

HERINRICHTING MARKDAL

Hydrologische modelstudie en vooronderzoeken

24 MEI 2017

Contactpersonen

JOHAN BOLEIJ
(Geo)Hydroloog

T + 31 631048683
E johan.boleij@arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 1018
5200 BA 's-
Hertogenbosch
Nederland

**HARMEN VAN DE
WERFHORST**
(Geo)Hydroloog

T +316 27062195
E harmen.vandewerfhorst@arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

JORRIT VAN ZANDEN
Projectleider

T +316 27060537
E jorrit.vanzanden@arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 1018
5200 BA 's-
Hertogenbosch
Nederland

Colofon

Opdrachtgever: **Waterschap Brabantse Delta**

Project: **Herinrichting Markdal, hydrologische modelstudie en vooronderzoeken**

Datum: 24-05-2017

Projectnummer: C03091.000091.0100

Indieningsvorm: Rapport

Status: Definitief

Onze referentie: 079446053 B

Autorisatie	Naam	Paraaf	Datum
-------------	------	--------	-------

Projectleider			
---------------	--	--	--

Jo Zanden



6-7-2017

4.3	Het voorkeursalternatief	42
4.3.1	De afwegingen per traject van noord naar zuid:	43
4.3.2	Beplanting	49
4.3.3	Detailmaatregelen	50
4.4	Oppervlaktewater	52
4.4.1	Peilen	52
4.4.2	Drooglegging en inundaties	54
4.4.3	Hoogwater Breda	56
4.4.4	Stroomsnelheden	57
4.4.1	Hydromorfologische ontwikkeling	60
4.5	Grondwater	62
4.5.1	GxG	62
4.5.2	Kwel en infiltratie	66
4.6	WATERNOOD-landbouw	70
4.7	Natuurbeheertypen	75
4.7.1	Zone inundatie T=2	76
4.7.2	Zone inundatie T=10	77
4.7.3	Zone inundatie T=100	78
4.8	Grondwateroverlast bebouwing en infrastructuur	80
5	CONDITIONERENDE ONDERZOEKEN	81
5.1	Bodemonderzoek	81
5.1.1	Stortplaatsen	81
5.1.2	Bodemverontreinigingen	81
5.1.3	Bodemkwaliteit	82
5.2	NGE	83
5.3	Flora en Fauna	84
5.3.1	Effectbeschrijving	84
5.3.2	Effectbeoordeling	84
5.3.3	Mitigerende maatregelen	85
5.3.4	Ontheffing	85
5.3.5	Aanpassingen van het VKA	85
5.4	Archeologie en cultuurhistorie	86
5.4.1	Ideale inrichting van de hermeandering	86
5.4.2	Advieszones – gravend onderzoek	86
5.5	Kabels en leidingen	87
6	CONCLUSIE EN ADVIES	89

1 INLEIDING

1.1 Achtergrond

In de jaren '60 en '70 heeft er in Nederland grootschalig kanalisatie plaatsgevonden. Zo ook in het Markdal. De Mark is verbreed en rechtgetrokken en stuwen zijn geplaatst om het waterniveau op peil te houden. De kanalisatie stond in dienst van de agrarische sector, in tijden van veel neerslag moest het water namelijk snel weg kunnen en in tijden van droogte vastgehouden worden. Daarmee is de natuurlijke fluctuatie in het systeem weggenomen, ten nadele van de natuur.

De afgelopen 10 à 20 jaar is natuurherstel en -ontwikkeling een steeds belangrijker onderwerp geworden. Ook in het Markdal bestaat de wens om beek- en natuurherstel uit te voeren. In 2011 is op initiatief van bewoners, eigenaren en belanghebbende de Vereniging Markdal Duurzaam en Vitaal opgericht. De Vereniging maakt zich sterk voor beekherstel en natuur- en cultuurontwikkeling in de regio.

In 2013 heeft de Vereniging Markdal een overeenkomst gesloten met de provincie. De vereniging gaat samen met het waterschap aan de slag voor de inrichting van het Markdal, zoals omschreven in het Uitvoeringsprogramma Markdal. Hoofddoel is het realiseren van ca. 100 ha Ecologische Hoofdstructuur in het Markdal en beekherstel van de Bovenmark tussen de Belgische grens en de Duivelsbrug. Vervolgens zijn een aantal werkgroepen opgericht, waarin vrijwilligers gewerkt hebben aan het opstellen van visies. In 2014 en 2015 zijn zo de visies Water en Natuur, Landschap en Cultuurhistorie, Land- en Tuinbouw en Verkeer, toerisme en recreatie opgesteld. Verder zijn er vele schetssessies gehouden met inwoners van het plangebied. Er leven daardoor al veel verschillende ideeën rond de inrichting van het dal.

