



Herinrichting Kwistbeek

Hydrologisch onderbouwing Voorontwerp

projectnummer 0435332.100
definitief revisie 1.0
7 februari 2020

Herinrichting Kwistbeek

Hydrologisch onderbouwing Voorontwerp

projectnummer 0435332.100

definitief revisie 1.0

7 februari 2020

Auteurs

Suzan van den Driest

Annelou Hoogerwerf

Gijs te Velthuis

Jaco van der Gaast

Opdrachtgever

Waterschap Limburg

Maria Theresialaan 99

6043 CX ROERMOND

datum vrijgave	beschrijving revisie 1.0
07-02-2020	definitief

goedkeuring
A.J.C. van Beek



vrijgave
W.A. Matla



Inhoudsopgave

Blz.

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doel	2
1.3	Leeswijzer	2
2	Gebiedsbeschrijving Kwistbeek	3
2.1	Maaiveldhoogte	3
2.2	Geohydrologie	6
2.3	Grondgebruik	8
2.4	De wateropgave	8
2.5	Doelstellingen	10
3	De Bovenloop	11
3.1	Watersysteembeschrijving Bovenloop	11
3.2	Doelstellingen bovenloop	14
3.3	Voorontwerp bovenloop	14
3.3.1	Overloopgebied De Baendj	15
3.3.1.1	Maaiveldhoogte en waterschijf	15
3.3.1.2	Inrichting gebied	16
3.3.1.3	Inzet en aansturing	18
3.3.1.4	Analyse overloopgebied De Baendj	19
3.3.2	Aanpassingen profiel Kwistbeek	22
3.4	Effecten op de omgeving in de bovenloop	29
3.5	Mitigerende maatregelen bovenloop	30
3.6	Normering Regionale Wateroverlast	30
4	De middenloop	31
4.1	Watersysteembeschrijving Middenloop	31
4.2	Watersysteembeschrijving Dekeshorst	32
4.3	Doelstellingen middenloop	33
4.4	Voorontwerp Dekeshorst	33
4.5	Voorontwerp middenloop Kwistbeek, natuurlijke herinrichting	34
4.5.1	Aanpassingen profiel Kwistbeek	34
4.5.2	Waterberging middenloop	53
4.5.2.1	Maaiveldhoogte en stuwpeil	53
4.5.2.2	Inrichting gebied	54
4.5.2.3	Inzet en aansturing	55
4.5.2.4	Analyse waterberging middenloop	56
4.6	Effecten op de omgeving Middenloop	57
4.6.1	Stuw Dekeshorst	57
4.6.1.1	Relevante afvoersituatie	57
4.6.1.2	Effecten op het beekpeil	59

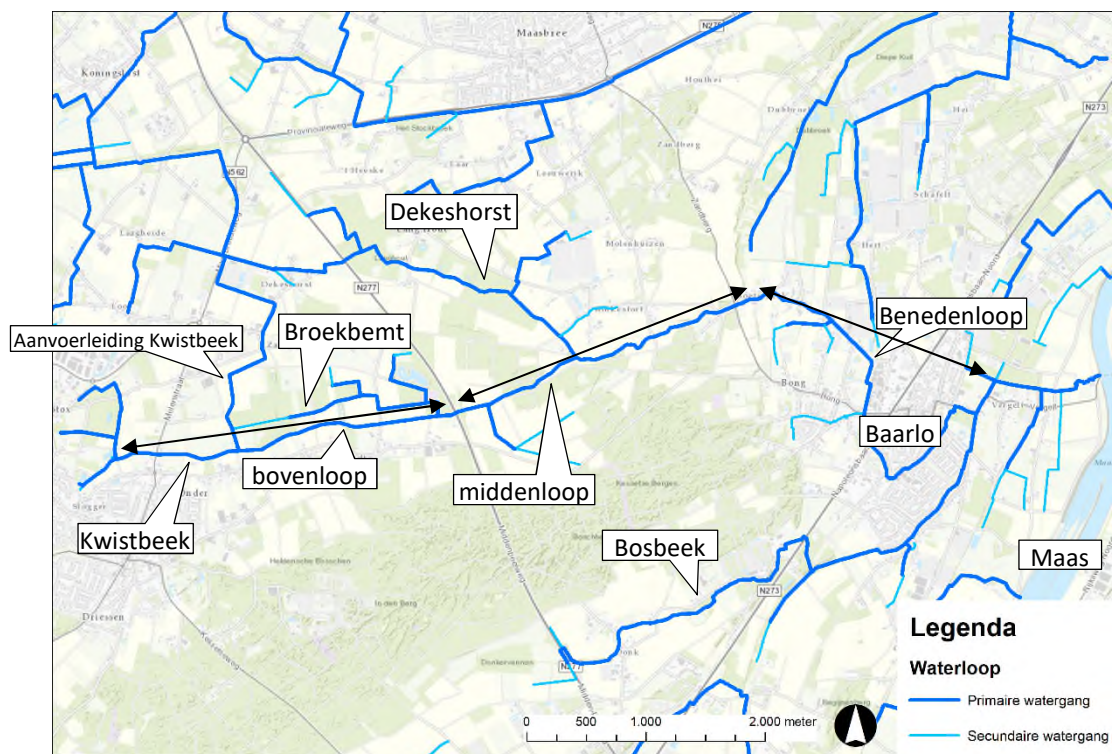
4.6.1.3	Ruimtelijke invloed van veranderingen van het beekpeil	62
4.6.1.4	Gevolgen voor de landbouw	67
4.6.1.5	Verandering in opbrengsten	70
4.6.1.6	Opbrengstverandering per perceel	71
4.6.2	Stuw Rinkesfort	75
4.7	Mitigerende maatregelen middenloop	76
4.8	Normering Regionale Wateroverlast	77
5	De Benedenloop	78
5.1	Watersysteembeschrijving Benedenloop	78
5.2	Watersysteembeschrijving Bosbeek	79
5.3	Voorontwerp benedenloop	79
5.3.1	Aanpassingen profielen en duikers	80
5.3.2	Bypass molen Baarlo	82
5.4	Effecten op de omgeving	84
6	Conclusie	86
6.1	Bovenloop	86
6.2	Middenloop	86
6.3	Benedenloop	87

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In het stroomgebied van de Kwistbeek wordt bij hevige neerslag wateroverlast ervaren door de streek. Waterschap Limburg brengt in samenspraak met de gemeente en de streek de overlast in beeld en is op zoek naar oplossingen om het watersysteem klimaatrobust te maken. Antea Group werkt aan de herinrichting van het gebied en werkt de maatregelen die gewenst zijn uit.

Het beekstelsel van de Kwistbeek is voor de herinrichting opgedeeld in drie trajecten; de bovenloop, middenloop en benedenloop (zie Figuur 1-1). De bovenloop is overwegend omgeven door landelijk gebied. Voor de middenloop gelden er vanuit de kaderrichtlijn water (KRW) inrichtingseisen voor het beekstelsel. De benedenloop is gelegen in het stedelijk gebied van Baarlo en heeft daar beperkt de ruimte.



Figuur 1-1: Overzicht van het watersysteem van de Kwistbeek met het onderscheid tussen de boven-, midden- en benedenloop.

In de waterbergingsanalyse is gebleken dat bij hele extreme neerslag die minder frequent voorkomt dan 1 maal in de 100 jaar (meer dan T100-norm) bij de bebouwing in Soeterbeek, rondom kassen en bij aspergevelden wateroverlast optreedt. Om de overlast te beperken heeft het waterschap de wens om op een doelmatige wijze waterbergingen in te richten. Dit betekent dat op verschillende locaties aanpassingen in het watersysteem gedaan moeten worden om waterberging te creëren.

Voor het stroomgebied van de Kwistbeek is een Voorontwerp opgesteld waarbij de wensen van de streek, de gemeente en het waterschap uitgewerkt zijn. Hierbij is voor de bovenloop het realiseren van overloopgebied langs de Broekbemt van belang. Voor de middenloop zijn de invulling van de KRW-opgave in combinatie met het realiseren van waterberging de belangrijkste aspecten. Voor de benedenloop is van belang dat het watersysteem klimaatrobuust wordt en dat er ruimte gemaakt wordt voor beheer en onderhoud. In het resterende deel van het stroomgebied wordt zoveel mogelijk invulling gegeven aan lokale maatregelen voor berging. In deze rapportage is de hydrologische onderbouwing van het Voorontwerp opgenomen.

1.2 Doel

Het doel van deze rapportage is het uiteenzetten van de hydrologische onderbouwing van het Voorontwerp. Hierbij is invulling gegeven aan de KRW-doelstellingen en de inrichting van waterberging in het stroomgebied van de Kwistbeek, waarbij tevens rekening is gehouden met de effecten op de omgeving.

1.3 Leeswijzer

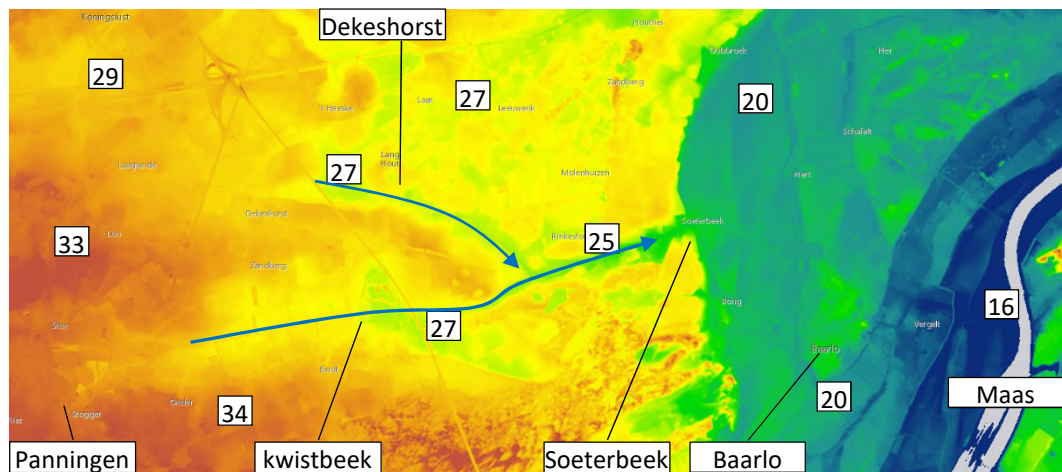
Hoofdstuk twee is een algemeen hoofdstuk waarin de gebiedsbeschrijving van het stroomgebied van de Kwistbeek, de wateropgave en de doelstellingen van het beekherstelproject zijn beschreven. In hoofdstuk 3 t/m 5 zijn achtereenvolgens de boven-, midden- en benedenloop van de Kwistbeek in detail uitgewerkt. Binnen deze hoofdstukken wordt in eerste instantie de werking en het functioneren van het huidige watersysteem nader beschreven. Vervolgens wordt nader ingegaan op de doelstellingen die voor het desbetreffende deeltraject van belang zijn. Deze doelstellingen zijn verwerkt in een voorontwerp dat op zijn beurt resulteert in een gebiedsinrichting. Deze gebiedsinrichting is verwerkt in het oppervlaktewatermodel SOBEK waarmee de effecten van de maatregelen die in het voorontwerp staan zijn doorgerekend. Vervolgens zijn de effecten op de omgeving bepaald en zijn de benodigde mitigerende maatregelen uiteengezet. Tot slot zijn in hoofdstuk zes de conclusie met betrekking tot het halen van doelstellingen beschreven.

2 Gebiedsbeschrijving Kwistbeek

In dit hoofdstuk is het stroomgebied van de Kwistbeek beschreven. In het eerste deel is een gebiedsbeschrijving, waarbij nader wordt ingegaan op de bodemkundige situatie. Vervolgens wordt de huidige situatie van het watersysteem beschreven. Hierbij is het beekstelsel opgedeeld in een boven-, midden- en benedenloop, en de zijwatergangen. Hierbij zijn onder andere de kunstwerken en lengteprofielen meegenomen.

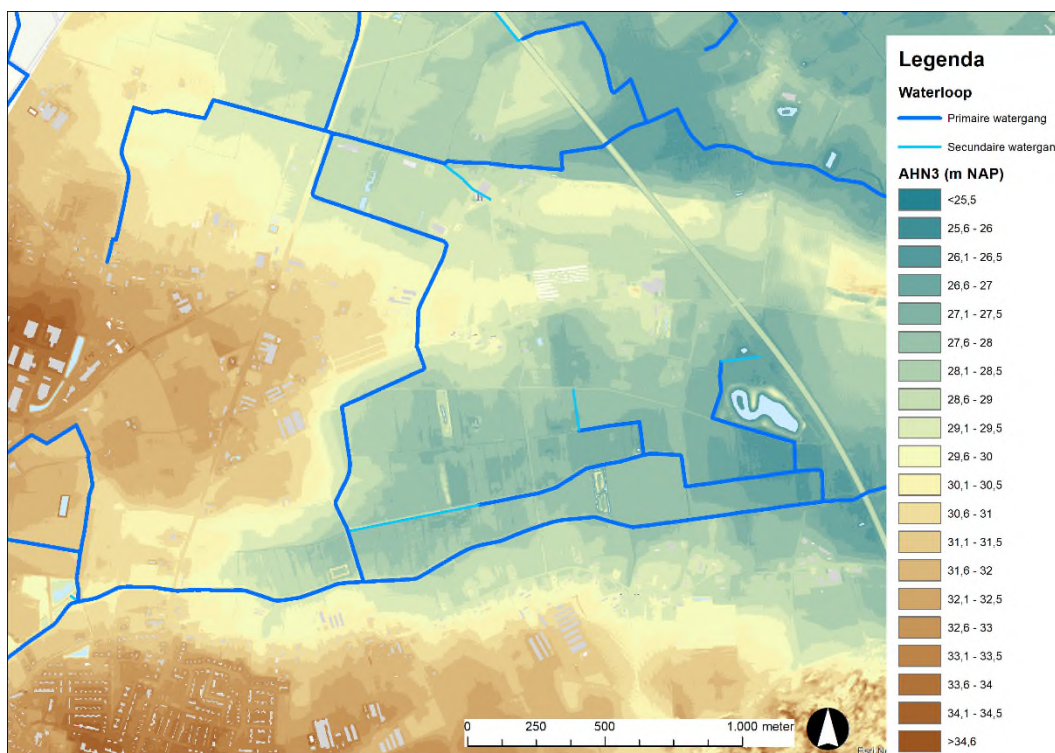
2.1 Maaiveldhoogte

De maaiveldhoogte in het watersysteem van de Kwistbeek loopt van west naar oost af van circa 34 m +NAP aan de westzijde naar circa 16 m +NAP ter hoogte van de Maas (zie Figuur 2-1). Van zuid naar noord loopt ter hoogte van Soeterbeek een oude rivierarm van de Maas waardoor daar het maaiveld abrupt daalt met circa 5 m. De beekdalen van de Kwistbeek en de Dekeshorst zijn duidelijk zichtbaar in het reliëf.

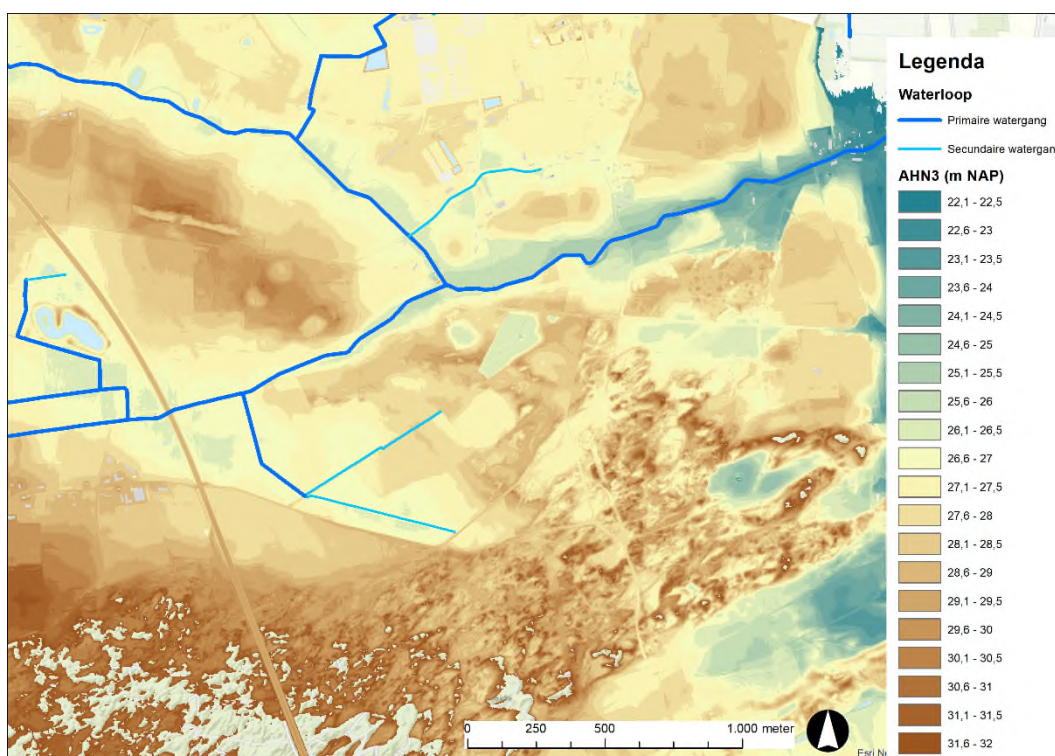


Figuur 2-1: Beeld van de maaiveldhoogte van het gehele watersysteem met een aantal globale puntwaarnemingen in m NAP (bron: AHN3)

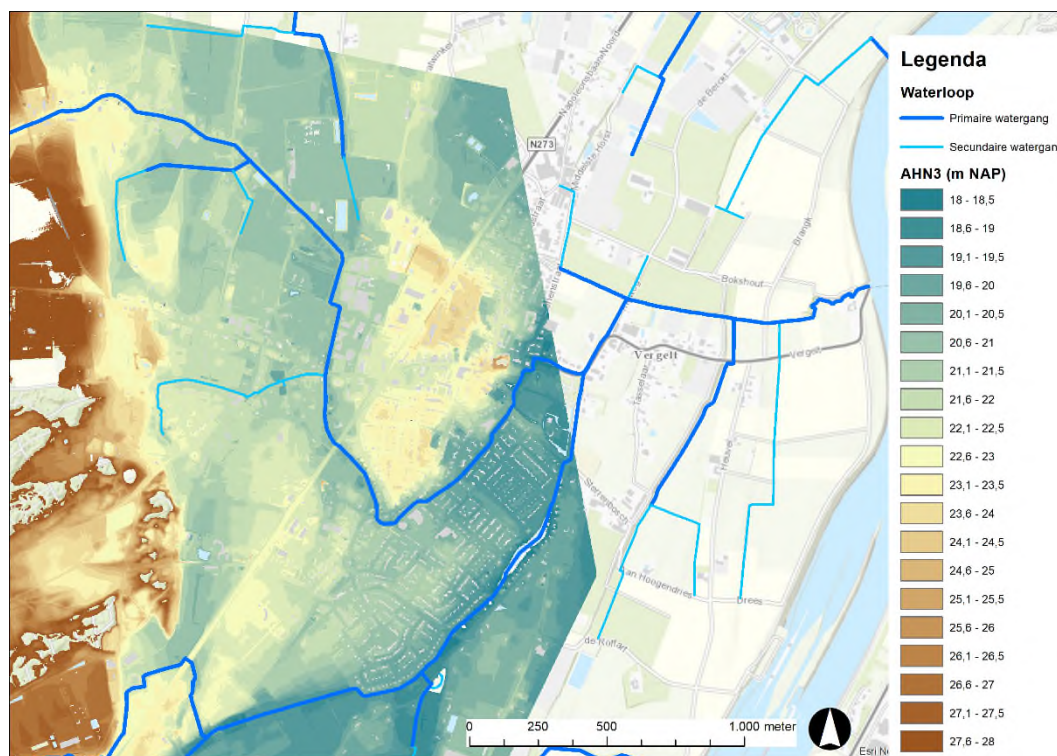
In Figuur 2-2, Figuur 2-3 en Figuur 2-4 zijn de maaiveldhoogtes weergegeven van de deelgebieden betreffende de bovenloop, middenloop en de benedenloop. In deze figuren zijn ook de waterlopen opgenomen.



Figuur 2-2: Maaiveldhoogte van de bovenloop van het watersysteem.



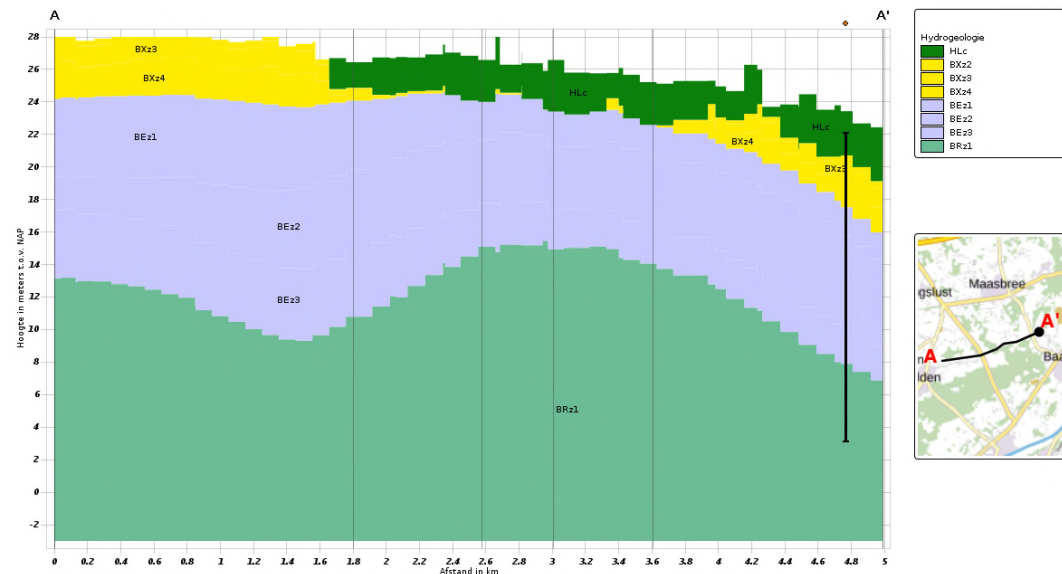
Figuur 2-3: Maaiveldhoogte van de middenloop van het watersysteem.



Figuur 2-4: Maaiveldhoogte van de benedenloop van het watersysteem.

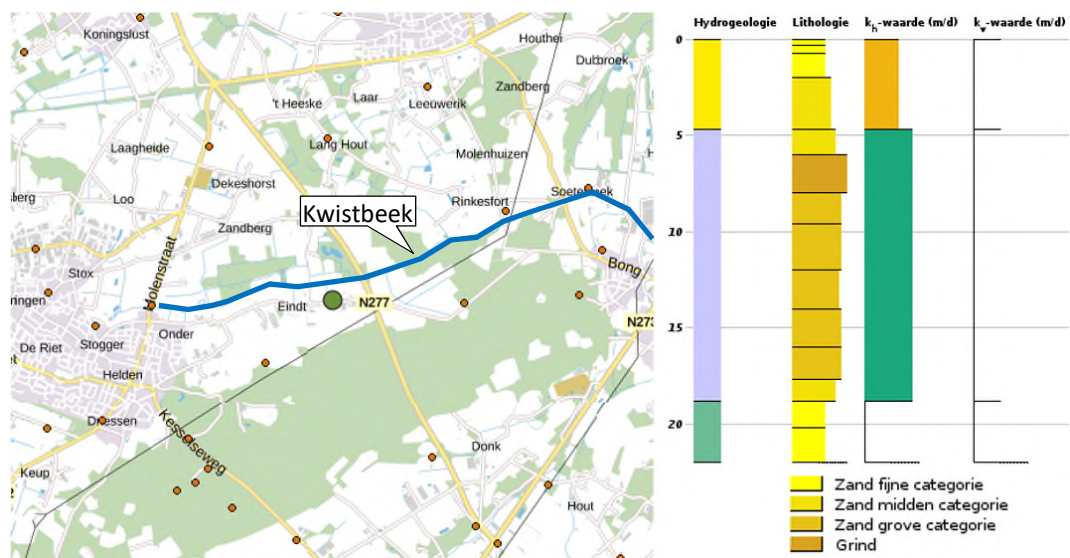
2.2 Geohydrologie

De geohydrologie in de omgeving van de Kwistbeek bestaat vooral uit een holocene complexe top laag (HLC) bestaande uit een afwisseling van zand, veen en klei van sterk siltige klei, met daaronder verschillende fijne tot zeer grove zandlagen (BXz, BEz en BRz). Een lengtedoorsnede hiervan is weergegeven in Figuur 2-5.



Figuur 2-5: Doorsnede van de bodemopbouw gelijk met het lengteprofiel tussen de aansluiting bij de aanvoerleiding (AVL, zie paragraaf 03.1) en Soeterbeek met een holocene deklaag van sterk siltige klei met daaronder zand.

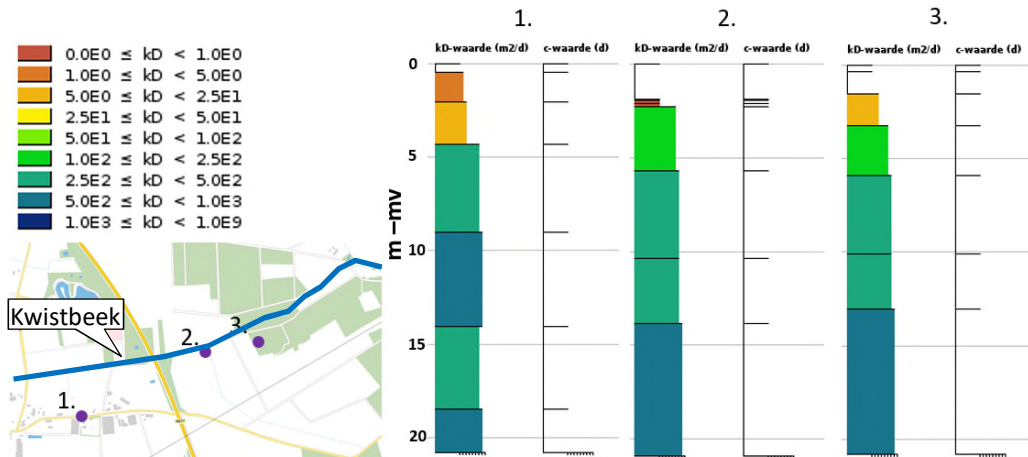
In DinoLoket zijn maar een beperkt aantal boringen in het stroomgebied van de Kwistbeek beschikbaar (zie Figuur 2-6).



Figuur 2-6: Overzicht van de beschikbare boringen in Dino met een boorbeschrijving van een matig diepe boring

Uit de beschikbare boringen blijkt dat de ondergrond tot grotere diepte bestaat uit een opeenvolging van verschillende zandlagen (zie Figuur 2-6). Bovenin het profiel komen fijnzandige lagen voor. Daaronder komen grofzandige en grindlagen voor. Om nader te kijken naar de ruimtelijke variatie van de laagopbouw is in Dino voor de Kwistbeek een lengteprofiel van de geohydrologische situatie gemaakt. Uit de beschikbare geohydrologische gegevens in Dino blijkt dat de geohydrologische situatie voor het gehele lengteprofiel van de Kwistbeek redelijk uniform is (Figuur 2-5). De veranderingen in laagdikten verlopen geleidelijk en zijn bovendien beperkt.

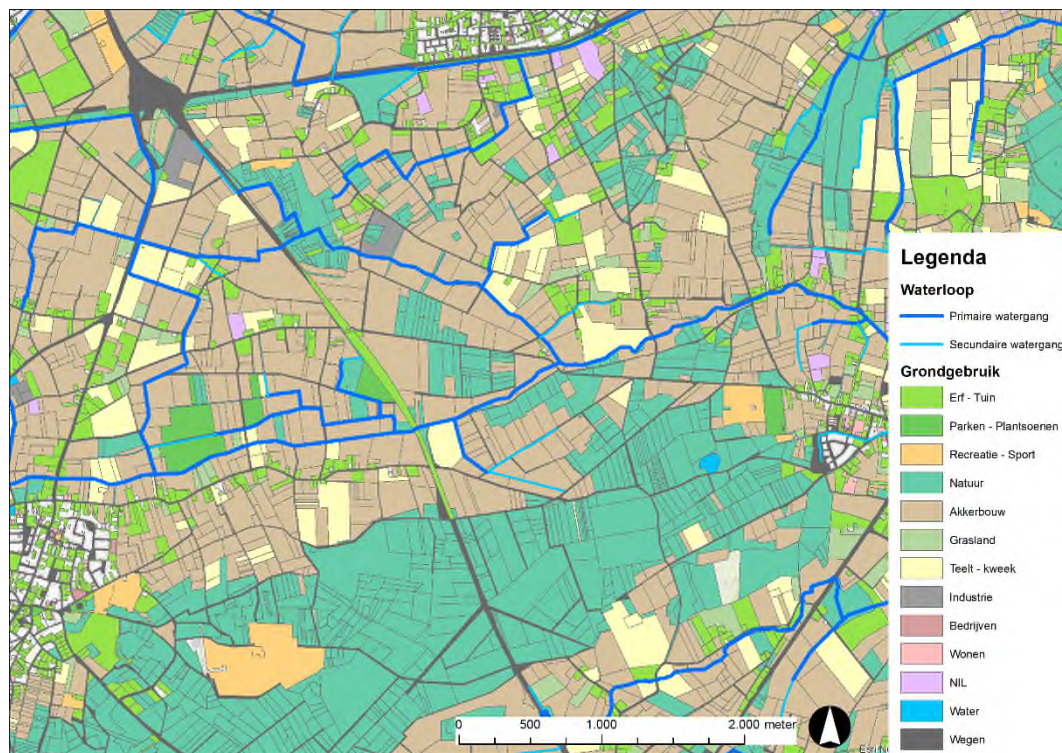
Voor een aantal puntlocaties zijn de kD en c waarden uit Regis II gehaald (zie Figuur 2-7).



Figuur 2-7: Geohydrologische gegevens op enkele puntlocaties langs de Kwistbeek

2.3 Grondgebruik

In Figuur 2-8 is het grondgebruik binnen het watersysteem van de Kwistbeek opgenomen. Te zien is dat het gebied vooral bestaat uit akkerlanden, natuurgebieden (bossen) en kassen (teelt – kweek). In mindere mate komen ook erven, plantsoenen en tuinen voor. Gecombineerd met de maaiveldhoogte en het grondwaterbeeld is te zien dat op de hogere zandgronden met lagere waterstanden vooral natuurgebieden (bossen) voorkomen, waarnaast de lager gelegen gebieden vooral in gebruik zijn als akkergronden. Doordat de akkerlanden vooral in de beekdalen liggen zijn de meeste aangrenzende percelen aan de beken in gebruik als akkerland.



Figuur 2-8: Grondgebruik ter hoogte van het watersysteem van de Kwistbeek (kadaster).

2.4 De wateropgave

Voor het stroomgebied van de Kwistbeek bestaat de wateropgave voornamelijk uit een bergingsopgave. Deze bergingsopgave komt deels voort uit de formele taak van het waterschap om te voldoen aan geldende NBW normen. Daarnaast heeft het waterschap de ambitie haar watersystemen klimaat robuust in te richten. Met klimaat robuust wordt een robuust systeem bedoeld waarbij “stedelijk gebieden” op adequate wijze tegen wateroverlast worden beschermd. Om het voorgaande te kunnen realiseren is in een eerdere fase een bergingsanalyse uitgevoerd. Deze bergingsanalyse is beschreven in het rapport met de titel: *Huidige situatie Kwistbeek; Resultaten bergingsanalyse*. In deze rapportage is de samenvattende conclusie van de bergingsanalyse opgenomen. Voor nadere achtergrondinformatie wordt verwezen naar het rapport met de bergingsanalyse.

Om de wateroverlast in het stroomgebied van de Kwistbeek te beoordelen is bij de bergingsanalyse gekeken naar de overlast die ontstaat bij de formele norm van het waterschap.

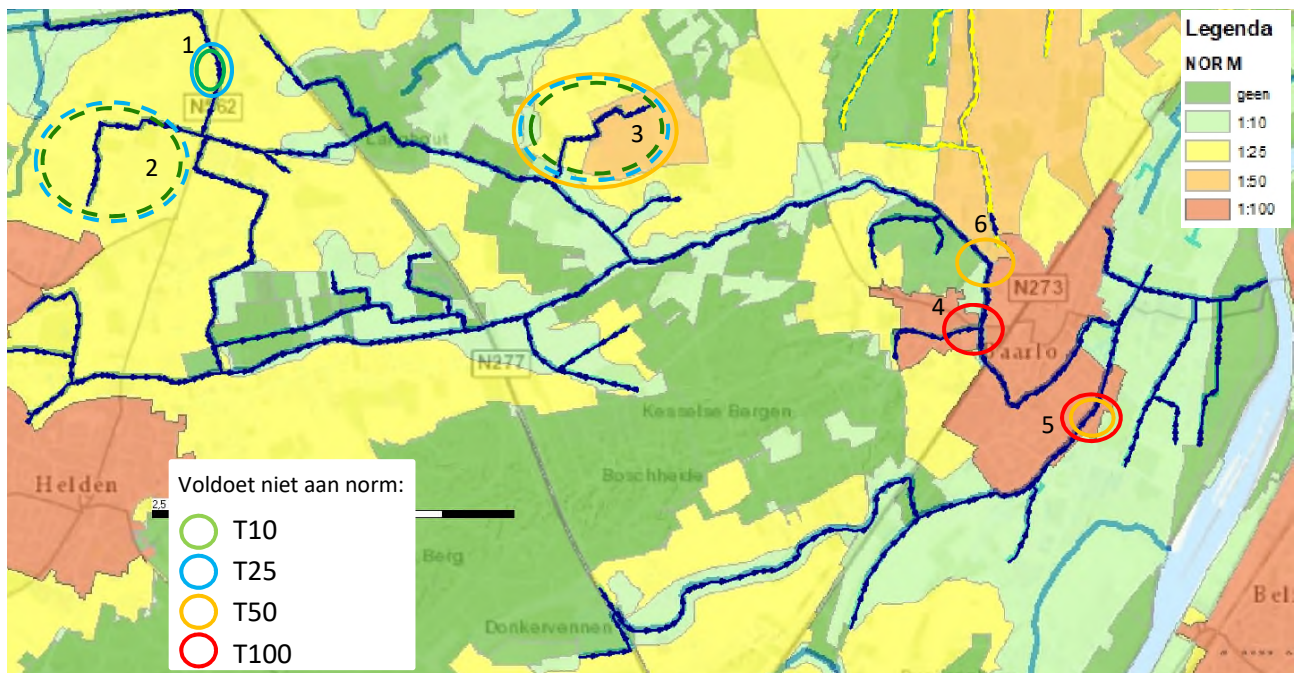
Op sommige locaties past de huidige norm niet bij de functie die in de praktijk aanwezig is. Voor deze locaties is bepaald waar wateroverlast ontstaat en hoe dit opgelost kan worden. Daarnaast is gekeken naar een afvoer- en neerslagsituatie die boven de formele NBW-norm ligt, en een beeld geeft van de inundatiesituaties die in de praktijk ervaren worden. Met deze methode is een bandbreedte voor de bergingsopgave bepaald om tot een klimaatrobust watersysteem te komen. Voor het realiseren van de KRW-opgave zijn maatregelen in de middenloop gewenst, die ook effect hebben op de plaats en manier waarop water geborgen kan worden op die locatie en in de rest van het beekstelsel. Daarom zijn deze maatregelen ook bij de bergingsanalyse benoemd.

