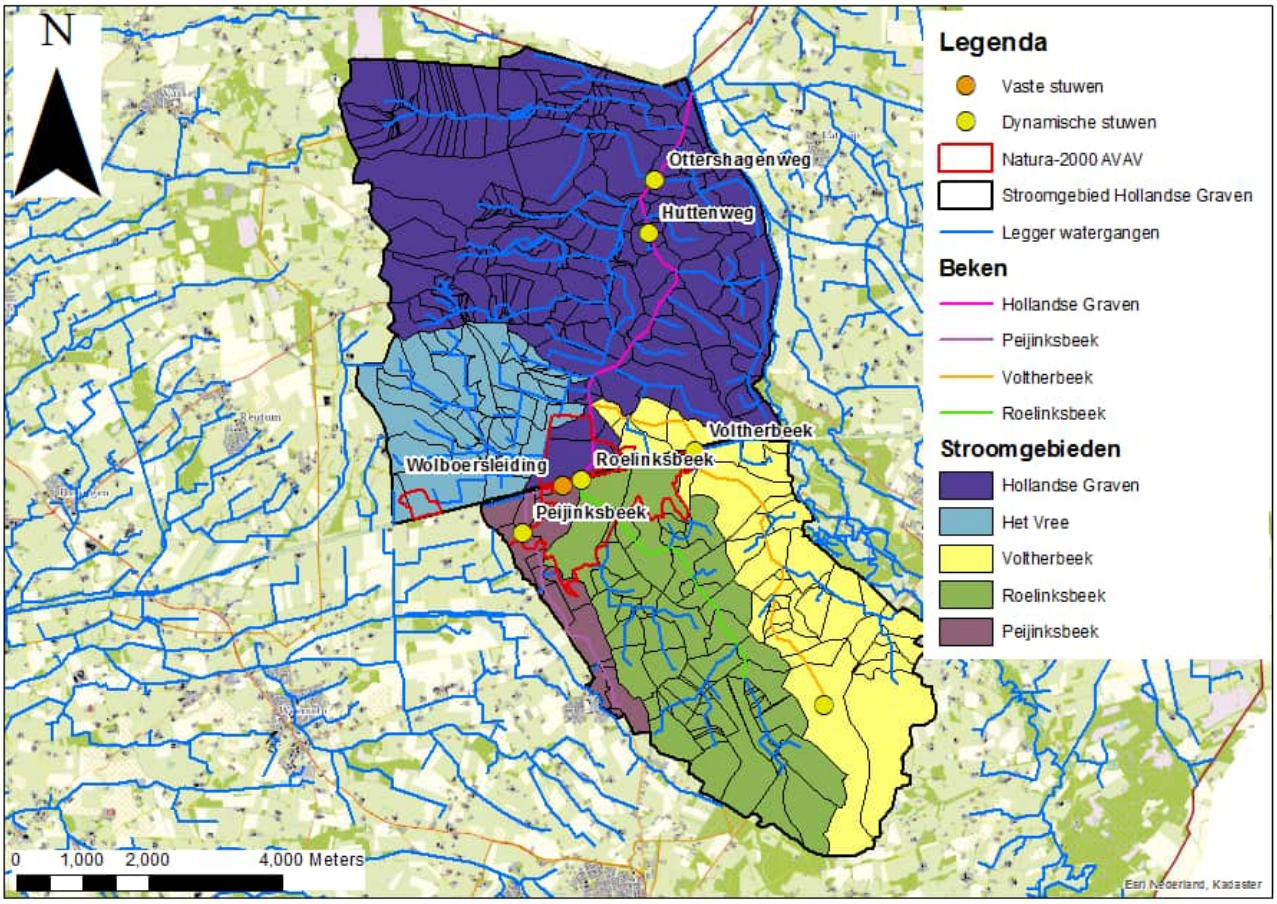
Figuur 15: Ligging van Natura-2000 gebied Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek binnen het stroomgebied.

A2. Stroomgebied, watergangen en kunstwerken

Het Natura-2000 gebied Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek (AVAV) valt binnen het stroomgebied van de Hollandse Graven en Tilligterbeek, bestaande uit onder andere de Roelinksbeek, Voltherbeek en Peijinksbeek. Deze drie beken stromen door of langs het Natura-2000 gebied. Al deze bovengenoemde beken hebben een KRW-opgave. Het gehele stroomgebied is daarom opgenomen in het oppervlaktewatermodel. Zo kan een relatie gelegd worden tussen de Natura-2000 maatregelen en de KRW-opgave. Een overzicht van de genoemde stroomgebieden en watergangen is weergegeven in onderstaande Figuur 16 en Tabel 1.

In de Figuur 16 zijn tevens de belangrijkste stuwen en meetlocaties weergegeven. Stuwen Ottershagenweg, Huttenweg, Roelinksbeek en Voltherbeek zijn automatische stuwen. Daarvan wordt automatisch de stuwklep geregeld voor een optimaal peilbeheer. De stuw van de Peijinksbeek is een bijzondere regelconstructie. De basisafvoer gaat

door een kleine duiker door de stuwconstructie. Bij grotere afvoer/peilstijgingen stroomt het water over de stuw heen. Deze stuw kan tevens handmatig geregeld worden.



Figuur 16: Stroomgebieden in de omgeving van AVAV.

De stroomgebied oppervlaktes zijn weergegeven in onderstaande Tabel 1.

Tabel 1: Stroomgebied en oppervlaktes

Stroomgebied	Oppervlak [ha]
Hollandse Graven	2788
Het Vree	682
Voltherbeek	1116
Roelinksbeek	1239
Totaal	6079

A2.1 Meetpunten

Er zijn een 7-tal meetlocaties binnen het stroomgebied waar de waterstand wordt gemeten. De lengte van de meetperiode varieert tussen de 6 en 27 jaar. In onderstaande Tabel 2 zijn de eigenschappen van de meetpunten weergegeven.

Het meetpunt van de Huttenweg heeft de langste meetreeks. Van dit meetpunt kan daarom statistisch gezien het meest nauwkeurig de extreme waterstand worden afgeleid. Van de meetpunten Ottershagenweg, Roelinksbeek en

Voltherbeek is de meetperiode korter, maar wel een goed beeld te vormen van optredende waterstanden. De afgeleide extremen bij de meetpunten Wolboersleiding en Peijinksbeek bevatten door de korte meetreeks erg veel onzekerheid.

Tabel 2: Overzicht locaties waterstandsmetingen

Meetpunt	Opmerking	Meetperiode
Ottershagenweg	Boven en benedenstroomse waterstand gemeten	2005 t/m 2016
Huttenweg	Boven en benedenstroomse waterstand gemeten	1998 t/m 2016
Roelinksbeek	Boven en benedenstroomse waterstand gemeten	2005 t/m 2016
Voltherbeek	Boven en benedenstroomse waterstand gemeten	2005 t/m 2016
Wolboersleiding	Bovenstroomse waterstand gemeten	2010 t/m 2016
Peijinksbeek	Bovenstroomse waterstand gemeten	2011 t/m 2016
Roderveld	Bovenstroomse waterstand gemeten Stuw ligt niet in een leggerwatergang en is daarom niet opgenomen in het model. Meetpunt daarom niet bruikbaar.	2012 t/m 2016

Er zijn een 5-tal meetlocaties binnen het stroomgebied waar de afvoer wordt afgeleid. De lengte van de meetperiode varieert tussen de 6 en 27 jaar. In onderstaande Tabel 3 zijn de eigenschappen en de betrouwbaarheid van de meetpunten weergegeven.

Van de beschikbare meetpunten zijn de afvoermetingen bij de Huttenweg niet betrouwbaar door een hoge verdrinkingsgraad en van de Roelinksbeek neemt deze bij hogere afvoeren af. De meest betrouwbare afvoeren worden gemeten bij de Ottershagenweg en Voltherbeek, op deze metingen ligt daarom de meeste nadruk. De meetperiodes zijn relatief kort om de afvoeren voor zeer extreme situaties af te leiden. Met behulp van extrapolatie is voor extreme situaties toch een schatting gemaakt.

Tabel 3: Betrouwbaarheid afvoergegevens

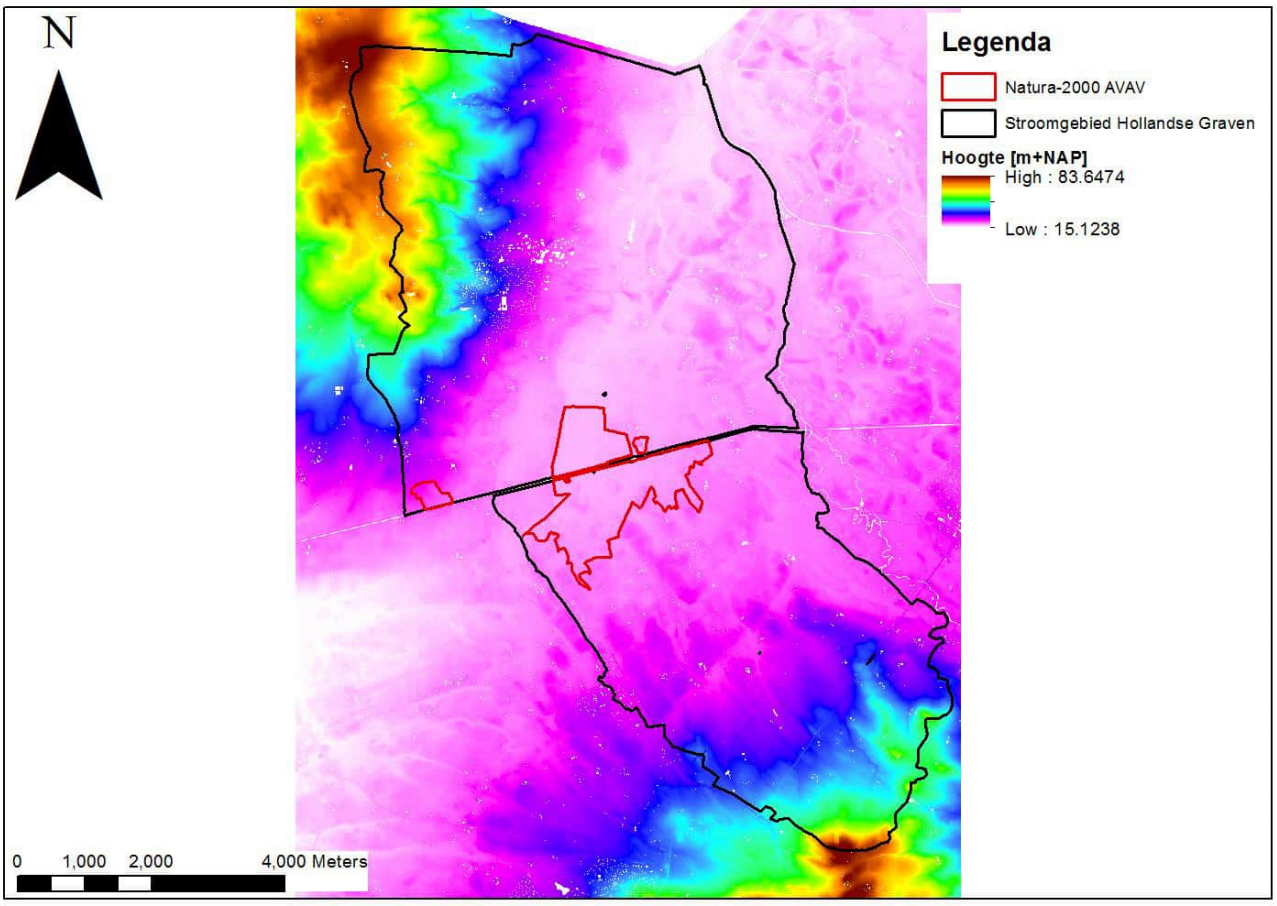
Meetpunt	Opmerking	Meetperiode
Ottershagenweg	Geen aanleiding voor twijfel debietbepaling	2005 t/m 2016
Huttenweg	Stuw verdrinkt vrijwel direct, afvoer door hoge verdrinkingsfactor niet betrouwbaar	1998 t/m 2016
Roelinksbeek	Stuw verdrinkt bij hoge afvoeren rond de 1,5 à 2 m^3/s, afvoer wordt beperkt door achterliggende onderleider.	2005 t/m 2016
Voltherbeek	Geen aanleiding voor twijfel debietbepaling	2005 t/m 2016
Peijinksbeek	Geleverd debiet onrealistisch: of 0 of 0,5 m^3/s Debiet is op basis van stuwdimensies en gemeten waterstanden her-berekend.	2011 t/m 2016

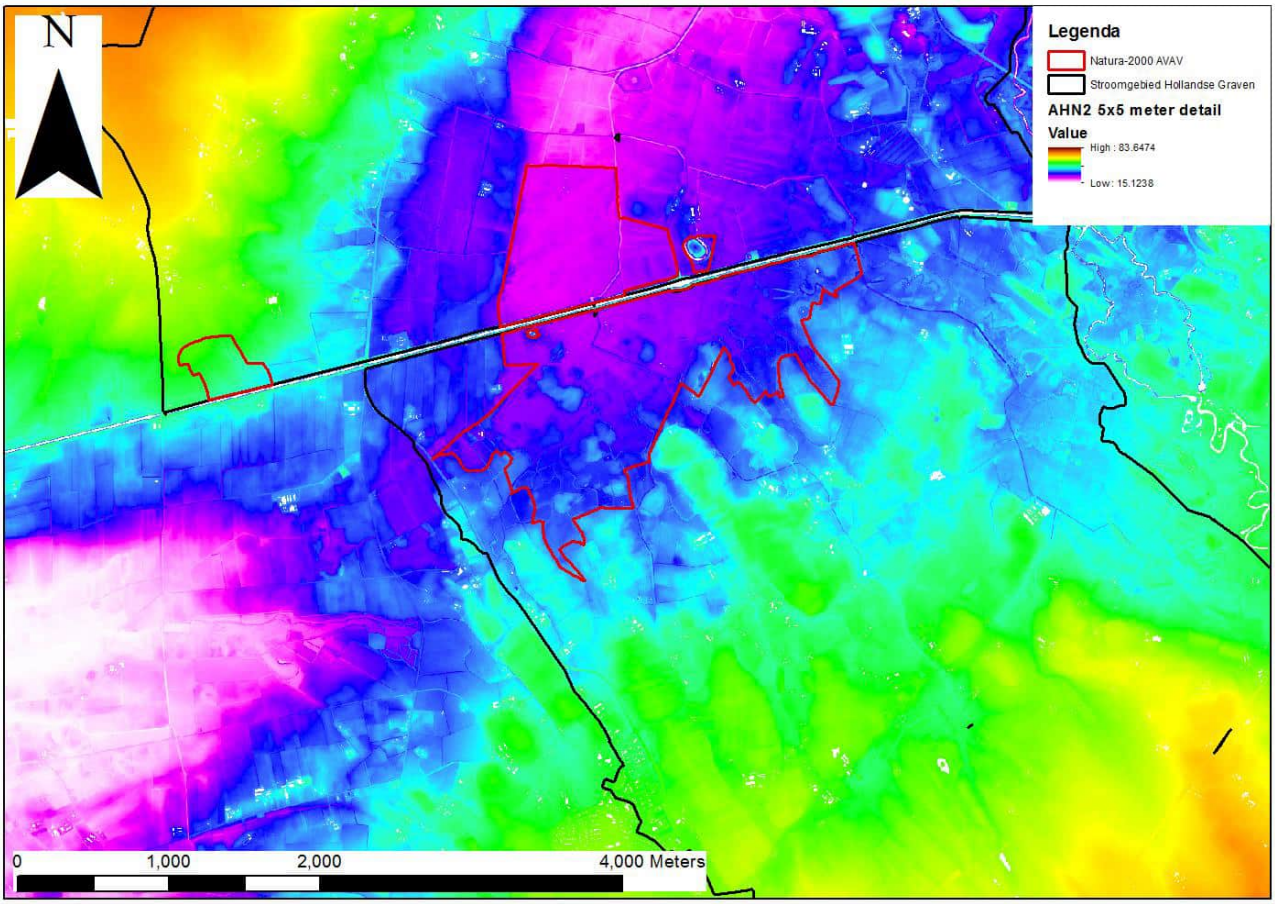
A2.2. Bijzonderheden

Van 2002 tot en met 2005 zijn in het gebied en in de beken vele veranderingen opgetreden in het kader van de ruilverkaveling. In 2005 waren de werkzaamheden bijna afgerond en in 2006 is het proces officieel afgerond. De meetreeksen vóór en tijdens deze periode zijn daarom niet betrouwbaar en representatief voor de huidige situatie.

A3. Hoogteligging

Ten zuidzuidoosten van het Natura-2000 gebied in de omgeving van Oldenzaal en ten noordwesten bij Ootmarsum ligt het maaiveld maximaal rond de NAP +80 m. Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek liggen in het dal tussen deze twee ruggen. Het maaiveldniveau is daar tussen de NAP +15 en +25 m. Het hoogteverloop is weergegeven in Figuur 17.



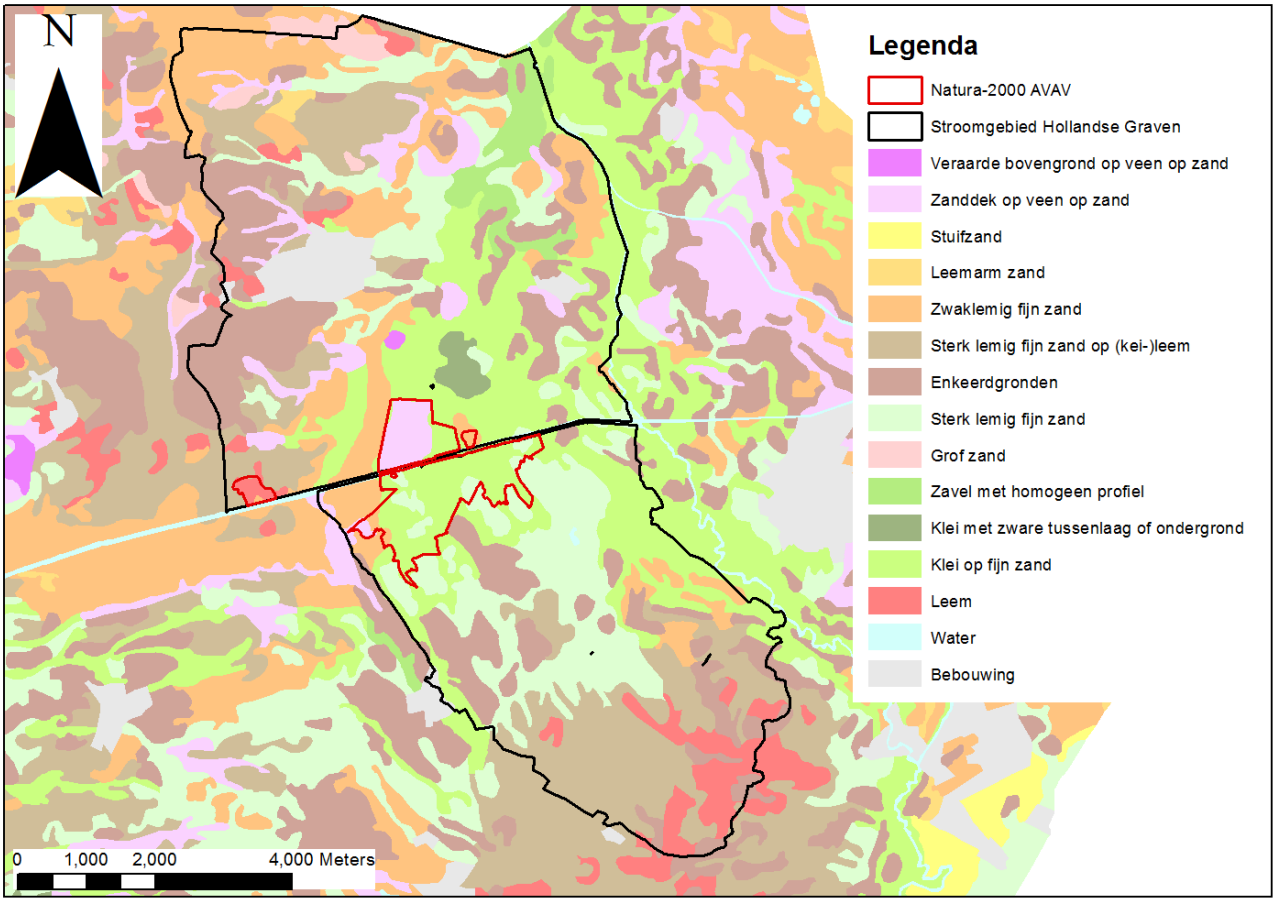


Figuur 17: Hoogtekaart omgeving AVAV.

A4. Bodemopbouw en landgebruik

De bodem in het laaggelegen beekdal bestaat voornamelijk uit kleiige beekdalgronden op fijn zand en hoge bruine of zwarte enkeerdgronden. De meer hoger gelegen delen van het gebied worden gekenmerkt door lemig fijn zandige veldpodzolgronden of beekeerdgronden. Bovenstrooms van het Natura-2000 gebied ligt op de hooggelegen delen ondiep keileem. Ondiep keileem zorgt voor snelle afstroming van hemelwater en een snelle korte en hoge afvoerpiek. Deze delen vallen binnen het stroomgebied van de Roelinksbeek, Peijinksbeek en Voltherbeek. De bodemkaart is weergegeven in Figuur 18.

De voornaamste landgebruiksfunctie is volgens het LGN7_BRP2015 agrarisch grasland en maïs. Natuur in de omgeving bestaat uit loofbos, sterk vergraste heide en moerasvegetatie.



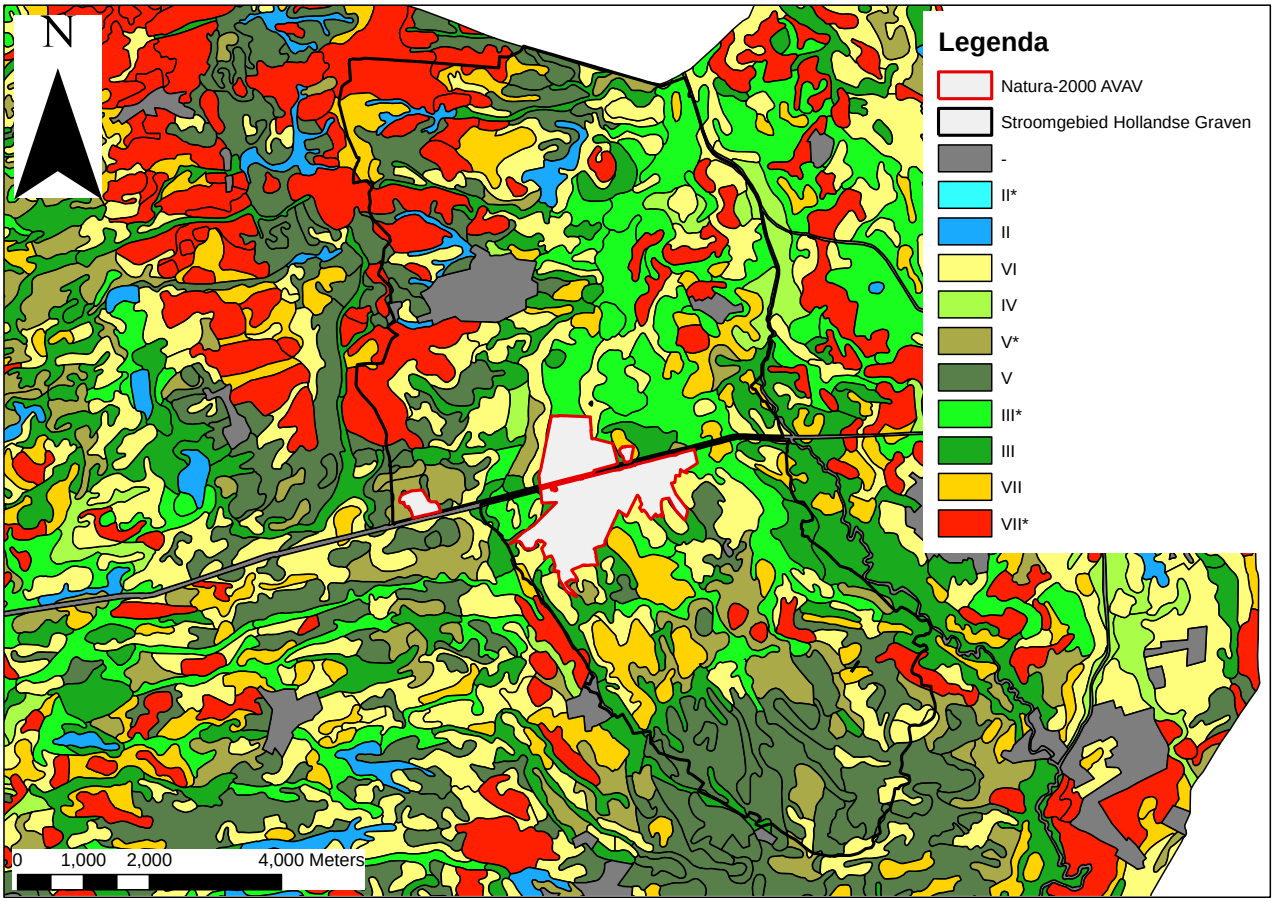
Figuur 18: Bodemtype volgens Bofek-2012 bodemkartering.

A5. Grondwaterstanden

Uit de bodemkaart van Nederland, weergegeven in Figuur 19, blijkt dat in de beekdalen en het Natura-2000 gebied voornamelijk grondwatertrap II of III voorkomt. Op de hoger gelegen gebieden met ondiep keileem is vooral sprake van grondwatertrap V. De grondwaterstanden in het gebied zijn daarmee relatief ondiep maar kunnen soms diep wegzakken.