Sinds 2013 voert de Vereniging overleg met grondeigenaren en grondgebruikers in het Markdal over de aankoop of uitruil van gronden in en rond het Markdal en over de mogelijkheden voor particulier natuurbeheer. Om deze grondvererving enigszins te sturen én om een idee te krijgen van de inrichtingsmogelijkheden binnen de ambitie van 100 ha nieuwe natuur, heeft het waterschap in 2015 en 2016 een aantal oppervlaktewatermodelberekeningen uitgevoerd. Dit heeft geleid tot twee inrichtingsvarianten. Van de twee varianten zijn de hydrologische effecten op de omgeving berekend. Het gaat daarbij om veranderingen in de oppervlaktewaterstanden, grondwaterstanden, inundaties (overstroming vanuit het oppervlaktewater) en de doorwerking op de functies landbouw en natuur. Na beoordeling van de effecten van de twee varianten is een voorkeursalternatief opgesteld.

Het Waterschap Brabantse Delta en de Vereniging Markdal hebben Arcadis de opdracht gegund deze veranderingen in kaart te brengen met behulp van hydrologische modellen. Met het oog op de uitvoering behoren naast de hydrologische effectenstudie ook conditionerende onderzoeken met betrekking tot bodemonderzoek, flora- en fauna, archeologie en cultuurhistorie, NGE (Niet Gesprongen Explosieven) en kabels en leidingen tot de opdracht. Het betreft enkel een verkennende studie waaraan geen rechten kunnen worden ontleend.

Het betreft enkel een verkennende studie waaraan geen rechten kunnen worden ontleend. De studie is enkel een onderzoek naar de mogelijkheden voor hydrologisch herstel van de Bovenmark en haar dal. Dit in combinatie met het huidige grondgebruik in en om het dal. Het is geen integraal inrichtingsplan voor het Markdal of een projectplan Waterwet. Dit wordt op een later moment door de Vereniging Markdal en het waterschap nog opgesteld, met als doel om uiteindelijk een door de streek gedragen plan te krijgen. Dit vraagt enig voorbereidend werk en daar is deze studie voor bedoeld.

1.2 Projectgroep en belanghebbende

Voor de verkennende studie is een projectgroep opgesteld die wordt gevormd door Waterschap Brabantse Delta, Vereniging Markdal, Ingenieurs- en adviesbureau Arcadis en de provincie Provincie Noord-Brabant. De projectgroep heeft als doel de inrichtingsvarianten te beoordelen en tot een voorkeursalternatief te komen voor de herinrichting van het Markdal.

Gedurende het proces tot een voorkeursalternatief te komen is er een klankbordmoment geweest. De bevindingen van het voorkeursalternatief en schetsvarianten C en D gepresenteerd en besproken. De klankbordgroep is een groep belanghebbende bestaande uit:

- Brabants landschap;
- Staatsbosbeheer;
- Vereniging Natuurmonumenten;

- Grondeigenaren en pachters;
- Bewoners en recreanten;
- Belgische partijen.

1.3 Probleemstelling

Er zijn twee schetsontwerpen gemaakt voor de herinrichting van het Markdal. Afhankelijk van de hydrologische en afgeleide effecten¹ van deze ontwerpen moet een voorkeursalternatief gedefinieerd worden. Van de herinrichtingsvarianten moeten de volgende vragen beantwoord kunnen worden:

- Waar en hoe vaak treden inundaties op?
- Hoe verandert het grondwaterstandsverloop? Wordt het natter of droger?
- Neemt kwel toe of af?
- Hoe werken de veranderingen in de grondwaterstanden en kwel en/of wegzijging door in de potenties voor terrestrische natuur (landnatuur)?
- Hoe werken de veranderingen in de inrichting van de Bovenmark en de stroomsnelheid van het water door in de potenties voor aquatische natuur (waternatuur)?
- Hoe werken de verandering van de grondwaterstanden door in de opbrengsten van de landbouw?
- Waar zijn knelpunten met bebouwing of infrastructuur te verwachten als gevolg van veranderingen in de grond- en oppervlaktewaterstanden?

Om de effecten ruimtelijk te kunnen kwantificeren zijn hydrologische modellen benodigd. Daarvoor is uitbreiding van het oppervlaktewatermodel noodzakelijk geacht en is het ontwikkelen en kalibreren van een grondwatermodel noodzakelijk. Deze modellen zijn een hulpmiddel op de bovengenoemde vragen te kunnen beantwoorden.

Voor herinrichting van de Bovenmark en de directe omgeving wordt de omgeving en ondergrond tijdelijk of permanent verstoord. Dit kan van invloed zijn op flora, fauna, bodemverontreinigingen of archeologie. Om de risico's omtrent deze aspecten in beeld te brengen zijn conditionerende onderzoeken noodzakelijk.