Binnen het stroomgebied van de Kwistbeek komen een aantal vormen van grondgebruik voor die op specifieke wijze van invloed zijn op het hydrologisch systeem. Het gaat hierbij voornamelijk om kassen en aspergeteelt. Deze vormen van grondgebruik reageren in meer of mindere mate als verhard oppervlak waardoor de berging is beperkt en neerslagwater versneld wordt afgevoerd. Bij de bergingsanalyse is hiermee rekening gehouden.

Uit de bergingsanalyse blijkt dat er binnen het stroomgebied van de Kwistbeek op zes locaties (zie Figuur 2-9) wateroverlast kan optreden, indien gerekend wordt met de invloed van de geplastificeerde percelen. Daarnaast treedt op twee van deze locaties (1 en 3) ook wateroverlast op wanneer niet rekening wordt gehouden met de geplastificeerde percelen. Daardoor wordt alleen op deze twee locaties formeel niet voldaan aan de geldende NBW-norm.

De inundaties op deze locaties kunnen worden verholpen door water bovenstrooms vast te houden, door water om te leiden of door lokaal het maaiveld te verhogen waardoor het water niet meer de beek uit zal stromen.

Bij locatie 2 is alleen een inundatie als de aspergevelen meegenomen worden in de berekening, waardoor er formeel dus geen opgave is om aan de NBW-norm te voldoen. Bij de locaties 4 en 5 waar bij de T100 (zomer) inundaties zijn berekend, is uit nadere analyse gebleken dat de inundaties in een wadi en een watergang optreden en niet bij bebouwing en is er dus geen sprake van een opgave. Bij locatie 6 zijn bij eerdere NBW-toetsingen inundaties berekend. In de huidige berekeningen blijft het waterpeil binnen het profiel en treedt er geen wateroverlast op. Er is echter slechts een drooglegging over van enkele centimeters, wat betekent dat in de praktijk er mogelijk wel inundaties optreden.



Figuur 2-9: Normenkaart Kwistbeek, met locaties omcirkelt waar inundaties voorkomen die niet voldoen aan de huidige norm bij de Zomerbuien. De gestippelde cirkels hebben alleen wateroverlast wanneer de aspergevelden 7,5 mm berging hebben en geen overlast wanneer deze berging 50 mm is.

2.5 Doelstellingen

Voor de herinrichting van het stroomgebied van de Kwistbeek zijn doelen opgesteld die deels voortkomen uit de hiervoor beschreven bergingsanalyse. Deze doelen zijn bijeengebracht in de ontwerpnotitie en zijn vervolgens per deelgebied van de Kwistbeek opgesteld. Voor een nadere beschrijving van de doelstellingen wordt verwezen naar het hoofdstuk van het desbetreffende deelgebied. In deze hoofdstukken zijn de doelen die betrekking hebben tot en raakvlak hebben met hydrologie puntsgewijs opgenomen. Voor de Dekeshorst zijn geen aparte hydrologische doelstellingen opgesteld.

Naar een klimaatrobuust watersysteem

Op het traject van de Middenpeelweg tot aan de monding van de Kwistbeek in de Maas ligt een KRW-opgave om de beek natuurlijk in te richten. Daarnaast is in de bergingsanalyse bepaald dat dit een geschikt traject is om extra waterberging te realiseren. Het waterschap streeft hierbij naar in totaal 40.000 m³ berging in het gehele stroomgebied van de Kwistbeek, om de bebouwing bij Soeterbeek en het benedenstroomse traject van de Kwistbeek te ontlasten bij extreme situaties. De bergingshoeveelheid wordt tussen het bergingsgebied “De Baendj” en het beekdal van de Kwistbeek tussen de Middenpeelweg en Soeterbeek ongeveer gelijk verdeeld.

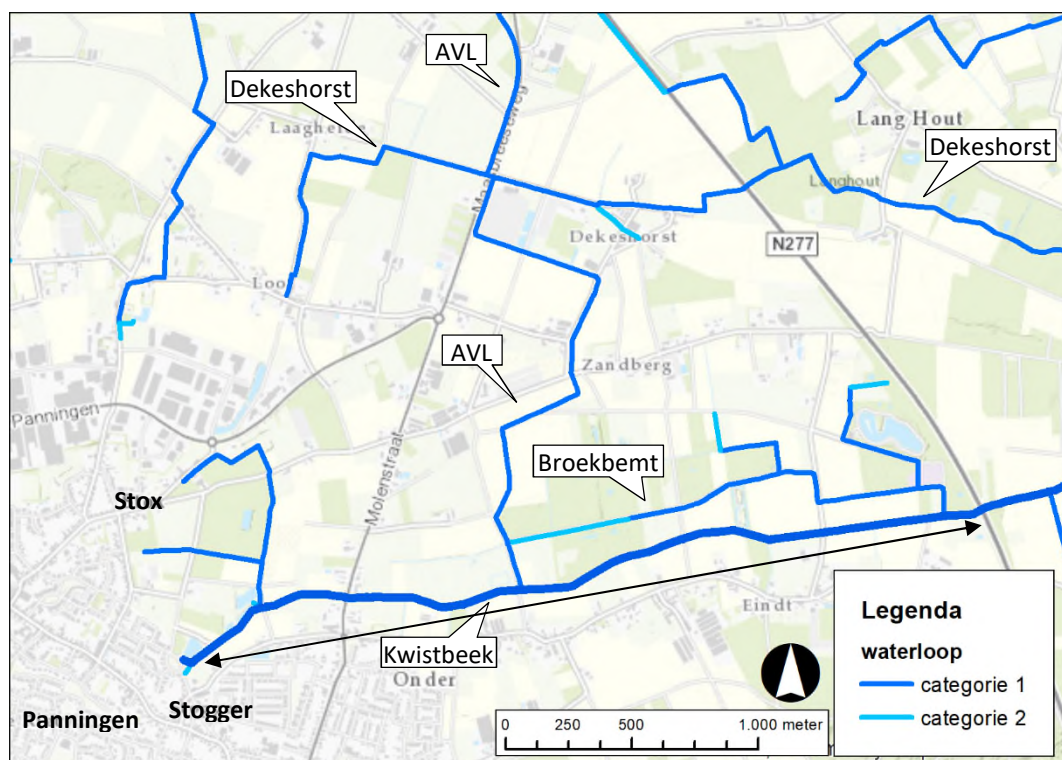
De doelstelling met betrekking tot de waterberging gelden voor het gehele gebied. Zoals eerder aangegeven bedraagt de waterbergingsambitie om de midden- en benedenloop tijdens piekafvoeren te ontlasten 40.000 m³. Daarnaast dient het water zoveel mogelijk op basis van natuurlijk maaiveldverloop geborgen te zijn. Met betrekking tot de inzet van de retenties is als doel gesteld dat deze afhankelijk is van het peil/de afvoer in de Kwistbeek ter hoogte van Soeterbeek. Voor het op adequate wijze inzetten van de berging is op twee locaties een regelbaar en geautomatiseerd kunstwerk in de beekloop noodzakelijk.

3 De Bovenloop

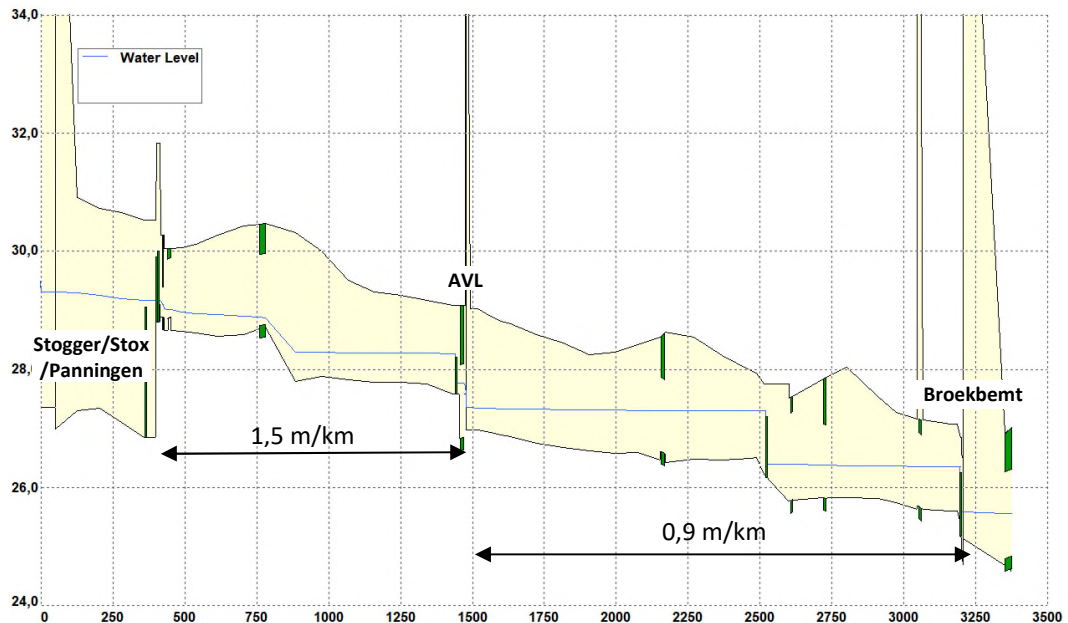
3.1 Watersysteembeschrijving Bovenloop

Kwistbeek

De oorsprong van de Kwistbeek bevindt zich ten noordoosten van het dorpen Helden/Panningen in midden-Limburg (Figuur 3-1). Verschillende overstorten vanuit het dorp Panningen, zoals de wijken Stogger en Stox monden uit in de Kwistbeek. Om in droge tijden de Kwistbeek van water te voorzien, is een aanvoerleiding (Aanvoerleiding Kwistbeek, AVL) aangelegd. Deze afvoerleiding wordt gevoed vanuit de aanvoerleiding Dekeshorst. Het aanvoerwater is afkomstig van de Noordervaart. Een lengteprofiel is opgenomen in Figuur 3-2.



Figuur 3-1: Overzicht van de bovenloop van de Kwistbeek met de Aanvoerleiding Kwistbeek (AVL) en de Broekbemt.

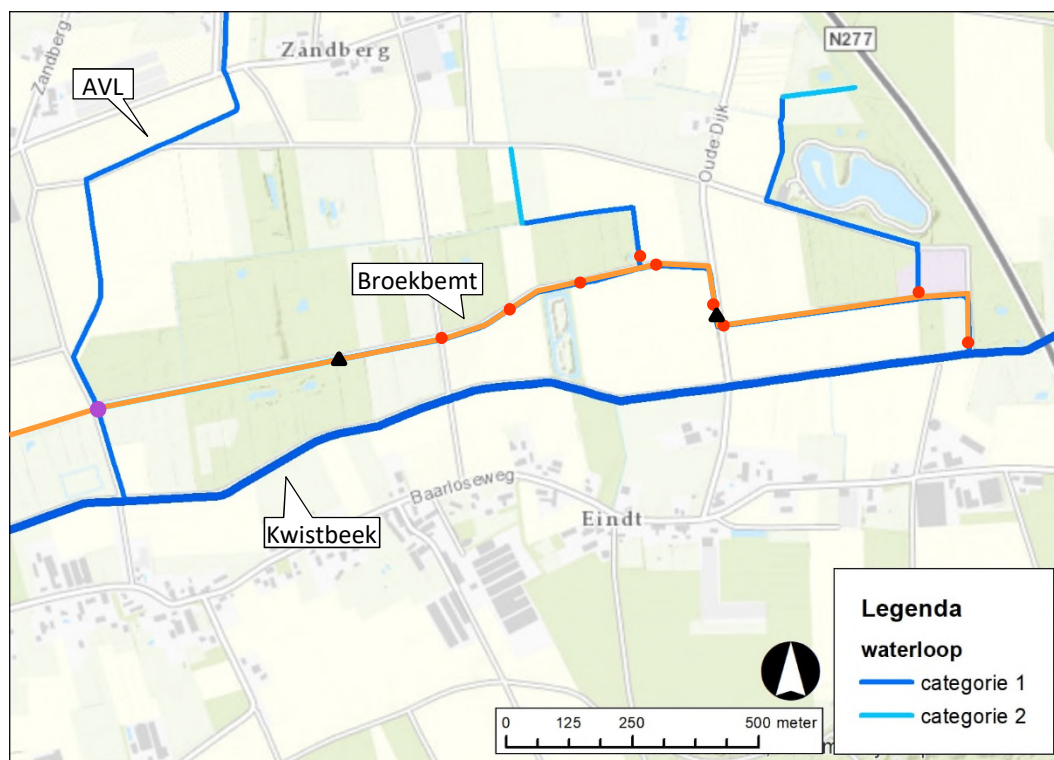


Figuur 3-2: Lengteprofiel van de bovenloop van de Kwistbeek.

Broekbemt

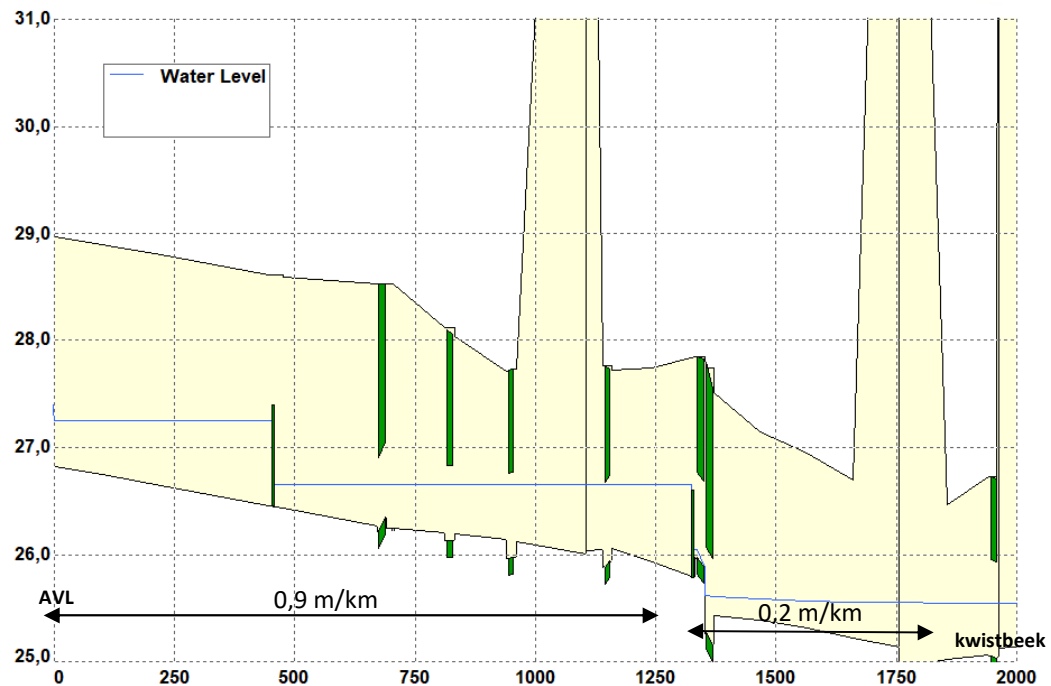
Net ten noorden van de locatie waar de AVL uitkomt in de Kwistbeek kruist de Broekbemt de AVL met een sifon en loopt verder ten noorden van en parallel aan de Kwistbeek (Figuur 3-3).

In de Broekbemt liggen verschillende duikers met een diameter oplopend vanaf bovenstrooms van rond 700 mm tot rond 900 mm vlak voor de locatie waar de Broekbemt uitkomt in de Kwistbeek. Aan de benedenstroomse zijde van de locatie waar de Broekbemt en de Kwistbeek samenkomen ligt in de Kwistbeek een duiker onder de Middenpeelweg. In de Broekbemt liggen twee beweegbare stuwen. De meest bovenstroomse stuw heeft een drempelhoogte van 26,5 m +NAP. De stuwstand tijdens de winter (oktober-maart) is 27,1 m +NAP en tijdens de zomer (april-september) wordt een stuwstand van 27,4 m +NAP gehanteerd. De benedenstroomse stuw heeft een winterstuwstand van 26,3 m +NAP en een zomerstuwstand van 26,6 m +NAP.



Figuur 3-3: Deel Broekbemt (oranje, zie ook lengteprofiel Figuur 3-4) met de aansluiting aan de Kwistbeek met kunstwerken in de Broekbemt: in het rood de duikers, in het zwart twee stuwen en in het paars de sifon onder de AVL.

Het bodemverhang bedraagt in het bovenstroomse gedeelte ongeveer 0,9 m/km, in het benedenstroomse gedeelte tot aan de samenvoeging bij de Kwistbeek is het verval lager met ongeveer 0,2 m/km (zie figuur 3-4).



Figuur 3-4: Lengteprofiel van de Broekbemt tot aan de samenvoeging met de Kwistbeek.

3.2 Doelstellingen bovenloop

De doelstellingen voor de waterberging in de bovenloop (overloopgebied De Baendj) en de inrichting van de Kwistbeek zijn als volgt:

- water in de bovenloop dient vastgehouden te worden bij pieksituaties om de middenloop en benedenloop te ontlasten;
- de hoeveelheid berging moet in de ordegrrootte van 20.000 m³ zijn;
- de berging dient na de aantakking van de AVL aan de Kwistbeek gerealiseerd te worden;
- de inlaat dient dermate hoog te zijn dat het overloopgebied wanneer deze volledig gevuld is niet leegloopt via de inlaat;
- de overlaat dient ontworpen te worden als een vaste drempel, geïntegreerd in het onderhoudspad;
- de waakhogte van de aan te leggen kade rondom het overloopgebied moet 30 cm t.o.v. het ontwerppeil bedragen;
- het overloopgebied dient voorzien te zijn van een leegloopleiding;
- de huidige stuwen dienen gehandhaafd te blijven;
- het profiel van de Kwistbeek wordt verbreed met een plasdraszone van circa 2 meter breedte;
- Het ontwerp moet voldoen aan de Normering Regionale Wateroverlast rekening houdend met klimaat 2050.

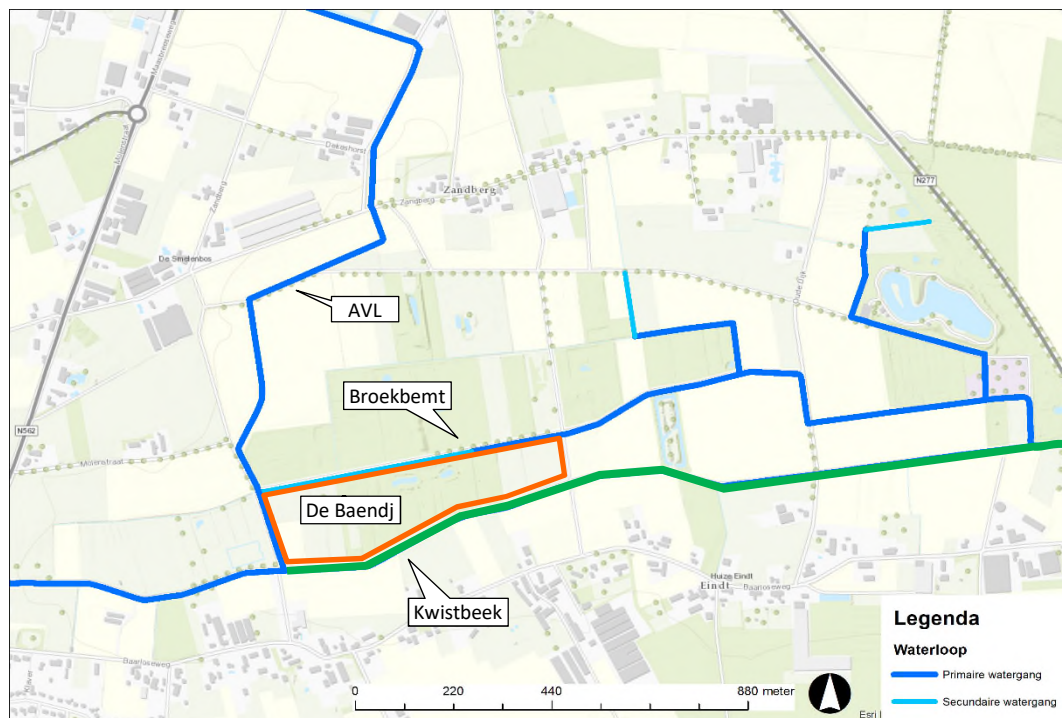
3.3 Voorontwerp bovenloop

In de bovenloop wordt het profiel van de Kwistbeek tussen de aansluiting van de AVL en de Middenpeelweg verbreed met een plasdraszone. Deze plasdraszone komt te liggen op een variabele hoogte, en heeft een breedte van 2 m.

In Figuur 3-5 is de locatie van de verbreding opgenomen. Doordat de plasdraszone extensief wordt onderhouden en daardoor een slechte doorstroming heeft, is deze zone met een aparte weerstand ten opzichte van de rest van de beek opgenomen in het modelleerprogramma SOBEK. Tussen de Molenstraat en de aansluiting van de AVL wordt het talud aan de zuidzijde van de Kwistbeek verflauwd.

3.3.1 Overloopgebied De Baendj

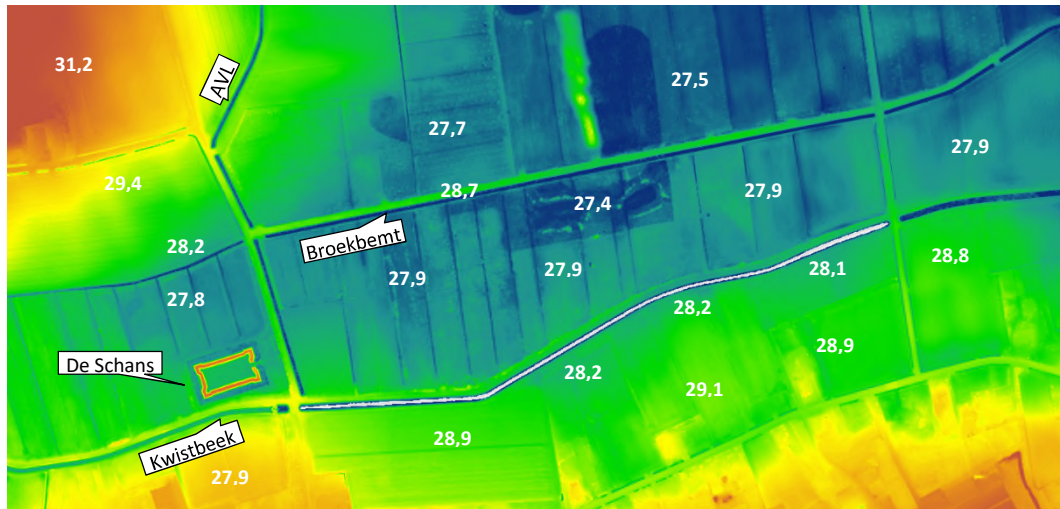
De percelen tussen de Kwistbeek, de Broekbemt en de AVL worden ingericht als overloopgebied De Baendj (zie Figuur 3-5). Deze locatie is gekozen uit effectiviteits- en kostentechnische overwegingen. Daarnaast is gekeken naar beschikbare eigendommen en maaiveldhoogte. Het gebied dat gaat worden ingezet als berging heeft een oppervlakte van circa 87.000 m² en kan circa 20.000 m³ water bergen. De gemiddelde waterdiepte bedraagt ongeveer 30 cm. De inzet en aansturing van het overloopgebied is afhankelijk van de vullingsgraad van buffer Stogger en het waterpeil in de Kwistbeek nabij Soeterbeek. De inrichting, de effecten op de omgeving en de mitigerende maatregelen zijn hieronder opgenomen.



Figuur 3-5: Overzicht van de locatie van overloopgebied De Baendj (oranje) en het gedeelte van de Kwistbeek met de plasdraszone (groen).

3.3.1.1 Maaiveldhoogte en waterschijf

De gemiddelde maaiveldhoogte van de percelen is 27,85 m +NAP (zie figuur 3-6). Het overloopgebied krijgt een maximale waterhoogte van 28,15 m +NAP, waardoor er een waterschijf ontstaat van gemiddeld 30 cm. Dit peil is gekozen om zo optimaal mogelijk gebruik te kunnen maken van de bergingsmogelijkheid zonder grote aanpassingen te moeten doen aan de omgeving van de berging.



Figuur 3-6: Maaiveldhoogtes in en rondom de percelen voor waterberging in m NAP. Duidelijk zichtbaar is de slotenstructuur tussen de Broekbemt en de Kwistbeek.

Ten westen van het overloopgebied ligt het gebied de Schans, dat een maaiveldhoogte heeft tussen de 27,8 en 28,5 m +NAP. Dit gebied watert af en is aangesloten aan de Broekbemt, waardoor deze percelen niet bij de berging worden betrokken. Vanuit de AVL kan richting deze percelen geen inundatie optreden omdat het gebied de Schans en de AVL is gescheiden door een verhoogd onderhoudspad.

3.3.1.2 Inrichting gebied

Om het water binnen het overloopgebied te houden wordt een kade aangelegd. De hoogte van de kade is afhankelijk van:

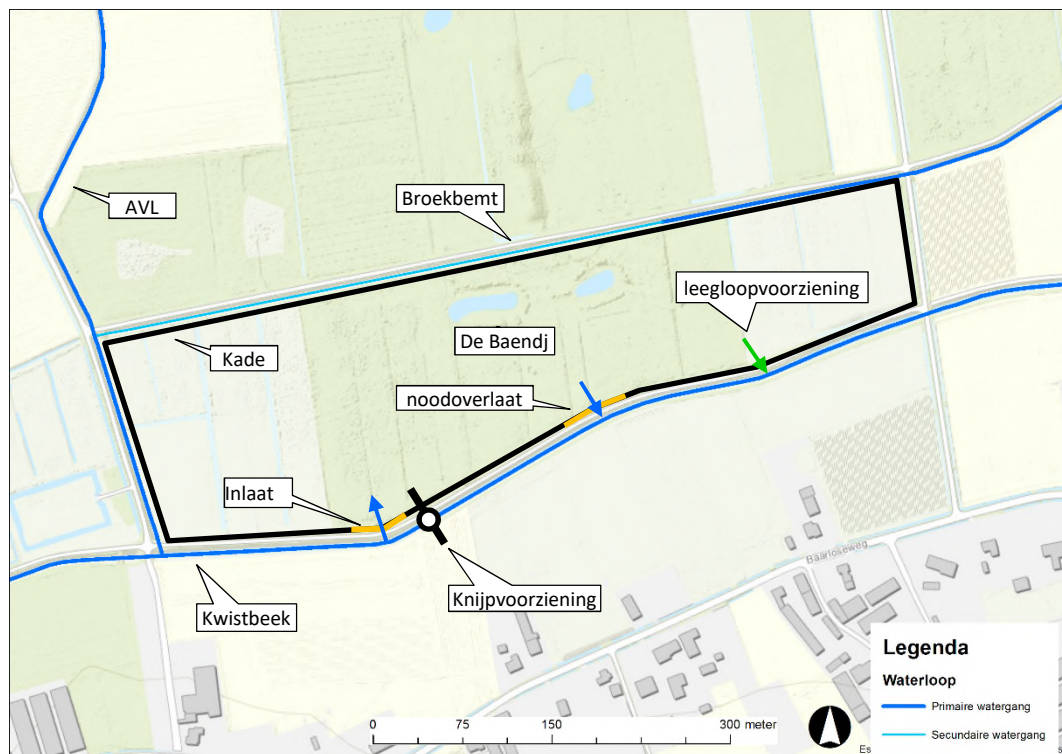
1. maximaal bergingspeil in het overloopgebied;
2. waakhoogte van minimaal 30 cm.

In de Kwistbeek wordt een knijpconstructie aangelegd in de vorm van een onderspuier, die bij een bepaald waterpeil wordt ingezet (zie paragraaf “inzet en aansturing”). Deze onderspuier zorgt ervoor dat bij inzet het water bovenstrooms wordt opgestuwd. In de kade/het onderhoudspad wordt een verlaagde inlaat aangelegd, waardoor water het gebied in kan stromen. Bij volledige vulling van de buffer (tot 28,15 m +NAP) kan het water via een noodoverlaat benedenstrooms van de knijpvoorziening in de Kwistbeek stromen.

Om water goed en snel te verdelen binnen het overloopgebied wordt de aanwezige slotenstructuur geoptimaliseerd. Dit slotenpatroon is goed zichtbaar in de hoogtekaart in Figuur 3-6. De sloten worden aan de noordkant met elkaar verbonden, en worden uitgediept tot een bodemhoogte van 50 cm onder maaiveld. Hierdoor bedraagt de bodemhoogte van de sloten gemiddeld circa 27,35 m +NAP.

Om het water gecontroleerd het gebied uit te laten stromen wordt een leegloopleiding aangelegd. Deze leiding moet ervoor zorgen dat bij een voldoende lage waterstand het gebied binnen 24 uur kan leeglopen.

In Figuur 3-7 is de inrichting van het bergingsgebied schematisch weergegeven.



Figuur 3-7: Inrichting van overloopgebied De Baendj.

De afmetingen van de aan te leggen kunstwerken zijn als volgt:

- De waterdiepte in de Kwistbeek tijdens een T100 wintersituatie zonder knijpvoorziening (dus huidige situatie) bedraagt 28,15 m +NAP. De overlaat naar de buffer wordt aangelegd op een hoogte van 28,20 m +NAP, zodat het moment van de inzet van het overloopgebied zelf bepaald kan worden;
- De inlaat krijgt een breedte van 50 m en loopt in de lengte door tot het slotenprofiel;
- Het maximale waterpeil om aan de benodigde 20.000 m³ waterberging te voldoen is vastgesteld op 28,15 m +NAP. Dit wordt daarmee ook de hoogte van de noodoverlaat;
- De kadehoogte rondom de buffer wordt 28,45 m +NAP: 30 cm boven de hoogte van de noodoverlaat en waterpeil in de berging;
- De onderspuier krijgt een breedte van 2 m en een (standaard) hoogte van ten minste 1,25 m. Bij inzet van de berging wordt de schuif verlaagd naar een hoogte van 0,12 m (27,02 m +NAP) waardoor maximaal circa 0,9 m³/s wordt doorgelaten;
- Om de buffer leeg te laten lopen, wordt een leegloopvoorziening geplaatst. Deze wordt hoger dan de waterhoogte in de Kwistbeek bij een afvoer van 0,3 MA aangelegd. De waterhoogte bij 0,3 MA is 27,25 m +NAP. De ledigingspijp wordt aangelegd op een hoogte van 27,35 m +NAP, gelijk aan de bodemhoogte van de greppelstructuur in de buffer, en is daarmee hoger dan de waterhoogte bij de 0,3 MA. Het overloopgebied dient binnen 48 uur leeg te kunnen lopen, afhankelijk van het waterpeil van de Kwistbeek. Uitgaande van deze punten en een minimaal verval van 0,5 m (verschil tussen de gemiddelde maaiveldhoogte en de hoogte van de ledigingspijp) moet de leegloopvoorziening een diameter hebben van circa 300 mm. Ter voorkoming van verstopping wordt de leegloopleiding voorzien van een diameter van 500 mm met een schuif die zo wordt ingesteld dat het overloopgebied binnen 48u leeg stroomt.

3.3.1.3 Inzet en aansturing

Het overloopgebied moet in werking treden bij extreme situaties. Het overloopgebied wordt gevuld met water van de overstort die uit de buffer Stogger komt en het teveel aan afvoer uit de AVL van de Kwistbeek.

Om de wateroverlast bij Soeterbeek te beperken is het meest effectief om bij een te hoog waterpeil net bovenstrooms van Soeterbeek de berging in te zetten. Echter, bij kortdurende buien zal een deel van de afvoer het overloopgebied De Baendj al gepasseerd zijn voordat het waterpeil bij Soeterbeek tot calamiteiten kan leiden. Omdat het grootste deel van het overschot uit buffer Stogger komt, is het gewenst ook hier het waterpeil te monitoren en bij een te hoog waterpeil op deze locatie de overloopgebied De baendj in werking te stellen.

De werking van overloopgebied De Baendj wordt gebaseerd op twee meetpunten.

Meetpunt 1: vlak bovenstrooms de stuwconstructie van de buffer Stogger

De buffer vult zich door de stedelijke overstort. De uitstroom wordt beperkt door een stuwconstructie met een onderspuieropening. Wanneer het waterpeil te hoog wordt in de buffer, dan loopt het water over de stuwconstructie heen. Deze stuw heeft een hoogte van 30,1 m +NAP. Het is gewenst om de extra afvoer van de buffer op te vangen in De Baendj. Daarom moet overloopgebied De Baendj in werking treden net voordat het water over gaat storten uit de buffer. Dit is bij een waterpeil op 30,0 m +NAP (gelijk aan een T10-zomersituatie). De volgende acties moeten dan in werking worden gezet:

- Onderspuier Kwistbeek naar schuifopening van 0,12 m en een doorstroombreedte van 2,0 m, waardoor er een debiet van 0,9 m³/s door kan stromen en het waterpeil opgestuwd wordt tot 28,3 m +NAP.

Meetpunt 2: Soeterbeek

Een nieuw meetpunt wordt geplaatst vlak bovenstrooms de duiker onder het gebouw in Soeterbeek, die het waterpeil bij Soeterbeek monitort (zie tabel 3-2). Door te sturen op waterpeil in plaats van op afvoer, wordt risico op inundatie vermeden. Bij een hogere begroeiingsgraad gedurende de zomer zal het waterpeil bij dezelfde afvoer immers verder oplopen als bij een lage begroeiingsgraad.

