

Rapport

Projectnummer: 369784

Referentienummer: 20200911 SWNL0265937 rapp Beekherstel Lollebeek 'Castenrayse Vennen' LB

Datum: 11-09-2020

Beekherstel Lollebeek 'Castenrayse Vennen'

Bijlagerapport 'Hydrologische analyses en modeltoets'



Definitief

Opdrachtgever:
Waterschap Limburg
Maria Theresialaan 99
6034 CX ROERMOND

Sweco
Zernikestraat 17
5612 HZ Eindhoven
Postbus 1265
5602 BG Eindhoven
Nederland

T +31 88 811 66 00
www.sweco.nl

Sweco Nederland B.V.
Handelsregister 30129769
Statutair gevestigd te De Bilt

Jan Willem Bronkhorst
Adviseur Waterbeheer

M +31 6 20 01 46 42
Janwillem.bronkhorst@sweco.nl

Verantwoording

Titel	Beekherstel Lollebeek 'Castenrayse Vennen'
Subtitel	Bijlagerapport 'Hydrologische analyses en modeltoets'
Projectnummer	369784
Referentienummer	SWNL0265937
Revisie	D2
Datum	11-09-2020
Auteur	Jan Willem Bronkhorst, Gijs Hoogmoet
E-mailadres	janwillem.bronkhorst@sweco.nl
Gecontroleerd door	Louis Broersma
Paraaf gecontroleerd	
Goedgekeurd door	Ron Buitelaar
Paraaf goedgekeurd	

Voorwoord

Dit rapport is de hydrologische rapportage van het project 'Beekherstel Lollebeek 'Castenrayse Vennen'. Binnen dit project wordt getracht een oplossing te vinden voor eco-hydrologisch herstel van de natte natuurplek 'Castenrayse Vennen'. De Lollebeek en haar zijtakken vormen een belangrijke hydrologische randvoorwaarde in de waterhuishouding van het natuur- en omringende landbouwgebied. Eco-hydrologisch herstel kan daarom alleen slagen als ook de Lollebeek wordt heringericht, die als een drain door deze natte natuurplek stroomt. Hierin komen vier onderdelen aan bod:

- Eco-hydrologisch herstel van de Castenrayse Vennen;
- verlegging en herinrichting van de Lollebeek;
- herprofilen van de Kastenraayse Loop;
- (natte) Ecologische Verbindingszone Gortmeule-Diepeleng.

Deze rapportage geeft de resultaten van de hydrologische analyses om te komen tot de gewenste hydrologische randvoorwaarden voor de natte natuurplek Castenrayse Vennen en de omgeving en geeft antwoord op vragen als "hoe functioneert het grond- en oppervlaktewatersysteem rond het gebied?" en "welke mogelijkheden zijn er om de (grond)waterhuishouding in het natuurgebied Castenrayse Vennen te verbeteren?".

Daarnaast geeft deze een verslag van het ontwerpproces en de gemaakte keuzes, specifiek gericht op de hydrologische en hydraulische aspecten. Uiteindelijk wordt het voorgestelde maatregelenpakket getoetst aan de mate waarin het doelbereik van de Castenrayse Vennen wordt gehaald en het hydraulisch en ecologisch functioneren van de Lollebeek.

De rapportage dient als onderbouwing van de maatregelen en ondersteunt het Projectplan Waterwet. Tezamen met de ontwerpnotitie, technisch ontwerp en bestek vormt dit de basis van het plan.

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
1 Inleiding	7
1.1 Het gebied in vogelvlucht	7
1.2 Doelstelling	7
1.3 Aanpak	8
2 Hydrologische systeemanalyse	9
2.1 Afvoeranalyse	9
2.1.1 Afvoerdeling per meetpunt	9
2.1.2 Afvoerdeling systeem als geheel	14
2.1.3 Inschatting van de herkomst van het water	16
2.1.4 Conclusie	16
2.2 Analyse grond- en oppervlaktewaterpeilen	17
2.2.1 Oppervlaktewaterpeilen	18
2.2.2 Grondwaterpeilen	22
2.2.3 Analyse van de onderlinge samenhang tussen grond- en oppervlaktewaterpeilen	27
2.2.4 Conclusie	27
2.3 Analyse van de ideale grondwaterstanden in het gebied	28
2.4 Analyse invloed waterwinning Breehei	29
2.5 Analyse waterkwaliteit, in relatie tot de KRW en natuurdoeltypen	32
2.5.1 Waterkwaliteit in de Lollebeek in relatie tot haalbaarheid KRW-type R4	32
2.5.2 Waterkwaliteit in relatie tot de natuurdoeltypen in de Castenrayse Vennen	34
2.6 Analyse bergingsopgave Gortmeule	35
2.6.1 Mogelijkheid verbinding Diepeleng en Lollebeek	35
2.6.2 Inrichting van de Ecologische Verbindingszone Gortmeule – Castenrayse Vennen	36
3 Huidige situatie en toetsingskader modelanalyses	40
3.1 Inleiding	40
3.2 Toetsingskader modelanalyses	40
3.3 Droogleggingskaart (zomer model)	41
3.4 Doorstroming (basisafvoer)	43
3.5 Waterdieptes (basisafvoer)	43
3.6 Waterpeilen (Lengtedoorsnede)	44
3.7 Conclusie functioneren huidige situatie	46
4 SO-VO-fase	47
4.1 Verkenning SO	47

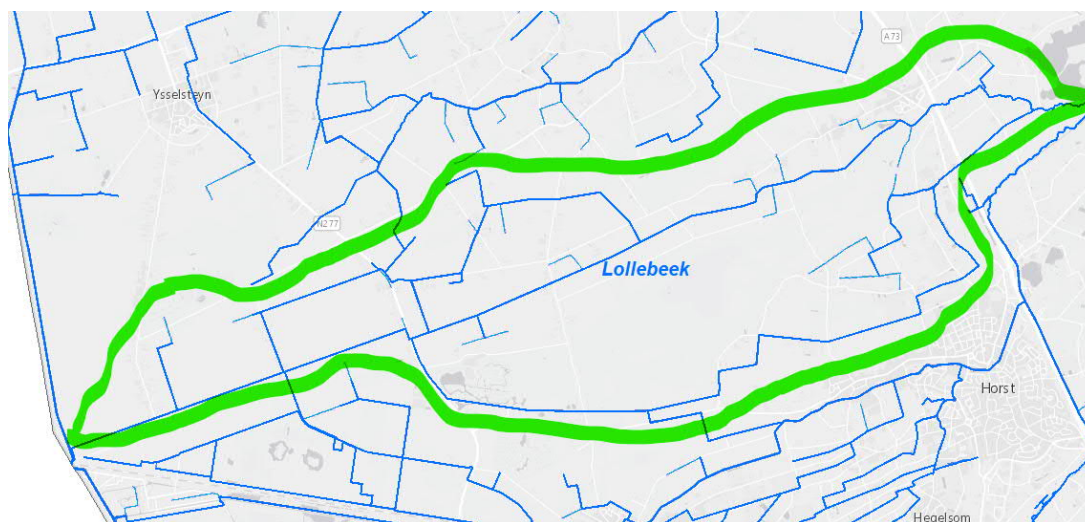
4.2	Verkenning VO	48
4.2.1	Peilen Lollebeek ten opzichte van doelen Castenrayse Vennen.....	48
4.2.2	Dempen oude loop Lollebeek	49
4.2.3	Verbinding Lollebeek / Diepeleng	50
4.2.4	Dimensionering Kastenraayse Loop	50
4.2.5	Buffer Gortmeule.....	50
4.3	Toets VO.....	51
4.3.1	Droogleggingskaarten.....	51
4.3.2	Doelbereik grondwater buiten het beekdal.....	52
4.3.3	Stroomsnelheden (Basisafvoer).....	52
4.3.4	Waterdieptes (Basisafvoer).....	54
4.3.5	Waterpeilen.....	54
4.3.6	Conclusie Toetsing VO	56
5	Finale toets van het ontwerp, DO-fase	57
5.1	DO-ontwerp	57
5.2	Toets mate van doelbereik in Castenrayse Vennen en omgeving.....	58
5.2.1	Droogleggingskaarten.....	58
5.2.2	Dwarsdoorsneden.....	59
5.2.3	Toetsing drooglegging buiten het beekdal (expert judgement)	61
5.2.4	Conclusie toetsing grondwater.....	62
5.3	Toets regionaal watersysteem.....	62
5.3.1	Stroomsnelheden (Basisafvoer).....	62
5.3.2	Verhang	63
5.3.3	Waterdieptes (Basisafvoer).....	64
5.3.4	Oppervlaktewaterpeilen	64
5.4	Effect inrichting Castenrayse Vennen op het regionale watersysteem	68
5.5	Werking buffer Diepeleng	68
5.6	Gevoeligheidsanalyse ontwerp.....	69
5.6.1	Gevoeligheidsanalyse voor de weerstand.....	70
5.6.2	Verhoging van de wateraanvoer	71
5.7	NBW toets ontwerp.....	71
5.7.1	Inundatietoets	71
5.7.2	Beoordeling maaiveldverhogingen.....	74
5.8	Conclusie toetsing Definitief Ontwerp.....	75
6	Tot slot.....	77

Bijlage 1	Actualisatie, kalibratie en validatie Sobek-model
Bijlage 2	Grafieken waterkwaliteitsmetingen KRW-parameters
Bijlage 3	Droogleggingskaarten

1 Inleiding

1.1 Het gebied in vogelvlucht

De Lollebeek is een kleine beek in het stroomgebied van de Groote Molenbeek in Noord Limburg tussen de plaatsen Horst en Venray. De beek ontspringt in het westen, verzorgt de aan- en afvoer van water vanaf het aanvoerpunt Grenssloot tot aan de instroom in de Groote Molenbeek net ten oosten van de A73.



Figuur 1-1 Stroomgebied van de Lollebeek.

In het oosten van het stroomgebied van de Lollebeek nabij het dorpje Castenray is het natuurgebied Castenrayse Vennen gelegen. Het natuurgebied ligt op een bijzondere locatie tussen twee breuken in, waardoor grondwater opkwelt en zich bijzondere, grondwater-afhankelijke natuur heeft ontwikkeld op een venige grondslag. In dit gebied komen waardevolle beheertypen voor, die worden bedreigd door verdroging van het gebied. Het project 'Beekherstel Lollebeek 'Castenrayse Vennen' beoogt deze verdroging tegen te gaan door het treffen van maatregelen in het watersysteem rond het gebied.

1.2 Doelstelling

De doelstelling van het project is eco-hydrologisch herstel van de natte natuurparel Castenrayse Vennen, door het treffen van maatregelen in het watersysteem. Eén van de onderdelen is het herinrichten van de Lollebeek ter hoogte van de Castenrayse Vennen. Daarnaast moeten ook de zijtakken Kastenraayse Loop, Molenberg en Grootbroek worden meegenomen in het ontwerp, alsmede ingrepen in de lokale detailafwatering.

Bij het project zijn enkele nevendoelstellingen en randvoorwaarden opgegeven. Eén van de nevendoelstellingen is de inrichting van een ecologische verbindingszone tussen de Diepeleng en Gortmeule in gemeente Horst. Ook wordt de inrichting van natuurgraslanden meegenomen in het gebied tussen de Meterikseweg en Middelijkseweg (gemeente Venray). Daarnaast dienen recreatieve voorzieningen te worden gerealiseerd.

Randvoorwaarde is dat het hydrologisch functioneren van het gebied ten goede komt aan het natuurgebied, zonder verslechtingen te realiseren in het omringende landbouwgebied. Daarbij zijn (peil)afspraken gemaakt met de omgeving.

1.3 Aanpak

De hydrologische analyses dienen ter onderbouwing van de maatregelen in en rond de Castenrayse Vennen, de Lollebeek en Kastenraayse Loop en rond Landgoed De Gortmeule bij de Diepeleng. Er is gekozen voor een praktische insteek, waarbij de resultaten van de analyses ook direct bijdragen aan het ontwerpproces en de onderbouwing van effecten. Het project kent een SO-, VO- en DO-fase: het schetsontwerp, Voorontwerp en Definitief Ontwerp. De analyses worden gefaseerd uitgevoerd, waarbij het detailniveau van de analyses steeds groter wordt.

Tijdens de SO-fase worden het gebied en de meetgegevens geanalyseerd en de randvoorwaarden uit de wetgeving, beleid en omgeving in beeld gebracht. Dit leidt tot meer systeembegrip, inzicht in de randvoorwaarden en de haalbaarheid van de projectdoelstellingen. De volgende analyses zijn uitgevoerd:

- afvoeranalyse (meetgegevens), afvoerverdeling en herkomst van water;
- analyse grond- en oppervlaktewaterpeilen;
- analyse van de optimale grondwaterstanden in de Castenrayse Vennen;
- analyse van de invloed drinkwaterpompstation Breehei op de Castenrayse Vennen;
- analyse van waterkwaliteitsgegevens Lollebeek;
- analyse berging kassengebied nabij de Gortmeule en Diepeleng.

De analyses worden direct vertaald naar de (on)mogelijkheden voor het project. Deze leveren input voor de eerste keuzes in het schetsontwerp.

In de VO-fase wordt het schetsontwerp geconcretiseerd naar (globale) ligging en afmetingen. Er worden keuzes gemaakt voor de inrichting en het type maatregelen. Hierbij moet vermeld worden dat ontwerpkeuzes niet alleen op (eco)hydrologische gronden worden gemaakt. Middels modelberekeningen worden de ontwerpkeuzes verkend en afmetingen bepaald. We toetsen het ontwerp van de Lollebeek aan de projectrandvoorwaarden en doelstellingen en bepalen de effecten op de waterstanden in en rond het plangebied. De volgende stappen worden doorlopen:

- beschrijving maatregelen
- ingangstoets en beschrijving model;
- modelverbeteringen en kalibratie;
- berekeningen huidige situatie en toets ontwerp aan projectdoelstellingen.

In de DO-fase vindt een aanscherping van het ontwerpplaats. Dit betekent:

- detailleren berekeningen en toets ontwerp aan projectdoelstellingen;
- effect ontwerp op NBW-criteria en drooglegging.

2 Hydrologische systeemanalyse

2.1 Afvoeranalyse

De afvoeranalyse voeren we uit om grip te krijgen op de basisafvoer (circa 5%), zomerafvoer (circa 20%), voorjaarsafvoer (30%) en winterafvoer (circa 50%) en de maatgevende afvoer (circa 100%). Op basis van een lineaire extrapolatie bepalen we de T10- tot en met T100-afvoeren (175, 200, 220 en 250%). De afvoeranalyse voeren we uit op basis van de beschikbare debietmeetpunten, de meetreeksen hiervan zijn lang genoeg om een betrouwbaar beeld te schetsen.

Afvoersituatie	Referentie herhalingstijd (overschrijding)	Percentage van de jaarlijkse piekafvoer
Basisafvoer	330 dagen per jaar	5%
Zomerafvoer	200 dagen per jaar	20%
Voorjaarsafvoer	100 dagen per jaar	30%
Winterafvoer	20 dagen per jaar	50%
Jaarlijkse piekafvoer	1 dag per jaar	100%

Figuur 2-1 Afvoerverdeling per jaar, bron: 'Werkwijzen hydrologie in projecten 2018'.

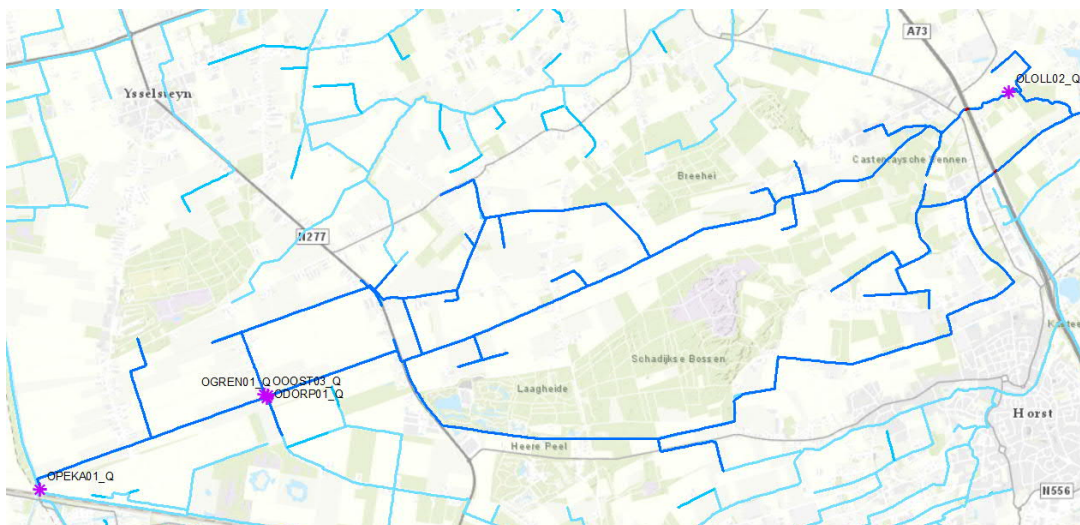
Deze analyse beschrijft de afvoer karakteristiek, die we gebruiken om:

- inzicht te krijgen in de afvoerverdeling door het jaar heen, de maatgevende afvoer en extremen;
- inzicht te krijgen in de herkomst van water, in combinatie met de waterkwaliteitsmetingen;
- de nieuwe loop van de Lollebeek te ontwerpen, om daarbij zoveel mogelijk recht te doen aan de gewenste (grondwater)peilen in de Castenrayse Vennen en omgeving;
- te bepalen of de KRW-doelsoorten haalbaar zijn in de Lollebeek;
- het SOBEK-model te ijken, dat dient ter controle van het ontwerp en de effectinschatting.

De afvoeranalyse resulteert in een afvoerverdeling per meetpunt: de percentages van de basis-, zomer-, voorjaars-, en winterafvoer ten opzichte van de MA.

2.1.1 Afvoerverdeling per meetpunt

In het stroomgebied van de Lollebeek zijn vijf debietmeetpunten aanwezig. Het eerste debietmeetpunt OPEKA01_Q is gepositioneerd in de Grenssloot vlak na het punt waar water kan worden ingelaten vanuit het Peelkanaal. Dit aangevoerde water verdeelt zich verderop bij een driesprong over de Aanvoerleiding Dorperpeel (ODORP01_Q ; zuid), Grenssloot (OGREN01_Q; oost) en de Moostdijk (OOOST03_Q; noord). Benedenstrooms van de Castenrayse Vennen ligt het laatste debietmeetpunt in de Lollebeek ten oosten van de A73 (OLOLL02_Q).



Figuur 2-2 Meetpunten Q.

De verschillende meetreeksen zijn van voldoende lengte, zodat de afvoerverdeling kan worden bepaald aan de hand van de duurlijnmethode, zoals is beschreven 'Werkwijze hydrologie binnen projecten', de leidraad van het waterschap voor hydrologische analyses. Dit betekent dat de verschillende afvoeren (basis-, zomer-, voorjaars-, winter- en jaarlijkse piekafvoer) zijn bepaald aan de hand van gemiddelde uurwaarden en het bijbehorende percentiel van de totale gesorteerde meetreeks (laag naar hoog) in plaats van een vast percentage van de jaarlijkse piekafvoer. Bij een lange meetreeks kan deze methode worden gebruikt om een gedetailleerder beeld te krijgen van de werkelijke afvoerverdeling. Extra aanvoer / onttrekkingen kunnen er namelijk voor zorgen dat er een andere afvoerverdeling ontstaat dan de vaste percentages genoemd in Tabel 2.

Tabel 1 Bepaling van de afvoerverdeling op basis van een percentiel van de meetreeks (bron: 'Werkwijzen hydrologie binnen projecten', WL, 2018)

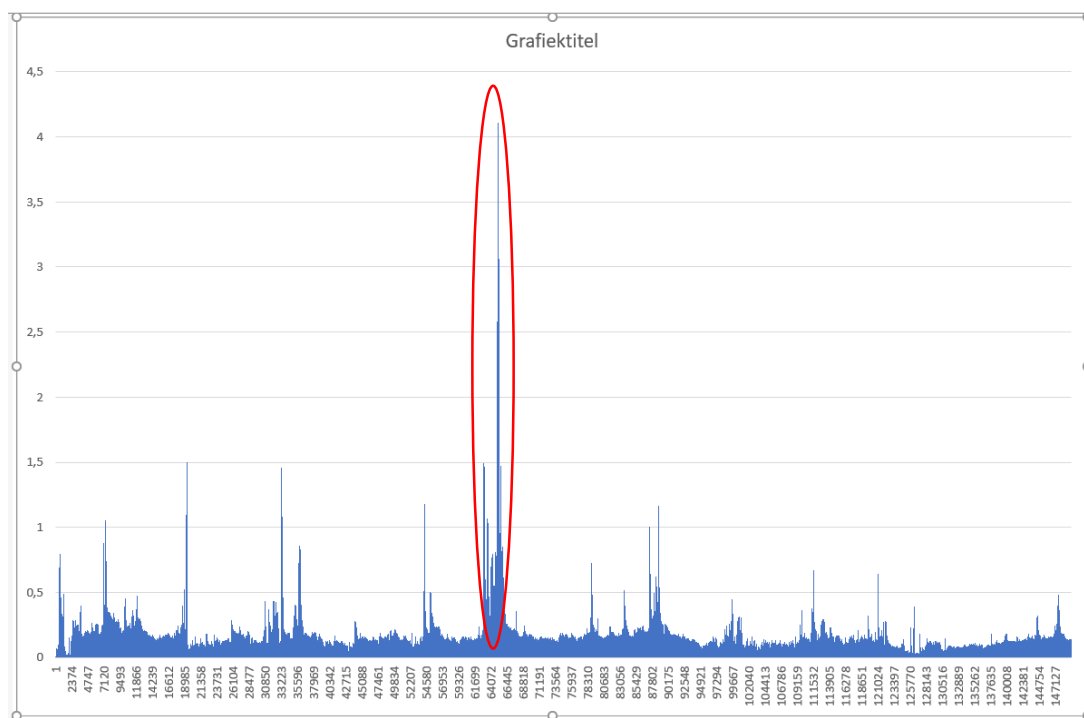
Afvoersituatie	Referentie herhalingstijd (overschrijding)	Percentiel duurlijn ⁸
Basisafvoer	330 dagen per jaar	9,6
Zomerafvoer	200 dagen per jaar	45,2
Voorjaarsafvoer	100 dagen per jaar	72,6
Winterafvoer	20 dagen per jaar	94,5
Jaarlijkse piekafvoer	1 dag per jaar	99,7

Tabel 2 Bepaling van de afvoerverdeling op basis van een vast percentage van de jaarlijkse piekafvoer (bron: 'Werkwijzen hydrologie binnen projecten', WL, 2018)

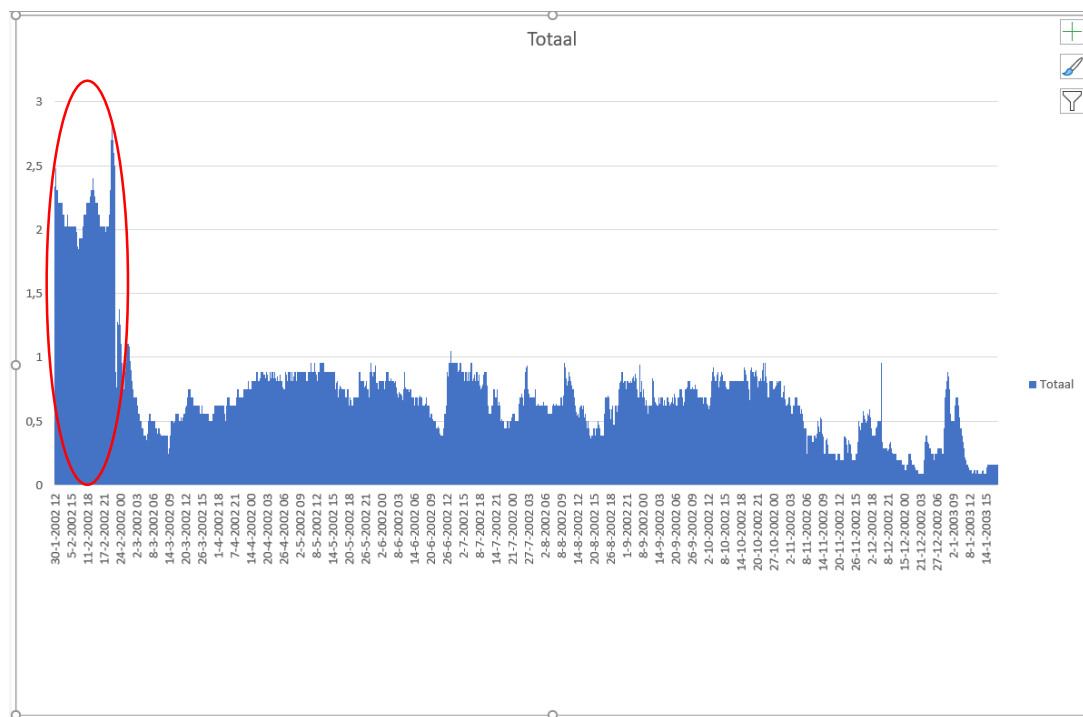
Afvoersituatie	Referentie herhalingstijd (overschrijding)	Percentage van de jaarlijkse piekafvoer
Basisafvoer	330 dagen per jaar	5%
Zomerafvoer	200 dagen per jaar	20%
Voorjaarsafvoer	100 dagen per jaar	30%
Winterafvoer	20 dagen per jaar	50%
Jaarlijkse piekafvoer	1 dag per jaar	100%

Er zijn een aantal correcties uitgevoerd op de meetreeksen voordat de afvoerverdelingen zijn bepaald. Na analyse van de meetreeksen bleek namelijk dat de neerslagpiek van juni 2016 en de daarop volgende afvoeren de bepaling van de MA vertroebelden. In overeenstemming met de hydroloog van het waterschap is daarom besloten om de afvoermetingen van 24/25/26 juni 2016 uit alle meetreeksen te halen, omdat hiervan bekend is dat het bijbehorende neerslagevent een herhalingstijd heeft tussen de 50-100 jaar.

Ter illustratie zijn de ruwe afvoermetingen voor de Lollebeek geplot in *Figuur 2-3*. Daarnaast is geconstateerd dat voor meetpunt OPEKA01_Q, vlak na de inlaat vanuit het Peelkanaal, de meetgegevens uit de periode 2002-2005 zeer veel afwijken van de overige meetreeks. Dit is te zien in *Figuur 2-4*. Daarom is voor dit meetpunt besloten om de periode 2002-2005 niet mee te nemen bij het bepalen van de afvoerverdeling voor dit meetpunt.



Figuur 2-3 Ruwe meetdata meetlocatie OLLLOL02_Q



Figuur 2-4 Ruwe meetdata meetlocatie OPEKA01_Q

De opgeschoonde meetreeksen zijn vervolgens gebruikt om de basis-, zomer-, voorjaars-, winter- en jaarlijkse piekafvoer te bepalen voor de verschillende meetpunten. In *Tabel 3* tot en met *Tabel 7* zijn de uitkomsten hiervan te vinden.

De afvoerverdeling van meetpunt OPEKA01_Q (inlaat grenssloot) is te zien in *Tabel 3*. Wanneer de afvoerverdeling van dit meetpunt wordt vergeleken met de standaard afvoerverdeling uit *Tabel 2*, is te zien dat de basis-, zomer-, voorjaar- en winterafvoeren relatief hoog liggen ten opzichte van de jaarlijkse piekafvoer. Dit komt doordat er een grote component wateraanvoer vanuit het kanaal op deze watergang zit aangesloten, de gebiedseigen afvoer is beperkter. Deze aanvoer is dan ook de bepalende factor voor het debiet gedurende het jaar.

Voor de meetpunten bij de driesprong ODORP01_Q, OGREN01_Q en OOOST03_Q zien we ongeveer dezelfde afvoerverdeling terug, zie *Tabel 4* tot en met *Tabel 6*. Voor deze punten geldt ook dat de aanvoer vanuit het Peelkanaal de bepalende factor is voor het debiet gedurende het jaar. De gebiedseigen afvoer bovenstrooms van deze meetpunten is minimaal.

Meetpunt OLOLL02_Q is het belangrijkste meetpunt om het model van de Lollebeek op te toetsen. Op dit punt wordt gemeten hoeveel water benedenstrooms van de Castenrayse Vennen door de Lollebeek stroomt. Dit meetpunt zal worden gebruikt om het Sobek-model te kalibreren / valideren. Wat opvalt is dat de Lollebeek op dit meetpunt een andere afvoerverdeling heeft dan de meetpunten verder bovenstrooms. De basis-, zomer-, voorjaar- en winterafvoer zijn hier relatief laag ten opzichte van de jaarlijkse piekafvoer, zie *Tabel 7*.

Tabel 3 Afvoerverdeling meetpunt OPEKA01_Q; Inlaat grenssloot west

Afvoersituatie	Dagen per jaar	Percentiel	Debiet	% MA
Basisafvoer	330	9,6	0,15	0,14
Zomerafvoer	200	45,2	0,31	0,30
Voorjaarsafvoer	100	72,6	0,47	0,45
Winterafvoer	20	94,5	0,73	0,70
Jaarlijkse piekafvoer	1	99,7	1,05	1,00

Tabel 4 Afvoerverdeling meetpunt ODORP01_Q; Aanvoerleiding Dorperpeel

Afvoersituatie	Dagen per jaar	Percentiel	Debiet	% MA
Basisafvoer	330	9,6	0,06	0,12
Zomerafvoer	200	45,2	0,15	0,29
Voorjaarsafvoer	100	72,6	0,22	0,43
Winterafvoer	20	94,5	0,35	0,68
Jaarlijkse piekafvoer	1	99,7	0,51	1,00

Tabel 5 Afvoerverdeling meetpunt OGREN01_Q; Grenssloot oost

Afvoersituatie	Dagen per jaar	Percentiel	Debiet	% MA
Basisafvoer	330	9,6	0,09	0,22
Zomerafvoer	200	45,2	0,16	0,38
Voorjaarsafvoer	100	72,6	0,20	0,49
Winterafvoer	20	94,5	0,31	0,75
Jaarlijkse piekafvoer	1	99,7	0,41	1,00

Tabel 6 Afvoerverdeling meetpunt OOOST03_Q; Moostdijk

Afvoersituatie	Dagen per jaar	Percentiel	Debiet	% MA
Basisafvoer	330	9,6	0,05	0,16
Zomerafvoer	200	45,2	0,11	0,36
Voorjaarsafvoer	100	72,6	0,16	0,50
Winterafvoer	20	94,5	0,23	0,74
Jaarlijkse piekafvoer	1	99,7	0,32	1,00

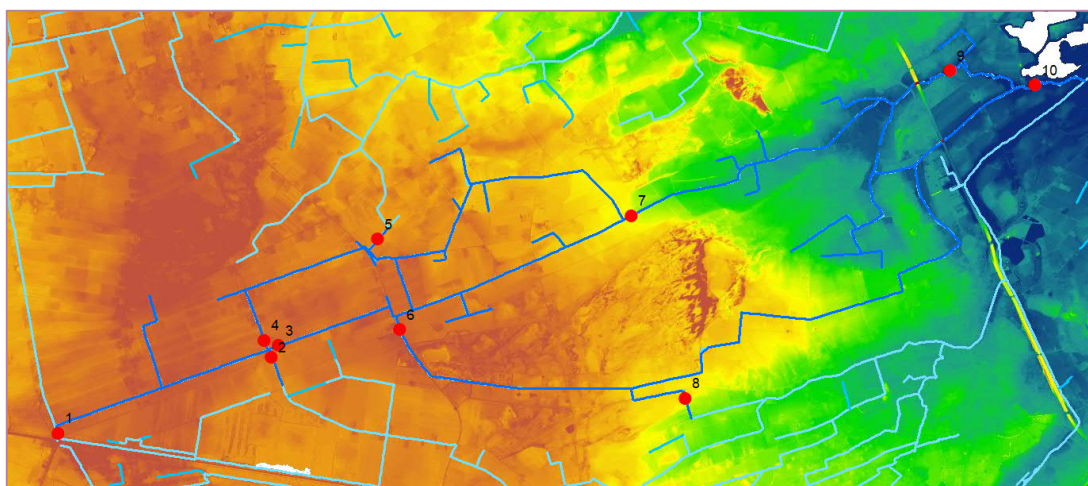
Tabel 7 Afvoerverdeling meetpunt OLOLL02_Q; Lollebeek

Afvoersituatie	Dagen per jaar	Percentiel	Debiet	% MA
Basisafvoer	330	9,6	0,03	0,04
Zomerafvoer	200	45,2	0,10	0,12
Voorjaarsafvoer	100	72,6	0,15	0,17
Winterafvoer	20	94,5	0,29	0,32
Jaarlijkse piekafvoer	1	99,7	0,89	1,00

2.1.2 Afvoerverdeling systeem als geheel

Naast de afvoerverdeling per meetpunt is het van belang om de afvoerverdeling over het gebied als geheel in kaart te brengen. Deze gegevens worden later gebruikt om het Sobek-model te kalibreren. Voor de periode 2013-2019 zijn de afvoeren geanalyseerd voor de vijf debietmeetpunten, zoals die te zien zijn in *Figuur 2-5*. Aan de hand van deze meetpunten kan de wateraanvoer vanuit het Peelkanaal (1) in kaart worden gebracht, de verdeling van aanvoerwater bij de driesprong (2/3/4) en het uiteindelijke debiet in de Lollebeek benedenstrooms van de Castenrayse Vennen (9).

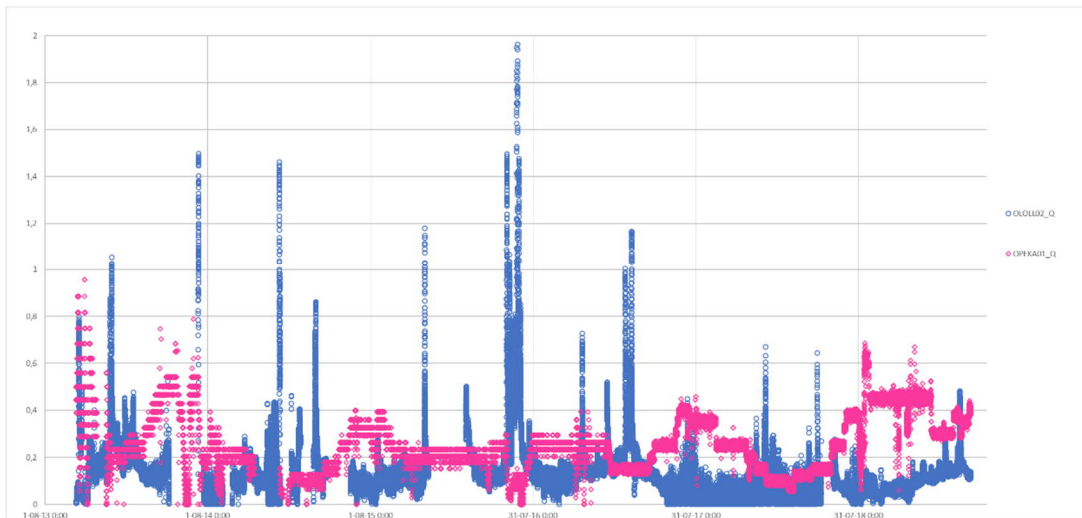
Zoals uit de hoogtekartaart van *Figuur 2-5* blijkt, stroomt het water nadat het via het Peelkanaal is ingelaten door de Grenssloot naar de driesprong waar het water wordt verdeeld. Een deel gaat richting het zuiden via de Aanvoerleiding Dorperpeel (2). Vanuit de overige twee richtingen, Grenssloot oost (3) en de Moostdijk (4) stroomt het (aanvoer) water verder het gebied in. Deze gecombineerde aanvoer splitst zich vervolgens in drie richtingen (5/6/7) waarvan de aanvoer richting punt 7 de aanvoer richting de Castenrayse Vennen vormt. Na de driesprong zijn er geen meetpunten meer in het systeem. De exacte verdeling over watergangen 5/6/7 is daarom niet te bepalen. Uit de hoogtekartaart van *Figuur 2-5* kan echter wel met zekerheid worden gezegd dat de aanvoer richting de Castenrayse Vennen bestaat uit gebiedseigen afvoer en aanvoer via de Grenssloot oost (3) en de Moostdijk (4). Op de locaties 2 en 5 verlaat water namelijk alleen het systeem.



Figuur 2-5 Hoogtekartaart + meetpunten Q

In *Figuur 2-6* is het aanvoerdebiet vanuit het Peelkanaal geplot samen met het debiet in de Lollebeek, benedenstrooms van de Castenrayse Vennen. Te zien is dat de aanvoer vanuit het Peelkanaal varieert tussen de 0 en 800 m³/s. Het gemiddelde ligt ongeveer rond de 200 m³/s. De variatie van het debiet is redelijk constant zonder extreme pieken, dit wijst er op dat het overgrote deel van het debiet bestaat uit aanvoer vanuit het Peelkanaal.

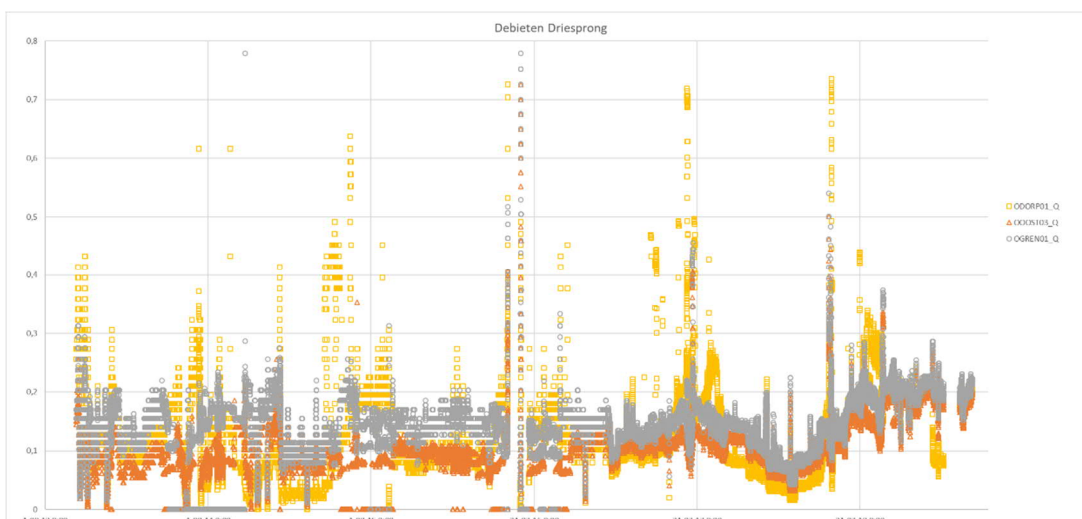
De variaties in het debiet van de Lollebeek volgen een ander patroon met meer scherpe pieken. Gebiedseigen afvoer ten gevolge van (extreme) neerslag heeft hier een veel grotere invloed op het totale debiet. Daarnaast valt op dat wanneer de aanvoer hoog is, de afvoer bij de Lollebeek laag is en vice versa. Dit wijst erop dat het aangevoerde water grotendeels wordt opgebruikt, infiltreert of verdampt. De aanvoer wordt herverdeeld in nattere perioden, waarin (extreme) neerslag het afvoerpatroon domineert.



Figuur 2-6 Afvoeren grenssloot west (paars) en Lollebeek (blauw)

Om een beter beeld te krijgen in welke verhouding het aangevoerde water vanuit de grenssloot zich verdeelt over het systeem, zijn de debieten rondom de driesprong geplote in **Figuur 2-7**. Er kan een onderscheid worden gemaakt tussen de korte piekafvoeren en de overige 'normale' afvoeren. Bij de normale afvoeren lijkt de verdeling ongeveer gelijk te zijn ter plaatse van de driesprong, waarbij de Grensloot oost (OGREN01_Q) het meeste afvoert, gevolgd door de Moostdijk (OOOST03_Q) en daarna de Aanvoerleiding Dorperpeel (ODORP01_Q), de verhouding is ongeveer 4:3:3.

Bij piekafvoeren zijn de verhoudingen in afvoer tussen de drie watergangen minder duidelijk. Dit komt doordat de aanvoer bij extremen handmatig wordt herverdeeld naar systemen waar meer ruimte is. Dit gebeurt via verdeelstuwen op basis van beheerervaring.



Figuur 2-7 Afvoeren driesprong

2.1.3 Inschatting van de herkomst van het water

Voor het beekherstelproject van de Lollebeek rondom de Castenrayse Vennen is het van belang om de herkomst van het water in kaart te brengen. De herkomst van het water bepaalt namelijk de samenstelling ervan. De samenstelling bepaalt of het haalbaar is om bepaalde natuurdoeltypen te realiseren binnen het gebied. Het water, afkomstig van landbouwgronden of het Peelkanaal, heeft een andere samenstelling dan water afkomstig van gebiedseigen afvoer uit een bosrijk gebied. De herkomst van het water wordt bepaald aan de hand van een analyse van het gebied, de debietmeetpunten en de waterkwaliteit meetpunten.

Zoals in de onderstaande luchtfoto te zien is, bestaat het gebied bovenstrooms van de Castenrayse Vennen (Rode cirkel) voornamelijk uit landbouwgebied met hier en daar plekken bos. Er is bijna geen stedelijk/verhard gebied aanwezig in het stroomgebied. De percelen direct naast de watergangen die richting de Castenrayse Vennen stromen, bestaan vrijwel geheel uit landbouwgronden. De samenstelling van het water in de Lollebeek is dus afkomstig van aanvoerwater vanuit het Peelkanaal en afvoer vanuit het landelijk gebied.



Figuur 2-8 Luchtfoto uit het gebied

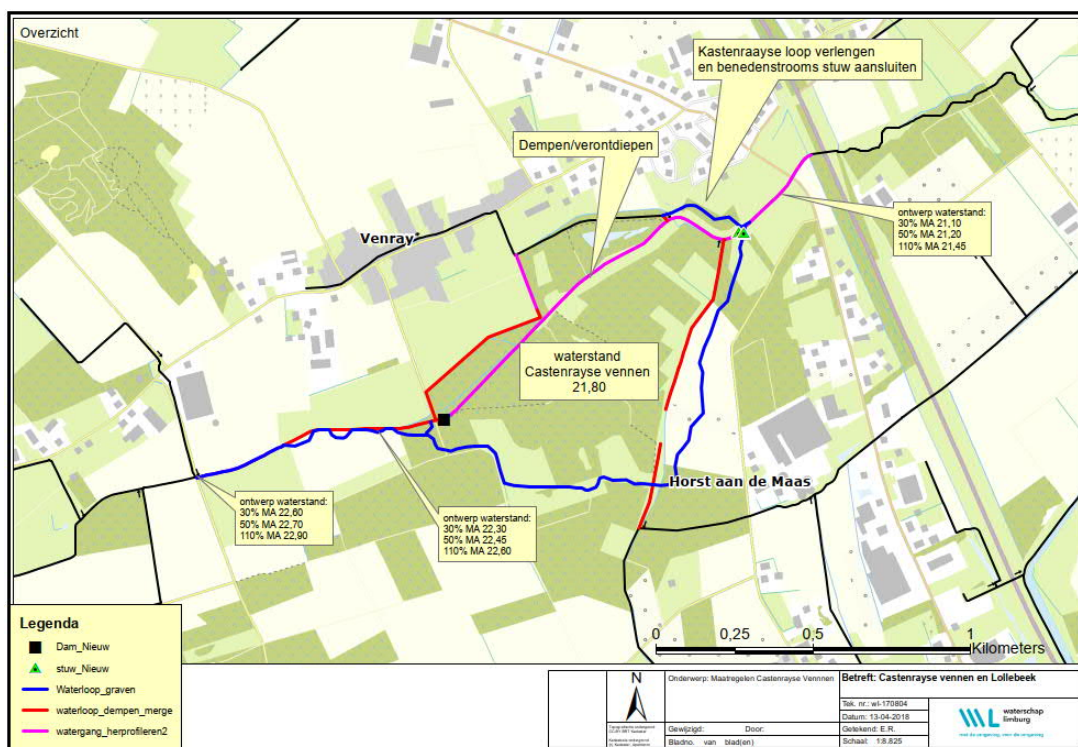
Kijken we naar de waterkwaliteitsmetingen voor de meest relevante parameters (temperatuur, zuurstof, pH-waarde, nutriënten), dan zien we grote overeenkomsten tussen het meetpunt bij de inlaat bij het Peelkanaal en het meetpunt benedenstrooms van de Castenrayse Vennen. De kwaliteit verandert dus niet zo sterk, ook niet door toevoeging van gebiedseigen afvoer.

2.1.4 Conclusie

Er is dus niet te sturen op het verbeteren van de waterkwaliteit in de Lollebeek. In paragraaf 2.4 (analyse waterkwaliteit) zal nader worden ingegaan wat dit betekent voor de projectdoelstellingen en randvoorwaarden.

2.2 Analyse grond- en oppervlaktewaterpeilen

De peilanalyse voeren we uit om te kijken of de afspraken voor voldoende drooglegging haalbaar zijn. Voor de omgeving geldt dat ze zodanig moeten zijn dat wateroverlast in de omgeving wordt voorkomen en dat de landbouwkundige functies blijvend worden ondersteund. Het peil in de beek moet bijdragen aan doelsoorten (i.r.t. waterdiepte) en het in stand houden of versterken van de door provincie Limburg vastgestelde beheertypen in de Castenrayse Vennen. De haalbaarheid van natuurdoelen in de Castenrayse Vennen behoort tot de projectdoelstelling, waarbij de andere doelen randvoorwaarden zijn waarbinnen dit gebeurt. In *Figuur 2-9* zijn de gewenste waterstanden rondom de Castenrayse Vennen weergegeven bij verschillende percentages van de maatgevende afvoer.



Figuur 2-9 Kaart met afspraken voor voldoende drooglegging omgeving.

Voor de peilanalyses zijn peilmetingen in het oppervlaktewater- en grondwater gebruikt. Deze peilmetingen worden getoetst aan de afspraken voor voldoende drooglegging. Er wordt eerst afzonderlijk gekeken naar de oppervlakte- en grondwaterpeilen. Vervolgens wordt de relatie tussen de gemeten grond- en oppervlaktewaterpeilen geanalyseerd. Hiervoor worden de grond- en oppervlaktewaterpeilen bij 5% MA (GLG), 30% MA (GVG) en 50% MA (GHG) met elkaar vergeleken.