1.4 Doel van de opdracht

Het uiteindelijke doel van de opdracht is door middel van hydrologische modellen tot een voorkeursalternatief te komen en daarvan helder hebben welke omgevingsfactoren als bodemonderzoek, flora- en fauna, archeologie en cultuurhistorie, CE (Conventionele Explosieven) en kabels en leidingen van invloed kunnen zijn op het verdere proces.

Naar het voorkeursalternatief wordt toegewerkt door eerst de twee inrichtingsvarianten C en D uit te werken. Voor beide inrichtingsvarianten wordt een optimale natuursituatie doorgerekend, waarvoor de natuur binnen de huidige EHS-begrenzing maximaal wordt ingericht, en een variant met compenserende maatregelen. Op basis van de bevindingen wordt een voorkeursalternatief opgesteld met en zonder compenserende maatregelen voor de landbouw. De primaire hydrologische en afgeleide situatie worden daarvan in kaart gebracht en gerapporteerd.

Om het hoofddoel te bereiken zijn sub-doelen geformuleerd. Controle en uitbreiding van het oppervlaktewatermodel en het ontwikkelen, kalibreren en valideren van een grondwatermodel Markdal.

1.5 Leeswijzer

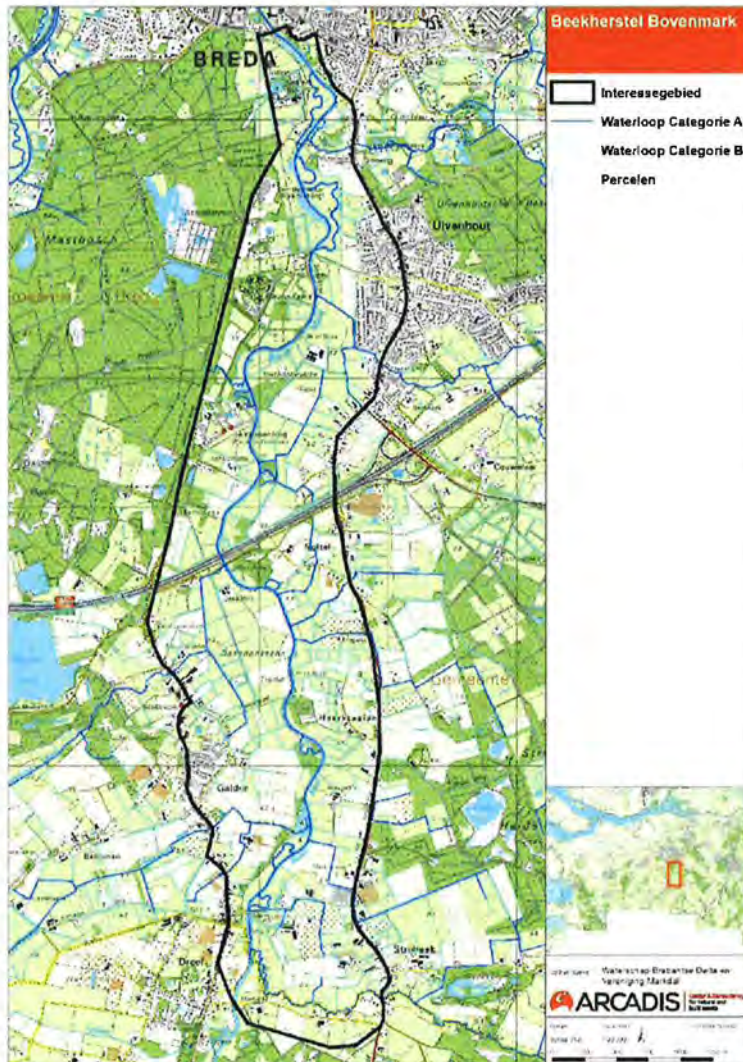
In hoofdstuk 2 wordt de gebiedsbeschrijving gegeven. Hier wordt ingegaan op de geografische ligging, de historie, functies en gebruiken en het watersysteem van het Markdal. Het hoofdstuk 3 beschrijft de huidige hydrologische situatie en de huidige natuurbeheertypen, landbouwschade en overlastproblemen. Hoofdstuk 4 beschrijft het voorkeursalternatief en de hydrologische veranderingen die optreden als gevolg van het voorkeursalternatief. Omgevingsaspecten als bodemverontreinigingen, flora en fauna, archeologie en kabels en leidingen zijn beschreven in hoofdstuk 5. Het rapport sluit af met een conclusie in hoofdstuk 6.