De berging moet ervoor zorgen dat op tijd water wordt opgevangen zodat een afvoerpiek voor Soeterbeek wordt geborgen. Uit de bergingsanalyse blijkt dat tijdens een T25-situatie bergingsbehoefte is ter voorkoming van problemen bij Soeterbeek. De waterhoogte komt in deze situatie tot maximaal 22,07 m +NAP. Om de piek af te vangen moet de berging eerder worden ingezet. Deze waterhoogte is 21,70 m +NAP. Ook tijdens een T10-situatie wordt de berging dan benut. De inzet is echter van dermate korte duur dat een verhoging van de waterstand geen gevolgen heeft voor de omgeving. Daarnaast bereikt buffer Stogger tijdens een T10-situatie een waterpeil hoger dan 30,0 m +NAP waardoor de berging wordt ingezet.

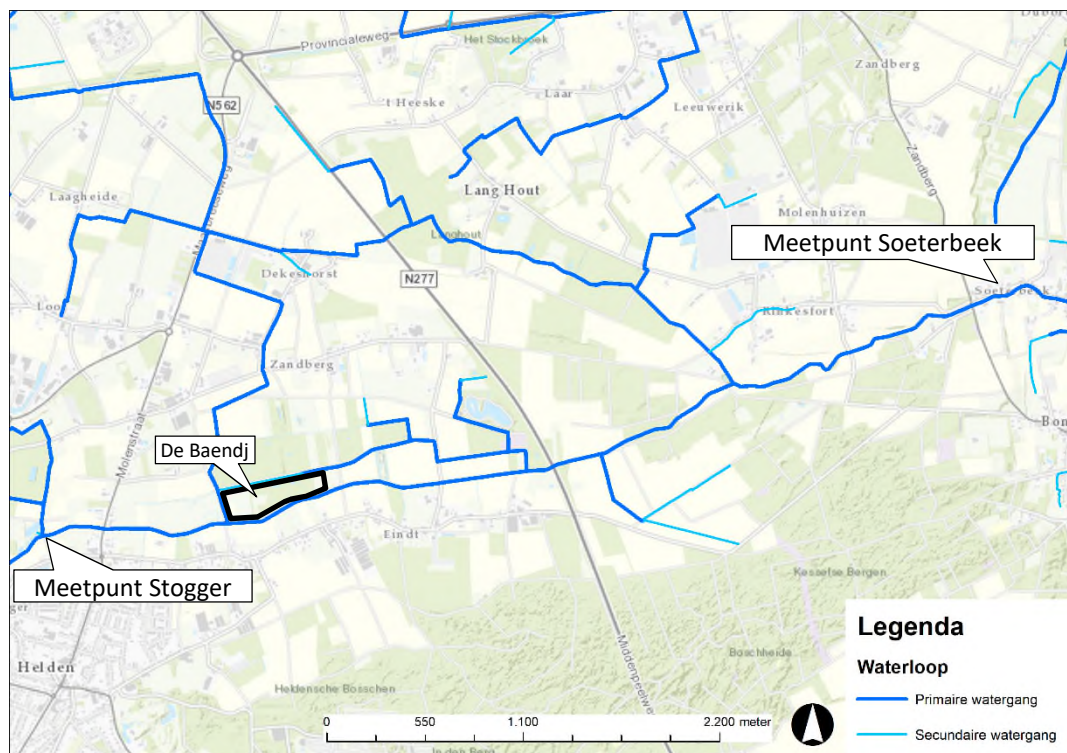
In een volgende fase van uitwerking van het ontwerp kan de inzethoogte nog wijzigen.

Tabel 3-1: Waterpeilen extreme afvoeren ten behoeve van inzet overloopgebied De Baendj. De locatie van de meetpunten is weergegeven in Figuur 3-8.

Meetpunt	Waterpeil start inzet berging (alarmpeil)	Waterpeil einde inzet
Bovenstrooms buffer Stogger	30,0 m +NAP	n.v.t.
Kwistbeek meetstation Soeterbeek	21,7 m +NAP	21,35 m +NAP (onder 100% MA)

Tabel 3-2: Met model berekende waterpeilen (m +NAP) bij verschillende buien, afvoeren en herhalingstijden

Meetlocatie	T10 zomer	T25 zomer	T50 zomer	T100 zomer	T25 winter	T100 winter	T25 worst-case	T100 worst-case
Soeterbeek	21,96	22,07	22,24	22,35	21,70	21,84	22,41	22,70
Stogger	30,08	30,15	30,26	30,23	29,33	29,37	30,15	30,23



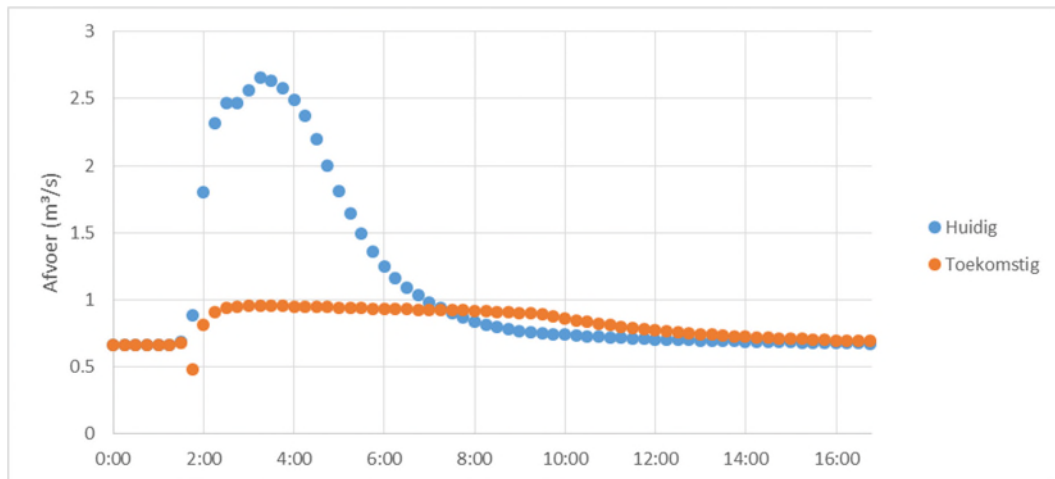
Figuur 3-8: Locatie van de meetpunten.

3.3.1.4 Analyse overloopgebied De Baendj

Voor de T100-worst-case-situatie is met het modelleerprogramma SOBEK berekend wat de hoeveelheid berging is in de Baendj. Deze hoeveelheid berging is bepaald via:

1. de maximale inundatie op het maaiveld (grid); en via
2. het verschil in afvoer vlak benedenstrooms de knijpconstructie.

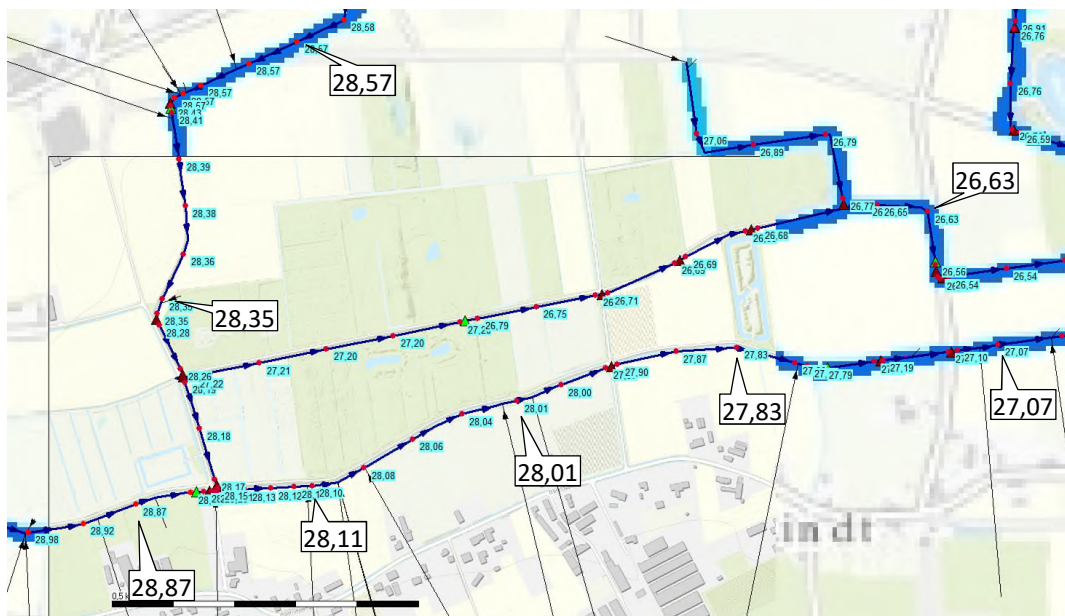
Uit de inundatieanalyse blijkt dat circa 18.000 m³ wordt geborgen in bij een T100-worst-case-situatie. Het verschil in afvoer benedenstrooms bedraagt ongeveer 19.000 m³. Het verschil in berekende berging tussen de twee methoden is te verklaren doordat meer water wordt vastgehouden in de beek zelf door opstuwing en de plasdraszone.



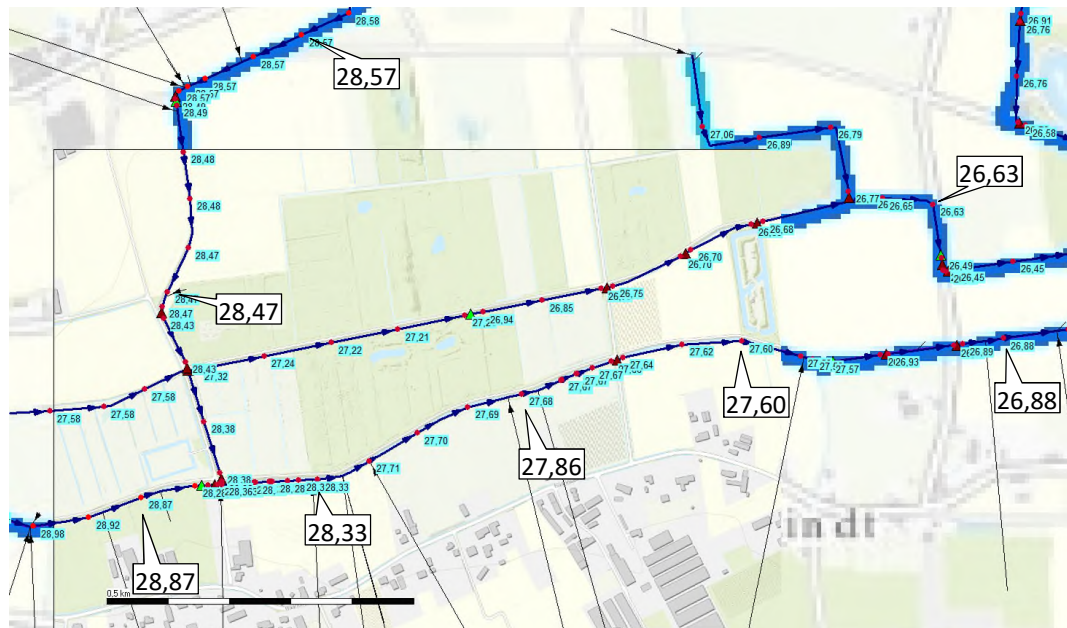
Figuur 3-9: Afvoer gemeten vlak benedenstrooms de knijpconstructie bij een T100-worst-case-situatie in de huidige (zonder knijpconstructie) en toekomstige situatie.

Verhoging waterstanden bovenstrooms knijpvoorziening

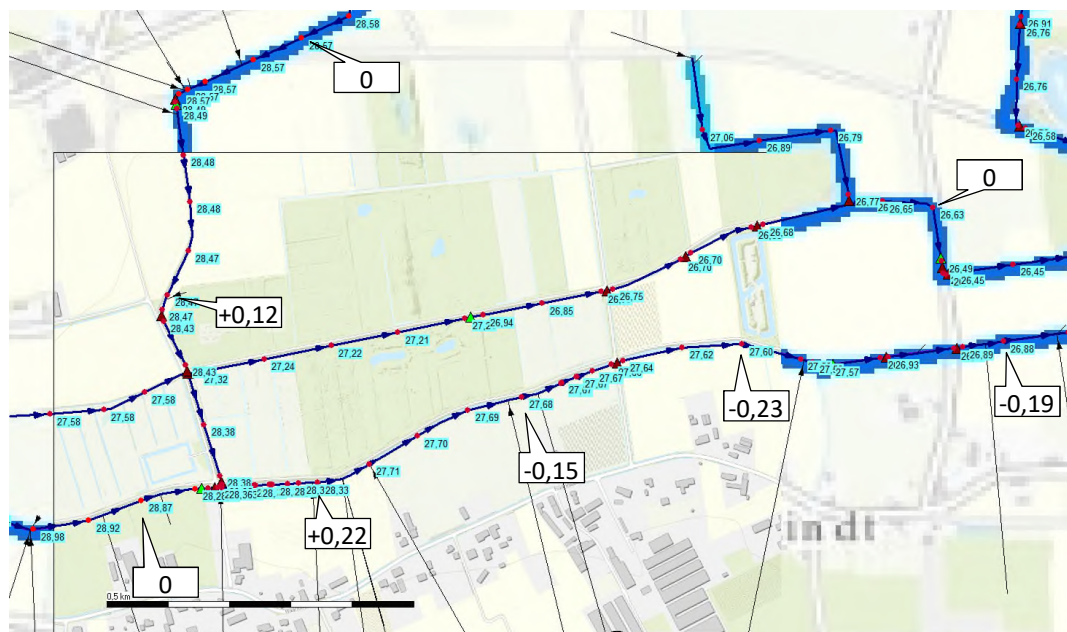
In Figuur 3-11 is de maximale waterstand weergegeven bij een T100-worst-case-situatie. Hierin is te zien dat in de toekomstige situatie bij inzet van de berging de waterstand bovenstrooms de knijpconstructie toeneemt met maximaal 22 cm. De verhoging van de waterstand werkt door tot de bovenstrooms gelegen stuwen in de AVL en de Kwistbeek. De effecten van deze verhoging zijn opgenomen in paragraaf 3.4.



Figuur 3-10: Maximale waterstanden bij een extreme neerslagsituatie (T100 winterafvoer met zomerbui) bij de huidige situatie rondom overlooppgebied De Baendj.



Figuur 3-11: Maximale waterstanden bij een extreme neerslagsituatie (T100 winterafvoer met zomerbui) bij de toekomstige situatie rondom overloopgebied De Baendj.



Figuur 3-12: Verschil in waterstanden bij een extreme neerslagsituatie (T100 winterafvoer met zomerbui) tussen de huidige en de toekomstige situatie rondom overloopgebied De Baendj.

3.3.2 Aanpassingen profiel Kwistbeek

Benedenstrooms de aansluiting van de AVL wordt een plasdraszone aangelegd met een breedte van circa 2 m. Deze plasdraszone krijgt een gemiddelde bodemhoogte van de peilen van de benedenstrooms gelegen stuwen. De hoogte fluctueert tussen 20 cm boven het peil en 20 cm onder het peil. Hierdoor zullen sommige delen meer inunderen en andere delen droger zijn, waardoor een dynamische strook, inclusief gevarieerde vegetatie ontstaat. Deze strook is als zodanig berekend.

Stroomsnelheid

De stroomsnelheden in de toekomstige situatie zijn weergegeven in Figuur 3-13 t/m Figuur 3-16. Te zien is dat de plasdraszone nauwelijks tot geen effect heeft op de stroomsnelheid. Dit is te verklaren door de gestuwde aard van dit deel van de beek.



Figuur 3-13: stroomsnelheid in de bovenloop in de huidige situatie bij een Q30-zomerafvoer in de bovenloop



Figuur 3-14: stroomsnelheid in de bovenloop in de toekomstige situatie bij een Q30-zomerafvoer in de bovenloop



Figuur 3-15: stroomsnelheid in de bovenloop in de huidige situatie bij een Q50-zomerafvoer in de bovenloop



Figuur 3-16: stroomsnelheid in de bovenloop in de toekomstige situatie bij een Q50-zomerafvoer in de bovenloop

Waterhoogte

Doordat het systeem een gestuurd systeem blijft en er naast de toevoeging van de plasdraszone niets wijzigt aan de normale situaties zijn er geen verschillen in waterstanden tussen de huidige en toekomstige situatie tijdens normale situaties. Bij inzet van de berging, vanaf een T10-zomersituatie, wordt in de toekomstige situatie de berging ingezet waardoor het water opstuwt. In Tabel 3-3 en Tabel 3-4 zijn de waterstanden weergegeven voor de huidige (H) en toekomstige situatie (T) en het verschil (V) voor vijf punten in de bovenloop (Figuur 3-17). Te zien is dat bij inzet van de berging bovenstrooms de knijpvoorziening de waterhoogte toeneemt, en benedenstrooms de knijpvoorziening afneemt.



Figuur 3-17: Overzicht van de locaties waarvoor de waterstanden van de huidige en toekomstige situatie zijn weergegeven in Tabel 3-3 en Tabel 3-4.

Tabel 3-3: Waterstanden (m +NAP) in de huidige en toekomstige situatie voor verschillende locaties bij de bovenloop voor verschillende herhalingstijden en buien in de zomer.

Locatie	Zomer											
	T10			T25			T50			T100		
	H	T	V	H	T	V	H	T	V	H	T	V
1.	28,35	28,34	-0,01	28,45	28,43	-0,02	28,53	28,53	0,00	28,56	28,56	0,00
2.	26,95	26,96	+0,01	26,99	26,99	0,00	27,03	27,03	0,00	27,10	27,10	0,00
3.	30,07	30,07	0,00	30,14	30,14	0,00	30,25	30,25	0,00	30,23	30,23	0,00
4.	27,93	28,30	+0,37	27,99	28,30	+0,31	28,06	28,32	+0,26	28,07	28,32	+0,25
5.	27,90	27,75	-0,15	27,96	27,86	-0,10	28,03	27,94	-0,09	28,04	27,99	-0,05
6.	26,21	25,15	-0,06	26,29	26,31	+0,02	26,38	26,38	0,00	26,41	26,47	+0,06

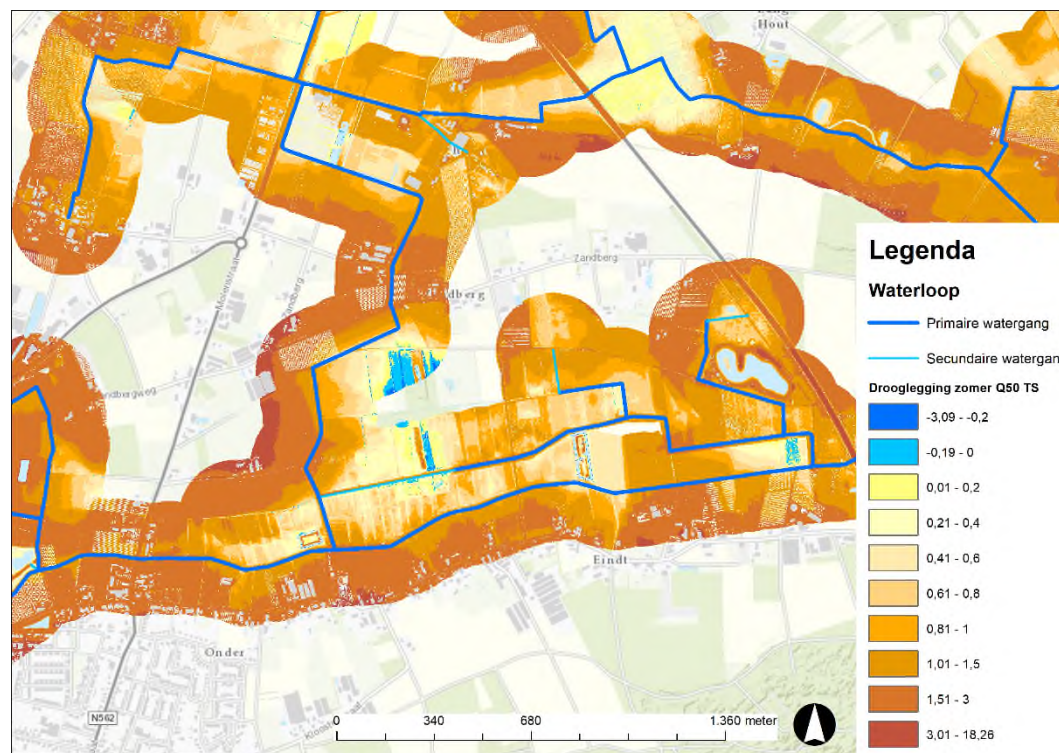
Tabel 3-4: Waterstanden(m +NAP) in de huidige en toekomstige situatie voor verschillende locaties bij de bovenloop voor verschillende herhalingstijden en buien.

Locatie	Worst-case					
	T25			T100		
	H	T	V	H	T	V
1.	28,55	28,47	-0,08	28,57	28,57	0,00
2.	27,04	27,03	-0,01	27,12	27,12	0,00
3.	30,14	30,14	0,00	30,23	30,23	0,00
4.	27,98	28,32	+0,34	28,10	28,36	+0,26
5.	27,96	27,67	-0,29	28,08	27,71	-0,37
6.	26,34	26,28	-0,06	26,45	26,36	-0,09

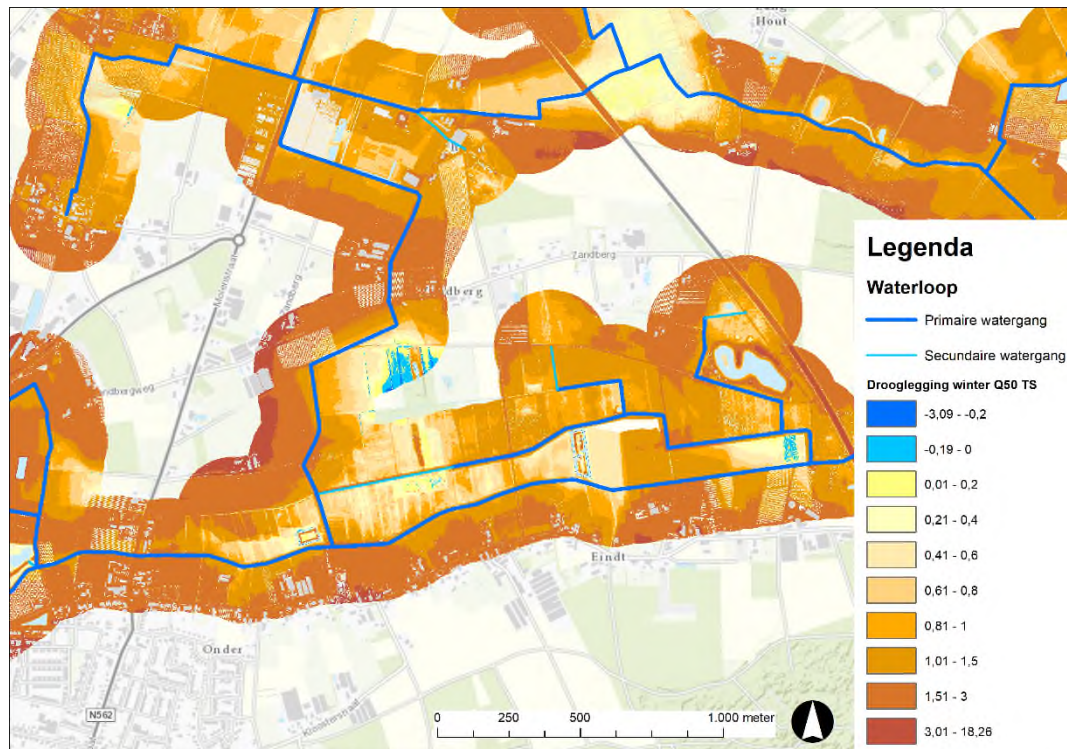
Locatie	Zomer						Winter					
	Q30			Q50			Q30			Q50		
	H	T	V	H	T	V	H	T	V	H	T	V
1.	27,80	27,83	0,03	27,88	27,85	-0,03	27,82	27,78	-0,04	27,84	27,78	-0,06
2.	26,65	26,66	0,01	26,69	26,69	0,00	26,66	26,61	-0,05	26,71	26,65	-0,06
3.	29,01	29,01	0,00	29,06	29,06	0,00	29,00	29,01	+0,01	29,05	29,05	0,00
4.	27,24	27,24	0,00	27,27	27,27	0,00	27,26	27,25	-0,01	27,29	27,27	-0,02
5.	27,24	27,24	0,00	27,27	27,27	0,00	27,26	27,25	-0,01	27,28	27,27	-0,01
6.	25,38	25,38	0,00	25,45	25,44	-0,01	25,40	25,37	-0,03	25,46	25,45	-0,01

Drooglegging

Doordat de peilen niet wijzigen blijft de winter- en zomerdrooglegging in de toekomstige gelijk met de huidige situatie (zie Figuur 3-18 en Figuur 3-19).

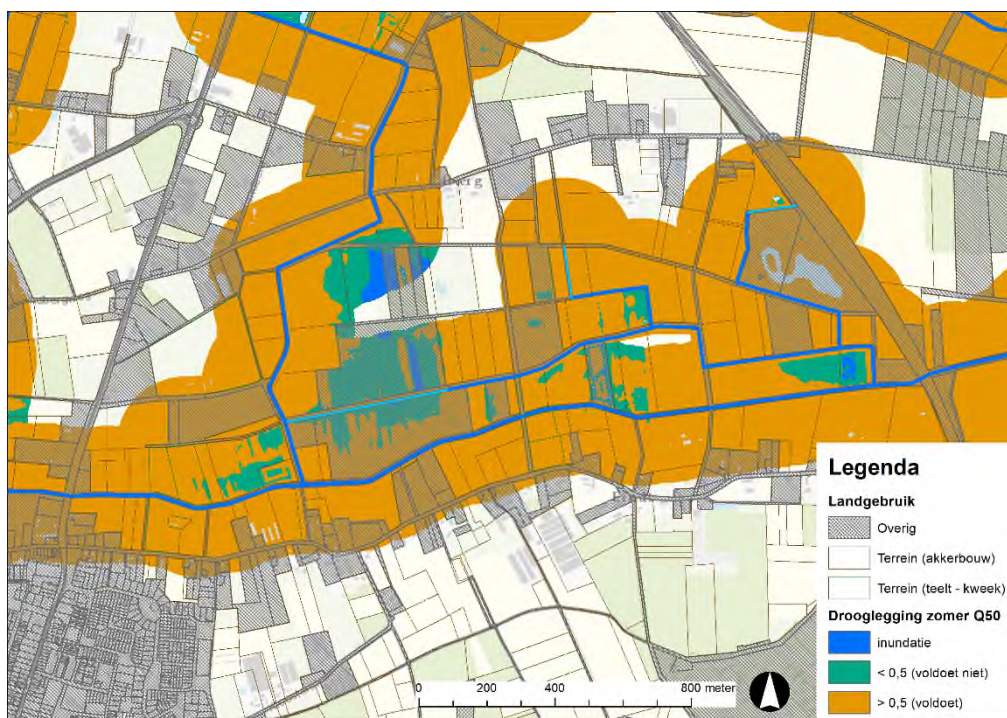


Figuur 3-18: Drooglegging in de huidige en toekomstige situatie bij de Q50 zomersituatie.

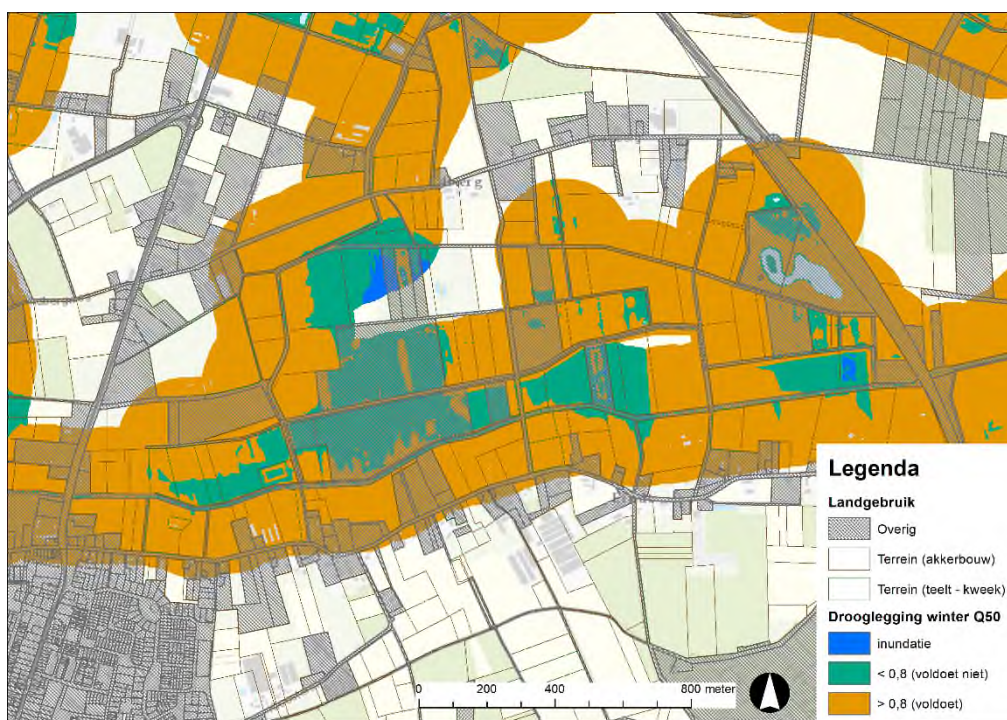


Figuur 3-19: Drooglegging in de huidige en toekomstige situatie bij de Q50 wintersituatie.

De drooglegging is getoetst aan de hand van de droogleggingsnormen gesteld door het waterschap. De toetsing vindt plaats op de 50% maatgevende afvoer. Langs de Kwistbeek komt naast natuur (bos) vooral bouwland en tuinbouw voor die dezelfde toetswaarden hebben voor de drooglegging. In de zomersituatie is dit een drooglegging van 50 cm-mv en in de wintersituatie een drooglegging van 80 cm-mv. Doordat de peilen in de toekomstige situatie niet veranderen is er geen verslechtering van de huidige situatie. Een aantal percelen voldoen niet aan de drooglegging (zie Figuur 3-20 en Figuur 3-21). Deze percelen zijn echter veelal in gebruik als natuur, waar deze in de kadastrale gegevens als landbouwgrond zijn gegeven.



Figuur 3-20: Drooglegging tijdens de zomersituatie voor de huidige en toekomstige situatie, doordat de peilen in de zomer gelijk blijven wijzigt de drooglegging in de bovenloop niet.



Figuur 3-21: Drooglegging tijdens de wintersituatie voor de huidige en toekomstige situatie, doordat de peilen in de winter gelijk blijven wijzigt de drooglegging in de bovenloop niet.

3.4 Effecten op de omgeving in de bovenloop

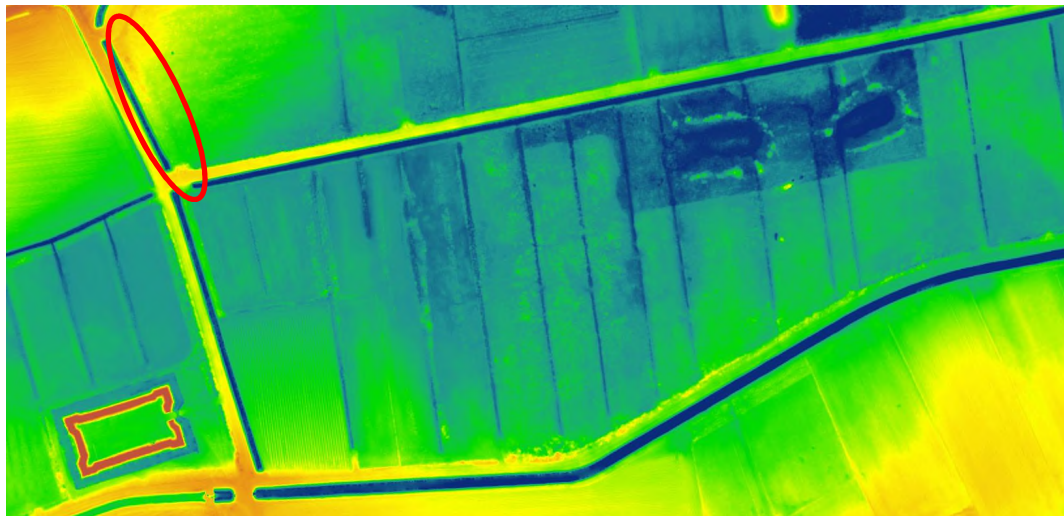
Enkel de aanleg van de overloopgebied de Baendj heeft effect op de omgeving. De realisatie van de plasdraszone en de verflauwde oever hebben geen effect op de omgeving.

Doordat de inzet van de berging slechts gemiddeld één keer in de tien jaar plaatsvindt en de duur van de verhoogde waterstanden slechts één tot twee dagen duren zijn er geen effecten op de omliggende percelen via bijvoorbeeld grondwaterstromen. Deze stromen hebben een langere duur van extreme omstandigheden nodig om merkbaar te worden in het grondwatersysteem. Daarnaast ligt tussen de noordelijk gelegen percelen en de overloopgebied De Baendj de waterloop De Broekbemt, die bij een eventueel verhoogde grondwaterstand het extra water kan blijven afvoeren.

Door opstuwing binnen de Kwistbeek en de AVL zijn vlak bovenstrooms de knijpconstructie tot aan de bovenstrooms gelegen stuwen hogere waterstanden bij inzet van de berging. Dit zijn zeer korte delen van de beken door de aanwezigheid van stuwen, waardoor er geen effecten zijn op de afstroming bovenstrooms van de stuwen en op de omgeving. Langs de linkeroever van de AVL is een inundatierisico doordat bij inzet van de berging de waterstand daar hoger wordt dan het aanliggende maaiveld. Hiervoor zijn mitigerende maatregelen vereist. De overige gebieden liggen ruim hoger dan de waterstand in de Kwistbeek bij een extreme situatie.

3.5 Mitigerende maatregelen bovenloop

Op basis van de effecten op de omgeving is het nodig om langs de aanvoerleiding de linkeroever te verhogen. Deze oever heeft op het laagste punt een hoogte van 28,40 m +NAP, waardoor het gebied bovenstrooms kan inunderen bij inzet van de berging bij een T100-worst-case-scenario (zie Figuur 3-22). Deze oever moet worden verhoogd tot ten minste 28,50 m +NAP om inundatie te voorkomen. Dit zorgt er eveneens voor dat water in de berging wordt opgevangen en niet naar andere gebieden, ten noorden van de berging loopt, ondanks dat deze geen formele norm hebben en daardoor mogen inunderen.



Figuur 3-22: Gedeelte van de linkeroever van de AVL waar een verhoogd onderhoudspad moet worden gerealiseerd ter voorkoming van inundatie bij een T100-worst-case-situatie.