Tabel 4:Verklaring grondwatertrappen

	I	II	III	IV	V	VI	VII
Gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG)	-	-	< 40 cm beneden maaiveld	> 40 cm beneden maaiveld	< 40 cm beneden maaiveld	40-80 cm beneden maaiveld	>80 cm beneden maaiveld
Gemiddeld laagste grondwaterstand GLG	< 50 cm beneden maaiveld	50-80 cm beneden maaiveld	80-120 cm beneden maaiveld	80-120 cm beneden maaiveld	> 120 cm beneden maaiveld	>120 cm beneden maaiveld	>120 cm beneden maaiveld



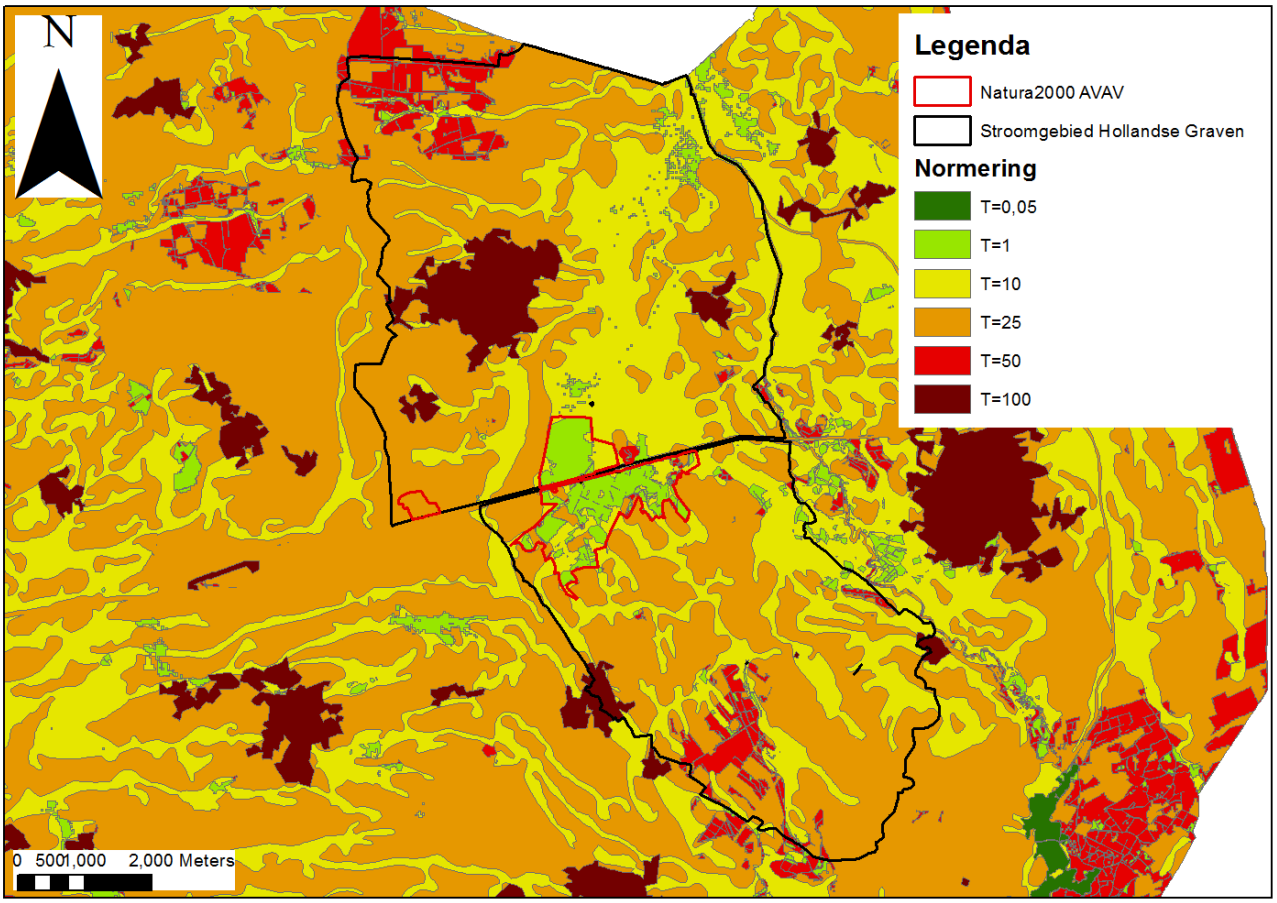
Figuur 19: Grondwatertrappenkaart op basis van bodemkaart 1:50.000.

Om het huidig functioneren van het grondwatersysteem goed in beeld te brengen en de effecten van de PAS-maatregelen op het grondwatersysteem te bepalen wordt parallel aan voorliggende modelstudie een grondwaterstudie uitgevoerd. De grondwatertrappenkaart is enkel gebruikt om de karakteristieken van het stroomgebied weer te geven.

A6. Normeringskaart inundaties

Op basis van onder andere landgebruiksfuncties zijn normeringskaarten opgesteld door het waterschap. De normeringskaarten leveren een inspanningsverplichting voor het waterschap. Er wordt naar gestreefd om aan deze normen te voldoen. Bij ontwikkelingen omtrent het watersysteem wordt daarom aan deze normen getoetst. Mocht hieruit blijken dat er niet aan norm wordt voldaan kan dit 1) betekenen dat aanvullende maatregelen nodig zijn om alsnog aan de gestelde norm te voldoen of 2) de normen aan te passen aan de gewenste situatie.

De vigerende normenkaart is weergegeven in Figuur 20. De normenkaart geeft voor het beheergebied weer wat het minimale beschermingsniveau is waar de beheerinspanning van het waterschap op is gericht. Deze kaart geeft voor de kern Ootmarsum een norm van eens per 100 en voor het Agelerbroek en Voltherbroek een norm van eens per jaar. Om de Natura-2000 doelstellingen te behalen is jaarlijkse inundatie echter ongewenst omdat het voedselrijk oppervlaktewater betreft. Vanuit dit oogpunt worden de hydrologische effecten getoetst. Over het algemeen mogen de beekdalen minder dan eens per 10 jaar inunderen en overige gebieden eens per 25 jaar.

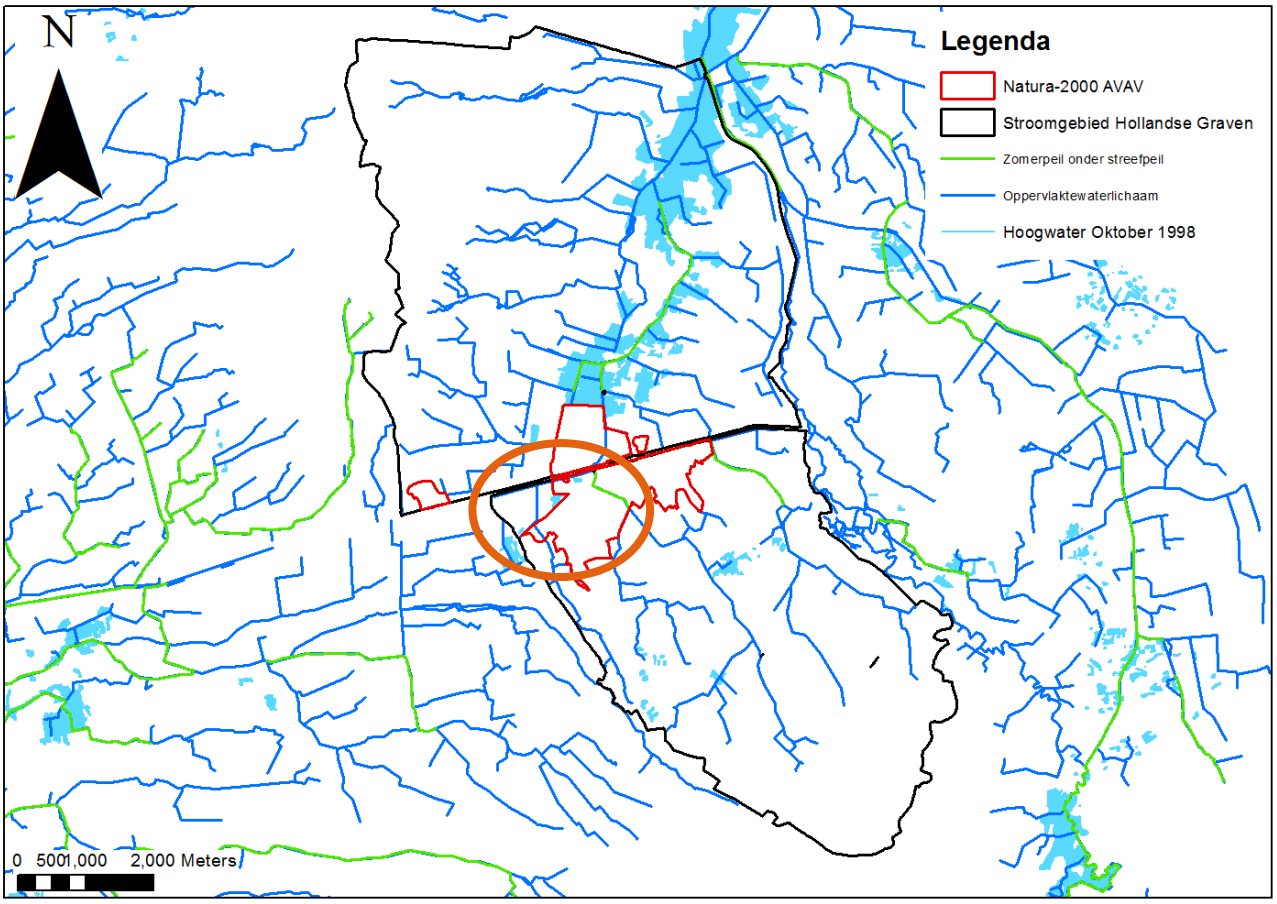


Figuur 20: Normeringskaart inundaties in de omgeving van AVAV.

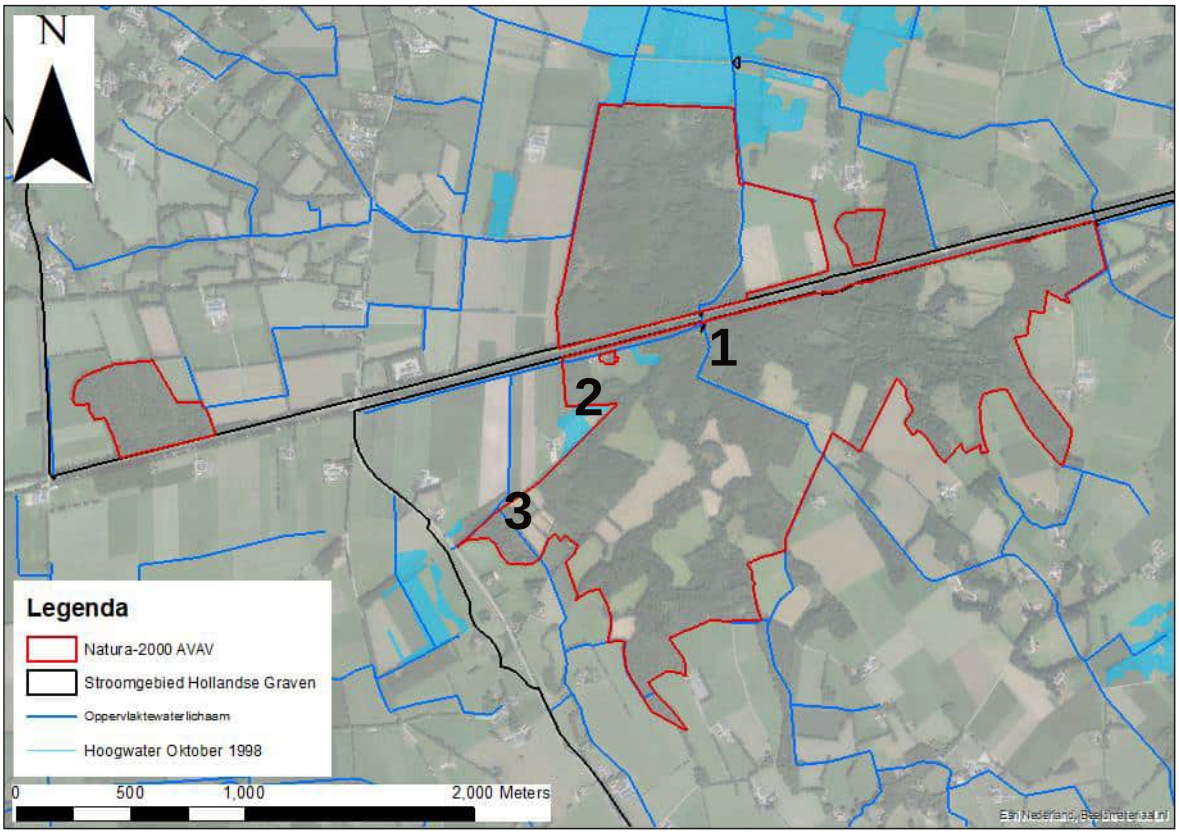
A7. Bekende knelpunten/overlastlocaties

In 1998 is een extreem natte situatie voorgekomen. De oorzaak van deze overlast kwam vooral doordat er een grote hoeveelheid neerslag viel gedurende een lange periode. Voor deze situatie is in beeld gebracht waar overlast is ervaren van hoog water en inundatie. Dit is gedaan op basis van ervaringen in het gebied en luchtfoto's. Een kaart van deze inventarisatie is weergegeven in Figuur 21. Het is mogelijk dat er meer gebieden zijn geïnundeerd bij deze situatie in 1998, maar zijn niet geconstateerd uit de beschikbare informatie. Binnen het stroomgebied van de Hollandse Graven zijn er flinke delen in het beekdal geïnundeerd. Deze locaties liggen voornamelijk benedenstrooms van het Natura-2000 gebied. De situatie van 1998 is niet per definitie representatief voor het gehele stroomgebied. Rondom het Natura-2000 gebied en bovenstrooms daarvan wordt overlast vaak ervaren door kortstondige hevige buien. Meer benedenstrooms is een langdurige neerslag gebeurtenis meer representatief voor wateroverlast situaties. De beelden van 1998 laten zien welke locaties potentieel gevoelig zijn voor wateroverlast.

Uit de kaart blijkt ook lichte inundatie vanuit de Peijinksbeek, een locatie in de directe omgeving van het Natura-2000. In deze omgeving worden vaker inundaties vanuit de Peijinksbeek ervaren. Dit wordt (deels) veroorzaakt door afwateringsbuizen vanaf percelen waardoor het water van de beek terugstroomt. Deze omgeving is dan ook een belangrijk aandachtspunt voor de modellering en de effectenstudie.



Figuur 21: Bekende/feitelijk geconstateerde inundaties bij de hoogwatersituatie oktober 1998, deze inventarisatie kan onvolledig zijn. Oranje omcirkelde gebied is een kritisch gebied en wordt regelmatig overlast ervaren.



Figuur 22: Bekende inundaties bij de hoogwatersituatie oktober 1998 en aangegeven kritische locaties.

Bij gesprekken met particuliere grondeigenaren en gebiedskenners en veldinspecties zijn een aantal aandachtspunten genoteerd in de omgeving van AVAV. Deze zijn weergegeven om een meer ingezoomde kaart in Figuur 22:

1. Onderleider van Roelinksbeek onder het kanaal door is in slechte staat en sterk verzand en vervuild. Doorstroming is sterk gereduceerd;
2. Water uit de Peijinksbeek kan bij hoge afvoer niet afwateren op de Roelinksbeek omdat het water stagneert voor de onderleider onder het kanaal. In sommige situaties terugstroming vanuit Roelinksbeek naar Peijinksbeek;
3. Water stroomt uit de beek het land op.

Bijlage B Modelinstrumentarium

Het model is specifiek voor dit project ontwikkeld. De gegevens zijn aangeleverd door Waterschap Vechtstromen. Bij de bouw van het model is zoveel mogelijk aangesloten op de uitgangspunten die beschreven staan in het ‘Handboek hydrologie’ van het waterschap. In dit hoofdstuk wordt het model en de modelkeuzes beschreven.

B1. Gegevens

Voor de opbouw van het model zijn verschillende gegevens beschikbaar gesteld door het Waterschap Vechtstromen. Een overzicht van deze gegevens is in onderstaande Tabel 5 weergegeven. Met behulp van ArcGIS en diverse tools in Excel (Excel to SOBEK) is de data vertaald naar SOBEKinvoer.

Tabel 5: Overzicht beschikbaar gestelde gegevens

Gegeven	Bestandsnaam
Afvoervakken	afvoervak_sel.shp
Afwateringseenheden	afw_eenh_sel.shp
Bodemvallen	bodemval_sel.shp
Bruggen	brug_sel.shp
Duikers	duikers_sel.shp
Gemeten profielen	profielen_sel_AVAV.shp
Putten	put_sel.shp
Stuwen	stuw_sel.shp
Waterlopen legger	waterlopen_sel.shp
Bodemkaart	bodemkaart50000 actueel.shp
Oppervlaktewatermeetpunten	Oppwater_metingAVAV.shp
Stroomgebied	StroomgebiedAVAV.shp
Meetgegevens Hollandergraven Ottershagenweg	RdL-079 Hollandergraven Ottershagenweg.xlsx
Meetgegevens Huttenweg	HQuur 080 Huttenweg.xlsx
Meetgegevens Roelinksbeek	RdL-038 Roelinksbeek.xlsx
Meetgegevens Voltherbeek	HT-HW-076 Volterbeek.xlsx
Meetgegevens Peijinksbeek	HQuur 454 Peyinksbeek.xlsx
Meetgegevens Wolboersleiding	V-ST_361 Wolboersleiding.xlsx
Meetgegevens Roderveld	HQuur 453 Roderveld.xlsx
Afvoercoëfficiënten Vechtstromen	Afvoercoëfficiënt.pdf

B2. Rekenmethode

Er bestaan verschillende manieren om de afvoer van waterlopen in een SOBEK-model te schematiseren. Voor deze studie is gekozen om een semi-stationaire model op te bouwen. De semi-stationaire methode houdt in dat er een constante afvoerhoeveelheid op de watergangen wordt gezet voor een bepaalde duur door middel van ‘laterals’ (knooppunten aan de watergangen in het SOBEK-model). De laterals zijn gekoppeld aan de beschikbare afwaterende eenheden en bevatten het oppervlak van deze afwaterende eenheden. De constante afvoer in het model kan een benadering van de afvoer zijn die karakteristiek is voor bepaalde situaties zoals een zomersituatie of een hoge afvoer die eens in het jaar voorkomt. Een dergelijke afvoersituatie wordt ook wel de maatgevende afvoer genoemd. Deze maatgevende afvoer is afgeleid op basis van meetgegevens en afvoerfactoren.

Voor deze studie zijn twee situaties belangrijk:

1. De afvoer onder normale omstandigheden (basis afvoer);
2. De afvoer onder extreme omstandigheden (met hoge afvoeren en risico's op inundatie).

Ad. 1. Oppervlaktewaterstanden onder normale omstandigheden zijn bepalend voor de grondwaterstanden in de natuurgebieden. In het grondwatermodel zijn deze berekende oppervlaktewaterstanden daarom gebruikt als randvoorwaarde voor het grondwatermodel (waterpeil/drainageniveau). Statistisch gezien kan de normale afvoersituatie redelijk betrouwbaar worden ingeschat op basis van meetgegevens. Dit komt omdat deze situaties vaker voorkomen.

Ad. 2. De waterstanden onder extreme omstandigheden situatie worden berekend om inundaties in beeld te brengen. Hoge en extreme afvoeren zijn minder betrouwbaar omdat de situaties minder vaak voorkomen. Om deze goed te bepalen zijn langere meetreeksen nodig. Daarnaast zijn metingen van debieten dan minder betrouwbaar.

De semi-stationaire methode is gekozen omdat:

- De randvoorwaarden voor het grondwatermodel gebied dekkend worden vastgesteld voor zomer- en winterafvoeren;
- De maatregelen naar verwachting een beperkte invloed hebben op de afvoerkarakteristiek. Piekafvoer wordt met name gestuurd door het bovenstroomse gebied;
- De maatregelen getoetst worden aan de afvoercapaciteit van de waterlopen voor een aantal maatgevende en karakteristieke situaties;
- Model met deze methode relatief snel rekent en maatregelen snel kunnen worden beoordeeld;

Rol van berging in het systeem

Gedurende het proces van kalibratie van het model is gebleken dat de afvoercapaciteit van de Peijinksbeek/Wolboersleiding naar de Roelinksbeek onvoldoende is. Hierdoor wordt met de semi-stationaire methode geen stationaire situatie bereikt. Daarmee worden de waterstanden in deze watergang overschat (de peilen blijven stijgen). In de praktijk treedt er berging op maaiveld op, waardoor de peilen minder snel stijgen. Om de situatie en de processen hier goed te simuleren is:

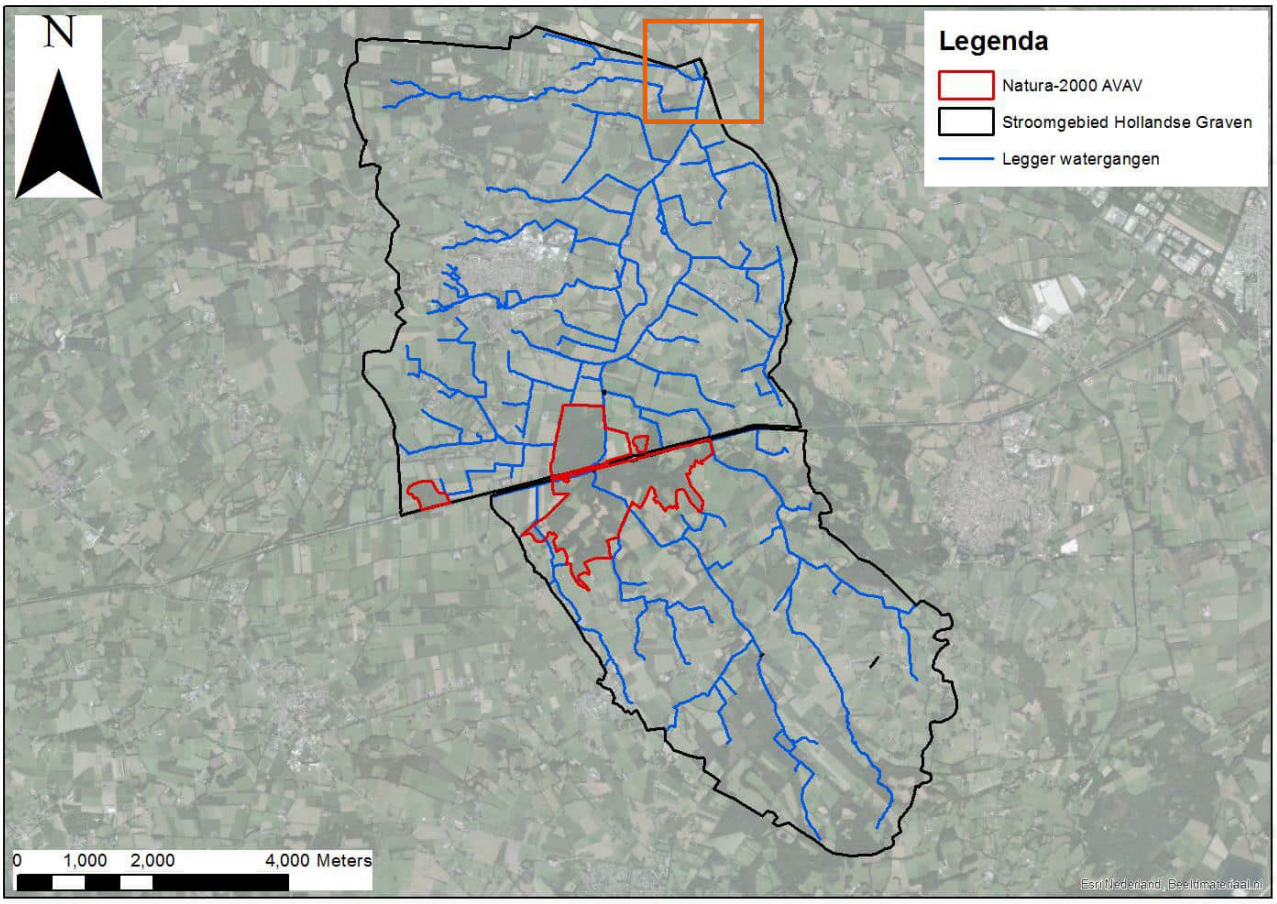
- Bovenstrooms van stuw "Wolboersleiding" is berging aan het model toegevoegd door middel van een S-curve van het maaiveld;
- De daggemiddelde afvoerstatistiek afgeleid en een 24 uur durende afvoersituatie berekend;

B3. Modelgebied en randvoorwaarden

Het gehele stroomgebied van de Hollandse Graven is als modelgebied gekozen, zie ook Figuur 15. Hierop liggen meerdere redenen ten grondslag.

1. De focus van de studie ligt op het Natura-2000 gebied Achter de Voort, Agelerbroek en het Voltherbroek. De belangrijkste beeksystemen in de omgeving van deze gebieden zijn de Peijinksbeek, Roelinksbeek, Voltherbeek, het Vree en de Tilligterbeek. Deze systemen zijn onderdeel van het stroomgebied van de Hollandse Graven;
2. Benedenstrooms van Agelerbroek en Voltherbroek ligt de Tilligterbeek. Deze beek is een KRW-waterlichaam, om die reden is deze beek, met aangrenzend stroomgebied, ook in het model opgenomen;
3. Door de modelgrens verder benedenstrooms te leggen wordt de invloed van de opgelegde randvoorwaarde beperkt.

In het model zijn alle leggerwatergangen van het waterschap opgenomen. Het stroomgebied en de opgenomen watergangen zijn weergegeven in onderstaande Figuur 23. Als benedenstroomse randvoorwaarde is de onderdoorgang van de Hollandse Graven onder de Beneden Dinkel gekozen, met een vast peil van NAP 17,46 m. Deze locatie is ver gelegen van het interessegebied en daarmee niet van invloed op de modelresultaten aldaar.



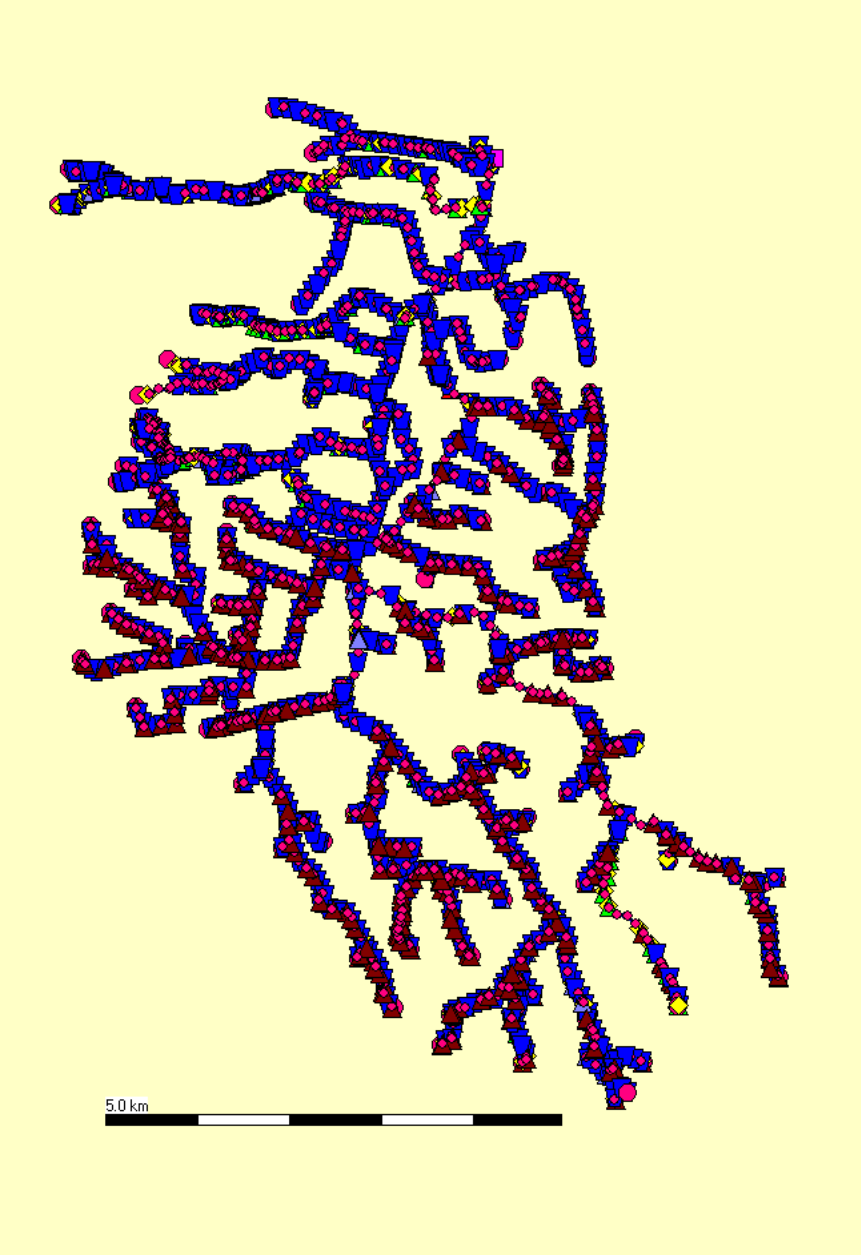
Figuur 23: Modelgebied en opgenomen watergangen in het Sobek-model van AVAV. Binnen het oranje vak zijn de randvoorwaarden opgegeven.