Resultaat

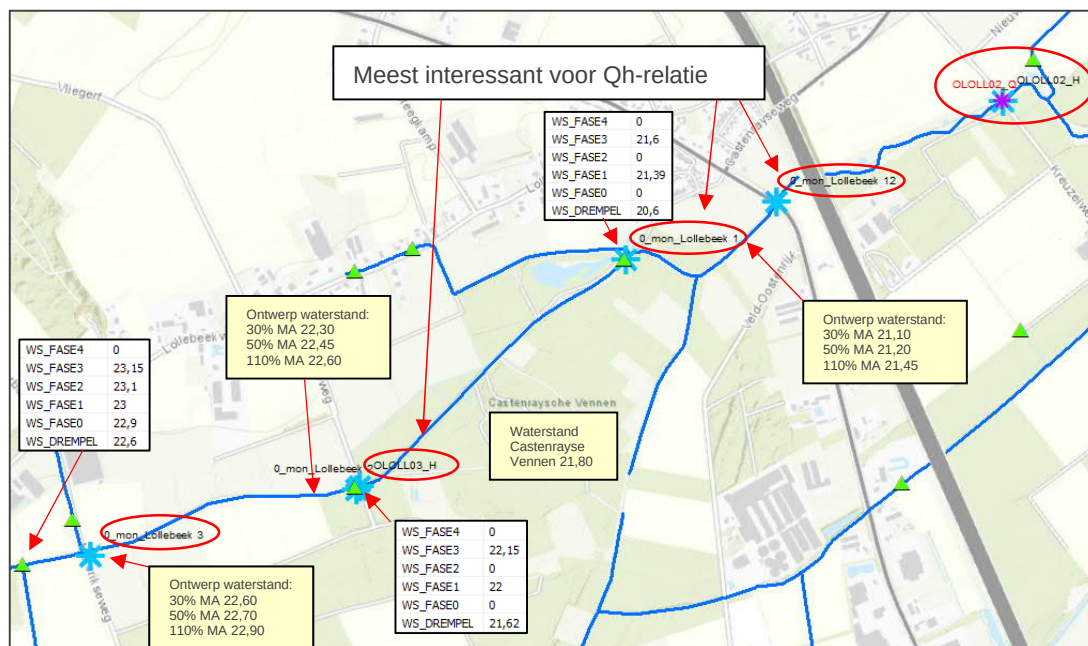
- Overzicht van de huidige peilen en stuwstanden in het gebied rondom de Castenrayse Vennen.
- Bandbreedte van de oppervlaktewaterpeilen bij 5% MA, 30% MA, 50% MA en 110% MA.
- Ruimtelijk beeld grondwaterstanden zonder breuken en oppervlaktewaterpeilen voor de GLG GVG en GHG.

- Ruimtelijk beeld grondwaterstanden zonder breuken en oppervlaktewaterpeilen ten opzichte van maaiveld voor de GLG, GVG en GHG.
- Analyse van de onderlinge samenhang tussen grond- en oppervlaktewaterpeilen.

2.2.1 Oppervlaktewaterpeilen

Voor de analyse van de oppervlaktewaterpeilen zijn peilmetingen in de Lollebeek gebruikt die zijn aangeleverd door waterschap Limburg. Op zes locaties worden waterpeilen gemeten (zie *Figuur 2-10*, blauwe sterren). Om de peilen bij verschillende maatgevende afvoeren te bepalen, zijn Qh-relaties opgemaakt voor verschillende peilmeetpunten in de Lollebeek rondom de Castenrayse Vennen. Dit is gedaan voor de peilmeetpunten 0_mon_Lollebeek 12, 0_mon_Lollebeek 1, OLOLL03_H en 0_mon_Lollebeek_3. Deze punten zijn gekozen, omdat de Qh-relaties op deze punten het meeste zeggen over het functioneren van de Lollebeek rondom de Castenrayse Vennen en de benodigde veranderingen in peilen om de afspraken voor voldoende drooglegging te halen.

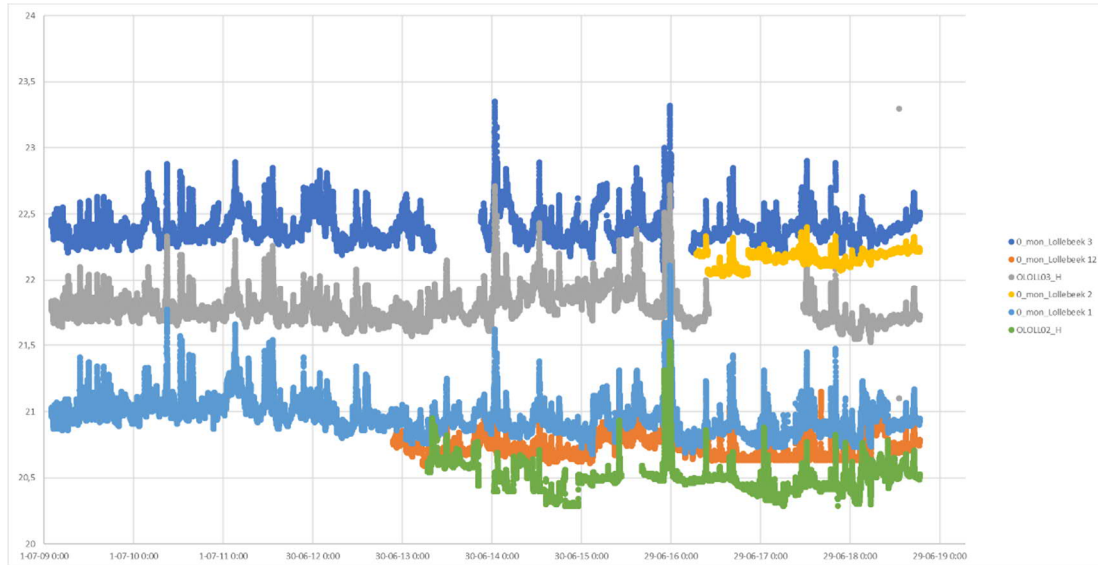
Voor de Qh-relaties is het eerder besproken debietmeetpunt OLOLL02_Q (paars) gebruikt dat op dezelfde locaties ligt als de peilmeting OLOLL02_H (blauw). Dit is het enige debietmeetpunt dat aanwezig is in de Lollebeek rondom de Castenrayse Vennen. Deze debietmeting wordt daarom gebruikt bij het samenstellen van alle Qh-relaties voor de verschillende oppervlaktepeilmeetpunten. De Qh-relaties zijn niet eenduidig en hangen af van (onder andere) de onderhoudstoestand van de beek. Er moet dus gekeken worden naar de bandbreedte van peilen die bij eenzelfde debiet optreden.



Figuur 2-10 Overzicht huidige stuwstanden en gewenste peilen

In *Figuur 2-10* zijn de verschillende stuwstanden weergegeven. Fase 1 is de winterstand en fase 3 de zomerstand. De stuw bij peilmeetpunt 0_mon_Lollebeek_2 is momenteel bepalend voor de waterstanden op dat punt. Indien de stuw wordt gehandhaafd, kan deze worden gebruikt om de afspraken voor voldoende drooglegging bovenstrooms te halen. Zo niet dan moet de peilstijging in de Lollebeek zelf worden gerealiseerd door het creëren van meer lengte / wrijving.

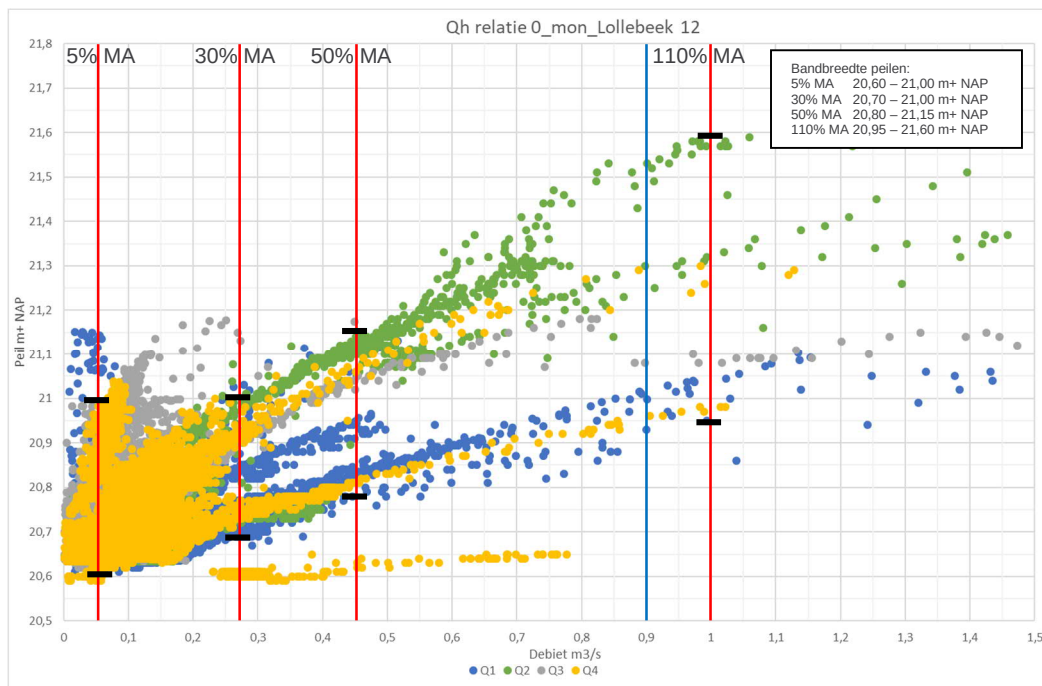
In *Figuur 2-11* zijn de gemeten waterstanden rondom de Castenrayse Vennen geplott. Te zien is dat het waterpeil bovenstrooms in de Lollebeek bij meetpunt 0_mon_Lollebeek 3 ongeveer NAP+ 22,5 m bedraagt. Dit zakt tot ongeveer NAP+ 20,5 m bij meetpunt OLOLL02_H benedenstrooms in de Lollebeek. Dit betekent dat er momenteel een verval van circa 2 meter is over dit traject. Het verval tussen de twee stuwen bij de Castenrayse Vennen is circa 0,70 tot 1,00 m (van NAP +21,70 m naar NAP +20,70 m).



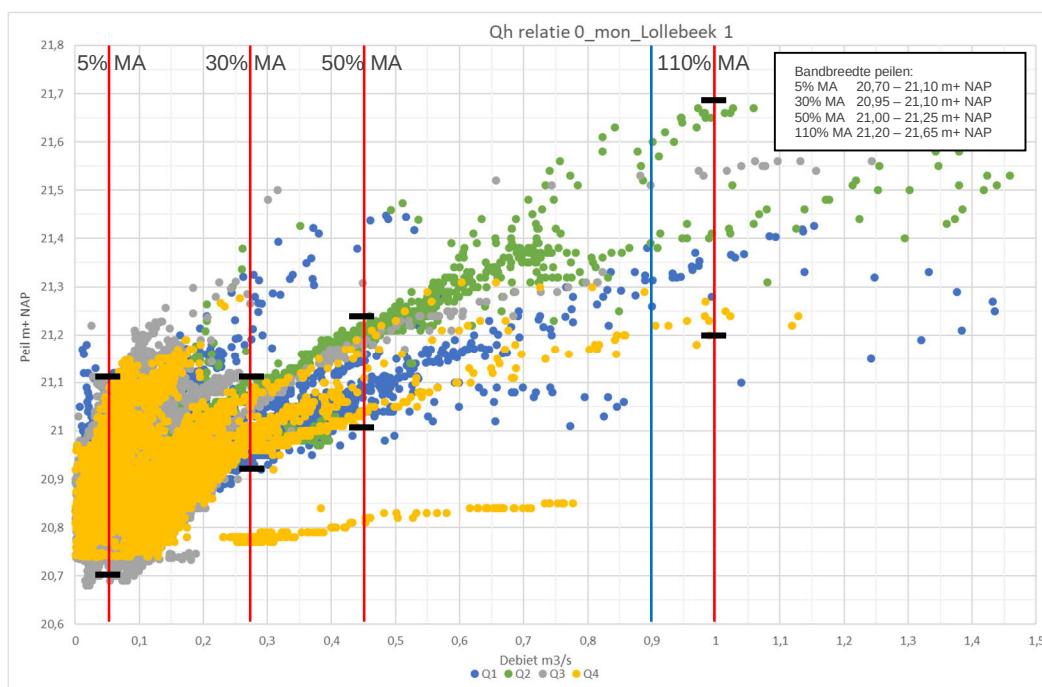
Figuur 2-11 Oppervlaktewaterpeilen meetpunten Lollebeek.

Door middel van Qh-relaties zijn voor verschillende punten in de Lollebeek bandbreedtes bepaald waartussen de peilen liggen die horen bij de genoemde maatgevende afvoeren in het peilbesluit. Het gaat dan om de 5% MA, 30% MA, 50% MA en 110% MA. Om de peilen te kunnen analyseren in combinatie met de grondwaterpeilen, is het peil bij 5% MA toegevoegd. Voor debietmeetpunt OLOLL02_Q is bepaald dat 100% MA overeenkomt met ongeveer 0.9 m³/s. De overige maatgevende afvoeren zijn hier lineair van afgeleid.

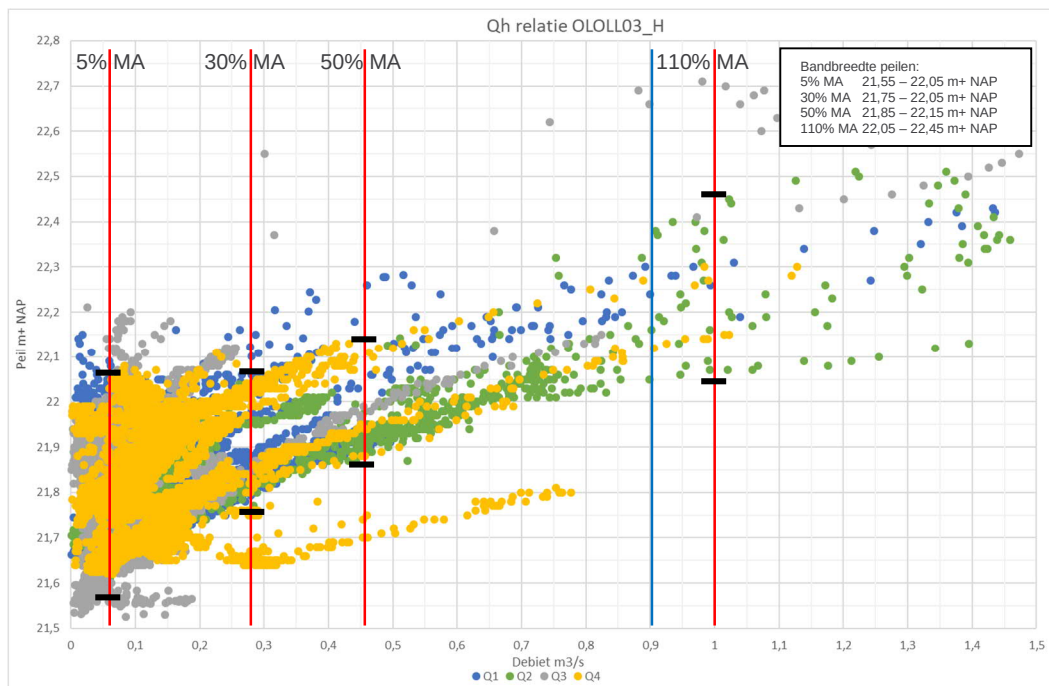
In *Figuur 2-12* tot en met *Figuur 2-15* zijn de Qh-relaties en de bandbreedtes van de peilen weergegeven voor de verschillende peilmeetpunten. Hierin is een onderscheid in kleur gemaakt per kwartaal. De rode lijnen geven de verschillende maatgevende afvoeren aan en de zwarte horizontale lijnen geven de bandbreedte aan waarbinnen het grootste deel van de peilmeetpunten ligt. Uit de figuren wordt meteen zichtbaar dat er een groot verschil in peilen zit bij gelijke afvoeren. De peilen verschillen zowel per kwartaal maar ook binnen kwartalen. Dit heeft te maken met het onderhoud van de sloten, stuwstanden en het maaibeheer. Dit maakt het lastig om één peil te noemen per afvoer. De afspraken voor voldoende drooglegging zullen dus nader moeten worden uitgewerkt en gekoppeld worden aan een seizoen en/of onderhoudstoestand.



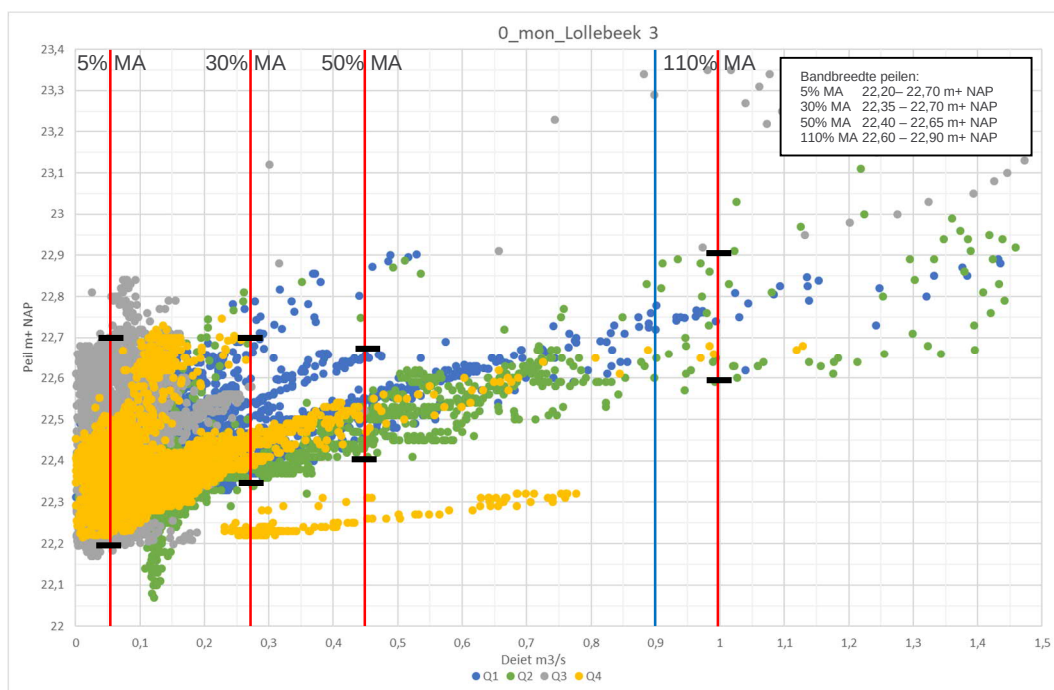
Figuur 2-12 Qh-relatie meetpunt 0_mon_Lollebeek 12



Figuur 2-13 Qh-relatie meetpunt 0_mon_Lollebeek 1



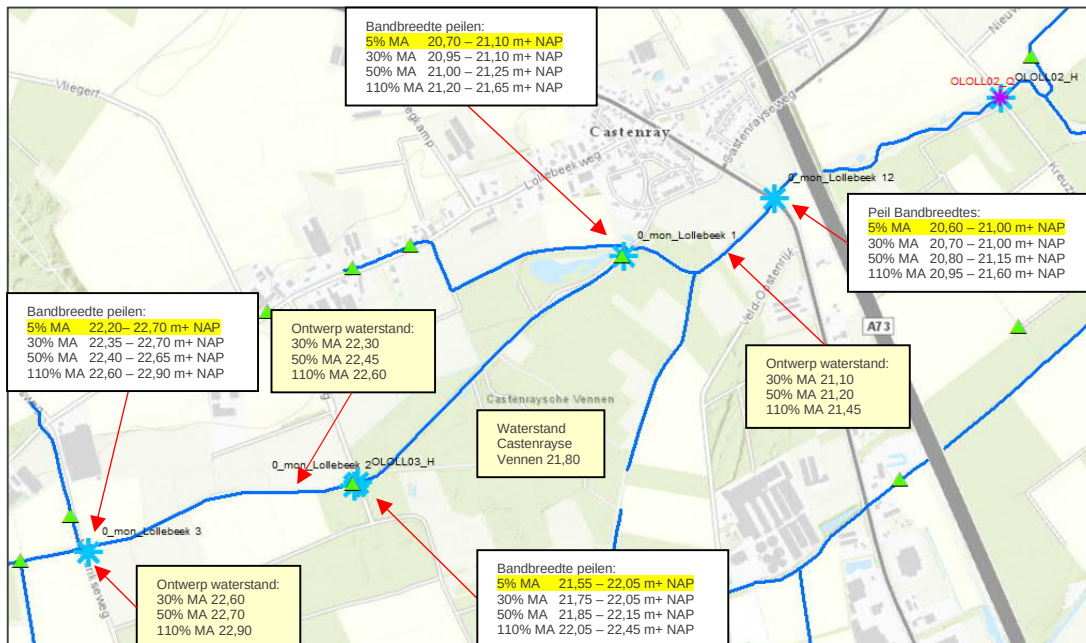
Figuur 2-14 Qh-relatie meetpunt OLOLL03_H



Figuur 2-15 Qh-relatie meetpunt 0_mon_Lollebeek 3

In *Figuur 2-16* zijn de bandbreedtes bij de verschillende peilmeetpunten geplot, samen met de gemaakte afspraken voor voldoende drooglegging. Uit de bandbreedte van de peilen kan worden opgemaakt dat de waterstand in het gehele gebied moet stijgen om te voldoen aan de gewenste peilen in het gebied.

Zowel beneden- als bovenstrooms liggen de gewenste peilen bij verschillende afvoeren boven de bandbreedte van de huidige peilen of in de bovenste limiet van de bandbreedte. Zoals eerder benoemd, zal het gewenste peil in de toekomstige situatie in het midden van de bandbreedte moeten liggen omdat het rondom dat peil zal fluctueren.



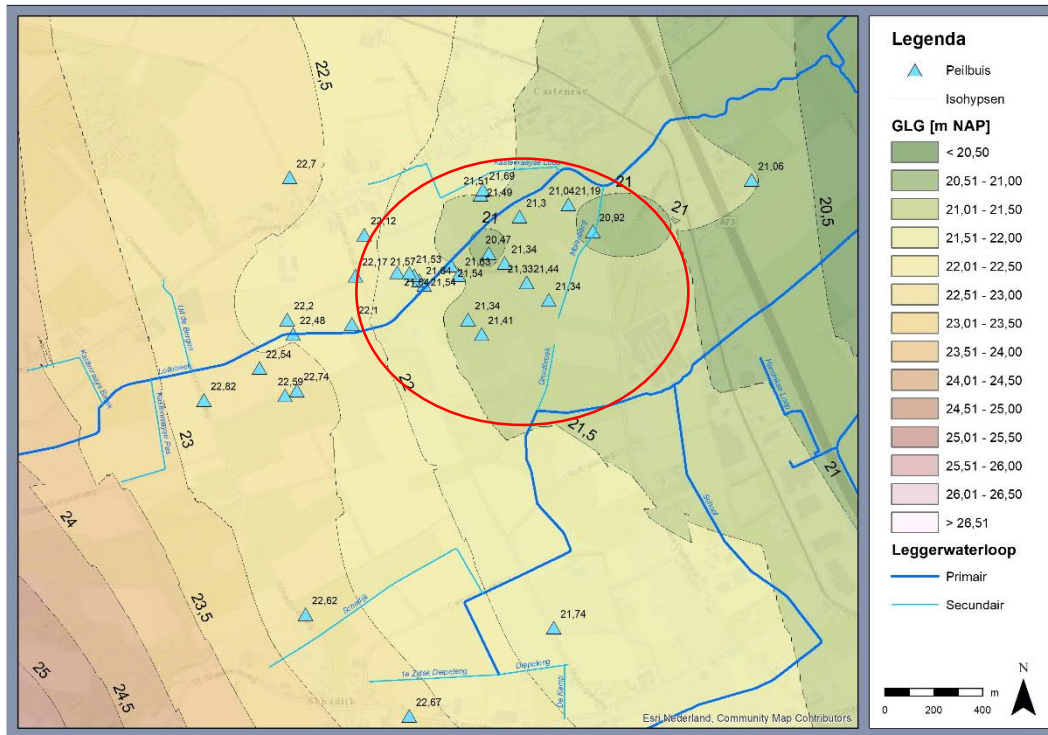
Figuur 2-16 Peilafspraken en peil bandbreedtes

2.2.2 Grondwaterpeilen

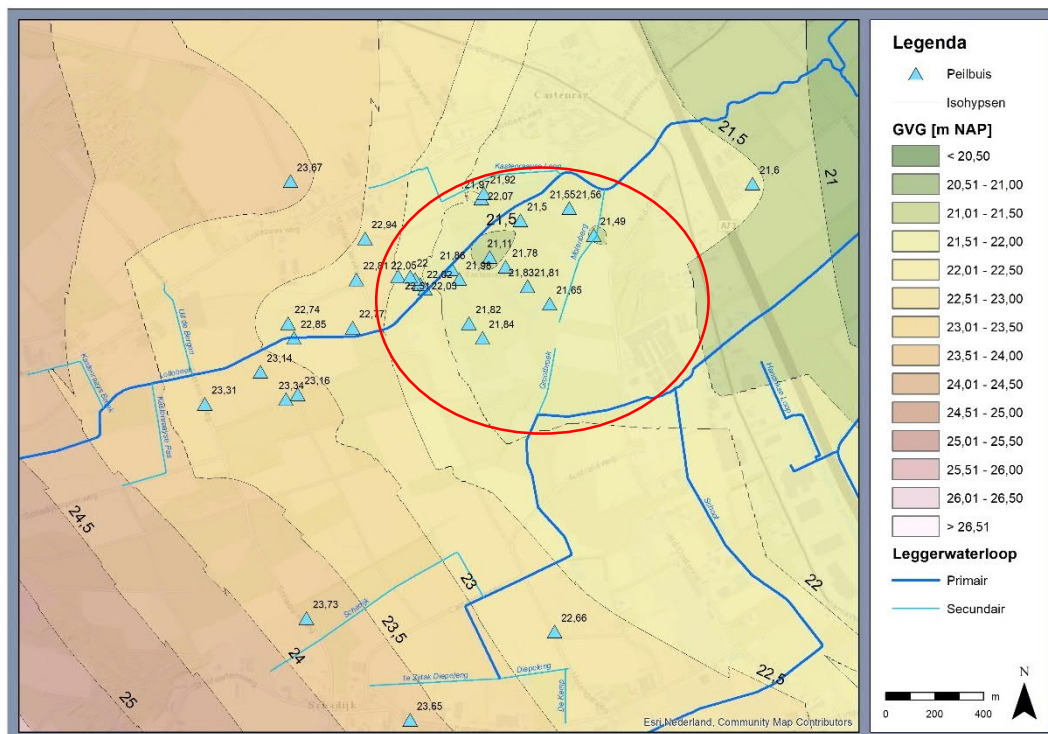
De grondwaterstanden in en rond het plangebied zijn geanalyseerd. Hiervoor zijn de peilbuismetingen van 1999-2019 van alle beschikbare peilbuizen in de omgeving van het DINO-loket gebruikt. Van deze meetgegevens zijn per buis de kenmerkende statistieken afgeleid (GLG, GVG en GHG) met behulp van Menyanthes. Vervolgens zijn deze geïnterpoleerd tot een ruimtelijke weergave door toepassing van de Kriging-methode in ArcGIS. Bij deze interpolatie is de drainerende werking van de beek niet ruimtelijk meegenomen, deze zit uiteraard wel in de meetwaarden. In *Figuur 2-17*, *Figuur 2-18* en *Figuur 2-19* zijn de resultaten van respectievelijk de GLG, GVG en GHG ten opzichte van NAP weergegeven.

Grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld

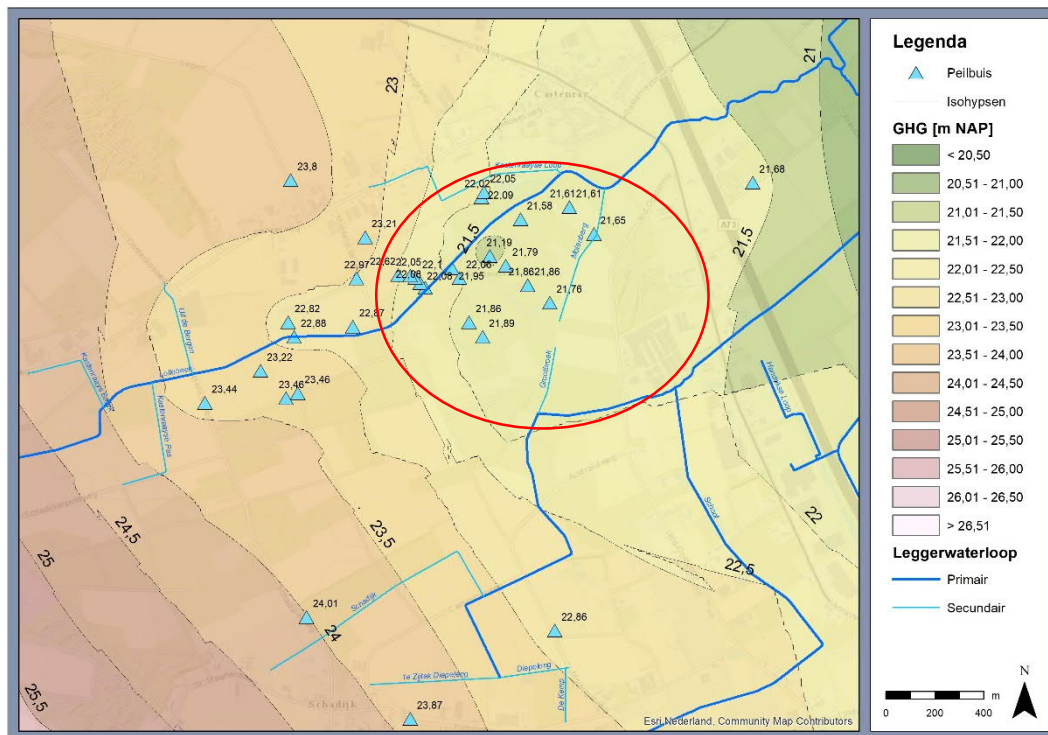
De grondwaterstanden verlopen net als het maaiveld van zuidwest naar noordoost en volgen grofweg de lijn van de Lollebeek. In de Castenrayse Vennen varieert de GLG grotendeels tussen de NAP +21,0 m en NAP +21,5 m, met in het westen naar stijging tot NAP +22,0 m. De GVG varieert grotendeels tussen de NAP+ 21,5 m en de NAP+ 22,0 m, ook hier ligt het westelijk deel nog een halve meter hoger. De GHG ligt ongeveer 10 cm boven de GVG.



Figuur 2-17 GLG ten opzichte van NAP.



Figuur 2-18 GVG ten opzichte van NAP.

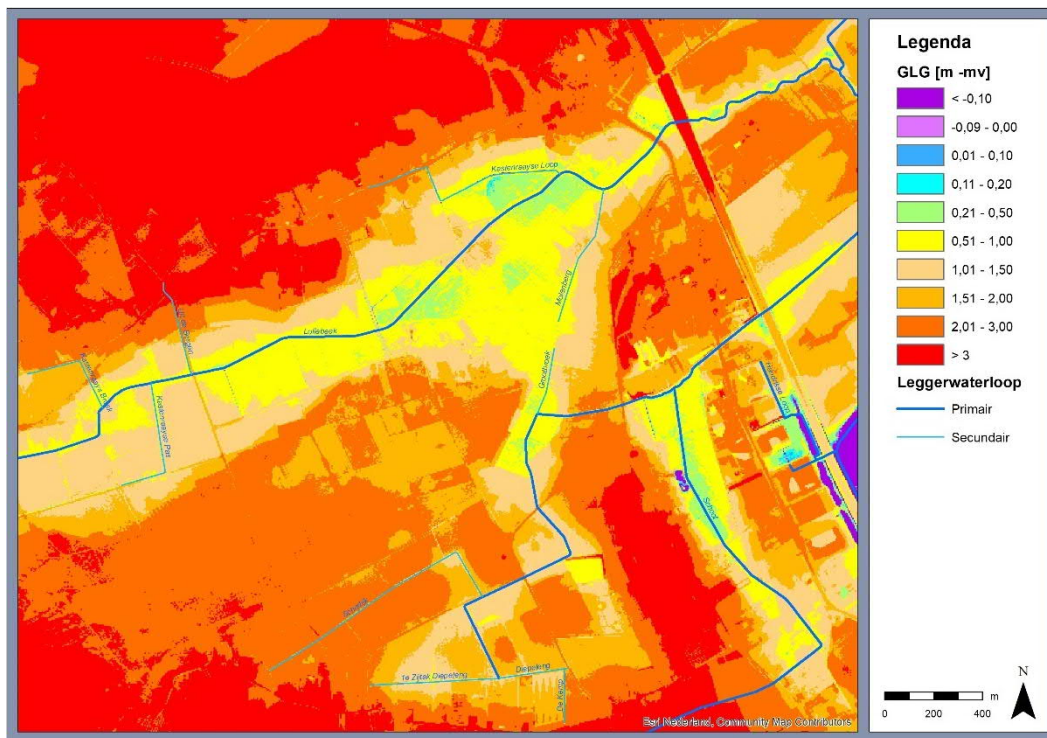


Figuur 2-19 GHG ten opzichte van NAP.

Grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld

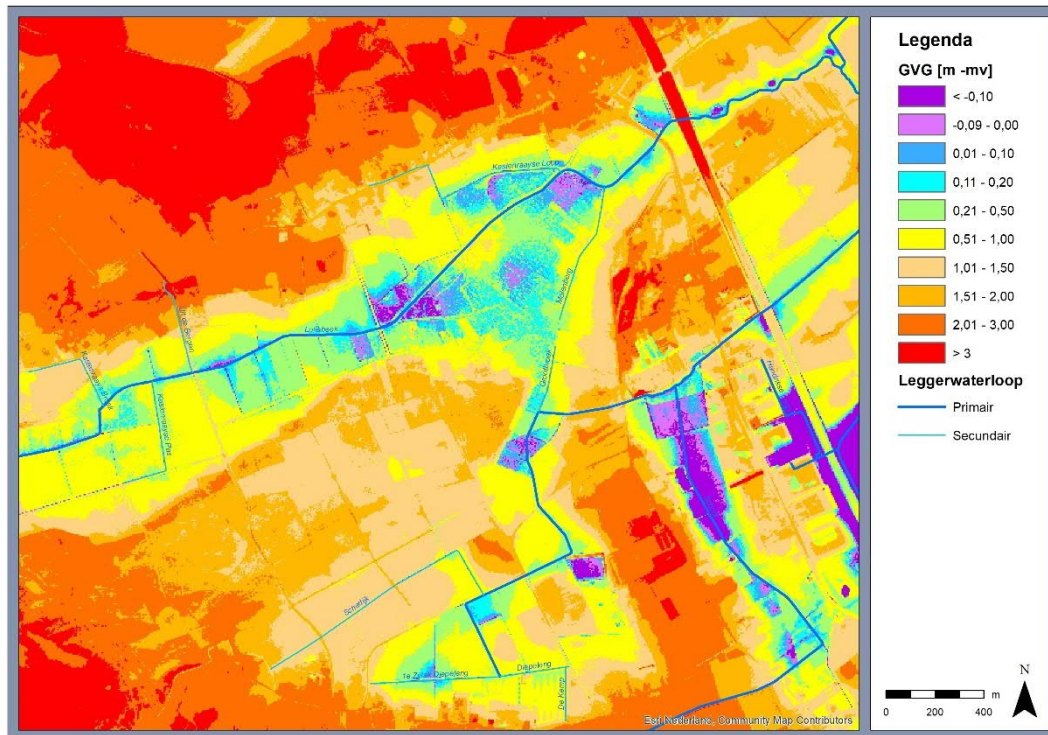
De grondwaterstanden (GLG, GVG en GHG) zijn eveneens gerelateerd aan het maaiveld, zodat deze kan worden vergeleken met de wenselijke grondwaterstanden voor de natuurdoeltypen. De resultaten zijn opgenomen in Figuur 2-20, Figuur 2-21 en Figuur 2-22.

Voor laag- en hoogveenbossen, zoals onder andere elzenbroekbossen, het aangewezen natuurdoeltype voor grootste deel van de Castenrayse Vennen, is een GLG van maximaal 0,45 m onder maaiveld gewenst en een GVG van 0,20 m onder maaiveld. Vanuit dit perspectief kunnen de volgende kaarten worden geïnterpreteerd.

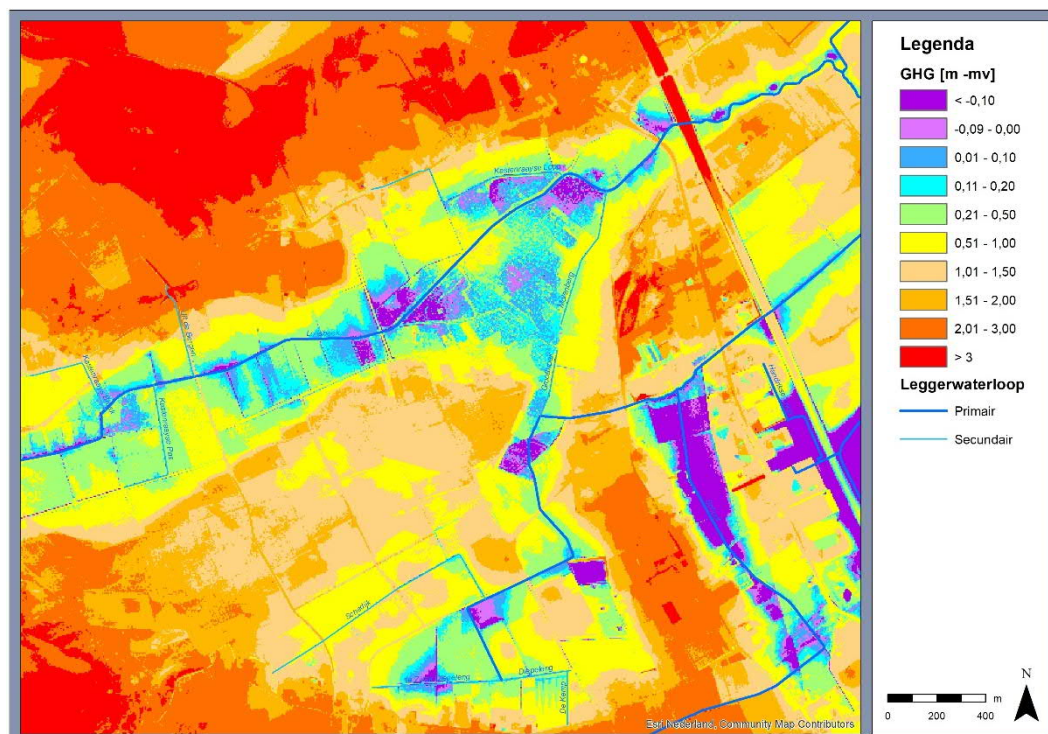


Figuur 2-20 GLG ten opzichte van maaiveld

Uit de GLG-kaart blijkt dat slechts op enkele delen de gewenste GLG van 0,45 onder maaiveld of hoger wordt gehaald (groene kleur in *Figuur 2-20*). De plaatsen waar dit wordt gehaald, liggen vlakbij de huidige beek. Omdat de drainerende werking van de beek niet in de interpolatie is meegenomen, is het goed mogelijk dat de grondwaterstanden hier ook nog verder uitzakken op plaatsen waar zich geen meetpunten bevinden. Het geschetste beeld is mogelijk dus nog te rooskleurig.



Figuur 2-21 GVG ten opzichte van maaiveld



Figuur 2-22 GHG ten opzichte van maaiveld

Wat betreft de GVG is de wens om deze maximaal 0,20 m onder maaiveld te hebben (blauwe kleur in *Figuur 2-21*). Ook deze grondwaterstand wordt grotendeels niet gehaald. De locaties waar wel aan de eis wordt voldaan, zijn dezelfde vlekken als in de GLG-kaart.

Er is dus alles aan gelegen om de grondwaterstanden in het gebied te verhogen en jaarrond constanter te krijgen, om te voldoen aan de gewenste grondwaterpeilen voor hoog- en laagveenbosvegetaties (elzenbroekbossen). Uit kwaliteitsoverwegingen moet ook de kwelstroom naar de natuurpercelen zo groot mogelijk worden (afvang verminderen).

2.2.3 Analyse van de onderlinge samenhang tussen grond- en oppervlaktewaterpeilen

De grondwaterstanden worden vergeleken met de oppervlaktewaterstanden om meer inzicht te krijgen in de onderlinge samenhang en invloed op elkaar. Dit is gedaan voor de GLG (5% MA), de GVG (30% MA) en de GHG (50% MA).

Bij de GLG zien we dat deze tussen de 21,0 en 21,5 m+ NAP ligt in het gebied rondom de Castenrayse Vennen bij de oppervlaktewatermeetpunten 0_mon_Lollebeek 1 en 0_mon_Lollebeek 12. De oppervlaktewaterpeilen fluctueren in deze punten tussen de 20,6 m+ NAP en 21,1 m+ NAP. Bij het oppervlaktewatermeetpunt OLOLL03_H, net bovenstrooms van de Castenrayse Vennen, zien we een GLG rond de 22,0 m+ NAP en een oppervlaktewaterstand tussen de 21,55 m+ NAP en 22,05 m+ NAP. Hieruit kunnen we opmaken dat de Lollebeek vaak een lager peil heeft dan het omringende grondwater. Het kan dus zo zijn dat de Lollebeek een drainerende werking heeft op de Castenrayse Vennen bij een GLG waterstand.

Bij de GVG zien we dat deze tussen de 21,5 en 22,0 m+ NAP ligt in het gebied rondom de Castenrayse Vennen bij de oppervlaktewatermeetpunten 0_mon_Lollebeek 1 en 0_mon_Lollebeek 12. De oppervlaktewaterpeilen fluctueren in deze punten tussen de 20,7 m+ NAP en 21,1 m+ NAP. Bij het oppervlaktewatermeetpunt OLOLL03_H, net bovenstrooms van de Castenrayse Vennen, zien we een GLG rond de 22,5 m+ NAP en een oppervlaktewaterstand tussen de 21,75 m+ NAP en 22,05 m+ NAP. Het oppervlaktewaterpeil ligt wederom lager dan de grondwaterstand in het gebied. De verschillen zijn nu echter een stuk groter dan bij de GVG. De kans dat de Lollebeek een drainerende werking heeft voor de GVG is daarom nog aannemelijker.

Bij de GHG zien we dat deze tussen de 21,5 en 22,0 m+ NAP ligt in het gebied rondom de Castenrayse Vennen bij de oppervlaktewatermeetpunten 0_mon_Lollebeek 1 en 0_mon_Lollebeek 12. De oppervlaktewaterpeilen fluctueren in deze punten tussen de 20,8 m+ NAP en 21,25 m+ NAP. Bij het oppervlaktewatermeetpunt OLOLL03_H, net bovenstrooms van de Castenrayse Vennen, zien we een GLG rond de 22,5 m+ NAP en een oppervlaktewaterstand tussen de 21,85 m+ NAP en 22,15 m+ NAP. Het oppervlaktewaterpeil ligt bij de GHG ook onder de grondwaterstand.

2.2.4 Conclusie

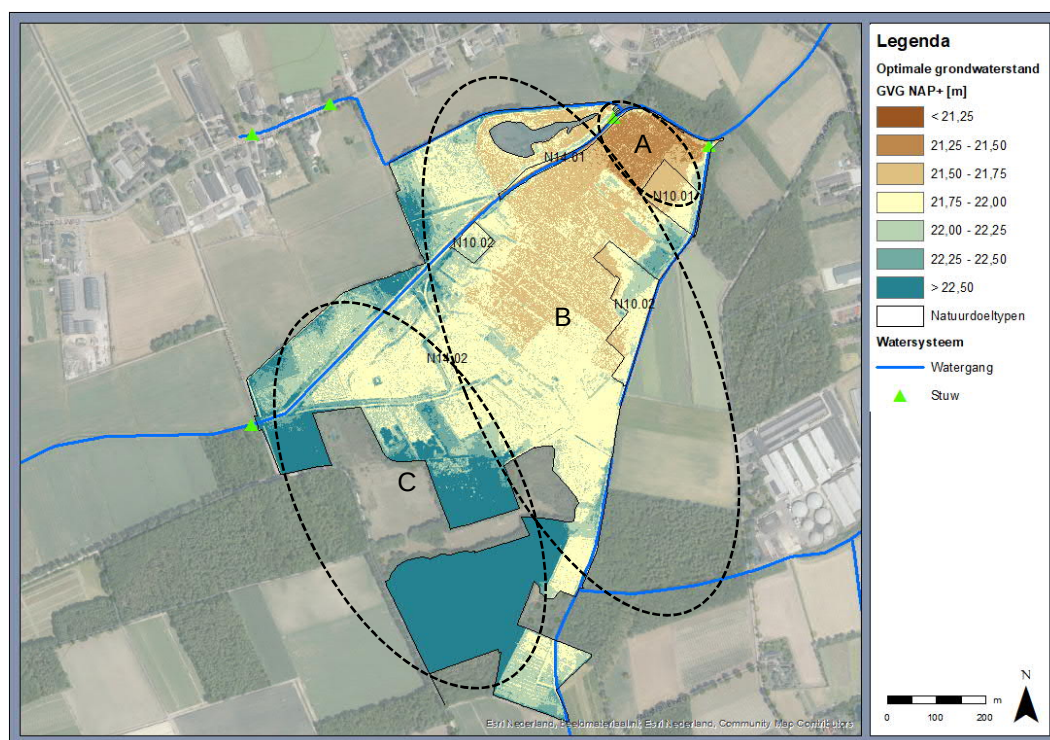
De vergelijking van de grondwaterpeilen en de oppervlaktewaterpeilen onderschrijft het beeld van een drainerende Lollebeek in het gebied rondom de Castenrayse Vennen. Er is dus sprake van opbolling in drogere perioden, in het voorjaar en bij de nattere omstandigheden. Dit betekent dus dat én de Lollebeek het gebied draineert én dat er voldoende kwel- en neerslagdruk is om de grondwaterstanden aan te vullen onder alle omstandigheden.