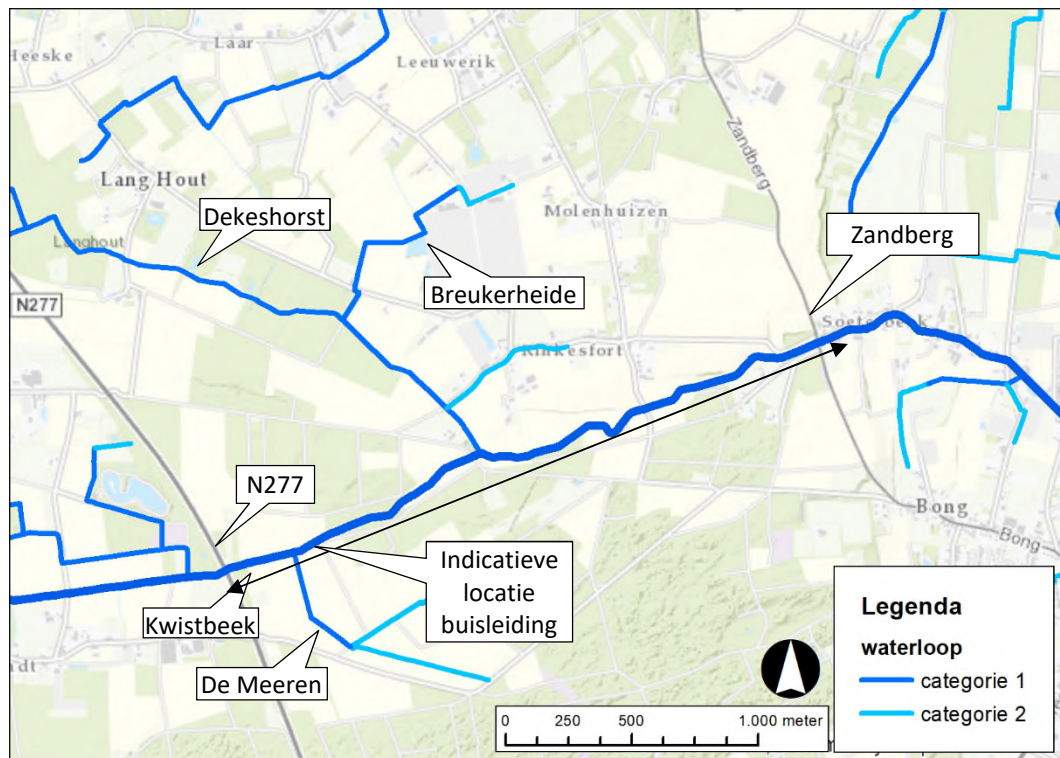
3.6 Normering Regionale Wateroverlast

In de figuur met de normering in paragraaf 2.4 is te zien dat het aanliggende maaiveld in dit gedeelte van de Kwistbeek een normering heeft van maximaal 1:25j. Doordat geen inundatie plaatsvindt bij een T100-worst-case-scenario met mitigerende maatregelen voldoet het ontwerp aan de normering. Daarnaast voldoet één punt bovenstrooms van de Dekeshorst niet aan de norm (zie Figuur 2-9). Bij de herinrichting van de Kwistbeek treden hier geen wijzigingen op. Het oplossen van het knelpunt ligt buiten de scope van dit project.

4 De middenloop

4.1 Watersysteembeschrijving Middenloop

De middenloop van de Kwistbeek loopt grofweg vanaf de Middenpeelweg (N277) tot aan de Zandberg bij Soeterbeek. In dit gedeelte van de Kwistbeek monden de zijwatergangen de Meeren en de Dekeshorst uit.



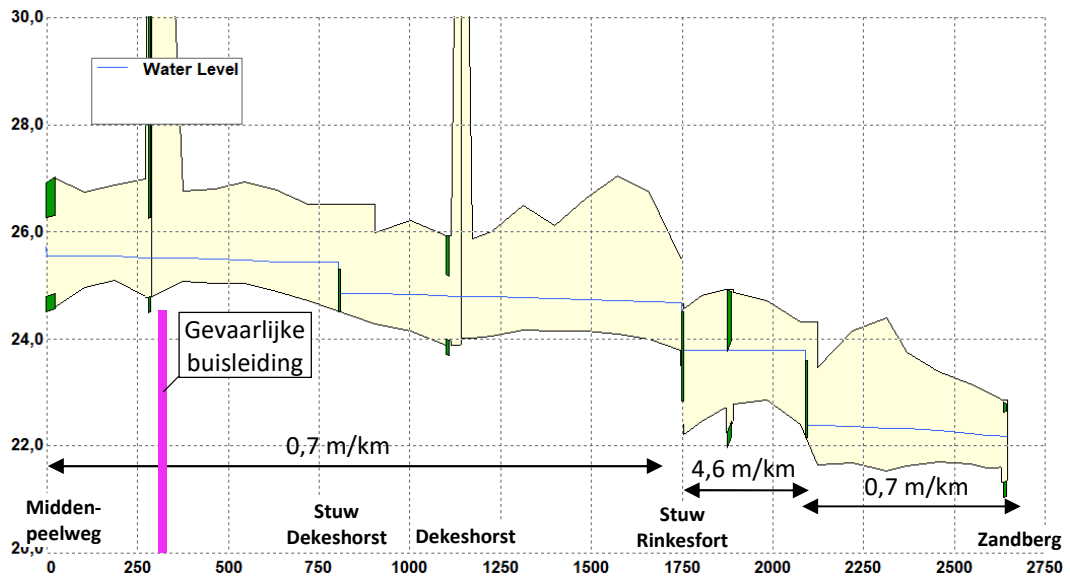
Figuur 4-1: Overzicht van de middenloop van de Kwistbeek met de aansluiting van de Dekeshorst op de Kwistbeek en het gedeelte bij Soeterbeek.

Ongeveer 300 m benedenstrooms van de Middenpeelweg (N277) is een leiding met gevaarlijke stoffen aanwezig. Voor deze locatie geldt dat er geen graafwerkzaamheden in een zone van 5 m aan weersijden van de leiding plaats mogen vinden.

Oppervlaktewatersysteem

In de huidige situatie is de middenloop van de Kwistbeek tussen de Middenpeelweg (N277) en de weg Zandberg gestuwd door drie beweegbare stuwen. Benedenstrooms van de Zandberg is een bodemval aanwezig die ook voor opstuwung van het peil zorgt. Deze stuwen zijn aanwezig omdat het bodemverval over dit traject groot is, ongeveer 4 m over een afstand van 2.700 m (zie Figuur 4-2).

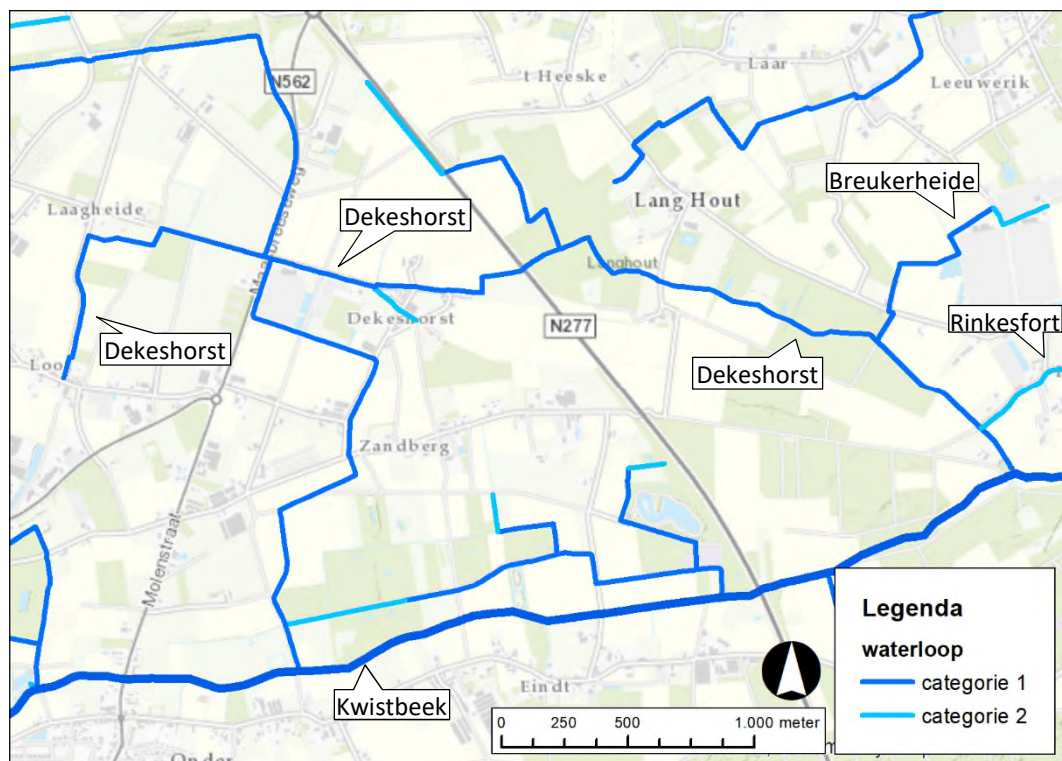
De drie stuwen zorgen ervoor dat het verval over het beektraject in stappen gebeurt. Hierdoor blijft de stroomsnelheid beperkt. Bovendien is het dwarsprofiel van de beek breed en diep ingesneden met steile oevers. In dit traject wordt in de huidige situatie water achter de stuwen vastgehouden waardoor de beek dankzij de wateraanvoer niet droogvalt.



Figuur 4-2: Lengteprofiel van Middenpeelweg (N277) tot aan Zandberg in de huidige situatie.

4.2 Watersysteembeschrijving Dekeshorst

De Dekeshorst is een zijwatergang van de Kwistbeek en ontspringt ten noorden van de Kwistbeek nabij omgeving Loo (zie Figuur 4-3). De watergang loopt via Laagheide en Dekeshorst onder de Middenpeelweg (N277) en mondt vlak voor Rinkesfort uit in de Kwistbeek.



Figuur 4-3: Overzicht van de waterloop de Dekeshorst.

Oppervlaktewatersysteem

De Dekeshorst heeft vanaf het ontspringen tot aan de monding in de Kwistbeek een lengte van circa 5 km. Het verhang neemt af van 2 m/km bij de oorsprong tot 1 m/km bij de monding in de Kwistbeek. De Dekeshorst wordt gestuwd met vier beweegbare stuwen.

4.3 Doelstellingen middenloop

In het kader van de kaderrichtlijn Water (KRW) heeft het waterschap een opgave om de chemische en ecologische kwaliteit van het oppervlaktewater te verbeteren. Bij de herinrichting van de Kwistbeek wordt hier invulling aan te geven. Kwaliteitsverbetering kan worden gerealiseerd door water continu te laten stromen, variatie in stroming te creëren en ruimte te bieden aan oevervegetatie. Samenvattend komt het er op neer dat gestreefd wordt naar een zo natuurlijk mogelijk systeem. Uitgaande van een zo natuurlijk mogelijk systeem resulteert dit in de volgende doelstellingenvoor de Kwistbeek ter hoogte van de middenloop:

- Het streven is de beekloop in te richten conform het KRW-type R5;
- De natuurlijke inrichting van de middenloop, wordt uitgevoerd middels een beekdalbrede benadering op basis van vrijwillige grondverwerving, waarbij effecten op aangrenzende functies acceptabel dienen te zijn;
- De beekloop dient ongestuwd te zijn, mits de effecten op de omgeving acceptabel zijn;
- Het sedimentatieproces moet worden gestimuleerd door afwisseling in het profiel;
- Het verhang dient bij een Q30 tot Q100 afvoer idealiter <1,5m/km te zijn;
- De stroomsnelheid dient bij een Q30 tot Q100 afvoer idealiter tussen de 0,1-0,5 m/s te zijn;
- De waterdiepte dient bij een Q30-Q100 afvoer idealiter tussen de 0,2-0,7 m te zijn;
- Het gewenste profiel is een accoladeprofiel, bestaande uit een zomer en winterbed of een profiel met éénzijdig een verflauwde oever;
- Het ontwerp moet voldoen aan de Normering Regionale Wateroverlast rekening houdend met klimaat 2050.

Naast natuurlijke inrichting van de middenloop is de doelstellingen om in het beekdal waterberging te voorzien. Uitgangspunten voor waterberging in de middenloop zijn de volgende:

- De waterberging dient voorzien te zijn in het beekdal, waarbij aangrenzende percelen niet inunderen;
- Water dient vast gehouden te worden bij pieksituaties om Soeterbeek en de benedenloop te ontlasten;
- De hoeveelheid berging moet in de orde grootte van 20.000 m³ zijn;
- De berging dient bovenstrooms van de stuw Rinkesfort gerealiseerd te worden, met inzet van de stuw;
- In de Dekeshorst mag geen inundatie ontstaan tijdens inzet van de berging in het beekdal.

4.4 Voorontwerp Dekeshorst

Ter hoogte van de Dekeshorst zijn aanpassingen voorzien in de zijtak Breukerheide, waar in de huidige situatie wateroverlast optreedt (zie paragraaf 2.4). Om de wateroverlast te verminderen zijn een aantal ingrepen voorzien. De duiker tussen de Breukerheide en de sloot langs het noordelijk gelegen perceel wordt voorzien van een terugslagklep waardoor wordt voorkomen dat het overtollige water naar de perceelsloot stroomt (zie Figuur 4-4). Daarnaast wordt een

verhoogde onderhoudskade aangelegd tussen het noordelijk gelegen perceel en de Breukerheide. Op deze manier kan water vanaf het Kassencomplex niet naar het lager gelegen noordelijke perceel stromen.



Figuur 4-4: Toekomstige inrichting Breukerheide bij Vlasrooth.

4.5 Voorontwerp middenloop Kwistbeek, natuurlijke herinrichting

4.5.1 Aanpassingen profiel Kwistbeek

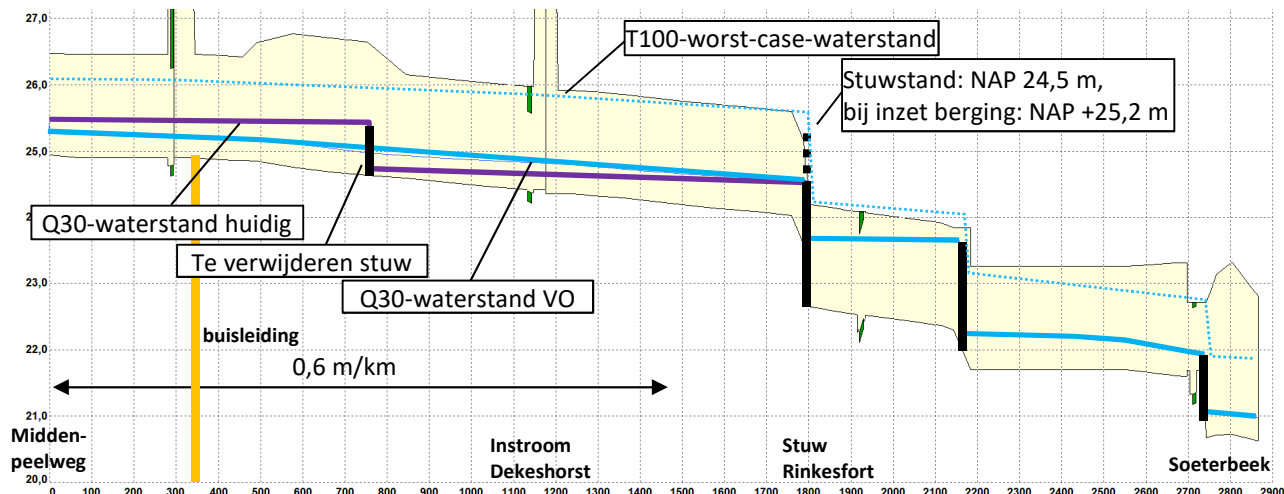
Vanuit de KRW zijn inrichtingsdoelen gesteld betreffende natuurlijke herinrichting (onder andere op gebied van doorstroming en ecologie).

Onder andere is gesteld dat de Kwistbeek, ingegeven door de Kaderrichtlijn water (KRW) zo lang mogelijk stromend water moet bevatten en dat het habitat voor vissen moet verbeteren. In de huidige situatie is er in de Kwistbeek op een groot aantal plaatsen een stuw of bodemval aanwezig, die vismigratie belemmeren. Het grootste obstakel is molen Baarlo, maar ook de diverse bodemvallen en overige stuwen die het verval verdelen zijn niet vispasseerbaar. Vispassage over de hele Kwistbeek is daardoor geen reële optie. Wel zijn er mogelijkheden voor pandverruiming, waardoor de aanwezige vissen een groter leefgebied krijgen. Voor de middenloop geldt dat het gezien het bodemverhang haalbaar is om de stuw in de Kwistbeek bovenstrooms van de locatie waar de Dekeshorst in de Kwistbeek uitkomt te verwijderen en het beekprofiel ecologisch in te richten. Een deel van de Kwistbeek krijgt een profiel met een bodembreedte van 1,5 á 2,0 m en aan de ene zijde een steil talud van gemiddeld 1 op 1,5 en aan de andere zijde een talud dat varieert tussen 1 op 6 en 1 op 10 (gemiddeld 1 op 8, zie Figuur 4-6). Een ander deel krijgt een plasdraszone met een breedte van 3 m en taluds van 1 op 1,5. Onderhoud vindt plaats vanaf een pad binnen het beekdal dat in ieder geval tot de waterpeilen bij 30% van de maatgevende afvoer (MA) droog blijft. De breedte van het profiel varieert afhankelijk van de beschikbare gronden. In de zone rondom de buisleiding waar graven niet is toegestaan blijft het huidige profiel gehandhaafd.

Door de bodembreedte aan te passen en het bodemverhang aan te passen (zie Figuur 4-6), wordt het verval opgevangen. Hierbij is de stuw bovenstrooms van de instroom van de Dekeshorst in de Kwistbeek verwijderd en is het bodemverhang aangepast over het traject van de Middenpeelweg tot de stuw bovenstrooms Rinkesfort van 0,7 m/km naar 0,6 m/km. Dit profiel sluit aan bij de zone met de buisleiding waar niet gegraven mag worden. Hierdoor neemt de waterhoogte bovenstrooms de te verwijderen stuw af, en benedenstrooms toe. De effecten hiervan zijn omschreven in paragraaf 4.6.1.



Figuur 4-5: Ontwerp dwarsprofiel middenloop



Figuur 4-6: VO-ontwerp met de Q30-zomerwaterstand in de huidige en toekomstige situatie en de T100-worst-case-waterstand in de toekomstige situatie bij inzet van de berging.

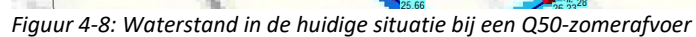
Door profiel- en bodemaanpassing is getracht de veranderingen van de waterdiepte te beperken. In Figuur 4-6 is het verloop van het waterpeil bij 30% MA voor de huidige situatie en het VO weergegeven. Vanaf stuw Rinkesfort tot aan Soeterbeek is het lengteprofiel gelijk aan de huidige situatie. Bovenstrooms is op verschillende plekken de beek door extra meandering langer geworden. De lengteprofielen lopen daardoor niet gelijk op, maar zijn wel gelijk vanaf de stuw bovenstrooms Rinkesfort.

Stroomsnelheid

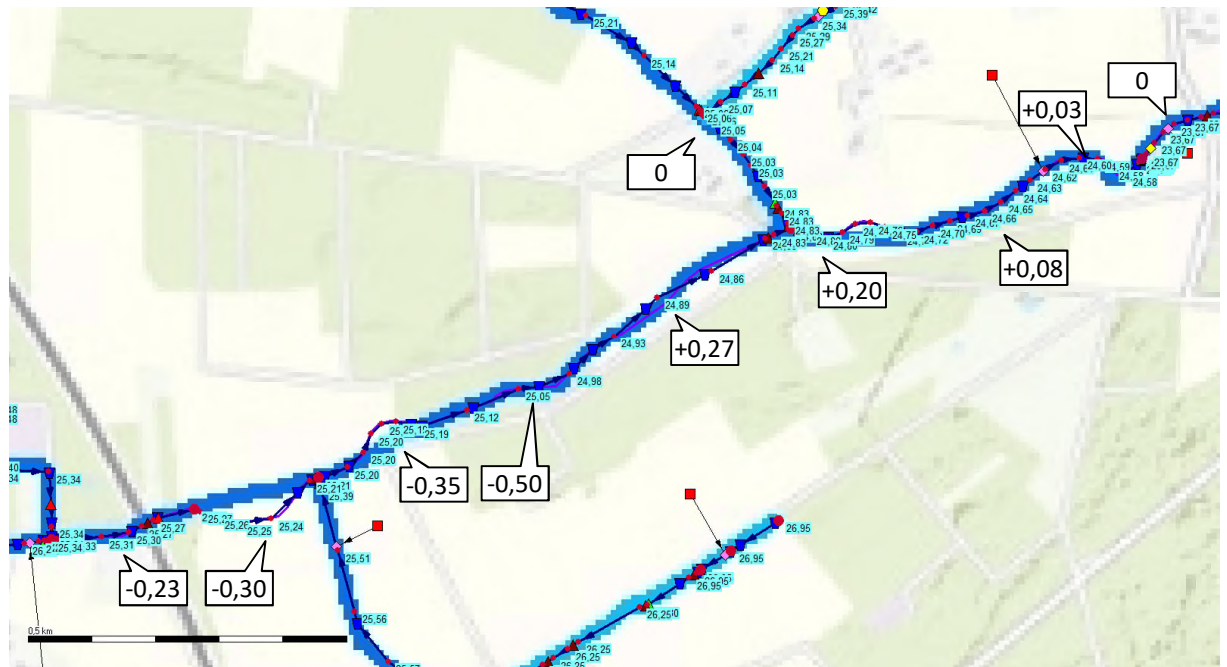
Door het verwijderen van de stuw bovenstrooms de instroom Dekeshorst en het versmallen van het profiel neemt de stroomsnelheid in de toekomstige situatie toe ten opzichte van de huidige situatie.

Waterstand

De waterstand neemt vooral bovenstrooms van de te verwijderen stuw af, en benedenstrooms daarvan toe. De effecten van deze veranderingen zijn opgenomen in paragraaf 4.6.1. Het waterstandverloop is tussen de Middenpeelweg en Rinkesfort min of meer lineair (zie ook het lengteprofiel in Figuur 4-6). Indien de berging wordt ingezet zal bovenstrooms van de berging de waterstand stijgen. Hierdoor zal ook in de Dekeshorst de waterstand oplopen. Deze doorwerking bedraagt circa 13 cm bij een T100-worst-case-scenario en loopt door tot aan de stuw bovenstrooms van de instroom van de Breukerheide. De opstuwing heeft geen inundatie tot gevolg in het dal van de Dekeshorst en de afvoer vanaf de Breukerheide en Rinkesfort wordt niet belemmerd.







Figuur 4-11: Verschil in waterstand tussen de huidige en toekomstige situatie bij een Q30-zomerafvoer



Figuur 4-12: Verschil in waterstand tussen de huidige en toekomstige situatie bij een Q50-zomerafvoer

Waterdiepte

De waterdiepte neemt bovenstrooms van de te verwijderen stuw af en benedenstrooms toe. De waterdiepte wordt in de toekomstige situatie redelijk constant met circa 0,4 m bij een Q30-zomersituatie en circa 0,55 m bij een Q50-zomersituatie.



Figuur 4-13: Waterdiepte in de huidige situatie bij een Q30-zomerafvoer



Figuur 4-14: Waterdiepte in de huidige situatie bij een Q50-zomerafvoer



Figuur 4-15: Waterdiepte in de toekomstige situatie bij een Q30-zomerafvoer



Figuur 4-16: Waterdiepte in de toekomstige situatie bij een Q50-zomerafvoer



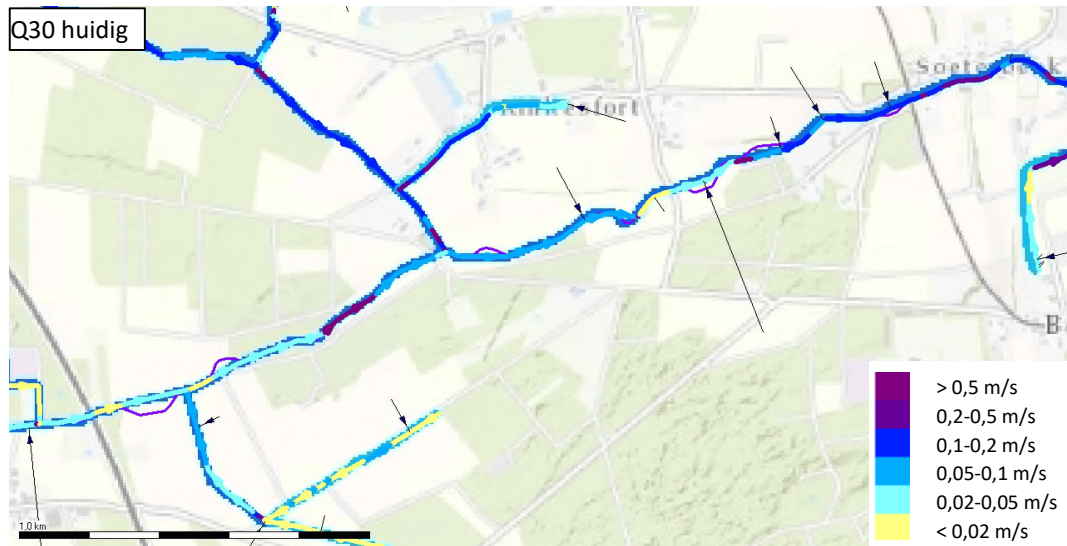
Figuur 4-17: verschil tussen de huidige en toekomstige situatie in waterdiepte bij een Q30-zomerafvoer



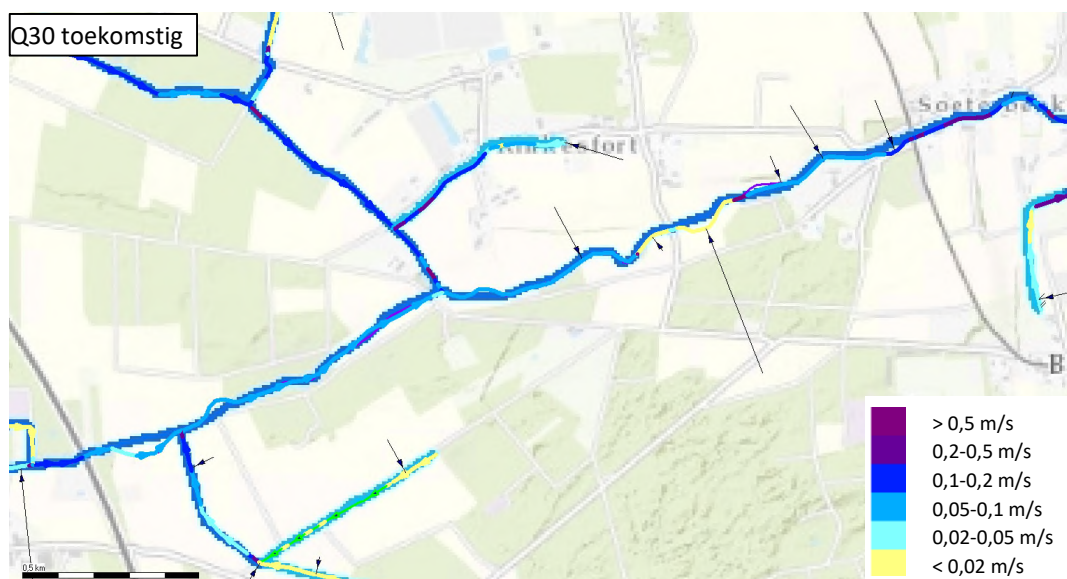
Figuur 4-18: verschil tussen de huidige en toekomstige in waterdiepte bij een Q50-zomerafvoer

Stroomsnelheid

De stroomsnelheid in het bovenstroomse deel van de middenloop neemt toe bij zowel de Q30- als de Q50-zomerafvoer. In de zomersituatie bedraagt bij een Q30-afvoer de stroomsnelheid circa 0,05-0,10 m/s, bij een Q50-afvoer 0,05-0,2 m/s.



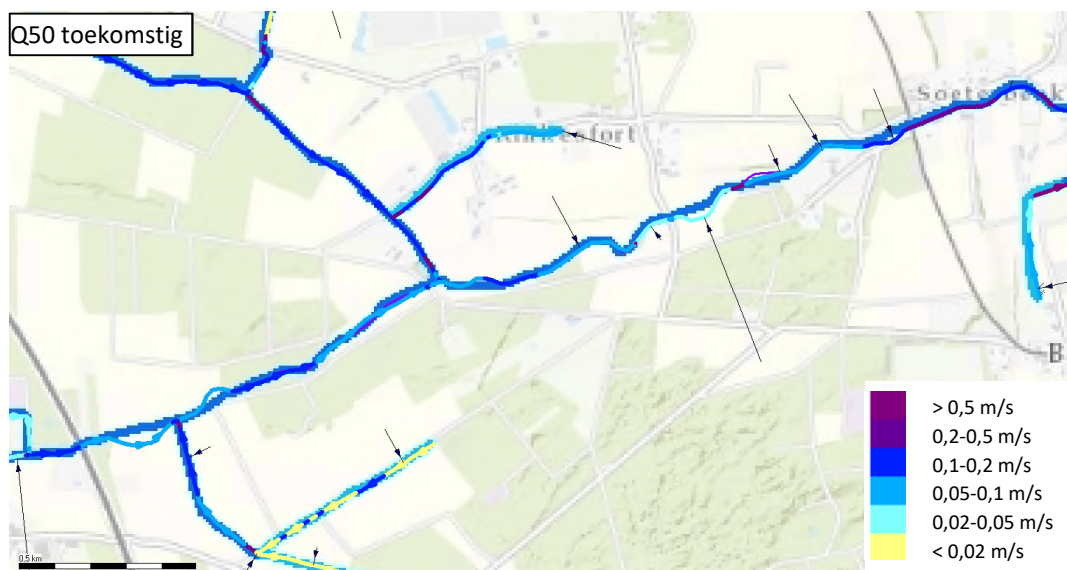
Figuur 4-19: stroomsnelheid in de middenloop in de huidige situatie bij een Q30-zomerafvoer in de middenloop.



Figuur 4-20: stroomsnelheid in de middenloop in de toekomstige situatie bij een Q30-zomerafvoer in de middenloop.

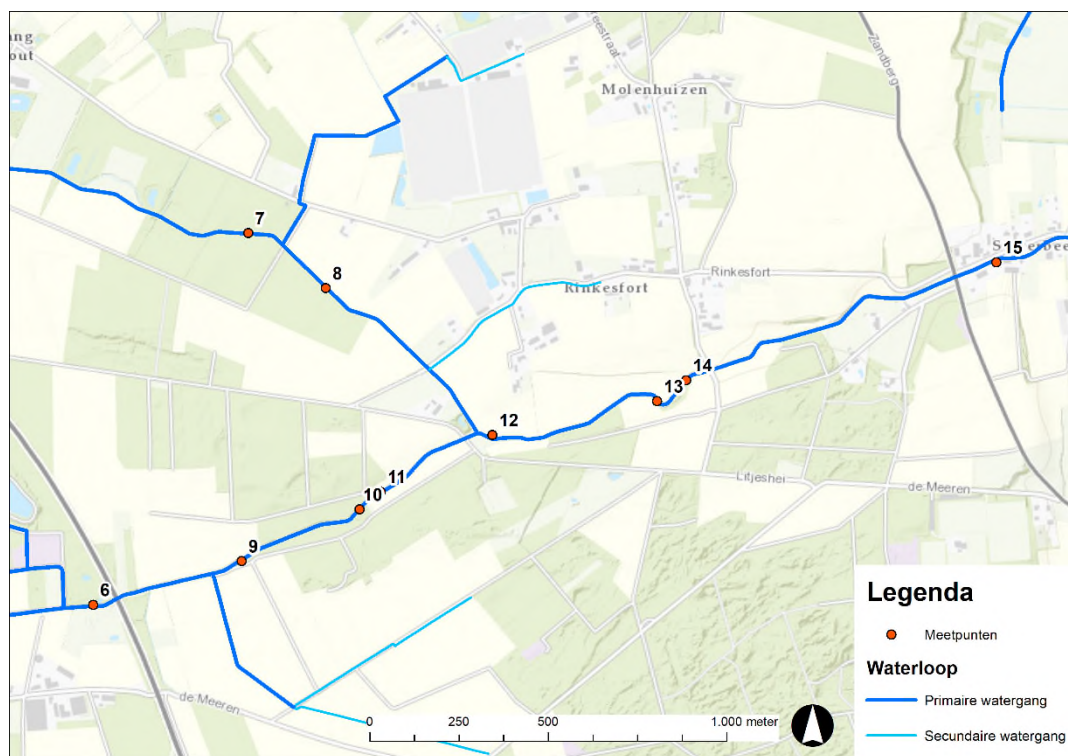


Figuur 4-21: stroomsnelheid in de middenloop in de huidige situatie bij een Q50-zomerafvoer in de middenloop.



Figuur 4-22: stroomsnelheid in de middenloop in de toekomstige situatie bij een Q50-zomerafvoer in de middenloop.

Voor een aantal locaties in de middenloop zijn de waterhoogtes voor de verschillende situaties weergegeven in Tabel 4-1 en Tabel 4-2. De locaties van de punten zijn weergegeven in Figuur 4-23. Bij deze waterhoogtes is de inzet van de berging meegenomen, waardoor de waterstand bovenstrooms van stuw Rinkesfort flink verhoogt en benedenstrooms flink verlaagt. Dit verschil zal zich voordoen bij situaties die één maal in de tien jaar voorkomen (T10 in de zomer) en bij nog extremere situaties zoals de worst-case scenario's.



Figuur 4-23: Locaties van de meetpunten waarvoor de verschillende waterhoogtes zijn gegeven.

Tabel 4-1: Waterstanden in de huidige en toekomstige situatie voor verschillende locaties bij de bovenloop voor verschillende herhalingstijden en buien in de zomer.

Locatie	Zomer											
	T10			T25			T50			T100		
	H	T	V	H	T	V	H	T	V	H	T	V
6.	26,21	25,15	-0,06	26,29	26,31	+0,02	26,38	26,38	0,00	26,41	26,47	+0,06
7.	25,83	25,83	0,00	25,86	25,86	0,00	25,91	25,91	0,00	25,98	25,97	-0,01
8.	25,60	25,60	0,00	25,64	25,63	-0,01	25,71	25,69	-0,02	25,77	25,76	-0,01
9.	26,00	26,07	+0,07	26,05	26,17	+0,12	26,12	26,25	+0,13	26,15	26,29	+0,14
10.	25,75	25,78	+0,03	25,79	25,84	+0,05	25,84	25,90	+0,06	25,86	25,98	+0,12
11.	25,46	25,70	+0,24	25,54	25,77	+0,23	25,64	25,85	+0,21	25,69	25,92	+0,23
12.	25,27	25,34	+0,07	25,34	25,40	+0,06	25,42	25,68	+0,26	25,46	25,75	+0,29
13.	25,04	24,99	-0,05	25,04	24,96	-0,08	25,16	25,54	+0,38	25,19	25,56	+0,37
14.	24,18	24,03	-0,15	24,24	24,06	-0,18	24,32	24,11	-0,21	24,36	24,13	-0,23
15.	21,96	21,59	-0,37	22,07	21,64	-0,43	22,24	21,72	-0,52	22,35	21,70	-0,65

Tabel 4-2: Waterstanden in de huidige en toekomstige situatie voor verschillende locaties bij de bovenloop in voor verschillende herhalingstijden en buien.