¹ Afgeleide effecten zijn effecten die optreden als gevolg van de veranderende hydrologische situatie. Een toe- of afname van landbouwschade is een voorbeeld van een afgeleid effect.

2 GEBIEDSBESCHRIJVING

2.1 Geografische ligging

Het beekdal van de Bovenmark ligt ten zuiden van Breda en stroomt langs dorpskernen Strijbeek, Galder en Ulvenhout. De beek is het bovenstroomse deel van de rivier de Mark. De bron van de Mark ligt in Koekhoven (België), stroomt bij Dreef de Belgisch-Nederlandse grens over en komt bij de Duivelsbrug Breda binnen. Op de Bovenmark wateren meerdere beken af, waaronder de Bavelsche Leij, de Chaamse Beek, de Strijbeeksche Beek, de Kerselsche Beek, de Galdersche Beek en 't Merkske. In Figuur 1 is de ligging van de Bovenmark en het interessegebied voor de hydrologische modelstudie weergegeven.



Figuur 1: Ligging van de Bovenmark en interessegebied van de hydrologische modelstudie.

2.2 Historie

De geschiedenis van de Bovenmark begint ca. 2 miljoen jaar geleden (Kiden, 2001²). Daarvoor was er een warm klimaat en lag er een ondiepe zee ter plaatse van Zuid-Nederland en Vlaanderen. Door een daling van de zeespiegel en opheffing van het land trok de zee zich ca. 2 miljoen jaar geleden langzaam terug naar het noord-noordoosten. Op het droogvallend land ontstond een rivierennetwerk met rivieren die in noord-noordoostelijke richting naar de toenmalige kustlijn afwaterden. Deze afwateringsrichting is nog steeds terug

² Kiden, P & C. Verbruggen, 2001. Het verhaal van een rivier: de evolutie van de Schelde na de laatste ijstijd. In: Bourgeois J, Ph. Crombé, G. De Mulder & M. Rogge, 2001: Een duik in het verleden. Schelde, Maas en Rijn/ in de pre- en protohistorie.

te zien in de richting van het dal van de Bovenmark. De oer-rivier, die de voorloper van de Bovenmark was, werd ook wel de Zenne genoemd.

De laatste 2 miljoen jaar kende een afwisseling van koude perioden (ijstijden) en wat warmere (gematigde) perioden. Tijdens de ijstijden stond de zeespiegel meer dan 100 meter lager dan nu. Door het koude klimaat en de lage zeespiegelstand sneden de rivieren zich in en diepten hun valleien plaatselijk uit, zo ook het dal van de Bovenmark. Deze rivieren bestonden uit verwilderde of vlechtende rivieren: rivieren met meerdere, zich vertakkende geulen. Een deel van het meegevoerde zand werd elders weer in het dal afgezet. In het open toendralandschap waaide het zand uit de rivierdalen makkelijk op en werd het buiten de dalen in een dun zanddek afgezet. Tijdens de korte, warmere perioden vulden meanderende rivieren de riviervalleien op met vooral klei en veen.

Ca. 400.000-800.000 ontstond de Vlaamse Vallei, die de afwateringsrichting van de oer-rivier de Zenne in Vlaanderen veranderde in noord-westelijke richting. De afvoer richting Nederland nam daardoor sterk af.

Na de laatste ijstijd (ca. 10.000 jaar geleden) is de Bovenmark een laatste keer veranderd van een vlechtende rivier, die veel water en zand transporteerde, naar een meanderende rivier, die leem en klei afzette in het Markdal (zie Figuur 2). Onder invloed van een verder opwarmend klimaat en een stijgende zeespiegel ontstond een dicht begroeid moeras in het Markdal, dat zich geleidelijk vulde met veen. In de middeleeuwen is dit veen ontgonnen en afgevoerd naar Breda als brandstof. Aan het einde van de middeleeuwen was het Markdal geheel ontveend en in gebruik genomen als landbouwgrond.

In de laatste eeuwen tot aan de kanalisatie in 1969 is de meanderende loop van de Bovenmark relatief weinig veranderd. Bij vergelijking van historische kaarten van verschillende momenten zijn een aantal meanders verdwenen, zijn er enkele ontstaan, maar is de loop in hoofdlijnen nauwelijks veranderd (Figuur 2).



Figuur 2: Historische kaart uit 1624 (links) en rond 1850 (rechts) (Bron: WBD).

Door de ontginning voor de landbouw ontstond een kleinschalig cultuurlandschap met houtwallen, hagen en struweel op de kavelgrenzen. Langs de westzijde van de Mark ontstonden een drietal grote hoeven: Blauwe Kamer, Schoondonk en Daesdonck. In het begin van de 19^e eeuw is rond het kasteel Daesdonck een barok landschap aangelegd, met rechte dreven en bijbehorende laanbeplanting. Daarbij is ook de benedenloop van de Galderse Beek vergraven.