B4. Modelonderdelen

Het model bestaat uit verschillende onderdelen:

- Watergangen met dimensies en weerstanden;
- Laterals met oppervlaktes van afwateringseenheden in combinatie met een afvoerverwijzing;
- Stuwen met dimensies en weerstanden;
- Duikers met dimensies en weerstanden;
- Bruggen met dimensies en weerstanden.

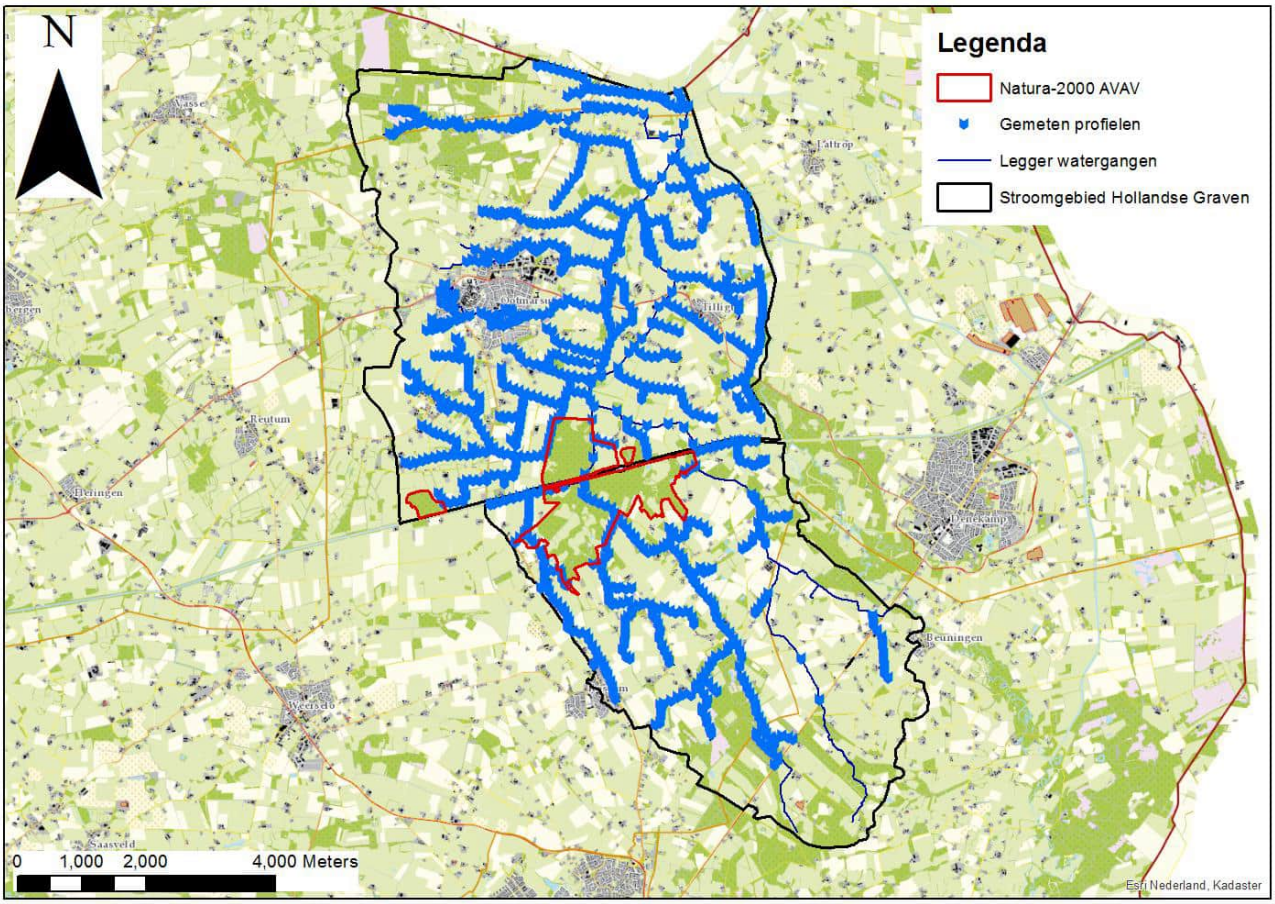
Alle onderdelen worden hieronder kort besproken. Een overzicht van het model is weergegeven in onderstaande Figuur 24.



Figuur 24: Modelnetwerk in Sobek.

Watergangen

Vergelijking van gemeten profielen met Legger profielen laat zien dat er forse verschillen voorkomen (bijv. tot 0.5 m verschil in bodemhoogte). Aangezien de maatregelen geformuleerd worden op basis van de bestaande situatie en binnen de bandbreedte van deze verschillen vallen, is ervoor gekozen om zoveel mogelijk gebruik te maken van ingemeten profielen. Niet voor alle watergangen binnen het modelgebied zijn ingemeten profielen beschikbaar. Voor deze watergangen zijn de Legger profielen toegepast. In Figuur 25 is weergegeven waar gemeten profielen zijn gebruikt, en waar gebruik is gemaakt van leggerprofielen.



Figuur 25: Gemeten profielen binnen het modelgebied.

Alle profielen zijn als yz-profielen geschematiseerd.

Er wordt gewerkt met een representatieve zomer- en winterweerstand voor alle watergangen:

- Zomerweerstand: Bos en Bijkerk 23;
- Winterweerstand: Bos en Bijkerk 34.

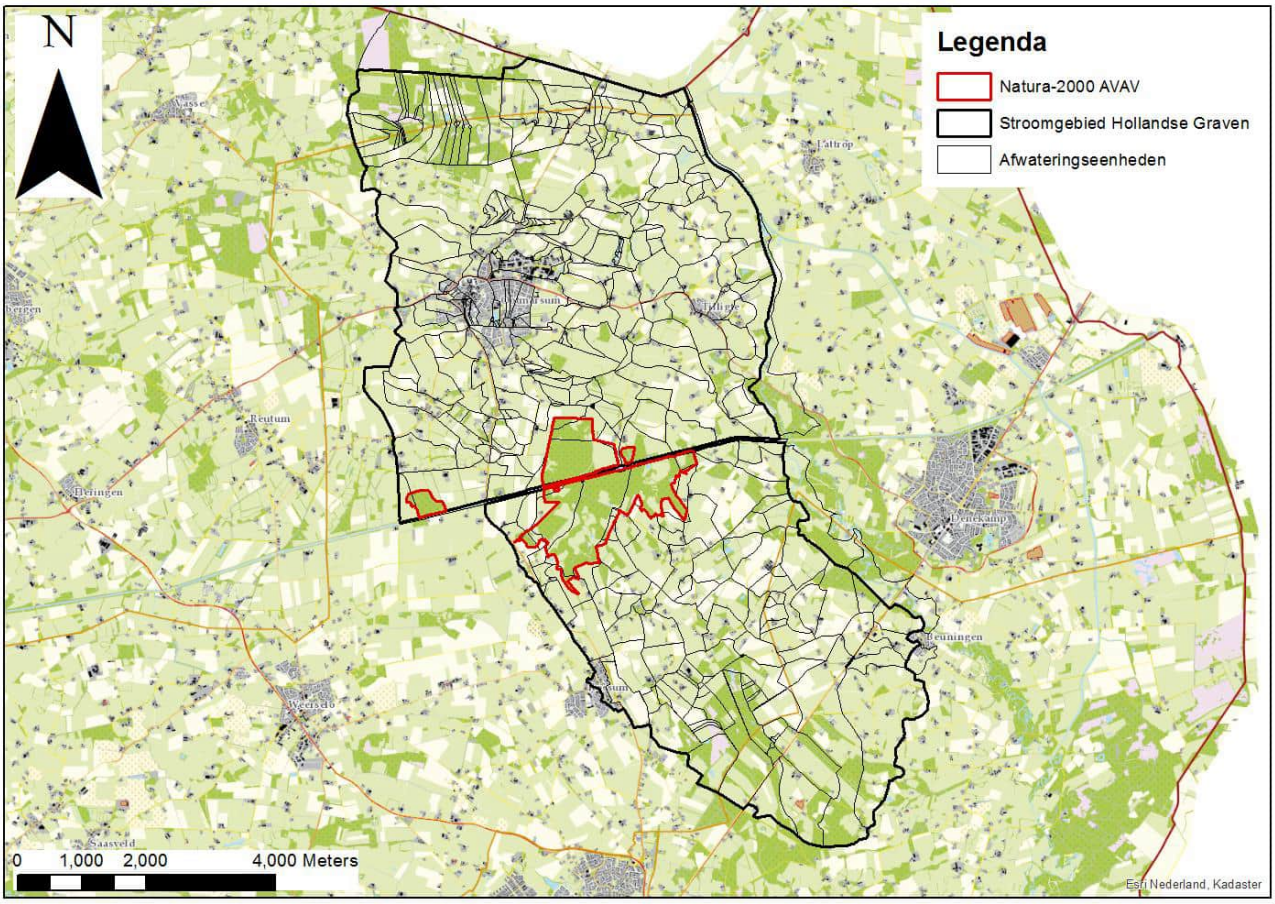
<u>Aanpassingen Voltherbeek</u>

Van de Voltherbeek zijn niet over de gehele beek evenveel gegevens bekend, te zien aan de beperkte profielinformatie in Figuur 25. Daarom is met expert judgement enkele aanpassingen aan het model gedaan om plausibele modelinvoer te verkrijgen. Het gaat om de volgende punten:

- Bij duiker Culv_64533 is het bodemniveau/uitstroomhoogte te hoog. Dat komt omdat het profiel bovenstrooms van de duikers nog geldt, terwijl in de praktijk het bodemniveau van de aangrenzende watergang bereikt moet zijn. Daarom is een dummy profiel aangemaakt met dit niveau. ProfielID - DPR\34000801\3.10_dum;
- Over de Voltherbeek zijn weinig profielen bekend. De enkele profielen die er zijn, zijn onvoldoende om de beek goed te schematiseren. Zonder aanpassingen liggen duikers een meter boven de bodem of soms eronder. De interpolatie tussen de beperkte profielen is dus te grof. Op basis van de aanname dat duikers ca 15 cm onder bodemniveau liggen zijn er enkele dummy profielen ingevoerd. Deze hebben dezelfde dimensies als de dichtstbijzijnde profieldefinitie met een nieuwe bodemhoogte. Het verval van de bodem is op deze manier verfijnt;
- De bovenstroomse 2 km van de Voltherbeek zijn geen gegevens bekend. Deze zijn niet in de Sobek-modellering opgenomen.

Laterals

Waterschap Vechtstromen maakt gebruik van een afwateringseenheden kaart. Voor iedere afwateringseenheid binnen het stroomgebied is een lateral toegevoegd aan het model en op de bijbehorende watergang geplaatst. Het afstromend oppervlak van de afwateringseenheid is in de lateral gedefinieerd. In Figuur 26 zijn de afwateringseenheden weergegeven.



Figuur 26: Afwateringseenheden binnen het modelgebied.

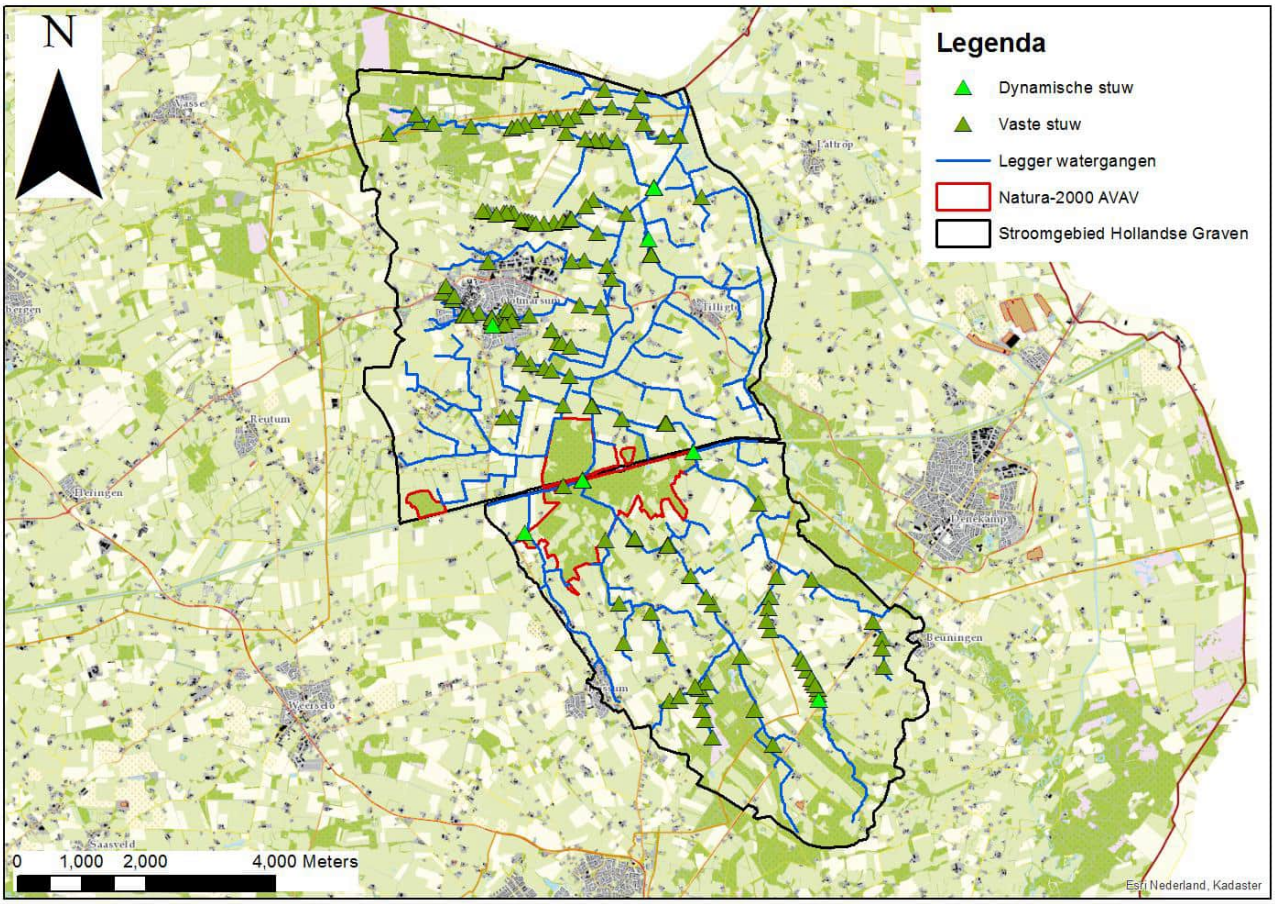
Stuwen

In het model zijn de stuwen opgenomen zoals deze in het bestand aangeleverd door het Waterschap Vechtstromen beschikbaar zijn. In totaal zijn er 192 stuwen aan het model toegevoegd. Het grootste deel van deze stuwen bestaan uit stuwen met een vaste overlaat.

De volgende typen stuwen zijn er aanwezig:

- Schotbalkstuwen;
- Stuw met schuif;
- Stuw met klep;
- Cascadestuw;
- Overlaat.

In onderstaande Figuur 27 zijn alle ingevoerde stuwen weergegeven.



Figuur 27: Stuwen binnen het modelgebied.

Van een 3-tal stuwen is het type onbekend. Deze stuwen zijn als vaste overlaat aan het model toegevoegd.

Stuw 77737 bestaat uit drie naast elkaar gelegen overlaten. Deze zijn samengebracht naar een enkele overlaat in het model met een breedte van 4.5 m. De overlaat hoogte van de drie stuwen is ook nagenoeg gelijk.

In de Peijinksbeek is een bijzondere stuw aanwezig. Het betreft knijpvoorziening ten behoeve van het retentiegebied. De stuw bestaat uit een vaste overlaat op een hoogte van NAP 20,9 m. Daarnaast is er een gat aanwezig van 20 cm rond met een beneden onderkant buis (Bok) van NAP 20,4 m, geschematiseerd als duiker in een separate tak.

Een beperkt aantal stuwen zijn geautomatiseerd en streven daarmee een specifiek peil na. De gegevens van deze stuwen (incl. de meetgegevens van waterstanden en debieten) zijn separaat door het waterschap geleverd. Het gaat hier om de volgende stuwen en de ingestelde peilen:

- Ottershagenweg: stuurt op een bovenstrooms peil;
  - Zomerpeil = NAP +18,35 m;
  - Winterpeil = NAP +18,15 m;
- Huttenweg: stuurt op een bovenstrooms peil;
  - Zomerpeil = NAP +18,75 m;
  - Winterpeil = NAP +18,55 m;
- Roelinksbeek: stuurt op een bovenstrooms peil;
  - Zomerpeil/Winterpeil = NAP +20,35 m;
- Voltherbeek: stuurt op een bovenstrooms peil;
  - Zomerpeil/Winterpeil = NAP +20,75 m;

De instellingen van de stuwen in het Sobek-model zijn in onderstaande tabel weergegeven. Voor de automatische stuwen is gebruik gemaakt van een PID regeling is Sobek (stuwen Ottershagenweg, Huttenweg en Roelinksbeek). Voor stuw Voltherbeek is gebruik gemaakt van een interval controller. Hiermee wordt aangesloten op de wijze van aansturing zoals deze in de praktijk wordt toegepast.

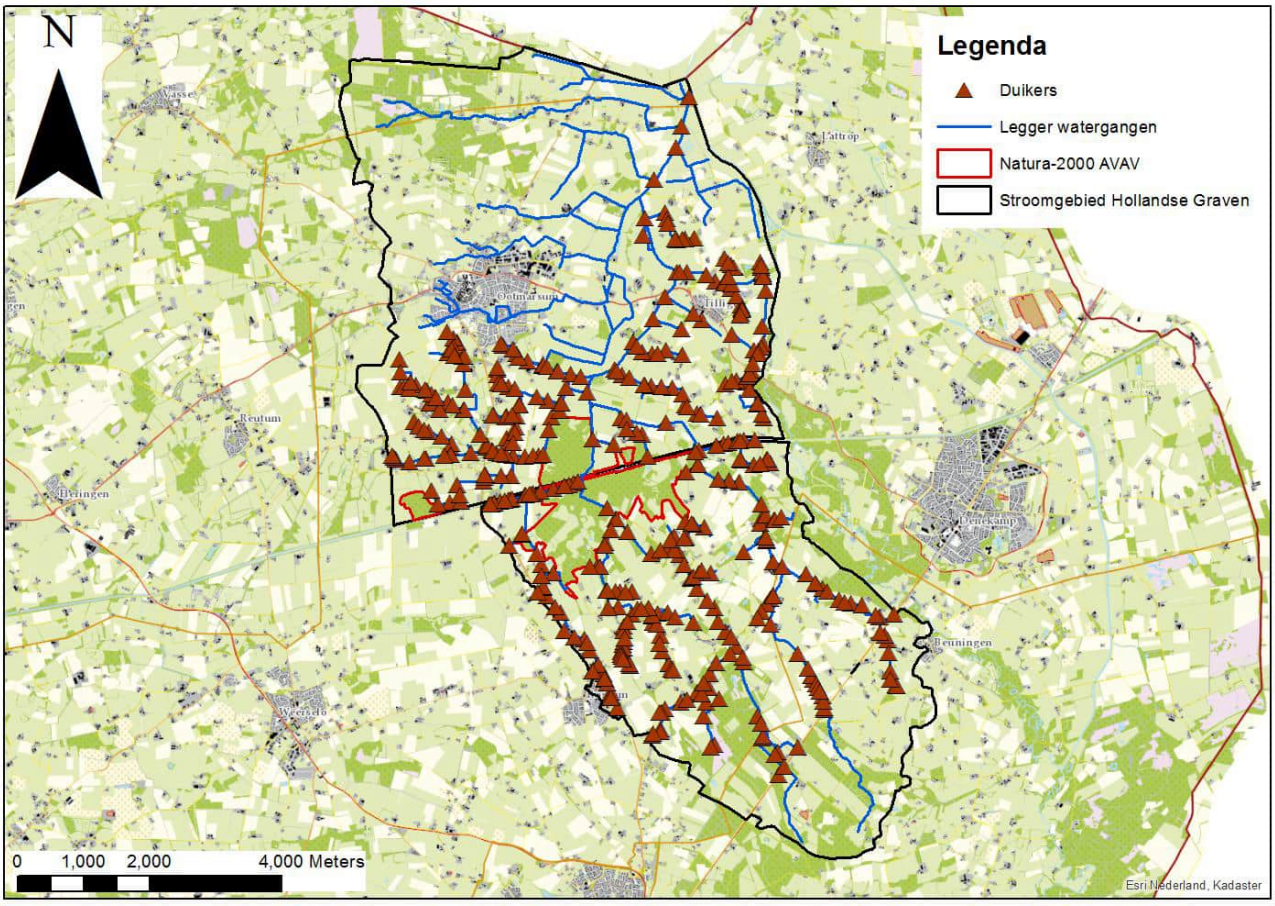
Tabel 6: Stuw instellingen automatische stuwen

Stuw	Controller	Min kruin [m+NAP]	Max kruin [m+NAP]	Max verandering [m/s]	K (P)	K (i)	K (D)
Ottershagenweg	PID	17.50	18.96	0.02	1	0	0.1
Huttenweg	PID	17.50	18.95	0.02	1	0	0.1
Roelinksbeek	PID	19.28	20.40	0.02	1	0	0.1
Voltherbeek	PID	20.11	21.13	0.02	1	0.01	0.1

Duikers

In totaal zijn er 461 duikers in het model opgenomen, weergegeven in Figuur 28. Duikers buiten het interessegebied zijn niet opgenomen om enerzijds de rekentijd van het model niets onnodig te vergroten en anderzijds omdat de grote hoeveelheid duikers in de kern van Ootmarssum niet goed met Sobek-rural gemodelleerd kan worden en genereerd onbetrouwbare waterstanden. Het model kan hierdoor ook instabiel raken. Dit heeft geen invloed op de resultaten omdat we semi-stationair rekenen. De afvoer blijft benedenstrooms dus onveranderd. Alleen de waterstanden in het stedelijk gebied worden onderschat.

De gegevens komen uit het duikers(legger) bestand aangeleverd door het Waterschap. Het overgrote deel zijn ronde duikers. Op enkele locaties zijn de duikers rechthoekig of ellipsevormig. De duikers met een muilvorm of ellipse zijn niet automatisch als profiel te definiëren. Om het vele handwerk te besparen is ervoor gekozen de duikers als rond te modelleren, waarbij de diameter een gemiddelde is van de breedte en de hoogte. Daarmee wordt het oppervlak van de duikers vergelijkbaar met de ellips of muilvorm.



Figuur 28: Duikers binnen het modelgebied.

Van enkele duikers is geen insteekhoogte bekend, voor deze duikers is de uitsteekhoogte gebruikt als insteekhoogte. Er zijn ook duikers waar de uitsteekhoogte niet bekend is, voor deze duikers is de insteekhoogte gebruikt. Het gaat op onderstaande duikers:

- Culv_136500
- Culv_226219
- Culv_207645
- Culv_60286
- Culv_136499
- Culv_207989

Verder zijn er nog enkele duikers met bijzonderheden:

- Culv_207989: ligt helemaal bovenstrooms een meter boven het bodemniveau. Er zit geen lateral flow op, dus er komt geen water op. De waterstand is dus nagenoeg gelijk aan bodemniveau. Zowel in de zomer als winter is dit realistisch, in de winter zal het waterpeil hier niet meer dan enkele 1 tot 5 centimeters stijgen;
- Culv_121083: BOK ligt hoog en de duikers is klein met een diameter van 300 mm. Ligt in de hoofdwaterloop van de Voltherbeek en zorgt voor enorme opstuwing. Direct omliggende duikers boven en benedenstrooms hebben dimensies 1x2 meter. Deze waarde is overgenomen;
- Culv_60215: Bij lage afvoer komt waterpeil onder bodemniveau. Daarom is de onderkant duiker gelijk gezet aan het bodemniveau profiel/watergang 17,68;
- Culv_69133: ligt hoog en zorgt voor hoge waterstanden waardoor het model instabiel wordt. Er is namelijk weinig berging beschikbaar in het profiel. De onderkant duiker is op bodemniveau gezet;
- Culv_69133: niveau ligt hoog t.o.v. profiel watergang. Op basis van AHN2 en google streetview is de duiker 20 cm boven bodemniveau gelegd.

Voor de weerstand van de duikers is een weerstand van Ks 75 $m^{(1/3)}/s$ gehanteerd, volgens het handboek hydrologie Vechtstromen.