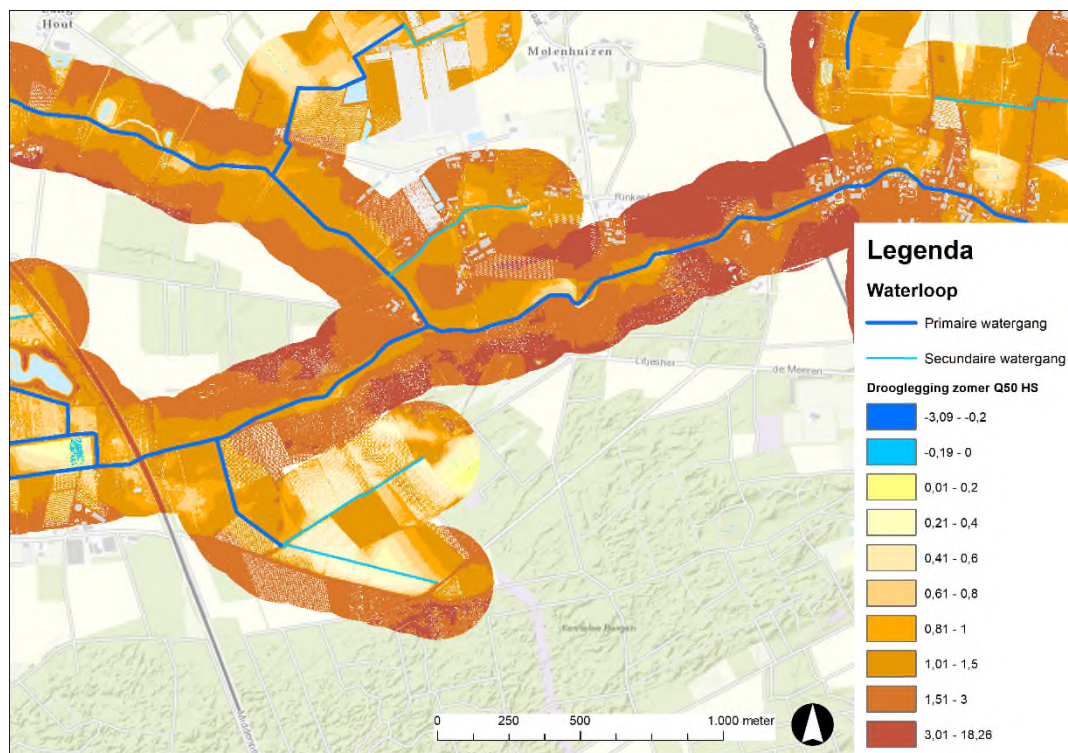
Locatie	Worst-case					
	T25			T100		
	H	T	V	H	T	V
6.	26,34	26,28	-0,06	26,45	26,36	-0,09
7.	26,05	26,05	0,00	26,08	26,08	0,00
8.	25,79	25,91	+0,12	25,83	25,96	+0,13
9.	26,09	26,05	-0,04	26,16	26,15	-0,01
10	25,87	25,89	+0,02	25,94	25,95	+0,01
11.	25,62	25,88	+0,26	25,73	25,93	+0,20
12.	25,44	25,80	+0,36	25,49	25,85	+0,36
13.	25,20	25,64	+0,44	25,27	25,70	+0,43
14.	24,38	24,11	-0,27	24,47	24,20	-0,27
15.	22,41	21,81	-0,60	22,70	21,85	-0,85

Locatie	Zomer						Winter					
	Q30			Q50			Q30			Q50		
	H	T	V	H	T	V	H	T	V	H	T	V
6.	25,38	25,38	0,00	25,45	25,44	-0,01	25,40	25,37	-0,03	25,46	25,45	-0,01
7.	25,61	25,61	0,00	25,65	25,65	0,00	25,61	25,61	0,00	25,66	25,66	0,00
8.	25,28	25,28	0,00	25,34	25,34	0,00	25,28	25,24	-0,04	25,34	25,30	-0,04
9.	25,55	25,22	-0,33	25,58	25,38	-0,20	25,38	25,14	-0,24	25,42	25,25	-0,17
10.	25,35	24,98	-0,37	25,38	25,13	-0,25	25,36	24,95	-0,41	25,39	25,07	-0,32
11.	24,61	24,98	+0,37	24,69	25,13	+0,44	24,62	24,89	+0,27	24,70	24,99	+0,29
12.	24,59	24,82	+0,23	24,65	24,96	+0,31	24,60	24,59	-0,01	24,67	24,80	+0,13
13.	24,57	24,57	+0,00	24,61	24,61	0,00	24,59	24,57	-0,02	24,63	24,61	-0,02
14.	23,67	23,68	+0,01	23,71	23,72	+0,01	23,69	23,67	-0,02	23,73	23,71	-0,02
15.	21,00	20,98	-0,02	21,10	21,08	-0,02	21,03	20,99	-0,04	21,14	21,10	-0,04

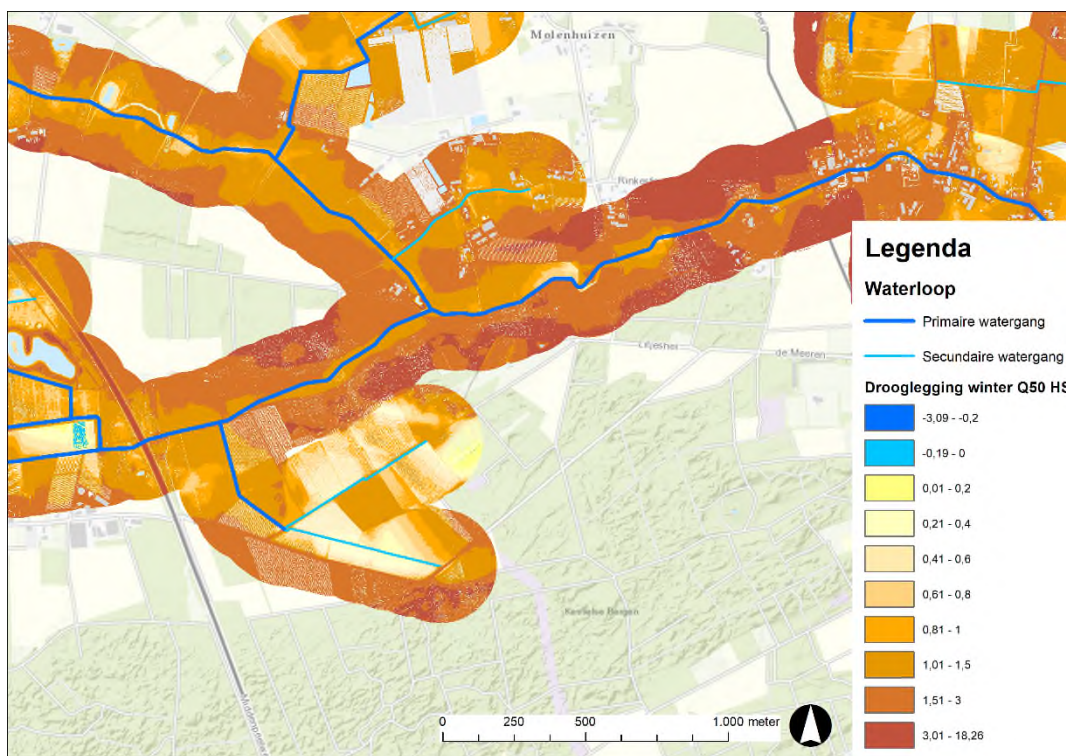
Drooglegging

Doordat de peilen wijzigen veranderd de drooglegging in de toekomstige situatie ten opzichte van de huidige situatie vooral rondom de te verwijderen stuw in de Kwistbeek. In de zomer ligt de drooglegging ter hoogte van agrarische percelen tussen de 0,6 en 1 m-mv. Ter hoogte van het landbouwperceel aan de noordzijde van de Kwistbeek, bovenstrooms de te verwijderen stuw, neemt de drooglegging toe met circa 0,3 tot 0,4 m (zie Figuur 4-28 en punt 9 in Tabel 4-2).

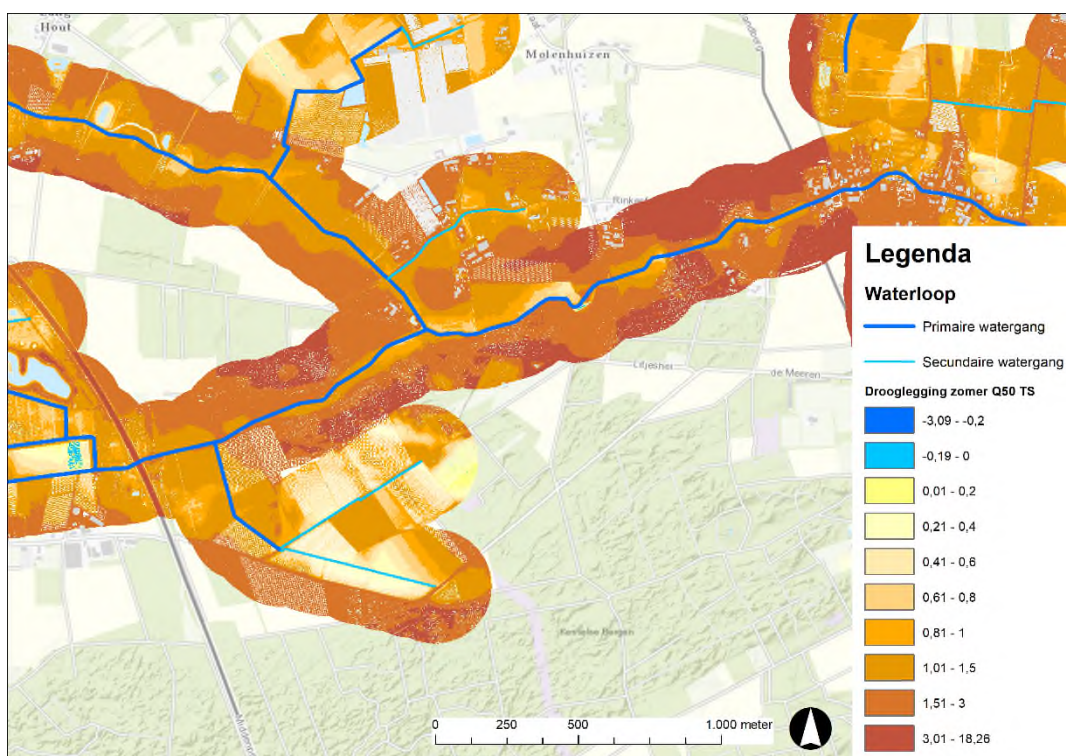
De effecten van het verwijderen van de stuw en de gevolgen voor de grondwaterstand zijn opgenomen in paragraaf 4.6.1.



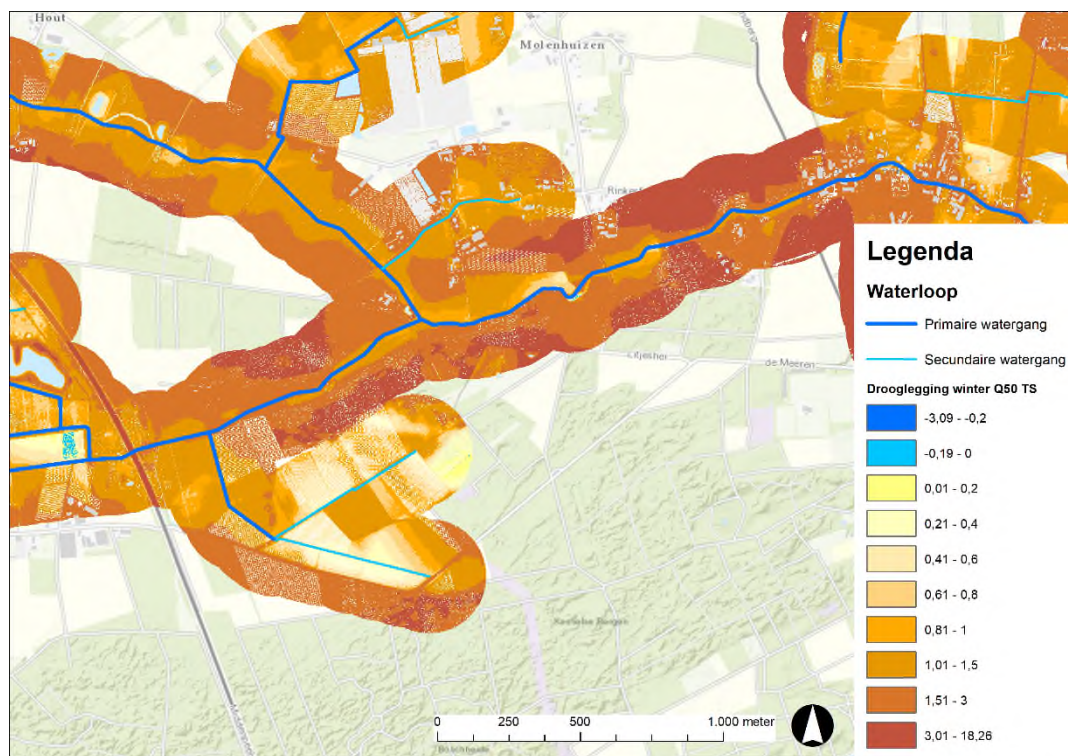
Figuur 4-24: Drooglegging in de huidige situatie bij een Q50-zomersituatie.



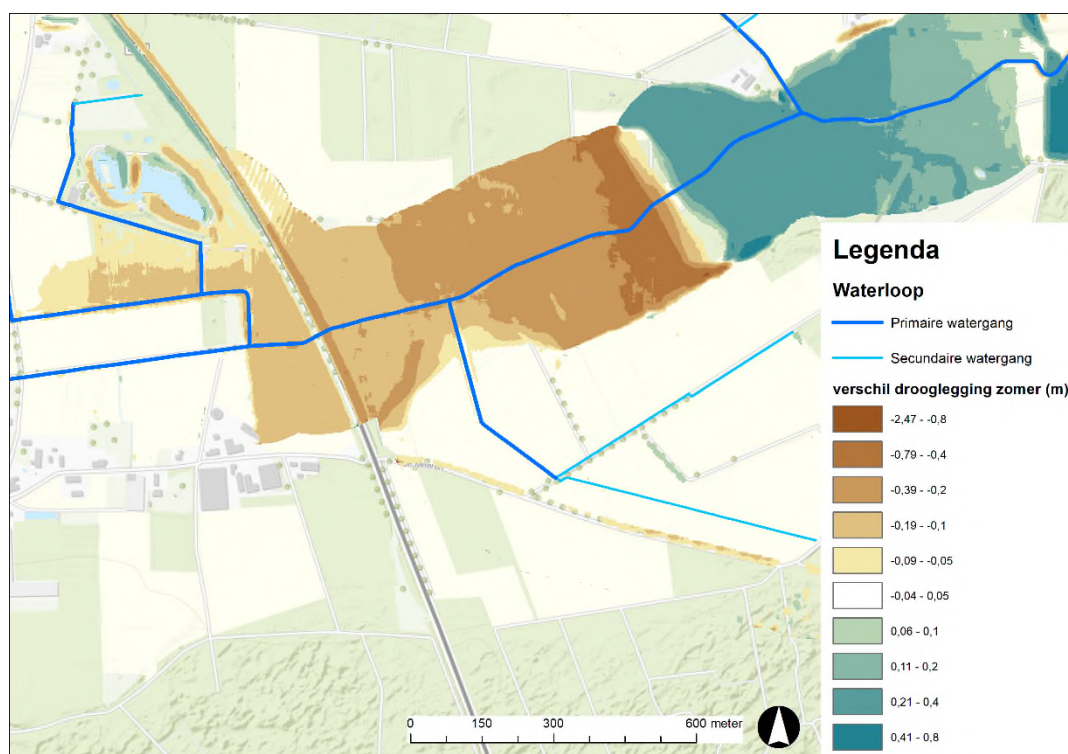
Figuur 4-25: Drooglegging in de huidige situatie bij een Q50-wintersituatie.



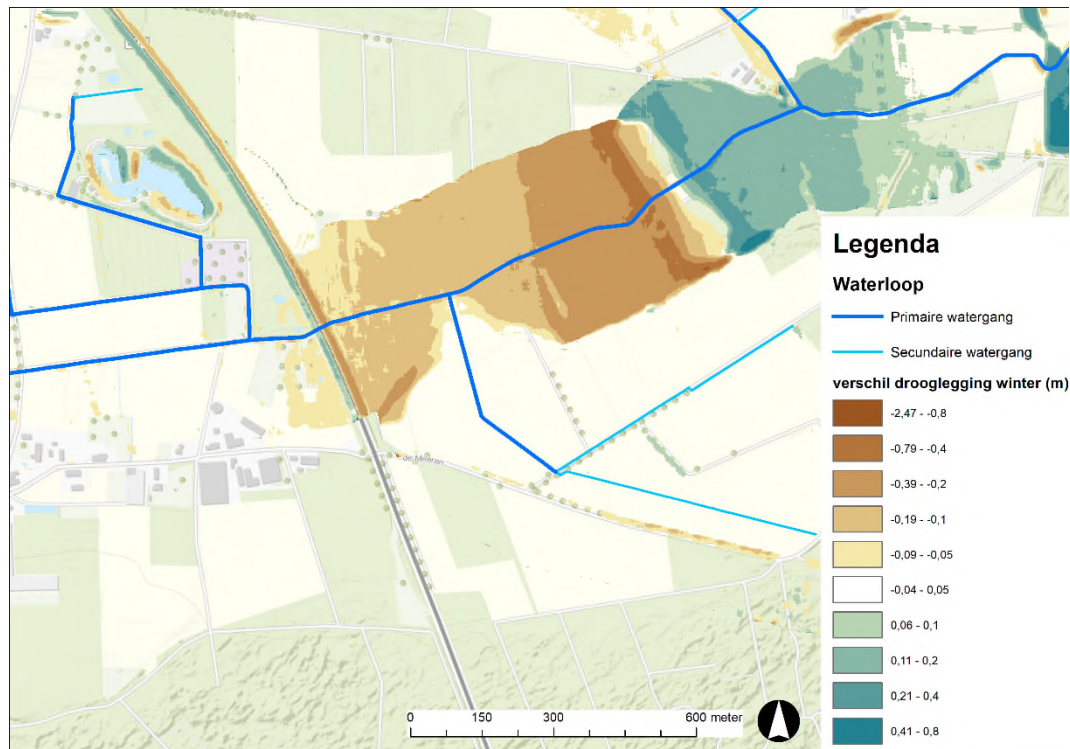
Figuur 4-26: Drooglegging in de toekomstige situatie bij de Q50-zomersituatie.



Figuur 4-27: Drooglegging in de toekomstige situatie bij de Q50-wintersituatie.



Figuur 4-28: Verschil in drooglegging tussen de huidige en toekomstige situatie bij de Q50-zomersituatie rondom de te verwijderen stuw.



Figuur 4-29: Verschil in drooglegging tussen de huidige en toekomstige situatie bij de Q50-wintersituatie rondom de te verwijderen stuw.

Het verwijderen van de stuw heeft nauwelijks tot geen effect op de toetsing van de drooglegging (zie Figuur 4-30 en Figuur 4-31). Rondom De Meeren voldoet bij een aantal percelen in zowel de huidige als toekomstige situatie de drooglegging niet. Het verwijderen van de stuw heeft geen negatief effect op de situatie. Het verwijderen van de stuw heeft daarentegen ook slechts minimale verbeterde effecten op de toekomstige situatie.



Figuur 4-30: Droogleggingstoetsing voor de huidige (boven) en toekomstige (beneden) zomersituatie (Q50). De gearceerde gebieden zijn gebieden die niet in gebruik zijn als teelt- of akkerland.



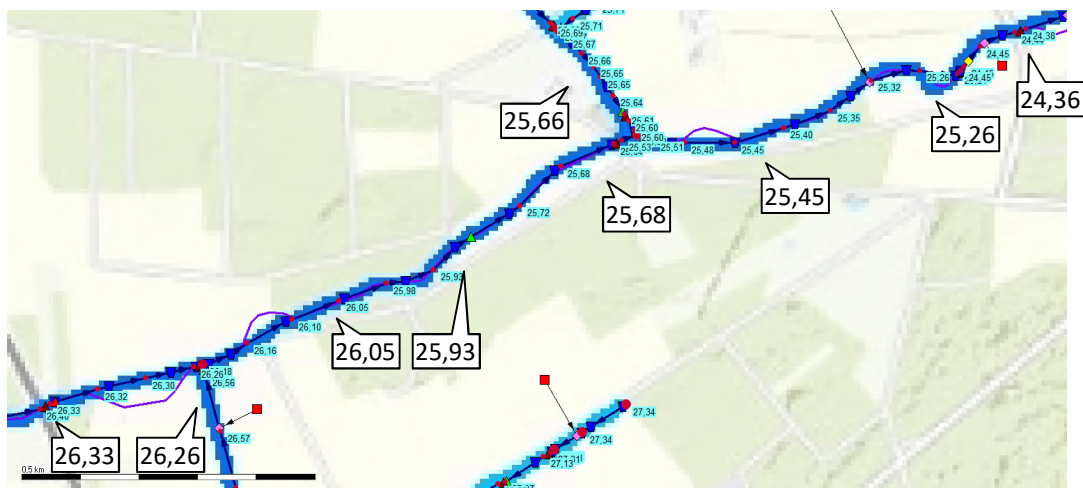
Figuur 4-31: Droogleggingstoetsing voor de huidige (boven) toekomstige (beneden) wintersituatie (Q50). De gearceerde gebieden zijn gebieden die niet in gebruik zijn als teelt- of akkerland.

4.5.2 Waterberging middenloop

In een deel van de middenloop wordt het beekdal tevens geschikt gemaakt voor waterberging. Naast de aanpassingen van het profiel worden aangrenzend aan de beek een aantal (delen van) percelen verlaagd tot een hoogte van minimaal 25,0 m +NAP. Tijdens een extreme situatie wordt stuw Rinkesfort opgezet tot een stuwstand van 25,2 m +NAP om zo water vast te houden op deze percelen in het beekdal en Soeterbeek te ontlasten.

4.5.2.1 Maaiveldhoogte en stuwpeil

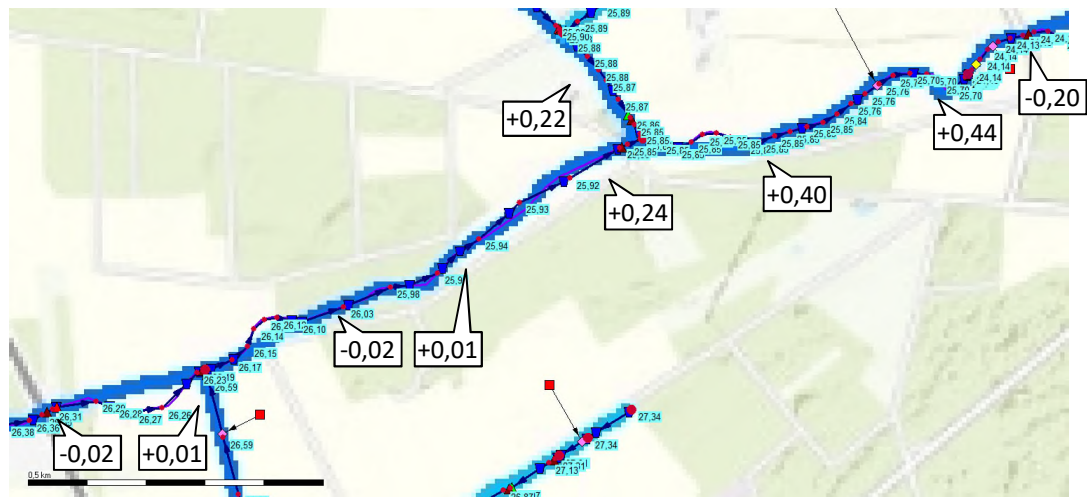
Het huidige waterpeil heeft bij een T100-worst-case-situatie een hoogte van 25,2 m +NAP. In deze extreme situatie is er sprake van een overstorthoogte van 70 cm en een stuwstand van 24,5 m +NAP. Om waterberging te creëren wordt de stuwstand tijdens extreme situaties verhoogd naar de maximale stuwstand van 25,2 m +NAP. Dit heeft tot gevolg dat het waterpeil bovenstrooms verhoogt tot maximaal 25,9 m +NAP tijdens een extreme situatie die minder dan eens in de honderd jaar voorkomt. Ter hoogte van het provinciale perceel dat benut wordt voor waterberging is het waterpeil 25,95 m +NAP. De noordelijke percelen aangrenzend aan de waterberging tussen de onverharde weg en stuw Rinkesfort liggen op een hoogte van circa 25,8 m +NAP. Het perceel ten noorden van de provincie ligt op een hoogte van circa 26,10m +NAP. Deze percelen hebben een norm van 1:10 jaar.



Figuur 4-32: Maximaal peil bij een T100-worst-case-situatie in de huidige situatie.



Figuur 4-33: Maximaal peil bij een T100-worst-case-situatie tijdens inzet van de berging (toekomstige situatie).



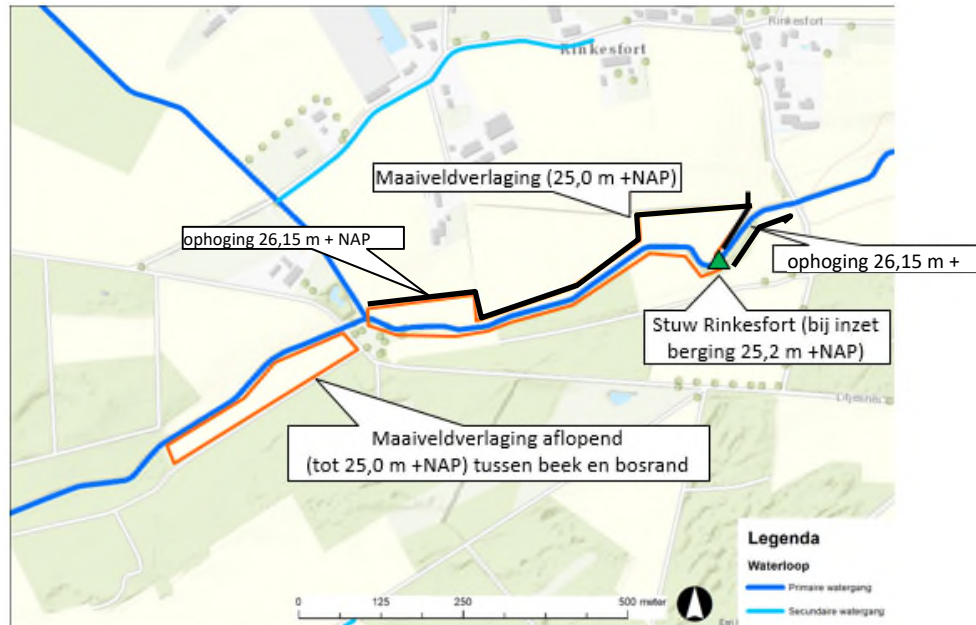
Figuur 4-34: Verschil in maximaal peil bij een T100-worst-case-situatie tussen de huidige en toekomstige situatie.

4.5.2.2 Inrichting gebied

In Figuur 4-35 zijn de af te graven percelen en de te verhogen stuw aangegeven. Het oostelijke waterbergingsperceel betreft een perceel in eigendom van de provincie. Deze wordt vanaf de zuidelijke bosrand met een flauw talud in noordelijke richting verlaagd (maximaal 1 op 10) tot een hoogte van 25,0 m +NAP. Het huidige maaiveld ligt een meter hoger. Het waterpeil komt bij een extreme situatie (T100-worst-case-situatie) tot een hoogte van circa 25,95 m +NAP.

De afgraving meer benedenstrooms ligt op door het waterschap aangekochte percelen. Deze percelen worden eveneens afgegraven tot een hoogte van 25,0 m +NAP. In dit gedeelte van de Kwistbeek komt het waterpeil bij een T100-worst-case-situatie tot een hoogte van circa 25,85 m +NAP. Ter hoogte van de stuw naar het noorden wordt een ophoging aangelegd zodat water niet over het verlaagde maaiveld, langs de stuw in benedenstroomse gedeelte van de Kwistbeek loopt.

De ophoging krijgt een hoogte krijgen van circa 26,15 m +NAP, deze wordt aangesloten op de reeds aanwezige steilrand



Figuur 4-35: Inrichting berging de middenloop met de twee percelen die worden afgegraven.

4.5.2.3 Inzet en aansturing

De berging Middenloop wordt gelijk aan waterberging De Baendj gestuurd op het waterpeil bovenstrooms van Soeterbeek en het waterpeil bij Stogger. Het tijdstip en de manier van inzetten verschilt tussen de twee bergingsgebieden. Eerst wordt de berging De Baendj ingezet en vervolgens de berging bij de Middenloop. Om ervoor te zorgen dat ze niet gelijktijdig ingezet worden, krijgt de berging Middenloop een hoger startpeil bij het meetpunt Soeterbeek. Daarnaast is voor de berging Middenloop een opzet- en leegloopprotocol opgezet. Dit om te voorkomen dat bij het opzetten van de stuw geen plotselinge afvoerdaling plaatsvindt bij het leeglopen alsnog het gebied overstroomt.

Het opzetprotocol is weergegeven in Tabel 4-3. Het opzetten wordt gestart bij een waterpeil hoger dan de 100% MA (21,4 m +NAP) en is op de maximale stand vlak voordat de T10-waterhoogte is bereikt (21,96 m +NAP) zodat bij extreme situatie de gehele piek wordt opgevangen.

Tabel 4-3: opzetprotocol voor stuw Rinkesfort bij waterberging Middenloop.

Waterpeil Soeterbeek	Stuwstand Rinkesfort
m +NAP	m +NAP
< +21,60	+24,5
> +21,60	+24,7

Waterpeil Soeterbeek	Stuwstand Rinkesfort
m +NAP	m +NAP
> +21,70	+24,9
> +21,80	+25,1
> +21,90	+25,2

De stuw blijft omhoog totdat het waterpeil bij meetpunt Soeterbeek onder de 100% MA komt, oftewel 21,4 m +NAP. Het is van belang om de stuw niet in één keer te laten zakken, waardoor de hele berging leegloopt en het gebied alsnog overstroomt. Een geleidelijk protocol is daarom gewenst, zoals is weergegeven in Tabel 4-4.

Tabel 4-4: Leegloopprotocol voor stuw Rinkesfort bij waterberging Middenloop

Waterpeil Soeterbeek	Stuwstand Rinkesfort
m +NAP	m +NAP
> +21,40	+25,2
< +21,40	+25,0
< +21,30	+24,8
< +21,20	+24,6
< +21,15	+24,5

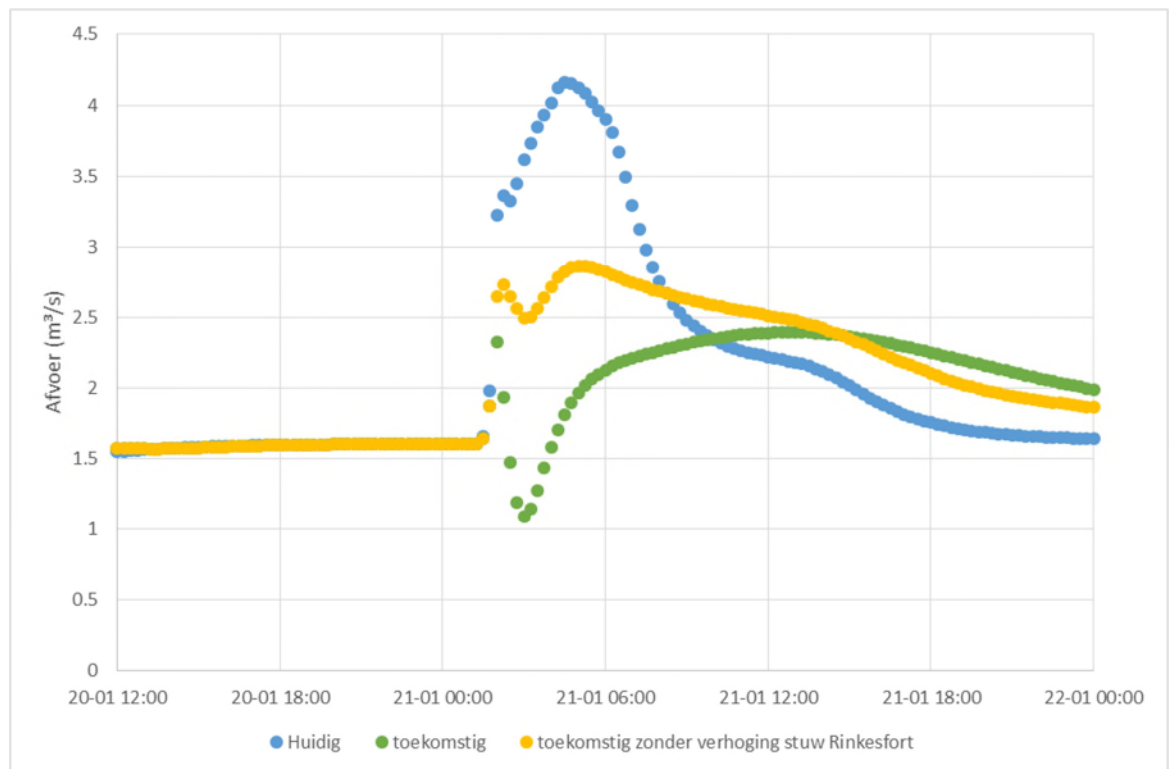
In een volgende fase van uitwerking van het ontwerp kunnen het opzet- en leegloopprotocol nog wijzigen.

4.5.2.4 Analyse waterberging middenloop

Op twee manieren is de maximale hoeveelheid berging bepaald in dit gedeelte van de berging. Deze hoeveelheid berging is met behulp van het modelleerprogramma Sobek bepaald via:

1. de maximale inundatie op het maaiveld; en via
2. het verschil in afvoer ter hoogte van het meetpunt bij Soeterbeek, benedenstrooms van de berging.