In 1968 werd begonnen met de kanalisatie van de Bovenmark. De Bovenmark werd daarbij niet geheel recht, maar kreeg vanuit landschappelijk oogpunt lang gerekte bochten. Om zo economisch om te gaan met de hoeveelheid grondverzet volgt de gekanaliseerde Bovenmark op hoofdlijnen de vroegere, meanderende Bovenmark. Bij de kanalisatie is de Bovenmark verbreed en verdiept en zijn 3 stuwen aangebracht. De grond die daarbij vrijkwam werd op de aanliggende gronden verspreid. De kanalisatie ging gepaard met een vrijwillige kavelruil.

In de jaren '80 en '90 is de ruilverkaveling Ulvenhout-Galder uitgevoerd. Hierbij is het Markdal opnieuw verkaveld, met uitzondering van het gebied ten noord-westen van de snelweg en de Bovenmark. Sinds het jaar 2000 heeft natuurontwikkeling plaatsgevonden in het Markdal. Tussen de Duivelsbrug en de Reeptiend is een landbouwbedrijf opgekocht en omgevormd tot natuur. Daarbij is de vistrap Bieberg en de meander Oudhof aangelegd. Ook bij Galder is nieuwe natuur gevormd en zijn de meander bij de Markweg (oostelijk van de Bovenmark) en de meander bij Galder (westelijk van de Bovenmark) gegraven.

2.3 Huidige functies en gebruiken

2.3.1 Landgebruik en functies

In het stroomgebied van de Bovenmark zijn verschillende functies te onderscheiden. Het beekdal wordt gekenmerkt door met name agrarische activiteiten waarbij grasland ca. 50% van het oppervlak beslaat. Er zijn ook enkele hoogwaardige landbouwactiviteiten zoals kwekerijen. Op enkele percelen is natuurterrein aangemerkt, maar in het beekdal is dit in de huidige situatie nog beperkt. Enkele bosrijke natuurgebieden met heide en vennen zoals het Mastbos, Ulvenhoutsebos en Strijbeeksebos liggen op de hogere flanken van het beekdal waar tevens ook de dorpskernen Galder, Strijbeek en Ulvenhout zijn gelegen. Het gebied wordt doorsneden door de snelweg en verdeeld het gebied in een noordelijk en zuidelijk deel.

De belangrijkste functies in het Markdal zijn:

- Agrarisch:
 - Grasland;
 - Akkerbouw;
 - Hoogwaardige landbouw;
- Natuur;
- Wonen;
- Infrastructuur.

2.3.2 Belanghebbenden

Waterschap Brabantse Delta heeft met de Vereniging Markdal voor de inrichting van het Markdal. De Vereniging Markdal heeft gelden van de provincie ontvangen om de Ecologische Hoofdstructuur in het Markdal en beekherstel van de Bovenmark en de daarmee samenhangende waterdoelen te realiseren.