Sifons

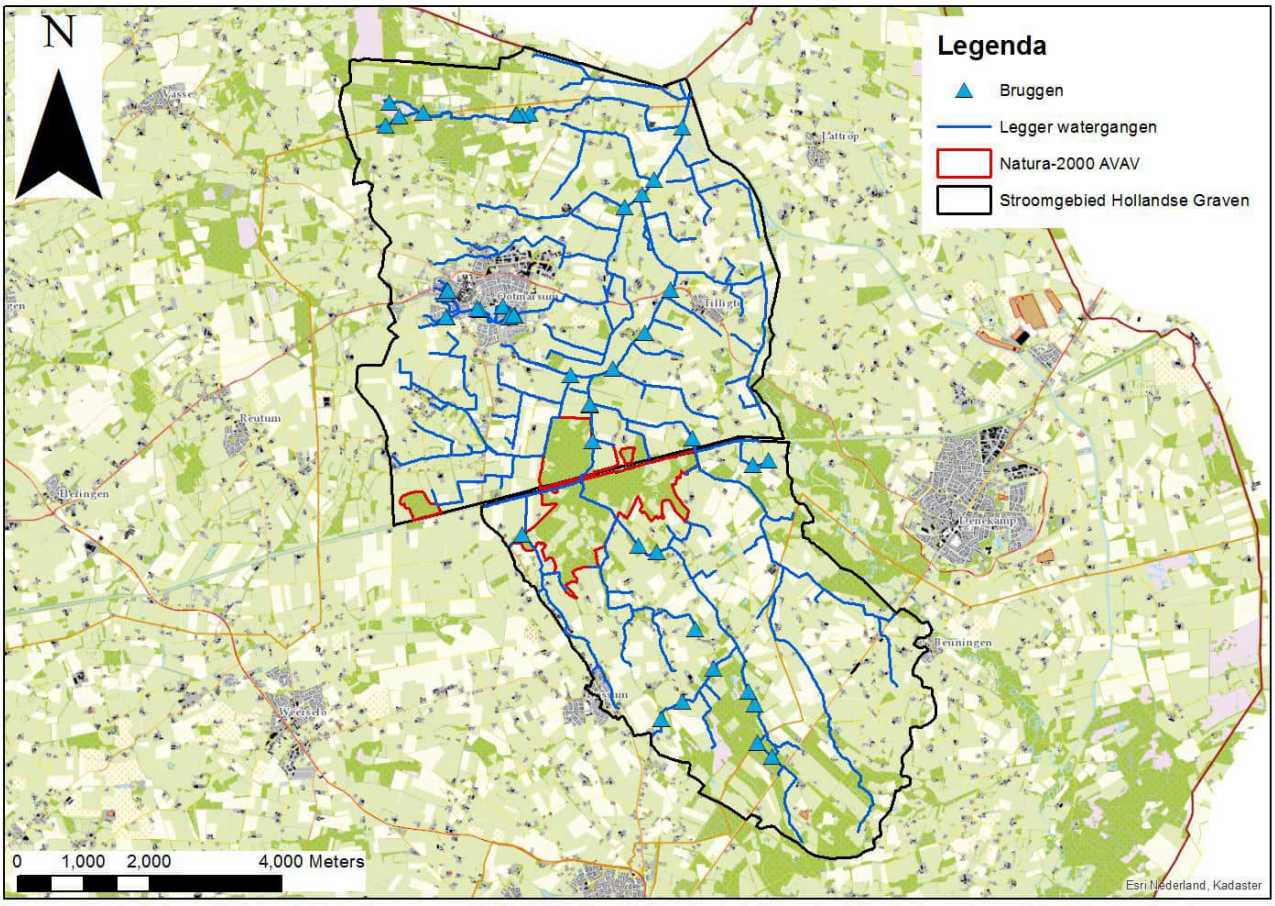
Er zijn in het modelgebied een tweetal sifons aanwezig, daar waar het Kanaal Almelo – Nordhorn wordt gekruist door de Voltherbeek en de Roelinksbeek. Deze sifons zijn als duiker in het model geïmplementeerd. Voor beide constructies is aanvullende gegevens opgevraagd bij Waterschap Vechtstromen in de vorm van de technische ontwerptekeningen. Daarnaast is een onderhoudsrapport ontvangen van de onderleiders van de Roelinksbeek. Op basis van deze gegevens zijn de constructies als volgt in het model opgenomen:

- Roelinksbeek:
  - 3 buizen met een diameter van 1250 mm;
  - Instroomhoogte en bodemhoogte is NAP +16,95 m;
  - Lengte buis is 54 m;
  - Twee buizen zijn voor 25% gevuld met zand en slib, één buis voor 50%. Dit is in het model opgenomen omdat de onderleider meer dan 50 jaar oud is en het aannemelijk is dat de verstopping al enige tijd aanwezig is;
- Voltherbeek:
  - 1 vierkante duiker van 1,5 meter breed bij 2 meter hoog;
  - In- en uitstroomhoogte is NAP +19,4 m;
  - Bodemhoogte buis is NAP +16,95 m;
  - Lengte buis is 47,5 m;
  - Er is geen informatie over de staat van het kunstwerk;
  - Aangenomen verzanding van 25% op basis van onderhoudsrapport Roelinksbeek.

Bruggen

In totaal zijn er 44 bruggen opgenomen in het model met een breedte variërend van 0.8 m tot 17.3 m. De locaties zijn weergegeven in Figuur 29. Voor de dimensies van deze bruggen is uitgegaan van het door het Waterschap Vechtstromen aangeleverde legger bestand. De bruggen zijn allemaal als een enkele overspanningsbrug in het model ingebracht met een rechthoekige onderdoorgang. Er zijn geen bruggen met pijlers die in de watergang staan. Dit volgt wel uit de gegevens, maar controle aan de hand van luchtfoto's laat zien dat het gaat om andere type constructies (overgang over twee sloten ineens).

Voor de bruggen is uitgegaan van een weerstand van Ks 75 $m^{(1/3)}/s$ in aansluiting op de waarde die hier vanuit het Waterschap Vechtstromen veelal voor wordt gebruikt.



Figuur 29: Bruggen binnen het modelgebied.

B5. Maatgevende afvoeren en waterstanden

De maatgevende afvoer is de afvoer die karakteristiek is voor bepaalde situaties zoals een zomersituatie of een hoge afvoer die eens in het jaar voorkomt. Deze maatgevende afvoer is afgeleid op basis van meetgegevens en afvoerfactoren. Binnen het stroomgebied wordt op meerdere locaties de waterstand en afvoer gemeten, zie paragraaf 0 en Figuur 16. Op basis van de meetreeksen van deze locaties is de afvoer voor verschillende maatgevende situaties afgeleid met behulp van statistische analyses.

Normale omstandigheden

Met afvoeren en waterstanden onder normale omstandigheden wordt een gemiddelde winter of zomersituatie bedoeld. Deze afvoeren en waterstanden zijn met name interessant in verband met de interactie met het grondwatersysteem omdat deze in belangrijke mate de ontwatering van het grondwatersysteem kunnen sturen. De normale omstandigheden die beschouwd zijn betreffen de zomer- en wintersituatie. De zomersituatie komt 10% van de zomerperiode voor of wordt onderschreden. De wintersituatie wordt 80 dagen per jaar bereikt of overschreden. Waterstanden en afvoeren onder normale omstandigheden zijn goed af te leiden uit meetreeksen, er zijn veel metingen van. Het zijn bovendien betrouwbare metingen doordat deze situaties minder dynamisch zijn. Waterstanden voor deze situaties zijn met behulp van percentielwaarden afgeleid. In Tabel 7 zijn de afgeleide waterstanden en in Tabel 8 de afgeleide afvoeren voor de zomer- en wintersituatie weergegeven. Deze maatgevende afvoeren zijn als input gebruik in het model en de waterstanden voor de validatie van het modelresultaat.

Tabel 7: Verschil tussen waterstanden afgeleid uit berekeningen en uit metingen, weergegeven in meters.

Situatie	Frequentie van voorkomen	Zijde	Otters-hagen-weg	Hutten-weg	Roelinks-beek	Volther-beek	Wolboers-leiding	Peijinks-beek
Streefpeil winter		Bov.	18.15	18.55	20.35	20.75	19.77	20.40
1/4 Q	Wordt 80 dagen per jaar bereikt of overschreden	Bov.	18.16	18.55	20.36	20.76	19.83	20.50
		Ben.	17.73	18.28	19.25	19.99		
Streefpeil zomer		Bov.	18.35	18.75	20.35	20.75	19.77	20.40
1/100 Q	Wordt gedurende 10% van de zomerperiode bereikt of onderschreden	Bov.	18.33	18.65	20.15	20.63	19.78	20.41
		Ben.	17.54	18.24	19.10	19.79		

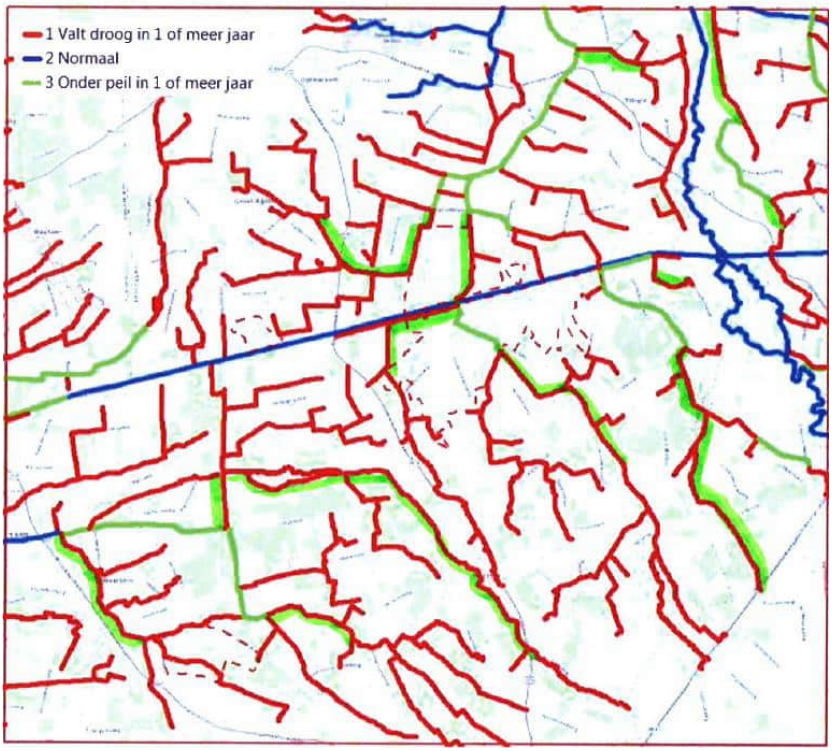
Tabel 8: Afgeleide afvoeren uit de beschikbare meetgegevens op basis van percentielwaarden. Afvoeren zijn gegeven in m^3/s en l/s.ha.

Situatie	Frequentie van voorkomen	Otters-hagen-weg		Roelinksbeek		Voltherbeek		Peijinksbeek	
		m^3/s	l/s.ha	m^3/s	l/s.ha	m^3/s	l/s.ha	m^3/s	l/s.ha
1/4 Q	Wordt 80 dagen per jaar bereikt of overschreden	0.63	0.13	0.11	0.09	0.10	0.13	0.02	0.14
1/100 Q	Wordt gedurende 10% van de zomerperiode bereikt of onderschreden	0.0025	0.0005	0	0	0	0	0.0003	0.002

Gedurende de winterperiode wordt op de meeste locaties het streefpeil gehandhaafd. Dat komt mede door de automatische stuwen. In de Peijinksbeek staan twee stuwen waarvan de Wolboersleiding vast is en de Peijinksbeek handmatig regelbaar. Hier ligt het waterpeil ca. 10 cm boven streefpeil.

In de zomerperiode komt het voor dat watergangen niet meer afvoeren en droogvallen of dat het waterpeil onder het gewenste streefpeil zakt. Uit de metingen is helder te zien dat het peil bij de stuw van de Roelinksbeek gedurende 10% van de zomerperiode 20 cm onder streefpeil uitzakt. In de Voltherbeek is dit 12 cm en de Huttenweg 10 cm. Dicht op de stuw van de Peijinksbeek valt de beek niet droog en is 10% van de zomerperiode nog een minimale afvoer aanwezig. Niet ver achter deze stuw valt de beek regelmatig droog in de zomer.

Figuur 30 geeft een overzicht van droogval in de beken volgens ervaringen van de gebiedsbeheerder waterschap Vechtstromen. De meeste beken in de omgeving vallen doorgaans droog in de zomer.



Figuur 30: Overzicht van beken die droogvallen of waar het waterpeil onder streefpeil zakt ingevuld door gebiedsbeheerder van het waterschap Vechtstromen.

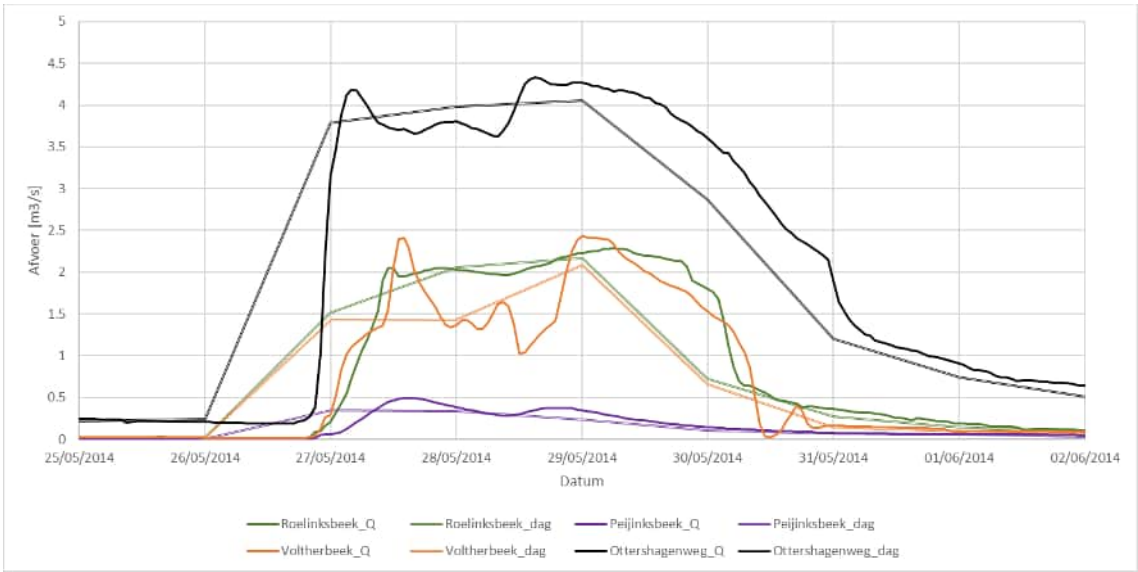
Extreme omstandigheden

Met extreme omstandigheden worden omstandigheden bedoeld in situaties die niet zo vaak voorkomen. In het kader van de inundatietoetsing zijn situaties met hoge afvoeren en waterstanden van belang. Het waterschap hanteert inundatienormen binnen het beheersgebied, gebaseerd op gebruiksfuncties, waaraan het watersysteem moet voldoen.

Afvoeren

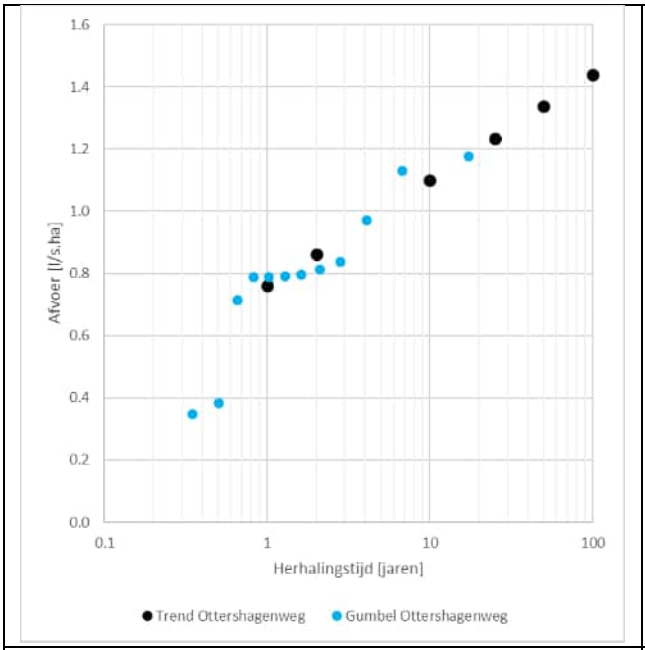
In Figuur 31 zijn twee opeenvolgende afvoergolven weergegeven bij verschillende meetpunten in het gebied. Hieruit valt op te maken dat er binnen een korte periode hoge afvoeren worden bereikt en dat de lediging van de piek in het systeem ongeveer 1 tot 2 dagen duurt. Daarbij is te zien dat de Voltherbeek sneller reageert, een hogere afvoerpiek heeft en sneller ledigt dan de Roelinksbeek. De afvoer in de Peijinksbeek heeft een nog meer vertraagt profiel/verloop dan de Roelinksbeek. Ook bij de Ottershagenweg, benedenstrooms, is een sterke snelle stijging in de afvoer waar te nemen. Op dit punt komt ook de afvoer van snel reagerende systemen rondom Ootmarsum uit.

Dit geeft weer dat een hoge afvoer situatie een dag kan aanhouden en het verschil met de korte hogere piek beperkt is. Het semi-stationair doorrekenen van afgeleide dag-afvoeren geeft daarmee een realistische indicatie van de situatie gedurende een dag met hoge afvoeren.

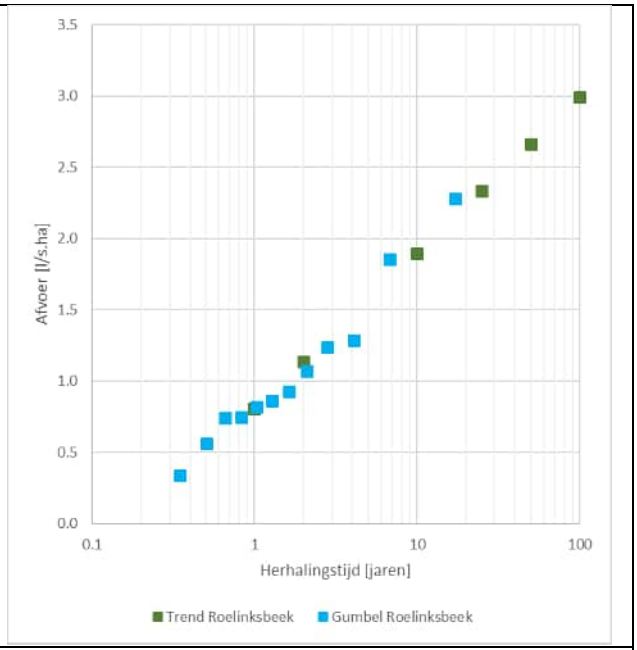


Figuur 31: Gemeten afvoeren op de verschillende meetpunten in mei 2014. Afvoer is gegeven in uur- en daggemiddelde.

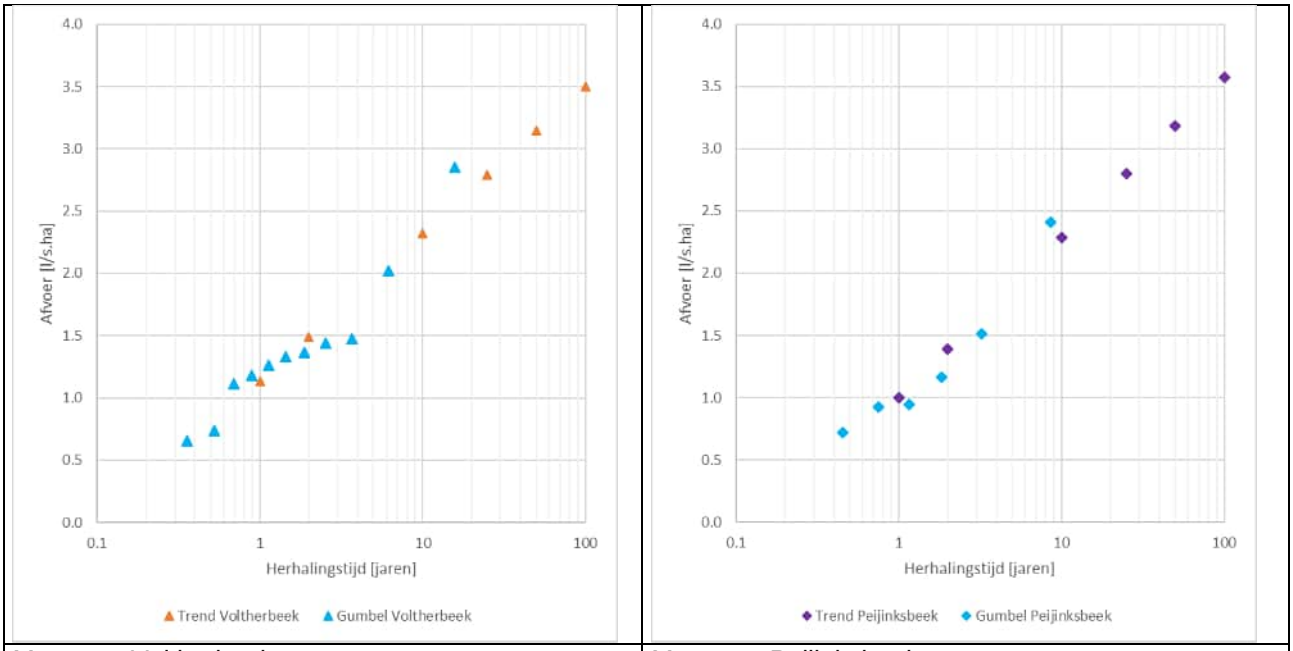
Extreme afvoeren op dag-basis zijn afgeleid met de statistische Gumbel-methode voor verschillende maatgevende situaties. In *Figuur 32* en Tabel 9 zijn de afgeleide extreme afvoeren weergegeven. De afvoeren in het gebied, met name in de Roelinksbeek, Peijinksbeek en Voltherbeek is hoog door een combinatie een sterk hellend gebied met aanwezigheid van klei en ondiepe keileemlagen. De afvoeren weergegeven in Tabel 9 zijn als input gebruikt in het model.



Meetpunt Ottershagenweg



Meetpunt Roelinksbeek



Meetpunt Voltherbeek | Meetpunt Peijinksbeek

Figuur 32: Gumbel verdelingen van jaarmaxima afvoeren bij de beschikbare meetpunten binnen het stroomgebied. De afvoer op basis van standaard afvoerfactoren zijn weergegeven met de doorgetrokken lijn.

Tabel 9: Afvoerstatistiek voor verschillende meetpunten

Situatie	Otters-hagenweg [m^3/s]	Roelinks-beek [m^3/s]	Volther-beek [m^3/s]	Peijinks-beek [m^3/s]	Otters-hagenweg [l/s.ha]	Roelinks-beek [l/s.ha]	Volther-beek [l/s.ha]	Peijinks-beek [l/s.ha]
T1	3.69	0.94	0.85	0.14	0.76	0.81	1.13	1.00
T2	4.19	1.33	1.11	0.20	0.86	1.14	1.49	1.39
T10	5.34	2.22	1.73	0.33	1.10	1.90	2.32	2.29
T25	5.99	2.72	2.08	0.40	1.24	2.33	2.79	2.80
T50	6.49	3.11	2.35	0.46	1.34	2.66	3.14	3.18
T100	6.98	3.49	2.61	0.51	1.44	2.99	3.50	3.57

Waterstanden

Extreme waterstanden op dag-basis die weinig frequent voorkomen zijn afgeleid met de statistische Gumbel-methode voor verschillende maatgevende situaties. In Tabel 10 en Tabel 11 zijn de extreme waterstanden weergegeven. Extreme peilstijgingen die eens in de 10 en 100 jaar voorkomen liggen bij de Ottershagenweg tussen de 40 en 50 cm en de Huttenweg 50 tot 60 cm. In de Roelinksbeek kunnen peilstijgingen tussen de 20 en 30 cm worden verwacht en in de Voltherbeek 20 tot 40 cm. In de Peijinksbeek is de peilstijging ten opzichte van de kruinhoogte 60 tot 100 cm, waarvan de onzekerheid door de korte meetreeks wel groter is. In de Wolboersleiding kan het peil eens in de 10 jaar al snel 80 tot 90 cm stijgen ten opzichte van de kruinhoogte. De waterstanden in deze tabel zijn gebruikt ter validatie van het modelresultaat.

Tabel 10: Waterstanden bovenstrooms van meetstuwen bij verschillende maatgevende situaties.

Situatie	Otters-hagenweg [m+NAP]	Hutten-weg [m+NAP]	Roelinks-beek [m+NAP]	Volther-beek [m+NAP]	Peijinks-beek [m+NAP]	Wolboers-leiding [m+NAP]
T1	18.42	18.76	20.37	20.76	21.03	20.08
T2	18.49	18.84	20.38	20.83	21.07	20.22
T10	18.61	18.97	20.54	20.96	21.18	20.57
T25	18.62	18.99	20.55	21.04	21.25	20.76

T50	18.63	19.01	20.56	21.1	21.29	20.91
T100	18.64	19.02	20.57	21.17	21.34	21.05

Tabel 11: Waterstanden benedenstrooms van meetstuwen bij verschillende maatgevende situaties.

Situatie	Otters-hagenweg [m+NAP]	Hutten-weg [m+NAP]	Roelinks-beek [m+NAP]	Volther-beek [m+NAP]
T1	18.04	18.45	19.96	20.44
T2	18.12	18.52	20.03	20.55
T10	18.56	18.66	20.36	20.89
T25	18.59	18.91	20.43	21.12
T50	18.62	18.93	20.48	21.32
T100	18.64	18.95	20.53	21.5

B6. Modelvalidatie

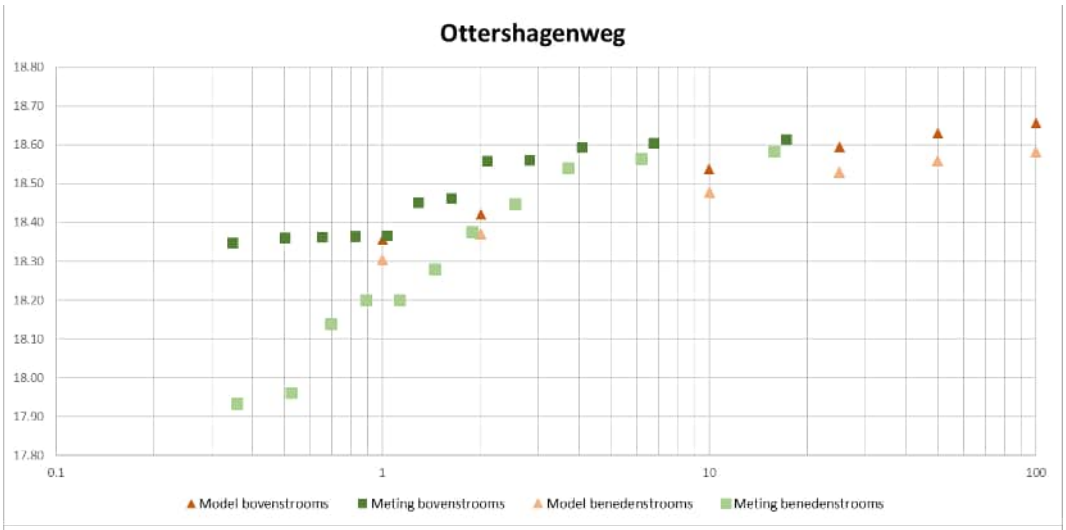
Ter validatie van het model zijn de berekende waterstanden bij verschillende maatgevende afvoersituaties afgezet tegen de maatgevende waterstanden.

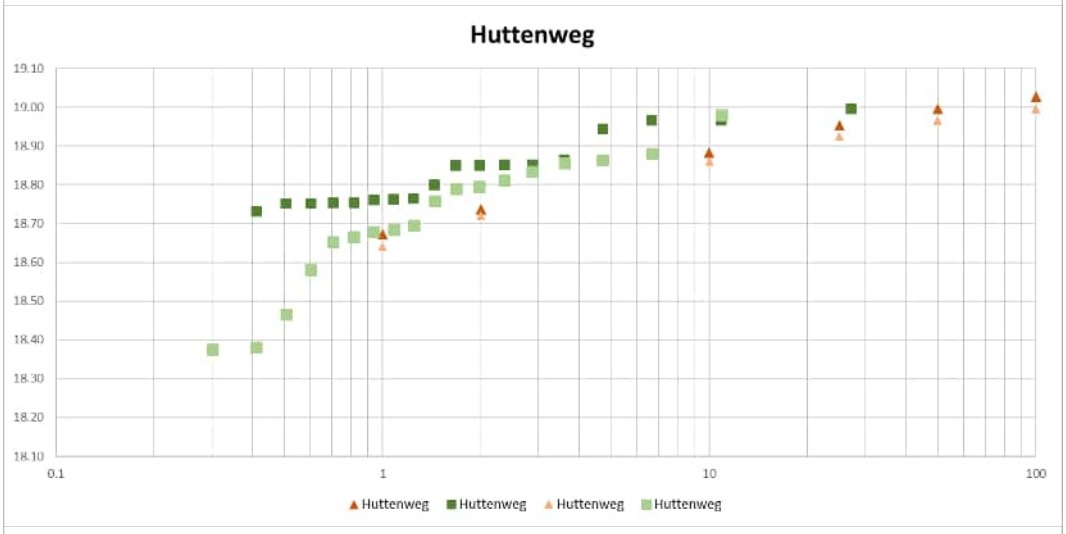
Met het model worden plausibele waterstanden berekend die goed overeenkomen met de metingen. Dit is weergegeven in Tabel 12, waar het verschil tussen de berekend en gemeten waterstand is weergegeven. Bovenstroomse waterstanden van Roelinksbeek en Voltherbeek zijn in de zomersituatie te hoog berekend. Dit is logisch omdat uit gegevens bekend is dat het peil in deze beken gedurende langere tijd onder streefwaarde ligt. In het grondwatermodel is hier rekening mee gehouden en is daar een correctie op uitgevoerd. Benedenstrooms van de stuwen zijn de berekende waterstanden enkele centimeters lager dan de metingen.