Uit de inundatieanalyse blijkt dat circa 20.000 m³ wordt geborgen bij de T100-worst-case-situatie. Dit is nagenoeg gelijk aan de berekening met het verschil in afvoer van circa 20.900 m³ (zie Figuur 4-36). Hiermee wordt voldaan aan de wens om circa 20.000 m³ te berging in de middenloop.



Figuur 4-36: Afvoeren gemeten vlak bovenstrooms Soeterbeek in de huidige situatie en in de toekomstige situatie met en zonder inzet van de berging (verhoging stuw Rinkesfort) bij een T100-worst-case-situatie.

4.6 Effecten op de omgeving Middenloop

4.6.1 Stuw Dekeshorst

Om te bepalen in welke mate het verwijderen van de stuw nadelige gevolgen kan hebben wordt gekeken naar veranderingen in de landbouwkundige situatie. Voor de landbouwkundige productie is een goede waterhuishoudkundige situatie van belang. Het verwijderen van de stuw leidt benedenstrooms van de stuw tot een verhoging en bovenstrooms van de stuw tot een daling van het oppervlaktewaterniveau. Alvorens nader in te gaan op de te verwachte effecten op de landbouw in de omgeving wordt het effect van het verwijderen van de stuw bepaald.

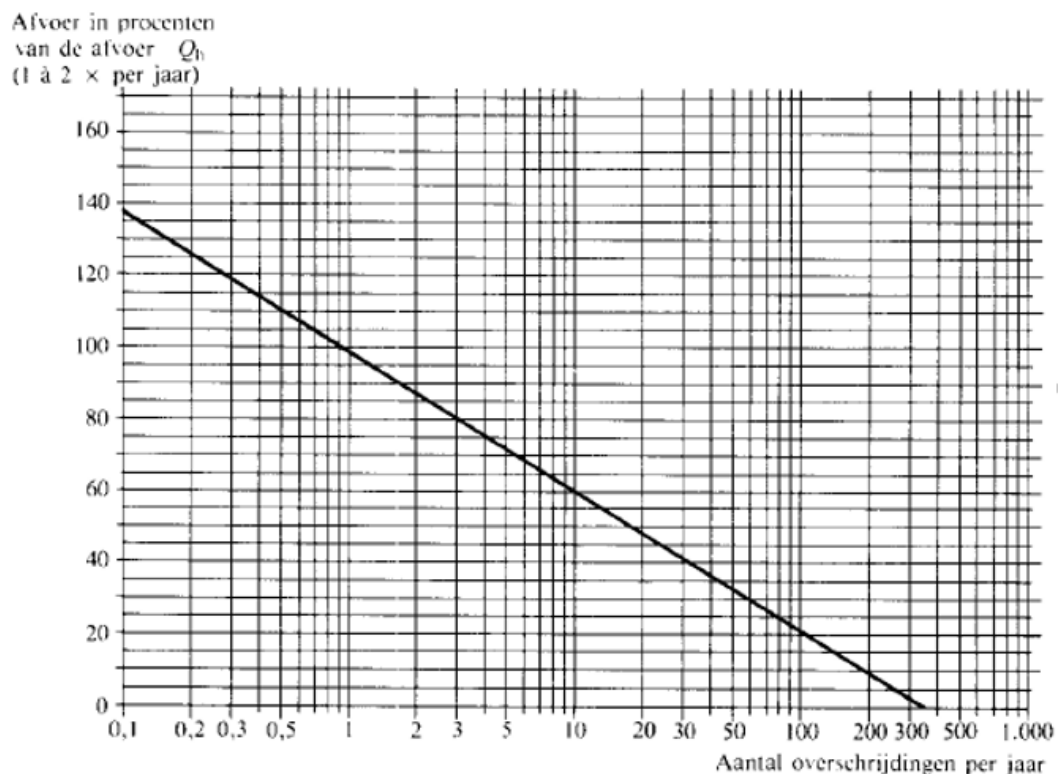
4.6.1.1 Relevante afvoersituatie

Om de effecten op de omgeving te kunnen bepalen is het van belang hierbij te kijken naar relevante afvoersituaties. De meest gebruikte afvoersituatie voor het ontwerp van oppervlaktewatersystemen is de afvoer die éénmaal per jaar voorkomt. Dit is de maatgevende afvoer (MA). Deze afvoer is weliswaar belangrijk voor het ontwerp van waterlopen maar voor de effecten op de omgeving hoeft dit niet de maatgevende situatie te zijn. Voor de effecten op de omgeving zijn extreem natte en extreem droge situaties van belang.

In de praktijk is gebleken dat er een onderlinge relatie is tussen afvoeren die met verschillende frequenties voorkomen (Figuur 4-37). Uit deze afvoerfrequentieverdeling kunnen karakteristieke

afvoerfrequenties die representatief zijn voor een bepaalde afvoersituatie worden gehaald. Het gaat hierbij om afvoersituaties voor bijvoorbeeld een gemiddelde winter- of zomersituatie (Tabel 4-5).

Voor effecten op de omgeving in een zomersituatie is vooral het effect gedurende langdurig droge situaties van belang. Daarom zal voor het bepalen van de effecten op eventuele veranderingen van de droogteschade worden uitgegaan van de basisafvoer die gedurende 330 dagen per jaar wordt overschreden (Tabel 4-5). De basisafvoer komt hiermee ongeveer overeen met het moment van voorkomen van de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG), welke gemiddeld genomen in de orde van 325 à 345 dagen per jaar wordt overschreden (van der Gaast et al., 2006). Voor natte omstandigheden zal worden gekeken naar omstandigheden die vergelijkbaar zijn met de GHG situatie die tussen de 20 en 40 dagen per jaar wordt overschreden.



Figuur 4-37: Grafiek voor het bepalen van de afvoerfrequentie (Cultuurtechnisch Vademecum).

Tabel 4-5: Karakteristieken van enkele gedefinieerde afvoersituaties.

afvoersituatie	overschrijding	percentiel	%MA
Basisafvoer	330 dagen per jaar	9,6	5
Zomerafvoer	200 dagen per jaar	45,2	20
Voorjaarsafvoer	100 dagen per jaar	72,6	30
winterafvoer	15 dagen per jaar	94,5	50
maatgevende afvoer	1 dag per jaar	99,7	100

4.6.1.2 Effecten op het beekpeil

In het huidige ontwerp wordt de stuw bovenstrooms van de locatie waar Dekeshorst in de Kwistbeek uitkomt verwijderd. Om het effect van het verwijderen van deze stuw te kunnen kwantificeren zijn berekeningen met SOBEK uitgevoerd. Om het verwijderen van de stuw te compenseren is de bodemhoogte benedenstrooms van de stuw verhoogd (Figuur 4-6), het doorstroomde profiel verkleind en het onderhoud geëxtensieerd. Als gevolg van de genoemde maatregelen is voor een vergelijking van waterstanden alleen een vergelijking van berekende hoogtes ten opzichte van NAP representatief. De berekende oppervlaktewaterpeilen gedurende droge omstandigheden blijken redelijk constant. Dit is het gevolg van de wateraanvoer via de AVL.



Figuur 4-38: Met SOBEK berekende oppervlaktewaterstanden t.o.v. NAP tijdens de basisafvoer (Q5) voor de toekomstige situatie.



Figuur 4-39: Met SOBEK berekende oppervlaktewaterstanden t.o.v. NAP tijdens de zomerafvoer (Q10) voor de toekomstige situatie.

Verlaging van het oppervlaktewaterpeil

Om het effect van het verwijderen van de stuw gecombineerd met het verhogen van de beekbodem en het verkleinen van het doorstroomde profiel te bepalen zijn de verschillen in oppervlaktewaterstanden bepaald (Figuur 4-40 en Figuur 4-41). Hierbij is voor de huidige situatie uitgegaan van een verhoogde stuwstand van 25,5 m +NAP gedurende de zomerperiode. Gedurende natte perioden wordt een winterpeil van 25,3 m + NAP gehanteerd. Deze hogere stuwstand wordt gedurende droge omstandigheden door het waterschap gehanteerd teneinde het gebied van water te voorzien.

De berekende effecten voor de droge situatie met een basisafvoer (Q5) spelen vooral in de directe omgeving van de stuw (Figuur 4-40). Overeenkomstig hetgeen mag worden verwacht is bovenstrooms van de stuw sprake van een daling van het oppervlaktewaterpeil van -56 cm (Figuur 4-40). Op circa 600 meter bovenstrooms van deze stuw is het verschil in het berekende oppervlaktewaterpeil afgenomen tot -33 cm. Vervolgens neemt het verschil in bovenstroomse richting verder af. Op circa 900 is het verschil nog maar -13 cm en op circa 1100 meter is het verschil gereduceerd tot 0 cm. De daling van het oppervlaktewaterpeil is bij een minder droge situatie Q10 is nagenoeg hetzelfde (Figuur 4-41).



Figuur 4-40: Verskil in oppervlaktewaterstand tussen de huidige situatie met stuw en de ontwerpsituatie zonder stuw tijdens de basisafvoer (Q5).



Figuur 4-41: Verschil in oppervlaktewaterstand tussen de huidige situatie met stuw en de ontwerpsituatie zonder stuw tijdens een zomerafvoer (Q10).

Om te bekijken of deze daling van het oppervlaktewaterpeil langdurig voorkomt is tevens gekeken naar de verschillen bij minder extreme omstandigheden (Q30 en Q50, Figuur 4-42 en Figuur 4-43). Deze omstandigheden worden respectievelijk 100 en 15 dagen per jaar overschreden. De daling van het oppervlaktewaterpeil bij Q30 is vergelijkbaar met de drogere situaties. Pas bij een Q50 situatie is de daling van het oppervlaktewaterpeil als gevolg van het verwijderen van de stuw kleiner. Dit betekent dat de daling van het oppervlaktewaterpeil niet beperkt blijft tot de zomersituatie maar dat de beïnvloeding langdurig plaatsvindt. Ook de voorjaars en wintersituatie blijken namelijk te worden beïnvloed.



Figuur 4-42: Verschil in oppervlaktewaterstand tussen de huidige situatie met stuw en de ontwerpsituatie zonder stuw tijdens voorjaarsafvoer (Q30).



Figuur 4-43: Verschil in oppervlaktewaterstand tussen de huidige situatie met stuw en de ontwerpsituatie zonder stuw tijdens winterafvoer (Q50).

Verhoging van het oppervlaktewaterpeil

Benedenstrooms van de stuw is tijdens de basisafvoer een peilverhoging van 26 cm berekend. Deze berekende peilstijging neemt in benedenstroomse richting geleidelijk af naar 12 cm en tot aan de circa 1 kilometer benedenstrooms gelegen stuw waar het verschil tot 0 cm is gereduceerd. De peilstijging is onder minder extreme omstandigheden vergelijkbaar. Bij halve maatgevende afvoer (Q50) neemt het verschil echter toe. De verhoging van het oppervlaktewaterpeil bedraagt voor deze situatie respectievelijk 34 en 18 cm. Uit het voorgaande blijkt dat ook de verhoging van het oppervlaktewaterpeil benedenstrooms van de te verwijderen stuw langdurig voorkomt waardoor verwacht mag worden dat ook benedenstrooms zowel de GHG als de GLG in de directe omgeving van de Kwistbeek zal wijzigen.

4.6.1.3 Ruimtelijke invloed van veranderingen van het beekpeil

De mate waarin de grondwaterstanden in de omgeving als gevolg voor het verwijderen van de stuw gaan veranderen wordt in hoge mate bepaald door de geohydrologische situatie. Daarnaast zal de verandering naarmate de afstand tot de beek toeneemt afnemen. Voor het verloop van deze afname kan gebruik worden gemaakt van de spreidingslengte (λ) (Mazure 1936; van der Gaast en Massop, 2003). De spreidingslengte ($\lambda = \sqrt{kD c}$) is een maat voor de invloedsafstand van peilverschillen en kan gebruikt worden om de invloed van peilveranderingen op de grondwaterstroming in het watervoerende pakket te bepalen. De effecten van hydrologische ingrepen op de freatische grondwaterstand kunnen alleen bepaald worden, indien naast de kD en c -waarde ook de drainageweerstand wordt meegenomen in de vorm van een vervangende c -waarde (c^*) (van der Gaast en Massop, 2003). De spreidingslengte is hiermee aangepast tot een freatische spreidingslengte ($\lambda^* = \sqrt{kD c^*}$) en hierdoor tevens geschikt gemaakt voor freatische pakketten waar geen duidelijke deklaag aanwezig is.

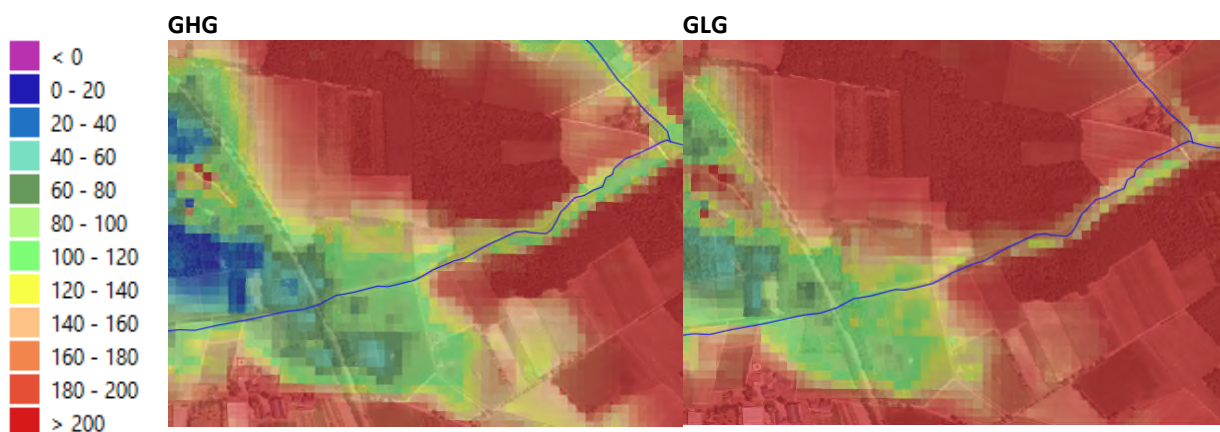
Geohydrologische omstandigheden

In paragraaf 02.2 is de bodemopbouw van de Kwistbeek opgenomen. Uit het voorgaande blijkt dat de geohydrologische omstandigheden bepalend zijn voor de ruimtelijke invloed van beekpeilveranderingen. In Regis II zijn voor de relatief ondiepe grofzandige en grindhoudende lagen tot circa 15 meter diepte voor de horizontale doorlatendheid waarden van 50 – 100 m/d opgenomen en voor het zand er onder waarden van 2,5 – 5 m/dag. Van de bovenste paar meter is aangegeven dat het een complexe eenheid betreft die uit een afwisseling van zand, veen en klei bestaat. Deze informatie kan beter ontleent worden aan de bodemkaart. In Regis II ontbreekt dan ook een duidelijke aanwezigheid van een deklaag. Door gebruik te maken van de freatische spreidingslengte kan gebruik worden gemaakt van de drainageweerstand. Voor de drainageweerstand kan worden uitgegaan van een waarde tussen de 200 en 300 dagen (van der Gaast et al., 2006). Voor het doorlaatvermogen van het watervoerende pakket (kD) waarden zijn in Regis II waarden van 500 tot 1000 m²/d opgenomen (zie Figuur 2-7). Dit zijn waarden voor afzonderlijke lagen. De doorlatendheid van de zandpakketten is in het diepte interval tussen 2,5 en 15 meter het grootst. Binnen dit traject zal het overgrote deel van de stroming die verantwoordelijk is voor de interactie met de omgeving plaatsvinden. Het te hanteren doorlaatvermogen komt hiermee uit op circa 1000 m²/d ($kD = 75 \text{ m/d} \times 12,5 \text{ m} = 937,5$).

Voor de freatische spreidingslengte speelt naast het doorlaatvermogen ook de drainageweerstand een belangrijke rol ($\lambda^* = \sqrt{kD c^*}$). Uitgaande van een drainageweerstand van 250 dagen komt de freatische spreidingslengte uit op 500 meter ($\lambda^* = \sqrt{1000 \text{ m}^2/\text{d} \times 250 \text{ d}} = 500$).

Grondwater

Het grondwaterregime wordt doorgaans samengevat in de vorm van de gemiddeld hoogste en gemiddeld laagste grondwaterstand (GHG en GLG). De GHG en GLG zijn voor het gehele beheergebied van Waterschap Limburg berekend met het model IBRAHYM (Figuur 4-44). Op verzoek van het waterschap wordt de met het IBRAHYM model berekende GHG en GLG als uitgangspunt gehanteerd. De berekende grondwaterstandsituatie in het gebied wordt gekenmerkt door veel droge situaties met een grondwaterstand veelal dieper dan 2 meter. Uitgaande van de modelberekeningen betekent dit dat in het overgrote deel van het gebied sprake is van hangwaterprofielen.



Figuur 4-44: Berekende GHG en GLG met IBRAHYM in cm – mv.

Effectbepaling

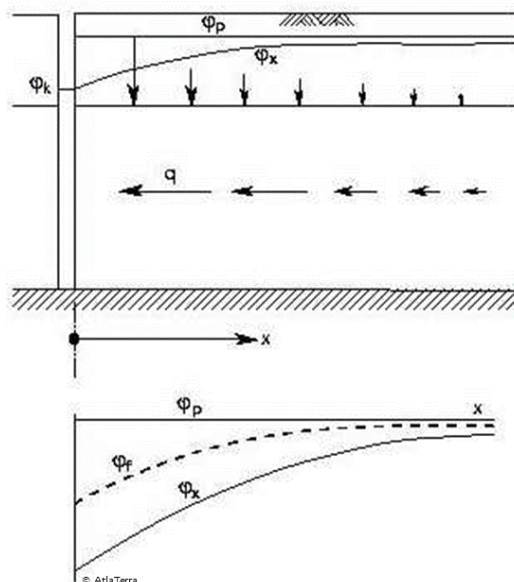
De beïnvloeding van de grondwaterstand als gevolg van waterhuishoudkundige ingrepen in de omgeving, kan worden bepaald met behulp van analytische oplossingen die zijn ontleend aan Mazure (van der Gaast en Massop, 2003). Bij het gebruik van de analytische oplossingen wordt uitgegaan van het principe van superpositie van effecten, en wordt alleen voor een stationaire stromingssituatie gerekend.

De invloed van een beek of kanaal op de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket (ϕ_x) kan met behulp van de volgende formule berekend worden (Edelman, 1972; van der Gaast en Massop, 2003):

$$\phi_x = \phi_p - (\phi_p - \phi_k) e^{-x/\lambda}$$

$$q_x = q_0 e^{-x/\lambda}$$

Op de rand van het kanaal of de beek is het peilverschil tussen het oppervlaktewater- of polderpeil en de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket ($\phi_p - \phi_0$) en het debiet (q_0) maximaal (Figuur 4-45).



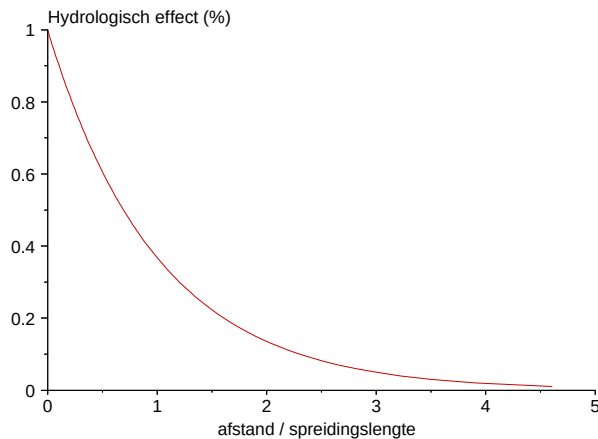
Figuur 4-45: Situatieschets voor een peilverlaging bij een kanaal of beek.

Aan de hand van de formules kan geconcludeerd worden dat de ratio tussen het debiet op een afstand x vanaf het kanaal of de beek en het debiet bij het kanaal of de beek gelijk is aan de ratio tussen het stijghoogteverschil op een afstand x tot een kanaal of beek en het stijghoogteverschil tussen het oppervlaktewaterpeil van de sloten en het beekpeil, ter hoogte van de beek.

Herschrijven van formules leidt namelijk tot de volgende formule:

$$\Delta = \frac{q_x}{q_0} = \frac{(\phi_p - \phi_x)}{(\phi_p - \phi_k)} = e^{-x/\lambda}$$

De afname van zowel het debiet als het stijghoogteverschil is logaritmisch met de afstand tot het kanaal/de beek volgens $e^{-x/\lambda}$ (Edelman, 1972; TNO, 1964; Verruijt, 1974). In Figuur 4-46 is deze afname van het debiet bij toename van de afstand (x) weergegeven. Aan de hand van Figuur 4-46 kan geconcludeerd worden dat het effect van peilverschillen in de theorie oneindig ver door gaat. Praktisch gezien blijkt echter dat op een afstand groter dan driemaal de spreidingslengte (3λ) nog maar een beïnvloeding van 5% plaatsvindt.



Figuur 4-46: Afname van de invloed van een beekpeilverandering op de grondwaterstand in de omgeving.

Op elke afstand vanaf de grens is ook de ratio tussen $(\phi_p - \phi_x)$ en q_x gelijk. Om de invloed van hydrologische ingrepen op veranderingen in de stijghoogte te kunnen bepalen kan formule 1 als volgt herschreven worden:

$$x = -\lambda \ln \left(\frac{(\phi_p - \phi_x)}{(\phi_p - \phi_k)} \right)$$

Met formule 5 kan de afstand tot een kanaal/beek berekend worden voor elke stijghoogteverandering in het watervoerend pakket. Met deze formule kan in een GIS de afstand van verschillende verlaging- of verhogingsisohypsen bepaald worden (van der Gaast en van Bakel, 1997).

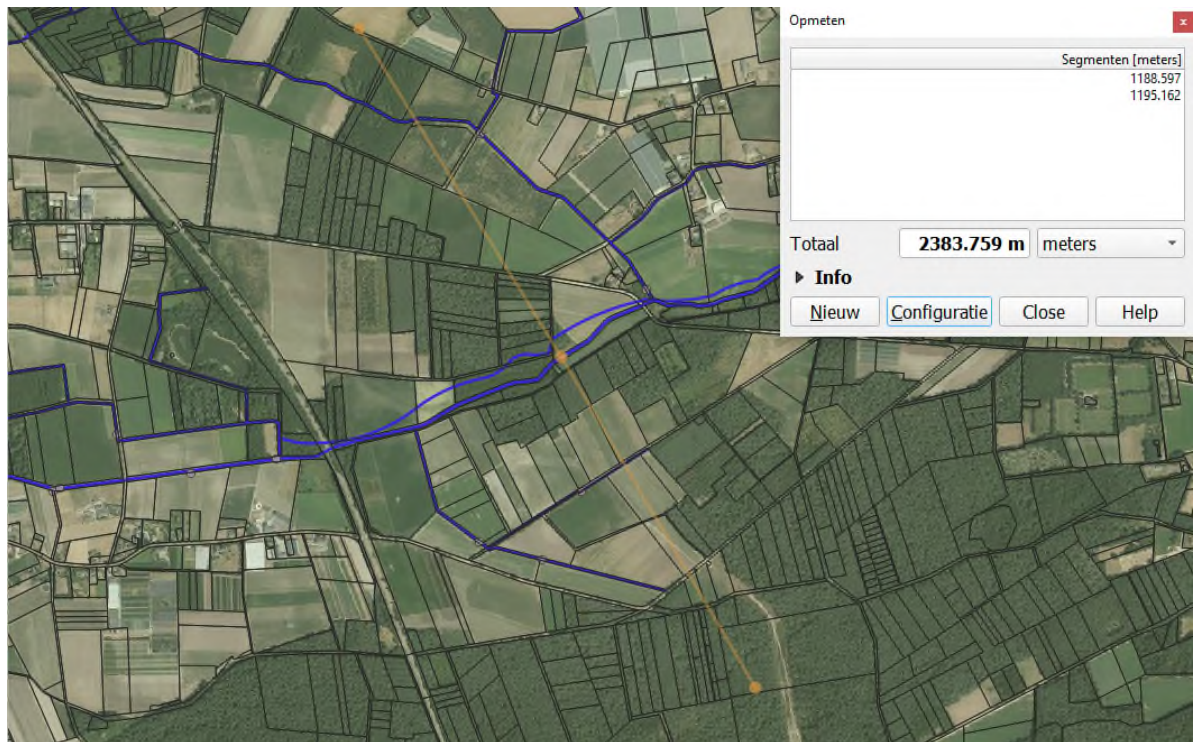
De formules van Mazure zijn gebaseerd op effectberekeningen in het eerste watervoerende pakket. In de meeste gevallen is men echter geïnteresseerd in de beïnvloeding op de freatische grondwaterstand. Voor effectberekeningen op de freatische grondwaterstand moet naast het toevoegen van de drainageweerstand, ook rekening gehouden worden met de weerstand die aanwezig is tussen het eerste watervoerend pakket en het freatische pakket. Uit de geohydrologische informatie blijkt echter dat er maar beperkt sprake is van een deklaag. Alleen in de bovenste 1 à 2 meter kunnen lagen met een beperkte doorlatendheid voorkomen. Deze lagen zullen gedurende droge perioden geen rol spelen waardoor bij deze indicatieve berekeningen wordt uitgegaan van een freatisch watervoerend pakket.

Voor de bepaling van de invloedsafstand kan middels de gegeven formule berekend worden op welke afstand een daling van 5 cm kan worden verwacht. Indien wordt uitgegaan van de daling van het beekpeil bij een situatie met basisafvoer (Q_5) is de maximale beïnvloeding circa 1200 meter (zie Tabel 4-6).

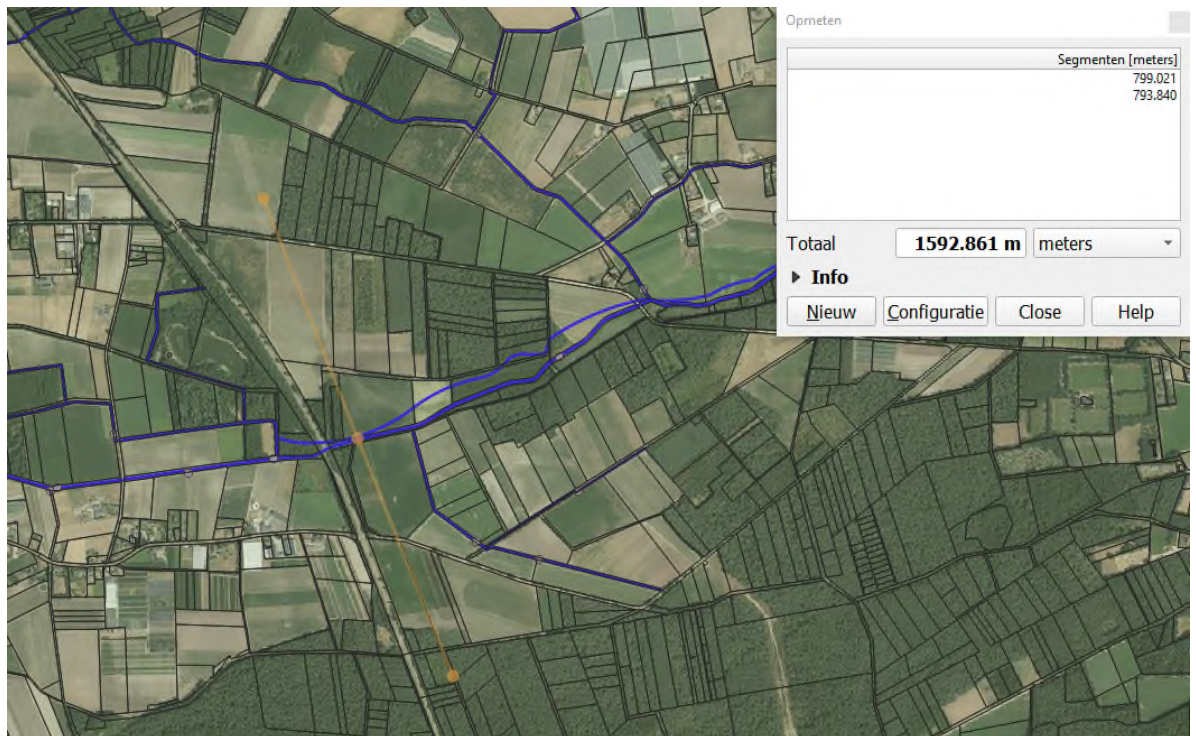
Tabel 4-6: Invloedsafstand tot 5 cm verlaging voor de berekende beekpeilverlaging tijdens de basisafvoer

Beekpeilverlaging bij basisafvoer	Afstand tot 5 cm verlaging
-0,56 centimeter	1208 meter
-0,40 centimeter	1040 meter
-0,33 centimeter	944 meter
-0,13 centimeter	478 meter

Om een indruk te krijgen van het maximale gebied dat door de daling van het oppervlaktewaterpeil kan worden beïnvloed zijn haaks op de Kwistbeek enkele afstandslijnen weergegeven (Figuur 4-47 en Figuur 4-48). Het betreft een worst case benadering waarbij in superpositie het maximaal beïnvloede gebied is uitgerekend. Deze maximale beïnvloeding zal beperkt worden door de aanwezigheid van oppervlaktewater. Deze beperking zal alleen optreden indien het aanwezige oppervlaktewater watervoerend is.



Figuur 4-47: maximale beïnvloedingszone als gevolg van een daling van het oppervlaktewaterpeil van -54 cm ter hoogte van de stuw

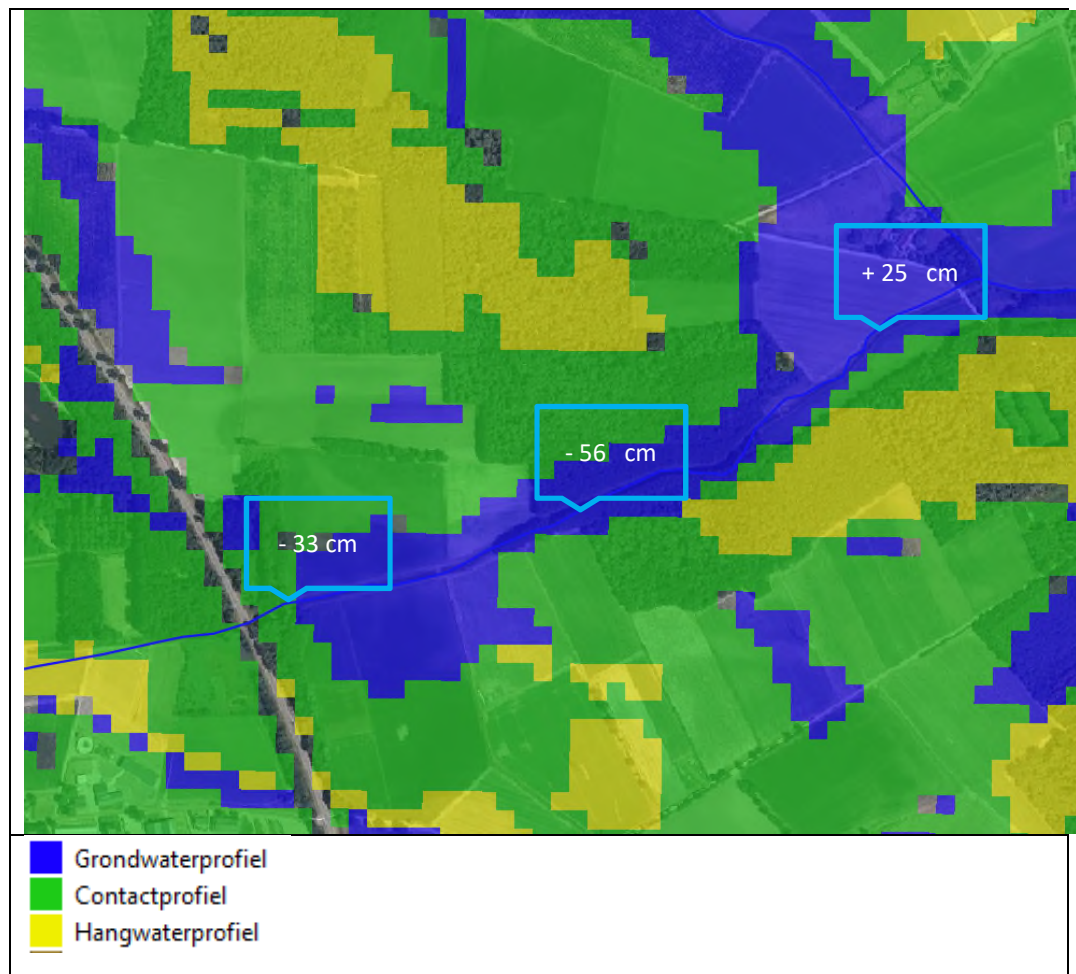


Figuur 4-48: maximale beïnvloedingszone als gevolg van een daling van het oppervlaktewaterpeil van -33 cm

4.6.1.4 Gevolgen voor de landbouw

De mogelijke gevolgen voor percelen die in landbouwkundig gebruik zijn is in hoge mate afhankelijk van de situatie voorafgaand aan de ingreep en de gevoeligheid voor veranderingen. De gevoeligheid voor veranderingen van natschade wordt vooral bepaald door de ontwateringssituatie in combinatie met bodemkundige omstandigheden. De gevoeligheid voor een toename van droogteschade wordt bepaald door het vochtleverend vermogen van de bodem. Dit vochtleverend vermogen is afhankelijk van de beschikbare vochtvoorraad in de wortelzone en de capillaire nalevering vanuit het grondwater. Om te bepalen in welke mate capillaire nalevering vanuit het grondwater van belang is voor de gewasproductie kan worden gekeken naar het profieltype (Figuur 4-49; <https://edepot.wur.nl/7870>). Het profieltype kan worden onderverdeeld in de volgende 3 profielen:

- Grondwaterprofielen zijn profielen waar het grondwater gedurende het gehele jaar relatief ondiep zit waardoor landbouwgewassen ook in droge perioden via capillaire nalevering over voldoende water kunnen beschikken.
- Contactprofielen zijn tijdelijk grondwaterprofielen waarbij het grondwater zo ver kan uitzakken dat een capillaire flux van 2 mm/d niet meer kan worden gerealiseerd waardoor in droge jaren sprake kan zijn van droogteschade.
- Hangwaterprofielen zijn profielen waar het grondwater zodanig diep zit dat de capillaire nalevering vanuit het grondwater beperkt is.