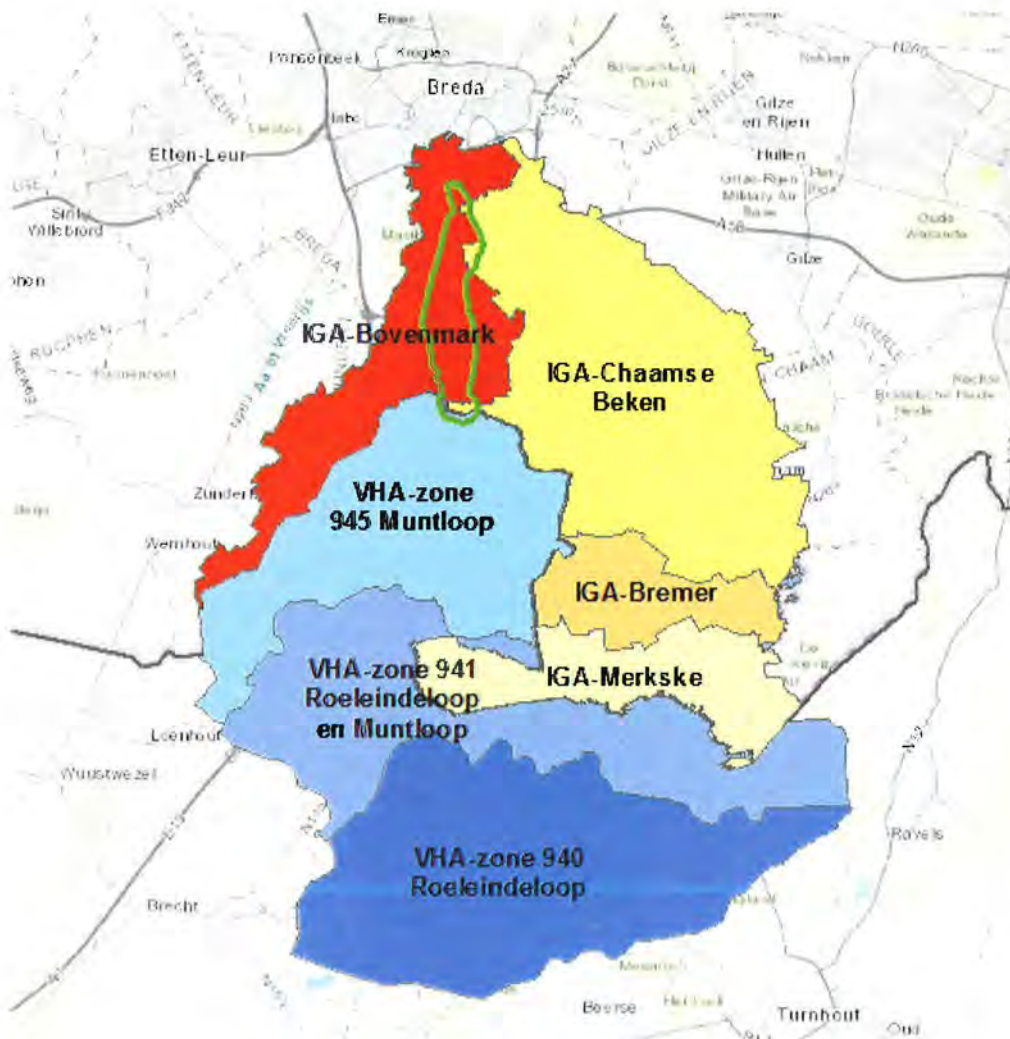
De Vereniging Markdal heeft een Algemeen Beraad dat in grote lijnen de koers uit zet. Het Algemeen Beraad bestaat uit grondeigenaren, natuurliefhebbers, specialisten en groepen als natuurbeheerders.

Binnen het Markdal zijn naast terrein behorende organisaties zoals Brabants landschap, Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten ook individuele eigenaren met uiteenlopende functies en belangen aanwezig.