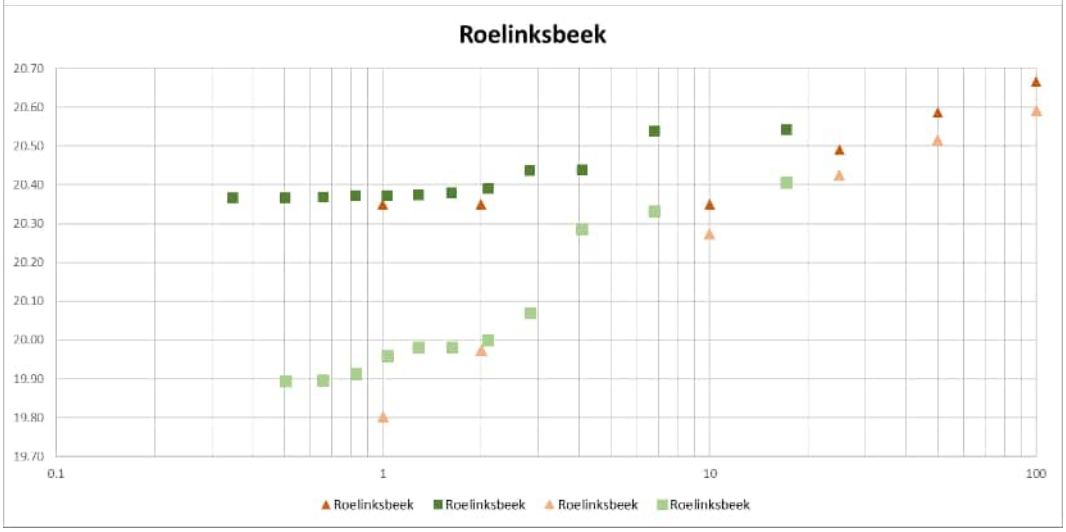
Tabel 12: Verschil tussen waterstanden afgeleid uit berekeningen en uit metingen, weergegeven in meters.

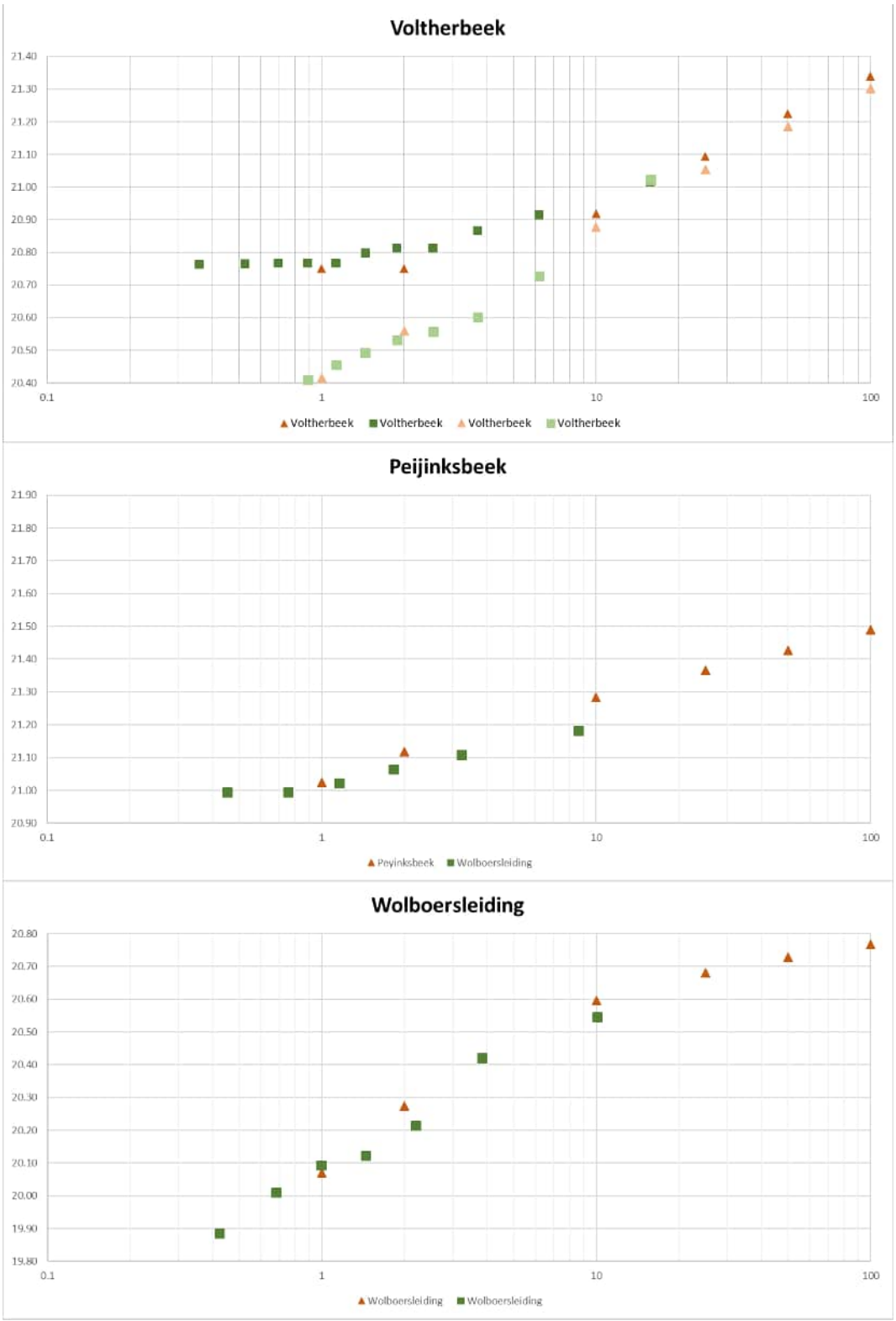
Situatie	Frequentie van voorkomen	Zijde	Otters-hagen-weg	Hutten-weg	Roelinks-beek	Volther-beek	Wolboers-leiding	Peijinks-beek
1/4 Q	Wordt 80 dagen per jaar bereikt of overschreden	Bov.	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.02
		Ben.	-0.06	-0.02	-0.04	-0.09		
1/100 Q	Wordt gedurende 10% van de zomerperiode bereikt of onderschreden	Bov.	0.02	-0.05	0.17	0.12	-0.04	0.00
		Ben.	-0.08	0.02	-0.01	-0.04		

De resultaten van het model bij extremen zijn weergegeven in Figuur 33. Hieruit blijkt dat de berekende waterstanden in de Voltherbeek, Peijinksbeek en Wolboersleiding in lijn zijn met de gemeten waterstanden. De berekende waterstanden van de Roelinksbeek blijven tot een T10 situatie constant, terwijl uit de meting blijkt dat er vanaf een T5 duidelijk peilstijgingen gaan optreden. Bij de stuwen Ottershagenweg en Huttenweg zijn de berekende waterstanden tussen de T1 en T10 situaties onderschat, mogelijk omdat de automatische stuwen in de praktijk niet direct ‘plat’ liggen en daarmee hogere waterstanden veroorzaken.


Ottershagenweg
18.80
18.70
18.60
18.50
18.40
18.30
18.20
18.10
18.00
17.90
17.80
0.1
1
10
100
Model bovenstrooms
Meting bovenstrooms
Model benedenstrooms
Meting benedenstrooms


Huttenweg
19.10
19.00
18.90
18.80
18.70
18.60
18.50
18.40
18.30
18.20
18.10
0.1
1
10
100
Huttenweg
Huttenweg
Huttenweg
Huttenweg


Roelinksbeek
20.70
20.60
20.50
20.40
20.30
20.20
20.10
20.00
19.90
19.80
19.70
0.1
1
10
100
Roelinksbeek
Roelinksbeek
Roelinksbeek
Roelinksbeek



Figuur 33: Berekende waterstanden (oranje driehoeken) en afgeleide maatgevende waterstanden op basis van metingen (groene vierkanten).

Nabewerking modelresultaten

Met het model worden waterstanden in de watergangen berekend voor verschillende afvoersituaties. Vanuit deze waterstanden moet bepaald worden of inundatie op treedt en wat de drooglegging in het gebied is. Daarvoor moet een relatie gelegd worden met de hoogtekaart. Daar waar de waterstand hoger is dan het maaiveld treedt inundatie op. Hiervoor moeten twee stappen doorlopen worden:

1. De puntgegevens met waterstanden worden geïnterpoleerd tot een vlakdekkend raster;
2. Het raster met geïnterpoleerde waterstanden wordt van het AHN2-raster afgetrokken.

Deze methode maakt inzichtelijk waar de waterstand in de watergang boven maaiveld uit komt. Echter heeft de interpolatie het nadeel dat daar waar het water uit de waterloop niet naartoe kan stromen vanuit de beek wordt toch opgelicht.

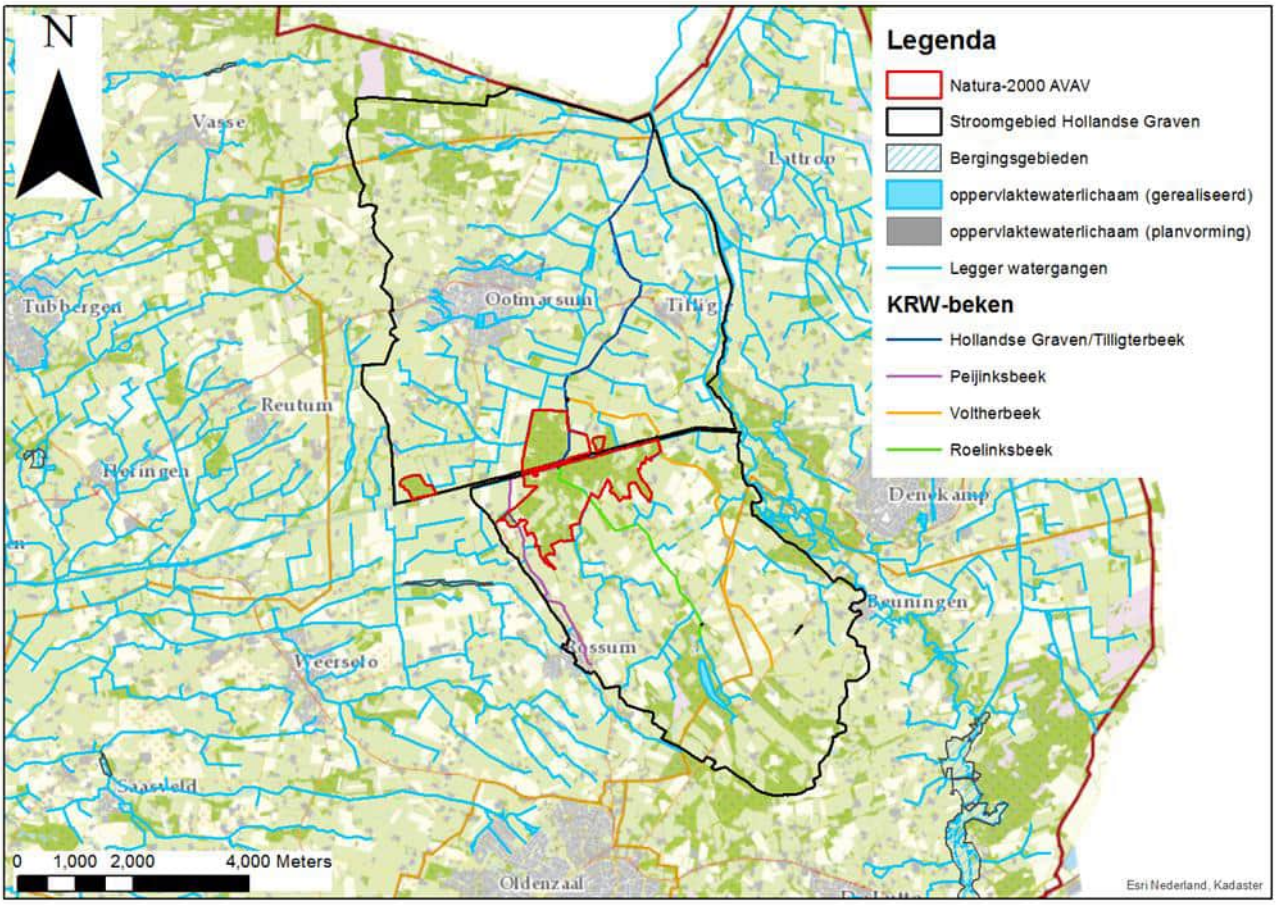
Bijlage C Huidige situatie

In dit hoofdstuk wordt het huidig functioneren van het watersysteem beschreven op basis van model.

C1. Afwatering

De afwatering bovenstrooms van AVAV gaat via de Peijinksbeek, Roelinksbeek en Voltherbeek. De Roelinksbeek en Peijinksbeek stromen door het Natura-2000 gebied, de Voltherbeek stroomt erlangs af. Net voor de Roelinksbeek onder het kanaal door gaat, komt deze samen met de Peijinksbeek. Deze twee beken vormen samen de Tilligterbeek. Ongeveer 1 km benedenstrooms van dit punt stroomt de Voltherbeek af op de Tilligterbeek en op 1,5 km het Vree. Het water voert in noordelijke richting af richting de stuw Huttenweg. Na stuw Huttenweg komt het water van de Wiemselleiding, dat water vanuit Ootmarsum afwatert, op de Tilligterbeek uit en stroomt richting stuw Ottershagenweg.

Het betreft, zeker bovenstrooms, een snel reagerend systeem. Dat wil zeggen dat bij neerslag de afvoer in de beken snel tot stand komt en voor hoge afvoer en snelle peilstijgingen zorgt. De snelle reactie van het systeem komt door het sterke hoogteverloop, agrarisch landgebruik (drainage) in combinatie met de ondiepe leem of keileem lagen in het gebied, waardoor de bodem snel verzadigd en het water niet meer via de bodem kan afwateren. De snelle reactie op neerslag heeft ook het gevolg dat het gros van de beken droogvalt in de zomer. In de vlakkere delen van het gebied, rond AVAV en in het beekdal van de Tilligterbeek, is vrijwel altijd water aanwezig in de beken. Omdat het verhang over de beek in deze delen klein is, kan het water worden vastgehouden in de beek. Zonder de aanwezigheid van stuwen vallen ook deze delen droog.



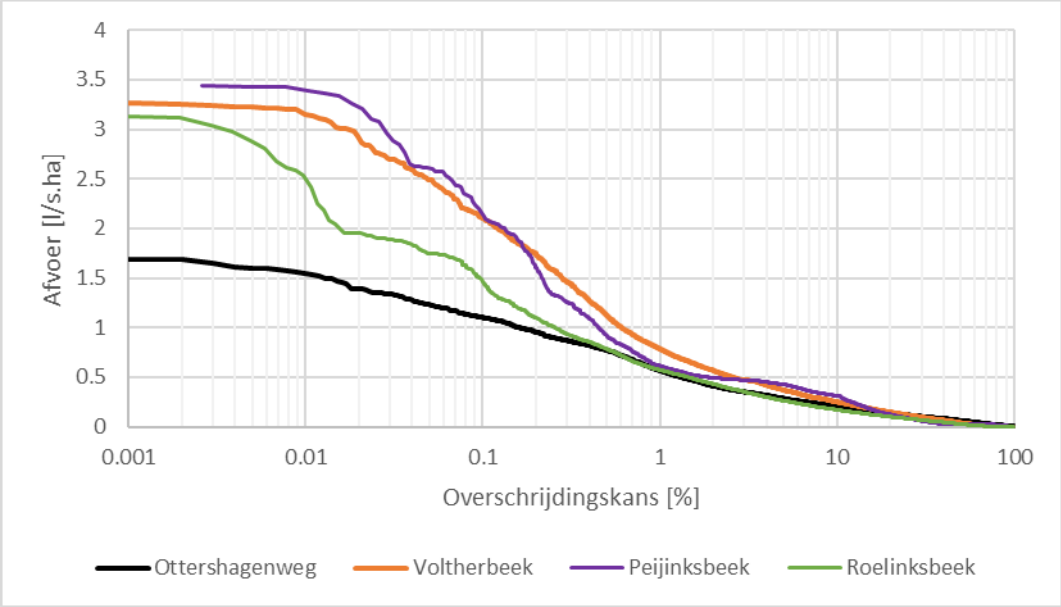
Figuur 34: Beken in het stroomgebied en afwatering.

C2. Afvoeren

In Bijlage B is toegelicht wat de maatgevende afvoeren zijn binnen het stroomgebied, bepaald op basis van percentielwaardes en de Gumbel-analyse. In onderstaande Figuur 35 is de overschrijdingskans van afvoerintensiteit weergegeven voor de beschikbare meetpunten. Deze figuur geeft de kans in procenten weer dat een afvoer in l/s.ha wordt overschreden.

Belangrijke eigenschappen van het watersysteem worden hierin gevat:

- De basisafvoer gemiddeld per ha (afvoer die vaak voorkomt en vaak wordt overschreden) is benedenstrooms bij Ottershagenweg hoger dan in de bovenstroomse beken;
- Er is een geleidelijke overgang van laag naar hoogafvoer bij Ottershagenweg. Het verschil tussen ‘normale’ afvoer en hoogafvoer in de bovenstroomse beken is veel scherper;
- De afvoer bij stuw Roelinksbeek is lager dan bij de Voltherbeek of Peijinksbeek, mogelijk veroorzaakt door groter aandeel van retentie, type landgebruik (meer natuurgebied en minder drainage) en grondwaterstanden;



Figuur 35: Overschrijdingskans afvoeren ter hoogte van meetpunten Ottershagenweg, Voltherbeek, Peijinksbeek en Roelinksbeek.

C3. Waterstanden

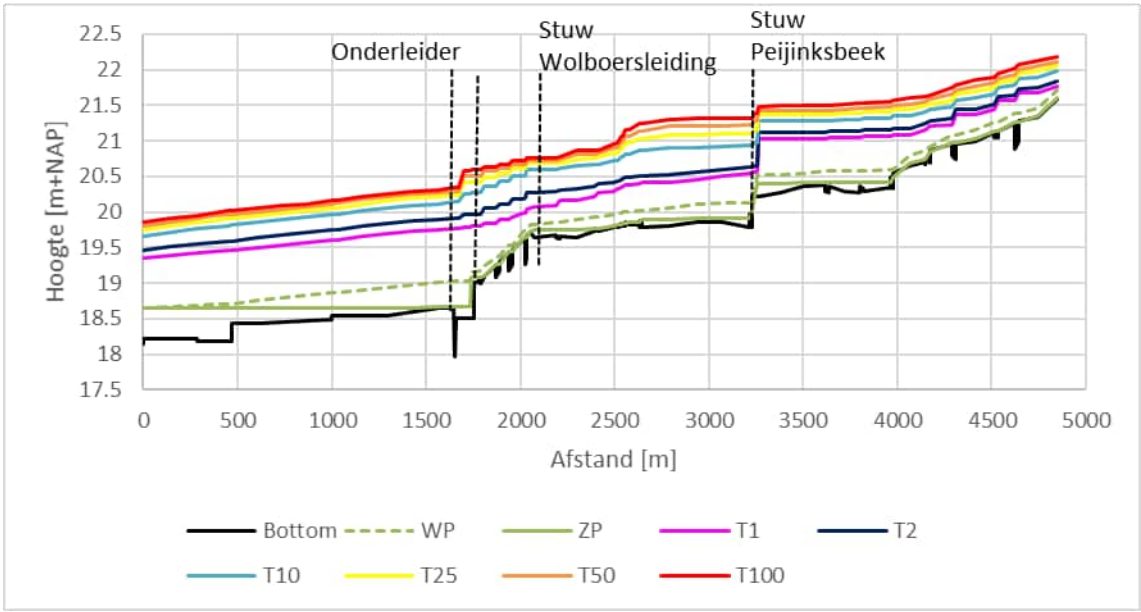
In Figuur 36, Figuur 37 en Figuur 38 zijn de lengteprofielen weergegeven van de Peijinksbeek, Roelinksbeek en Voltherbeek. De profielen van de Roelinksbeek, Voltherbeek en Peijinksbeek starten (0 meter) bij het de samenkomst van Het Vree en de Tilligterbeek.

De Peijinksbeek

Het winterpeil is in deze beek benedenstrooms ca. 20 cm hoger dan het zomerpeil, dat nagenoeg gelijk is aan het bodemniveau in een zomersituatie met enige afvoer. In praktijk valt de beek in de zomer geheel droog. Het model kan de beek niet helemaal droog modelleren omdat er altijd enige afvoer op de beek moet blijven om reken modeltechnische redenen.

Peilstijgingen ten opzichte van de wintersituatie zijn in de beek fors. Benedenstrooms in het vlakkere deel van de beek, rond de retentievoorziening, 50 tot 80 cm. Verder stroomopwaarts zijn de peilstijgingen ca. 30 cm. Geheel bovenstrooms zijn de verschillen tussen extreme afvoersituaties beperkt. Benedenstrooms van de retentie kunnen deze bij een T100-situatie oplopen tot wel 1 meter.

Tussen de stuw Peijinksbeek en stuw Wolboersleiding treedt bij hogere afvoeren (>T10) een sterk verhang op veroorzaakt door enkele duikers over dit traject. Benedenstrooms van stuw Wolboersleiding ligt een lange verduikering naar de Roelinksbeek. Bij hoge afvoeren (~T1 of hoger) is het verval over deze duiker ca. 40 cm. Het verval over de onderleider is 5 cm bij een T1 tot 30 cm bij een T100.



Figuur 36: Lengteprofiel Peijinksbeek.

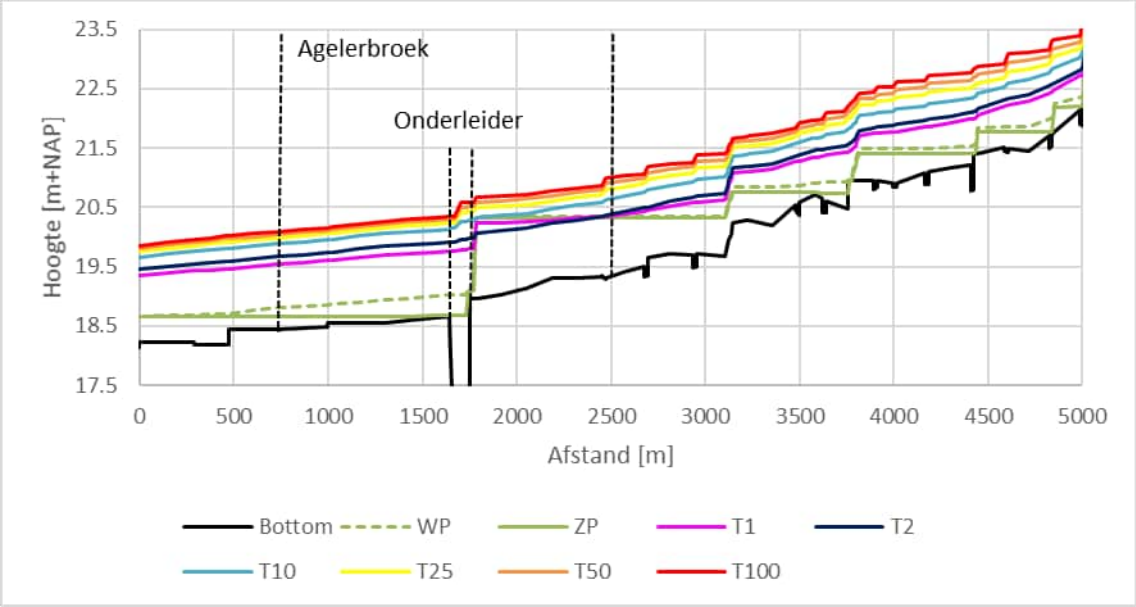
De Roelinksbeek

In de omgeving van het Natura-2000 gebied Agelerbroek is de zomer en wintersituatie gelijk aan elkaar. In werkelijkheid is er niet altijd afvoer in de Roelinksbeek en zakt het peil in een deel van de zomerperiode 10 tot 20 cm uit.

Bij normale afvoersituaties is het gestuwde systeem van de beek goed terug te zien. Bij hoge afvoeren verdrinken deze stuwen waardoor een meer natuurlijk verhang over de beek zichtbaar wordt. De automatische stuw stuurt op een meetpunt ca. 1 km bovenstrooms van de stuw, hierdoor is bij een T1 en T2 situatie de waterstand bij de stuw zelf wat lager dan het streefpeil. Bij hogere afvoeren stijgt ook hier het peil ten opzichte van streefpeil.

De peilstijging in de beek bij een T2-situatie ligt tussen de 0 tot 20 cm nabij stuwen tot bijna 1 meter op grotere afstand van de stuwen. In een T100-situatie is de peilstijging over het grootste deel van de beek ca. 50 cm hoger dan de T2-situatie. Verder stroomopwaarts kan het verschil tussen winter en T100 tot ca. 1,5 meter oplopen.

Bij een T1-situatie is het peilverschil boven en benedenstrooms van stuw Roelinksbeek enkele tientallen centimeters. Bij een T2 en hoger is het waterstandsverschil 10 cm. Tijdens een T2 is het peilverschil vóór en achter de onderleider nog beperkt < 10 cm. Ook zonder onderleider zal het waterstandsverschil hier waarschijnlijk ca. 10 cm zijn. Door het natuurlijke verhang over de Tilligterbeek zal de waterstand benedenstrooms van de Roelinksbeek dus hoog zijn. Daarbij komt dat bij extremere afvoeren (T10 of hoger) de onderleider ook tot significante opstuwing zorgt wat het peil 10 tot 30 cm extra verhoogd.