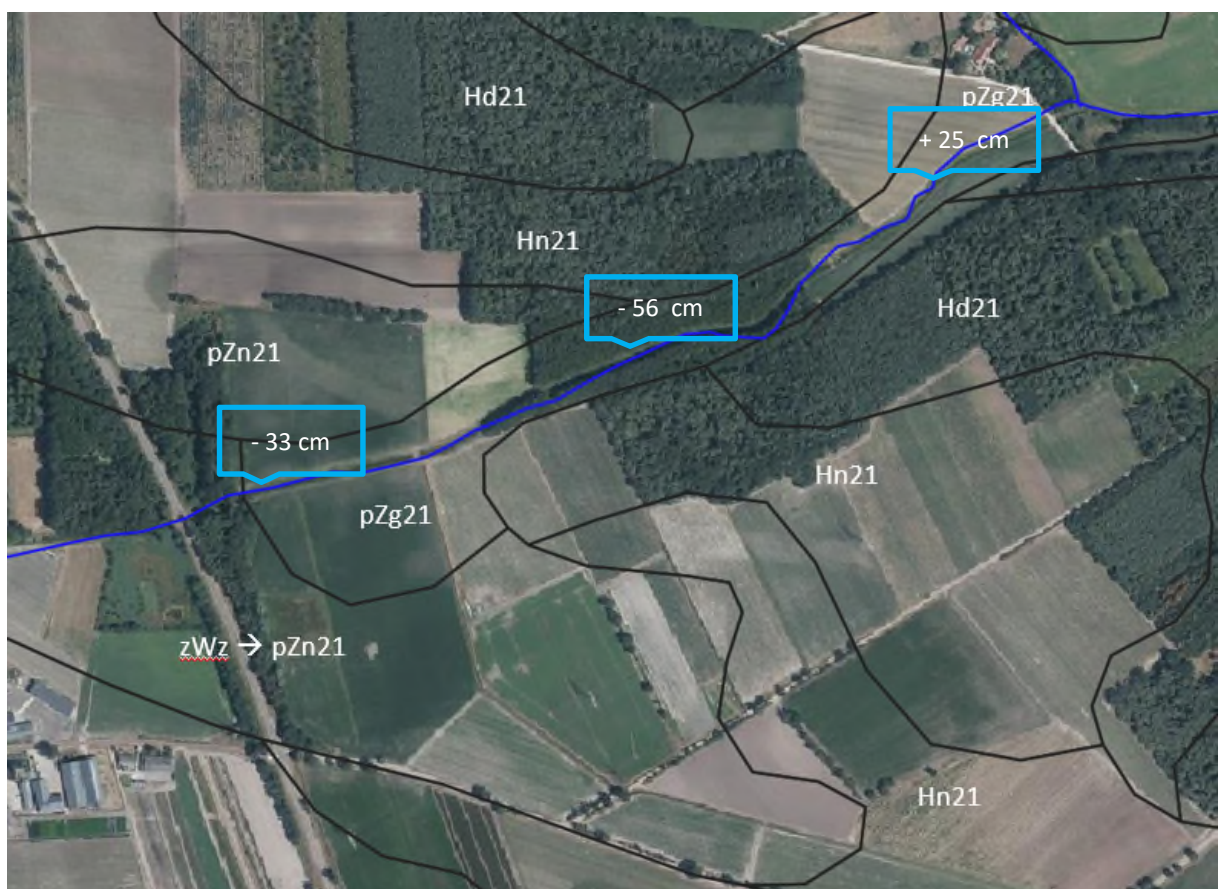
Figuur 4-49: Profielttype

Voor het analyseren van de effecten van een verandering van het oppervlaktewaterpeil kunnen de hangwaterprofielen buiten beschouwing worden gelaten. De gebieden met dit profieltype zijn in de huidige situatie al afhankelijk van de aanwezige vochtvoorraad in de wortelzone. De gebieden met een grondwaterprofiel zullen in de praktijk weinig droogteschade ondervinden. Doordat de profieltypen gebaseerd zijn op een 10% droog jaar zal ook een daling van het oppervlaktewaterpeil in deze gebieden niet direct tot een grote toename van droogteschade leiden. De gebieden met een contactprofiel zijn de gebieden die met betrekking tot een eventuele toename van droogteschade te maken kunnen krijgen. Vlak langs de beek bevinden zich de grondwaterprofielen. De contactprofielen op enige afstand van de beek zullen naar alle waarschijnlijkheid in meer of mindere mate worden beïnvloed door veranderingen in het beekpeil.

Uit het voorgaande blijkt dat de contactprofielen in een zone tot circa 1.000 meter vanwege een potentiële toename van droogteschade de aandachtsgebieden zijn. Voor de verdrogingsgevoeligheid zijn de bodemkundige gesteldheid en het grondwaterregime van belang.

Bodemkundige situatie

Het Beekdal van de Kwistbeek bestaat uit een leemarme tot zwak lemige, fijnzandige beekkeerdgrond (pZg21) (Figuur 4-50). Deze beekkeerdgrond gaat op enige afstand van de beek al snel over in een veldpodzolgrond (Hn21). Naarmate de afstand toeneemt worden haarpodzolgronden (Hd21) aangetroffen. Alle podzolgronden in dit gebied zijn gevormd in leemarm en zwak lemig fijn zand. De haarpodzol is een xeropodzolgronden die van oudsher onder droge omstandigheden is gevormd. De veldpodzol behoort daarentegen tot de hydropodzolgronden die onder natte omstandigheden zijn gevormd. In het westelijke deel van het gebied komen gooreerdgronden voor (pZn21). Ook deze gronden worden gekenmerkt door natte omstandigheden ten tijde van hun ontstaan. Deze gronden behoren dan ook tot de hydrozandeerdgronden. Op de bodemkaart komen verder naar het oosten ook moerige eerdgronden voor (zWz).



Figuur 4-50: Bodemkaart 1: 50.000

Nadere analyse verdrogingsgevoeligheid

Bovenstrooms van de locatie met een berekende verlaging van het beekpeil van -33 cm komen eerdgronden voor (pZn21 en zWz). Aangezien deze gronden minder droogtegevoelig zijn en het om een geringe daling van het beekpeil gaat, zal een eventuele toename van droogteschade zeer gering zijn. Op deze gronden zal juist eerder sprake zijn van natschade. Vanuit verdrogingsgevoeligheid zullen waarschijnlijk alleen de percelen bovenstrooms van de te verwijderen stuw en ten zuiden van de Kwistbeek enige toename van droogteschade kunnen krijgen. Het zijn vooral percelen met een veldpodzol.

4.6.1.5 Verandering in opbrengsten

Voor het bepalen van de effecten van het verwijderen van Stuw Dekershorst is een inschatting van de veranderingen in de opbrengst per perceel gemaakt. In deze paragraaf worden de te verwachte kwantitatieve effecten op perceelsniveau in beeld gebracht.

Teneinde de analyse op een eenduidige, herleidbare en objectieve wijze uit te voeren is gewerkt volgens een protocol. Voor het bepalen van de verandering in gewasopbrengst wordt hierbij doorgaans gebruik gemaakt van de Help-tabellen. Momenteel wordt voor het bepalen van de landbouwkundige opbrengst gewerkt aan een nieuwe methode. Hiervoor wordt onder de naam 'Waterwijzer Landbouw' een nieuw instrument ontwikkeld. (<http://waterwijzer.nl/>). De Waterwijzer is nog niet goed uitgetest en is nog niet gebruiksklaar (http://files.atlaterra.nl/Articles/VF2019_04_08_Waterwijzer_Schadeberekening.pdf). Daarom is gebruik gemaakt van de Help-tabellen om de landbouwkundige producties voor de beïnvloede percelen te bepalen.

De schadebepalingsmethodiek

Om een indruk te krijgen van mogelijke verschillen in opbrengsten zijn enkele opbrengst berekeningen uitgevoerd. Voor enkele kenmerkende voorbeelden die binnen het gebied voorkomen zijn de opbrengsten voor de huidige en een nieuwe situatie bepaald (Tabel 4-7). De drogere podzolgronden hebben in de huidige situatie alleen te maken met natschade. Voor de droge haarpodzolgronden met een hangwaterprofiel heeft een daling van de GHG en GLG geen toename van de droogteschade tot gevolg. De veldpodzolgronden hebben in de huidige situatie ook te maken met een aanzienlijke droogteschade. Doordat bij veel veldpodzolen sprake is van contactprofielen heeft een daling van het grondwater wel enige toename van de droogteschade tot gevolg. Voor de nattere gronden langs de beek (beekeerdgronden), indien wordt uitgegaan van akkerbouw, is sprake van vooral natschade. Bij een daling van de grondwaterstand als gevolg van een beekpeilverlaging neemt de natschade af en de droogteschade toe (Tabel 4-7).

De verandering in schadepercentages heffen elkaar in dit voorbeeld ongeveer op. Dit is een kenmerkende situatie voor grondwaterprofielen. Ook bij de nattere gooreerdgronden is sprake van een vergelijkbare situatie. In de huidige situatie is er vooral sprake van natschade van 11%. Bij een daling van het grondwaterniveau (GHG -10/GLG -30) als gevolg van een beekpeilverandering neemt de natschade tot 5% af. De droogteschade neemt echter van 4% tot 10% toe waardoor per saldo geen sprake is van een toename van de schade (verschil 0%).

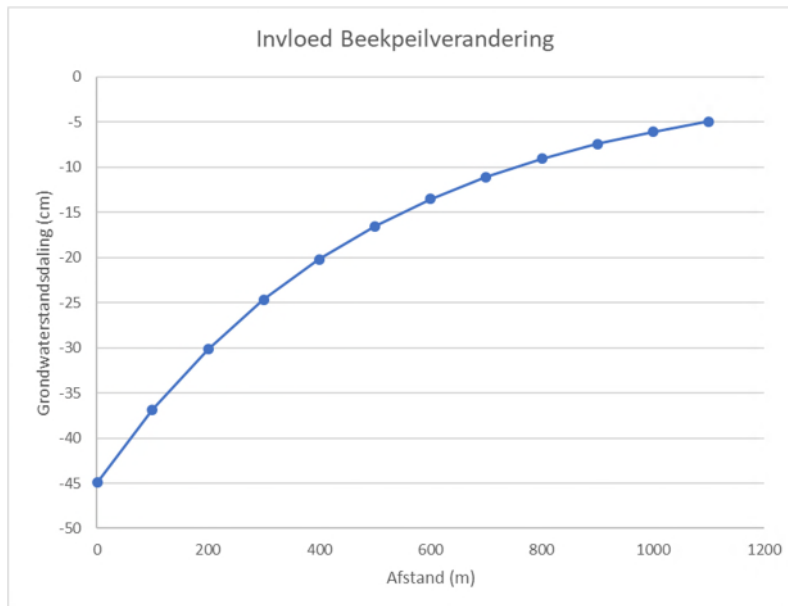
Tabel 4-7: bepaling van de opbrengst voor enkele kenmerkende situaties waarbij is uitgegaan van akkerbouw.

Bodemtype	Bodemcode	Huidig (m – mv)		Schade (%)			Nieuw (m – mv)		Schade (%)			toename
		GHG	GLG	Nat	Droog	Totaal	GHG	GLG	Nat	Droog	Totaal	
Beekeerdgrond	pZg21	35	100	11	3	14	45	130	6	8	14	0
gooreerdgronden	pZn21	35	110	11	4	15	45	140	5	10	15	0
veldpodzolgrond	Hn21	80	190	0	20	20	90	220	0	24	24	4
Haarpodzolgronden	Hd21	160	260	0	30	30	170	290	0	30	30	0

4.6.1.6 Opbrengstverandering per perceel

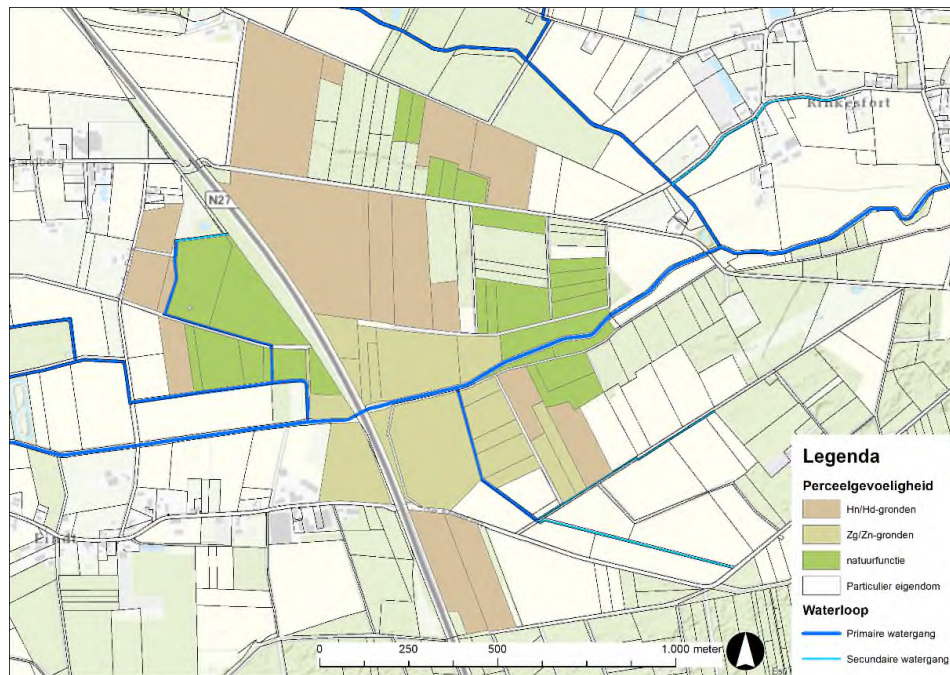
Beekpeilverlaging

De veranderingen in het beekpeil zijn berekend met het model SOBEK. De ruimtelijke invloed van een verandering van het beekpeil neemt af naarmate de afstand tot de beek toeneemt. De mate waarin de invloed van het beekpeil afneemt is afhankelijk van de eigenschappen van de ondergrond. In het Kwistbeekgebied is deze ruimtelijke beïnvloeding tot ongeveer 1000 meter (Figuur 4-51).



Figuur 4-51 Voorbeeld van een afstandsrelatie waarin de invloed van een beekpeilverlaging is uitgezet tegen de afstand tot de beek.

Als gevolg van de ruimtelijke beïnvloeding van de beek die tot ruim 1000 meter kan bedragen zijn er meerdere percelen die in meer of mindere mate kunnen worden beïnvloed (Figuur 4-52). Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de functie landbouw en natuur. De natuurfunctie betreft in dit geval bossen die op de hogere zandgronden liggen. Op deze zandgronden zijn over het algemeen hangwaterprofielen aanwezig, die ze ongeschikter maakt voor landbouwkundige productie. Doordat hier het grondwaterniveau al laag is, heeft een verlaging hiervan weinig tot geen invloed op de vegetatie.



Figuur 4-52: Percelen waarbij het verwijderen van de stuw een verlaging van de grondwaterstand tot gevolg kan hebben gecombineerd met bodemsoort of natuurfunctie.

Bepaling van de GXG verandering

Om de doorwerking van deze peilverandering op de GxG te bepalen is de berekende beekpeilverlaging aan de percelen langs de beek toegekend. Deze toekenning heeft op basis van de hiervoor beschreven theorie en op basis van expert-judgement plaatsgevonden. Aan percelen die verder van de Kwistbeek verwijderd zijn en dicht bij een andere op peil gehouden waterloop liggen is een waarde van 0 (on-beïnvloed) toegekend (Figuur 4-53). Bij het toekennen van de verlaging aan een perceel is tevens rekening gehouden met de afname in peilverlaging in westelijke richting.

Zoals eerder aangegeven is naast de peilverlaging ook de afstand tot de beek van belang. Teneinde voor een perceel de afstand tot de Kwistbeek te kunnen verdisconteren is per perceel het middelpunt bepaald. Vervolgens is de afstand tot de Kwistbeek bepaald. Deze afstand is gebruikt om de aan de percelen toegekende beekpeilverlaging te corrigeren. Op deze wijze is rekening gehouden met de geohydrologische eigenschappen van het gebied.



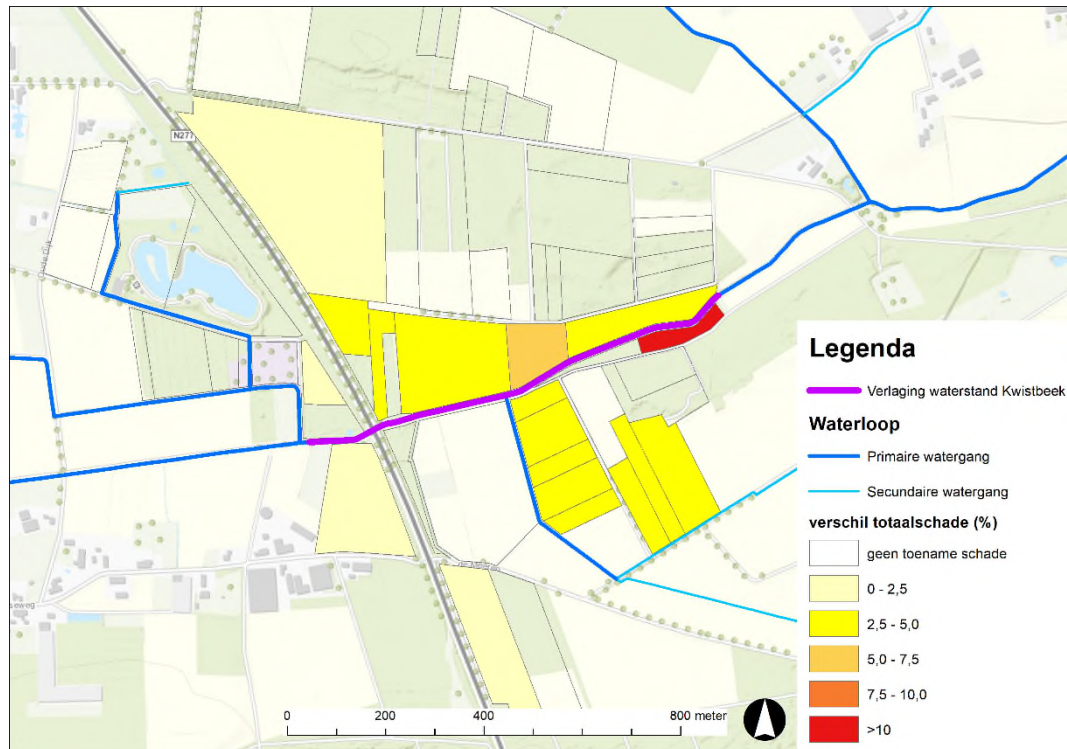
Figuur 4-53 Ruimtelijke invloed van de verlaging van het beekpeil.

Opbrengstverandering

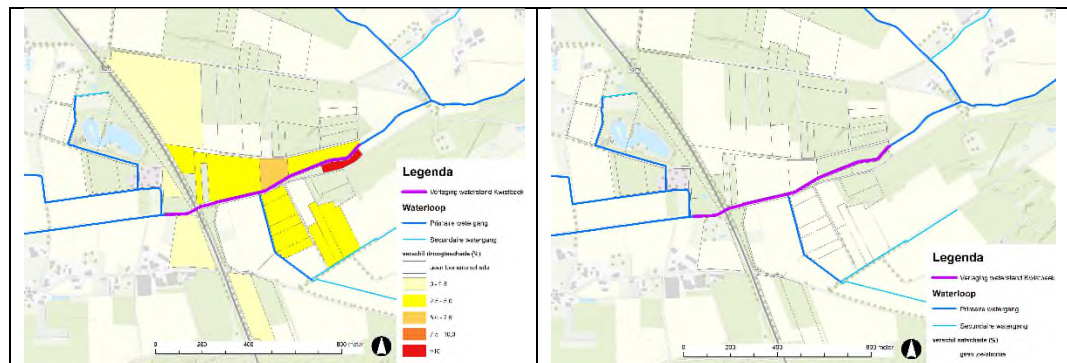
Nadat de grondwaterstandsdeling voor de GHG en GLG zijn berekend zijn de schadepercentages voor de toekomstige situatie bepaald. Deze schadepercentages zijn vervolgens op kaart gezet, waarin de percelen met een toename aan totale schade is weergegeven. Over het algemeen zijn de verschillen in schade beperkt en blijven deze binnen enkele procenten (Figuur 4-54). De meeste toename aan schade is aanwezig aangrenzend aan de beek. Vooral voor het perceel ten zuiden van de Kwistbeek net bovenstrooms van de te verwijderen stuw is sprake van een toename van de schade. Dit perceel is in de praktijk een bosperceel (in tegenstelling tot wat in het kadaster is opgenomen), waardoor feitelijk geen sprake is van landbouwschade.

Om te analyseren of er naast een toename van droogteschade ook sprake is van een afname van natschade is ook het verschil in droogteschade en natschade afzonderlijk bekeken (Figuur 4-55). Uit de kaarten blijkt dat in het gebied alleen maar sprake is van een verandering in droogteschade. Uitgaande van de met het IBRAHYM-model berekende GxG blijken er maar enkele percelen te zijn waar in zowel de huidige als de toekomstige situatie sprake is van natschade (Figuur 4-55).

Het zijn alleen de percelen die ten westen van de Midden Peelweg liggen. Doordat de GHG in deze percelen niet wordt beïnvloed door het verwijderen van de stuw vindt er geen afname in natschade plaats.



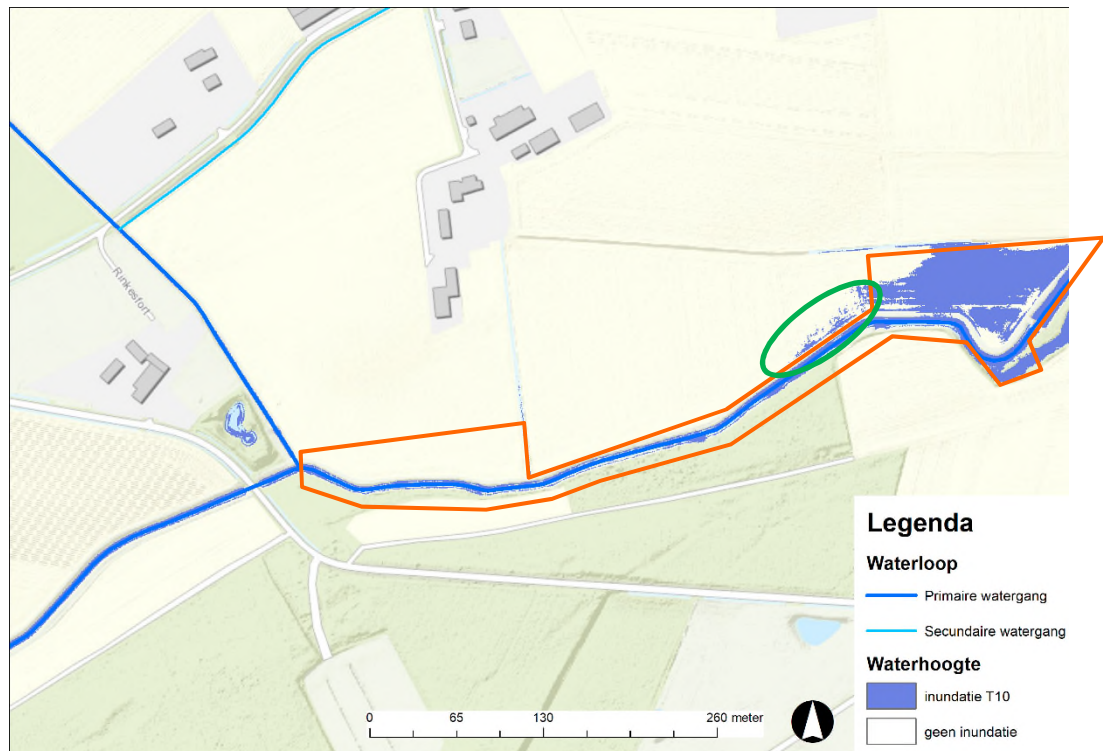
Figuur 4-54 Verschil in totaalschade bij landbouwgebieden tussen de huidige (met stuw) en toekomstige situatie (zonder stuw) uitgaande van de met het IBRAHYM-model berekende GxG.



Figuur 4-55 Verschil in droogteschade (links) en natschade (rechts) bij landbouwgebieden tussen de huidige (met stuw) en toekomstige situatie (zonder stuw) uitgaande van de met het IBRAHYM-model berekende GxG.

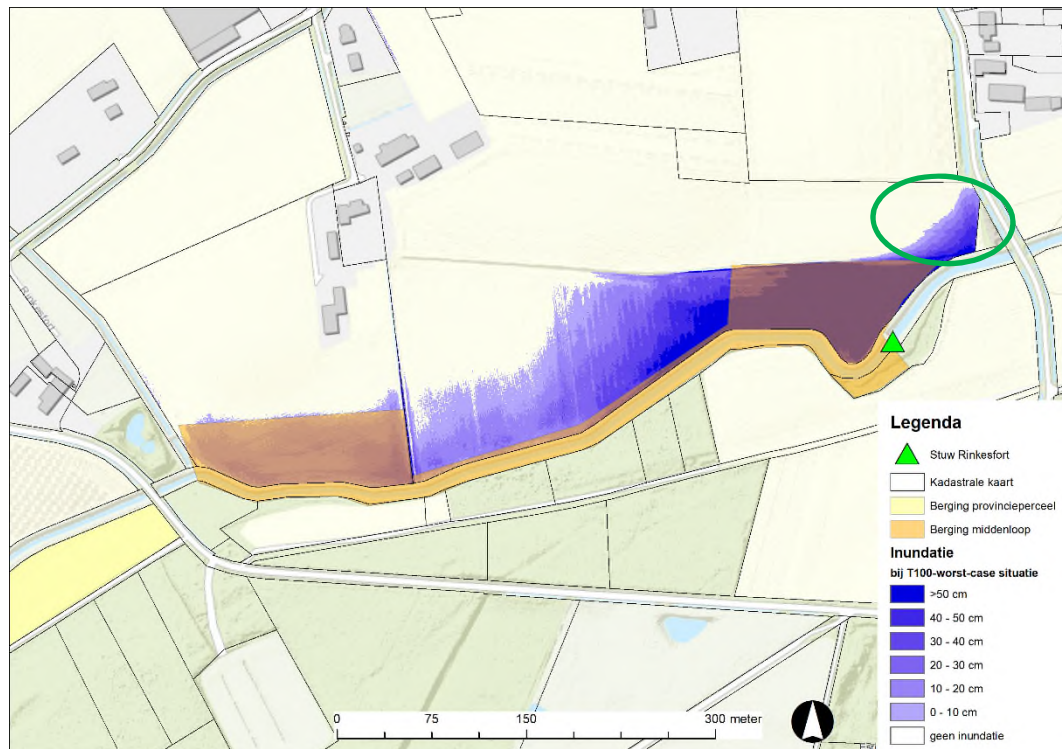
4.6.2 Stuw Rinkesfort

Bij een T10-zomersituatie komt het peil vlak bovenstrooms de stuw Rinkesfort bij inzet van de berging tot een hoogte van 25,32 m +NAP. Een klein deel van het aangrenzend perceel aan de noordkant van de Kwistbeek dat niet in gebruik is als waterberging en een norm heeft van 1:10 jaar inundeert als gevolg van de inzet (zie Figuur 4-36). Dit kan gemitigeerd worden door het maaiveld op te hogen tot een hoogte van minimaal 25,40 m +NAP.



Figuur 4-56: Inundatie bij een T10-zomersituatie in de middenloop met de voorgenomen afgraving in oranje en binnen de groene ovaal de inundatie buiten het bergingsgebied.

Bij een T100-worst-case-situatie is de inundatie groter (zie Figuur 4-56) tot maximaal 50 cm in het uiterste zuidoostelijke deel van het perceel. Om inundatie te voorkomen is een maaiveldverhoging tot een hoogte van circa 26,15 m +NAP gewenst, teneinde inundatie onder alle omstandigheden te voorkomen.



Figuur 4-57: Inundatie(diepte) bij een T100-worst-case-situatie bij inzet van de berging. Het gebied dat inundeert binnen de groene ovaal is een modelmatig verschil en inundeert in werkelijkheid niet doordat een kade wordt aangelegd om achterloopsheid langs de stuw te voorkomen.

Gelijk aan de effecten van de bovenstroomse berging De Baendj zijn er betreffende grondwater geen effecten door inzet van de berging gezien de kortstondige aard van de extreme situatie en inzet van de berging (circa een dag). Grondwaterstromen hebben meer tijd nodig om te kunnen doorwerken in de omgeving. Daarom zijn er buiten de inundatie geen negatieve effecten als gevolg van de inzet van de berging.

4.7 Mitigerende maatregelen middenloop

In de middenloop spelen de effecten door het verwijderen van de stuw Dekeshorst en de inzet van de waterberging. Er zijn mogelijkheden om de effecten te verminderen en de gevolgen te mitigeren.

Verwijderen stuw

Als mitigerende maatregelen voor het verwijderen van de stuw gedurende droge perioden moet vooral worden gedacht aan het tegengaan van het uitzakken van het waterpeil of het beregenen van de gewassen. Vanuit het waterschap is alleen het tegengaan van het uitzakken van het waterpeil aan de orde. Ook in de huidige situatie is al sprake van wateraanvoer. Als compenserende maatregel gedurende extreem droge situaties kan het effect van de wateraanvoer worden verhoogd door het waterpeil voor de benedenstrooms gelegen duiker onder de weg 203 (onverharde weg) te verhogen middels schotbalken te plaatsen. Deze duiker wordt in het kader van het project vervangen, vanwege de aangepaste bodemhoogte en de doorstroming. Door deze duiker te voorzien van een sponning waarin schotbalken kunnen worden geplaatst kan de mogelijkheid voor het opstuwten van water op relatief eenvoudige wijze worden gerealiseerd.

Het is hierbij tevens wenselijk de duiker zo hoog mogelijk te maken teneinde het risico op stremming tijdens hoge afvoeren te minimaliseren. De B.O.B. hoogte van de duiker is 24,40m +NAP.



Figuur 4-58: Locatie van de nieuw te plaatsen duiker met stuwvoorziening.

Waterberging

Uitgaande van een maximum waterpeil tijdens inzet van de berging bij de norm-situatie (1:10 jaar) is het nodig om een oppervlak van circa 0,1 ha te verhogen tot een hoogte van 25,4 m +NAP (zie Figuur 4-56). Omdat bij inzet van de berging de situatie verslechterd ten opzichte van de huidige situatie moeten deze effecten worden gemitigeerd. Bij een T100-worstcase-scenario komt het waterpeil net bovenstrooms van de stuw Rinkesfort tot maximaal 25,9 m +NAP waardoor een maaiveldverhoging tot circa 26,15 m +NAP voldoet om de effecten te mitigeren.

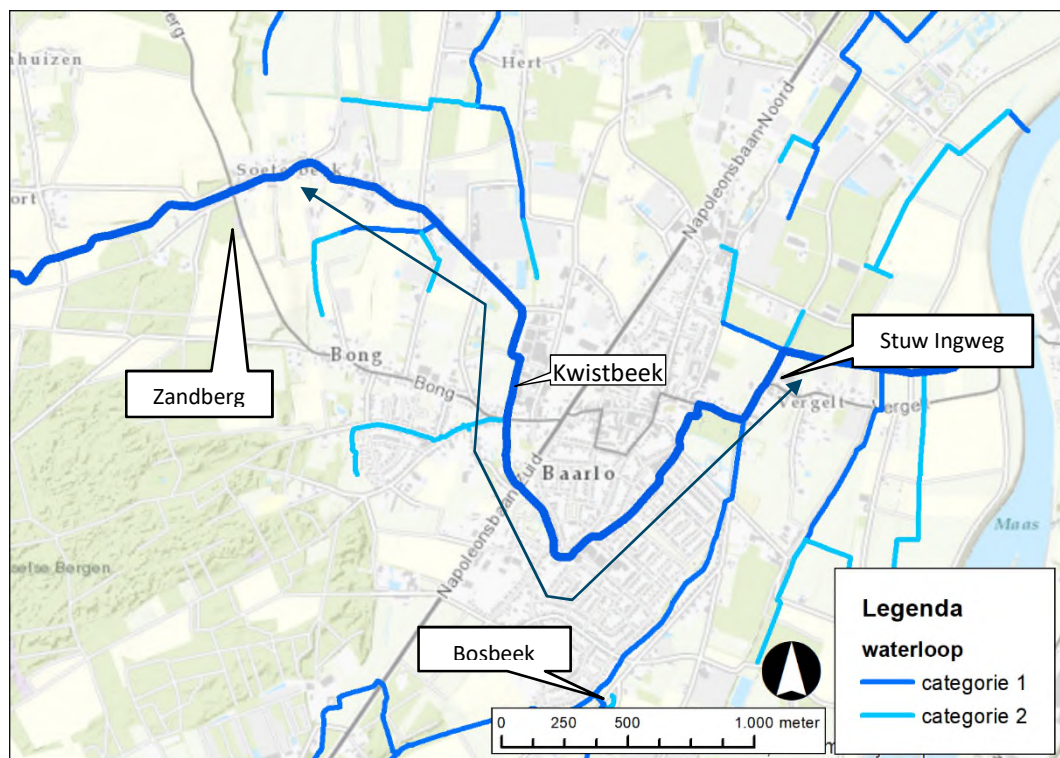
4.8 Normering Regionale Wateroverlast

In de figuur met de normering in paragraaf 2.4 is te zien dat het aanliggende maaiveld in dit gedeelte van de Kwistbeek een normering heeft van maximaal 1:10j. Bij een T10-zomer- en wintersituatie vindt er indien de voorgestelde mitigerende maatregelen worden gerealiseerd geen inundatie plaats. De inundatie blijft beperkt tot het hiervoor ingerichte gebied. Hierdoor voldoet het ontwerp aan de normering. Daarnaast voldoet het gebied bovenstrooms van de Breukerheide niet aan de norm. Om dit gebied te ontlasten worden specifieke maatregelen getroffen (zie paragraaf 4.4).

5 De Benedenloop

5.1 Watersysteembeschrijving Benedenloop

De benedenloop van de Kwistbeek loopt tussen de Zandberg in Soeterbeek via Baarlo naar de monding in de Maas (zie Figuur 5-1), de scope van het project loopt tot stuw Ingweg. Hierbij loopt de Kwistbeek in een bocht door Baarlo heen. Onder de Maasstraat stroomt de Kwistbeek door een lange overkluizing. Benedenstrooms van Baarlo voegt de Bosbeek zich via een lange overkluizing onder de Kasteellaan bij de Kwistbeek.