2.3 Analyse van de ideale grondwaterstanden in het gebied

Aan de hand van de natuurdoeltypekaart zijn de ideale grondwaterstanden in het gebied bepaald (Figuur 2-23). Elk natuurdoeltype heeft een optimale gemiddelde voorjaars grondwaterstand (GVG) ten opzichte van maaiveld. De natuurdoeltypen met bijbehorende optimale GVG grondwaterstanden zijn:

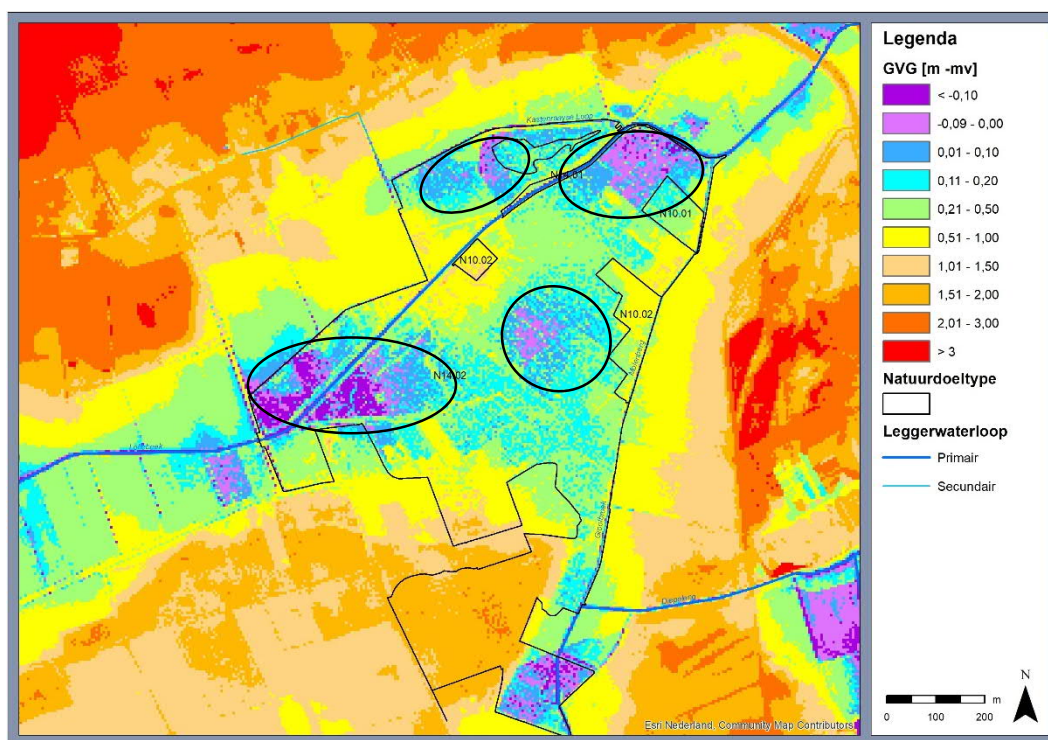
- N14.01: Rivier- en beekbegeleitend bos (tussen -0,10 m en 0,50 m onder maaiveld);
- N14.02: Hoog- en laagveenbos (tussen 0,00 m en 0,20 m onder maaiveld);
- N10.01: Nat schraalland (tussen -0,05 m en 0,20 m onder maaiveld);
- N10.02: Vochtig hooiland (tussen 0,05 m en 0,50 m onder maaiveld).

In de Castenrayse Vennen zijn nu grofweg drie gebieden te herkennen met ieder een eigen 'optimale grondwaterstand'. Elk van de gebieden heeft een eigen optimale gemiddelde grondwaterpeil.



Figuur 2-23. Globaal beeld van de optimale grondwaterstanden op basis van de natuurdoeltypen. Voor gebied A circa NAP +21,40 m, gebied B circa NAP +21,80 m en gebied C circa NAP +22,00 m. Overigens wordt ter plaatse C en de aan de noordzijde grenzende percelen gestreefd naar een maximaal peil van NAP +21,80 m conform de gemaakte afspraken.

De optimale GVG grondwaterstanden voor de verschillende natuurdoeltypen worden in de huidige situatie lang niet overal gehaald. In Figuur 2-24 is een knelpuntenkaart van het gebied te zien. Op de kaart zijn de geïnterpoleerde gemeten GVG's te zien en waar deze wel en niet voldoen aan de optimale grondwaterstanden. Binnen de zwarte cirkels voldoen de huidige grondwaterstanden, buiten de zwarte cirkels zijn de huidige grondwaterstanden te laag. Dit onderschrijft het belang van het verhogen van de lokale grondwaterstand naar de optimale peilen die zijn beschreven.



Figuur 2-24 Knelpuntenkaart (binnen de cirkels voldoet de GVG in de huidige situatie voor de voorkomende natuurdoeltypen) – GVG ten opzichte van maaiveld

De huidige grondwaterstanden liggen voor het grootste deel van het natuurgebied lager dan dat deze zouden moeten zijn. Met name in het middendeel waarvan de gewenste grondwaterstand rond de NAP +21,80 m zou moeten liggen, liggen de grondwaterstanden veelal 20 tot 50 cm lager. Het verhogen van de grondwaterstanden in het gebied is dus gewenst.

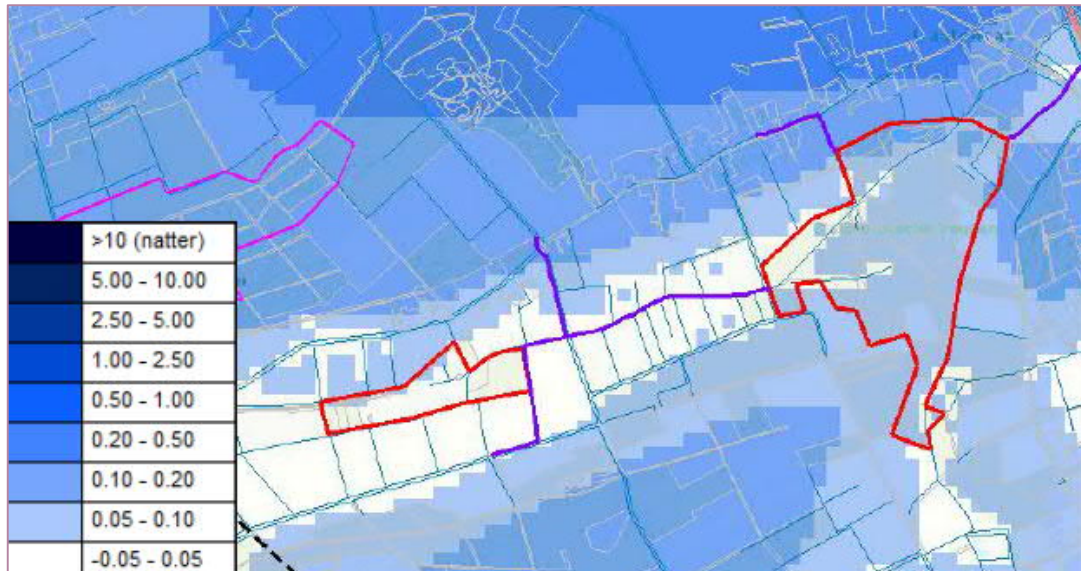
2.4 Analyse invloed waterwinning Breehei

De invloed van de waterwinning Breehei op de Castenrayse Vennen is eerder onderzocht door Sweco (2019)¹ in opdracht van Waterschap Limburg, als verkenning voor de maatregelen aan de Lollebeek en Castenrayse Vennen. De samenvatting van de bevindingen uit die studie worden hier gepresenteerd.

In de voornoemde studie is bekeken wat de effecten zijn op (onder andere) de Castenrayse Vennen wanneer de drinkwaterwinning wordt stopgezet. Hiermee wordt dus ook het effect zichtbaar van de winning zelf: als de winning er niet geweest zou zijn, dan was er sprake van een andere uitgangssituatie.

¹ 'Grondwatermodelanalyse Castenrayse Vennen, voorstudie programma Maasgaard', Sweco, 05-09-2019, ref.nr. SWNL0248785.

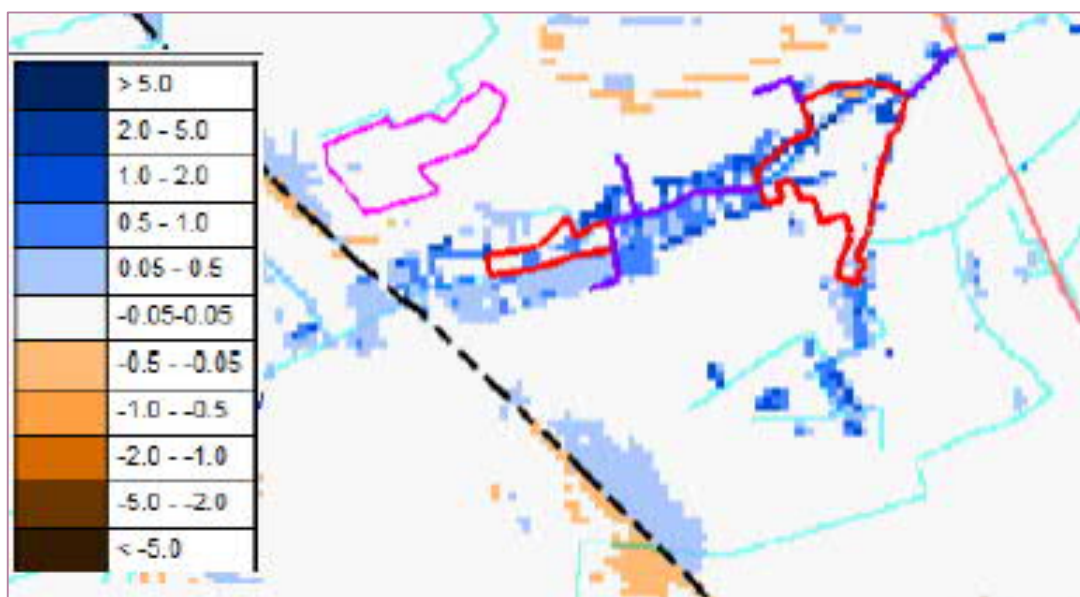
Kijkend naar de freatische grondwaterstanden zien we het volgende beeld:



Figuur 2-25 Effect op de freatische grondwaterstand bij het uitzetten van waterwinning Breehei (roze contour) op de Castenrayse Vennen (rode contour rechts).

Te zien is dat in een groot gebied rond de waterwinning de grondwaterstanden zullen stijgen wanneer de winning wordt uitgezet. In de Castenrayse Vennen is het berekende effect 0 tot 10 cm. Oftewel door de waterwinning zijn de grondwaterstanden 0 tot 10 cm verlaagd. Wordt de capaciteit van de waterwinning vergroot, dan zullen de grondwaterstanden zeer waarschijnlijk verder dalen.

Rond de Lollebeek wordt geen effect op de freatische grondwaterstanden berekend. Dit komt niet doordat het uitzetten van de waterwinning daar geen effect heeft, maar doordat de Lollebeek het peil hier zodanig reguleert dat de extra kweldruk wordt afgevoerd bij (vrijwel) gelijkblijvende grondwaterstanden. Dit blijkt ook uit de berekeningen en het kwelbeeld: de verandering van de kwelflux is het grootste in de gebieden waar de grondwaterstanden gelijk blijven. Zie *Figuur 2-26*:



Figuur 2-26 Verandering van de kwelflux (mm/dag) bij het uitzetten van waterwinning Breehei (roze contour) op de Castenrayse Vennen (rode contour rechts) – blauw is toenemende en oranje is afnemende kweldruk.

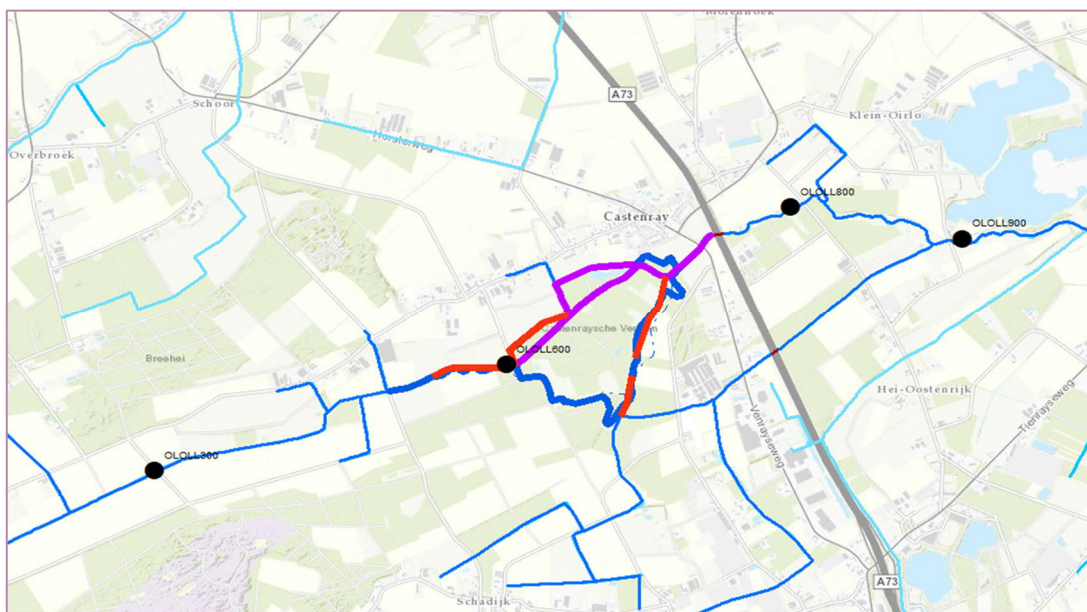
Dit betekent dus dat de afvoer in de beek toeneemt wanneer de waterwinning wordt stopgezet (circa 1 mm/dag). Omgekeerd is het dan dus ook zo dat wanneer de capaciteit van de waterwinning wordt vergroot, de afvoer van de Lollebeek verder afneemt. Dit levert een risico op voor droogval van de beek en een grotere drainerende werking van de huidige beekloop. Extra wateraanvoer in droge perioden is dan noodzakelijk.

In de Castenrayse Vennen zal de kwelflux rond de Lollebeek toenemen wanneer de waterwinning wordt stopgezet. Met name in de gebieden waar nu de beek draineert en dus water versneld wordt afgevoerd. Verder van de Lollebeek blijft de kwelflux gelijk: er stelt zich een nieuw evenwicht in: een hogere grondwaterstand in het freatisch pakket, waardoor de tegendruk naar het diepere grondwater groter wordt en de kwelflux gelijk blijft. Dit betekent dus dat wanneer de drainerende werking van de beek wordt opgeheven (door verlegging en verondieping), de grondwaterstanden zullen stijgen tot het evenwicht weer is hersteld. De verwachting is dus dat dit in ieder geval 0 tot 10 cm zal zijn. Ondanks de waterwinning is er dus nog steeds sprake van een voldoende kweldruk om het gebied met kwelwater te voeden, het niveau van de grondwaterstanden is echter te laag.

Het vergroten van de capaciteit van de waterwinning kan grote gevolgen kunnen hebben op de grondwaterstanden in het natuurgebied. Naast dat het zeer aannemelijk is dat de grondwaterstanden zullen dalen, is het ook de vraag of de kweldruk afneemt. Als dat het geval is, dan wordt het grondwater onvoldoende aangevuld en zal het gebied zijn karakteristiek zeker verliezen. De Lollebeek draineert het gebied, waarbij het verhogen van het peil van de Lollebeek ook zorgt voor hogere grondwaterstanden (minder draineren). Bij het vergroten van de Waterwinning Breehei, bestaat de kans dat de kweldruk in de Castenrayse Vennen kleiner wordt en het gebied verdroogt. In dat geval zou de Lollebeek zelfs kunnen gaan infiltreren in plaats van draineren, zodat het gebied afhankelijk wordt van voeding vanuit de Lollebeek. Het vergroten van Waterwinning Breehei is een groot risico voor het bepalen van de doelen in het natuurgebied.

2.5 Analyse waterkwaliteit, in relatie tot de KRW en natuurdoeltypen

De waterkwaliteit van de Lollebeek is bepalend voor het behalen van de KRW-doelen. Daarnaast is de kwaliteit van het water van invloed op de Castenrayse Vennen. Wanneer de (nieuwe) beek overloopt in het natuurgebied, vindt een belasting met nutriënten (fosfaat, stikstof), zouten (chloride) en zuurgraad (pH) plaats. Om te bepalen welke risico's dit met zich meebrengt, is de waterkwaliteit geanalyseerd. In *Bijlage 2* zijn langjarige meetreeksen geplote van de vier meetpunten waar de waterkwaliteit wordt gemeten. Deze meetpunten staan weergegeven in *Figuur 2-27*.



Figuur 2-27 Ligging waterkwaliteitsmeetpunten in de Lollebeek en de geplande maatregelen.

Voor de KRW-relevante parameters is het volgende af te leiden:

- de temperatuur varieert tot maximaal 25 graden Celcius;
- de concentratie totaal P ligt gemiddeld tussen de 0,1 en 0,2 mg/l;
- de concentratie voor totaal N ligt tussen de 3 en 7 mg/l;
- de pH waarde varieert tussen de 7 en 9;
- de chlorideconcentratie varieert van 40 tot 80 mg/l met een enkele uitschieter tot maximaal 100 en 160 mg/l;
- de zuurstofconcentratie varieert van 6 – 14 mg/l met een uitschieter naar 16 mg/l.

Daarnaast ondersteunt het beeld van de vier meetpunten de eerder getrokken conclusies met betrekking tot de herkomst van het water: dit is grotendeels aanvoerwater dat wordt vermengd met de gebiedsafvoer. De concentraties stoffen van de landbouwkundige afvoer verschillen niet veel van die van het aanvoerwater.

2.5.1 Waterkwaliteit in de Lollebeek in relatie tot haalbaarheid KRW-type R4

Voor de Lollebeek is als doel het KRW-type R4 vastgesteld. Dit is een 'permanent langzaam stromende bovenloop op zand'. De karakterisering is weergegeven in *Tabel 8*.

Tabel 8 *Karakteristiek voor KRW-type R4(a)*

Parameter	Code	Eenheid	Range
Debiet	Q	m ³ /s	0,03 – 0,50
Stroomsnelheid	v	m/s	0,10 – 0,50
Verhang	i	m / km	0,5 – 1,0
Breedte	B	m	0 - 3
Riviercontinuïteit	rc	0/1	1, permanent

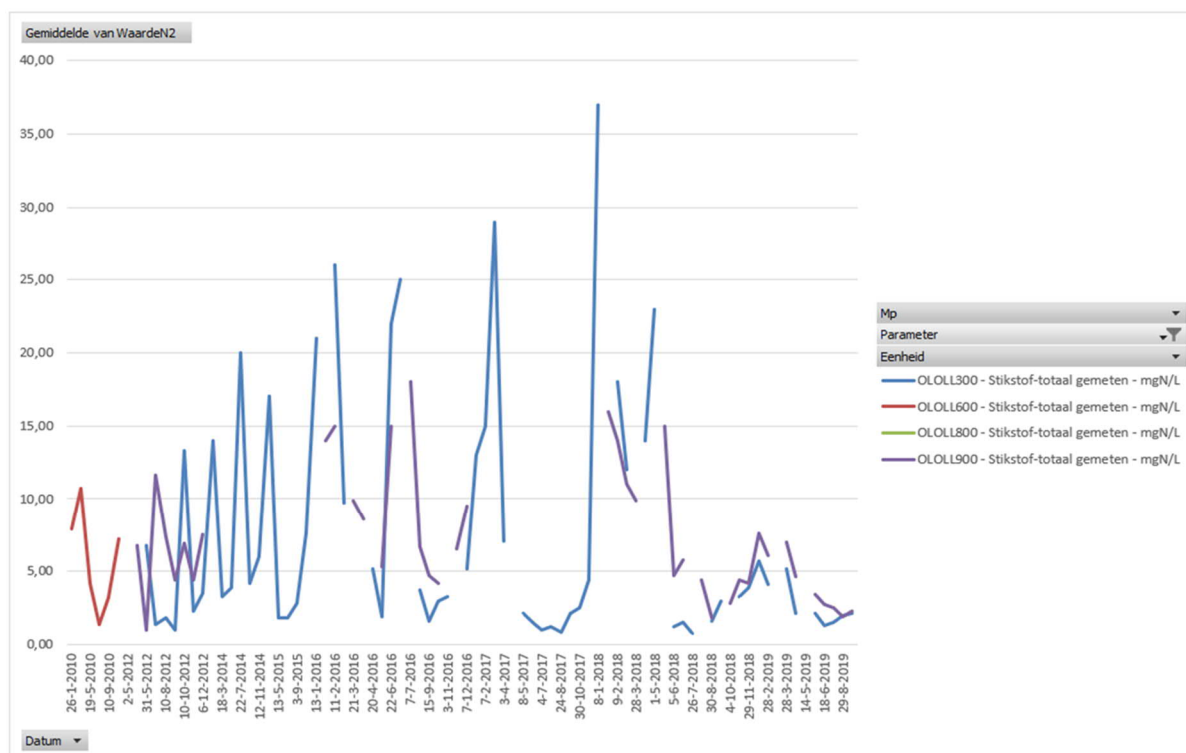
Uit de analyse van de meetgegevens voor debiet, stroomsnelheid en verhang blijkt dat doorgaans aan de KRW-typing wordt voldaan. De afvoer van de Lollebeek ligt tussen 0,05 en 0,40 m³/s, de stroomsnelheden die daarbij optreden zijn laag circa 0,1– 0,3 m/s. Dit komt vooral ook omdat het verhang beperkt is, < 0,3 m/km. De beek stroomt dus langzamer dan voor een R4 type gewenst is.

Daarnaast zijn er voorwaarden voor de waterkwaliteit in het R4-type. De streefwaarden voor de waterkwaliteit voor de Lollebeek staan vermeld in *Tabel 9*.

Tabel 9 *Streefwaarden fysisch-chemische parameters voor KRW-type R4*

Kwaliteitselement	Indicator	Eenheid	Range
Thermische omstandigheden	dagwaarde	°C	< 27,5
Zuurstofhuishouding	verzadiging	%	60-120
Zuurgraad	pH	-	< 5,5 – 9
Zoutgehalte	chloriniteit	[Cl] mg/l	<= 200
Nutriënten	totaal-P	[P] mg/l	<= 0,33
	totaal-N	[N] mg/l	<= 4,6

Uit de analyse van de meetreeksen voor de belangrijkste waterkwaliteitsparameters blijkt het volgende: Voor temperatuur, pH, zoutconcentratie en P-totaal wordt voldaan aan de eisen vanuit de KRW. De waarden voor N totaal worden ernstig overschreden. De zomergemiddelde concentratie van totaal-stikstof in de Lollebeek is 5,1. Maxima tot 25 mg N/l komen voor. Dit is te zien in *Figuur 2-28*. De plots van de andere waterkwaliteitsmetingen zijn opgenomen in de *Bijlage 2*.



Figuur 2-28 Grafiek van de meetgegevens voor N-totaal van de vier meetpunten in de Lollebeek.

Hiermee voldoet alleen de totaal-stikstofconcentratie niet aan de streefwaarden voor het KRW-type R4. De te hoge concentratie van totaal-stikstof kan het behalen van de KRW doelen in de weg staan.

Er is overwogen om het KRW-type te veranderen naar R19 (doorstroommoeras) of R20 (moerasbeek), maar voor deze typen gelden dezelfde streefwaarden voor totaal-stikstof. Bovendien worden de streefwaarden voor chloride en/of de temperatuur voor deze typen overschreden. Daarom is het niet zinvol om het KRW-type voor de Lollebeek te wijzigen.

2.5.2 Waterkwaliteit in relatie tot de natuurdoeltypen in de Castenrayse Vennen

De meest voorkomende natuurdoeltypen in het natuurgebied Castenrayse Vennen zijn Hoog- en Laagveenbossen (Elzenbroekbos, N14.02) en droge en natte schraalgraslanden (N11.01, N10.01). Daarnaast komen vennen voor. Om de waterkwaliteit in het natuurgebied met die van de beek te kunnen vergelijken, wordt gekeken naar het type M12: kleine ondiepe zwak gebufferde plassen (vennen). In Tabel 10 staan de streefwaarden voor dit type vermeld.

Tabel 10 Streefwaarden fysisch-chemische parameters voor KRW-type M12

Kwaliteitselement	Indicator	Eenheid	Range
Thermische omstandigheden	dagwaarde	°C	< 27
Zuurstofhuishouding	verzadiging	%	60-120
Zoutgehalte	chloriniteit	mg Cl/l	<= 40
Zuurgraad	pH	-	< 4,0 – 7,5
Nutriënten	totaal-P	mg P/l	0,04 - 0,1
	totaal-N	mg N/l	<= 0,8 – 2,0
Doorzicht	SD	m	>= 0,9 (of bodem)

Als water uit de Lollebeek in de Castenrayse Vennen stroomt tijdens een hoogwater c.q. extreme afvoer, dan is er een risico op overschrijding van de concentraties van chloride, totaal-stikstof, totaal-fosfor en bicarbonaat (kalk) in de Castenrayse Vennen. De concentratie bicarbonaat in de Lollebeek is gemiddeld 1,6 mmol/l en dit is hoger dan de gewenste alkaliniteit van 0,3 tot 1,0 meq/l². Vanwege de hoge concentraties van chloride, totaal-stikstof, totaal-fosfor en bicarbonaat is het van groot belang om het risico op overstroming van de Castenrayse Vennen door de Lollebeek tot een minimum te beperken.

Het ecologische effect van een overstromingsgebeurtenis hangt af van:

- De duur van de inundatie en infiltratie, de mate waarin stoffen zich in de bodem kunnen afzetten, kalkrijk water de wortelzone kan bereiken en duur dat de kwelstroom wordt verminderd.
- De hoeveelheid water dat in het Castenrayse Vennengebied binnendringt.
- De actuele concentraties in de Lollebeek op het moment van overstroming.
- Wanneer de overstroming plaats vindt. Is dit in de winter, dan is er voor het groeiseizoen nog tijd om de concentraties te verdunnen door regen- en kwelwater. Vindt de overstroming in het voorjaar plaats, dan is die tijd er niet.
- De hoeveelheid regen- en kwelwater waarmee na een overstromingsgebeurtenis wordt verdund.

Op voorhand is het dus moeilijk in te schatten hoe groot het effect van een overstromingsgebeurtenis op het ecologisch functioneren zal zijn, en hoe lang schadelijke effecten zullen doorwerken. Wel is duidelijk dat overstromingen, zeker wanneer de beek een nieuwe loop langs de meest kwetsbare, laaggelegen delen krijgt, moeten worden voorkomen.

2.6 Analyse bergingsopgave Gortmeule

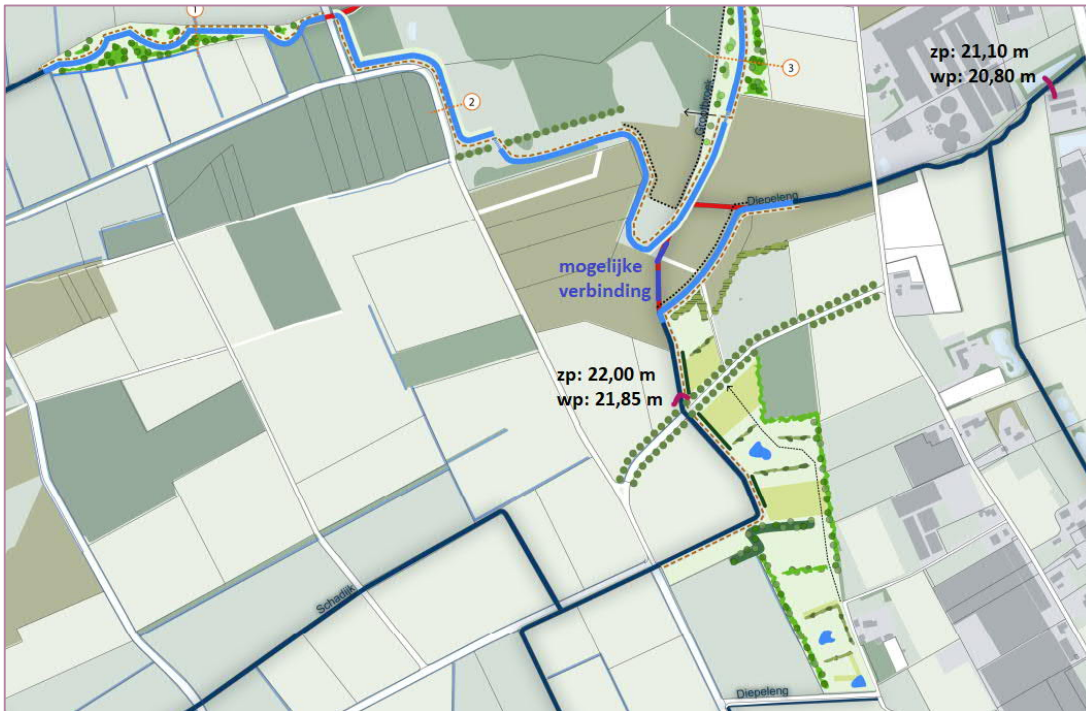
De ecologische verbindingzone 'Gortmeule – Castenrayse Vennen' kan worden ingevuld als droge of natte EVZ. Een natte EVZ kan op twee manieren worden ingevuld: enerzijds door de Diepeleng fysiek te verbinden met de nieuwe loop van de Lollebeek, anderzijds door de zone langs de Diepeleng in te richten als permanent watervoerend retentiegebied voor het kassengebied tussen de Diepeleng en de Schoot. Een droge EVZ zou eveneens als waterbergingsgebied kunnen worden ingericht, maar dan is er slechts sprake van sporadisch inundatie. Mogelijk kan infiltratie van piekafvoeren plaatsvinden. In de volgende paragrafen wordt ingegaan op de mogelijkheden.

2.6.1 Mogelijkheid verbinding Diepeleng en Lollebeek

Het verbinden van de Diepeleng met de Lollebeek is zinvol als hiermee de afvoercondities in de Lollebeek worden verbeterd. Denk hierbij aan een hoger peil bij lagere afvoeren, of de afvoercontinuïteit verbeteren (minder/geen droogval). Voorwaarde is dan wel dat het peil op de Diepeleng hoger is dan het peil in de nieuwe loop van de Lollebeek. Een surplus van water uit het gebied van de Diepeleng kan dan worden afgevoerd naar de Lollebeek.

Om inzicht te krijgen in de mogelijkheden om deze twee lopen te verbinden, wordt het verwachte peil in de nieuwe Lollebeek bij de voorjaars- en winterafvoer vergeleken met de verwachte peilen in de Diepeleng bij deze afvoeren.

² Arts, G.H.P., G. van der Velde, J.G.M. Roelofs & C.A.M. van Swaay 1990a. Successional changes in the soft-water macrophyte vegetation of (sub)atlantic, sandy, lowland regions during this century. *Freshwater Biology* 24: 287-294.



Figuur 2-29 Ontwerp Lollebeek en Diepeleng met huidige stuwpeilen op de Diepeleng.

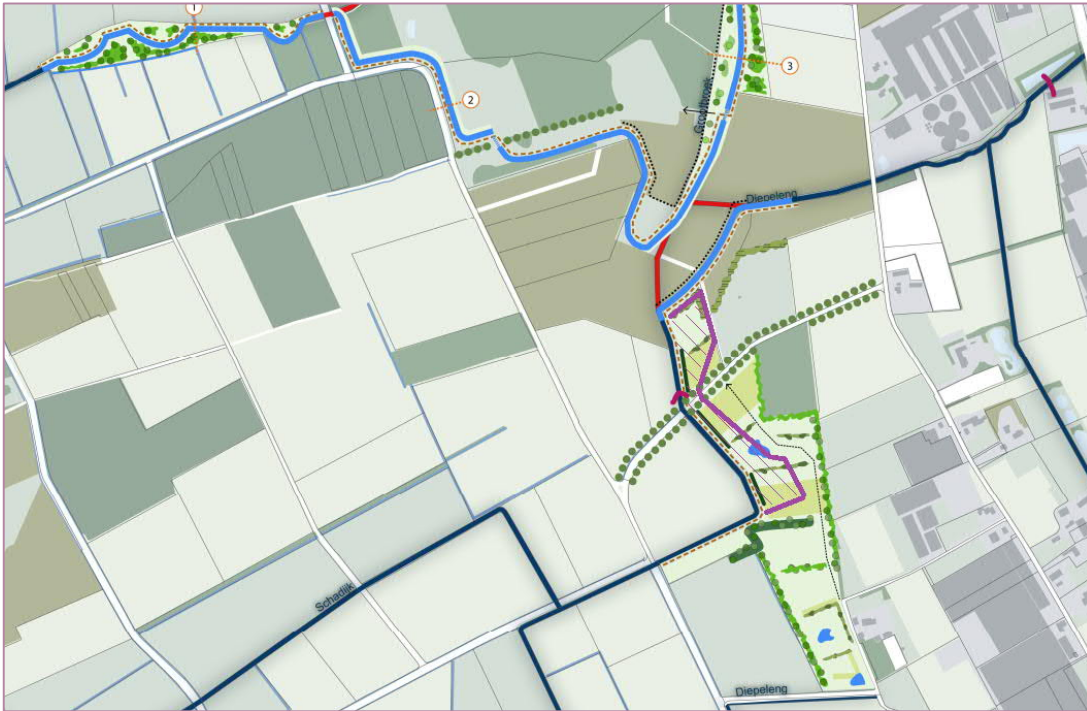
De verwachte nieuwe peilen bij de zuidelijke lus in de Lollebeek liggen op circa NAP + 21,80 m voor een voorjaarsafvoer (30% MA) en een NAP 21,95 m bij een winterafvoer (50% MA). Mogelijk wordt dit nog wel iets lager wanneer concessies gedaan moeten worden in de breedte en/of diepteligging van de nieuwe loop.

Op de Diepeleng worden geen peilen geregistreerd, wel zijn de zomer- en winterinstellingen van de stuw bekend. Benedenstrooms van de beoogde plaats van het verbinden van de watergang zijn de zomer- en winterstand respectievelijk NAP + 21,10 m en NAP +20,80 m (zie *Figuur 2-29*), de gemodelleerde peilen liggen 10 tot 35 cm boven de stuwstanden.

De peilen zijn dus veel te laag om onder deze omstandigheden een verbinding te maken met de Lollebeek. Verhogen van de stuwstand van de stuw nabij de snelweg is geen optie, vanwege het lage maaiveld op de locatie waar de Schoot in de Diepeleng uitkomt.

2.6.2 Inrichting van de Ecologische Verbindingszone Gortmeule – Castenrayse Vennen

De inrichting van de strook langs de Diepeleng kan worden ingevuld met alleen droge of ook natte elementen. In *Figuur 2-30* is het Schetsontwerp gegeven voor de inrichting van de zone vanaf Landgoed Gortmeule tot aan de knik in de Diepeleng.



Figuur 2-30 Zone voor inrichting waterberging.

In de *Figuur 2-30* is met een paarse arcering aangegeven welk van de EVZ als gebied voor waterberging kan worden gebruikt. Hierbij is rekening gehouden met de ligging van de beek en de hoogte van het maaiveld. Alleen de laagste delen zijn namelijk (efficiënt) inzetbaar.

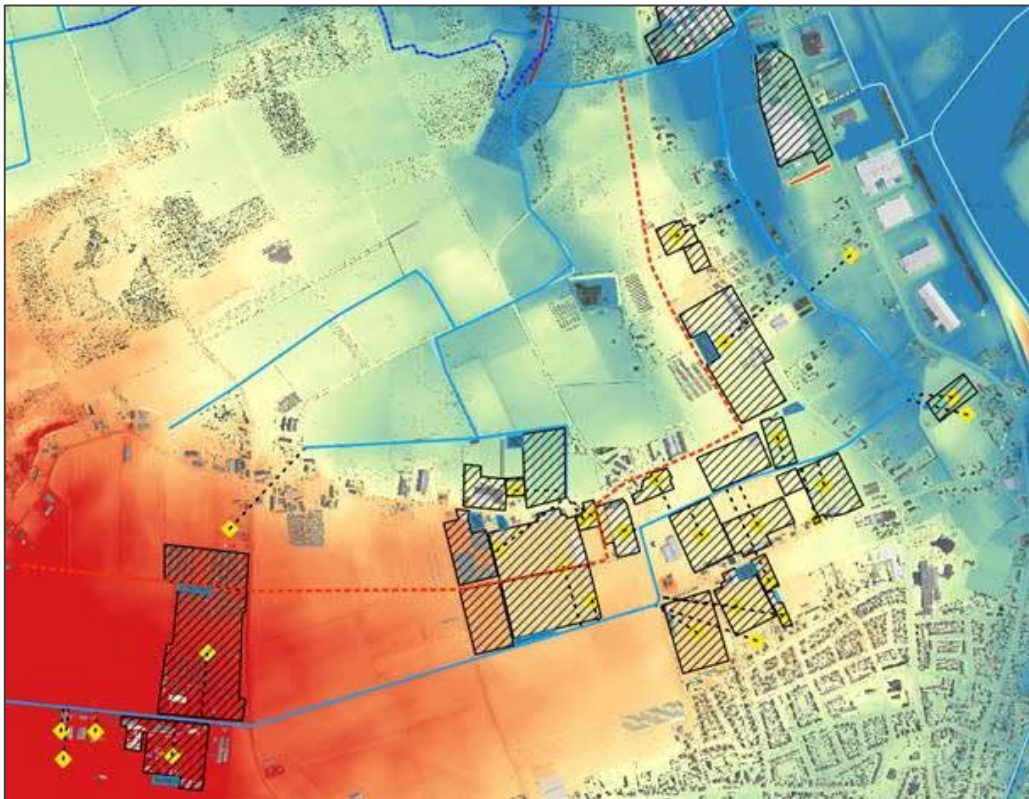
Bergingsopgave

Voor het gebied is voor een bandbreedte aan scenario's in beeld gebracht welke bergingsopgave er is. De berging, gekoppeld aan het regionale systeem, moet een piekafvoer vanaf de kassen richting de Diepeleng voorkomen. Het systeem werkt als volgt: bij de kassen zelf is een bepaalde mate van berging aanwezig. Als deze berging vol is, dan stroomt het de regionale berging in. Deze berging mag met 2 l/s/ha aangesloten oppervlak lozen op het regionale stelsel. Om te bepalen welk aanbod van hemelwaterafvoer deze piekberging moet kunnen verwerken, is het dus van belang te weten:

- welk areaal is aangesloten;
- hoeveel berging bij de kassen aanwezig is;
- met welke neerslaggebeurtenis rekening gehouden moet worden.

Afwaterend areaal

In het gebied is circa 14,6 ha aan kasoppervlak aanwezig, dat afwatert naar de Diepeleng. De rest (meer dan 50 ha) watert af naar de Schoot. In het areaal zijn ook containervelden opgenomen, die qua functioneren vergelijkbaar zijn met kassen. Het areaal is geïnventariseerd op basis van de luchtfoto en beschikbare modelgegevens. De afwatering is gebaseerd op de ligging en lozingspunten van de aanwezige kasbergingen.



Figuur 2-31 Inventarisatie kassengebied Diepeleng/Schoot. Gearceerd: kasopevlakken. Rode stippellijn: hydrologische scheiding tussen afwatering naar Diepeleng en Schoot.

Berging bij de kassen

De kassen zijn gebouwd onder oud beleid (vanaf circa de eeuwwisseling), wat inhoudt dat bij de kassen 50 mm berging voor het dakoppervlak aanwezig moet zijn. Deze 50 mm is in veel gevallen niet aanwezig, ofwel omdat de kassen ouder zijn dan 20 jaar, ofwel omdat de benodigde berging niet is gerealiseerd. Het huidige beleid gaat uit van een kasberging van 100 mm. Kassen met 100 mm berging zijn nog niet gebouwd. Toekomstig areaal aan kassen moet deze berging hebben. Wanneer kassen 100 mm berging beschikbaar hebben, is de afvoer vanuit de kassen naar het regionale watersysteem te verwaarlozen.

Vervolgens is het de vraag of deze berging volledig beschikbaar is bij aanvang van een extreme neerslag(periode). De schatting is dat dit veelal niet het geval zal zijn. Daarom zijn een drietal scenario's in beeld gebracht voor de beschikbare berging bij de kassen: geen berging (0 mm), de helft van de oude norm (25 mm) en het theoretische geval dat alle bestaande kassen de normberging beschikbaar hebben. De restopgave: wat past er dan niet in de bergingen bij de kassen en moet regionaal geborgen worden?

Berging voor verschillende neerslagsscenario's

In *Tabel 11* zijn de resultaten voor verschillende buien³ opgenomen. Er is uitgegaan van 14,6 ha aangesloten kasoppervlak en toekomstig areaal is niet meegenomen. Deze dienen immers 100 mm berging te hebben en zorgen dus niet voor een (piek)afvoer naar het regionale stelsel.

³ Buien conform de 'Werkwijzen hydrologie binnen projecten', WL, 2018.

Tabel 11 Benodigde piekberging voor diverse scenario's aan kasberging

Toetsbui	Scenario 1 Geen kasberging [m ³]	Scenario 2 25 mm kasberging [m ³]	Scenario 3 50 mm kasberging [m ³]
T50 2018 – 2 uur	8.567	4.987	1.406
T100 2018 – 2 uur	10.400	6.820	3.239
T50 2018 – 24 uur	9.054	5.179	1.598
T100 2018 – 24 uur	10.175	6.323	2.743
T50 2050 – 24 uur	10.878	7.040	3.460
T100 2050 – 24 uur	12.282	8.472	4.892

Uit deze bandbreedte analyse komt naar voren dat er tussen de 1.400 en 12.300 m³ geborgen kan worden in de voorziening, afhankelijk van de gekozen beschermingsgraad en aanwezige werkelijk aanwezige kasberging. Het vermoeden op basis van het aantal bergingen is, dat waarschijnlijk niet meer dan circa 25 mm berging in het gebied aanwezig is.

Keuze en uitwerking

In overleg met het waterschap is besloten om het gat tussen het oude en nieuwe beleid te dichten. Er wordt dus gekozen voor de aanname dat het bestaande areaal 50 mm berging heeft ofwel nog gaat realiseren en het surplus in de piekberging moet worden opgevangen.

Dit betekent dat op basis van *Tabel 11* maximaal 4.892 m³, afgerond 5.000 m³ berging moet worden gerealiseerd. Het geschikte gebied (zie *Figuur 2-30*) is circa 2,7 ha groot. Dit is ruim voldoende om in te richten als berging (waterschijf circa 20 cm). Of wanneer meer met poelen en laagtes wordt gewerkt: 1 ha met een halve meter verlagen.

Er is echter een beperkt budget voor de aanleg van de buffer, zoals is beschreven in de ontwerpnota. Dit budget is een beperkende factor. De bergingsvoorziening kan echter in de toekomst verder worden uitgebreid zodra er meer budget beschikbaar komt.

De berging wordt na de keuze voor een inrichtingsvariant in de zone ingepast en met het Sobek-model doorgerekend. De berging kan worden gevoed aan de zuidzijde en leeglopen aan de noordzijde, benedenstrooms van de stuw. Hiermee is voldoende verval beschikbaar. Dit houdt ook de mogelijkheid open om seizoensberging te introduceren.

3 Huidige situatie en toetsingskader modelanalyses

3.1 Inleiding

Naast de hydrologische systeemanalyse brengen we de huidige situatie verder in beeld door middel van modelberekeningen. De modelberekeningen worden uitgevoerd met het modelpakket Sobek. Voor de modelstudie wordt gebruik gemaakt van een door het waterschap aangeleverd model van het stroomgebied van de Lollebeek. Het model is gebaseerd op het model dat is gebruikt voor de Watersysteemtoets in 2015, maar is ten behoeve van dit project al voor een groot deel voorbereid. In *Bijlage 1* is het modelleringsproces beschreven. Voor achtergronden van het model en de uitgevoerde stappen en wijziging wordt naar deze bijlage verwezen. Conclusie uit de modelverbeteringen is dat op een goede wijze de werkelijke peilen kunnen worden gesimuleerd met het model.

De geactualiseerde zomer- en wintermodellen vormen de basis voor de hydraulische berekeningen in het gebied rondom de Castenrayse Vennen. Deze modellen worden gebruikt om zowel de huidige als toekomstige situatie door te rekenen en te bepalen of het nieuwe ontwerp voldoet aan alle randvoorwaarden. De huidige situatie wordt in beeld gebracht om het ontwerp hier vervolgens mee te kunnen vergelijken. Dit moet uitwijzen of het toekomstige ontwerp de gewenste vooruitgang biedt om de doelen te behalen.

3.2 Toetsingskader modelanalyses

Er wordt gekeken naar de stroomsnelheden, waterdieptes, waterpeilen en de drooglegging in het gebied. Dit wordt getoetst aan documenten en afspraken die zijn aangeleverd door het waterschap.

Het document 'Toetsing droogteopgave' van Waterschap Limburg geeft de randvoorwaarden weer voor de toetsing doelbereik oppervlaktewater en grondwater. Dit document wordt aangehouden bij de toetsing van de huidige situatie en het toekomstige ontwerp. Voor de herinrichting Lollebeek / Castenrayse Vennen dienen de volgende toetsen uitgevoerd te worden:

- toetsing grondwater:
 - toetsing doelbereik grondwater binnen het beekdal (droogleggingskaarten zomermodel);
 - toetsing doelbereik grondwater buiten het beekdal (expert judgement);
- toetsing oppervlaktewater:
 - doorstroming (basisafvoer zomermodel);
 - waterdiepte (basisafvoer zomermodel);
 - waterpeil (afspraken voor voldoende drooglegging);
 - drooglegging (natuurdoeltypen en waterbeheerplan);
 - inundaties bij extremen (NBW-criteria).

Voor de toetsing van de minimale doorstroming en waterdiepte is het zomermodel met de basisafvoer leidend. Bij het maken van de drie benodigde droogleggingskaarten wordt het zomermodel ook gebruikt. Er worden kaarten gemaakt voor de basisafvoer (GLG) voorjaarsafvoer (GVG) en winterafvoer (GHG).

Naast de doorstroming en de waterdieptes wordt ook gekeken naar de waterpeilen in het gebied. De waterpeilen worden getoetst aan de afspraken voor voldoende drooglegging c.q. wensen, die door het waterschap zijn aangereikt voor de Castenrayse Vennen en de Lollebeek. De aangeleverde afspraken voor voldoende drooglegging zijn door Sweco in de hydrologische analyses van hoofdstuk 2 uitgewerkt tot gewenste en haalbare peilen voor in de Castenrayse Vennen en in de Lollebeek. Om te kijken hoe deze peilen zich verhouden tot de gemodelleerde peilen, worden lengtedoorsneden gemaakt van zowel de Lollebeek en Kastenraayse Loop. Daarin worden de waterpeilen bij verschillende afvoeren weergegeven voor zowel het zomer- als wintermodel. Deze worden vervolgens getoetst aan de gemaakte afspraken voor voldoende drooglegging.