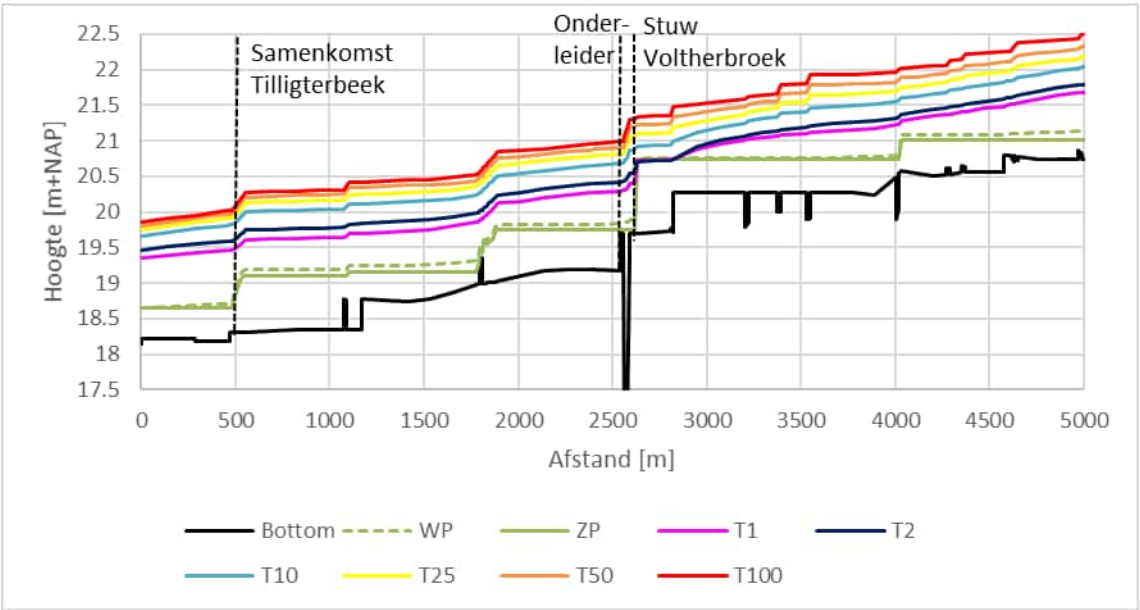
Figuur 37: Lengteprofiel Roelinksbeek.

Voltherbeek

Het zomer- en winterpeil in de Voltherbeek is vrijwel gelijk aan elkaar. Bij een normale wintersituatie kan de beek zonder significante opstuwing de afwatering garanderen. Net als in de Roelinksbeek is het gestuwde systeem in de normale situaties duidelijk terug te zien.

De peilstijging bij een T2-situatie ligt in de beek tussen de 20 cm nabij stuwen tot maximaal 80 cm op afstand van de stuwen.

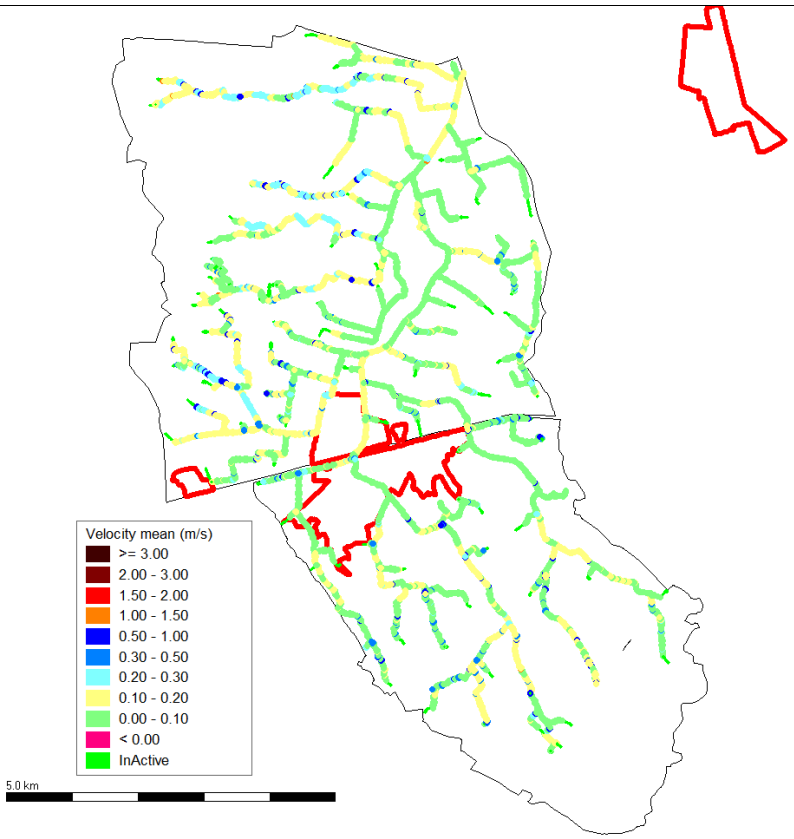
Het verval over de onderleider in de Voltherbeek is ca. 5 cm in een wintersituatie, 10 cm bij een T1 tot 30 cm bij een T100 situatie.



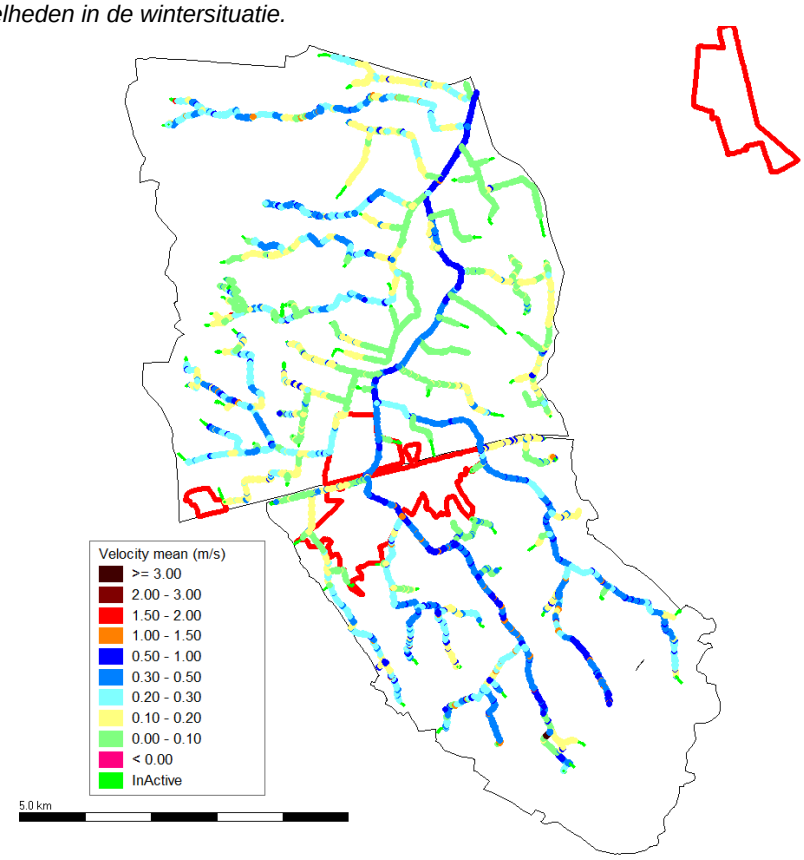
Figuur 38: Lengteprofiel Voltherbeek.

C4. Stroomsnelheden

Voor verschillende situaties is de stroomsnelheid in de beken in Figuur 39 en Figuur 40. Door de afwezigheid van afvoer is de stroomsnelheid in de zomer 0 m/s tot minimale snelheden. In de wintersituatie is voor een groot deel van de waterlopen ook maar een beperkte stroomsnelheid. Enkel, binnen het interessegebied, wordt in de Roelinksbeek, het Vree en Tilligterbeek op enkele plekken een hogere stroomsnelheid dan 0,1 m/s berekend. In T1-situaties is de stroomsnelheid in de Roelinksbeek en Tilligterbeek rond de 0,5 m/s. In de Voltherbeek ligt deze doorgaans rond de 0,3 m/s. De stroomsnelheid in de Peijinksbeek is bij een T1-afvoer ca. 0,2 m/s. Daarmee is het risico op bodemerosie beperkt.



Figuur 39: Stroomsnelheden in de wintersituatie.

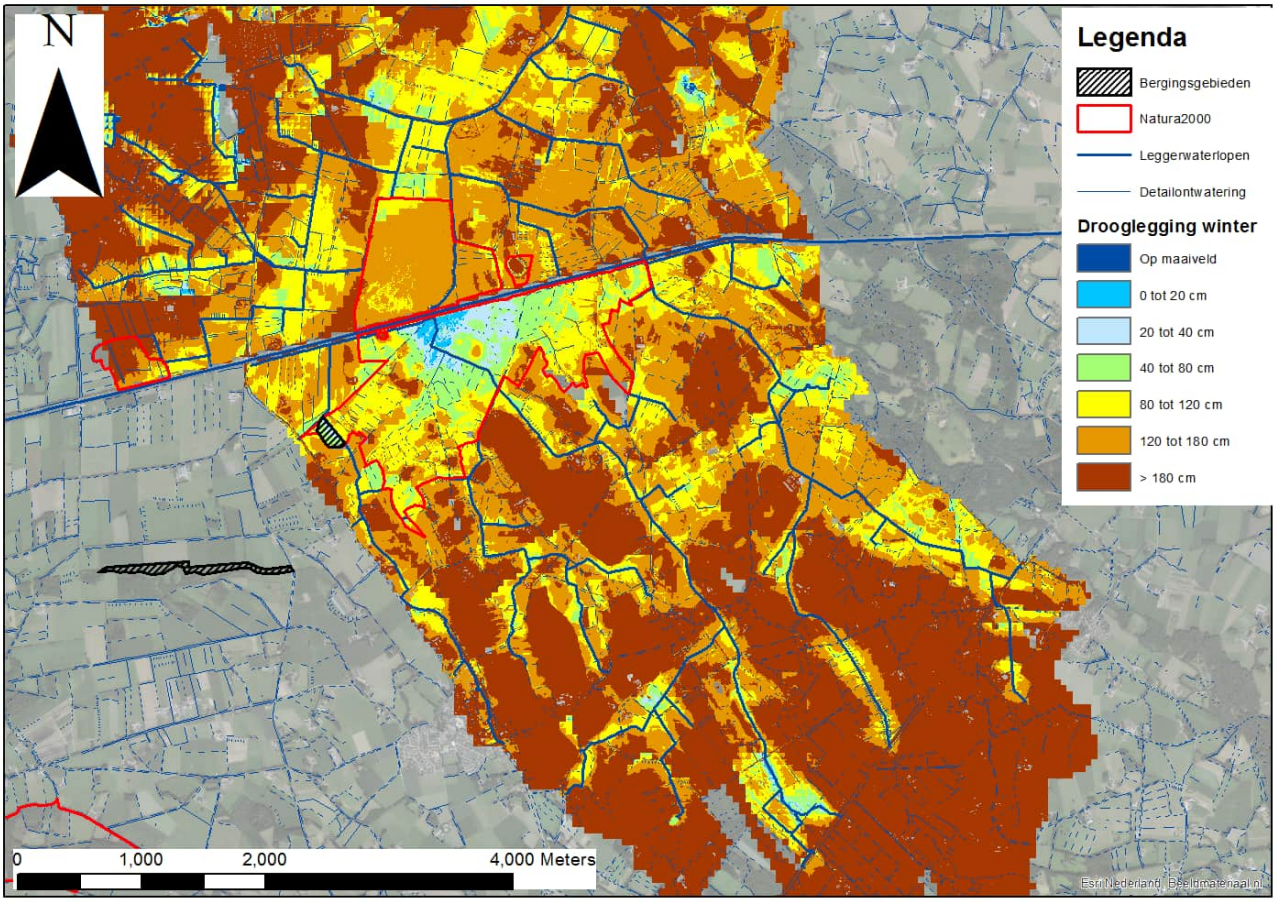


Figuur 40: Stroomsnelheden in T1 situatie.

C5. Drooglegging

De drooglegging is het verschil tussen het peil in de beek en het omliggende maaiveld. Hiermee wordt in beeld gebracht waar het water in de beek bijna buiten zijn oevers treedt en waar juist nog veel hoogteverschil is. Dit beeld is gemaakt op basis van de leggerwatergangen, dus de hoofdwatergangen en beken in het gebied. Er is geen informatie gebruikt over waterstanden in sloten of greppels.

In Figuur 41 is de drooglegging bij het winterpeil weergegeven. Het overgrote deel van het stroomgebied ligt meer dan 80 cm hoger dan de dichtstbijzijnde beek. Wat duidelijk naar voren komt zijn de lage delen in met name het Agelerbroek, langs de Roelinksbeek en Peijinksbeek. Hier is op veel delen de drooglegging tussen de 40 en 80 cm, maar lokaal nog kleiner dan 40 cm. Deze delen zijn bij geringe peilstijgingen gevoelig voor inundaties. De Voltherbeek ligt diep in het landschap waardoor de drooglegging hier veelal meer dan 120 cm is.



Figuur 41: Drooglegging bij wintersituatie.

Bijlage D Detaillering maatregelen

In dit hoofdstuk worden de maatregelen beschreven die zijn genomen voor het ontwerp. Ook wordt beschreven welke maatregelen zijn opgenomen in het oppervlaktewatermodel en hoe dat is gedaan.

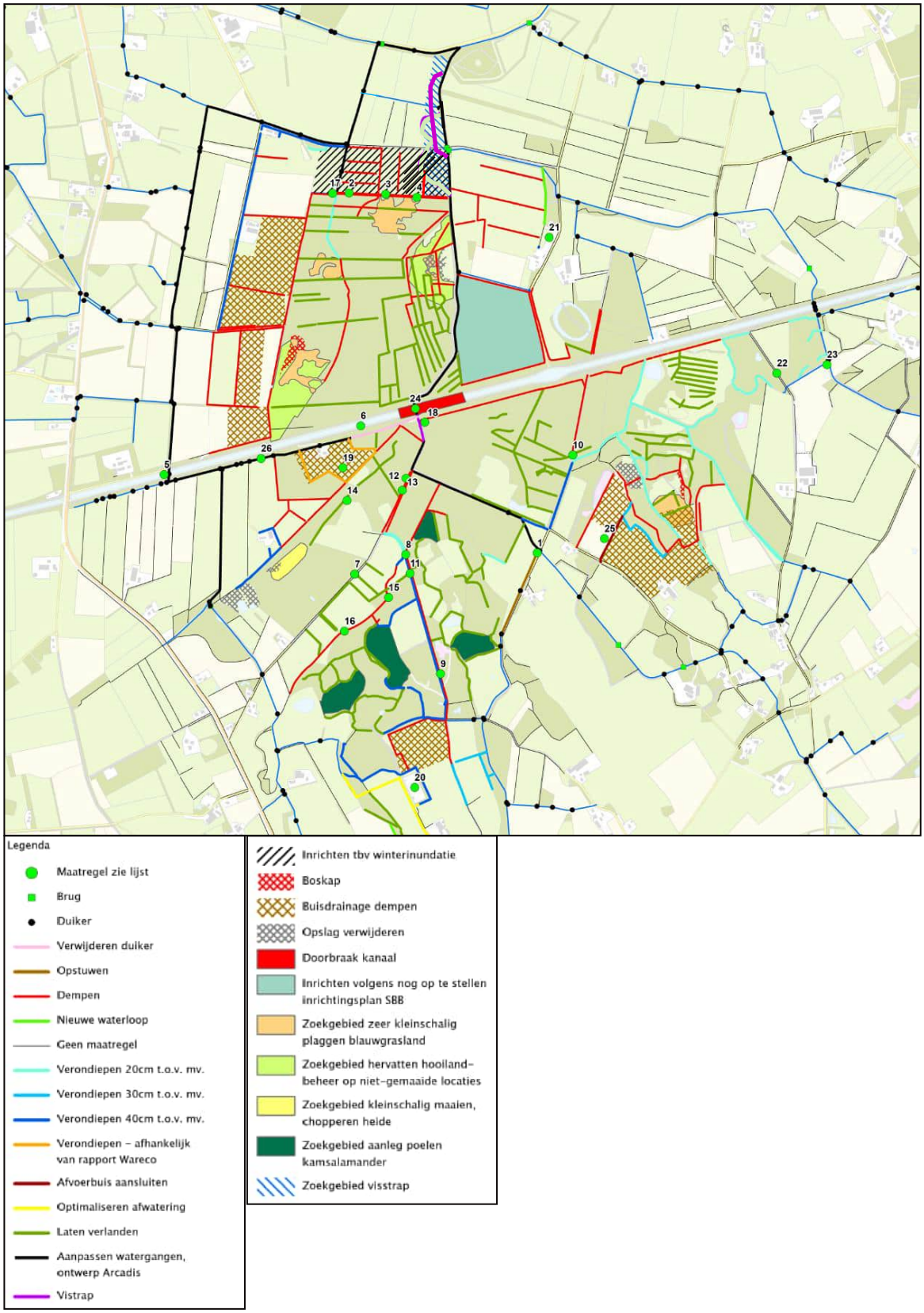
6.2 Totstandkoming van het eindscenario

Ten behoeve van de PAS-maatregelen voor het Natura 2000 gebied AVAV en de andere functies in het gebied zijn in een iteratief proces vijf maatregelenscenario's doorgerekend. Dit is gedaan met behulp van een grondwatermodel, een oppervlaktewatermodel, de input vanuit de systeemanalyse en gebiedskennis van experts. De scenario's werden in de iteratieve sessies uitgewerkt door een deskundigenteam, bestaande uit experts hydrologie, ecologie en landbouw. Zij legden suggesties voor vervolg voor aan de projectgroep. Nadat een voorstel was goedgekeurd door de projectgroep, werd het voorgelegd aan de bestuurlijke adviesgroep.

Voor het oppervlaktewater is het iteratieve proces doorlopen door het doorrekenen van de voorgestelde maatregelen om het natuurherstel te bevorderen en ook om de effecten op de omliggende (voornamelijk agrarische) gebieden te minimaliseren.

6.3 N2000 AVAV ontwerp maatregelen

Het iteratieve proces heeft geleid tot een vastgestelde maatregelenkaart die is weergegeven in Figuur 42. In Tabel 13 zijn de weergegeven maatregelen weergegeven waarbij de nummers verwijzen naar de nummers die in Figuur 34 zijn opgenomen.



Figuur 42: Maatregelen rondom het Ageler- en Voltherbroek.

Tabel 13: Maatregelen AVAV (zie Figuur 42).

Volgnr	Maatregel	Opmerking
1	Aanleg stuw (20.65 mNAP)	Verhogen peil uitstroom
2	Aanleg uitstroom + stuw (20.18 mNAP)	Verhogen peil uitstroom 10 cm, van 20.08 mNAP naar 20.18 mNAP
3	Aanleg uitstroom (onderzoek naar mogelijkheid voor vispasserbaarheid volgt (inrichtingsfase))	Verhogen peil uitstroom 10 cm, van 20.08 mNAP naar 20.18 mNAP
4	Aanleg uitstroom (onderzoek naar mogelijkheid voor vispasserbaarheid volgt (inrichtingsfase))	Verhogen peil uitstroom 10 cm, van 20.08 mNAP naar 20.18 mNAP
5	Aanleg onderleider, aandachtspunt gasleiding	
6	Verwijderen duiker	
7	Aanleg voorde	
8	Aanleg voorde	
9	Aanleg voorde	
10	Aanleg voorde	
11	Verwijderen duiker	
12	Gedeelte dam verwijderen	
13	Gedeelte dam verwijderen	
14	Gedeelte dam verwijderen	
15	Gedeelte dam verwijderen	
16	Gedeelte dam verwijderen	
17	Vernieuwen stuw	
18	Vernieuwen stuw	
19	Afwateringshoogte sloten afhankelijk van Wareco	
20	NAM-locatie: goede afwatering noodzakelijk	Afwatering wordt gerealiseerd naar westen. Sloten zijn mogelijk al geschikt en hoeven waarschijnlijk niet te worden aangepast.
21	Afwatering percelen in noordoostelijke richting	
22	Duiker door kade voor doorstroming	
23	Uitstroom waterloop via terugslagklep	
24	Doorsteek kanaal	
25	Locatie afwateringsbuis, inmeten	
26	Afdammen sloot, locatie nader te bepalen	

Naast de genummerde maatregelen in Figuur 42 zijn er maatregelen die zonder nummer zijn weergegeven. In het N2000 gebied AVAV worden de detailwatergangen gedempt (rode lijnen) of laten we deze verlanden (groene lijnen). Deze watergangen zijn niet in het oppervlaktewatermodel opgenomen en hebben dus geen effect op de oppervlaktewatermodellering.

De zwarte lijnen geven de beken weer waar op basis van het oppervlaktewatermodel de dimensies van de watergangen worden bepaald. Deze zijn weergegeven in paragraaf 6.4.

De paarse lijn toont de vispassage in de Tilligterbeek ter hoogte van de aanknoping met de Voltherbeek.

6.4 Aanpassingen in model

Niet alle maatregelen van de maatregelenkaart zijn relevant voor het oppervlaktewatermodel. In Tabel 14 zijn de relevante maatregelen voor het oppervlaktewatermodel weergegeven. In de kolom opmerking is beschreven in welke kop verder in deze paragraaf de maatregel is beschreven.

Tabel 14: Relevante maatregelen voor het oppervlaktewatermodel en waar deze verder beschreven staan.

Volgnr	Maatregel	Opmerking
1	Aanleg stuw (20.18 mNAP)	Beschrijving onder kop tracé Roelinksbeek - Tilligterbeek
5	Aanleg onderleider, aandachtspunt gasleiding	Beschrijving onder kop tracé Peijinksbeek
24	Doorsteek kanaal	Beschrijving onder kop tracé Roelinksbeek - Tilligterbeek
26	Afdammen sloot, locatie nader te bepalen	Dit is niet opgenomen in het oppervlaktewatermodel. Deze maatregel wordt nog nader onderzocht.
-	Aanpassen watergangen, ontwerp Arcadis	Beschrijving onder koppen tracé Roelinksbeek – Tilligterbeek en Peijinksbeek
-	Vistrap	Beschrijving onder kop Vistrap Tilligterbeek

Tracé Roelinksbeek – Tilligterbeek

Ten behoeve van de N2000 PAS-doelstellingen zijn de Roelinksbeek en de Tilligterbeek verondiept. Om te voorkomen dat er bovenstrooms van het N2000 gebied AVAV ongewenste wateroverlast zou ontstaan zijn beide beken verbreed.

Met de stromingsrichting mee (van zuid naar noord) zijn de volgende kunstwerken en dwarsprofielen in Figuur 43 weergegeven:

3. De duiker DK06143 is in het model vervangen voor een nieuwe duiker. De ontwerp duiker heeft de dimensies:
   a. Breedte: 1,45 m;
   b. Hoogte 1,20 m;
   c. Lengte: 7,3 m;
   d. Binnenkant onderkant bo.s.: NAP 19,0 m;
   e. Binnenkant onderkant be.s.: NAP 19,0 m;
4. Profiel Roelinksbeek 4 (zie Figuur 44) betreft de watergang van duiker DK06413 tot DK07894.
   a. Bodemhoogte= NAP 19,7m;
   b. Bodembreedte = 10,2 m;
   c. Talud = 1:2.
5. De duiker DK07894 is in het model vervangen voor een nieuwe duiker. De ontwerp duiker heeft de dimensies:
   a. Breedte: 3,0 m;
   b. Hoogte 1,0 m;
   c. Lengte: 10,51 m;
   d. Binnenkant onderkant bo.s.: NAP 19,8 m;

e. Binnenkant onderkant be.s.: NAP 19,8 m;

6. In de instromende zijwatergang net benedenstrooms van duiker DK07894 wordt een nieuwe stuw gerealiseerd en duiker DK07807 verbreed. Dimensies ‘Nieuwe stuw 1’:
   a. Stuwbreedte: 2,0 m;
   b. Drempelhoogte: NAP 20,65 m.
7. Nieuwe dimensies duiker DK07807:
   a. Ronde vorm met doorsnede 800 mm;
   b. Lengte: 9,84 m;
   c. Binnenkant onderkant bo.s.: NAP 19,68 m;
   d. Binnenkant onderkant be.s.: NAP 19,62 m;
8. Profiel Roelinksbeek 3 (zie Figuur 45) betreft de watergang van duiker DK07894 tot de te verwijderen duiker DK07895.
   a. Bodemhoogte= NAP 19,7m;
   b. Bodembreedte = 10,2 m;
   c. Talud = 1:2.
9. Duiker DK07895, verwijderen.
10. Profiel Roelinksbeek 2 (zie Figuur 46) betreft het profiel van de Roelinksbeek van de te verwijderen duiker DK07895 tot de knik in de Roelinksbeek.
    a. Bodemhoogte= NAP 19,7m;
    b. Bodembreedte = 10,2 m;
    c. Talud = 1:2.
11. Profiel Roelinksbeek 1 (zie Figuur 47) betreft het profiel van de knik in de Roelinksbeek tot aan de stuw ST00395.
    a. Bodemhoogte= NAP 19,7m;
    b. Bodembreedte = 10,2 m;
    c. Talud = 1:2.
12. Stuw 00395

    In de huidige situatie is deze stuw een dynamische stuw die net bovenstrooms voor de onderleider onder de kanaalkruising ligt. De stuw 2,0 m breed en is ingesteld om het peil op NAP 20,35 m te sturen. In het ontwerp is deze stuw vervangen voor een brede vaste stuw van 15,0 m breed met een vaste drempelhoogte van NAP 20,35 m. Deze stuw kan functioneren als bovenste trede van een vistrap.

13. Onderleider Kanaalkruising verwijderen en vervangen voor openwater

    De onderleider die onder het kanaal Almelo - Nordhorn door de Roelinksbeek en de Tilligterbeek verbindt bestaat uit 3 buizen met de afmetingen rond met doorsnede 1250 mm. In het ontwerp is het kanaal gedempt en is er een open waterverbinding opgenomen. Het profiel hiervan is weergegeven in Figuur 48. Dit profiel betreft het profiel van stuw ST00395 tot de knik waar de Tilligterbeek begint. Dimensies kanaalkruising:

    a. Bodemhoogte= NAP 19,9m;
    b. Bodembreedte = 1,0 m;
    c. Talud = 1:5 (gemiddeld, aangezien er nog een knik in het dwarsprofiel zit).
14. Profiel Tilligterbeek 3 (zie Figuur 49) betreft de Tilligterbeek van de kanaalkruising tot de flauwe knik in de Tilligterbeek.
    a. Bodemhoogte= NAP 19,9m;
    b. Bodembreedte = 14,2 m;
    c. Talud = 1:2.
15. Profiel Tilligterbeek 2 (zie Figuur 50) betreft de Tilligterbeek van de flauwe knik in de Tilligterbeek tot de aansluiting van de (naamloze) zijwatergang.
    a. Bodemhoogte= NAP 19,8m;
    b. Bodembreedte = 14,2 m;
    c. Talud = 1:2.
16. Profiel Tilligterbeek 1 (zie Figuur 51) betreft de Tilligterbeek van de aansluiting van de (naamloze) zijwatergang tot aan de aansluiting met de Voltherbeek .
    d. Bodemhoogte= NAP 19,8m;
    e. Bodembreedte = 14,2 m;
    f. Talud = 1:2.
17. Duiker DK00417 verwijderen.

Het verwijderen van deze duiker heeft geen effect op de hydrologie (en dus de waterstanden).