2.4 Watersysteem

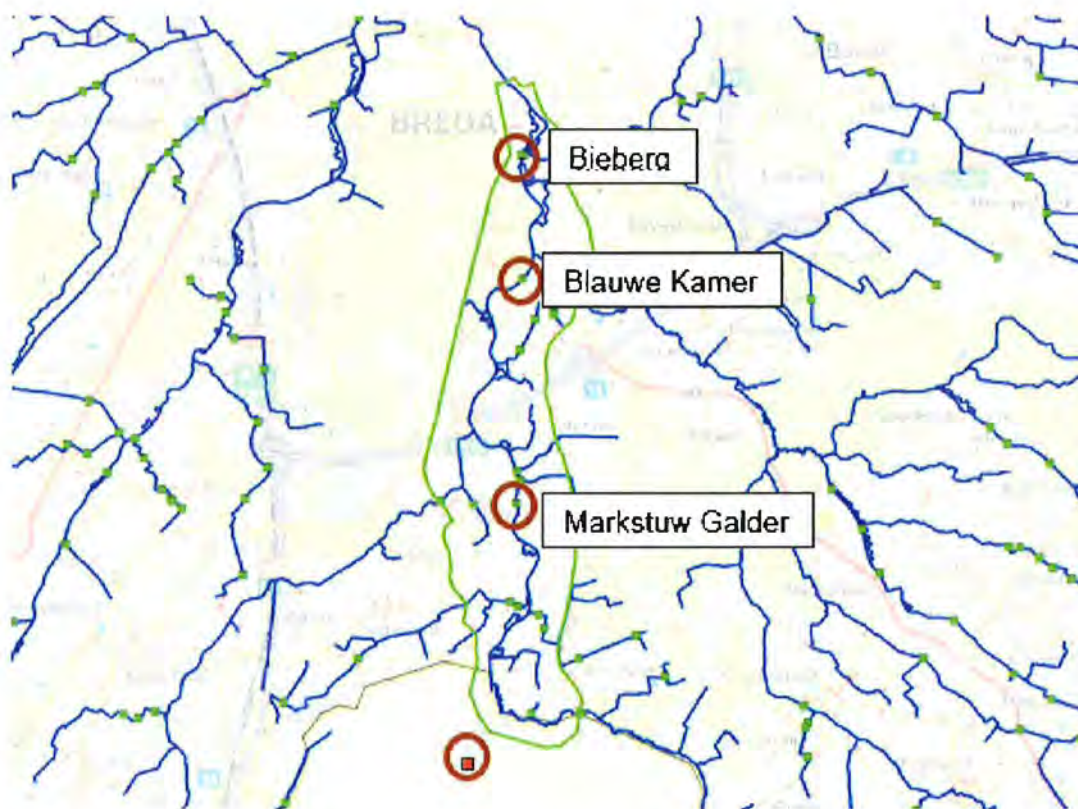
2.4.1 Oppervlaktewatersysteem

De oorsprong van de Bovenmark ligt in België. Daarmee ligt een groot deel van het stroomgebied van de beek in België. Het stroomgebied van de Bovenmark is in verschillende sub-stroomgebieden ingedeeld, in Figuur 3 zijn de deelstroomgebieden weergegeven. Omdat de beek over landsgrenzen gaat, zijn de stroomgebiedsgrenzen en benamingen niet geheel op hydrologische basis tot stand gekomen. De beken 't Merkske en Bremer ontspringen in Nederland en wateren in westelijke richting af op de Bovenmark in België. De Chaamse Beek watert af in noordelijke richting en stroom nabij Ulvenhout in de Bovenmark.



Figuur 3: Stroomgebied van de Bovenmark (bron Geopunt.be en Waterschap Brabantse Delta).

Tussen Dreef (net over de Belgische grens) en Breda zijn 3 belangrijke automatische stuwen gelegen in de beek. Deze stuwen dienen als peilreguleringsmiddelen. Daarmee wordt de natuurlijke fluctuatie van de waterstand beperkt, de zomerwaterstand zakt minder ver uit en de waterstandspieken kunnen worden afgevlakt. De locatie van deze stuwen zijn weergegeven in Figuur 4. Naast deze automatisch stuwen zijn er een aantal vaste of handmatig regelbare stuwen in aangrenzende watergangen.



Figuur 4: Overzicht van waterlopen en stuwen rond het stroomgebied van de Bovenmark.

In de Bovenmark is een afvoermeetpunt aanwezig bij stuw Blauwe Kamer. Met behulp van metingen zijn voor verschillende momenten in het jaar een aantal afvoeren berekend (figuur 1). De frequent voorkomende afvoeren, van een droogste week afvoer tot een halve maatgevende afvoer, zijn uit de meetgegevens afgeleid met behulp van een duurlijn (Tabel 1). De minder frequent voorkomende afvoeren, van een jaarlijkse piekafvoer tot een extreme afvoer die éénmaal per 100 jaar voorkomt, zijn statistisch berekend. Door klimaatverandering worden er in de toekomst hogere piekafvoeren verwacht. Daarom is bij de verschillende scenario berekeningen uitgegaan van een hogere piekafvoer. Deze ontwerpafvoeren zijn afgeleid uit de studie Toetsing wateroverlast³ en Optimalisatie Hoogwaterbescherming Breda⁴.

³ Toetsing wateroverlast. Inzicht in de kans op inundatie vanuit waterlopen en de effectiviteit van maatregelen. Hoofdrapport. Witteveen+Bosch (2014).

⁴ Optimalisatie Hoogwaterbescherming Breda. HKV-lijn in water (2013).

Tabel 1: Een aantal karakteristieke afvoeren, zoals gemeten in de Bovenmark bij stuw Blauwe Kamer in de jaren 1984 en 1987 t/m 2015 (Bron: WBD).

Herhalings tijd	Afvoer (m ³ /s)	95% betrouwbaarheids-interval van de afvoer (m ³ /s)	Afvoer incl. klimaat-verandering (m ³ /s)	Toepassing
T100 (één keer per 100 jaar)	57	51 – 60	68	WB21 norm Inundatie stedelijk gebied
T10 (één keer per 10 jaar)	40	36 – 42	45	WB21 norm inundatie grasland
T2 (één keer per 2 jaar)	28	24 – 31	35	Indicatie geulvormende afvoer
T1 (jaarlijkse piekafvoer)	23	19 – 26		Indicatie geulvormende afvoer
Halve maatgevende afvoer (2-3 weken/jaar)	11			
Voorjaarsafvoer (3 maanden/jaar)	3,3			Optimale werking vistrappen
Mediane (gemiddelde) afvoer	1,7			Gewenste gemiddelde stroomsnelheid
Droogste maand afvoer	0,7			Ondergrens minimale stroomsnelheid
Droogste week afvoer	0,4			KRW soorten

De Bovenmark kent een jaarlijkse piekafvoer van ca. 23 m³/s en een voorjaarsafvoer van ca. 3,3 m³/s. De jaarlijkse piekafvoer is daarmee ca. 7 keer zo hoog dan een voorjaarsafvoer. Bij een natuurlijke beek ligt de piekafvoer ongeveer een factor 4 hoger dan de voorjaarsafvoer. De Bovenmark kent dus een sterk piekerig afvoerverloop, wat ongetwijfeld het gevolg is van de sterke ontwatering van het bovenstrooms gebied en een beperkt overstromingsgebied waar piekafvoeren geborgen kunnen worden. Naar verhouding kent de Bovenmark iets meer zomerafvoer dan 't Merkske en de Strijbeeksebeek. Dit is het gevolg van de (regionale) kwel die de Bovenmark ontvangt.