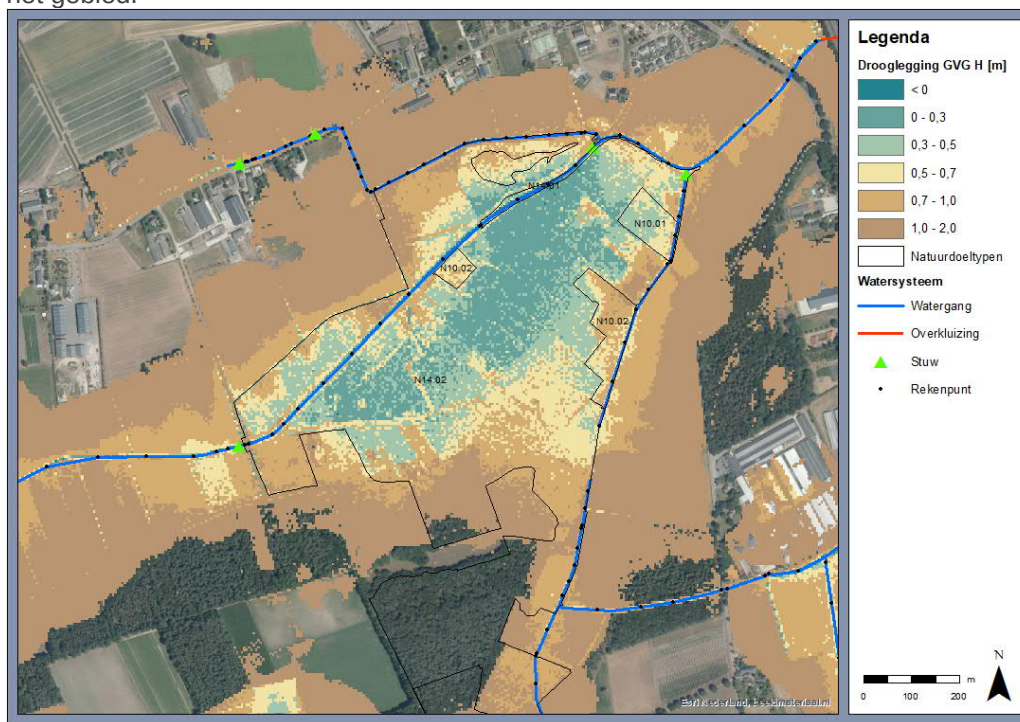
3.3 Droogleggingskaart (zomer model)

Drooglegging binnen het beekdal en Castenrayse Vennen

Op basis van de berekende waterstanden bij de basisafvoer (met bijbehorend een GLG), voorjaarsafvoer (met bijbehorend een GVG) en winterafvoer (met bijbehorend een GHG) zijn droogleggingskaarten gemaakt. Voor de verschillende natuurdoeltypen is voor de GVG-situatie bepaald wat de ideale drooglegging is. De optimale grondwaterstanden onder maaiveld zijn bij de GVG situatie:

- N14.01: Rivier- en beekbegeleitend bos (tussen -0,10 m en 0,50 m onder maaiveld);
- N14.02: Hoog- en laagveenbos (tussen 0,00 m en 0,20 m onder maaiveld);
- N10.01: Nat schraalland (tussen -0,05 m en 0,20 m onder maaiveld);
- N10.02: Vochtig hooiland (tussen 0,05 m en 0,50 m onder maaiveld).

In het onderstaande figuur is de droogleggingskaart van de voorjaarsafvoer in de huidige situatie te zien, in *Bijlage 3* zijn ook de droogleggingskaarten voor de basisafvoer en winterafvoer te vinden. De drooglegging bij de voorjaarsafvoer is leidend voor de GVG in het gebied.



Figuur 3-1 Droogleggingskaart huidige situatie bij een voorjaarsafvoer (GVG)

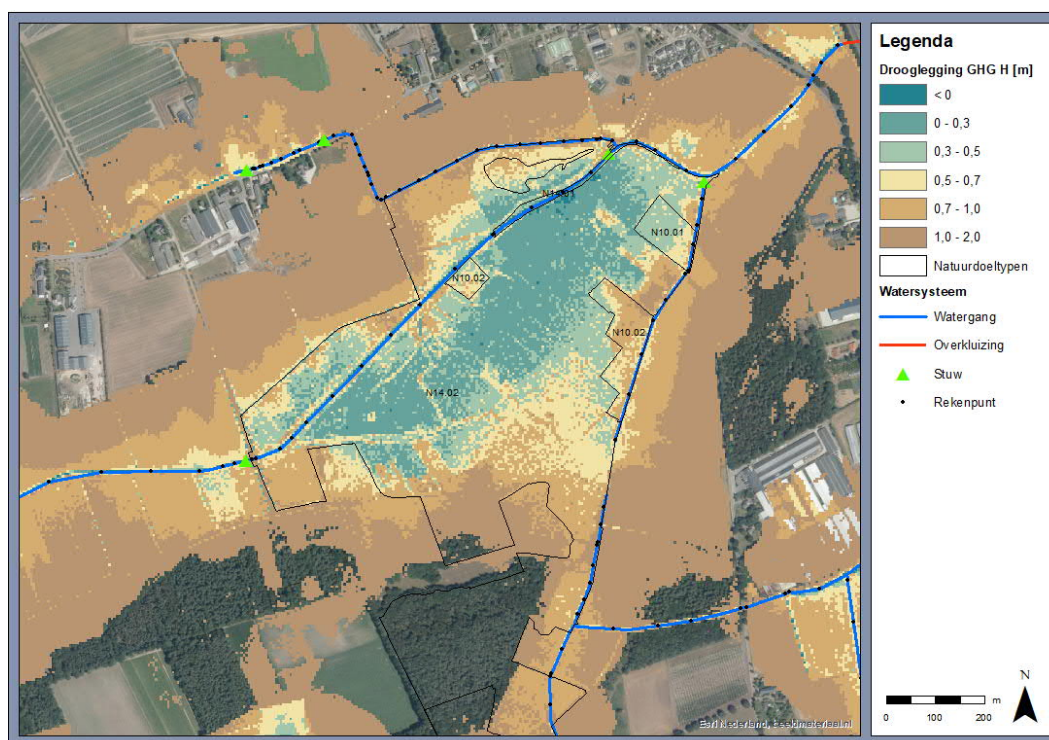
Uit de droogleggingskaart kan worden opgemaakt dat voor een groot deel van het gebied de drooglegging groter is dan gewenst. Dit beeld komt overeen met de analyse van de gemeten grondwaterstanden, in relatie tot de optimale grondwaterstanden in paragraaf 2.3.

Het grootste deel van het gebied bestaat uit natuurdoeltype N14.02 met een ideale ontwateringsdiepte tussen de 0 en 0,2 m onder maaiveld. In een groot deel van het gebied bedraagt de berekende drooglegging meer dan 30 cm. Dit onderstreept de wens om de grondwaterstanden in het gebied te verhogen.

Drooglegging buiten het beekdal en Castenrayse Vennen

Buiten het beekdal zijn voornamelijk landbouwpercelen en bospercelen gelegen. De landbouwpercelen hebben deels de functie van graslanden (bovenstrooms van de Castenrayse Vennen en rond de Kastenrayse Loop) en deels worden er ook gewassen geteeld (ten oosten van de Castenrayse Vennen).

De gewenste ontwateringsdiepte bij een winterafvoer is voor graslanden minimaal 0,30 m en 0,50 m voor bouwlanden⁴. De drooglegging moet dan wel groter zijn, zodat (eventueel middels peilgestuurde drainage) de gewenste ontwateringsdiepte kan worden gehaald.



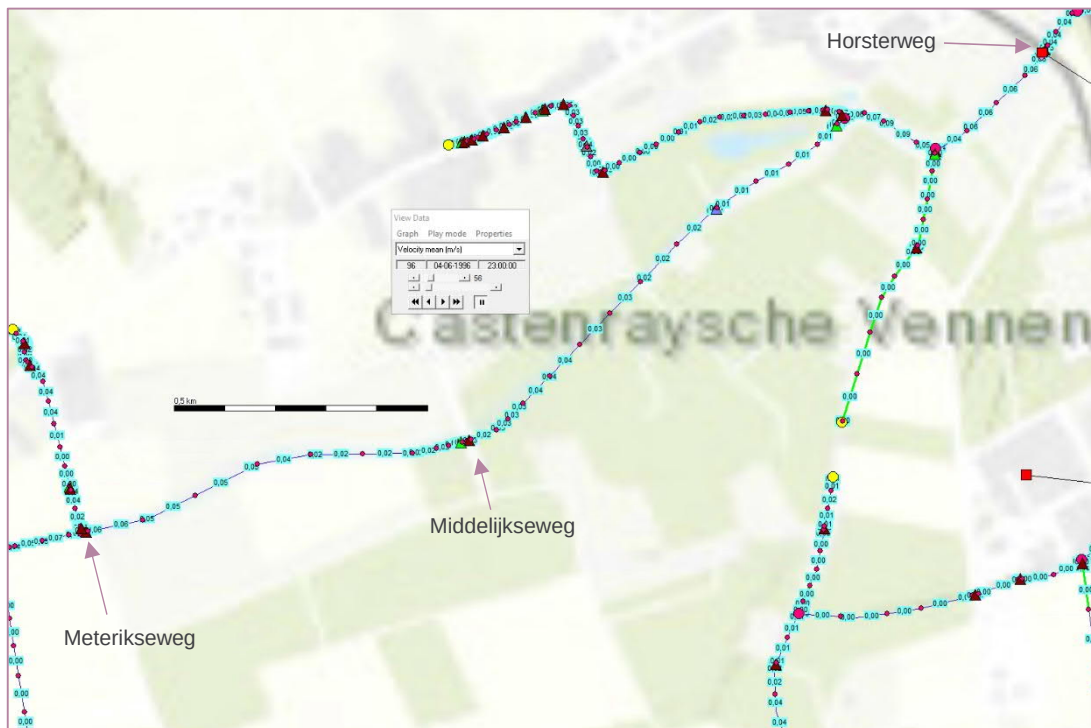
Figuur 3-2 Droogleggingskaart huidige situatie bij een winterafvoer (GHG)

In bovenstaande figuur is voor de huidige situatie de drooglegging bij een winterafvoer weergegeven. De landbouwpercelen rondom de Castenrayse Vennen hebben overal een drooglegging van (ruim) meer dan 0,5 m bij een winterafvoer (circa 50% van de maatgevende afvoer). In de huidige situatie is er dus ruim voldoende drooglegging aanwezig.

⁴ Bron: Waterbeheerplan 2015-2021, Waterschap Limburg

3.4 Doorstroming (basisafvoer)

In de huidige situatie wisselt de stroomsnelheid bij de basisafvoer in de zomer tussen de 0,01 en 0,09 m/s, afhankelijk van de locatie op het traject van de Lollebeek. Vlak voor de stuwen in het gebied loopt de stroomsnelheid sterk terug tot 0,01-0,02 m/s. De Lollebeek is geclassificeerd als R4 type: “permanent langzaam stromende bovenloop op zand”. Voor deze classificering geldt een minimale stroomsnelheid van 0,03 m/s. De Lollebeek voldoet in de huidige situatie op bepaalde plekken niet aan deze normering, met name bovenstrooms van de stuwen. Daarnaast vormen de stuwen een belemmering voor de migratie van vissen in de Lollebeek.



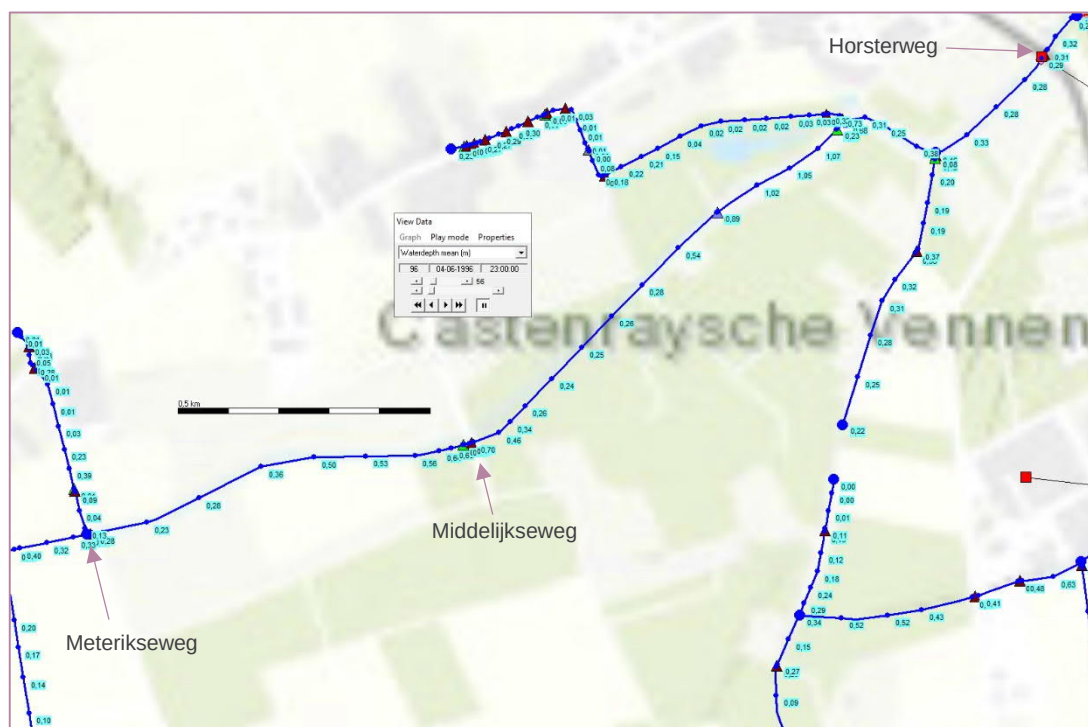
Figuur 3-3 Stroomsnelheden huidige situatie – basisafvoer zomermodel Sobek

3.5 Waterdieptes (basisafvoer)

De waterdieptes bij de basisafvoer in de zomersituatie variëren tussen de 0,23 en 1,07 m op het huidige traject van de Lollebeek. De diepere delen bevinden zich met name vlak voor de stuwen, zie ook *Figuur 3-5* in paragraaf 3.6. Op sommige plekken loopt de waterdiepte sterk terug.

De waterdiepte is voldoende om een groot deel van de vissoorten, horend bij een R4 type, jaarrond te kunnen faciliteren (zie *Tabel 12*), zeker omdat er ook plaatsen zijn met een grotere waterdiepte. Hier kunnen vissen tijdelijk schuilen bij lagere afvoeren. De stuwen in de huidige Lollebeek vormen een barrière voor de vissen. Op dit moment stopt de vismigratie ter hoogte van de Castenrayse Vennen.

Een geringere waterdiepte betekent echter ook dat begroeiing in de watergang sneller op gang komt. Beschaduwning van de beek is dan ook belangrijk om zo de temperatuur en de begroeiingsgraad van de beek te kunnen beperken.



Figuur 3-4 Waterdiepte huidige situatie – basisafoer zomermodel Sobek

Tabel 12 Minimale waterdiepten voor verschillende vissoorten

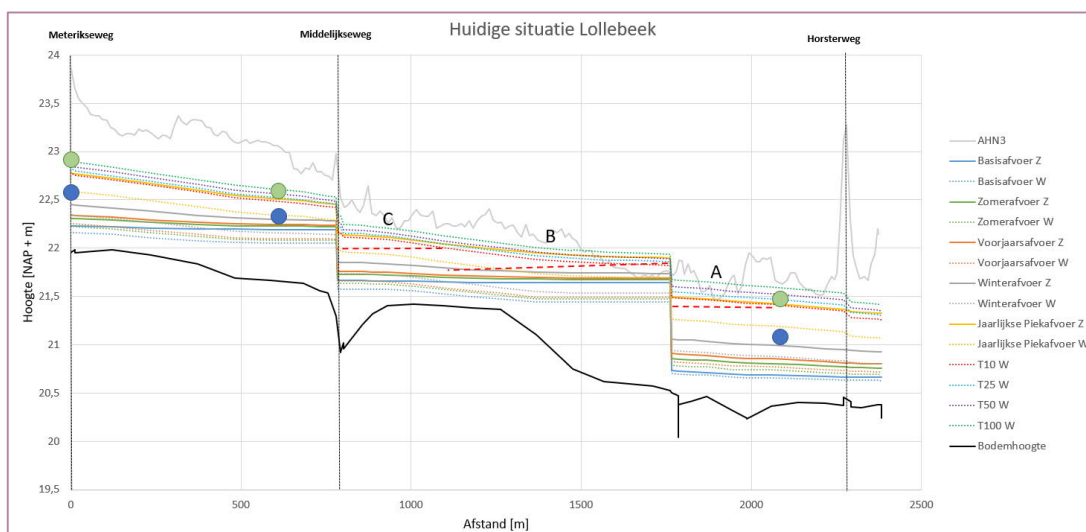
Soort	Gewenste minimale waterdiepte (m)	Kritische waterdiepte (m)
Meerval	≥ 0,51	0,38 – 0,51
Brasem	≥ 0,42	0,32 – 0,42
Winde	≥ 0,36	0,27 – 0,36
Zeeforel	≥ 0,33	0,25 – 0,33
Kopvoorn	≥ 0,32	0,24 – 0,32
Zeelt	≥ 0,31	0,23 – 0,31
Snoekbaars	≥ 0,30	0,23 – 0,30
Roofblei	≥ 0,30	0,23 – 0,30
Snoek	≥ 0,28	0,21 – 0,28
Blankvoorn	≥ 0,25	0,19 – 0,25
Blauwneus	≥ 0,25	0,19 – 0,25
Baars	≥ 0,25	0,19 – 0,25
Kwabaal	≥ 0,22	0,17 – 0,22
Beekforel	≥ 0,19	0,14 – 0,19

3.6 Waterpeilen (Lengtedoorsnede)

De waterpeilen in de Lollebeek en Castenrayse Loop moeten aansluiten op de gebruiksfuncties van de omgeving. Dit betekent zowel voor de Castenrayse Vennen als voor de landbouwpercelen in de omgeving. Met het geactualiseerde model zijn voor de huidige situatie de waterpeilen berekend langs het traject van de Lollebeek en Castenrayse Loop, voor diverse afvoersituaties.

Waterpeilen in relatie tot de Castenrayse Vennen

Voor de Castenrayse Vennen is vastgesteld dat deze te laag zijn om de doelen in de Castenrayse Vennen te kunnen behalen, wat de reden is voor dit project. Dit blijkt uit *Figuur 3-5*, waarin de lengtedoorsnede van de huidige loop van de Lollebeek is weergegeven en de peilen bij diverse afvoeren. Dit is afgezet tegen de gewenste peilen in de Castenrayse Vennen (rode stippellijnen).



Figuur 3-5 Waterpeilen huidige situatie Lollebeek – Sobek zomer- en wintermodellen – afspraken voor voldoende drooglegging (voorjaarsafvoer, blauwe bollen – 1.1 x jaarlijkse piekaafvoer, groene bollen) – optimale GVG (rode stippellijnen)

De voorjaarswaterstanden (rode stippellijnen) die horen bij de gewenste (voorjaars)grondwaterpeilen in de Castenrayse Vennen worden niet gehaald. Deze waarden zijn afgeleid in de analyse van gewenste grondwaterpeilen in paragraaf 2.3 (zie *Figuur 2-23*). In het tracé langs deelgebied A zakt het oppervlaktewaterpeil weg tot onder de NAP +21,00 m. Dit is ruim onder het gewenste grondwaterpeil van NAP +21,40 m. De Lollebeek zal op dit stuk een drainerende werking hebben op de Castenrayse Vennen. In deel B bedraagt het ideale voorjaars grondwaterpeil NAP +21,80 m en in deel C NAP +22,00 m. De voorjaars-oppervlaktewaterstand in dit deel van de Lollebeek ligt rond de NAP +21,75 m. De Lollebeek heeft in de huidige situatie ook in dit gedeelte een drainerende werking op de Castenrayse Vennen.

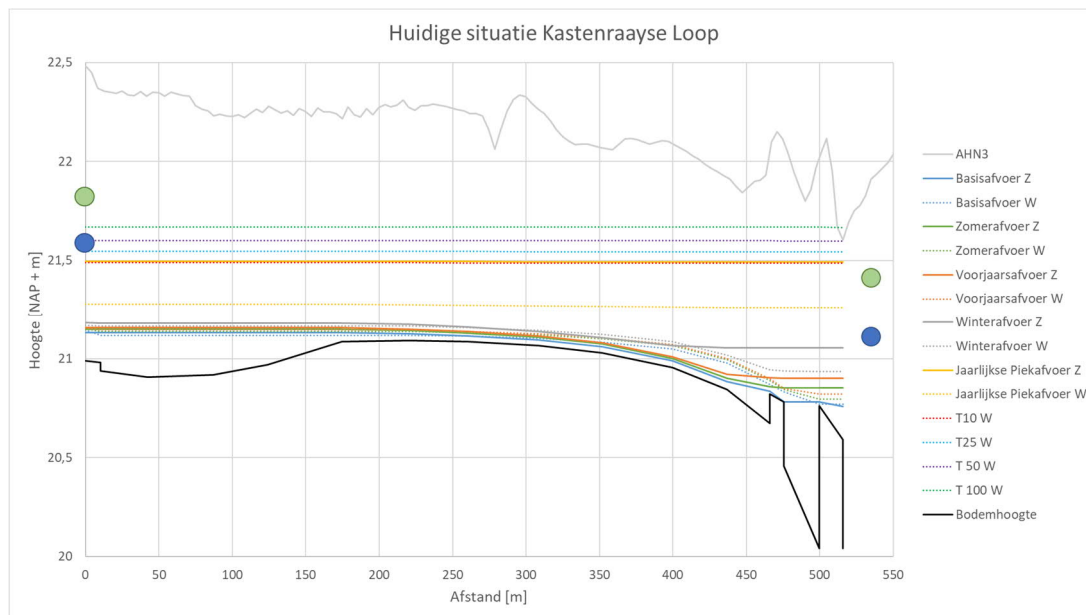
De peilen in de beek liggen jaarrond dus tussen de 10 en 40 centimeter lager dan de gewenste (grond)waterstand in de Castenrayse Vennen. Pas vanaf de winterafvoer komen de peilen in de buurt van de gewenste peilen.

De modelberekeningen ondersteunen daarmee het beeld dat reeds is ontstaan uit de eco-hydrologische systeemanalyse. Door toepassing van het model kan in dieper detail worden geanalyseerd welke maatregelen nodig zijn om tot het gewenste beeld te komen.

Waterpeilen in relatie tot afspraken in de omgeving

Door het waterschap zijn afspraken voor voldoende drooglegging gemaakt met belanghebbenden in de omgeving. Deze afspraken voor voldoende drooglegging zijn gebaseerd op eerdere berekeningen van het waterschap. De berekeningen zijn uitgevoerd voor diverse maatgevende afvoeromstandigheden: de voorjaarsafvoer, winterafvoer en jaarlijks maatgevende afvoer. Deze peilen zijn in paragraaf 2.2.1. reeds behandeld (*Figuur 2-10*). De gemaakte afspraken voor voldoende drooglegging zijn in de langsdoorsnede van de Lollebeek (*Figuur 3-5*) en Kastenraayse Loop (*Figuur 3-6*) ingetekend met blauwe (voorjaarswaterstand) en groene bollen (jaarlijkse piekaafvoer).

In de met het geactualiseerde model berekende peilen voor de huidige situatie komen de peilen in de Lollebeek niet boven de afspraken voor voldoende drooglegging uit. Ook de peilen in de Kastenraayse Loop liggen (veel) lager dan de gemaakte afspraken voor voldoende drooglegging. Er is dus een flinke ontwerpruimte ten opzichte van de huidige situatie beschikbaar.



Figuur 3-6 Waterpeilen huidige situatie Kastenraayse Loop – Sobek zomer- en wintermodellen – afspraken voor voldoende drooglegging (voorjaarsafvoer, blauwe bollen – 1.1 x jaarlijkse piekaafvoer, groene bollen) – optimale GVG (rode stippellijnen)

3.7 Conclusie functioneren huidige situatie

De stroomsnelheden zijn in verschillende delen van de Lollebeek te laag in de huidige situatie, voornamelijk bij de stuwen. De waterdiepte voldoet voor een groot deel aan de minimale eisen van de vissoorten die passen bij het R4-type, maar de stuwen in het gebied zijn een obstakel voor de vismigratie.

De oppervlaktewaterpeilen zijn lager dan de gewenste grondwaterpeilen, waardoor de Lollebeek als drain werkt binnen het gebied. De berekeningen ondersteunen daarbij de conclusies uit de hydrologische systeemanalyse op basis van de meetgegevens.

De resultaten van de modelberekeningen passen in het beeld dat ontstaan is uit de eco-hydrologische systeemanalyse, het model is daarom ook geschikt als instrument om het verdere ontwerpproces uit te voeren en effecten te berekenen.

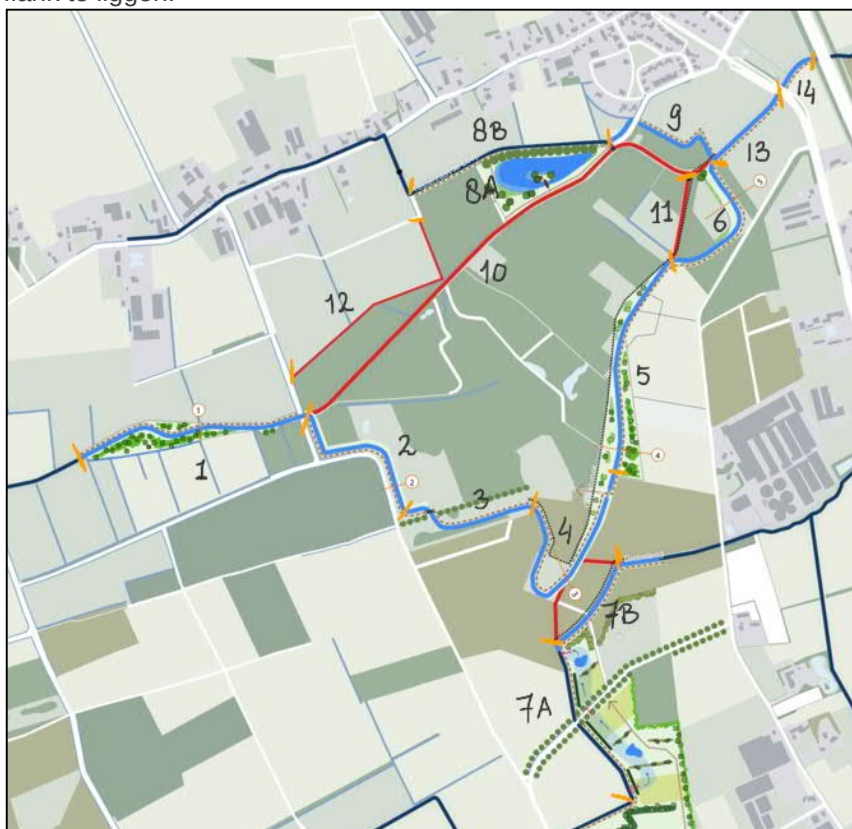
4 SO-/VO-fase

In de schetsontwerp (SO-)fase zijn hydrologische analyses uitgevoerd en overleggen gevoerd met de betrokken partijen om de randvoorwaarden van het nieuwe ontwerp scherp te krijgen. Het SO is in de Voorlopig Ontwerp (VO-)fase vervolgens uitgewerkt en verschillende ontwerpvarianten zijn modelmatig doorgerekend en geanalyseerd. De VO-fase heeft één ontwerp opgeleverd dat is getoetst aan de hand van het toetsingskader dat is besproken in paragraaf 3.1.

4.1 Verkenning SO

Aan de hand van de hydrologische analyses (uit hoofdstuk 2) en ontwerp sessies zijn de wensen en eisen opgehaald aan de hand waarvan de ligging van de nieuwe Lollebeek, de Kastenraayse Loop en de Diepeleng zijn bepaald. Deze bevindingen zijn gebundeld in de rapportage van het schetsontwerp, het eindproduct van deze fase.

De nieuwe ligging is hoofdzakelijk zo gekozen, zodat de beek uit het diepste deel van het gebied wordt gehaald en langs de flanken wordt gelegd, daar waar het maaiveld weer begint de stijgen. Hiermee wordt getracht de drainagebasis van de beek te verhogen en daarmee het afvangen van kwel te verminderen. Hetzelfde geldt voor de keuze om de Kastenraayse Loop (tracé 9) langer te maken en pas na het natuurgebied in de Lollebeek (via een stuw) te laten uitstromen. De ligging en indeling in trajecten is in *Figuur 4-1* weergegeven. Eén van de gevolgen van de nieuwe ligging van de Lollebeek is, is dat ook de Diepeleng omgelegd moet worden (tracé 7B). Deze komt overigens daarmee ook op de flank te liggen.



Figuur 4-1 Ligging nieuwe waterlopen SO-fase met indeling van tracés

Uit de nieuwe ligging zijn vervolgens de lengte, het verval en het (gemiddelde) verhang van de waterlopen afgeleid. Vervolgens zijn principeprofielen voor de Lollebeek en de Kastenraayse Loop doorgerekend in Excel op basis van de Strickler formule om een eerste inschatting van de afmetingen vast te stellen. Hierbij is uitdrukkelijk niet voor een accolade-profiel gekozen, maar voor een brede, ondiepe beek met (eenzijdig) flauwe taluds. Daarnaast is ook nagedacht over de ligging van onderhoudspaden, overstromingsgevoeligheid (noodzaak maaiveldverhogingen tussen Lollebeek en Castenrayse Vennen) en de wijze van kruisen van de onderhoudspaden met de beek. Tevens is gekeken naar de mogelijkheid om stuwen uit het systeem te verwijderen.

4.2 Verkenning VO

In de VO-verkenning zijn de principeprofielen uit het SO doorgerekend in het geactualiseerde Sobek model. Aan de hand van de resultaten, onder andere peilen en verhang, zijn een aantal mogelijke optimalisaties onderzocht en doorgerekend. Dit is in detail terug te vinden in de Rapportage bij het VO. In deze paragraaf worden de hydrologische keuzes onderbouwd.

4.2.1 Peilen Lollebeek ten opzichte van doelen Castenrayse Vennen

De optimale peilen in de Castenrayse Vennen, zoals besproken in paragraaf 2.4, zijn leidend geweest in het verkenning van het VO. Om deze peilen in de Castenrayse Vennen te kunnen halen, moeten de peilen in de Lollebeek ongeveer op het zelfde niveau komen te liggen om de drainerende werking op te heffen. Enige mate van opbolling in het gebied is wel te verwachten. Om de peilen voldoende te verhogen, is een verkenning uitgevoerd waarin relatie tussen de waterpeilen in de Lollebeek en de volgende zaken is getoetst:

- stuwen in de nieuwe Lollebeek;
- bodemhoogte en verhang van de nieuwe Lollebeek;
- breedte van de profielen;
- taludhelling van de profielen;
- toepassing van voordren in de nieuwe Lollebeek in plaats van duikers.

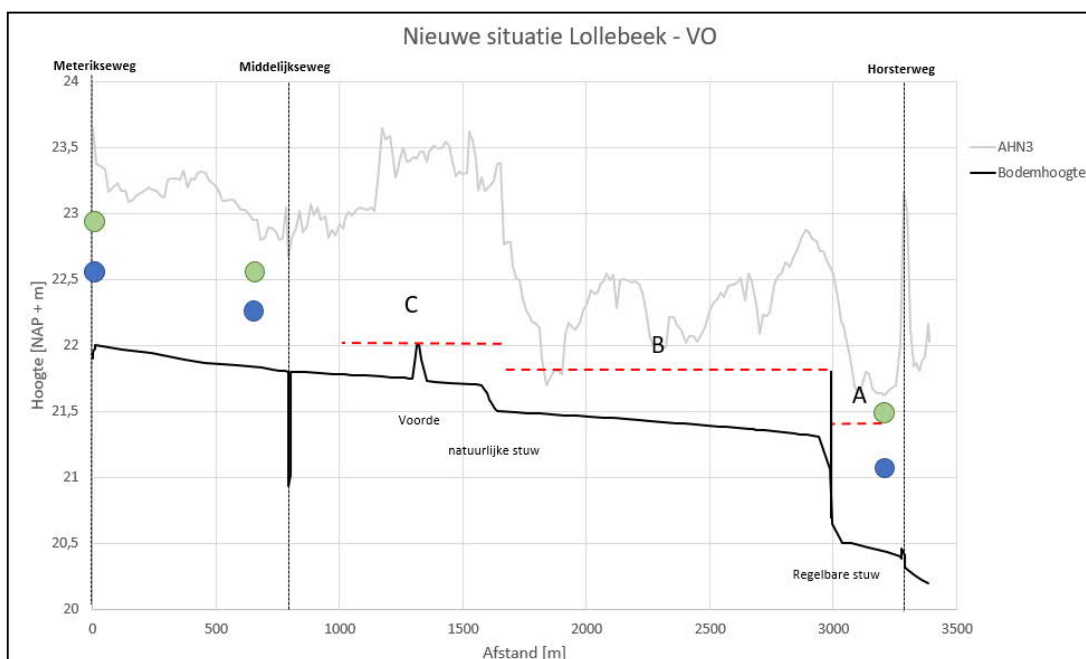
Uit de verkenning is gebleken dat het noodzakelijk is om de Lollebeek op een of andere manier op te stuwen. Een nieuwe loop zonder stuwende elementen en met een constant dalende bodem zorgt er voor dat de gewenste peilen in de Lollebeek niet worden gehaald, daarvoor is met name het benedenstroomse peil (tracé 13) te laag. Het VO bevat daarom één regelbare stuw in de nieuwe Lollebeek, aan het einde van de Castenrayse Vennen die het peil regelt op NAP +21,75 m. Hiermee wordt het oostelijke deel van de nieuwe loop (tracé 5 en 4 uit *Figuur 4-1*) gestuwd tot rond NAP +21,80 m, het gewenste peil in de Castenrayse Vennen. Deze stuw vormt een beperking voor de vismigratie en is daarom een aandachtspunt richting het DO, waarbij nog nagedacht wordt over een vispasseerbare oplossing.

Daarnaast wordt natuurlijke stuwning aangebracht in de zuidelijke lus van de nieuwe Lollebeek waar de nieuwe beek vanuit een hoogte in het landschap omlaag duikt. Hiermee wordt een peilsprong van +/- 20 cm opgevangen. Tracé 2 en 3 worden zo op voldoende hoogte gebracht en de aansluiting met tracé 1 kan dan ook zonder stuw worden gerealiseerd. De stuw bij de Middelijkseweg komt te vervallen in het ontwerp.

In tracé 2 is ook een voorde aanwezig, waar het onderhoudspad de beek kan kruisen. De projectgroep heeft de voorkeur uitgesproken voor voordren in plaats van duikers in het natuurgebied om zo het beeld van een natuurbeek te handhaven. In het VO is er voor gekozen om de voorde hoger in de beek te leggen om een kleine peilsprong te realiseren.

Echter is opgemerkt dat deze locatie gevoelig is voor aanzanding. Dit is een tweede aandachtspunt voor het DO.

Nadat het VO op hoofdlijnen is vastgesteld, zijn er verschillende berekeningen uitgevoerd met variërende bodemhoogten en verhang om zo de peilen te optimaliseren in de verschillende tracés van de Lollebeek langs de Castenrayse Vennen. Dit heeft geleid tot een optimalisatie van bodemhoogtes en verhang voor de VO fase zoals te zien is in *Figuur 4-2*.



Figuur 4-2 Nieuwe situatie Lollebeek (VO)- afspraken voor voldoende drooglegging (voorjaarsafvoer, blauwe bollen – 1.1 x jaarlijkse piekafvoer, groene bollen) – optimale GVG (rode stippellijnen)

Tot slot is geanalyseerd wat het effect is van het aanpassen van de bodembreedte en de taludhellingen op de peilen. Een analyse van de bodembreedte heeft uitgewezen dat de oorspronkelijke bodembreedte van 4,5 m, berekend met de Strickler formules, correct is ingeschat. Het versmallen van het profiel leidt tot hogere waterstanden, ook in de pieksituaties. Dit bleek niet wenselijk, omdat dan de maaiveldverhogingen een te hoog object gaan vormen in het landschap. Tot slot is onderzocht welk effect een flauwer talud heeft, 1:10 in plaats van 1:5, heeft op de waterstand in de Lollebeek. Dit effect bleek te verwaarlozen. De taludhellingen kunnen daarom zonder problemen worden gevarieerd over het traject van de nieuwe Lollebeek.

4.2.2 Dempen oude loop Lollebeek

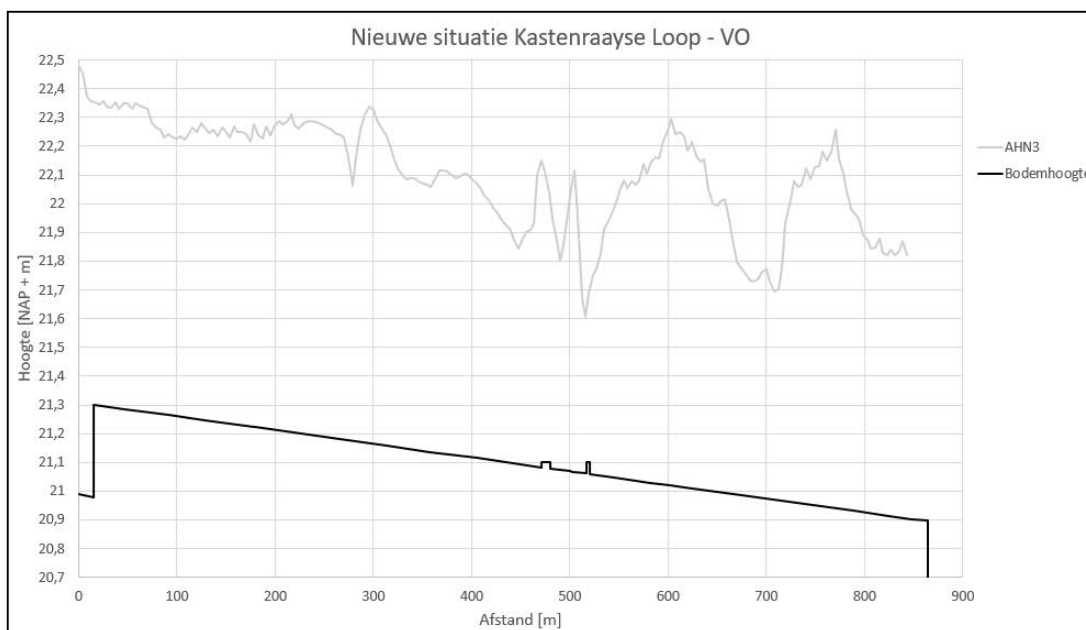
De oude loop van de Lollebeek zal worden gedempt en slechts dienen als een afwateringsgreppel ten behoeve van de Castenrayse vennen. In de VO-modelberekeningen is deze loop nog niet opgenomen, maar blijkt wel van groot belang voor het vasthouden/afvoeren van water. Dit is een aandachtspunt richting het DO.

4.2.3 Verbinding Lollebeek / Diepeleng

In de VO-verkenning is de mogelijke verbinding tussen de Lollebeek en de Diepeleng onderzocht. Deze verbinding zou bij lage afvoeren kunnen zorgen voor meer afvoer via de Lollebeek om droogval te voorkomen. Om dit te realiseren, moet de stuw in de Diepeleng worden verplaatst naar verder benedenstrooms omdat de peilen van de Diepeleng anders lager zijn dan de nieuwe peilen in de Lollebeek. De basisafvoer van de Diepeleng is echter slechts 1 l/s ten opzichte van een basisafvoer van 30 l/s van de Lollebeek. Daarnaast gaat de stuw in de Diepeleng gebruikt worden om de buffer Gortmeule mee te sturen. Dit zou betekenen dat een extra stuw moet worden geplaatst. De maatregel om de Diepeleng met de Lollebeek te verbinden, in combinatie met het verplaatsen of aanbrengen van een nieuwe stuw, wordt daarom te complex en niet doelmatig geacht.

4.2.4 Dimensionering Kastenraayse Loop

De Kastenraayse Loop wordt in zijn geheel omhoog gebracht om er voor te zorgen dat de kwelstroom richting de Castenrayse Vennen zo min mogelijk wordt afgevangen. De watergang krijgt een bodembreedte van 1 m, taluds van 1:1,5 en een diepte van ongeveer 1 m. In de VO-fase zijn verschillende bodemhoogtes voor dit tracé doorgerekend en geanalyseerd. Uiteindelijk bleken de afspraken voor voldoende drooglegging op het begin van het bestaande tracé 8B maatgevend, omdat op het bovenstroomse punt afspraken zijn gemaakt voor het lozen van peilgestuurde drainage. De bodemhoogte ligt op dat punt op NAP +21,30 m en loopt geleidelijk af totdat de nieuwe Kastenraayse Loop, tracé 8B en 9, weer lozen in de Lollebeek, zie *Figuur 4-3*.



Figuur 4-3 Nieuwe situatie Lollebeek (VO)

4.2.5 Buffer Gortmeule

Voor de Buffer bij de Gortmeule is tijdens de VO-fase gebleken dat er op dit moment een beperkt budget is. Om deze reden kan er slechts een deel van de gewenste bergingscapaciteit worden gerealiseerd. Zoals beschreven tijdens de analyses van hoofdstuk 2, is er de ambitie om tussen de 1.400 en 4.900 m³ berging te realiseren in het gebied. Het gebied zal zo worden ingericht dat er in de toekomst, mochten er weer gelden beschikbaar komen, verder kan worden uitgebreid.

De uiteindelijke hoeveelheid berging die kan worden gerealiseerd, is afhankelijk van de grondbalans en wordt verder uitgewerkt richting het DO. De exacte sturing van de buffer wordt ook verder uitgewerkt in het DO.

4.3 Toets VO

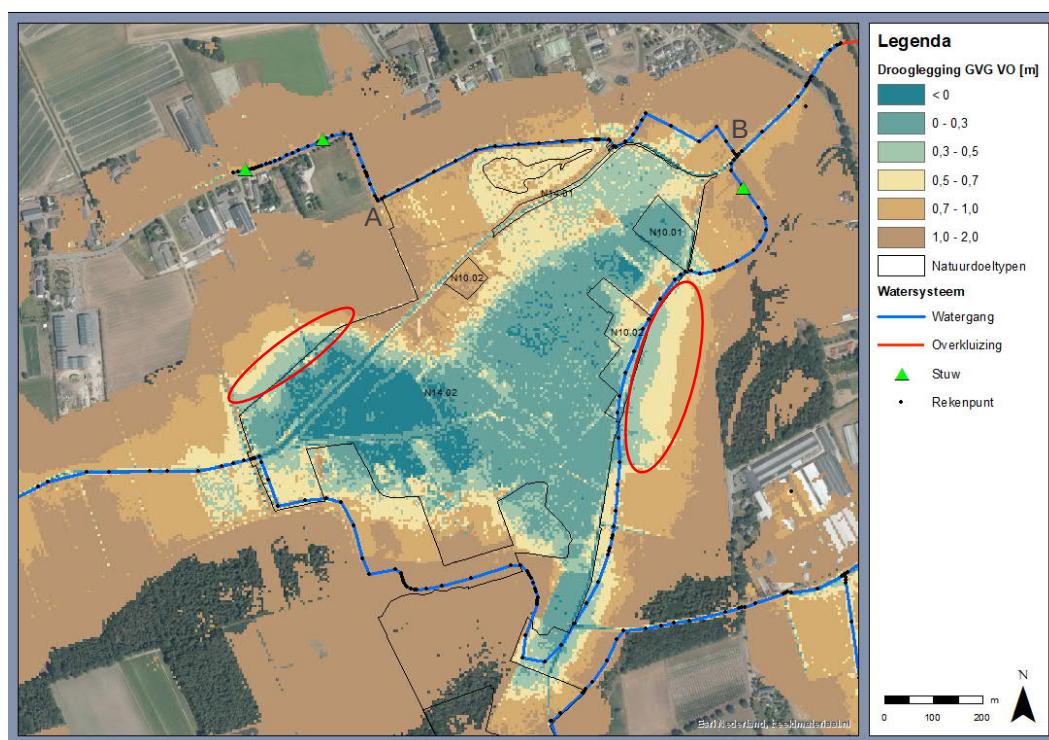
Het uiteindelijk VO is getoetst aan hetzelfde toetsingskader als de huidige situatie om te kunnen beoordelen of de verandering een vooruitgang is of niet. Uit deze toetsing volgen de laatste verbeterpunten die worden doorgevoerd in het DO.

4.3.1 Droogleggingskaarten

Op basis van de berekende waterstanden bij de basisafvoer (GLG), voorjaarsafvoer (GVG) en winterafvoer (GHG) zijn droogleggingskaarten gemaakt. Voor de verschillende natuurdoeltypen is voor de GVG-situatie bepaald wat de ideale drooglegging is. De optimale grondwaterstanden onder maaiveld zijn bij de GVG-situatie:

- N14.01: Rivier- en beekbegeleidend bos (tussen -0,10 m en 0,50 m onder maaiveld);
- N14.02: Hoog- en laagveenbos (tussen 0,00 m en 0,20 m onder maaiveld);
- N10.01: Nat schraalland (tussen -0,05 m en 0,20 m onder maaiveld);
- N10.02: Vochtig hooiland (tussen 0,05 m en 0,50 m onder maaiveld).

In het *Figuur 4-4* is de droogleggingskaart van de GVG te zien, in *Bijlage 3* zijn de droogleggingskaarten voor de GLG- en GHG-situatie te vinden. Uit deze droogleggingskaart kan worden opgemaakt dat de gewenste drooglegging bij de voorjaarsgrondwaterstand nu veel beter wordt gehaald. Voor het grootste deel van het gebied ligt de drooglegging tussen de 0 en 0,20 m onder maaiveld, wat past bij de beoogde natuurdoeltypen. Dit wordt in het grootste gedeelte van het gebied gehaald. Er zijn een aantal locaties in het gebied waar de drooglegging negatief is en er dus kwel kan optreden aan maaiveld in het gebied, dit is vooral in het zuidwesten van de Castenrayse Vennen. Door de oude loop van de Lollebeek niet geheel te dempen maar als noodoverloop te gaan gebruiken, kan deze kwel worden afgevangen en vertraagd worden afgevoerd. Daarnaast valt op dat de drooglegging rondom de oude loop van de Lollebeek groter wordt, wat een verslechtering is ten opzichte van de huidige situatie. Door de oude loop van de Lollebeek te voorzien van kleine stuwen, met kruinhoogtes op hoogte van de ideale grondwaterpeilen, kunnen peilgebieden worden gecreëerd binnen de Castenrayse Vennen. Dit moet er voor zorgen dat de drooglegging in het hele gebied verbetert. Dit moet verder worden uitgewerkt en gemodelleerd richting het DO.