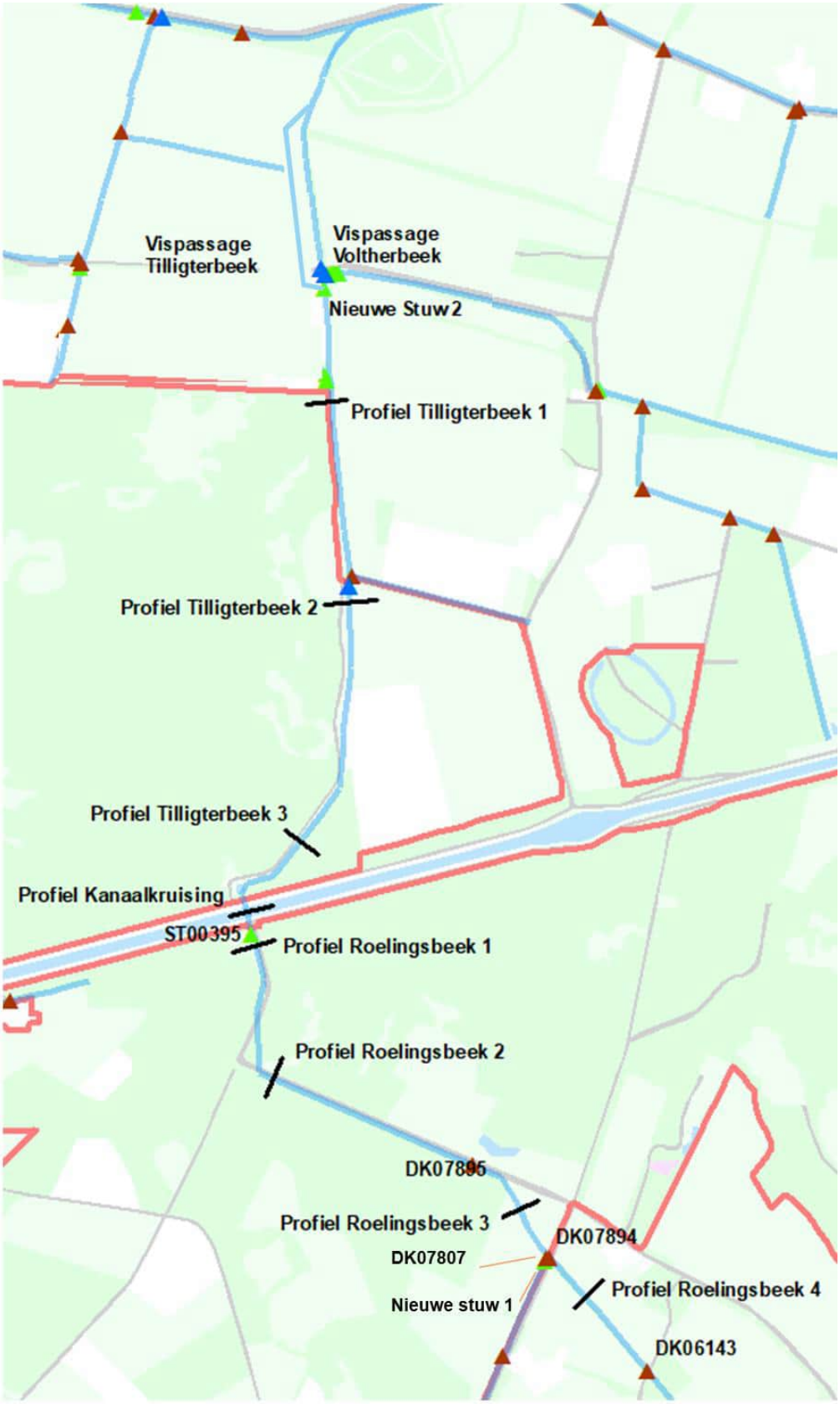
18. Realiseren Vispassage Tilligterbeek

Ten behoeve van de vispasserbaarheid is het noodzakelijk het waterstandsverschil te overbruggen tussen de Tilligterbeek bovenstrooms van de instroom van de Voltherbeek en benedenstrooms van de instroom van de Voltherbeek. Bovenstrooms is de waterstand onder normale omstandigheden in de ontwerpsituatie circa NAP 19,8 tot 20,0 m en benedenstrooms NAP 18,7 tot 19,0 m. Dit houdt in dat de vistrap tot 1,1 m waterstand moet kunnen overbruggen. In het ontwerp is een hellingpassage opgenomen, waarbij het uitgangspunt is dat er per 15 meter een peilverhoging van 5 cm mag optreden. Dit kan gerealiseerd worden door de passage in te richten met natuurstenen. Zodoende is he noodzakelijk dat de passage een lengte heeft van minimaal 276 m .

De vispassage is in het oppervlaktewatermodel op deze wijze opgenomen. Het is mogelijk om de vispassage op een andere wijze te realiseren. De vispassage stroomt uit in de Tilligterbeek benedenstrooms van de instroom van de Voltherbeek. De uitwerking is in dit stadium nog niet bekend.

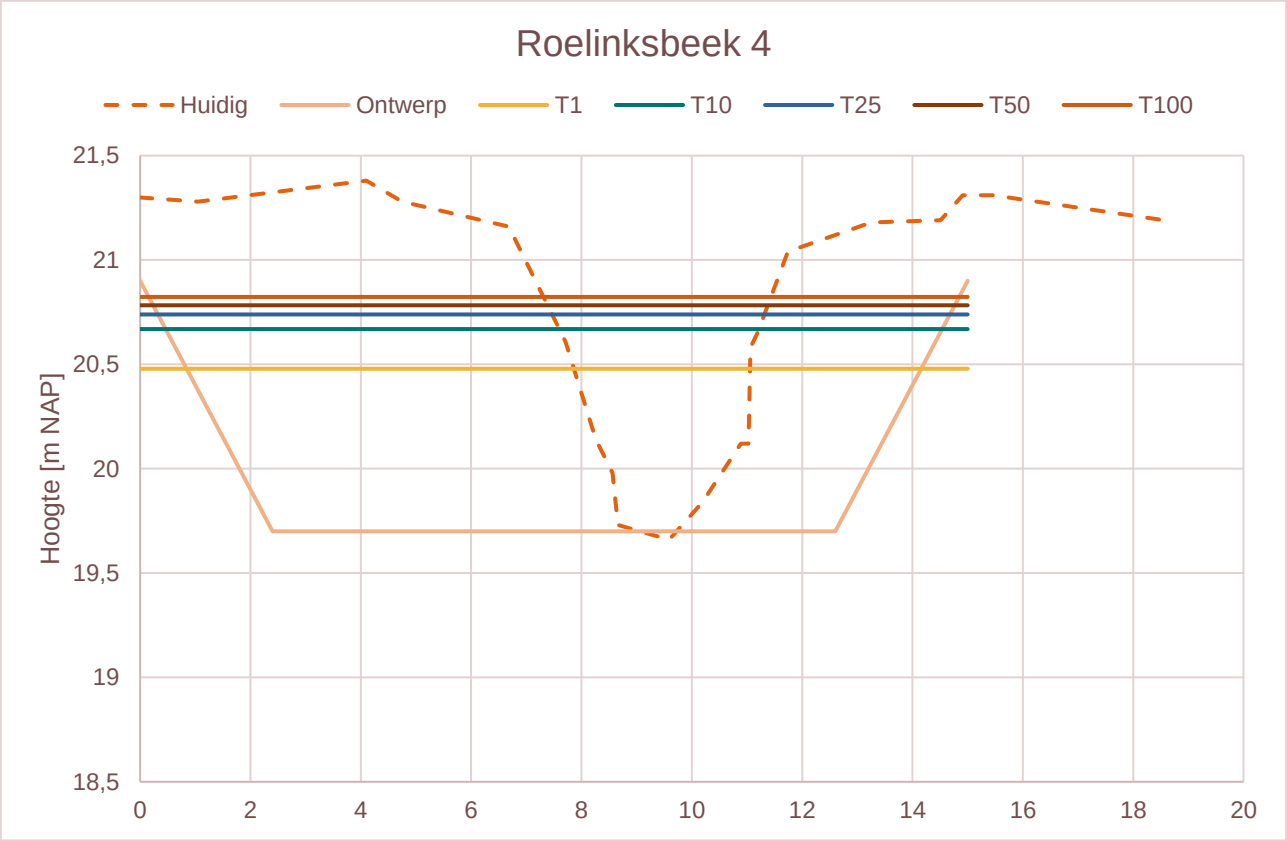
19. Realiseren Nieuwe Stuw 2.

Ten behoeve van de waterveiligheid en het behoud van de waterstanden in de Voltherbeek is een nieuwe stuw noodzakelijk in de Tilligterbeek net bovenstrooms van de instroom van de Voltherbeek. Deze stuw heeft een drempelhoogte van NAP 19,9 m, zodat het water bij lage afvoeren alleen over de vistrap gaat en niet over de stuw. De stuw is 28 m breed en diagonaal in de watergang om te zorgen dat er weinig verval is over deze stuw bij extreme afvoeren, zodat de wateroverlast bovenstrooms wordt beperkt.

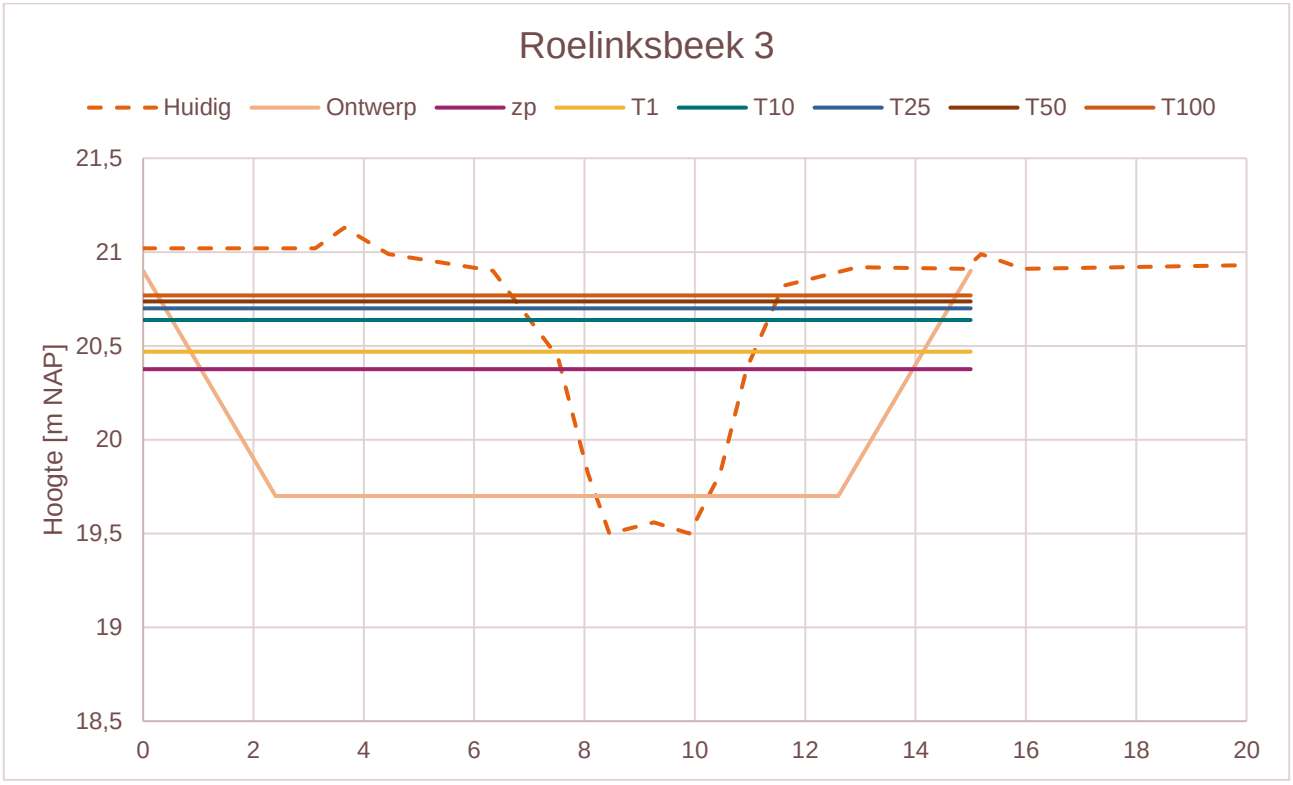


Figuur 43: Tracé Roelinksbeek - Tilligterbeek met de ligging van de kunstwerken, de vistrap en de locatie van de dwarsprofielen.

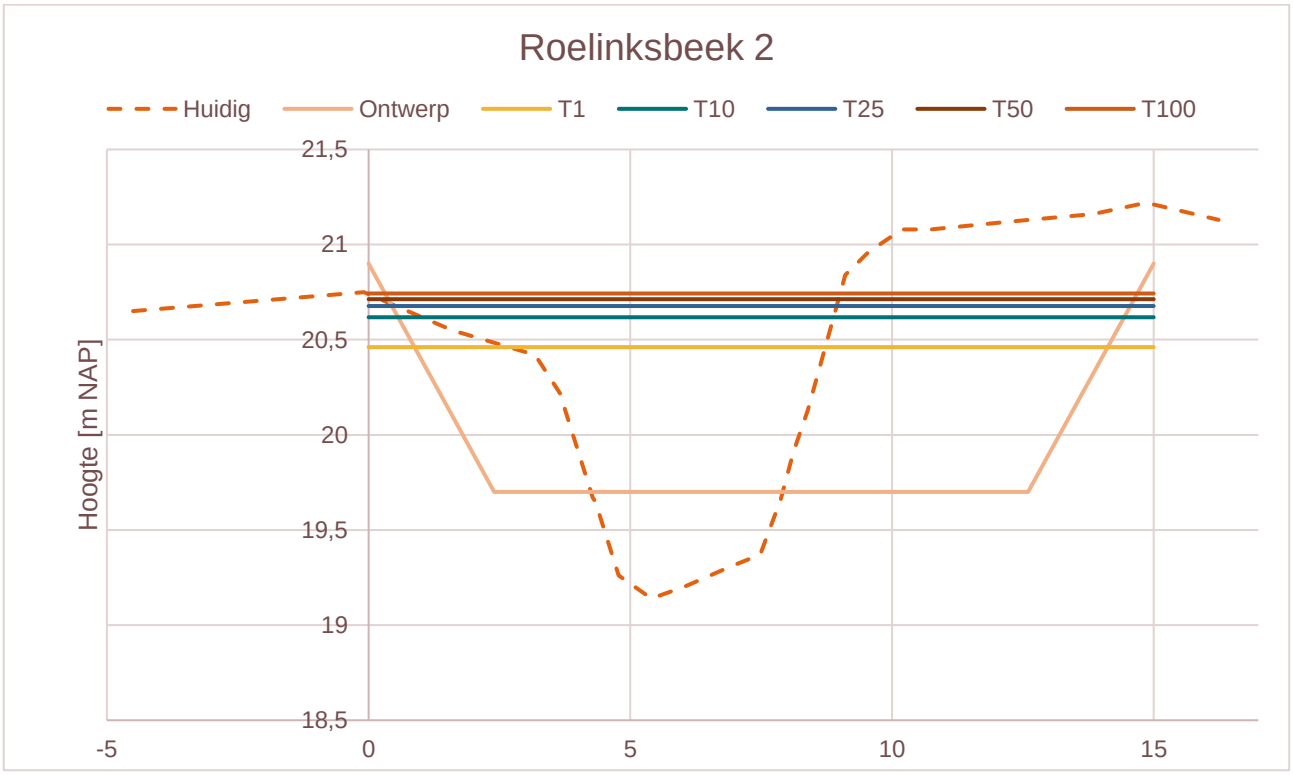
Dwarsprofielen Roelinksbeek



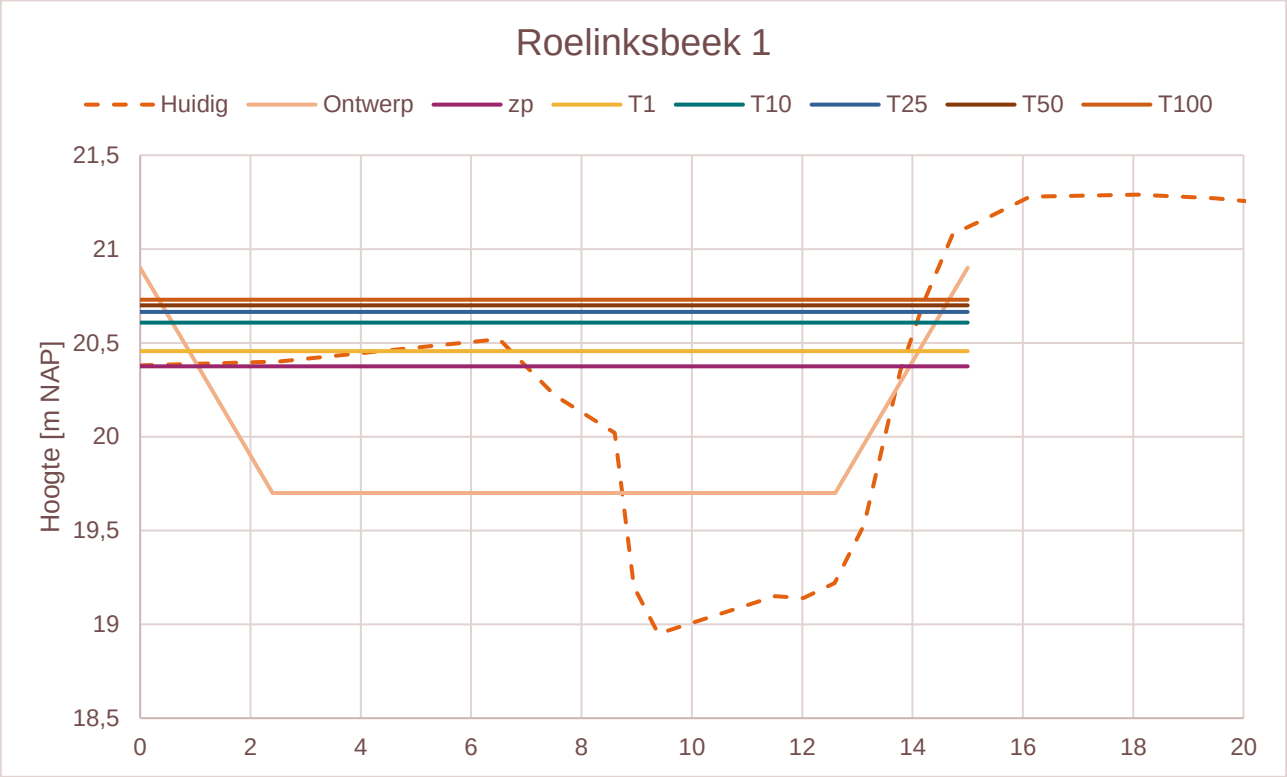
Figuur 44: Dwarsprofiel Roelinksbeek 4 (zie Figuur 43) in de huidige situatie en ontwerpsituatie met de zomerwaterstand en de extreme waterstanden in de ontwerp situatie.



Figuur 45: Dwarsprofiel Roelinksbeek 3 (zie Figuur 43) in de huidige situatie en ontwerpsituatie met de zomerwaterstand en de extreme waterstanden in de ontwerp situatie.

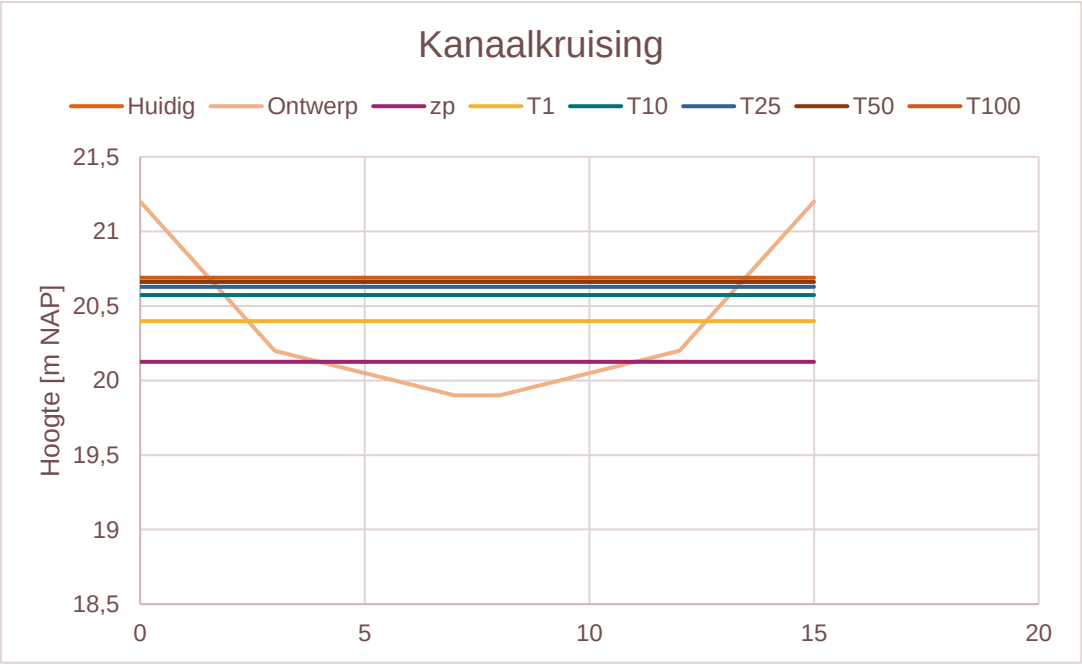


Figuur 46: Dwarsprofiel Roelinksbeek 2 (zie Figuur 43) in de huidige situatie en ontwerpsituatie met de zomerwaterstand en de extreme waterstanden in de ontwerp situatie.



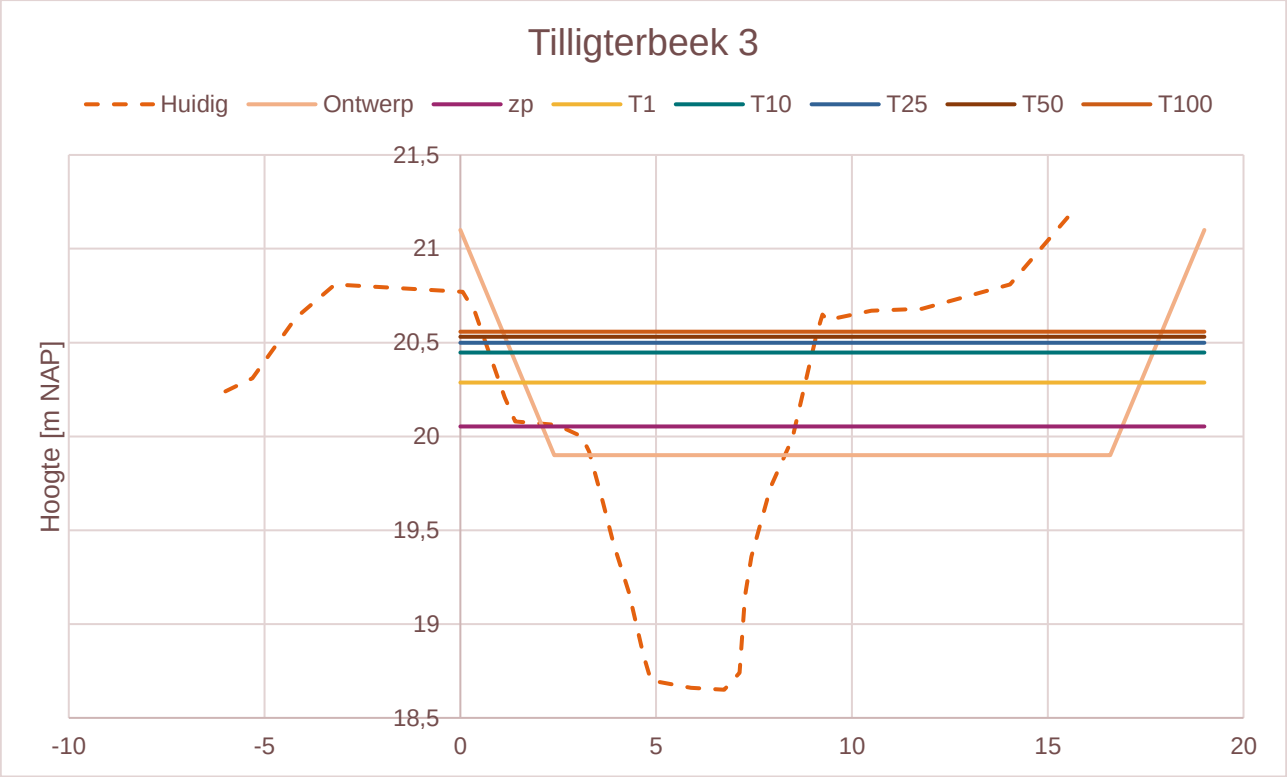
Figuur 47: Dwarsprofiel Roelinksbeek 1 (zie Figuur 43) in de huidige situatie en ontwerpsituatie met de zomerwaterstand en de extreme waterstanden in de ontwerp situatie.

Dwarsprofiel Kanaalkruising

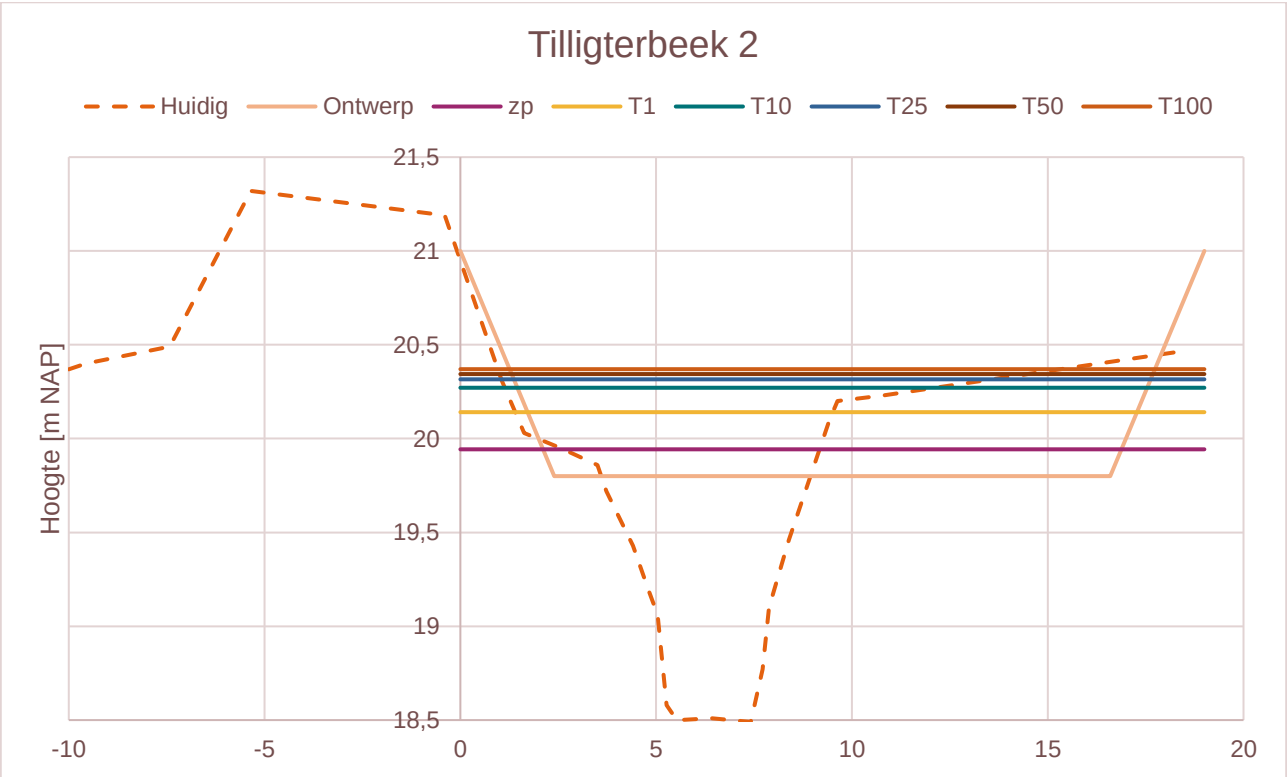


Figuur 48: Dwarsprofiel Kanaalkruising (zie Figuur 43) in de ontwerpsituatie met de zomerwaterstand en de extreme waterstanden in de ontwerp situatie.