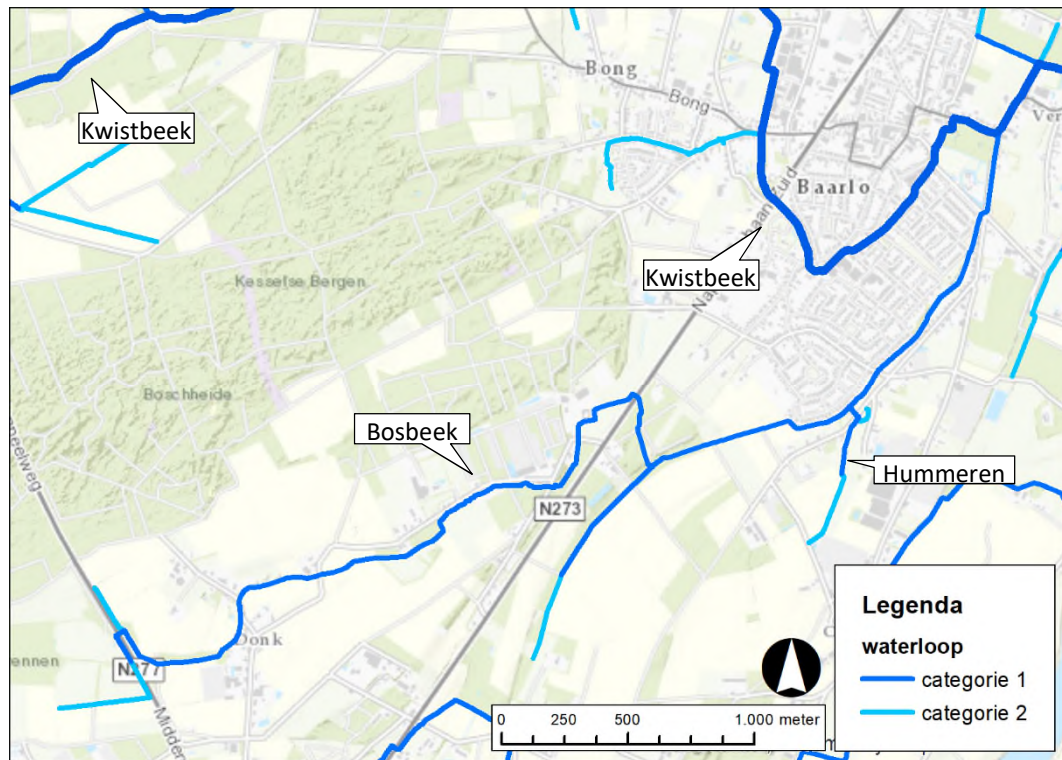
Figuur 5-1: Overzicht van de benedenloop van de Kwistbeek door Soeterbeek en Baarlo en de monding in de Maas.

Oppervlaktewatersysteem

Het benedenstroomse gedeelte van de Kwistbeek bevat meerdere beweegbare stuwen die in de praktijk veelal op een vaste stuwhoogte staan afgesteld. Tussen Soeterbeek en Baarlo liggen een aantal stuwen en bodemvallen. Deze worden gebruikt om het gemiddelde verhang van circa 1,5 m/km te overbruggen. Het eerste gedeelte door Baarlo heeft een duidelijk lager verhang met circa 1 m/km, om vervolgens tot aan de monding in de Maas weer toe te nemen tot 2 m/km.

5.2 Watersysteembeschrijving Bosbeek

De Bosbeek ligt ten zuiden van de Kwistbeek en mondt in de benedenloop van de Kwistbeek uit.



Figuur 5-2: De Bosbeek met de uitmonding in de Kwistbeek.

Oppervlaktewatersysteem

De Bosbeek heeft een lengte van oorsprong tot uitmonding van circa 5,5 km. Het bovenstroomse gedeelte van circa 2 km heeft een laag verval van circa 0,2 m/km. Dit loopt in het middengedeelte op naar een hoog verhang van 3,5 m/km om daarna af te vlakken naar 0,5 m/km. Vlak voor de monding in de Kwistbeek voegt de zijtak Hummeren zich bij de Bosbeek, waar een ingerichte waterbergingslocatie aanwezig is (buffer Bosbeek). Het oppervlak van deze waterberging is circa 2.500 m². De Bosbeek wordt gestuwd door twee stuwen waarvan de laatste stuw bovenstrooms van de overkluizing van de Kwistbeek ligt. Deze overkluizing (lange duiker) met een lengte van circa 600 m en een diameter van 800 mm vormt tevens het uitstroompunt van de Bosbeek in de Kwistbeek.

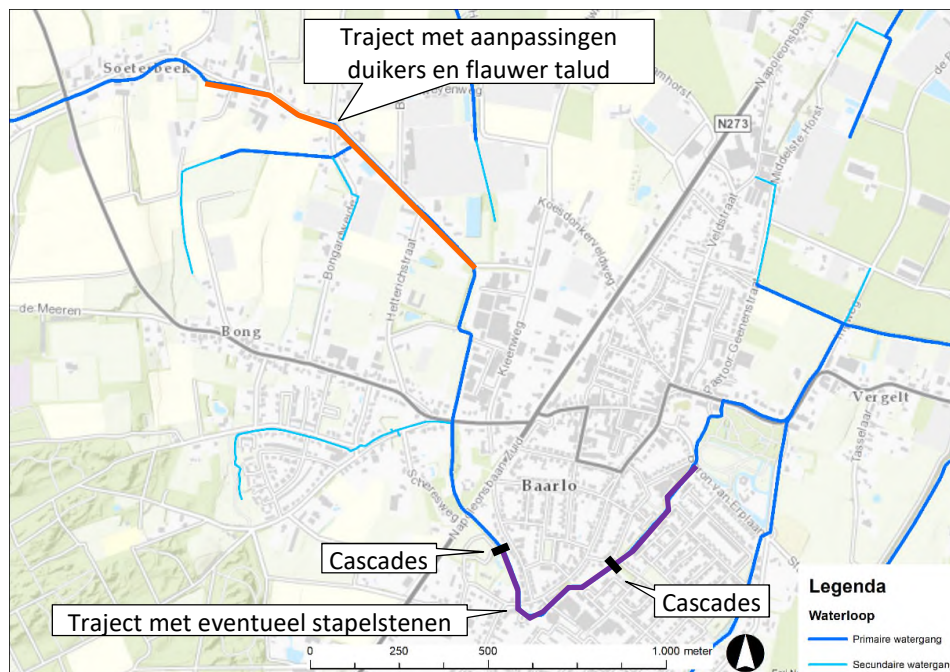
5.3 Voorontwerp benedenloop

In de benedenloop worden een aantal aanpassingen doorgevoerd aan duikers, profielen en bodemvallen. Daarnaast wordt een bypass aangelegd bij de watermolen, om tijdens hoge afvoeren vlak bovenstrooms van de opstuwende watermolen wateroverlast te voorkomen.

5.3.1 Aanpassingen profielen en duikers

Duikers tussen Soeterbeek en Baarlo

Ten behoeve van beheer en onderhoud worden bij de benedenloop in de Kwistbeek een aantal duikers vervangen. De duikers die vervangen moeten worden hebben nu afmetingen van rond 1.600 mm, 1.800 mm en 1,6 bij 2,0 m en worden vervangen door duikers met een breedte van 2,5 m en een hoogte van 1,5 m. Doordat het doorstroomoppervlak wordt vergroot, en dit gedeelte van de Kwistbeek gestuwd blijft, zijn er geen noemenswaardige hydrologische effecten als gevolg van de plaatsing van de nieuwe duikers berekend.



Figuur 5-3: Locatie van de maatregelen aan de duikers, het talud en de bodemvallen.

Talud Soeterbeek-Baarlo

Ten behoeve van onderhoud en ter voorkoming van uitspoeling wordt tussen Soeterbeek en Baarlo een deel van het talud aan één kant van de Kwistbeek licht flauwer aangelegd. Dit is eveneens in een gestuwd deel van de Kwistbeek waardoor geen veranderingen in waterpeil te verwachten zijn. Doordat de bodembreedte gelijk blijft zijn alleen bij hogere afvoeren lagere stroomsnelheden te verwachten. Echter door de geringe omvang van de verbreding van de insteek zijn deze veranderingen minimaal.

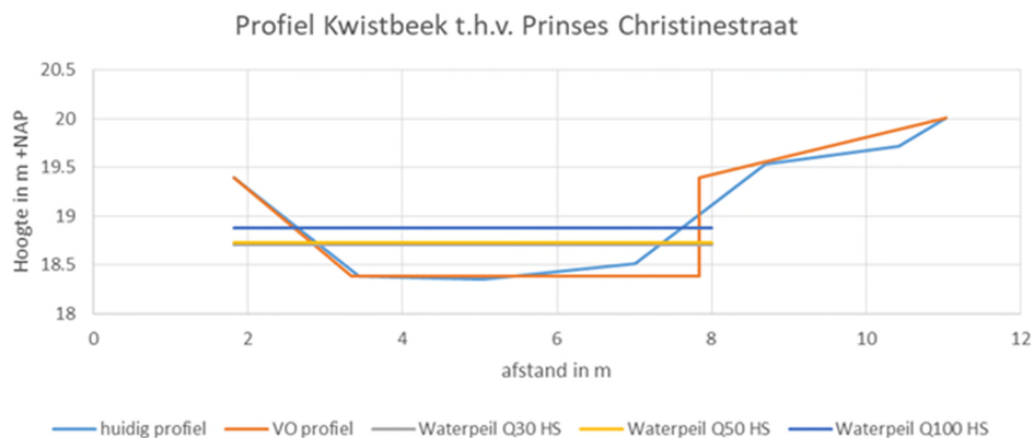
Bodemvallen Baarlo

Drie bodemvallen worden in de benedenloop vervangen. Voor de bodemval in Soeterbeek wordt een vergelijkbare constructie teruggebracht. De bodemvallen in de dorpskern Baarlo worden beide vervangen voor drie cascades. De twee bodemvallen hebben in de huidige situatie een verval van 0,3 m, waardoor de drie cascades een verval moeten hebben van 0,1 m per cascade. De bovenstroomse bodemval wordt vervangen door cascades met een hoogte van 18,9, 18,8 en 18,7 m +NAP, de benedenstroomse bodemval door cascades met een hoogte van 18,0, 17,9 en 17,8 m +NAP.

Profielen Baarlo

Ten behoeve van de aanleg van een onderhoudspad worden de profielen in Baarlo op een aantal locaties voorzien van een rechte oeverconstructie van stapelstenen. Aangezien er op een aantal locaties weinig ruimte beschikbaar is, wordt op het profiel ter hoogte van de boveninsteek iets versmald. Om de afvoer te waarborgen wordt het natte oppervlak van de beek gelijk gehouden. Voor twee locaties zijn de veranderingen in waterstanden berekend met een stationaire berekening.

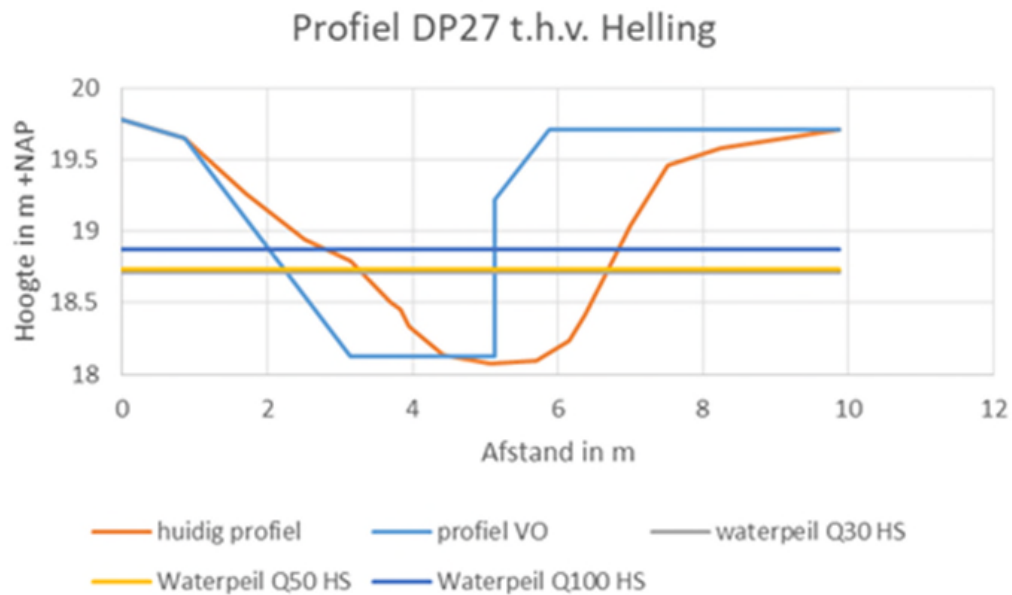
Het eerste doorgerekende profiel is ter hoogte van de Prinses Christinestraat (zie Figuur 5-4). Bij een volledige stationaire stroming treden de waterpeilen op zoals weergegeven in Tabel 5-1. Het tweede doorgerekende profiel is ter hoogte van de weg Helling (zie Figuur 5-5). Bij een volledige stationaire stroming treden de waterpeilen op zoals weergegeven in Tabel 5-2.



Figuur 5-4: Profiel Kwistbeek ter hoogte van de Prinses Christinestraat in de huidige en toekomstige situatie.

Tabel 5-1: Waterstanden ter hoogte van de Prinses Christinestraat bij een stationaire afvoer.

Afvoersituatie	Waterpeil HS in m +NAP	Waterpeil VO in m +NAP	Verschil in m
30% MA	18,71	18,59	-0,12
50% MA	18,73	18,69	-0,04
100% MA	18,88	19,01	+0,13



Figuur 5-5: Profiel Kwistbeek ter hoogte van de weg Helling in de huidige en toekomstige situatie.

Tabel 5-2: Waterstanden ter hoogte van de weg Helling bij een stationaire afvoer.

Afvoersituatie	Waterpeil HS in m +NAP	Waterpeil VO in m +NAP	Vershil in m
30% MA	18,71	18,54	-0,17
50% MA	18,73	18,59	-0,14
100% MA	18,88	18,88	+0,01

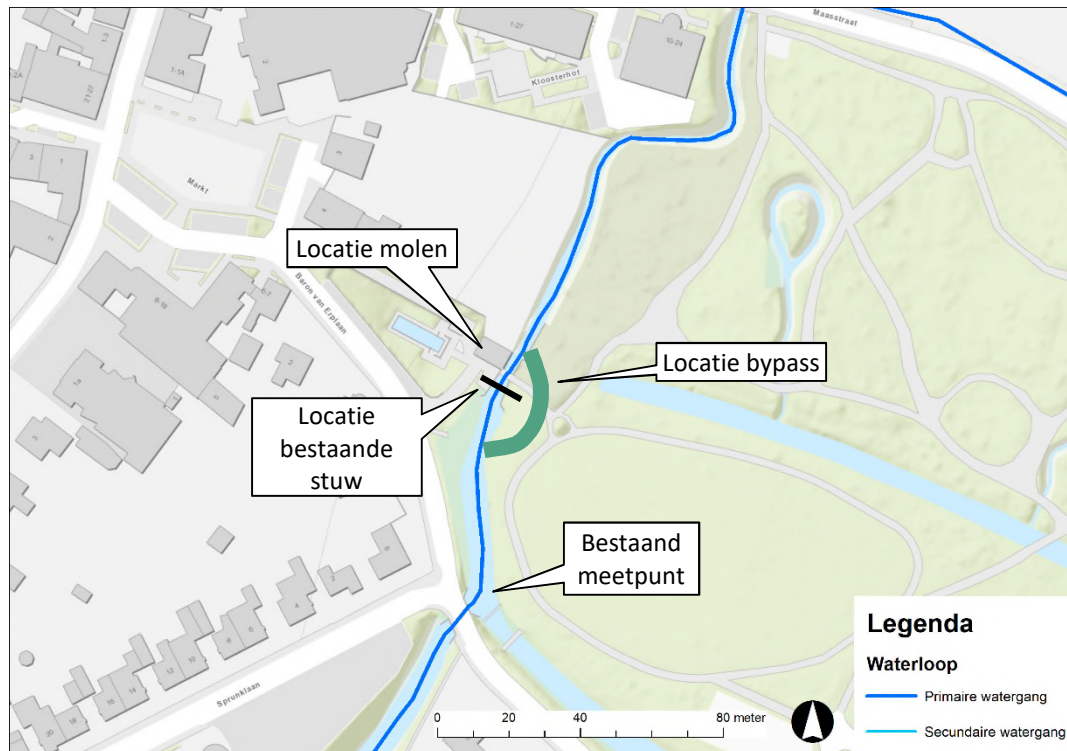
Omdat het watersysteem elke 200-400 m een opstuwend element heeft, zoals een bodemval, brug of een duiker is in de praktijk het verschil in waterpeilen nog kleiner dan stationair berekend. Voor dit traject zijn de waterpeilen voor de zekerheid nagerekend met het SOBEK model. Uit de rekenresultaten blijkt dat voor de Q30 en Q50 de waterpeilen 0,01 m omlaag gaan en voor de Q100 0,03 m omlaag. De effecten van de gekozen herinrichting is dus heel gering en heeft nauwelijks effect op de drooglegging.

5.3.2 Bypass molen Baarlo

Om wateroverlast bij de molen in de toekomst zo goed mogelijk te voorkomen wordt een bypass aangelegd (zie Figuur 5-6). Ten oosten van de molen moet een laagte in het maaiveld komen, waar het water bij hoge afvoeren door kan stromen. Om de werking van de molen en de wandelroute van het park naar de molen te behouden, wordt de bodemhoogte zo bepaald dat de bypass alleen tijdens een (te) hoog waterpeil watervoerend is. Om deze hoogte inzichtelijk te maken is een analyse gemaakt van het meetpunt bovenstrooms van de molen.

De bypass wordt ingericht als laagte met flauwe taluds aan weersijden (1 op 10). De bodembreedte bedraagt 2,0 m. Het onderhoudspad wordt glooiend aangelegd en volgt de bodemhoogte van de bypass. Het is gewenst dat er water via de bypass gaat bij afvoeren boven de maatgevende afvoer en waterpeilen hoger dan het stuwpeil van de molen.

De bypass sluit benedenstrooms van de molen aan op de Kwistbeek. Onder extreme omstandigheden is er voldoende verval over de stuwen en de molen waardoor de bypass vrij kan afwateren. Het waterpeil is bij het uitstroompunt bij de T100 situatie maximaal 17,8 m +NAP. Dit peil is in deze situatie 0,8 m lager dan het bovenstroomse waterpeil.



Figuur 5-6: Gewenste inrichting en de locatie van de molen Baarlo en het meetpunt.

Gewenste bodemhoogte

Uit de analyse van het meetpunt is gebleken dat de berekende waarden hoger liggen dan de gemeten waarden, zoals is weergegeven in Tabel 5-3. Het verschil tussen de gemodelleerde en gemeten waarde bij het meetpunt en net bovenstrooms van de molen is minimaal 0,01 m en maximaal 0,13 m. Aangezien het stuwpeil bij inzet van de molen bij het meetpunt ongeveer 18,4 m +NAP is en het verval conservatief ingeschat op ongeveer 0,05 m, is het stuwpeil bij de molen ongeveer 18,35 m +NAP. De overlaat zal iets boven dit waterpeil moeten gaan werken vanaf 18,45 m +NAP. Deze hoogte is daarmee de bodemhoogte van de bypass bij de aansluiting bovenstrooms van de molen. De aansluiting benedenstrooms van de molen krijgt een bodemhoogte van 18,2 m +NAP waardoor voldoende doorstroming wordt gerealiseerd.

Tabel 5-3: Analyse zomerwaterpeilen bij meetpunt Kwistbeek Beekherstel 2 Molen Baarlo en net bovenstrooms van molen (locatie zie Figuur 5-6).

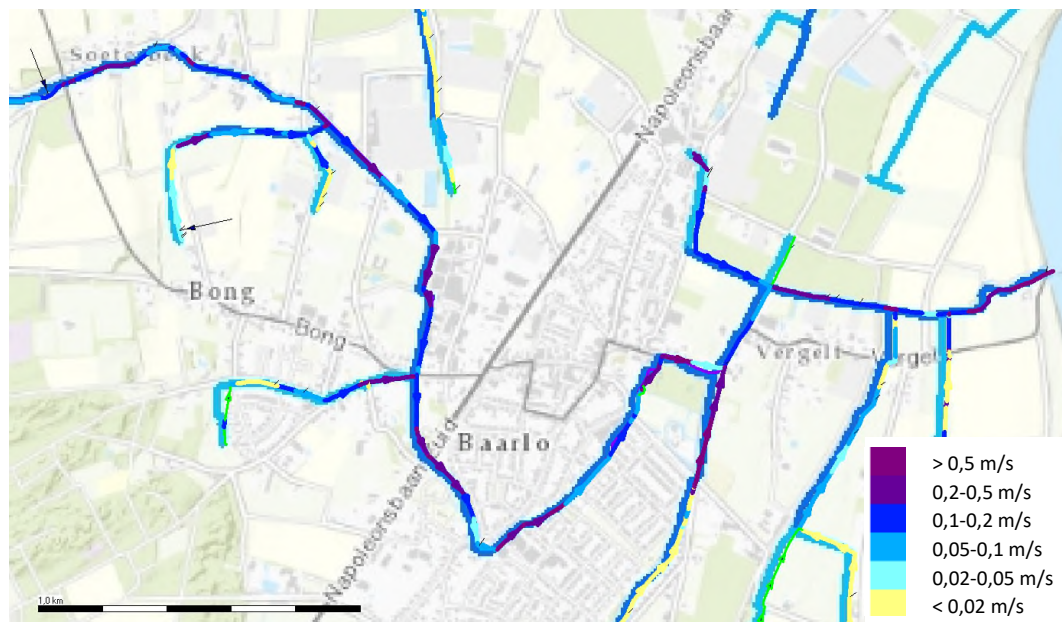
Locatie	Kwistbeek Beekherstel 2 Molen Baarlo			Net bovenstrooms van molen Baarlo	
Afvoersituatie	Gemodelleerd m + NAP	Gemeten m + NAP	Verskil m	Gemodelleerd m + NAP	Verskil tussen locaties m
0,3 MA	18,02	17,70	0,31	18,01	0,01
0,5 MA	18,08	18,04	0,04	18,04	0,04
1 MA	18,28	18,07	0,20	18,15	0,13
T10 zomer	18,54	-	-	18,48	0,06
T25 zomer	18,60	-	-	18,54	0,06
T100 zomer	18,67	-	-	18,60	0,07

Afmetingen bypass

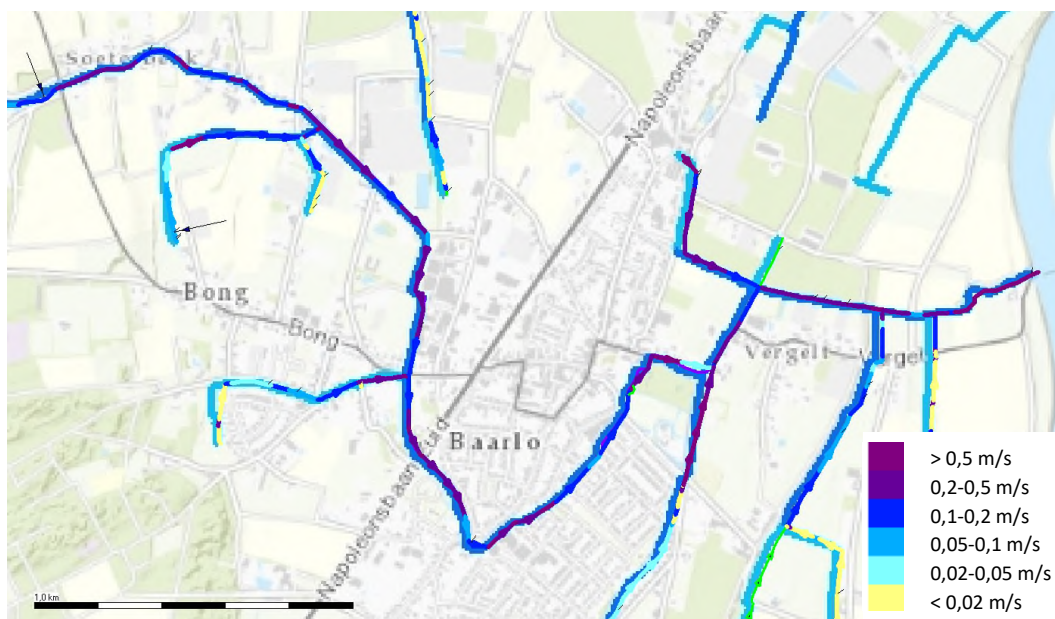
De bypass krijgt een lengte van ongeveer 40 m. De totale breedte van de bypass, inclusief taluds en bodembreedte, bedraagt ongeveer 8 m. Met een verschil in bodemhoogte bovenstrooms en benedenstrooms de aansluiting met de Kwistbeek van 0,2 m is een waterdiepte van 0,45 m voldoende om de maximale afvoer van 2,1 m³/s te verwerken. Het maaiveld ter plaatse van de bypass loopt van circa 19,0 m +NAP bovenstrooms naar circa 18,8 m +NAP benedenstrooms. Een ontgraving van 0,6 m is voldoende om de benodigde afvoer te realiseren.

5.4 Effecten op de omgeving

De benedenloop van de Kwistbeek heeft een gestuwd karakter. Dit blijft in de toekomstige situatie gehandhaafd. Daardoor zijn er geen effecten op de omgeving. Bij extreme afvoeren wordt een groot deel van het water opgevangen en vertraagd afgevoerd bovenstrooms van de benedenloop, waardoor de kans op inundaties tijdens deze omstandigheden afneemt.



Figuur 5-7: stroomsnelheid in de bovenloop in de toekomstige situatie bij een Q30-zomer afvoer in de benedenloop.



Figuur 5-8: stroomsnelheid in de bovenloop in de toekomstige situatie bij een Q50-zomerafvoer in de benedenloop.

6 Conclusie

6.1 Bovenloop

De percelen tussen de Kwistbeek, de Broekbemt en de AVL worden ingericht als overloopgebied De Baendj. Deze locatie is gekozen uit effectiviteits- en kostentechnische overwegingen. Daarnaast is gekeken naar beschikbare eigendommen en maaiveldhoogte. Het gebied dat gaat worden ingezet als berging heeft een oppervlakte van circa 87.000 m² en kan circa 20.000 m³ water bergen. De gemiddelde waterdiepte bedraagt ongeveer 30 cm. De inzet en aansturing van het overloopgebied is afhankelijk van de vullingsgraad van buffer Stogger en het waterpeil in de Kwistbeek nabij Soeterbeek.

Om het overloopgebied te realiseren worden kunstwerken aangelegd. Het bergingsgebied De Baendj kan via een overlaat volstromen. Deze overlaat krijgt een breedte van 50 m en een hoogte van 28,20 m +NAP. In het buffergebied kan bij een peil van 28,15 m +NAP de benodigde 20.000 m³ water worden geborgen. Deze hoogte komt daarom overeen met de hoogte van de van de noodoverlaat. Om de omgeving tegen inundaties te beschermen wordt er een kade rondom het buffergebied aangelegd. De kadehoogte rondom de buffer wordt 28,45 m +NAP. Dit is 30 cm boven de hoogte van de noodoverlaat.

In de Kwistbeek wordt benedenstrooms van de overlaat een onderspuier geplaatst. Deze onderspuier krijgt een breedte van 2 m en een (standaard) hoogte van ten minste 1,25 m. Bij inzet van de berging wordt de schuif verlaagd naar een hoogte van 0,12 m (27,02 m +NAP) waardoor maximaal circa 0,9 m³/s wordt doorgelaten. Om de buffer leeg te laten lopen, wordt een leegloopvoorziening geplaatst.

Uit de berekeningen blijkt dat er een berging van circa 19.000 m³ in De Baendj kan worden gerealiseerd met een maximale waterhoogte van 28,15 m +NAP. De inzet en aansturing van het overloopgebied is afhankelijk van de vullingsgraad van buffer Stogger en het waterpeil in de Kwistbeek nabij Soeterbeek. Bovenstrooms van het bergingsgebied zullen de waterstanden tijdens het inzetten van de berging (vanaf T10) toenemen. Uit de rekenresultaten blijkt dat deze waterstanden bovenstrooms van de knijpconstructie bij een T100-worst-case-situatie maximaal 22 cm hoger uit gaan komen. Deze hogere waterstanden blijven beperkt tot aan de bovenstrooms gelegen stuwen. Dit zijn zeer korte delen van de beken, waardoor de effecten beperkt zijn. Langs de linkeroever van de AVL resulteren de hogere waterstanden in een inundatierisico. Daarom wordt voor die locatie het ophogen van het maaiveld als mitigerende maatregel voorgesteld. De overige gebieden liggen ruim hoger dan de waterstand in de Kwistbeek bij een extreme situatie.

6.2 Middenloop

Vanuit de KRW zijn inrichtingsdoelen gesteld betreffende natuurlijke herinrichting (onder andere op gebied van chemische en ecologische kwaliteit). Onder andere is gesteld dat de Kwistbeek, ingegeven door de Kaderrichtlijn water (KRW) zo lang mogelijk stromend water moet bevatten en dat het habitat voor vissen moet verbeteren. In de huidige situatie is er in de Kwistbeek op een groot aantal plaatsen een stuw of bodemval aanwezig, die vismigratie belemmeren. Voor de middenloop geldt dat het gezien het bodemverhang haalbaar is om de stuw in de Kwistbeek bovenstrooms van de locatie waar de Dekesfort in de Kwistbeek uitkomt te verwijderen en het beekprofiel ecologisch in te richten.

Stuw Dekeshorst

Om te bepalen in welke mate het verwijderen van de stuw nadelige gevolgen kan hebben is gekeken naar veranderingen in de landbouwkundige situatie. Voor de landbouwkundige productie is een goede waterhuishoudkundige situatie van belang. Het verwijderen van een stuw leidt benedenstrooms van de stuw tot een verhoging en bovenstrooms van de stuw tot een daling van het oppervlaktewaterniveau. De daling van het oppervlaktewaterpeil bovenstrooms van de te verwijderen stuw resulteert in een toename van de droogteschade. Deze toename van de landbouwkundige schade blijft beperkt tot enkele procenten. De meeste toename aan schade is aanwezig aangrenzend aan de beek. Teneinde de toename in droogteschade te minimaliseren wordt het creëren van een mogelijkheid om het water vast middels opstuwing als mitigerende maatregel voorgesteld. Dit kan worden gerealiseerd door de duiker onder de weg 203 die toch wordt vervangen te voorzien van een sponning waarin schotbalken kunnen worden geplaatst.

Berging

Een deel van de middenloop wordt ingericht als waterberging. Naast de aanpassingen van het profiel worden aangrenzend aan de beek een aantal (delen van) percelen verlaagd tot een hoogte van minimaal 25,0 m +NAP. Tijdens een extreme situatie stuw wordt Rinkesfort opgezet tot een stuwstand van 25,2 m +NAP om zo water vast te houden en Soeterbeek te ontlasten. Hierdoor is het waterpeil bovenstrooms van de stuw circa 25,9 m +NAP. De afgravingen van het provinciale perceel en het oostelijke perceel in de middenloop zorgen voor voldoende berging. Uit de inundatieanalyse blijkt namelijk dat circa 20.900 m³ wordt geborgen bij de T100-worst-case-situatie. Hiermee wordt voldaan aan de wens om circa 20.000 m³ te berging in de middenloop.

Om inundatie tijdens een T10 situatie te voorkomen is het noodzakelijk om een areaal van circa 0,1 ha, verdeeld over twee percelen te verhogen tot een hoogte van 25,4 m +NAP. Bij een T10-zomer- en wintersituatie vindt er indien de voorgestelde mitigerende maatregelen worden gerealiseerd geen inundatie plaats. De inundatie blijft beperkt tot het hiervoor ingerichte gebied. Hierdoor voldoet het ontwerp aan de normering. Omdat bij inzet van de berging de situatie verslechterd ten opzichte van de huidige situatie moeten deze effecten ook worden gemitigeerd. Bij een T100-worstcase-scenario komt het waterpeil net bovenstrooms van de stuw Rinkesfort tot maximaal 25,9 m +NAP waardoor een maaiveldverhoging tot circa 26,15 m +NAP voldoet om de effecten te mitigeren.

6.3 Benedenloop

De benedenloop van de Kwistbeek loopt tussen Soeterbeek via Baarlo naar de monding in de Maas. Hierbij loopt het in een bocht door Baarlo heen. Benedenstrooms van Baarlo voegt de Bosbeek zich bij de Kwistbeek. Ten behoeve van onderhoud wordt tussen Soeterbeek en Baarlo een deel van het talud aan één kant van de Kwistbeek licht flauwer aangelegd. In Baarlo worden twee bodemvallen in de benedenloop vervangen door bij beide bodemvallen drie cascades te creëren. Daarnaast worden ten behoeve van de aanleg van een onderhoudspad de profielen in Baarlo op een aantal locaties voorzien van een rechte wal van stapelstenen.

Uit de modelberekeningen blijkt dat met de benodigde aanpassingen zowel het waterpeil als de afvoer in voldoende mate kunnen worden gehandhaafd. Dit kan worden verklaard doordat het relatief kleine profielaanpassingen zijn en het benedenstroomse deel van het beektraject sterk gereguleerd is door middel van een groot aantal stuwen en bodemvallen. Hierdoor hebben de aanpassingen geen significante gevolgen voor de omgeving en kunnen de voorgestelde maatregelen zonder noemenswaardige gevolgen worden uitgevoerd.

Over Antea Group

Van stad tot land, van water tot lucht; de adviseurs en ingenieurs van Antea Group dragen in Nederland sinds jaar en dag bij aan onze leefomgeving. We ontwerpen bruggen en wegen, realiseren woonwijken en waterwerken. Maar we zijn ook betrokken bij thema's zoals milieu, veiligheid, assetmanagement en energie. Onder de naam Oranjewoud groeiden we uit tot een allround en onafhankelijk partner voor bedrijfsleven en overheden. Als Antea Group zetten we deze expertise ook mondiaal in. Door hoogwaardige kennis te combineren met een pragmatische aanpak maken we oplossingen haalbaar én uitvoerbaar. Doelgericht, met oog voor duurzaamheid. Op deze manier anticiperen we op de vragen van vandaag en de oplossingen van de toekomst. Al meer dan 60 jaar.

Contactgegevens

Beneluxweg 125
4904 SJ OOSTERHOUT
Postbus 40
4900 AA OOSTERHOUT
T. 0162 487000
E. arjan.vanbeek@anteagroup.com

www.anteagroup.nl

Copyright © 2019

Niets uit deze uitgave mag worden
verveelvoudigd en/of openbaar worden
gemaakt door middel van druk, fotokopie,
elektronisch of op welke wijze dan ook,
zonder schriftelijke toestemming van de
auteurs.