Figuur 4-4 Droogleggingskaart VO situatie GVG – Kritieke drooglegging landbouwpercelen (rode cirkels) – traject Kastenraayse Loop A-B

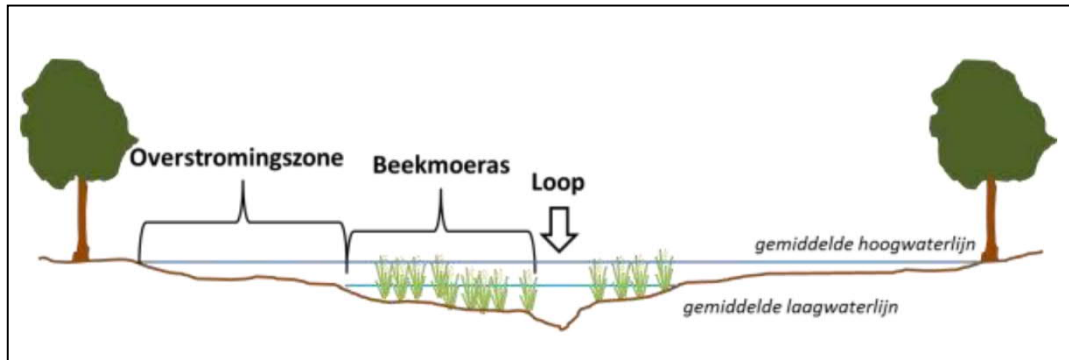
4.3.2 Doelbereik grondwater buiten het beekdal

De effecten van de verhoogde grondwaterspiegel beperken zich grotendeels tot in de Castenrayse Vennen zelf. Er zijn echter twee locaties waar de drooglegging buiten de Castenrayse Vennen kleiner wordt. De eerste locatie betreft de percelen ten oosten van de nieuwe loop van de Lollebeek. Voor deze percelen zijn echter afspraken gemaakt, zodat deze gedeeltelijk kunnen worden opgehoogd. Plaatselijk is een ophoging van 20 cm gewenst om de benodigde drooglegging van 50 cm te realiseren. De tweede locatie bevindt zich ten noordwesten van de Castenrayse Vennen. Hierbij moet echter benoemd worden dat de oude loop van de Lollebeek nog als overloop in de modelberekeningen moet worden toegevoegd, dit zal de (grond)waterstanden daar iets gaan drukken. De verwachting is dat dit een positief effect gaat hebben op de drooglegging van de landbouwpercelen. Dit wordt in het DO verder uitgewerkt.

4.3.3 Stroomsnelheden (Basisafvoer)

In de nieuwe situatie ligt de stroomsnelheid in de zomer bij de basisafvoer tussen de 0,02 en 0,07 m/s (*Figuur 4-6*). Vlak voor de stuwende elementen loopt de stroomsnelheid terug. De Lollebeek is geclassificeerd als R4 type 'Permanent langzaam stromende bovenloop op zand'. Voor deze classificering geldt een minimale stroomsnelheid van 0,05 m/s. De Lollebeek voldoet in het VO niet aan de normering van een R4 type op basis van de stroomsnelheid. Doordat de Lollebeek in het nieuwe ontwerp zo lang mogelijk hoog in het landschap komt te liggen om de grondwaterstanden hoog te houden, is het ontwerp ondiep en breed met een klein verhang. Dit zorgt er voor dat de stroomsnelheden in de nieuwe situatie ongeveer gelijk zijn aan de huidige situatie en slechts een kleine verbetering bieden. Hierbij moet benoemd worden dat er in de nieuwe situatie meer variatie in de waterloop ontstaat en dat de overgang naar de omgeving beter wordt, wat ecologisch wenselijk is.

Tijdens overleggen is besproken dat de Lollebeek rondom de Castenrayse Vennen meer overeenkomt met een R20 type 'Moerasbeek' (Figuur 4-5). Dit betekent dat lagere stroomsnelheden in dit gebied geaccepteerd kunnen worden, mits het ontwerp ecologisch en onderhoud technisch goed is.



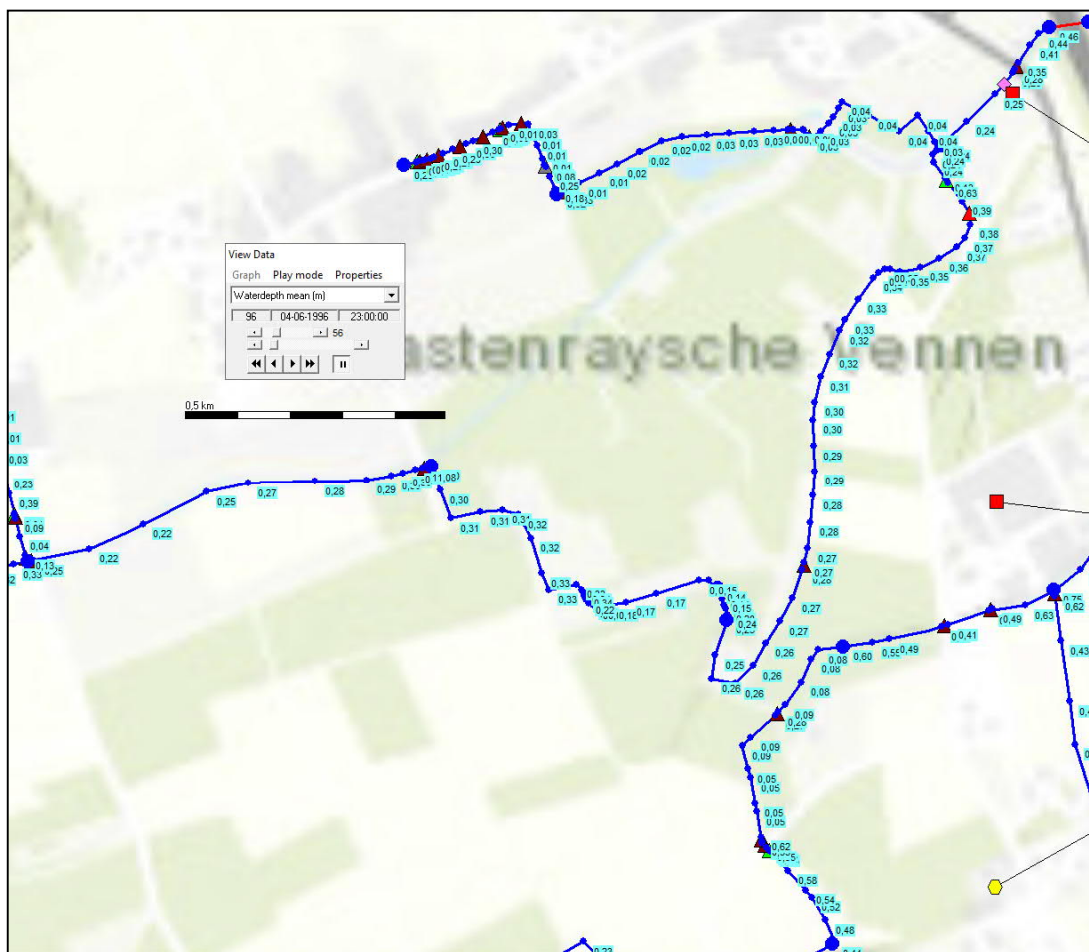
Figuur 4-5 Impressie moerasbeek



Figuur 4-6 Stroomsnelheden nieuwe situatie VO – basisafvoer zomermodel sobek

4.3.4 Waterdieptes (Basisafvoer)

De waterdieptes bij de basisafvoer in de zomersituatie variëren tussen de 0,15 en 0,63 m op het toekomstige traject van de Lollebeek. Het diepere deel wordt veroorzaakt door de stuw aan het einde van de nieuwe Lollebeek, echter wordt hier nog nagedacht over een andere oplossing. Deze waterdieptes zijn op sommige plekken te beperkt om alle vissoorten te kunnen faciliteren (zie *Tabel 12*). Daar staat tegenover dat er in de nieuwe loop van de Lollebeek geen stuwen meer staan. Er moet worden onderzocht of er tijdens de uitvoering met lokale laagtes in het profiel meer diepte kan worden gecreëerd.



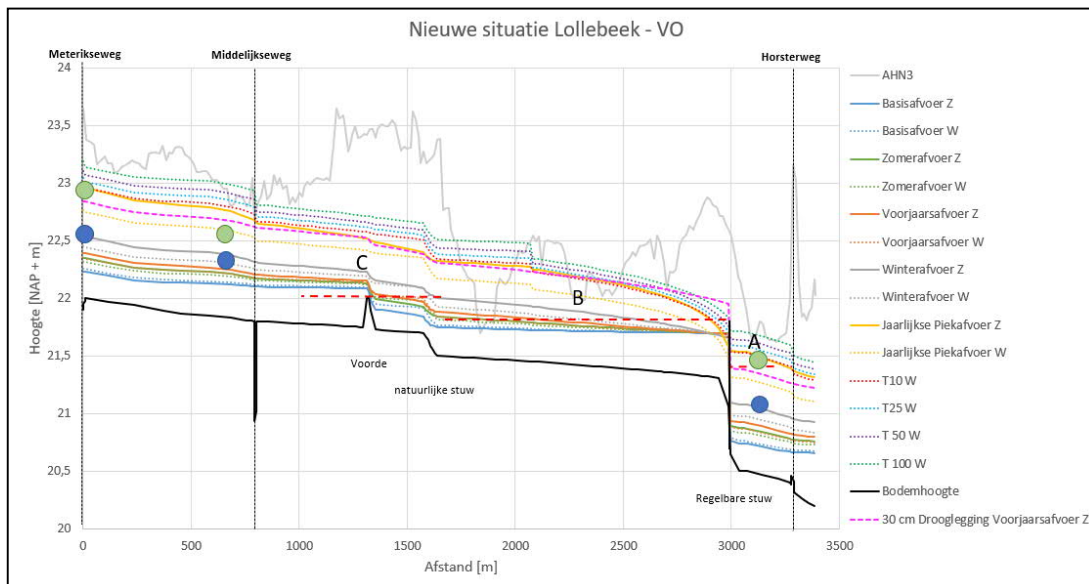
Figuur 4-7 Waterdiepte nieuwe situatie VO – basisafvoer zomermodel Sobek

4.3.5 Waterpeilen

Door het waterschap zijn afspraken voor voldoende drooglegging aangeleverd voor de Castenrayse Vennen en de Lollebeek. In *Figuur 4-8* is de lengtedoorsnede van het Voorlopige Ontwerp van de nieuwe Lollebeek zichtbaar met de gemodelleerde waterpeilen en niveaus voor voldoende drooglegging voor het grond en oppervlaktewater.

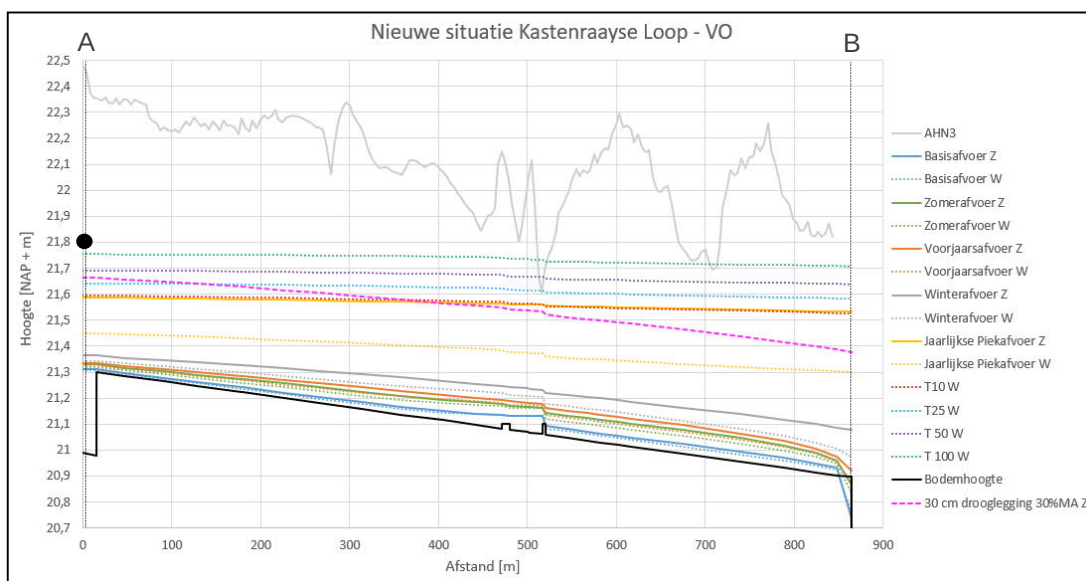
In de nieuwe situatie komen de peilen in de Lollebeek op één locatie boven de huidige niveaus voor voldoende drooglegging uit. Dit is net bovenstrooms van de Middelijkseweg voor de peilafpraak die hoort bij 1,1x de jaarlijkse piekafvoer. Onderzocht moet worden of de peilen in het DO-ontwerp nog wat kunnen zakken.

De oppervlaktewaterstanden die horen bij de optimale voorjaarsgrondwaterstand in de Castenrayse Vennen worden nu bijna overal gehaald, zoals te zien is in Figuur 4-8. De overgang tussen de waterstanden op traject B en A kan richting het DO nog vloeiender worden gemaakt door het toepassen van een vispasseerbare cascade in plaats van een stuw. Deze optie is dan ook gekozen voor de verdere uitwerking.



Figuur 4-8 Waterpeilen nieuwe situatie Lollebeek (VO) - Sobek zomer- en wintermodellen – niveaus voor voldoende drooglegging (voorjaarsafvoer, blauwe bollen – 1.1 x jaarlijkse piekafoer, groene bollen) – optimale grondwaterstanden (rode stippellijnen)

In Figuur 4-9 is de lengte doorsnede van de nieuwe Kastenraayse Loop te zien, traject A-B (Figuur 4-4). Op het hoekpunt A zijn afspraken voor voldoende drooglegging gemaakt. Dit is een punt waarop peilgestuurde drainage loost. Het peil mag daar bij een jaarlijkse piekafoer in de zomerperiode niet boven de NAP +21,80 m komen. Het VO voldoet aan deze eis. Bij lage afvoeren staat de Kastenraayse Loop echter droog, dit is niet wenselijk omdat het waterpeil in de Kastenraayse Loop dan te ver weg zakt. Dit zorgt voor een drainerende werking op de Castenrayse Vennen. Voor het DO wordt uitgezocht of de waterloop gestuurd (waterberging op de flanken conform het droogtebeleid) kan worden ter plaatse van het instroompunt in de nieuwe Lollebeek.



Figuur 4-9 Waterpeilen nieuwe situatie Kastenraayse Loop (VO) – Sobek zomer- en wintermodellen – peilafpraak peilgestuurde drainage T1 zomer (zwarte bol)

4.3.6 Conclusie Toetsing VO

De drooglegging in de Castenrayse Vennen valt in het nieuwe ontwerp bijna overal binnen de marges. Het omleggen van de Lollebeek heeft het gewenste effect op de grondwaterpeilen in het gebied. Er zijn locaties rondom de oude loop van de Lollebeek waar de drooglegging negatief wordt en locaties waar de drooglegging te groot wordt. Dit onderstreept het belang dat de oude Lollebeek niet in zijn geheel gedempt moet worden, maar gaat dienen als (gestuwde) overloop om het waterpeil in de Castenrayse Vennen te reguleren rondom het optimum.

De stroomsnelheden voldoen in het nieuwe ontwerp niet aan de normering van een R4 type 'Permanent langzaam stromende bovenloop op zand'. Doordat de nieuwe loop van de Lollebeek over een langer traject hoog in het landschap komt te liggen, is een breed ondiep profiel met klein verhang noodzakelijk, afgewisseld met peilsprongen met elementen van dood hout. Dit zorgt ervoor dat grote stroomsnelheden niet overal haalbaar zijn. Op grote delen lijkt qua hydraulica het type R20 'Moerasbeek' beter te passen, de waterkwaliteit voldoet beter aan het R4-type.

De waterdieptes in het nieuwe ontwerp zijn op sommige locaties wat ondiep, maar over het algemeen liggen ze tussen de 25 en 30 cm. Richting het DO moet worden uitgezocht wat de dieptes worden, indien er een cascade wordt ingebracht en de voorden in het gebied worden aangepast. Het VO biedt genoeg waterdiepte voor de KRW-doelsoorten.

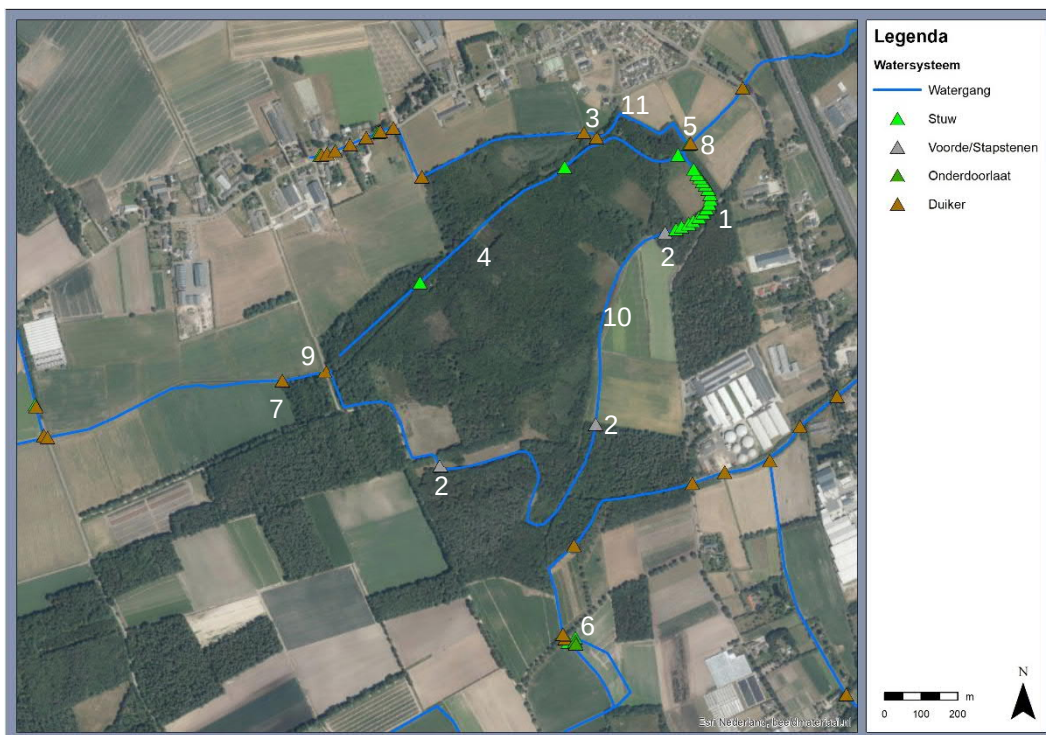
De nieuwe waterpeilen in de Lollebeek komen nu overeen met de gewenste grondwaterpeilen die horen bij de natuurdoeltypen in de Castenrayse Vennen. Door het omleggen van de Lollebeek wordt de drainerende werking ervan dus grotendeels opgeheven. De afspraken voor voldoende drooglegging in de Lollebeek wordt op één locatie (en alleen bij de jaarlijkse piekaafvoer) overschreden. Dit is net bovenstrooms van de Middellijkseweg. Richting het DO moet worden onderzocht of dit acceptabel is of dat dit nog aandacht behoeft.

5 Finale toets van het ontwerp, DO-fase

5.1 DO-ontwerp

Ten opzichte van het VO-ontwerp zijn er nog een aantal wijzigingen doorgevoerd. Het volledige DO-ontwerp is te vinden de Ontwerpnoot van het DO. Er wordt een separaat beheer en onderhoudsplan opgesteld, hier wordt niet op ingegaan in deze rapportage. In dit hoofdstuk benoemen we slechts de verbeterpunten ten opzichte van het VO die in de hydraulische berekeningen zijn doorgevoerd. De volgende verbeteringen zijn doorgevoerd:

1. Cascade toegepast in plaats van regelbare stuw.
2. Meerdere voordes aangebracht in het natuurgebied, zodat het onderhoudspad de nieuwe Lollebeek kan kruisen.
3. Ligging nieuwe Kastenraayse Loop aan de oostzijde van de Rietweg in plaats van aan de westzijde, zodat een bestaande bergingsvoorziening niet hoeft te worden verplaatst.
4. Oude Lollebeek inrichten als afwateringsgreppel met stuwjes om peilgebieden met de gewenste grondwaterstanden te creëren.
5. Er is een stuw aangebracht om het peil in de Kastenraayse Loop bij lage afvoeren op te kunnen stuwen.
6. Er is een Simba stuwconstructie aangebracht om de buffer Gortmeule te kunnen regelen (<https://www.dommel.nl/waterschap-ontwikkelt-slimme-simmba-stuw>).
7. WACO duiker (2x1 m) aanbrengen voor verplaatsen van vee.
8. WACO duiker (2x1 m) aanbrengen voor kruising beheer pad Kastenraayse Loop en Lollebeek.
9. Bestaande duiker verhogen tot b.o.b. NAP +21,80 m.
10. Bodemhoogten en verhang traject nieuwe Lollebeek optimaliseren, van de Middelijkseweg tot na de Cascade (*Figuur 5-10*).
11. Bodemhoogten en verhang traject Kastenraayse Loop optimaliseren (*Figuur 5-11*).



Figuur 5-1 Overzichtskartaal wijzigingen tussen VO en DO.

5.2 Toets mate van doelbereik in Castenrayse Vennen en omgeving

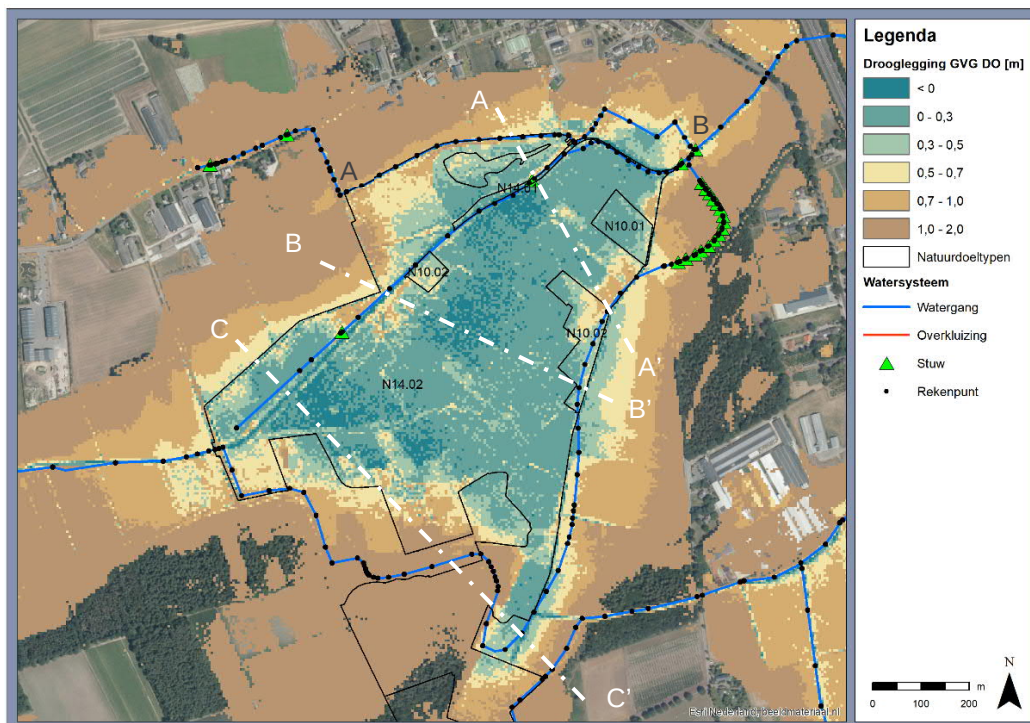
Het functioneren van het nieuwe grondwatersysteem in het gebied wordt getoetst door gebruik te maken van droogleggingskaarten bij diverse afvoeren op de Lollebeek. De werkwijze 'bepaling en toetsing droogteopgave' van Waterschap Limburg is gebruikt voor het vervaardigen van de droogleggingskaarten. Aan de hand van het onderdeel toetsing doelbereik grondwater wordt geanalyseerd hoe het Definitief Ontwerp functioneert binnen de Castenrayse Vennen én in de omgeving.

5.2.1 Droogleggingskaarten

Op basis van de berekende waterstanden bij de basisafvoer (GLG), voorjaarsafvoer (GVG) en winterafvoer (GHG) zijn droogleggingskaarten gemaakt conform de werkwijze bepaling droogteopgave van Waterschap Limburg. Voor de verschillende natuurdoeltypen is voor de GVG-situatie bepaald wat de gewenste drooglegging is. De optimale grondwaterstanden onder maaiveld zijn bij de GVG-situatie:

- N14.01: Rivier- en beekbegeleitend bos (tussen -0,10 m en 0,50 m onder maaiveld);
- N14.02: Hoog- en laagveenbos (tussen 0,00 m en 0,20 m onder maaiveld);
- N10.01: Nat schraalland (tussen -0,05 m en 0,20 m onder maaiveld);
- N10.02: Vochtig hooiland (tussen 0,05 m en 0,50 m onder maaiveld).

In *Figuur 5-2* is de berekende droogleggingskaart van het gebied rondom de Castenrayse Vennen te zien voor de GVG-situatie. Wanneer we dit vergelijken met de droogleggingskaarten van de huidige situatie en het VO is een grote verbetering te zien. In bijna het hele gebied met natuurdoeltype N14.02 Hoog- en laagveenbos is de drooglegging nu tussen de 0 en 30 cm wat optimaal is voor dit natuurdoeltype.



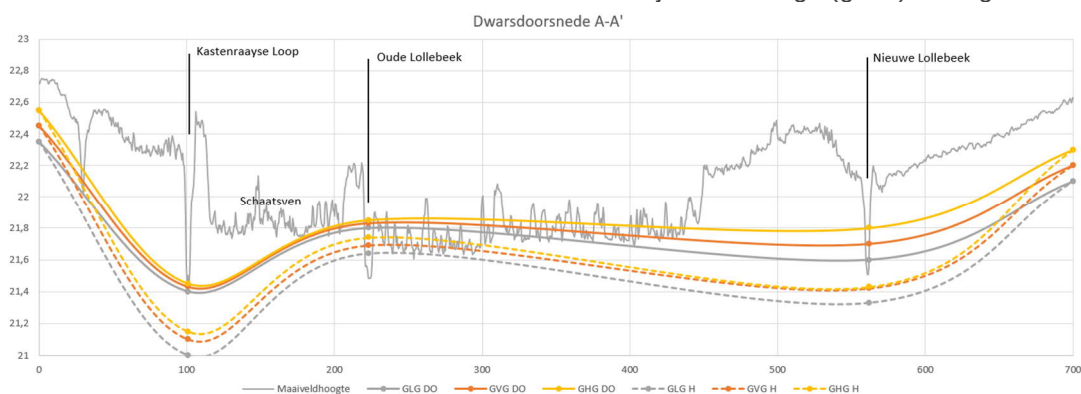
Figuur 5-2 Droogleggingskaart DO-situatie GVG, met locatie van dwarsdoorsneden (paragraaf 5.2.2).

Er zijn nog enkele locaties waar de berekende drooglegging negatief is, op die locaties zou uittreding plaatsvinden. Door de oude Lollebeek als afwateringsgreppel in te richten met stuwen zal het grondwater op het gewenste peil worden gestuurd. Water dat uittreedt, zal afwateren via de oude Lollebeek. Ten opzichte van het VO is te zien dat de oude Lollebeek deze functie goed vervult. In het zuidwesten van de Castenrayse Vennen wordt de drooglegging groter (minder negatief) en in het noorden wordt de drooglegging kleiner (rondom het Schaatsven), dan berekend in het VO. De extra maatregelen in de nieuwe loop van de Lollebeek en de inrichting van de oude loop Lollebeek als overloop zorgen voor een goede peilbeheersing in de Castenrayse Vennen.

5.2.2 Dwarsdoorsneden

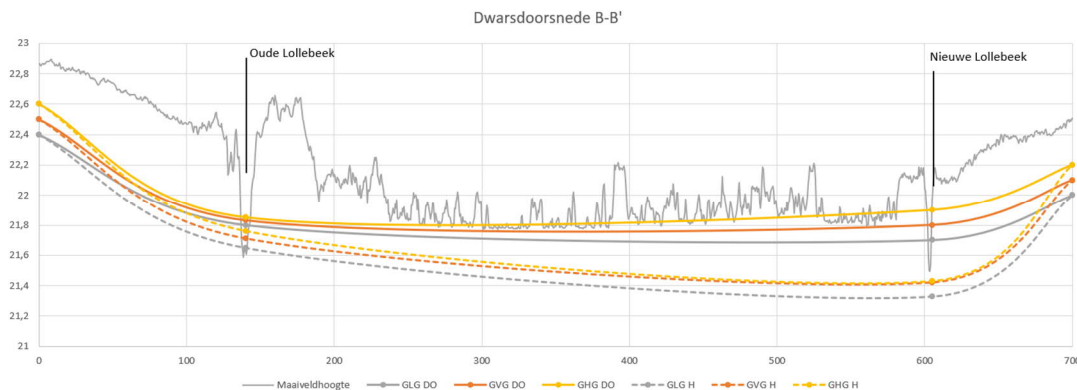
De waterpeilen in het regionale watersysteem zijn tevens vertaald naar een impressie van de grondwaterstanden. Dit is een impressie, omdat deze niet zijn berekend met een geohydrologisch (grondwater)model. De resultaten moeten daarom niet als een absolute waarheid worden gezien, maar als richtinggevend voor het Definitieve Ontwerp. Lokale ontwateringsmiddelen, zoals de rabattenstructuren, kunnen met name de hogere grondwaterstanden nog beïnvloeden.

Duidelijk is te zien dat de grondwaterstanden binnen de Kastenraayse Vennen nagenoeg aan het maaiveld staan en dat deze zich binnen een vrij kleine marge (gaan) bewegen.



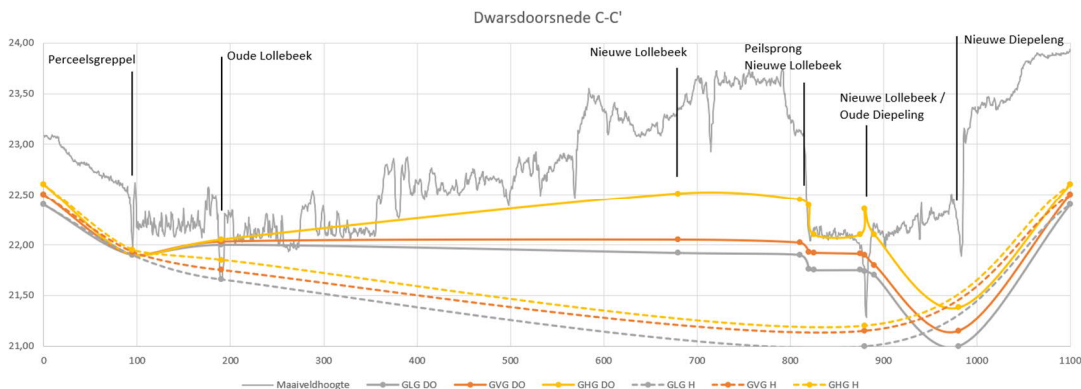
Figuur 5-3 Dwarsdoorsnede A-A' (ligging volgens figuur 5-2). Impressie huidige en ontwerp-grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld bij GLG, GVG en GHG, gebaseerd op het oppervlaktewater peil bij respectievelijk de basisafvoer, zomerafvoer en winterafvoer.

Doorsnede A- A' bevat de Kastenraayse Loop en het Schaatsven. De oude Lollebeek wordt gekruist net bovenstrooms van de interne stuw (stand NAP +21,80 m). Te zien is dat met name door de ligging van de nieuwe Lollebeek, hoger in het landschap, de grondwaterstanden flink zullen toenemen. De Kastenraayse Loop blijft relatief laag liggen. De Kastenraayse Loop zal ook bij de nieuwe inrichting van het gebied regionale kwel blijven afvangen, maar dit wordt wel veel beperkter. De Kastenraayse Loop is in het ontwerp op een peil van NAP +21,40 m gestuwd. Er is nog ruimte in het ontwerp om hier hoger te stuwen (zie ook langsdoorsnede van de peilen in *Figuur 5-11*), tot circa NAP +21,55 m. Hier kan in de praktijk nog gefinetuned worden, voorwaarde is wel dat de laagste delen van een perceel worden opgehoogd (zie volgende paragraaf).



Figuur 5-4 Dwarsdoorsnede B-B' (ligging volgens figuur 5-1). Impressie huidige en ontwerp-grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld bij GLG, GVG en GHG, gebaseerd op het oppervlaktewater peil bij respectievelijk de basisafvoer, zomerafvoer en winterafvoer.

Dwarsdoorsnede B-B' loopt over het midden van de Castenrayse Vennen. Met die nieuwe ligging worden de grondwaterstanden omhoog gebracht tot rond het maaiveld. De drainerende werking van de bestaande Lollebeek en zijtakken wordt verkleind. De landbouwpercelen aan de westzijde gaan er nauwelijks op achteruit. De te handhaven greppel zorgt er voor dat grondwaterstanden niet verder op kunnen oplopen.



Figuur 5-5 Dwarsdoorsnede B-B' (ligging volgens figuur 5-1). Impressie huidige en ontwerp-grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld bij GLG, GVG en GHG, gebaseerd op het oppervlaktewater peil bij respectievelijk de basisafvoer, zomerafvoer en winterafvoer.

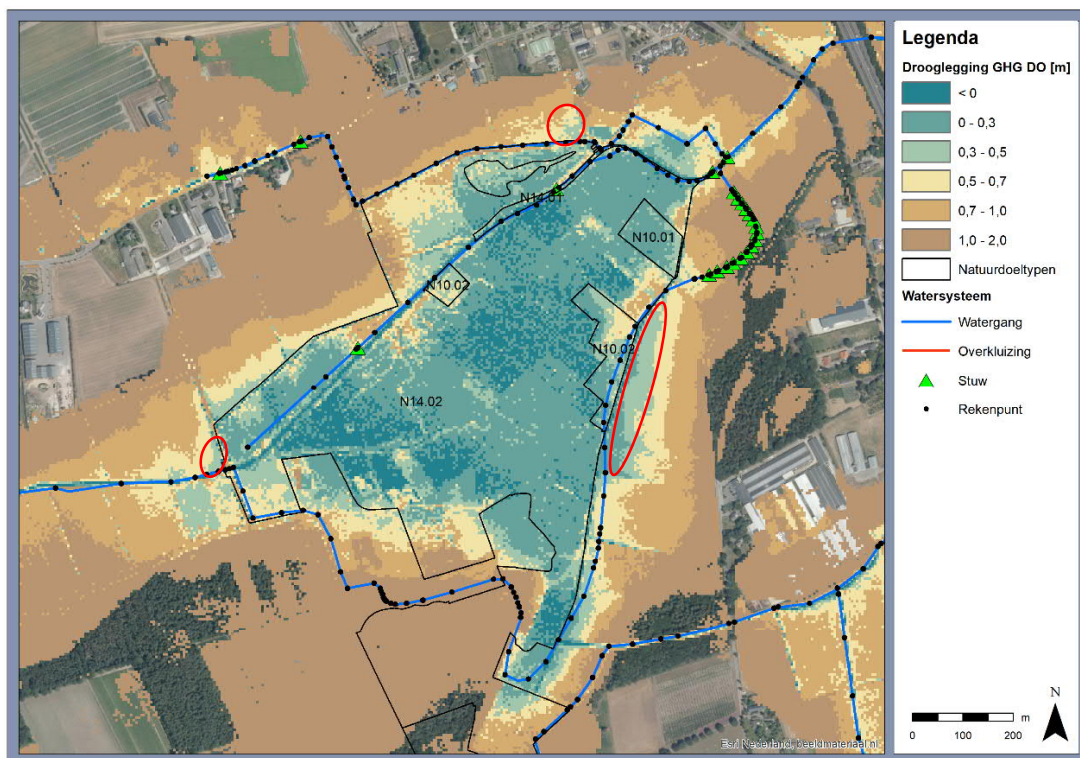
Dwarsdoorsnede C-C' geeft een impressie van de grondwaterstanden in de hogere delen aan de zuidkant van het gebied. Hier gaan we er op vooruit, met name door het substantieel verhogen van de beekwaterstanden bij de lus. De vraag is wel of deze vergelijking helemaal eerlijk is, omdat in de hoge kop nu een watergang wordt gelegd die er eerder niet was. De grondwaterstanden liggen blijkens de analyse van de meetgegevens op dit moment 1 tot 1,5 meter onder maaiveld, precies waar nu het beekpeil van de nieuwe loop komt te liggen. Uit de dwarsdoorsnede komt de noodzaak voor maaiveldverhogingen bij de lus ook goed naar voren. Deze zijn in het grondwaterstandsverloop meegenomen. De diepe ligging van de Diepeleng is wel aandachtspunt. Deze zou, door toch de stuw te verschuiven, aanzienlijk kunnen meewerken in een betere grondwaterstand tussen de lus in de nieuwe loop van de Lollebeek en de nieuwe ligging van de Diepeleng. Dit is nog niet in het ontwerp meegenomen.

5.2.3 Toetsing drooglegging buiten het beekdal (expert judgement)

In het VO werd op locaties buiten het beekdal een kleinere drooglegging berekend. De maatregelen in DO, zoals het handhaven van greppels en het inrichten van de oude loop van de Lollebeek als overloop, zorgen er voor dat dit juist wordt voorkomen. Hierbij is rekening gehouden met de afspraken voor voldoende drooglegging.

De gewenste verhogingen van de grondwaterstand worden nu vrijwel geheel binnen de Castenrayse Vennen gehouden. Zoals te zien is, hebben enkel de landbouwpercelen in het oosten van de nieuwe Lollebeek nog een te kleine drooglegging met de huidige maaiveldhoogte, 30-50 cm (waar 50 cm wordt gewenst). Voor deze percelen zijn echter afspraken gemaakt om ze op te hogen. Met 20 cm ophoging op de diepste punten wordt hier weer voldaan aan de droogleggingseis voor schraal grasland (50 cm).

Daarnaast zijn er twee kleine locaties met graslanden waar de drooglegging 30-50 cm bedraagt. Dit is acceptabel. Voor het perceel bij de Kastenraayse Loop wordt nog voorgesteld om deze op te hogen, omdat dit nog extra flexibiliteit in het ontwerp inbouwt om de Kastenraayse Loop verder op te stuwen en zodoende nog meer kweldruk op het Schaatsven te krijgen.



Figuur 5-6 Droogleggingskaart DO situatie GHG – buiten het gebied zijn enkele locaties met geringe, maar conform het waterbeheerplan acceptabele drooglegging aanwezig (rode cirkels).

5.2.4 Conclusie toetsing grondwater

De grondwaterstanden in het gebied worden door het ontwerp van de Lollebeek en samenhangende maatregelen op het gewenste peil gebracht, die meer ondersteunend zijn aan de natuurdoeltypen in het gebied. In de omgeving zijn de verschillen tussen huidige en ontwerpsituatie zijn zeer klein, doordat hier maatregelen worden getroffen (behoud greppels, peil Kastenraayse Loop en ophogen percelen aan de westzijde). Verdere mitigatie kan door ophoging van laagst gelegen delen van de overgebleven percelen met een geringere drooglegging.

5.3 Toets regionaal watersysteem

Het functioneren van het oppervlaktewater wordt getoetst aan de droogteopgave (werkwijze Waterschap Limburg), de afspraken voor voldoende drooglegging die zijn gemaakt in het gebied en het KRW-type. De Lollebeek is geclassificeerd als R4(a) type 'Permanent langzaam stromende laagland bovenloop op zand' (Tabel 13). Tijdens het project is besproken dat delen van de Lollebeek wellicht meer de karakteristieken hebben van een type R20 'Moerasbeek' (Tabel 14). In de toets oppervlaktewater wordt onder meer gekeken welke karakteristiek het meest passend is voor de nieuwe loop van de Lollebeek.

Tabel 13 Karakteristiek voor KRW-type R4(a) – (Stowa 2018-49 rapport)

Parameter	Code	Eenheid	Range	Berekend
Debiet	Q	m ³ /s	< 1,125	0,06 – 0,89
Stroomsnelheid	v	m/s	0,03 – 0,50	0,04 – 0,20
Verhang	i	m / km	0,5 – 1,0	0,06 – 0,25
Breedte	B	m	0 - 3	4,0 – 4,5
Rivier continuïteit	rc	0/1	1, permanent	1

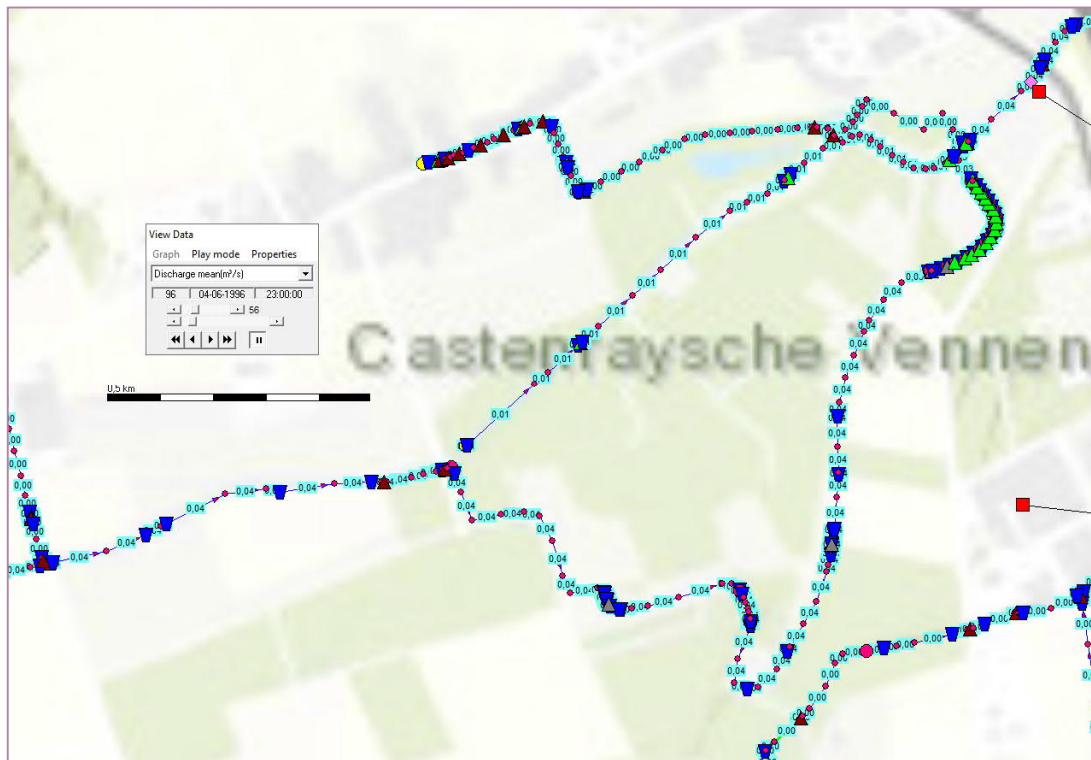
Tabel 14 Karakteristiek voor KRW-type R20 – (Stowa 2018-49 rapport)

Parameter	Code	Eenheid	Range	Berekend
Debiet	Q	m ³ /s	< 3,0	0,06 – 0,89
Stroomsnelheid	v	m/s	< 0,20	0,04 – 0,20
Verhang	i	m / km	< 0,5	0,06 – 0,25
Breedte	B	m	3 – 8	4,0 – 4,5
Rivier continuïteit	rc	0/1	1, permanent	1

In de kolom 'Berekend' zijn de berekende waarden weergegeven voor de range tussen basisafvoer en maatgevende afvoer. De ranges gelden voor de beektracés, exclusief de natuurlijke stuw bij de lus en exclusief de cascade. Hier gelden uiteraard hogere waarden voor alle parameters.

5.3.1 Stroomsnelheden (Basisafvoer)

De stroomsnelheden in het nieuwe tracé van de Lollebeek variëren voor de zomersituatie tussen de 0,04 (basisafvoer) – 0,20 m/s (jaarlijkse piekafvoer), met uitzondering van de cascade. Bij de cascade kunnen de stroomsnelheden lokaal hoger zijn, tot 0,30 m/s. Ten opzichte van het VO zijn de stroomsnelheden bij de lage afvoeren dus al sterk toegenomen, van 0,01 m/s naar 0,04 m/s. Volgens de KRW-karakteristieken voldoet het nieuwe tracé van de Lollebeek aan zowel de R4(a) als R20 karakteristiek. Daarbij moet vermeld worden dat de stroomsnelheden voor het R4(a)-type aan de lage kant zijn. Uit de droogteopgave van het waterschap blijkt dat de nieuwe Lollebeek, als R4 type, een minimale stroomsnelheid van 0,05 m/s moet hebben bij een basisafvoer met zomerweerstanden (worst-case), in dat geval wordt net niet aan de gewenste karakteristiek voldaan.