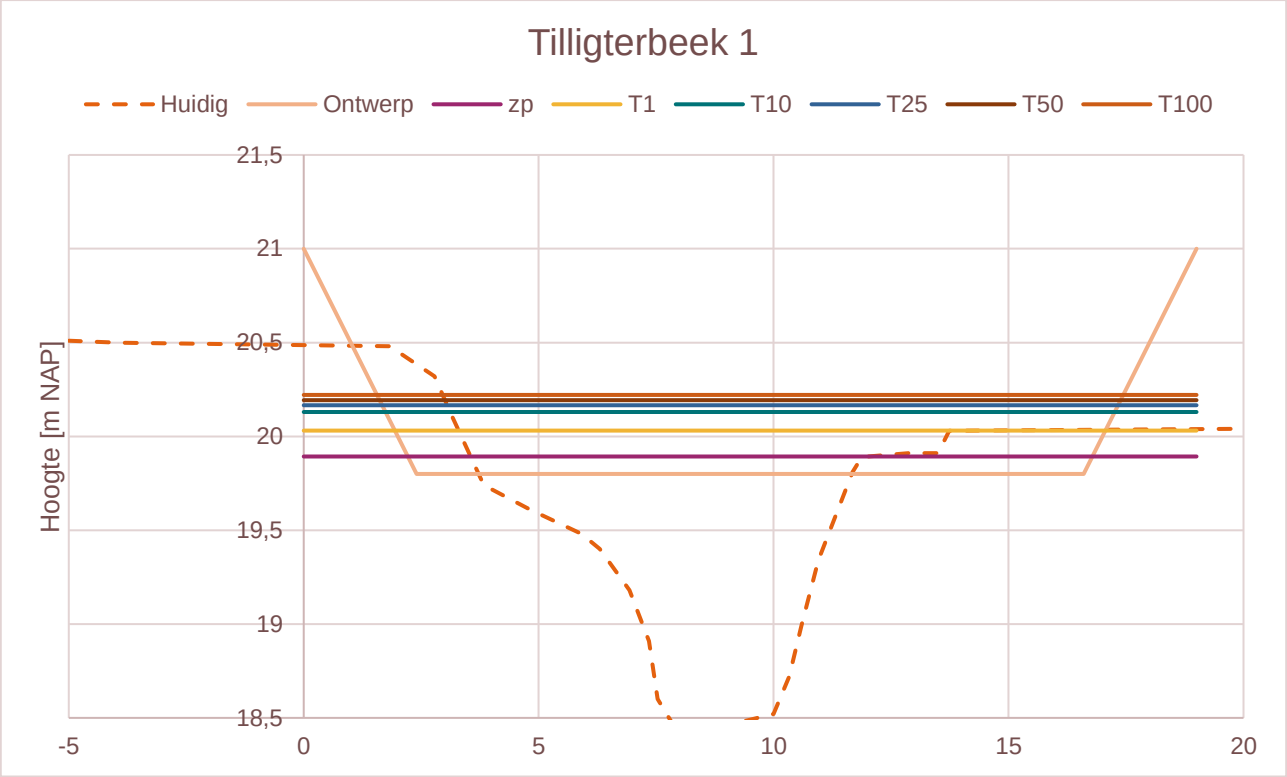
Dwarsprofiel Tilligterbeek



Figuur 49: Dwarsprofiel Tilligterbeek 3 (zie Figuur 43) in de huidige situatie en ontwerpsituatie met de zomerwaterstand en de extreme waterstanden in de ontwerp situatie.



Figuur 50: Dwarsprofiel Tilligterbeek 2 (zie Figuur 43) in de huidige situatie en ontwerpsituatie met de zomerwaterstand en de extreme waterstanden in de ontwerp situatie.



Figuur 51: Dwarsprofiel Tilligterbeek 1 (zie Figuur 43) in de huidige situatie en ontwerpsituatie met de zomerwaterstand en de extreme waterstanden in de ontwerp situatie.

Tracé Peijinksbeek

Ten behoeve van de N2000 PAS-doelstellingen is de Peijinksbeek verlegd en zijn de watergangen die de nieuwe loop van de Peijinksbeek zijn verbreed om de verhoogde afvoercapaciteit aan te kunnen.

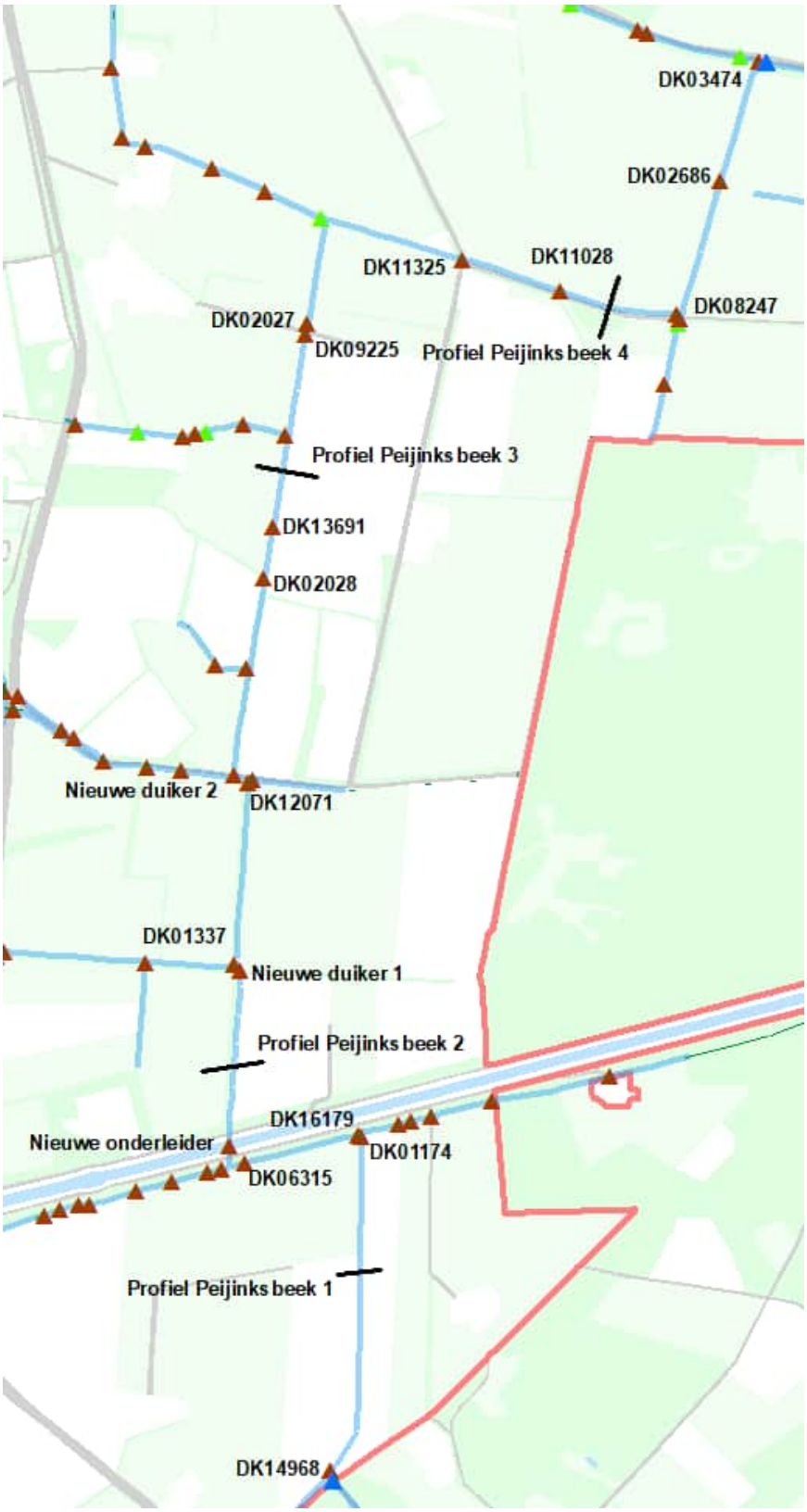
Met de stromingsrichting mee (van zuid naar noord) zijn de volgende kunstwerken en dwarsprofielen in Figuur 52 weergegeven:

1. Profiel Peijinksbeek 1 (zie Figuur 53) betreft de watergang van duiker DK14968 tot de nieuwe onderleider onder het kanaal Almelo - Nordhorn.
    a. Bodemhoogte= NAP 19,7m;
    b. Bodembreedte = 1,0 m;
    c. Talud = 1:1,5.
2. Duiker DK01174 (de dimensies voor alle duikers in dit tracé van de Peijinksbeek zijn in Tabel 15 weergegeven)
3. Duiker DK16179
4. Duiker DK06315
5. De Peijinksbeek wordt middels een onderleider onder het kanaal Almelo Nordhorn geleid. Deze onderleider is in het ontwerp opgenomen met de dimensies:
    a. Ronde vorm met diameter 1250 mm;
    b. Lengte: 100 m;

    De exacte hoogteligging van de onderleider is afhankelijk van de diepte die noodzakelijk is om onder het kanaal door te gaan. Geadviseerd wordt de in en uitstroomhoogtes van de duikers 10 cm boven de bodemhoogte van de watergang te realiseren.
6. Profiel Peijinksbeek 2 (zie Figuur 54) betreft de watergang van de nieuwe onderleider onder het kanaal Almelo – Nordhorn tot aan de Nieuwe duiker 2.
    a. Bodemhoogte= NAP 19,6 m;

b. Bodembreedte = 1,0 m;
c. Talud = 1:1,5.

7. Net bovenstrooms van duiker DK01337 wordt Nieuwe Duiker 1 gerealiseerd. De duiker heeft in het ontwerp de dimensies:
   a. Ronde vorm met diameter 1250 mm;
   b. Lengte: 10,0 m;
   c. Binnenkant onderkant bo.s.: NAP 19,6 m;
   d. Binnenkant onderkant be.s.: NAP 19,6 m;
8. Duiker DK12071
9. Net benedenstrooms van duiker DK12071 wordt Nieuwe Duiker 2 gerealiseerd. De duiker heeft in het ontwerp de dimensies:
   a. Ronde vorm met diameter 1250 mm;
   b. Lengte: 10,0 m;
   c. Binnenkant onderkant bo.s.: NAP 19,4 m;
   d. Binnenkant onderkant be.s.: NAP 19,4 m;
10. Duiker DK02028
11. Duiker DK13691
12. Profiel Peijinksbeek 3 (zie Figuur 55) betreft de watergang van Nieuwe Duiker 2 tot de duiker DK11325.
    a. Bodemhoogte= NAP 19,2m;
    b. Bodembreedte = 2,0 m;
    c. Talud = 1:1,0.
13. Duiker DK09225
14. Duiker DK02027
15. Duiker DK11325
16. Duiker DK11028
17. Profiel Peijinksbeek 4 (zie Figuur 56) betreft de watergang van duiker DK11325 tot waar de Peijinksbeek uitmondt (ter hoogte van duiker DK03474).
    a. Bodemhoogte= NAP 18,5m;
    b. Bodembreedte = 2,0 m;
    c. Talud = 1:1,0.
18. Duiker DK08247
19. Duiker DK02686

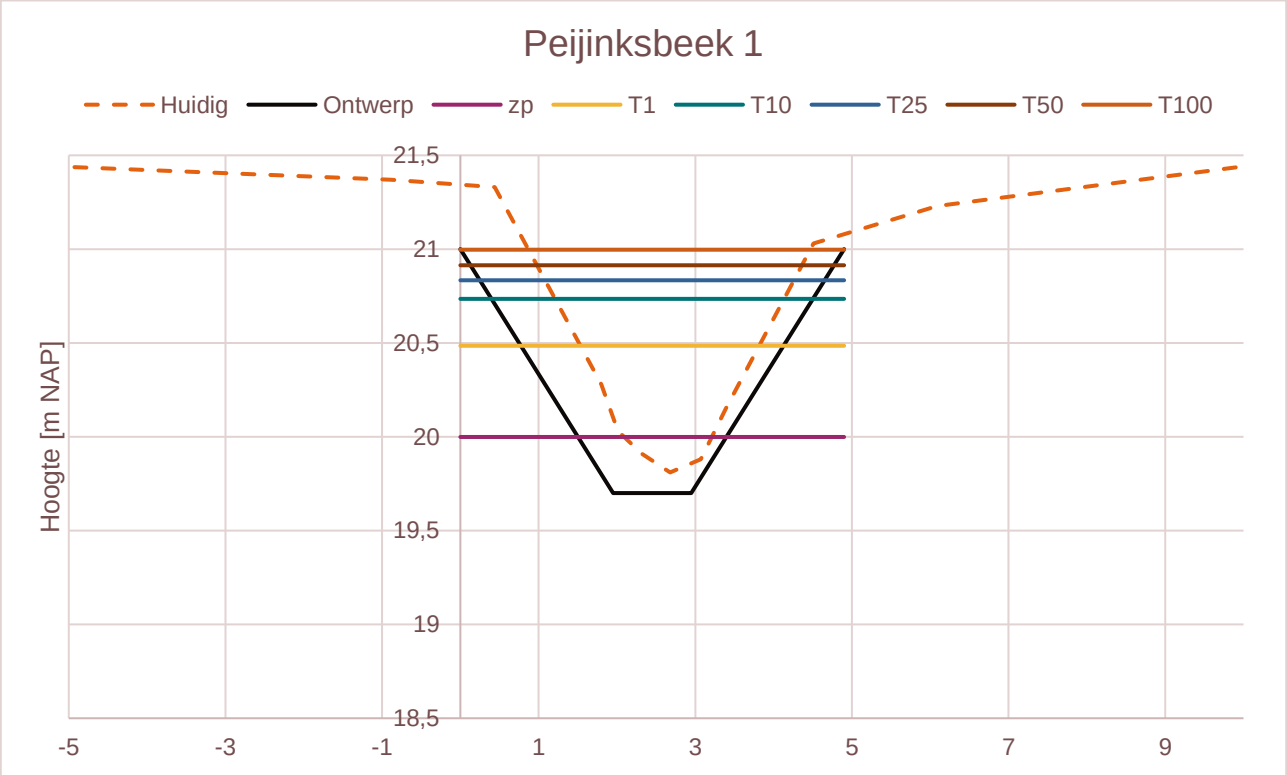


Figuur 52: Tracé Peijinksbeek met de verscheidene duikers, stuwen en dwarsprofielen.

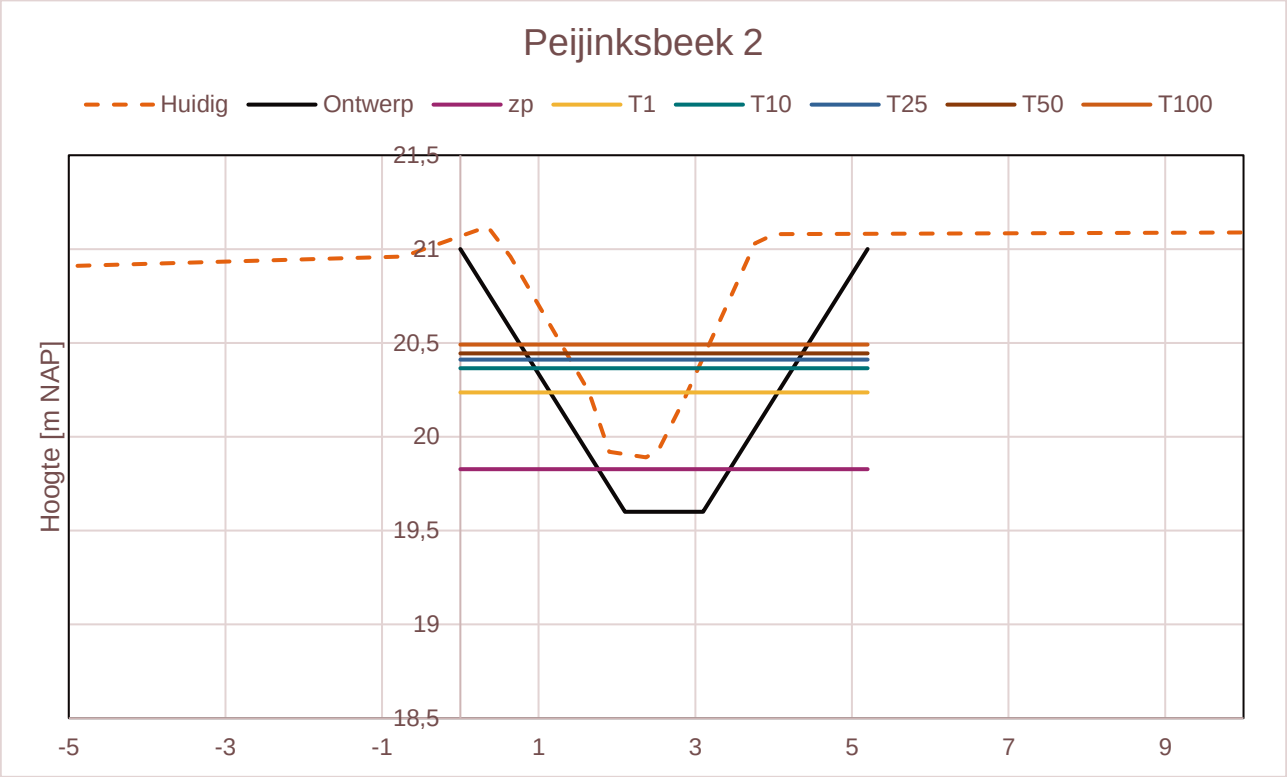
Tabel 15: Lengte, hoogteligging, vorm en breedte van de duikers in de nieuwe loop van de Peijinksbeek.

Duiker	Lengte [m]	B.o.k. Bo.s* [m NAP]	B.o.k. Be.s# [m NAP]	Vorm	Breedte [m]
DK01174	7,42	19,88	19,88	Rond	1,25
DK16179	8,24	19,8	19,8	Rond	1,25
DK06315	6,16	19,8	19,8	Rond	1,25
DK01337	7,4	19,6	19,6	Rond	1,25
DK12071	10,26	19,4	19,4	Rond	1,25
DK02028	8,37	19,4	19,4	Rond	1,25
DK13691	6,4	19,4	19,4	Rond	1,25
DK09225	7,5	19,4	19,4	Rond	1,25
DK02027	6,59	19,4	19,4	Rond	1,25
DK11325	14,16	19,45	19,42	Rond	1,25
DK11028	6,68	19,17	19,12	Rond	1,25
DK08247	9,52	18,72	18,62	Rond	1,25
DK02686	8,51	17,92	17,69	Rond	1,25

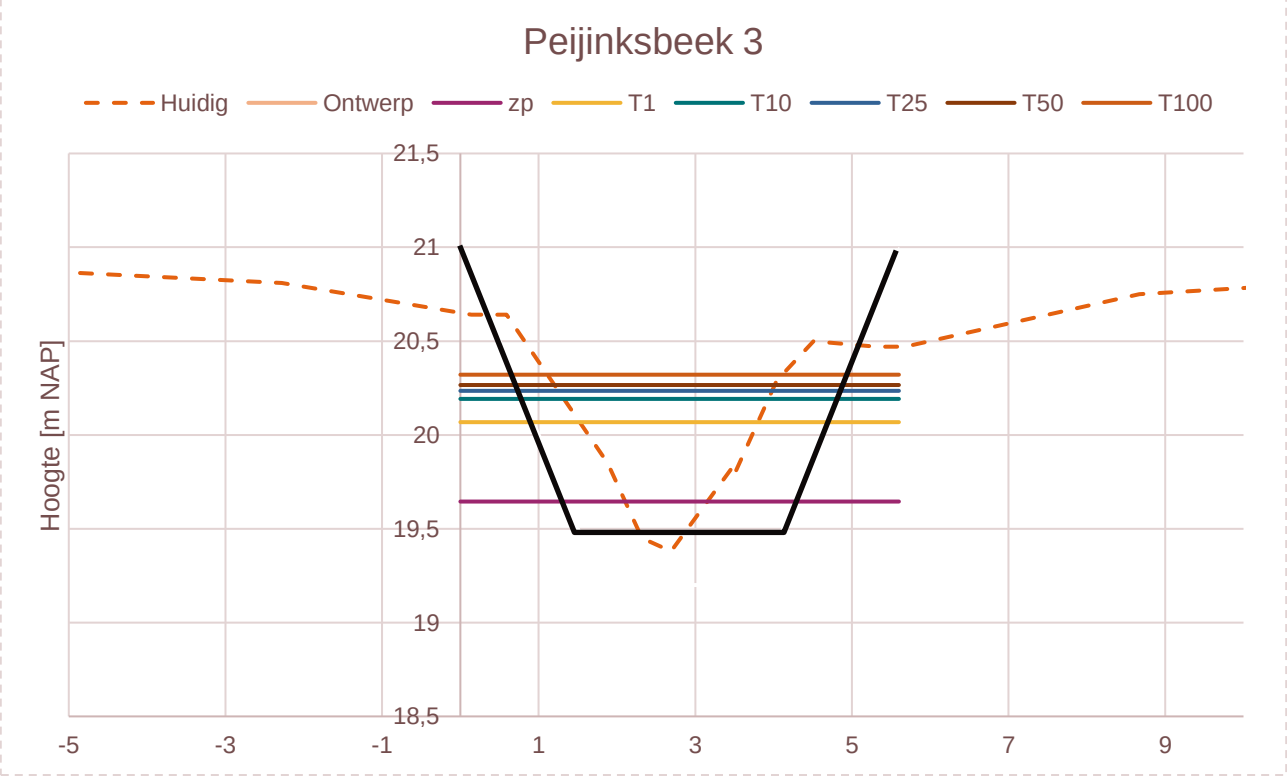
** Binnenkant onderkant buis bovenstrooms*
 # Binnenkant onderkant buis benedenstrooms



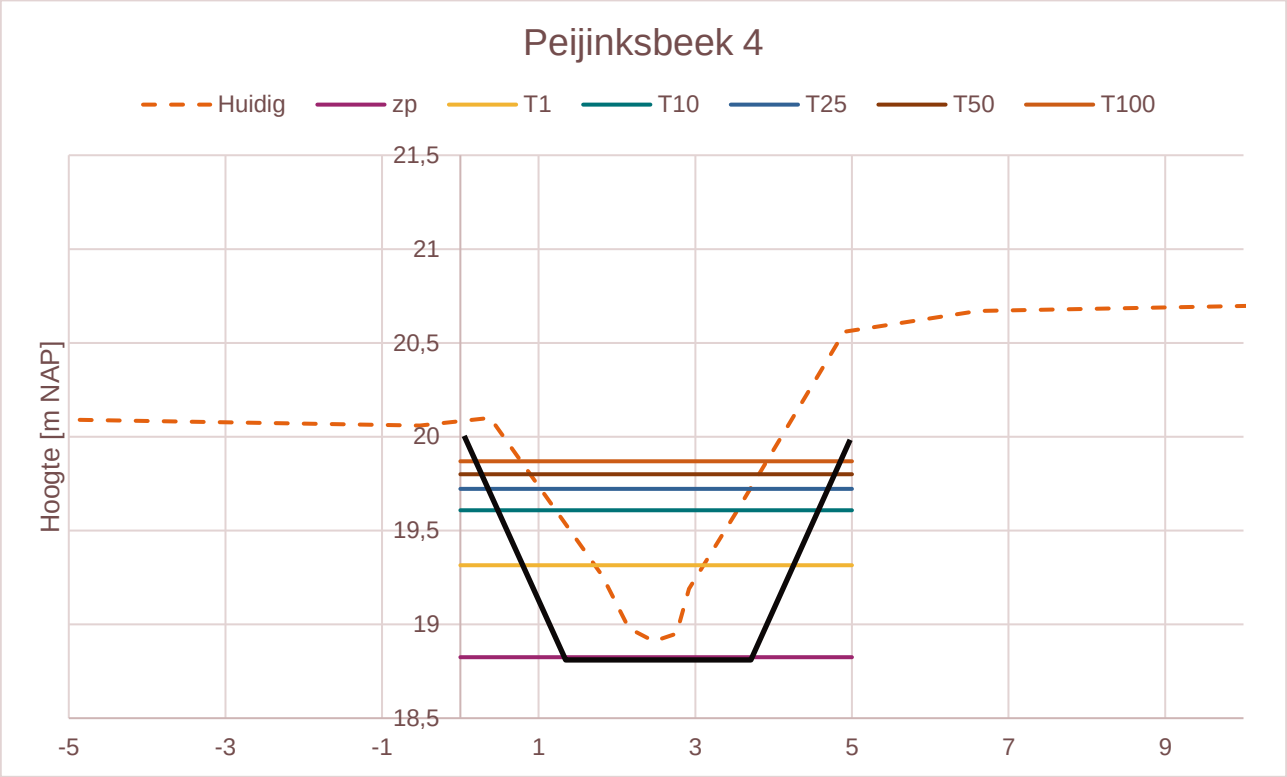
Figuur 53: Dwarsprofiel Peijinksbeek 1 (zie Figuur 52) in de huidige situatie en ontwerpsituatie met de zomerwaterstand en de extreme waterstanden in de ontwerp situatie.



Figuur 54: Dwarsprofiel Peijinksbeek 2 (zie Figuur 52) in de huidige situatie en ontwerpsituatie met de zomerwaterstand en de extreme waterstanden in de ontwerp situatie.



Figuur 55: Dwarsprofiel Peijinksbeek 3 (zie Figuur 52) in de huidige situatie en ontwerpsituatie (dikke zwarte lijn) met de zomerwaterstand en de extreme waterstanden in de ontwerp situatie.



Figuur 56: Dwarsprofiel Peijinksbeek 3 (zie Figuur 52) in de huidige situatie en ontwerpsituatie met de zomerwaterstand en de extreme waterstanden in de ontwerp situatie.

Colofon

NATURA 2000-GEBIED DINKELLAND
OPPERVLAKTEWATERSYSTEEM ROND ACHTER DE VOORT, AGELERBROEK & VOLTHERBROEK

AUTEUR
Bas Agerbeek

PROJECTNUMMER
C03081.000049

ONZE REFERENTIE
D10038042:64

DATUM
7 september 2021

STATUS
Concept

GECONTROLEERD DOOR

Jeroen Beuseker
Sr. Projectleider Waterbeheer

VRIJGEGEVEN DOOR

Jeroen Beuseker
Sr. Projectleider Waterbeheer

Over Arcadis

Arcadis is een toonaangevend wereldwijd ontwerp- en consultancybureau voor de natuurlijke en gebouwde omgeving. Wij maken het verschil voor onze klanten en de maatschappij met doeltreffende, duurzame en digitale oplossingen. Met 27.000 mensen in meer dan 70 landen genereerden we in 2020 een omzet van €3,3 miljard. Wij ondersteunen UN-Habitat met kennis en expertise om leefomstandigheden te verbeteren in gebieden getroffen door de gevolgen van de klimaatverandering.

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 33
6800 LE Arnhem
Nederland

T +31 (0)88 4261 261