Figuur 5-7 Stroomsnelheden nieuwe situatie DO – basisafvoer zomermodel Sobek

Het DO voldoet dus qua stroomsnelheden nog net niet aan de droogte-eisen van het waterschap. Het hoofddoel van het project herinrichting Lollebeek / Castenrayse Vennen is het verhogen van de grondwaterstanden in de Castenrayse Vennen. Om dit te kunnen bereiken, is voor een breed profiel met een klein verhang gekozen waarbij de beek zo lang mogelijk hoog in het landschap blijft liggen. Het is daarom niet mogelijk om de stroomsnelheden verder te vergroten, zonder op andere fronten (inundaties, doelbereik) concessies te doen. Binnen het project is voorkeur gegeven aan het doelbereik van de Castenrayse Vennen, boven de beekinrichting voor de KRW-doelen. Daarom is er voor gekozen om te accepteren dat de stroomsnelheden bij de basisafvoeren aan de lage kant zijn. Doordat er geen stuwen staan in de nieuwe Lollebeek is doorstroming, met lage stroomsnelheid, in ieder geval wel gegarandeerd. Daarbij wordt stagnatie, zoals nu wel het geval is, ook voorkomen. Al met al is er sprake van een lichte verbetering van de situatie. Een mogelijkheid om de stroomsnelheden nog te verhogen, is het inlaten extra aanvoerwater vanuit het peelskanaal, hierover volgt in de gevoeligheidsanalyse meer.

5.3.2 Verhang

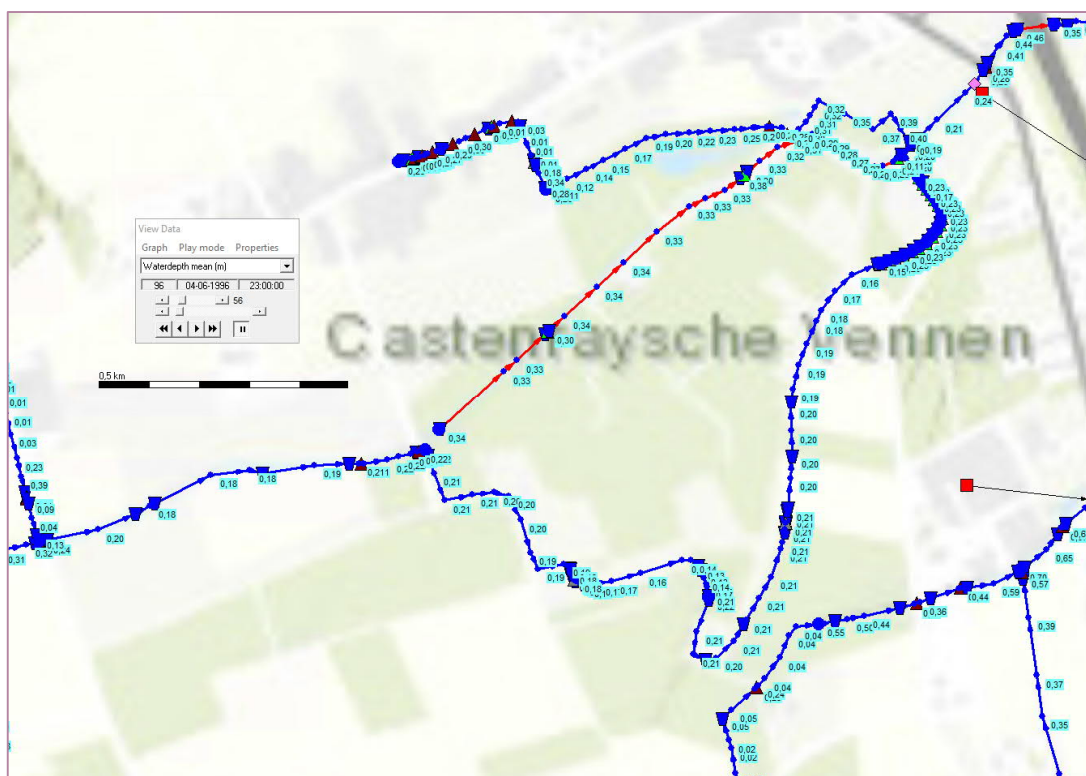
In Tabel 15 is het bodemverhang op verschillende trajecten in de nieuwe loop van de Lollebeek te zien. Wanneer dit wordt vergeleken met de KRW-karakteristieken, valt op dat enkel het laatste deel tussen de Cascade en de A73 voldoet aan de verhang karakteristieken van een R4(a)-type. Het overige traject voldoet meer aan de verhang karakteristieken van een R20 type.

Tabel 15 Bodemverhang oppervlaktewater trajecten

Traject	Verhang [m/km]
Meterikseweg – Middelijkseweg	0,25
Middelijkseweg – Natuurlijke stuw	0,06
Natuurlijke stuw – cascade	0,10
Cascade – A73	0,75

5.3.3 Waterdieptes (Basisafvoer)

De KRW-karakteristieken omschrijven niks over de bandbreedte van de waterdieptes voor zowel het R4(a) als R20 type. In de werkwijze toetsing droogte wordt wel gesproken over gewenste en kritische waterdieptes, behorende bij doelsoorten (vissen) in de beek. Voor de heringerichte Lollebeek zien we dat de waterdiepte bij de basisafvoer in de zomer variëren tussen de 16-23 cm. Uit Tabel 12 is op te maken dat dit slechts een deel van de vissoorten faciliteert. Uit analyse van de modelresultaten blijkt echter dat de waterdieptes in het heringerichte stuk van de Lollebeek benedenstrooms van de snelweg A73 tussen de 14 – 26 cm liggen. Dit sluit dus goed op elkaar aan. Mogelijkheden om de waterdiepte nog te verhogen, is het inlaten extra aanvoerwater vanuit het peelskanaal of het toestaan van meer begroeiing, hierover in de gevoeligheidsanalyse meer.

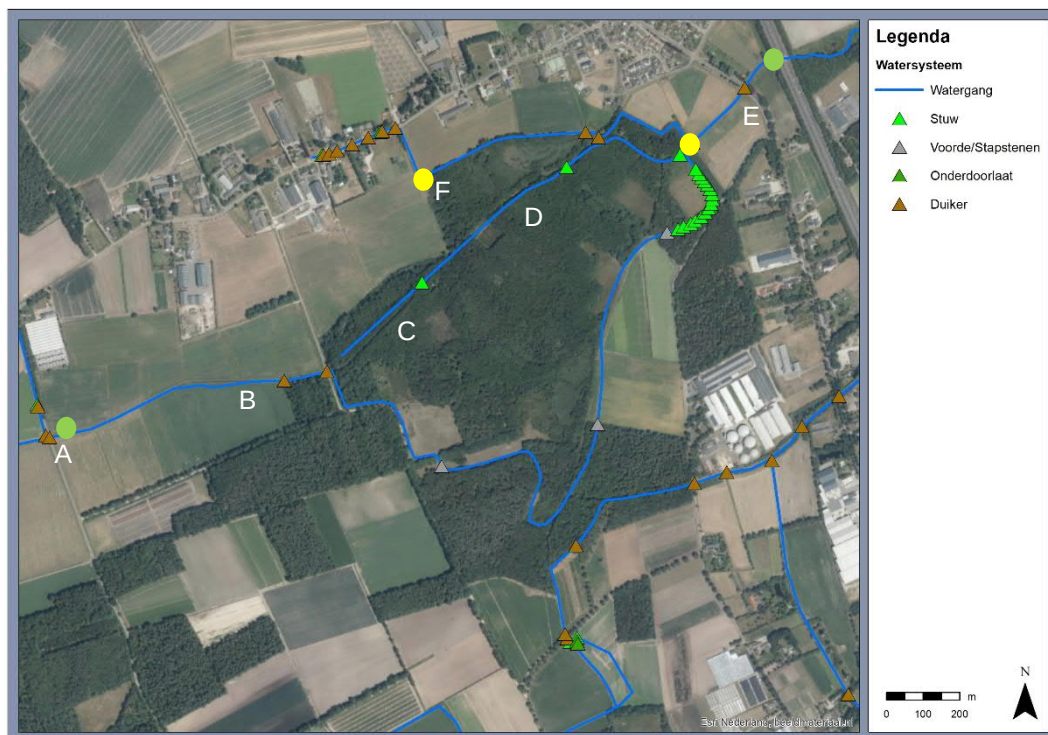


Figuur 5-8 Waterdiepte nieuwe situatie DO – basisafvoer zomermodel Sobek

5.3.4 Oppervlaktewaterpeilen

Bij het toetsen van de waterpeilen wordt geanalyseerd of het gewenste effect optreedt bij de waterpeilen rondom de Castenrayse Vennen. Om het (grond)waterpeil in de Castenrayse Vennen rond de gewenste peilen te krijgen, is het noodzakelijk om de oppervlaktewaterpeilen in het gebied te verhogen. Daarnaast is het wenselijk om zo veel mogelijk onder de afgesproken peilen te blijven in het gebied.

De oppervlaktewaterpeilen van het DO worden op punten A tot en met F vergeleken met de huidige peilen. Daarnaast gelden op de punten A-B-E-F de afspraken voor voldoende drooglegging. De locaties zijn weergegeven in *Figuur 5-9*.



Figuur 5-9 Overzichtskartaal (DO Sobek-model): locaties berekende waterpeilen – lengtedoorsneden, nieuwe Lollebeek (Groen), Kastenraayse Loop (Geel).

De resultaten van de vergelijking van de oppervlaktewaterpeilen zijn in onderstaande tabel weergegeven. In de daarop volgende tabel zijn ranges van de gemeten peilen bij diverse afvoeren weergegeven.

Tabel 16 Afspraken voor voldoende drooglegging (PA) en gemodelleerde waterpeilen voor de huidige situatie (H) en het Definitief Ontwerp (DO)

Locatie → Afvoer (scenario) ↓	A	B	C	D	E	F
Basisafvoer H	22,23	22,19	21,65	21,64	20,67	21,12
Basisafvoer DO	22,22	22,06	22,03	21,83	20,67	21,41
Voorjaarsafvoer PA	22,60	22,30	-	-	21,10	-
Voorjaarsafvoer H	22,34	22,24	21,72	21,69	20,81	21,16
Voorjaarsafvoer DO	22,38	22,22	21,80	21,80	20,82	21,44
Winterafvoer PA	22,70	22,45	-	-	21,20	-
Winterafvoer H	22,45	22,30	21,80	21,75	20,95	21,18
Winterafvoer DO	22,52	22,35	21,80	21,80	20,95	21,48
Jaarlijkse piek PA	22,90	22,60	-	-	21,45	21,80
Jaarlijkse piek H	22,78	22,51	21,80	21,95	21,37	21,50
Jaarlijkse piek DO	22,92	22,73	21,80	21,80	21,37	21,62

* Let op: De locaties C en D liggen straks niet meer in het door Waterschap Limburg beheerder watersysteem, maar binnen het door SBB beheerde lokale watersysteem.

Tabel 17 *Gemeten huidige waterpeilen range ter plaats van de afspraken voor voldoende drooglegging, (paragraaf 2,2)*

Locatie →	A	B	E
Afvoer (scenario) ↓			
Voorjaarsafvoer gemeten	22,35 – 22,70	22,20 – 22,40	20,70 – 21,00
Winterafvoer gemeten	22,40 – 22,65	22,20 – 22,40	20,80 – 21,15
Jaarlijkse piek gemeten	22,60 – 22,90	22,20 – 22,40	20,95 – 21,60

Vergelijking van de peilen met afspraken voor voldoende drooglegging

Benedenstrooms van de Castenrayse Vennen, in punt E, verandert het waterpeil niet ten gevolge van de ingrepen. In dat punt wordt dan ook voldaan aan alle afspraken voor voldoende drooglegging. Uit *Tabel 16* is op te maken dat de waterpeilen in de Lollebeek, rondom de Castenrayse Vennen stijgen.

Door de Oude Lollebeek in te richten als afwateringsgreppel met stuwen wordt een constant oppervlaktewaterpeil gecreëerd (C+D). De nu opgenomen peilen bij C en D zijn afhankelijk van de ingestelde stuwpeilen binnen de Castenrayse Vennen, in te stellen door SSB. De nu gehanteerde waarden zijn optimaal voor de drooglegging in het natuurgebied. Door de lokale stuwen als schotbalkstuwen uit te voeren, kan nog gefinetuned worden. Het gewenste peil bij D is hoger dan de NAP +21,80 m die in de peilafspraken zijn genoemd, maar zal door de aanleg van peilgestuurde drainage geen effect hebben op de omliggende percelen. Daarbij is aan deze zijde het maaiveld ook hoger, waardoor dezelfde ontwateringsdiepte als aan de westzijde kan worden gerealiseerd.

Bovenstrooms van de Castenrayse Vennen (A+B) stijgt het waterpeil juist. De reden hiervoor is dat het nieuwe traject van de Lollebeek over een grotere lengte hoog in het landschap blijft liggen. In punt A blijven de waterpeilen in het DO-ontwerp onder de gemaakte afspraken voor voldoende drooglegging. In punt B voldoet het waterpeil bij de jaarlijkse piek nog niet aan de afspraken voor voldoende drooglegging. Er lijkt echter een sterke daling te zitten in de afgesproken peilen over een relatief korte afstand, 30 cm peildaling in 500 meter. Om te kunnen voldoen aan de gewenste oppervlaktewaterpeilen rondom de Castenrayse Vennen, kan de bodem op dit traject echter slecht 15-20 cm dalen. Zoals in het gemeten peilbereik van de huidige situatie (*Tabel 17*) te zien is, overschrijden de peilen nu ook af en toe de afspraken voor voldoende drooglegging.

Op locatie F in de Kastenraayse Loop wordt in alle scenario's voldaan aan de gemaakte afspraken voor voldoende drooglegging. De Kastenraayse Loop heeft een minimaal peil van NAP+ 21,41. Dit komt overeen met het gewenste GVG-peil in de Castenrayse Vennen op de locaties waar de Kastenraayse Loop dicht langs de oude Lollebeek loopt. De Kastenraayse Loop blijft echter wel een mogelijke afvang van regionale kwel, zie ook paragraaf 5.2.2. Het verder stuwen van deze loop is mogelijk, tegen concessies van de drooglegging.

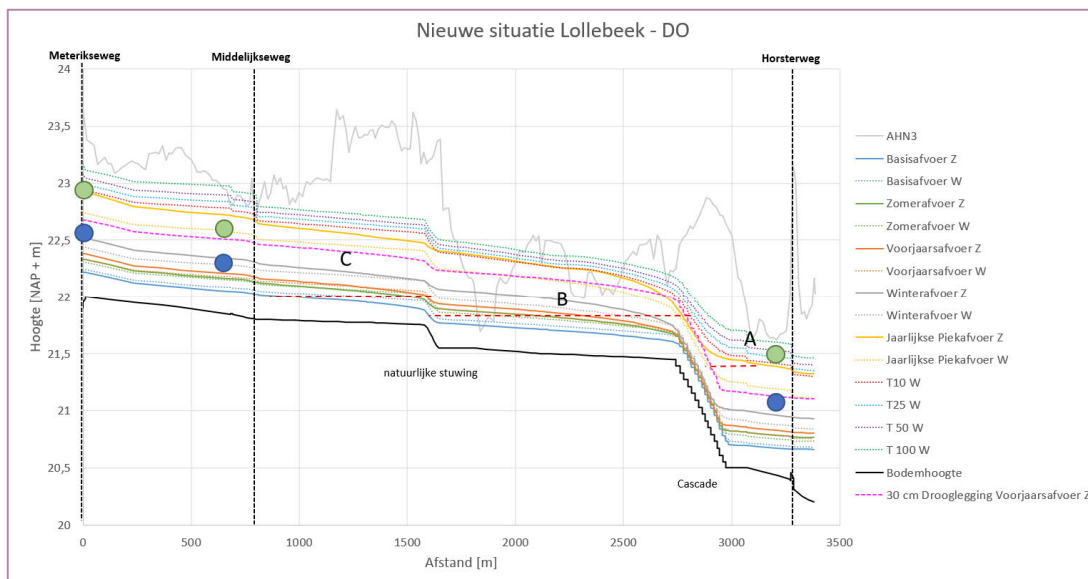
Peilen in langsdoorsneden

In *Figuur 5-10* in de lengtedoorsnede van de nieuwe loop van de Lollebeek te zien (tussen de groene bollen in *Figuur 5-9*). Uit de figuur is op te maken dat de ideale minimale oppervlaktewaterpeilen rondom de Castenrayse Vennen worden gehaald voor de GVG-situatie. Ook is te zien dat bijna overal aan de afspraken voor voldoende drooglegging wordt voldaan. Door het toepassen van natuurlijke stuwing met dood hout (bovenstrooms van de lus) en een cascade is het hele traject vispasseerbaar geworden.

De maaiveldverhoging tussen de Lollebeek en de Castenrayse Vennen die begint bij de locatie van de natuurlijke stuwing, moet een minimale hoogte van NAP +22,50 m krijgen bij de lus en kan aflopen naar NAP +22,25 bij de cascade. Uit deze lengtedoorsnede blijkt dat dit voldoende is om een T100 afvoergebeurtenis niet richting de Castenrayse Vennen te laten overstromen. Geadviseerd wordt wel om hier een waakhogte bij aan te leggen van circa 25 cm om verschillen in onderhoudsstaat op te vangen.

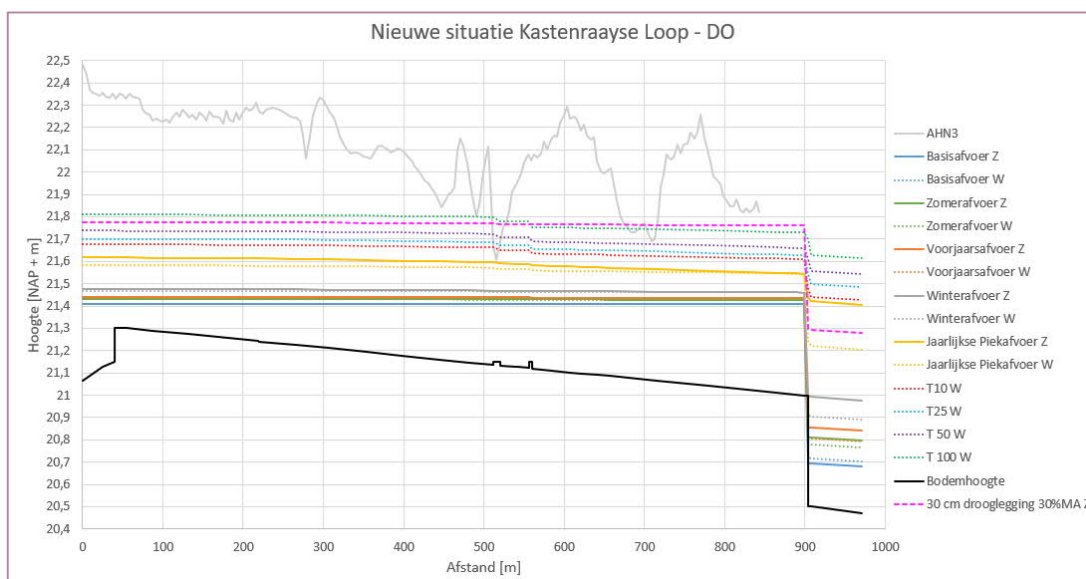
Uit de lengtedoorsnede blijkt ook dat de zuidelijke lus van de nieuwe Lollebeek al bij redelijk lage afvoeren gaat inunderen. Het is dus van belang dat hier aan beide zijden maaiveldverhogingen worden gerealiseerd, om intreding met kalkrijk water in het natuurgebied te voorkomen. Verder treden inundaties aan de oostzijde van de Castenrayse Vennen op.

Vrijwel langs het gehele tracé wordt reeds voldaan aan de droogleggingseis van 30 cm bij een maatgevende zomerafvoer van het onderhoudspad. Alleen in de lus en aan de oostzijde is dit nog niet het geval. In de lus zal hier een onderhoudspad op hoogte geconstrueerd moeten worden. Aan de oostzijde wordt dit door de ophoging van de percelen gerealiseerd. De mogelijke inundaties worden verder besproken in paragraaf 5.7 NBW toets.



Figuur 5-10 Waterpeilen nieuwe situatie Lollebeek (DO) – Sobek zomer- en wintermodellen – afspraken voor voldoende drooglegging (voorjaarsafvoer, blauwe bollen – 1.1 x jaarlijkse piekafvoer, groene bollen) – optimale GVG (rode stippellijnen)

In **Figuur 5-11** is de lengtedoorsnede van de nieuwe Kastenraayse Loop te zien (traject tussen de gele bollen in **Figuur 5-9**). Het waterpeil wordt in het DO-ontwerp gestuurd tot minimaal NAP +21,40 m. Het profiel is groot genoeg, dit is te zien aan het feit dat het verhang niet of nauwelijks toeneemt bij hogere afvoeren. De afspraken voor voldoende drooglegging op het hoekpunt (links) zijn gemaakt op NAP +21,80 m voor de jaarlijkse piekafvoer in de zomer. In het huidige ontwerp wordt hier ruimschoots aan voldaan. Vanaf een T10 situatie kunnen er lichte inundatie optreden in het bosperceel waar de nieuwe Kastenraayse Loop doorheen loopt. Dit is echter geen probleem. De mogelijke inundaties worden verder besproken in paragraaf 5.7 NBW toets.



Figuur 5-11 Waterpeilen nieuwe situatie Kastenraayse Loop (VO) – Sobek zomer- en wintermodellen – peilafpraak peilgestuurde drainage T1 zomer NAP +21,80 m.

5.4 Effect inrichting Castenrayse Vennen op het regionale watersysteem

Net zoals de Lollebeek een effect heeft op de Castenrayse Vennen, heeft het natuurgebied Castenrayse Vennen ook een effect op de Lollebeek. Nu het peilbeheer in en rondom de Castenrayse Vennen op constantere, gewenste peilen worden gestuurd door middel van kleine stuwtjes, is er een risico dat bij extremere neerslag de afvoer vanuit de Castenrayse Vennen toeneemt. Het water dat boven het gewenste waterpeil komt, zal namelijk worden afgevoerd. Volgens de richtlijnen mag de Castenrayse Vennen straks met een debiet van 1 l/ha/s lozen op de Lollebeek. Dit betekent dat de afvoer van het gebied begrensd moet worden op ongeveer 50 l/s.

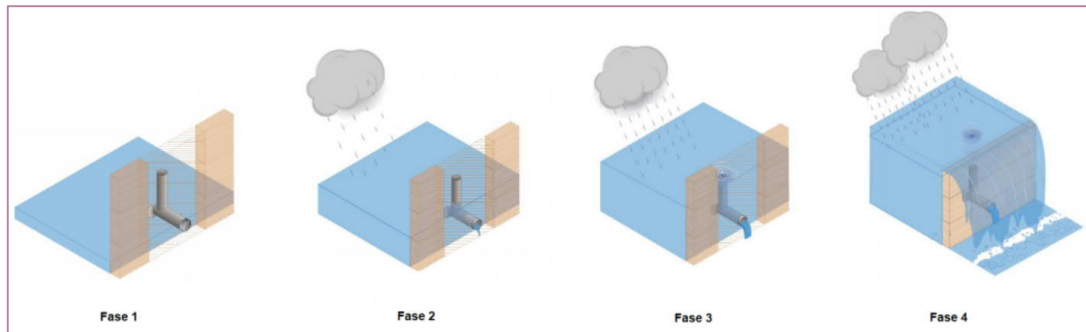
Omdat het peil in de Lollebeek vanaf de jaarlijkse piekafvoer boven het uitstroomepeil van de Castenrayse Vennen komt, NAP +21,40 m, zal de Lollebeek automatisch zorgen voor tegendruk. Dit betekent ook dat de ontwateringsduiker voorzien moet worden van een terugslagklep. Daarnaast moet de afvoer vanuit de Castenrayse Vennen worden geknepen door het toepassen van een knijpstuw met een beperkte breedte van 0,5 m. Dit is voldoende om water tijdelijk in de Castenrayse Vennen te bergen totdat het waterpeil in de Lollebeek weer is gedaald. Dit mag ook gebeuren in dit natuurgebied. Van een negatief effect op het regionale stelsel (benedenstrooms) is dan ook geen sprake.

5.5 Werking buffer Diepeleng

Het water wordt de buffer ingelaten vanuit de Diepeleng over een voorde constructie (Figuur 5-13). De buffer wordt geregeld met de SIMMBA stuw, ontwikkeld door Waterschap De Dommel (instellingen, *Figuur 5-12*). Deze stuw werkt als volgt:

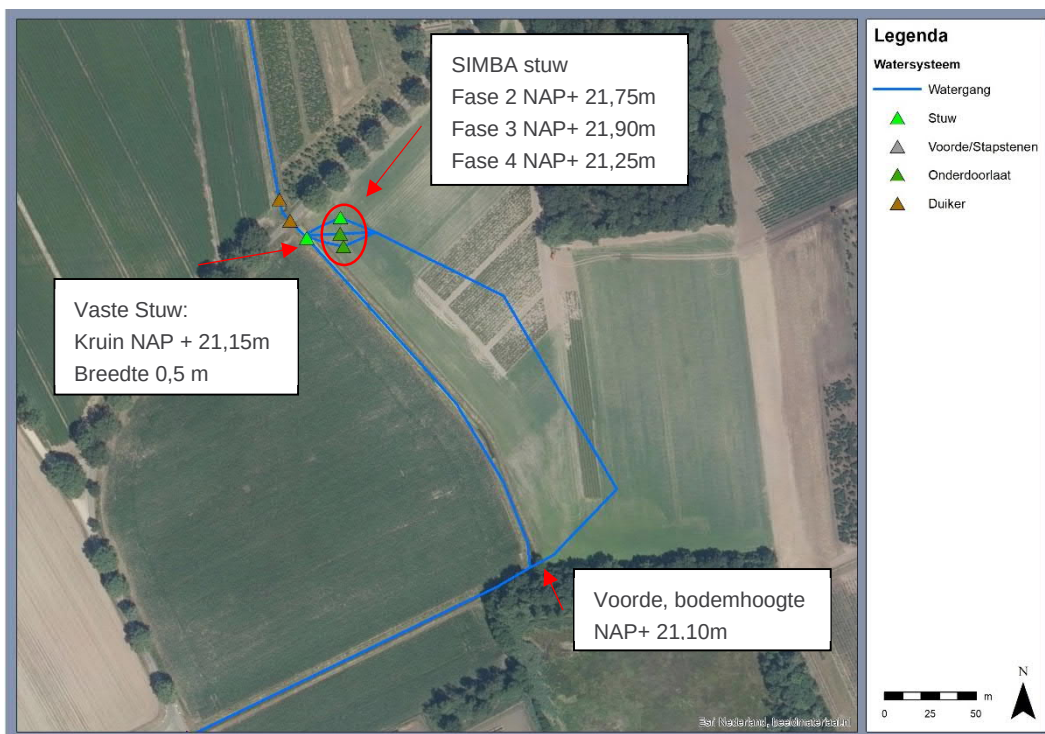
- Fase 1: Start regenbui, watergang vult met water, sloot begint te infiltreren, grondwater wordt aangevuld. Er wordt geen water afgevoerd.
- Fase 2: Als het blijft regenen, zal het peil in de watergang verder stijgen, infiltratie gaat door, geknepen afvoer treedt in werking. Het teveel aan water wordt heel langzaam afgevoerd.
- Fase 3: Peil in de watergang stijgt verder, infiltratie gaat door, het overstortbuisje gaat naast de geknepen afvoer nu ook langzaam water afvoeren.

- Fase 4: Het water van de hevige regenbui stijgt nu naar een peil boven de hoogste schotbalk van de stuw en gaat, naast infiltreren, nu ook op volledige capaciteit afvoeren om wateroverlast te voorkomen.



Figuur 5-12 Werking SIMMBA stuw, bron:

<https://www.klimaatadaptatiebrabant.nl/k/n442/news/view/3146/2775/simpel-en-goedkoop-water-vasthouden-met-nieuwe-simmba-techniek.html>



Figuur 5-13 Overzicht bergingsvoorziening Gortmeule / Diepeleng

5.6 Gevoeligheidsanalyse ontwerp

Om te zien of de beek een klimaat- en toekomstrobuuste inrichting heeft, wordt ook gekeken hoe de beek functioneert bij wijzigingen in het beheer of stromingsregime. Om die reden zijn twee gevoeligheidsanalyses uitgevoerd. Ten eerste wordt geanalyseerd wat er gebeurt als het traject van de nieuwe Lollebeek minder intensief wordt onderhouden of meer stuwende elementen krijgt (hogere stromingsweerstand). Ten tweede wordt geanalyseerd wat er gebeurt als de aanvoer vanuit het Peelkanaal wordt verhoogd, zoals is voorgesteld in het project Peelkanalen van Waterschap Limburg.

5.6.1 Gevoeligheidsanalyse voor de weerstand

Het onderhoud van de watergangen in het gebied heeft effect op de waterstanden. Een watergang die meer begroeid is, zal water minder makkelijk doorlaten waardoor de waterstand stijgt. Zo kunnen dood hout, omgevallen bomen of de ingenieurspraktijken van de bever leiden tot meer weerstand in de beek. Dit kan in sommige gevallen wenselijk zijn maar in sommige gevallen ook niet. Om het effect van meer weerstand op het functioneren van de nieuwe Lollebeek in kaart te brengen, zijn de waterstanden bij de onderstaande drie scenario's vergeleken:

- de basisafvoer in een zomer situatie met een gemiddelde zomerweerstand ($k_s = 10$) en sterk toegenomen begroeiing / stuwende elementen ($k_s = 5$);
- de T10 winterafvoersituatie met gemiddelde winterweerstand ($k_s = 20$) en sterk toegenomen begroeiing / stuwende elementen ($k_s = 10$);
- de T100 winterafvoersituatie met gemiddelde winterweerstand ($k_s = 20$) en sterk toegenomen begroeiing / stuwende elementen ($k_s = 10$).

Basisafvoer

Het toetstaan van meer bergroeiing in de beek, een sterkere natuurlijke invulling, zorgt er voor dat de waterstanden bij de basisafvoer lokaal tot 8 cm kunnen toenemen. De hogere waterstanden treden vooral op direct bovenstrooms van de natuurlijke stuwpunten. Voor de basisafvoer heeft het toetstaan van meer begroeiing en stuwende elementen een positieve invloed op het (ecologisch) functioneren van de beek.

T10 winterafvoer

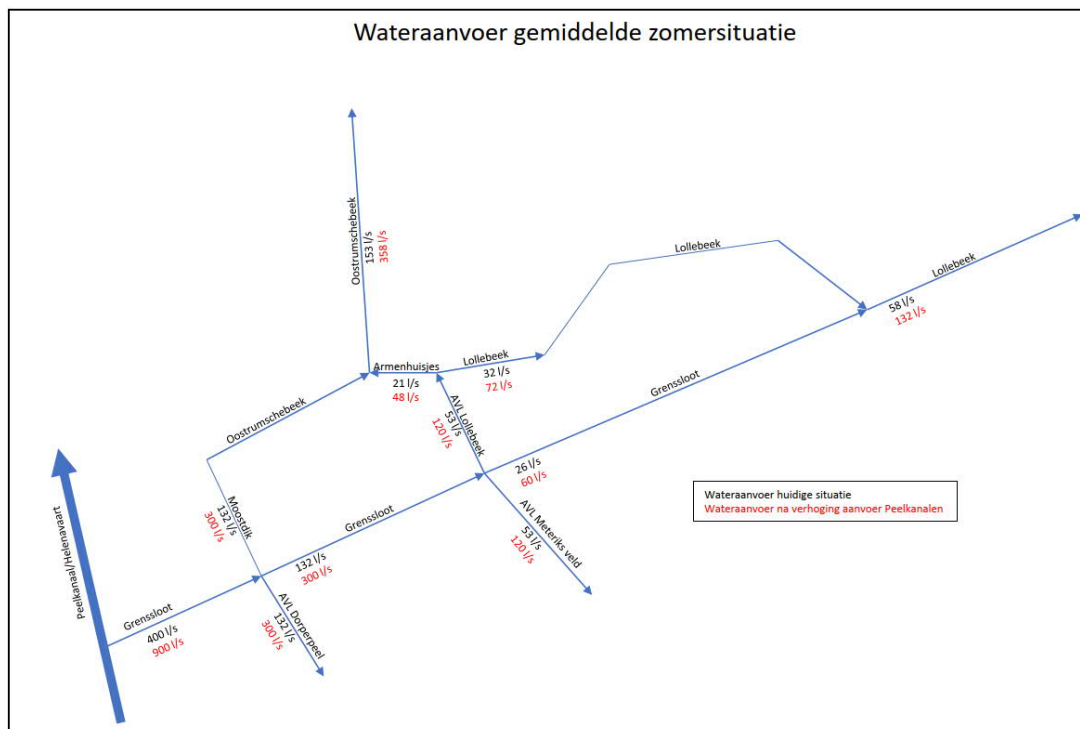
In het geval van een ruwere beekbodem nemen de peilen bij hogere afvoeren eveneens toe. De waterhoogtes in het nieuwe traject van de Lollebeek stijgen op de kritische punten, net benedenstrooms van de Middelijkseweg, in de zuidelijke lus van de nieuwe Lollebeek en in de Kastenraayse Loop. Benedenstrooms van de Middelijkseweg stijgt het peil van NAP +22,67 m naar NAP +22,85 m. In de zuidelijke lus van de Lollebeek stijgt het peil van NAP +22,38 m naar NAP +22,60 m. In de Kastenraayse Loop stijgt het peil van NAP +21,63 m naar NAP +21,85 m. Bij deze gebeurtenis heeft dat alleen extra (schade)gevolgen, direct bovenstrooms van de Middelijkseweg, waar de graslandpercelen dan meer inunderen. Op de andere locaties kunnen de hogere peilen opgevangen worden binnen het profiel.

T100 winterafvoer

Bij T100 zijn de effecten van een hogere weerstand logischerwijs groter. De waterhoogtes in het nieuwe traject van de Lollebeek stijgen op de kritische punten, net benedenstrooms van de Middelijkseweg, in de zuidelijke lus van de nieuwe Lollebeek en in de Kastenraayse Loop. Benedenstrooms van de Middelijkseweg stijgt het peil van NAP +22,79 m naar NAP +23,10 m. Voor de landbouwpercelen bovenstrooms van de Middelijkseweg nemen de inundaties toe, maar dit is al wel boven de norm. Benedenstrooms van de Middelijkseweg ontstaat het gevaar dat de beek uit zijn oevers treedt, richting de Castenrayse Vennen naar het lagere deel bij de oude loop. Bij de afdamming van de oude loop zal het nieuwe profiel moeten worden voorzien van voldoende hoge oevers c.q. een maaiveldverhoging op NAP +23,10 m. Het overige maaiveld ligt hier grotendeels al wel op deze hoogte. In de zuidelijke lus van de Lollebeek stijgt het peil van NAP +22,48 m naar NAP +22,75 m. Een maaiveldverhoging moet hier dus boven dit peil worden aangelegd om schommelingen in de weerstand op te kunnen vangen, zonder dat kalkrijk beekwater zich mengt met kalkarm water in de Castenrayse Vennen. In de Kastenraayse Loop stijgt het peil van NAP +21,75 m naar NAP +22,10 m. Bij dit peil inunderen percelen hoegenaamd nog niet, omdat deze grotendeels boven dit niveau liggen. Er is een risico op inundaties nabij de HWA-buffer. Er is al voorgesteld om dit perceel op te hogen.

5.6.2 Verhoging van de wateraanvoer

In het project Peelkanalen van Waterschap Limburg wordt onderzocht of de wateraanvoer in verschillende wateraanvoernetwerken moet worden verhoogd. Voor het stroomgebied van de Lollebeek betekent dit dat de wateraanvoer vanuit het Peelkanaal omhoog gaat van 400 l/s naar 900 l/s in de zomerperiode. Er stroomt dan 74 l/s extra richting de Lollebeek. Deze extra instroming zorgt bij extreme afvoersituaties die voornamelijk in de winter voorkomen, voor een beperkte peilstijging van enkele centimeters. Voor de basisafvoer is de peilstijging echter significant met 10-20 cm. Het verhogen van de aanvoer vanuit het Peelkanaal is daarom een effectieve maatregel om de basisafvoeren en de bijbehorende peilen in de Lollebeek te verhogen met een beperkt effect op de extreme afvoersituaties.



Figuur 5-14 Wateraanvoer gemiddelde zomersituatie – verhoging project Peelkanalen

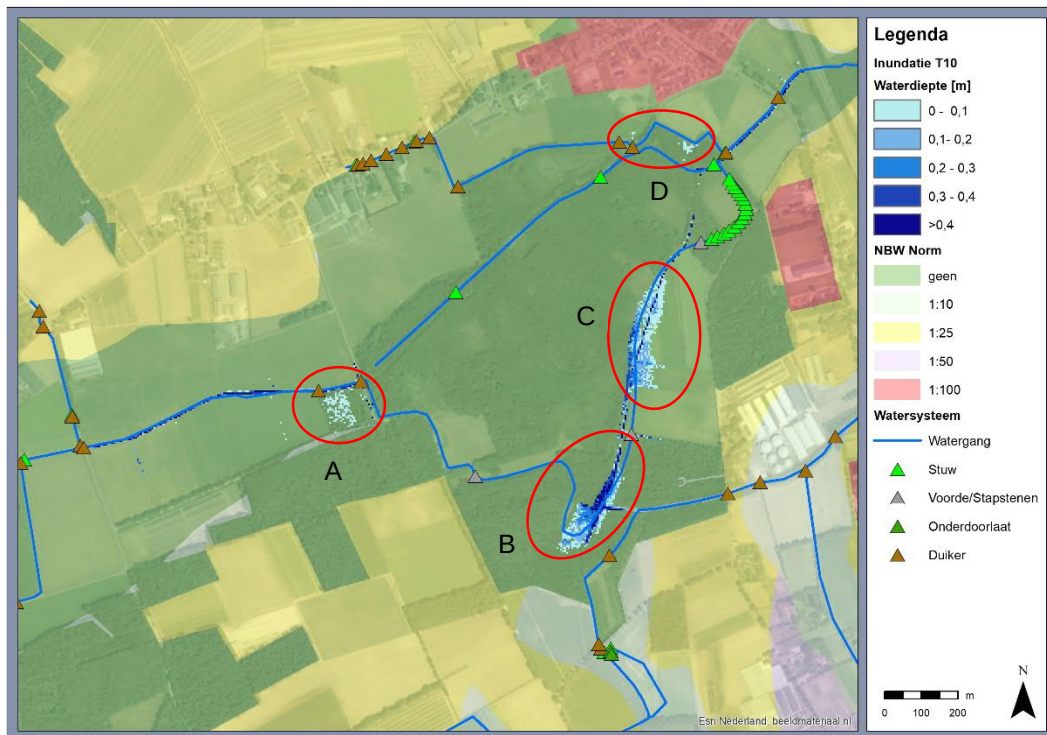
5.7 NBW toets ontwerp

In de NBW toets wordt gekeken of er inundaties optreden in het gebied waar dit niet zou mogen volgens de NBW norm. Hiervoor wordt gekeken naar het inundatiebeeld en wordt getoetst of de maaiveldverhogingen in het gebied hoog genoeg zijn.

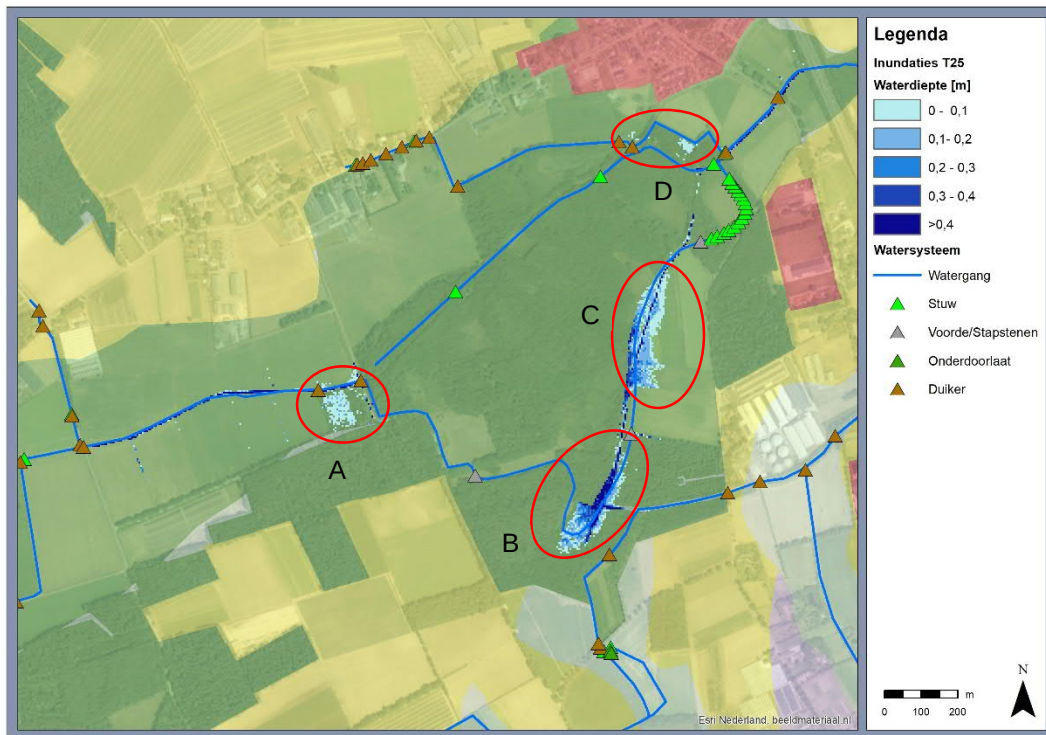
5.7.1 Inundatietoets

Het gebied rondom de Castenrayse Vennen heeft geen NBW norm. Dit betekent dat het gebied in principe mag inunderen. Echter is het doel van het project om het gebied een zo goed mogelijke bescherming te bieden, om te voorkomen dat het kalkrijke beekwater mengt met het kalkarme water binnen de Castenrayse Vennen. Aan de kant van de Castenrayse Vennen wordt dit gerealiseerd met maaiveldverhogingen die het water tegenhouden ter voorkoming van vermenging van waterkwaliteiten. Voor de overige percelen is berekend of deze inunderen en bij welke normering (Figuur 5-15 (T10), Figuur 5-16 (T25) en Figuur 5-17 (T100)). Wat opvalt is dat er telkens vier locaties zijn waar inundaties optreden, A-D in Figuur 5-15. Locatie B en D leveren geen problemen op, locatie B ligt tussen de maaiveldverhogingen en locatie D ligt in een bosperceel wat mag inunderen.

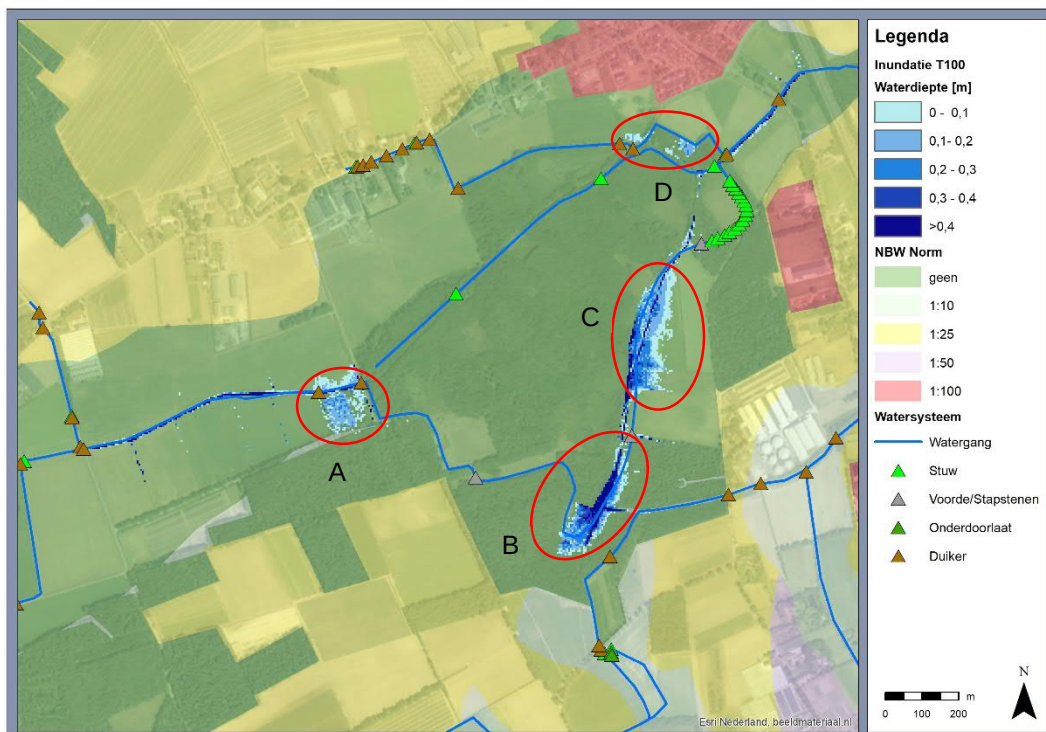
Locatie C wordt aan de linkerkant begrensd door maaiveldverhogingen, maar aan de rechterkant liggen landbouwpercelen. Deze percelen zijn echter aangemerkt om op te hogen. Uit de figuren blijkt dat een ophoging van 20-30 cm voldoende is om inundatie bij een T100 afvoergebeurtenis te voorkomen en 10-20 cm is voldoende om inundaties bij een T10 afvoergebeurtenis te voorkomen. Tot slot zijn er inundaties bij locaties A, dit is een bosperceel. Bij een T10 en T25 afvoergebeurtenis treden de inundaties voornamelijk op in een klein bosperceel, dit mag inunderen. Bij een T100 afvoergebeurtenis treden er ook inundaties op in de hoeken van het ten noorden gelegen landbouwperceel. De gebieden voldoen echter ruim aan de norm, omdat het gebied rondom de Castenrayse Vennen geen NBW normering heeft.



Figuur 5-15 Inundatiebeeld afvoersituatie T10 winter



Figuur 5-16 Inundatiebeeld afvoersituatie T25 winter

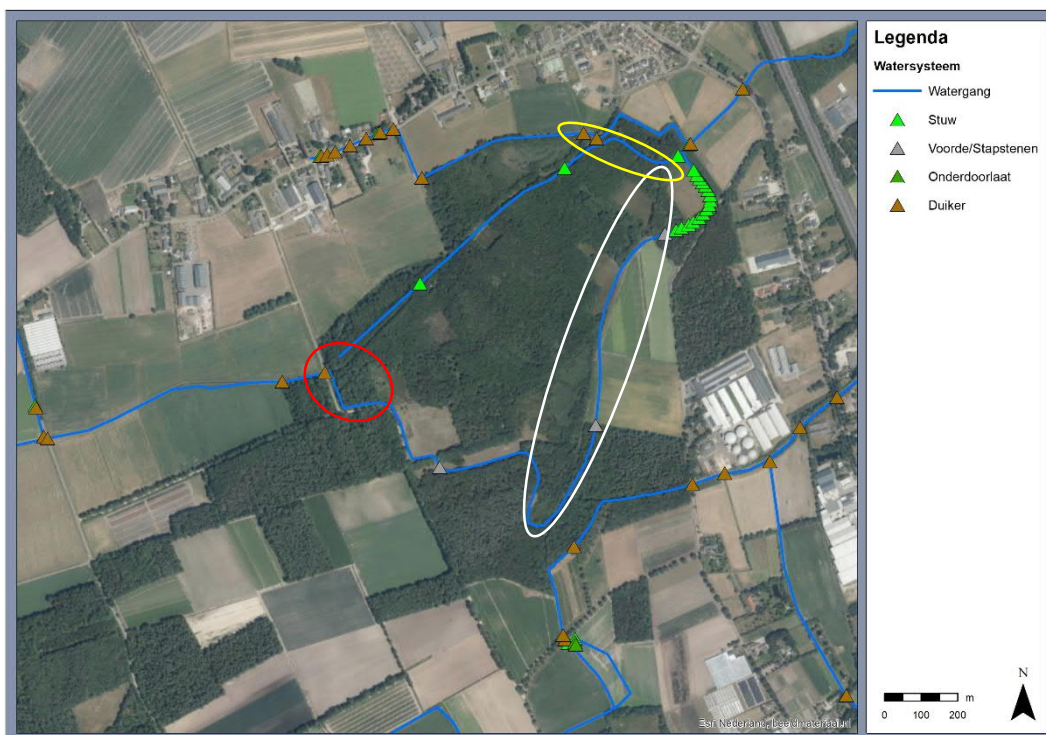


Figuur 5-17 Inundatiebeeld afvoersituatie T100 winter

5.7.2 Beoordeling maaiveldverhogingen

De maaiveldverhogingen langs de nieuwe Lollebeek aan de oostzijde langs de Castenrayse Vennen vanaf de natuurlijke stuwing bij de zuidelijke lus bevinden zich op een hoogte van NAP +22,50 m (*Figuur 5-18*, witte cirkel). Dit is voldoende om het water binnen te houden bij een T100 afvoersituatie, deze komt in de zuidelijke lus tot NAP +22,50 m (zie *Figuur 5-10*). Het advies is echter om 30 cm waakhogte in te bouwen om overlast bij onvoorziene omstandigheden, zoals extra aanvoer of meer weerstand in de beek, te voorkomen. Er wordt daarom geadviseerd dat de maaiveldverhoging in de zuidelijke lus begint op NAP +22,80 m en afloopt tot NAP+ 22,60 m bij het beginpunt van de cascade.

Net benedenstrooms van de Middelijkseweg komt de waterstand bij een T100 afvoersituatie tot NAP+ 22,60 (*Figuur 5-18*, rode cirkel). Bij het dempen van de oude Lollebeek op die locatie moet er voor worden gezorgd dat het landoppervlak op minimaal NAP+ 23,10 m komt te liggen, 30 cm hoger dan het omliggende land. Dit biedt 30 cm waakhogte bij een T100 situatie. De waterstand in de nieuwe Kastenraayse Loop en de Lollebeek benedenstrooms van de cascade komt bij een T100 situatie NAP+ 21,80 m (*Figuur 5-11*). Ook hier wordt geadviseerd om minimaal 30 cm waakhogte te houden. De maaiveldverhogingen op dit deel moeten dus minimaal op NAP+22,10 m komen te liggen. Indien deze hoogtes worden aangehouden bij het realiseren van de maaiveldverhogingen, zijn de hoogtes hoog genoeg, zelfs wanneer het beekprofiel ruwer wordt dan wordt ingeschat.



Figuur 5-18 Locaties maaiveldverhogingen. Advieshoogten: rood NAP +23,10 m, wit verlopend van NAP +22,80 m naar NAP +22,60 m en geel NAP +22,10 m.

5.8 Conclusie toetsing Definitief Ontwerp

Inrichting Lollebeek als drager van de natte natuurplek Castenrayse Vennen

In het DO zijn de aandachtspunten uit het VO meegenomen en is het ontwerp verder uitgewerkt. Voor de Castenrayse Vennen betekent dit dat in het grootste gedeelte van het gebied een optimale drooglegging wordt gerealiseerd die hoort bij de natuurdoeltypen in het gebied, voornamelijk N14.02 'Hoog- en laagveenbos'. Dit is gerealiseerd door de nieuwe Lollebeek hoog in het landschap te situeren en de oude Lollebeek in te richten als afwateringsgreppel, voorzien van stuwen om het peil te reguleren. Ten opzichte van de huidige situatie is dit een sterke verbetering, in de huidige situatie is de drooglegging in het grootste deel van het gebied te groot. Buiten de Castenrayse Vennen is het effect op de drooglegging echter klein. Na ophoging van de percelen ten oosten van de Castenrayse Vennen levert dit nergens problemen op voor landbouwpercelen. Om effecten van de Castenrayse Vennen op de omgeving te voorkomen, wordt de afvoer begrensd op circa 1 l/s/ha door het toepassen van een knijpstuw. Dit moet er voor zorgen dat in situaties met hoge afvoeren de Castenrayse Vennen geen overlast gaan veroorzaken benedenstrooms.

Inrichting Lollebeek als drager voor de KRW

De nieuwe Lollebeek is in het DO-ontwerp in zijn geheel voor vissen te passeren door het toepassen van natuurlijke stuwing (toepassing dood hout) en een cascadesysteem. Rondom de Castenrayse Vennen heeft de beek een natuurlijke uitstraling, waarbij voordien worden gebruikt om de beek te kruisen in plaats van duikers. Het cascadesysteem zorgt voor een natuurlijke variatie in peil, waarbij toch de oppervlaktewaterpeilen voldoen aan de eisen voor de Castenrayse Vennen.

De Lollebeek heeft de karakteristiek van het R4(a)-type 'Permanent langzaam stromende laagland bovenloop op zand', maar voldoet in de nieuwe situatie meer aan de KRW-karakteristiek van het R20-type 'Moerasbeek'. Dit komt omdat de nieuwe Lollebeek relatief breed is en de stroomsnelheden relatief laag zijn. In het totaalbeeld van de Castenrayse Vennen en de Lollebeek is de karakteristiek van het R20-type dan ook beter passend voor het traject waar de Lollebeek direct langs de Castenrayse Vennen stroomt. Uit de berekeningen blijkt dat de minimale stroomsnelheden bij de laagste afvoeren net te laag zijn voor een R4(a)-type, namelijk 0,04 m/s. Om de stroomsnelheden te vergroten, is meer verhang nodig of een kleiner profiel. Beiden zijn in strijd met de doelen voor een hogere grondwaterstand in de Castenrayse Vennen. Daarom is er, in lijn met de projectdoelstellingen, voor gekozen om deze relatief lage stroomsnelheid bij basisafvoer te accepteren. Het inlaten van extra water uit het Peelkanaal kan eventueel nog uitkomst bieden bij het verhogen van de stroomsnelheid en waterstanden bij lage afvoeren.

De waterdieptes bij de laagste afvoeren sluiten aan bij het reeds aangepaste traject van de Lollebeek, benedenstrooms van de A73. De waterdiepte voldoet voor een groot deel van de vissoorten die horen bij de R4-typering, uitgezonderd enkele grotere soorten die hier van nature niet voorkomen.

Functioneren van de Lollebeek binnen het regionale watersysteem

In het DO-ontwerp wordt voldaan aan alle afspraken voor voldoende drooglegging die zijn gemaakt op één na. Direct bovenstrooms van de Middijkseweg ter plaatse van landbouwpercelen is de waterstand bij een T1 afvoersituatie 10 cm te hoog. Het lokaal verbreden van de watergang kan hier eventueel nog verlichting geven, indien noodzakelijk. Voor de lagere, jaarrond voorkomende afvoeren worden alle afspraken voor voldoende drooglegging gehaald.

Uit de NBW toets in het gebied blijkt dat het gebied rond de Castenrayse Vennen geen normering heeft. De modelberekeningen wijzen uit dat er bij T10 afvoergebeurtenissen op een aantal locaties inundaties optreden, dit zijn echter bospercelen of de percelen die opgehoogd worden aan de oostzijde van de Castenrayse Vennen. De graslandpercelen bij de Middelijkseweg inunderen niet bij deze norm. Ondanks dat de peilafpraak bij T1 niet wordt gehaald, wordt wel aan de T10 normering voldaan. Bij een T25 afvoergebeurtenis nemen die inundaties toe, maar blijven deze op dezelfde locaties ontstaan. Ook bij een T100 afvoergebeurtenis gaat dit nog steeds om dezelfde percelen, reden hiervoor is dat de beek diep genoeg in het beekdal ligt. Maaiveldverhogingen voorkomen inundaties binnen de Castenrayse Vennen. Het ontwerp voldoet strikt genomen aan NBW normering, omdat het gebied geen normering heeft. Praktisch gezien, blijft ook het huidige landgebruik gefaciliteerd.

Een toetsing voor het niveau van de maaiveldverhoging heeft voor een aantal locaties een minimaal vereiste niveau van maaiveldverhoging opgeleverd om de Castenrayse Vennen te beschermen tegen inundaties. Uit de gevoeligheidsanalyse met een hogere wateraanvoer, of andere begroeiingsgraad (weerstand) blijkt dat bij aanleg van voldoende overhoogte van de maaiveldverhogingen, inundaties in de Castenrayse Vennen worden voorkomen.

Functioneren piekbuffer Diepeleng

De buffer bij de Diepeleng wordt voorzien van een SIMBAA stuw. Deze stuw zorgt ervoor dat delen van de normale afvoer worden geïnfiltreerd. Bij extreme afvoeren vult de buffer zich. De buffer is voorzien van een noodoverlaat die het gebied ontlast zodra de buffer gevuld is. Hiermee wordt uiting gegeven aan de rol van piekbuffer en infiltratiebuffer.

Eindoordeel

Concluderend kan worden gesteld dat het ontwerp van de herinrichting Lollebeek / Castenrayse Vennen voldoet aan de gestelde normen en eisen. De Lollebeek vervult in zijn nieuwe vorm de rol van drager van de natte natuurparel. Daarbij is er geen achteruitgang in het functioneren van de Lollebeek als KRW-waterlichaam en past de inrichting binnen de aan- en afvoerfunctie van het regionale watersysteem.

6 Tot slot

Dit rapport bevat de resultaten van de ecohydrologische systeemanalyse, vertaald in een Definitief Ontwerp voor het nieuwe watersysteem van de Lollebeek, ter hoogte van de Castenrayse Vennen. Het systeem is uitgebreid geanalyseerd, waarbij een beeld is ontstaan van het functioneren van het regionale oppervlaktewatersysteem en de samenhang met het grondwatersysteem in het natuurgebied en omgeving. Ook is onderzocht wat de gevoeligheden in het systeem zijn, zowel in het grondwater als oppervlaktewater en welke risico's dit met zich meebrengt.

Met dit complete beeld van het systeem is een ontwerp voor de nieuwe ligging van de Lollebeek uitgewerkt. Er is ingezet op een robuuste inrichting van het beekstelsel waarmee getracht wordt in de toekomst een goede randvoorwaarde voor het natuurgebied en omliggende landbouwgebied te realiseren. Dit voor zowel de droge als ook de nattere en extreme omstandigheden. Daarbij is rekening gehouden met de inrichting van de beek, de KRW-doelen en landschappelijk inpassing in het gebied. Er wordt separaat van deze rapportage een beheer- en onderhoudsplan opgesteld om het functioneren van het beekstelsel ook in de toekomst te borgen.

Gedurende het ontwerpproces is continu geschakeld met experts van het waterschap en de gebiedspartners Staatsbosbeheer en de gemeenten Venray en Horst. Ook is de input van omwonenden in het ontwerp verwerkt en zijn de afspraken met belanghebbenden vanuit de landbouw meegenomen in het hydraulisch ontwerp.

De conclusie van het rapport is dat het Definitief Ontwerp voldoet aan alle in het project gestelde randvoorwaarden en ontwerpeisen, dat past in de omgeving en recht doet aan de wensen van de stakeholders.

Bijlage 1 Actualisatie, kalibratie en validatie Sobek-model

B1.1 Inleiding

Het waterschap heeft een basismodel beschikbaar gesteld van het stroomgebied van de Lollebeek. Dit model dient echter wel gekalibreerd en gevalideerd te worden, zodat betrouwbare resultaten worden verkregen.

Het model dient als ontwerp en toetsinstrument voor de huidige situatie (als uitgangspunt) en het VO en DO. De resultaten koppelen we terug naar het ontwerp, voeren aanpassingen door en we toetsen vervolgens opnieuw. Dit iteratieve proces leidt tot een optimalisatie van de ontwerpprofielen en maatregelen aan de Lollebeek, Kastenraayse Loop en Diepeleng. Het ontwerp wordt getoetst aan de hydrologische randvoorwaarden, de droogteopgave en NBW-criteria. Het aangeleverde model is geschikt voor deze toetsingen.

B1.2 Stappenplan

We doorlopen de volgende stappen om tot een goed model te komen.

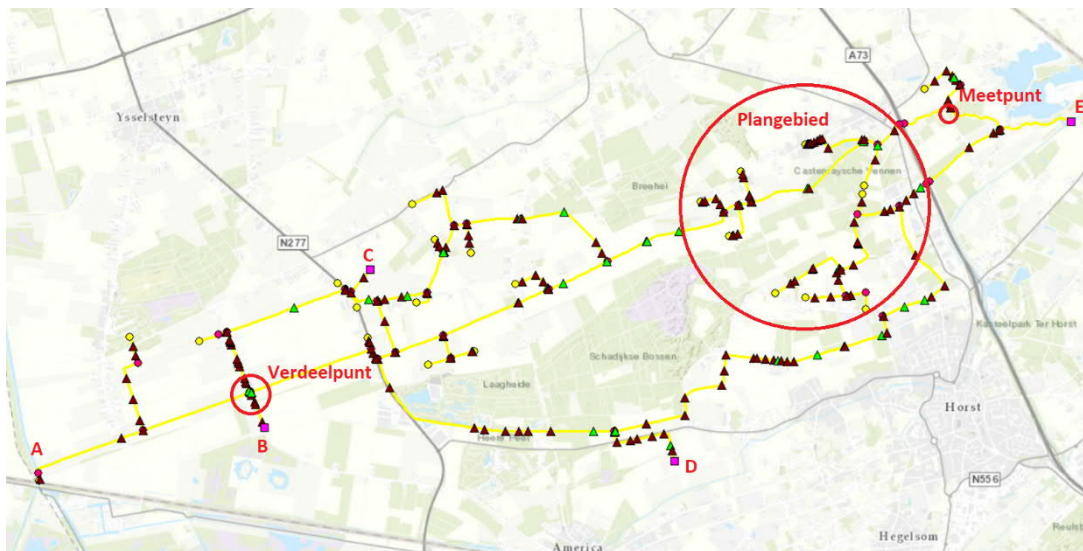
- Huidige situatie
 - Ingangstoets Sobek-model, beoordeling noodzakelijke verbeteringen, we kijken naar:
 - aanvoer, waterverdeling en maatgevende afvoer;
 - stuwstanden;
 - weerstand (op basis van fit curve Qh-relatie);
 - dimensies van duikers, stuwen, bruggen en of deze overeenkomen met de aangeleverde gegevens;
 - lozingen verhard gebied (Gortmeule e.o., zomer model).
 - Opzet van 1 zomer- en 1 wintermodel.
 - Twee kalibratie- en validatieslagen (nader te bepalen waarop gekalibreerd wordt).
- Ontwerp situatie
 - Ombouwen zomer- en wintermodel met ontwerp CV.
 - Toets VO.
 - Verbetering ontwerp.
 - Toets DO.
- Nadere toetsing
 - NBW-toets.
 - Droogleggingstoets.
- Resultaat
 - Rapportage met ontwerpprofielen.
 - Toetsing aan maatgevende omstandigheden.
 - Toetsing drooglegging en droogte.

B1.3 Beschrijving en ingangstoets oppervlaktewatermodel

B1.3.1 Model en modelgrens

Van het stroomgebied van de Lollebeek is een SOBEK 2-model beschikbaar (versie 2.16.002) bij het waterschap. Het basismodel van de Groote Molenbeek is gemaakt voor de watersysteemtoets, uit dit model is de uitsnede van de Lollebeek gemaakt. Het aangeleverde model beslaat het stroomgebied van de Lollebeek, vanaf de inlaat bij de Peelkanalen / Grenssloot (A) in het westen tot de instroom in de Groote Molenbeek (E).

Op een aantal locaties is het model afgeknipt: bij de Aanvoerleiding Dorperpeel (B), de Oostrumsche Beek (C) en de Bruine Peelloop (D). Op alle locaties is gekozen voor een vaste randvoorwaarde (vast peil).



Figuur B1-1 Schematisatie Sobek-model, ligging plangebied en belangrijke locaties.

Op locatie B (Aanvoerleiding Dorperpeelweg) is gekozen om de randvoorwaarde niet achter een (tweede) stuw te leggen. Hierdoor kan het zijn dat de randvoorwaarde invloed heeft op de debietsverdeling bij het verdeelpunt (zie *Figuur B1-1*). In het verdeelpunt wordt het aanvoerwater verdeeld over drie takken. Het hydraulisch functioneren van de drie stuwen (verdrongen/niet verdrongen afvoer) heeft effect op de debietsverdeling. De stuw naar de Dorperpeelweg kan modelmatig niet verdrongen raken, terwijl dit in de praktijk wel zou kunnen bij extreem hoge afvoeren. In de volgende paragraaf wordt op de debiets-verdeling ingegaan. Bij de overige randvoorwaarden wordt geen invloed verwacht.

Het model rekent in de winterperiode, jan/feb. De RR-module die piekafvoeren van verharde delen simuleert, staat uit net als de 2D-module. Het model wordt omschreven als een model met zomerweerstanden en stuwstanden en moet daarom beschouwd worden als een zomermodel.

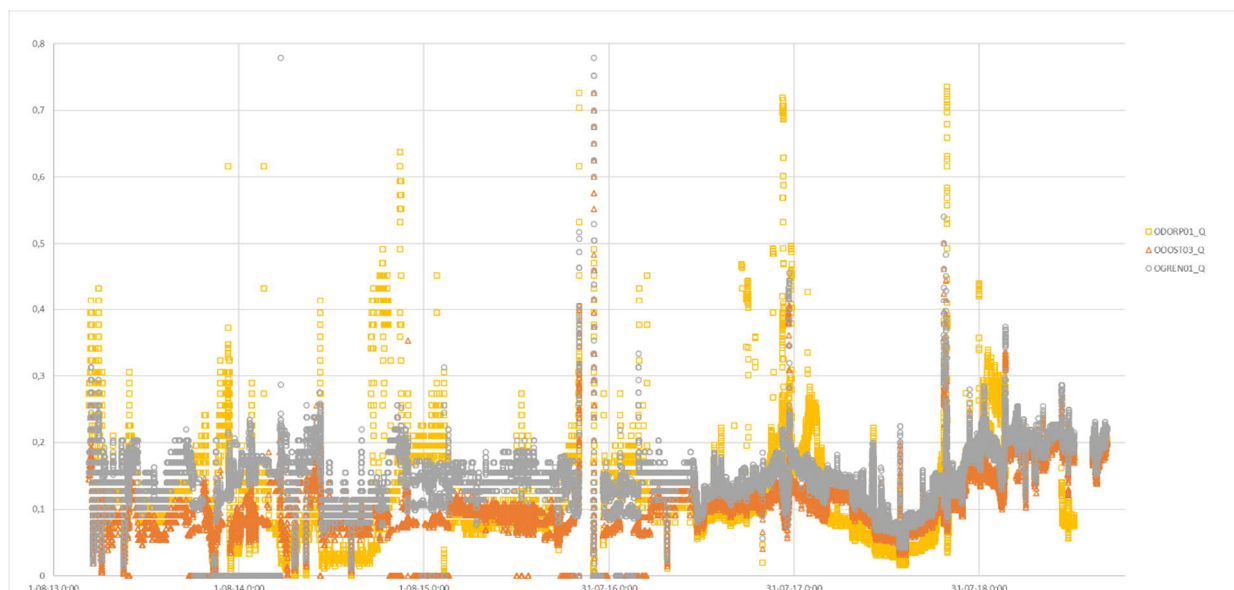
B1.3.2 Wateraanvoer, waterverdeling en de maatgevende afvoer

Wataanvoer

In het model is een matige, permanente wateraanvoer van circa 180 l/s opgenomen, geldend voor het winterhalfjaar. In de zomer is 210 l/s opgenomen in de randvoorwaarde (A). De wateraanvoer varieert in werkelijkheid tussen 100 en 500 l/s, met een streven van tussen de 200 en 400 l/s. Bij het opstellen van een zomer- en wintervariant van het model moet met dit verschil rekening mee worden gehouden, waarbij de zomerwaarde verhoogd dient te worden. Het model toetsen met een geactualiseerde wateraanvoer is de eerste kalibratie/validatieslag. In de toekomst wordt de wateraanvoer mogelijk verhoogd naar 900 l/s in de zomer. Het is daarom wenselijk dat de huidige wateraanvoer waarheidsgetrouw in het model zit.

Waternverdeling

Het is van belang om te bekijken of de algehele afvoerverdeling van het model overeenkomt met de werkelijke afvoerverdeling. Daarom wordt bekeken of de afvoerverdeling ter plaatse van het verdeelpunt (de driesprong) overeenkomt met de afvoerverdeling in het Sobek-model op dit punt. Dit om ook veranderingen in de wateraanvoer te kunnen meenemen in de analyses.



Figuur B1-2 Afvoeren driesprong meetpunten

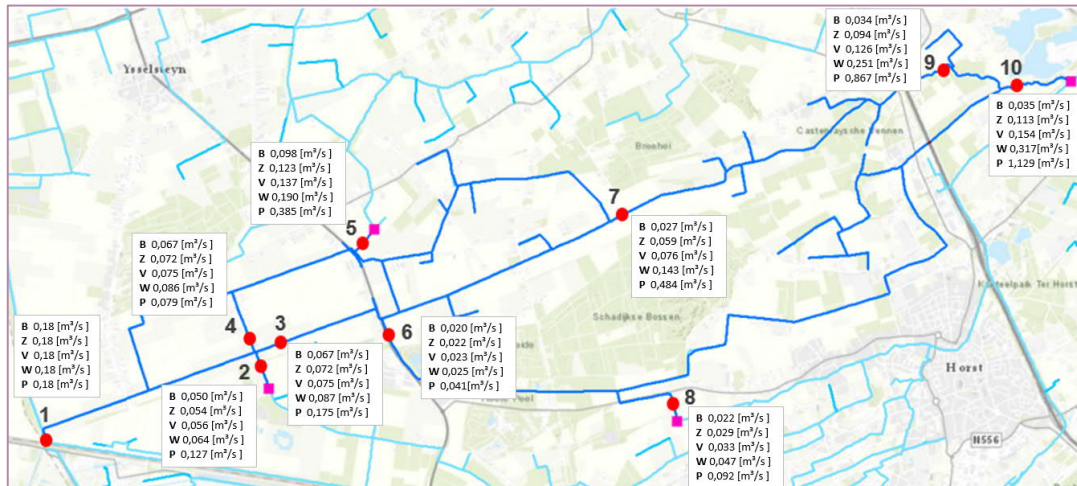
Uit de metingen blijkt dat de afvoerverdeling ongeveer ieder een derde is naar de Grenssloot (Lollebeek), Aanvoerleiding Dorperpeelweg (zuid) en Moosdijk (noord). De aanvoer naar de Aanvoerleiding Dorperpeelweg is hierbij iets lager en de aanvoer naar de Lollebeek iets groter. Vergelijken we de metingen met de Sobek-resultaten voor diverse afvoeren, dan zien we een vergelijkbaar beeld. Alleen de extreme pieken, waarbij vooral een groot deel naar de Aanvoerleiding Dorperpeelweg gaat, zien we niet terug. Het waterschap geeft aan dat de stuwstanden tijdens extreme afvoeren handmatig worden bijgesteld om zo de afvoerverdeling te reguleren. De afvoerverdeling tijdens extremen is mede daardoor niet goed te modelleren.

Tabel 18 Afvoerverdeling driesprong sobek

Aanvoerroute	Basisafvoer	Zomerafvoer	Voorjaarsafvoer	Winterafvoer	Jaarlijkse afvoer
Aanvoerleiding Dorperpeelweg	27%	27%	27%	27%	33%
Grenssloot (Lollebeek)	37%	37%	37%	37%	46%
Moosdijk	36%	36%	36%	36%	21%
Totaal	100%	100%	100%	100%	100%

Het Sobek-model benadert de gemeten afvoerverdeling in voldoende mate. Wel is het de vraag of de verdelingen bij volgende splitsingen in het systeem ook juist zijn. Dit is niet te verifiëren met metingen. Daarom moeten de resultaten van een dergelijke berekening kritisch worden bekeken.

Om de verdeling van afvoeren in het Sobek-model beter in kaart te brengen, zijn de basis-, zomer-, voorjaars-, winter- en piekafvoeren voor het Sobek-model bepaald op locaties 1-10, zie *Figuur B1-3*. Let op: dit is dus niet alleen de verdeling van het aanvoerwater, maar ook de gebiedsafvoer.



Figuur B1-3 Afvoeren Sobek-basismodel

Punt 9 in bovenstaande *Figuur B1-3* is het ijkpunt voor het model en het plangebied. Hier zijn metingen beschikbaar.

Grootte van de (maatgevende) afvoer

Het is van belang dat de gemodelleerde basis-, zomer-, voorjaars-, winter- en jaarlijkse piekafvoer die door de Lollebeek stroomt in het gedeelte rondom de Castenrayse Vennen, overeenkomen met de gemeten afvoerdiversiteit in dat gebied. Alleen dan kan het ontwerp van de Lollebeek bij de Castenrayse Vennen goed worden getoetst voor de diverse omstandigheden.

Het dichtstbijzijnde debietmeetpunt is OLOLL02_Q (Kreuzelweg, punt 9 in *Figuur B1-3*). Dit punt ligt direct benedenstrooms van het plangebied en is daarmee een goed vergelijkingspunt voor de afvoer die in de Lollebeek ter hoogte van de Castenrayse Vennen stroomt. Voor dit meetpunt wordt geanalyseerd of de gemodelleerde afvoerdiversiteit en de bijbehorende afvoeren overeenkomen met de gemeten afvoerdiversiteit.

In *Tabel 19* zijn de gemeten en geëxtrapoleerde afvoeren voor meetpunt OLOLL02_Q te vinden en de gemodelleerde SOBEK-afvoeren voor dat punt. Uit de tabellen blijkt dat de Sobek-afvoeren ter plaatse van het meetpunt goed overeenkomen met de gemeten waarden op dat punt.

Tabel 19 Afvoerdiversiteit OLOLL02_Q, gemeten en berekend met het aangeleverde model

Afvoersituatie	Dagen per jaar	Percentiel [%]	Debiet gemeten [m³/s]	Debiet gemeten [% MA]	Debiet SOBEK A [m³/s]	Debiet SOBEK A [% MA]
Basisafvoer	330	9,6	0,03	4	0,03	4
Zomerafvoer	200	45,2	0,10	12	0,09	11
Voorjaarsafvoer	100	72,6	0,15	17	0,13	15
Winterafvoer	20	94,5	0,29	32	0,25	29

Jaarlijkse piekafvoer	1	99,7	0,89	100	0,87	100
T=10	0,1	-	1,55	175	1,50	173
T=25	0,04	-	1,78	200	1,68	194
T=50	0,02	-	1,95	220	1,87	216
T=100	0,01	-	2,22	250	2,11	244

B1.3.3 Stuwstanden

In het aangeleverde model is er voor gekozen om slechts 1 stuwstand op te nemen. Het idee hierachter is dat er twee modellen worden gemaakt, één zomer en één winter, met daarin de zomer-/winterstuwstanden. In het aangeleverde zomermodel zijn vooral de zomer- (fase 3) maar ook een aantal winterstuwstanden (fase 1) opgenomen. De stuwstanden moeten voor de zomer- en wintersituatie worden nagelopen en ingesteld. Gegevens zijn hiervoor beschikbaar. Ook in het wintermodel zal de afvoerverdeling en de maatgevende afvoer gecheckt moeten worden. De afvoerverdeling controleren van het wintermodel met winterstuwstanden in de tweede kalibratie/validatieslag.

B1.3.4 Weerstand

Modelweerstand

De weerstand in het aangeleverde model is voor alle waterlopen $k_S = 15 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$. Uitzondering hierop is de heringerichte benedenloop van de Lollebeek tussen de snelweg en de instroom van de Diepeleng, deze heeft een waarde $k_S = 10 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$. De twee lange overkluizingen onder de A73 hebben een weerstand van $k_S = 75 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$.

Oordeel i.r.t. werkwijzen

Een weerstand van $k_S = 15 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ hoort bij het zomerscenario van een genormaliseerde waterloop. Dit lijkt voor het stroomgebied gerechtvaardigd. Het heringerichte deel van de Lollebeek heeft een lagere k_S waarde, omdat dit deel is ingericht als een grote natuurlijke beek. Er zal middels Qh-relaties worden gekeken of hier nog verbeteringen op doorgevoerd moeten worden. Dit is de tweede kalibratiestap.

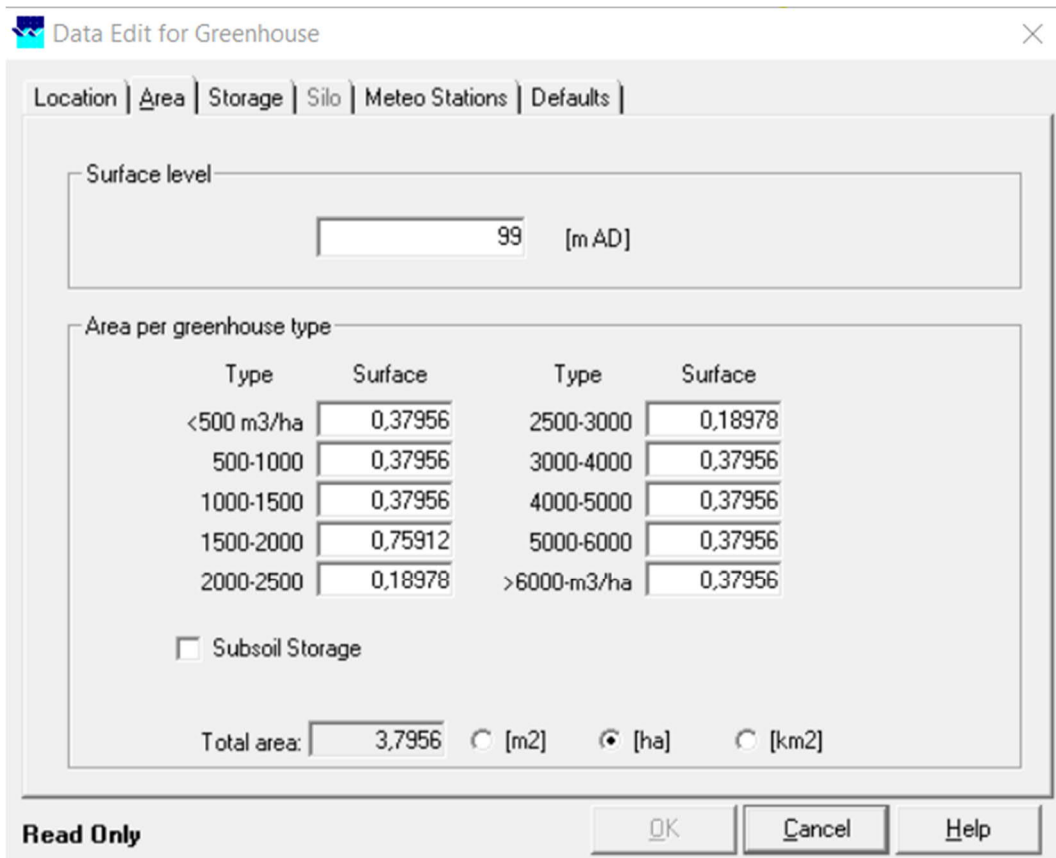
B1.3.5 Controle dimensies op basis van aangeleverde gegevens

De dimensies van stuwen, duikers en bruggen in het Sobek-model zijn gecontroleerd op basis van de aangeleverde gegevens. Het overgrote deel van de gegevens kwam overeen. Er is één duiker gevonden waarvan de dimensies moeten worden aangepast. Van enkele duikers en stuwen in bovenstroomse watergangen zijn geen gegevens bekend. Mocht uit de berekeningen blijken dat het model niet voldoet, dan kunnen deze nog worden ingemeten, in eerste instantie wordt dit niet gedaan.

B1.3.6 Verharde gebieden en kassen

De woonkernen (rioleringsgebieden) zijn opgenomen middels RR-paved knopen. In het model betreft dit één verhard gebied, te weten de woonkern Castenray. Aan het rioleringsgebied is 5,2 ha verharding toegewezen. De overstort bevindt zich benedenstrooms van het plangebied. Er hoeft daarom geen rekening te worden gehouden met verharde gebieden. Er wordt niet nader gekalibreerd of gevalideerd op dit onderwerp.

Kassen zijn opgenomen met RR-Greenhouse knopen. De oppervlakken komen niet overeen met de eerste inventarisatie die is gedaan. Deze zullen daarom aangepast moeten worden. Daarnaast is de berging bij de kassen enorm overschat. In *Figuur B1-4* is een screenshot van de berging opgenomen.



Data Edit for Greenhouse

Location | **Area** | Storage | Silo | Meteo Stations | Defaults

Surface level: [m AD]

Area per greenhouse type

Type	Surface	Type	Surface
<500 m ³ /ha	0,37956	2500-3000	0,18978
500-1000	0,37956	3000-4000	0,37956
1000-1500	0,37956	4000-5000	0,37956
1500-2000	0,75912	5000-6000	0,37956
2000-2500	0,18978	>6000-m ³ /ha	0,37956

☐ Subsoil Storage

Total area: ☐ [m2] ☒ [ha] ☐ [km2]

Read Only

Figuur B1-4 Oppervlakteverdeling kassen

Per klasse is het aandeel van het oppervlak weergegeven dat een bepaalde hoeveelheid berging heeft. De berging betreft de ondergrens van de klasse (klasse 1: 0 m³/ha, klasse 2: 500 m³/ha = 50 mm, etc.). In dit model wordt met 2475 m³/ha (247,5 mm) berging gerekend. Dit is in overleg met de hydroloog van het waterschap aangepast.

LET OP: Sobek maakt voor de berging en gietwatergebruik binnen de kassen gebruik van twee bestanden die niet binnen de user interface van het programma zijn te raadplegen of aan te passen. Sweco heeft deze bestanden aangepast om met de juiste berging en watergebruik te rekenen. Dit model is daarom niet direct bruikbaar bij andere installaties van SOBEK.

B1.4 Modelverbeteringen

B1.4.1 Modelversie

Inmiddels is een nieuwere versie van SOBEK beschikbaar (versie 2.16.003), die zowel bij de hydroloog van het waterschap als Sweco als standaard wordt gehanteerd. In overleg is besloten om, in afwijking van het Programma van Eisen, de nieuwe versie te gebruiken.

B1.4.2 Aanpassingen (puntsgewijs)

Er is voor gekozen om één zomer- en één wintermodel op te bouwen waarin de stuwstanden en de aanvoer vanuit het kanaal tijdsafhankelijk worden bepaald. Het zomermodel rekent van 1 juni tot 18 juli en het wintermodel rekent van 1 januari tot 18 februari.

Daarnaast zijn de onderstaande wijzigingen doorgevoerd:

- Stuwstanden aangepast op basis van de aangeleverde gegevens.
- Inlaat vanuit het kanaal geactualiseerd, van 180/210 naar 200/400 (winter/zomer).
- Afmetingen afwijkende duiker geactualiseerd.
- RR-module aangezet en werkend gemaakt voor de zomerperiode 01-06/18-07.
- 2D-module aangezet en 2D zone uitgeknipt voor het betreffende studiegebied om de rekentijd te verkorten.
- Kassen en verharde oppervlakken (bedrijventerreinen en containervelden) geactualiseerd.
- Kasbergingen geactualiseerd. Iedere kas heeft niet 50 mm/ha berging.
- KASINIT, KASGEBR bestanden aangepast zodat er ook echt 50 mm/ha berging aanwezig is.
- Buien aangemaakt en klaargezet.
- LATERAL.DAT bestanden ingesteld voor zowel het zomer- als wintermodel.

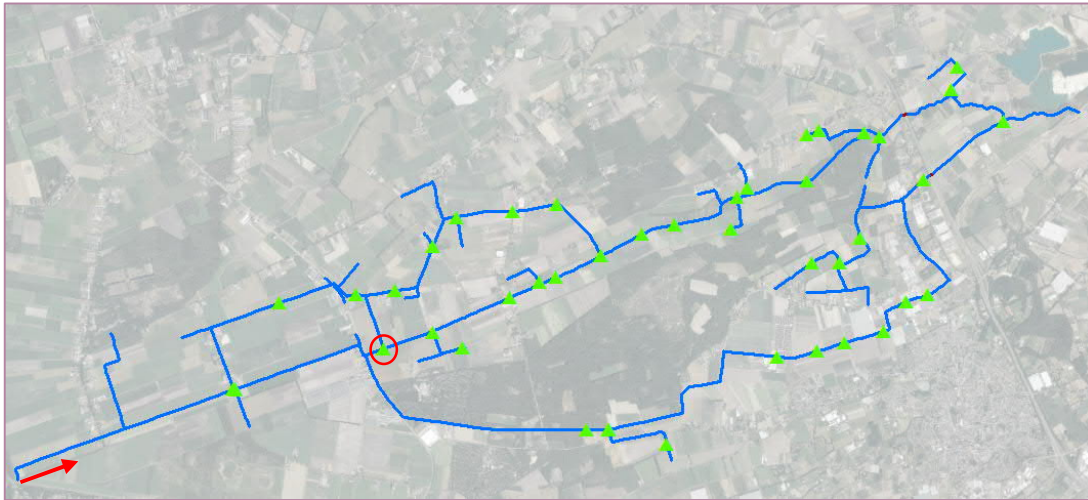
B1.5 Kalibratie en validatie op afvoerdeling en Qh-relaties

B1.5.1 Afvoer fitten (MA verdeling)

Uit de ingangstoets blijkt dat het aangeleverde model de afvoeren in het gebied rondom de Castenrayse Vennen al goed benaderd. De actualisatie heeft één zomer- en één wintermodel opgeleverd. Na het bestuderen van de afvoerdeling van deze modellen ter plaatse van debiet meetpunt OLOLL02_Q (*Figuur B1-5*) blijkt dat de geactualiseerde modellen te hoge afvoeren genereren ter plaatse van dit meetpunt. Na het uitvoeren van twee validatieslagen blijkt de oorzaak te zitten in de geactualiseerde inlaat vanuit het Peelkanaal en een winterstuwstand die de afvoerdeling van het wintermodel beïnvloedt.

Er is voor gekozen om de inlaat vanuit het kanaal terug te zetten van 400/200 naar 210/180 l/s (zomer/winter) ondanks dat dit niet overeenkomt met de metingen. Het model functioneert dan namelijk beter ter plaatse van het interessegebied. Bij aanpassingen aan de wateraanvoer in het kader van de verhoging daarvan moet hier rekening mee worden gehouden.

Om de afvoerdeling in het wintermodel correct te krijgen, is er voor gekozen om de stuw 'L_PST_GRM_GRE_0004' jaarrond op de zomerstand te laten staan. Deze stuw blijkt zeer bepalend voor de afvoerdeling en een winterstuwstand resulteert in een te hoge afvoer richting de Castenrayse Vennen.

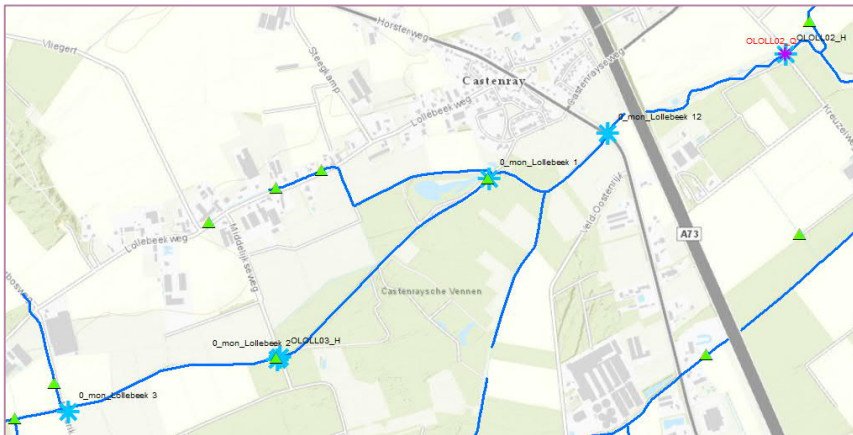


Figuur B1-5 Aanvoer vanuit het kanaal (rode pijl), kristische stuw (rode cirkel)

Na het uitvoeren van de actualisatieslagen is de afvoerverdeling opnieuw bepaald voor het zomer- en winter-model. In Tabel 20 zijn de gemeten en geëxtrapoleerde afvoeren voor meetpunt OLOLL02_Q te vinden en de gemodelleerde SOBEK-afvoeren voor dat punt. Uit de tabellen blijkt dat de Sobek-afvoeren ter plaatse van het meetpunt goed overeenkomen met de gemeten waarden op dat punt.

Tabel 20 Afvoerverdeling OLOLL02_Q, gemeten en berekend met de geactualiseerde zomer-/wintermodellen

Afvoersituatie	Dagen per jaar	Percentiel	Debiet gemeten [m ³ /s]	% MA gemeten	Debiet SOBEK Z [m ³ /s]	% MA SOBEK Z	Debiet SOBEK W [m ³ /s]	% MA SOBEK W
Basisafvoer	330	9,6	0,03	4	0,04	5	0,05	6
Zomerafvoer	200	45,2	0,10	12	0,10	12	0,11	13
Voorjaarsafvoer	100	72,6	0,15	17	0,13	15	0,14	17
Winterafvoer	20	94,5	0,29	32	0,26	29	0,27	32
Jaarlijkse piekafvoer	1	99,7	0,89	100	0,87	100	0,85	100
T=10	0,1	-	1,55	175	1,51	172	1,45	171
T=25	0,04	-	1,78	200	1,69	193	1,63	192
T=50	0,02	-	1,95	220	1,87	214	1,81	213
T=100	0,01	-	2,22	250	2,12	242	2,06	241

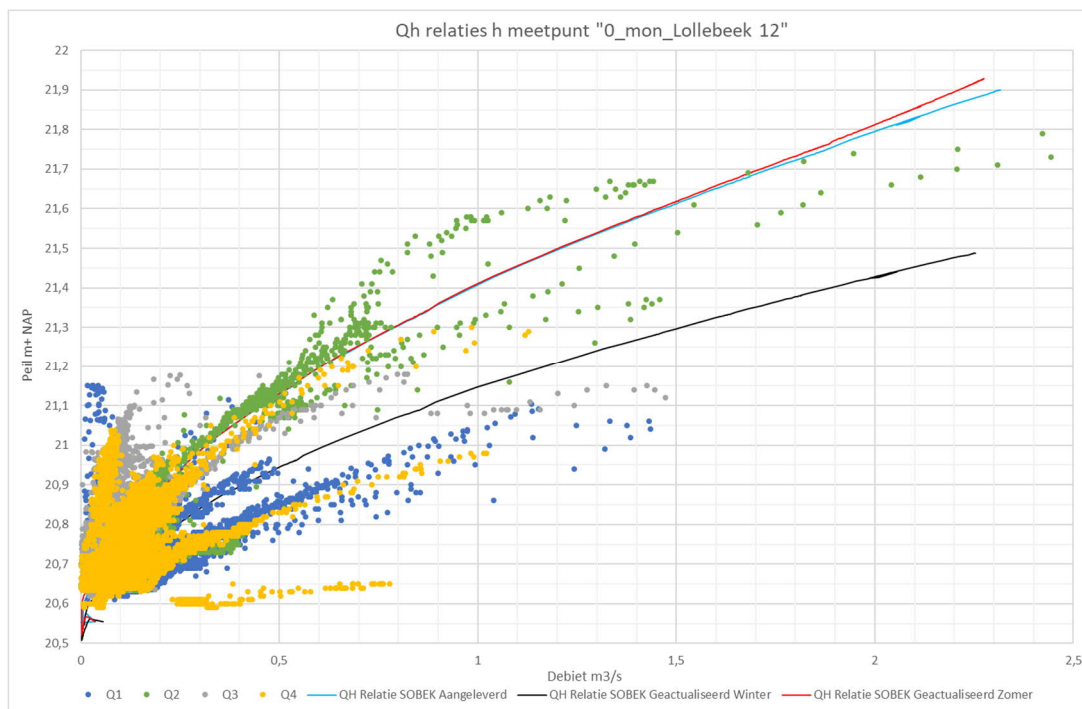


Figuur B1-6 Debietmeetpunt (rood) en Peilmetingen (Zwart) in het Lollebeek traject

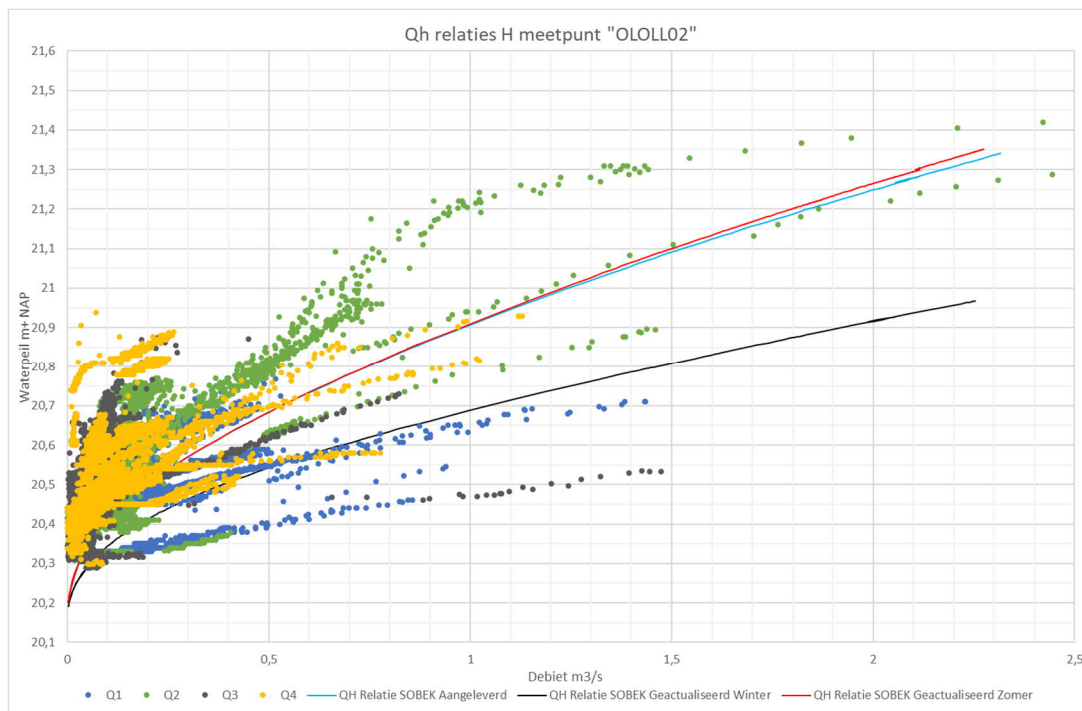
B1.5.2 Qh-relaties

Na het controleren en actualiseren van de afvoerverdeling bij het debietmeetpunt OLOLL02_Q, zijn Qh-relaties opgezet voor de locaties waar peilmetingen bekend zijn. Deze Qh-relaties worden vergeleken met de gemeten Qh-relaties. In Figuur B1-7 zijn de Qh-relaties van het aangeleverde model, het zomermodel en het wintermodel te zien ter plaatse van het peilmeetpunt O_mon_Lollebeek 12.

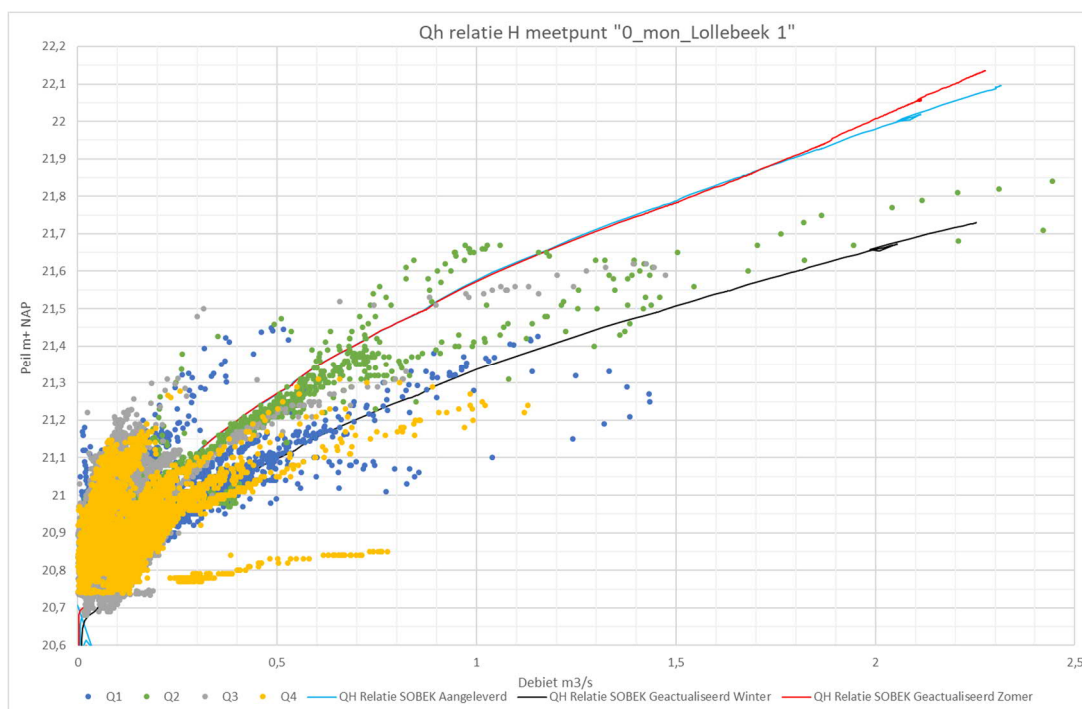
Uit de figuren kunnen we opmaken dat de gemodelleerde Qh-relaties een mooie bandbreedte vormen die goed overeenkomt met de gemeten Qh-relaties. Ook voor de extreme afvoeren komt dit overeen.



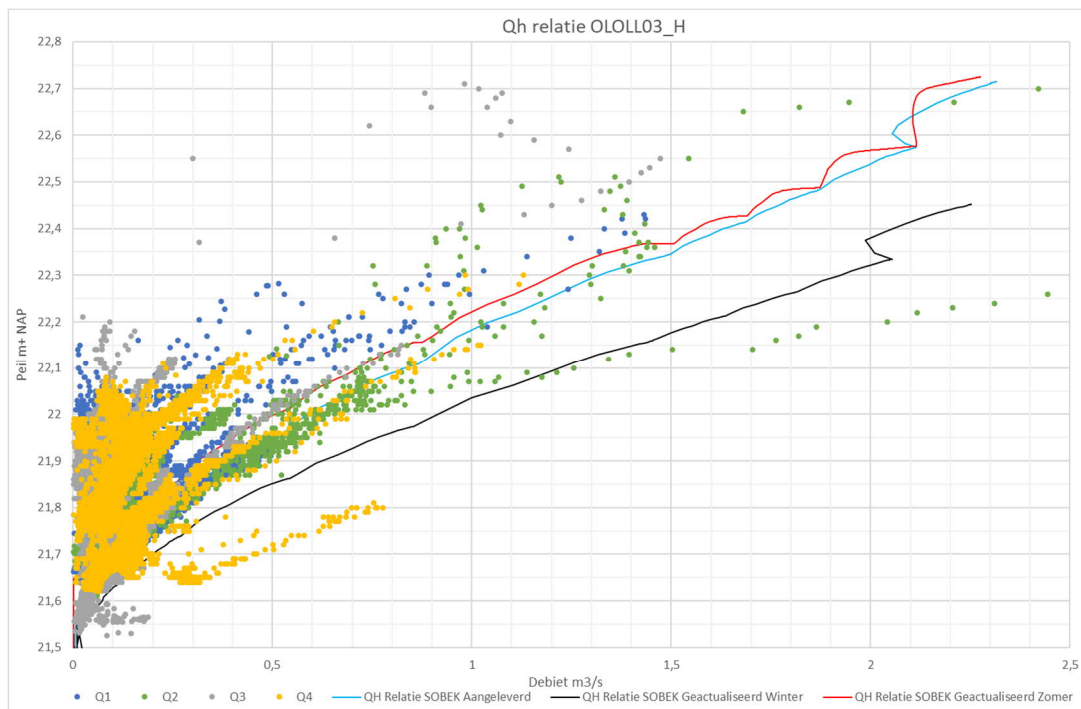
Figuur B1-7 Qh-relatie ter plaatse van peilmeetpunt 'O_mon_Lollebeek 12'



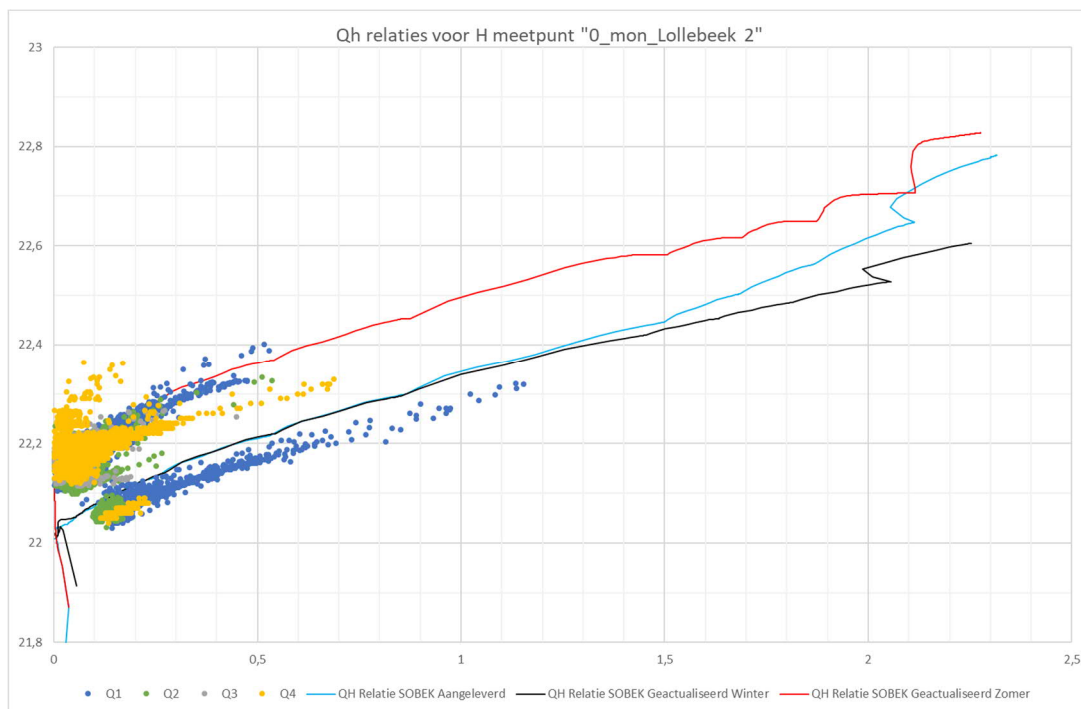
Figuur B1-8 Qh-relatie ter plaatse van peilmeetpunt 'OLOLL02'



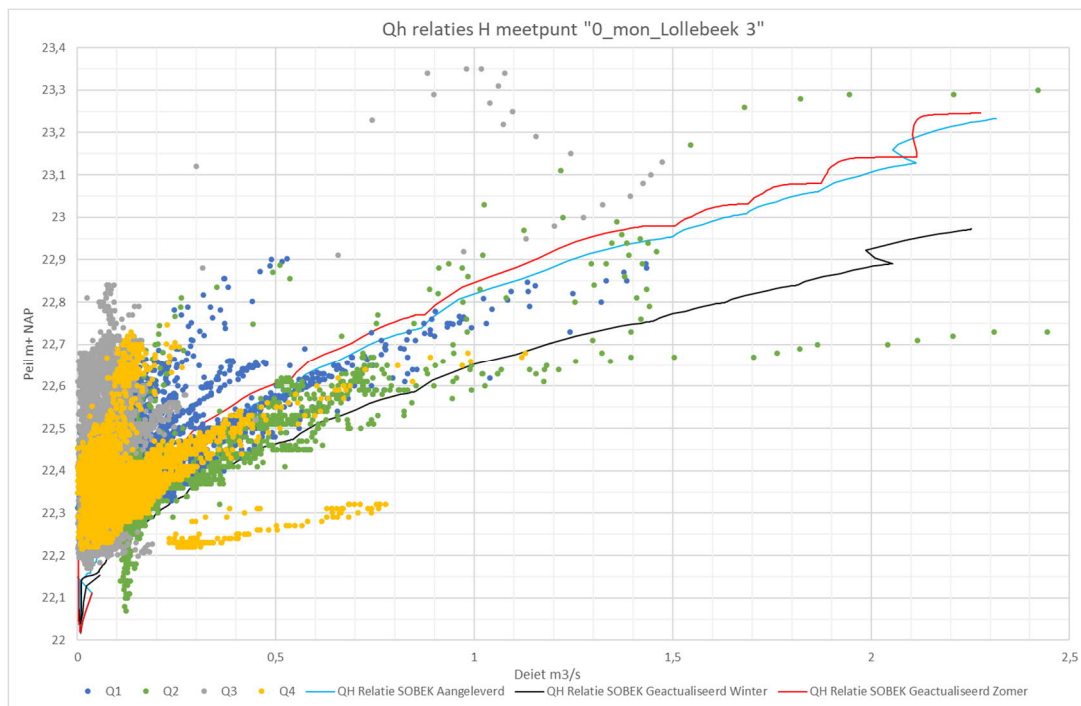
Figuur B1-9 Qh-relatie ter plaatse van peilmeetpunt '0_mon_Lollebeek 1'



Figuur B1-10 Qh-relatie ter plaatse van peilmeetpunt 'OLOLL03_H'

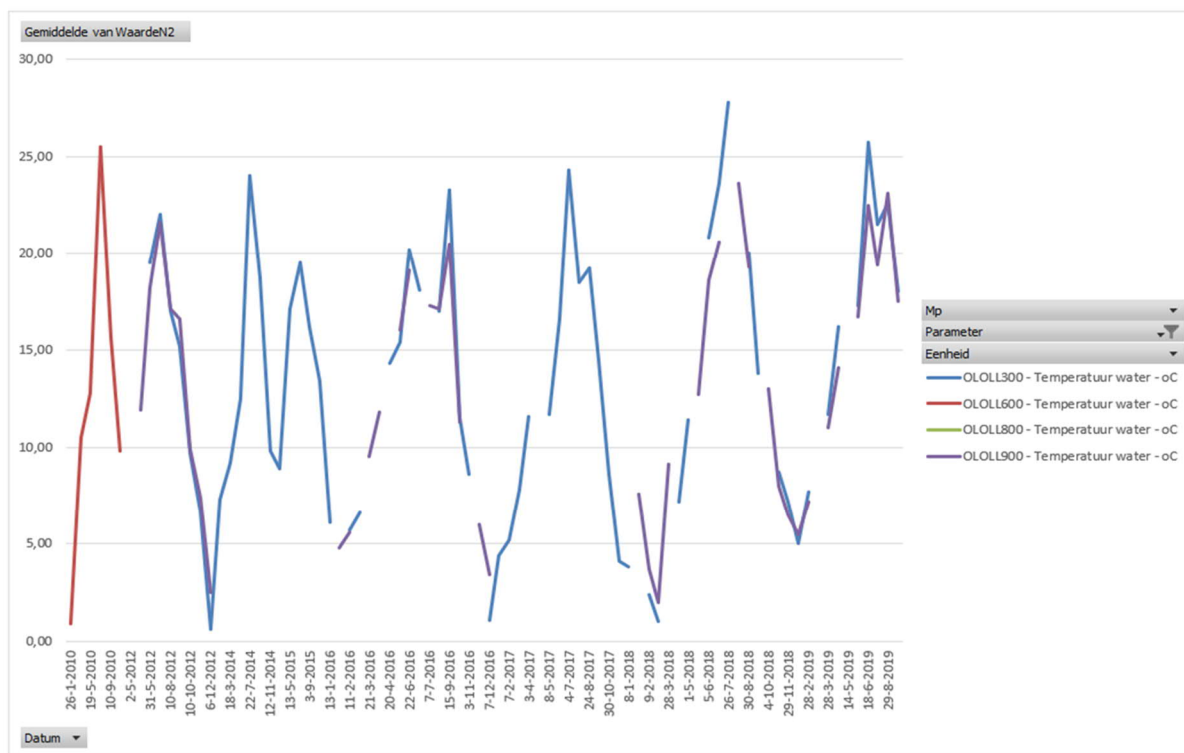


Figuur B1-11 Qh-relatie ter plaatse van peilmeetpunt '0_mon_Lollebeek 2'

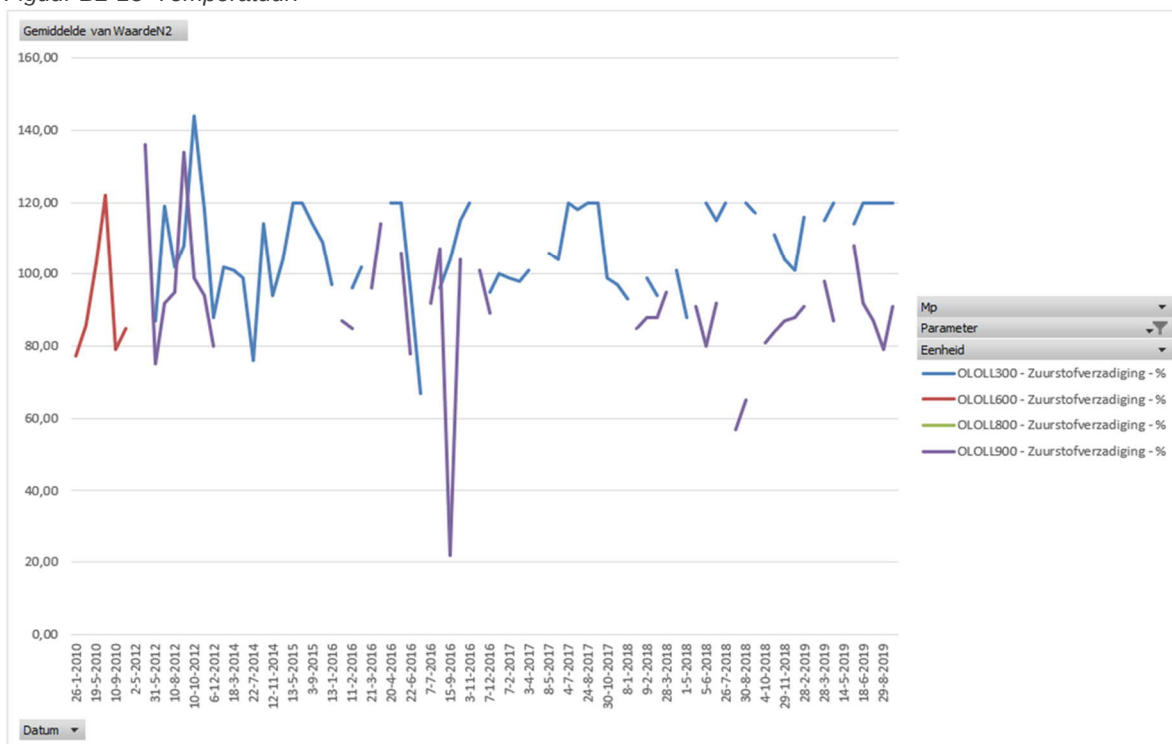


Figuur B1-12 Qh-relatie ter plaatse van peilmeetpunt '0_mon_Lollebeek 3'

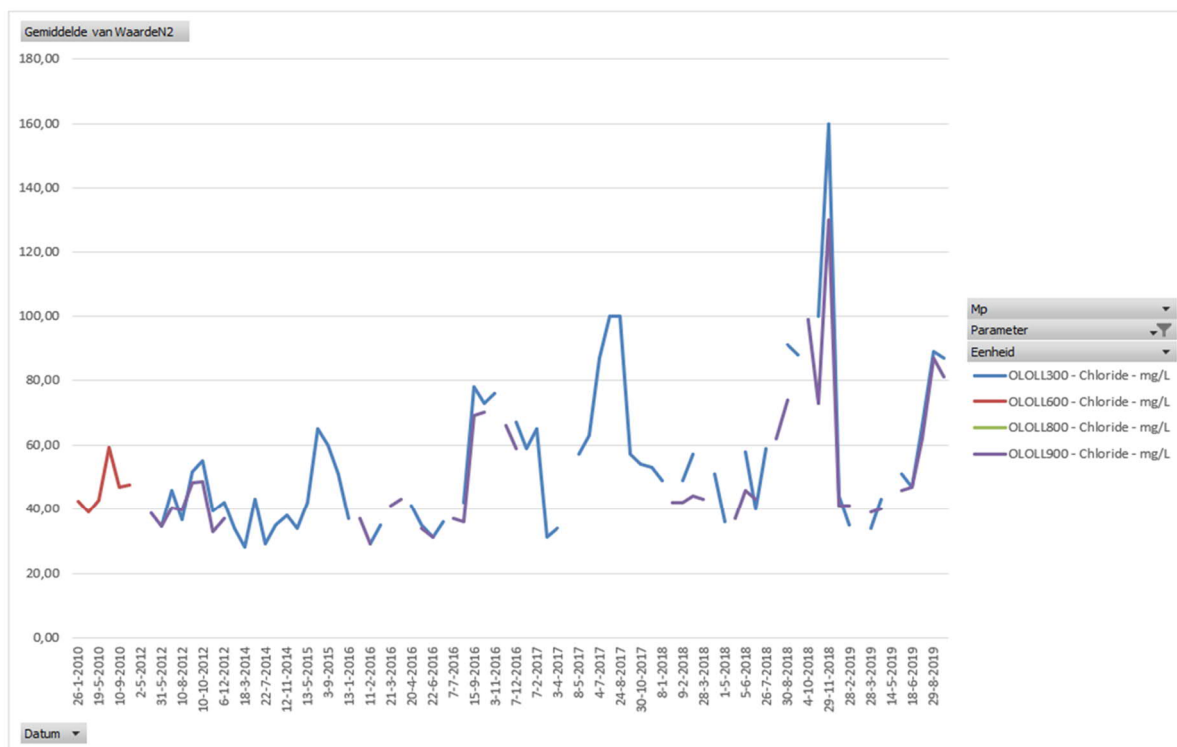
Bijlage 2 Grafieken waterkwaliteitsmetingen KRW-parameters



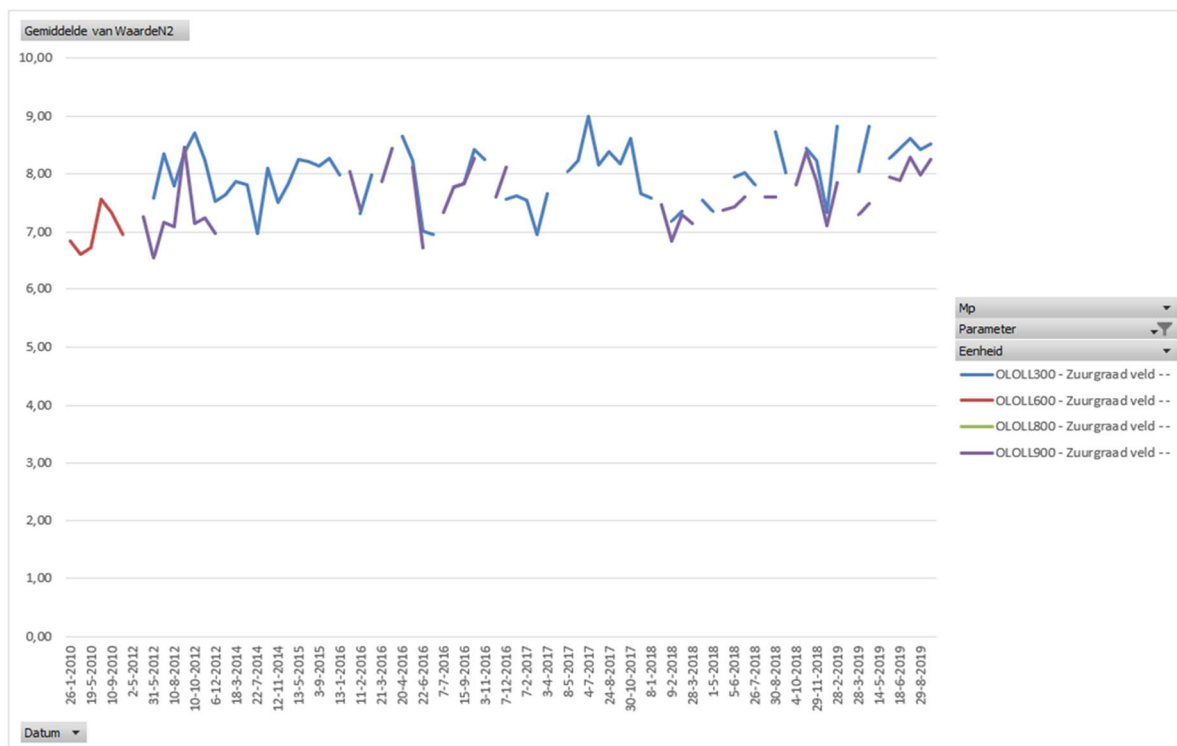
Figuur B2-13 Temperatuur.



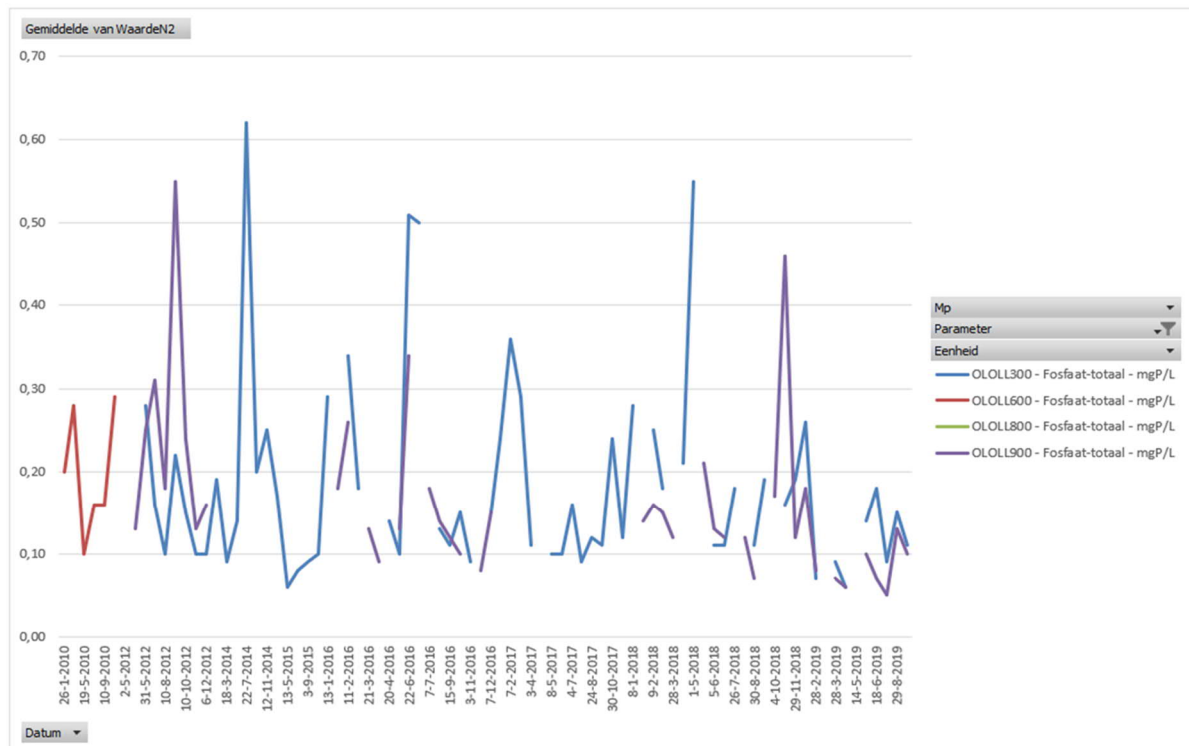
Figuur B2-14 Zuurstofverzadiging.



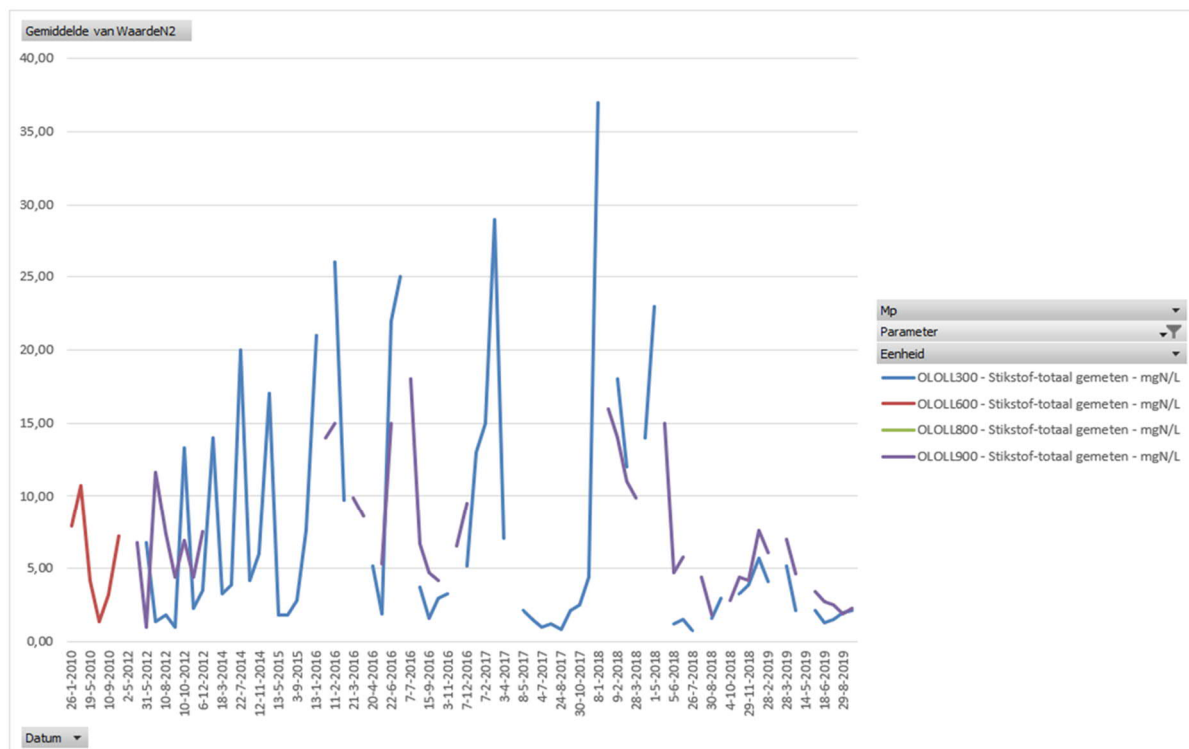
Figuur B2-15 Chlorideconcentratie.



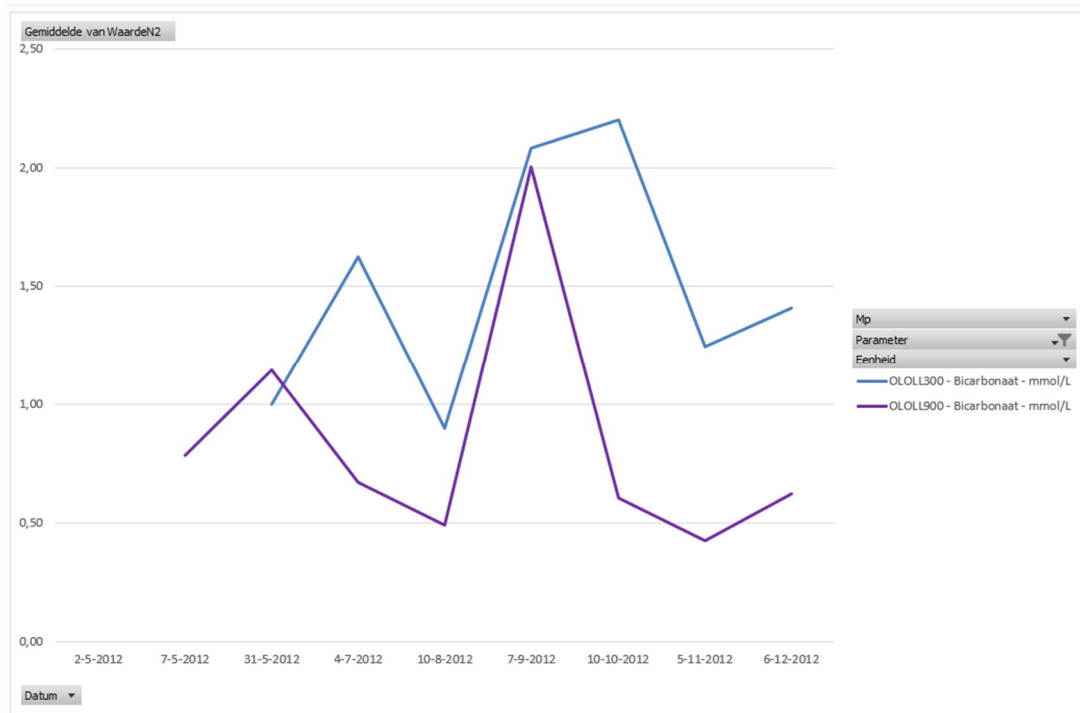
Figuur B2-16 Zuurgraad (pH).



Figuur B2-17 Concentratie P-totaal.



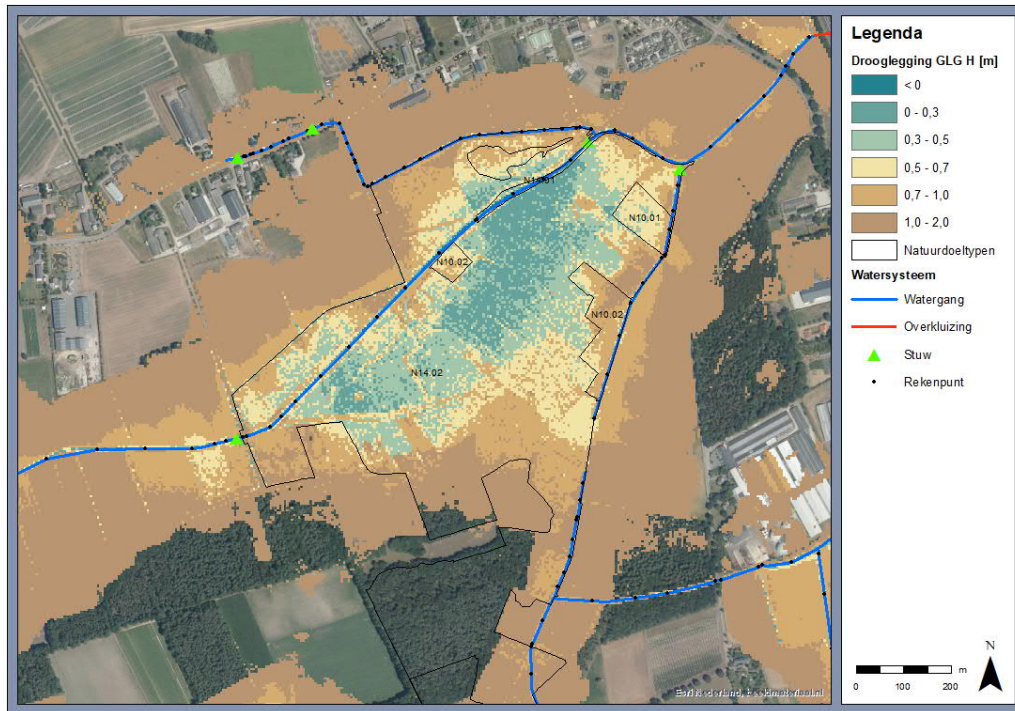
Figuur B2-18 Concentratie N-totaal.



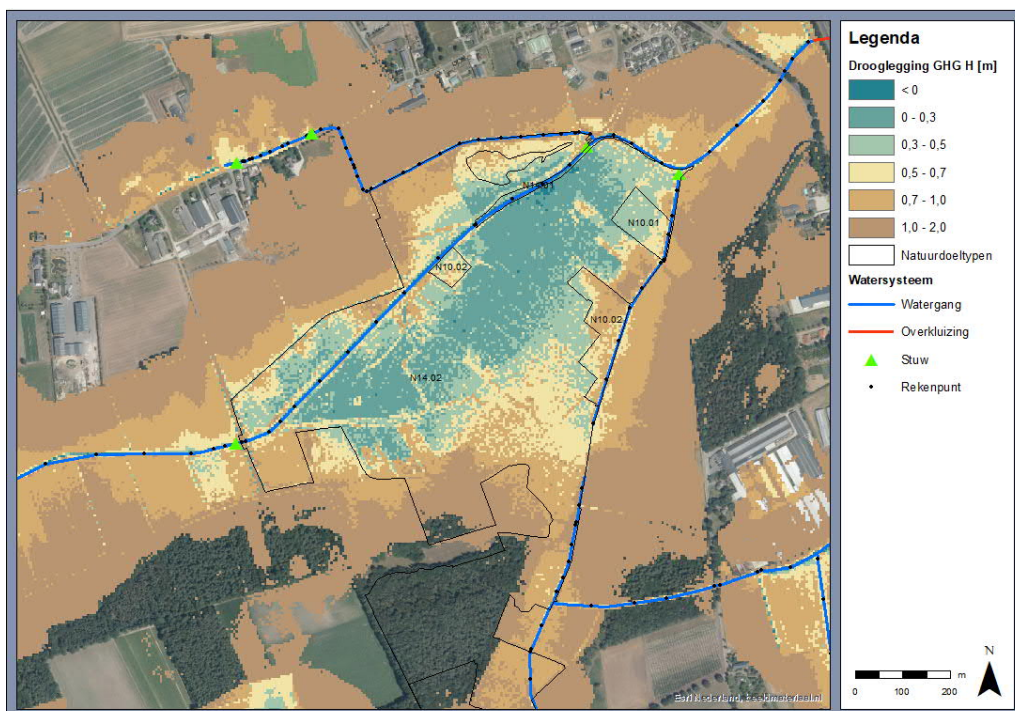
Figuur B2-19 Concentratie Bicarbonaat.

Bijlage 3 Droogleggingskaarten

B3.1 Droogleggingskaarten huidige situatie

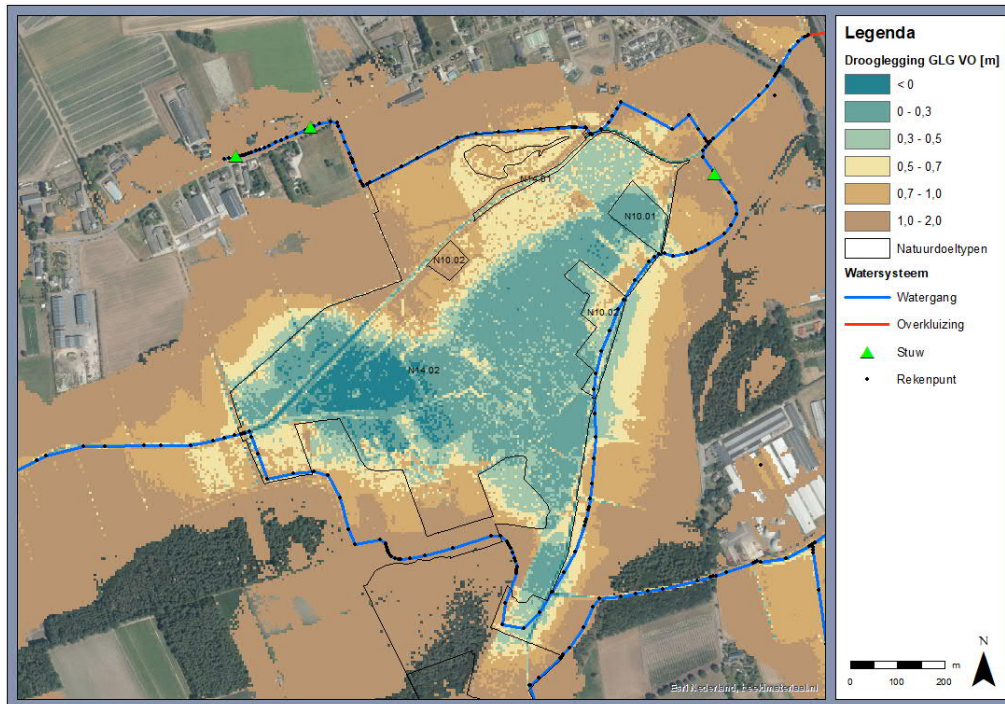


Figuur B3-20 Droogleggingskaart huidige situatie bij zomer afvoer (indicatie voor GLG).

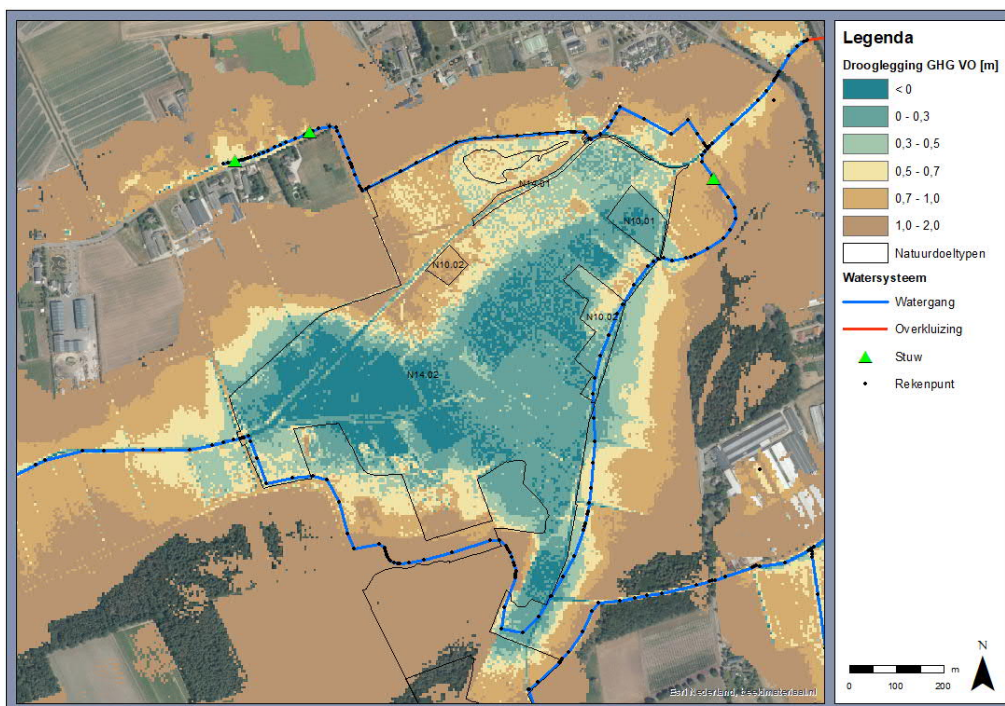


Figuur B3-21 Droogleggingskaart huidige situatie bij winter afvoer (indicatie voor GHG).

B3.2 Droogleggingskaarten VO

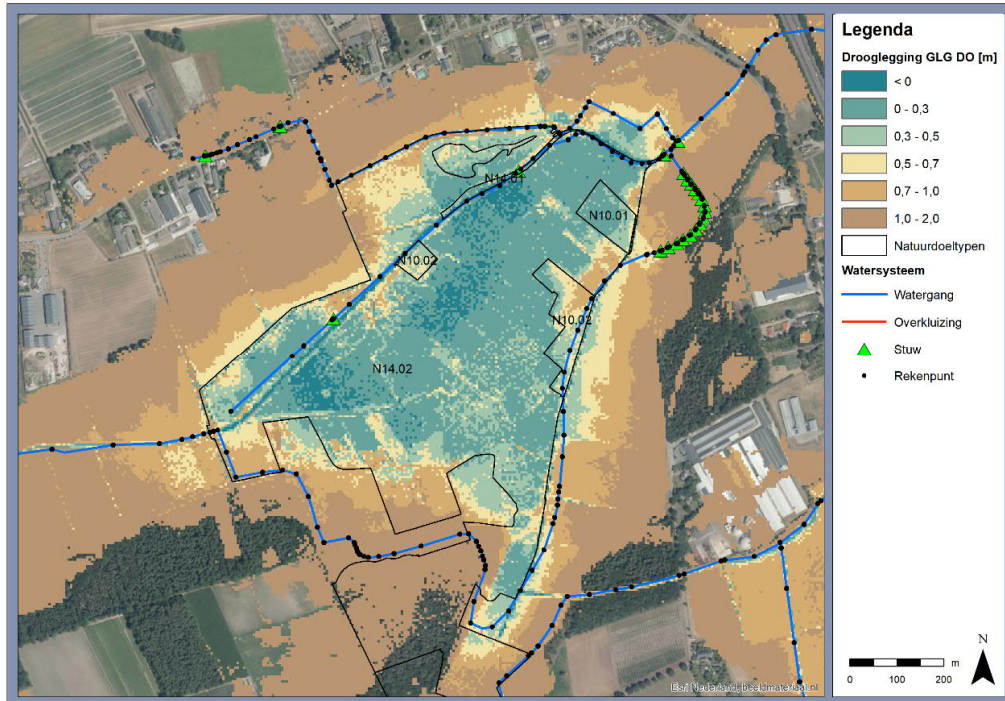


Figuur B3-22 Droogleggingskaart VO bij zomerafvoer (indicatie voor GLG).

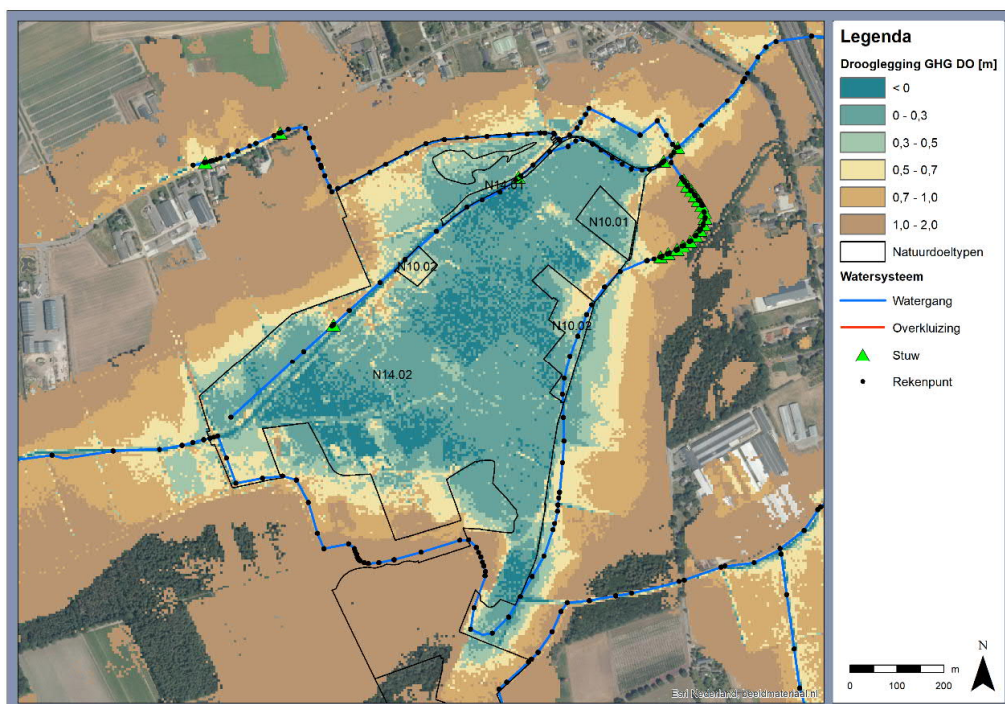


Figuur B3-23 Droogleggingskaart VO bij winterafvoer (indicatie voor GHG).

B3.3 Droogleggingskaarten DO



Figuur B3-24 Droogleggingskaart DO bij zomerafvoer (indicatie voor GLG).



Figuur B3-25 Droogleggingskaart DO bij winterafvoer (indicatie voor GHG).