De waterpeilen in de Bovenmark worden op 6 locaties gemeten: boven- en benedenstrooms van ieder van de 3 stuwen. De waterpeilen in de Bovenmark van Galder tot de stuw Bieberg staan gedurende vrijwel het gehele jaar onder invloed van de stuwen Bieberg, Blauwe Kamer en Markstuw Galder (Tabel 2). Alleen tijdens piekafvoeren worden de stuwkleppen gestreken en ontstaat er een meer natuurlijk verhang in de waterlijn van de Bovenmark. Met stuw Bieberg wordt een vast waterpeil nagestreefd, terwijl met stuw Blauwe Kamer en Markstuw Galder een tegennatuurlijk peilregime wordt gevoerd, waarbij het zomerpeil enigszins hoger ligt dan het winterpeil.

Tabel 2: Gemiddelde waterpeilen op diverse locaties in de Bovenmark.

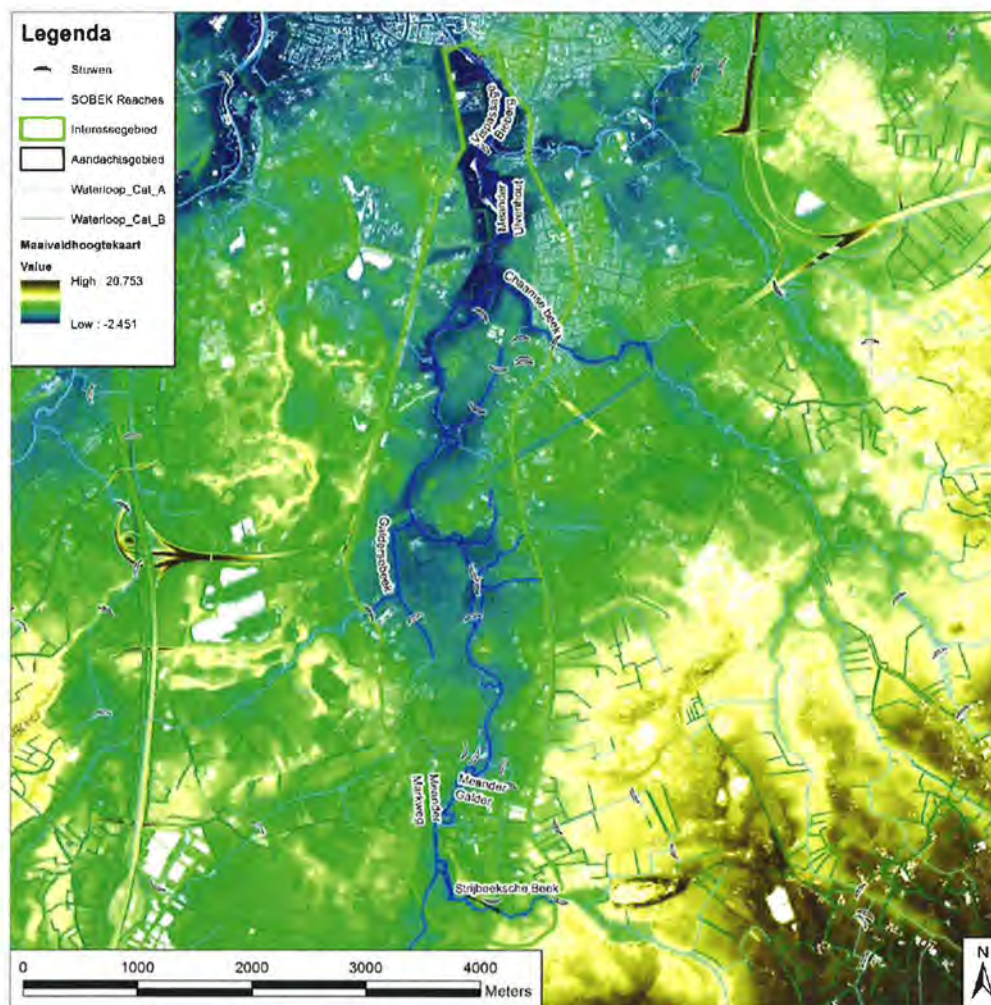
	Waterpeil zomer (mNAP)	Waterpeil winter (mNAP)
Benedenstrooms stuw Bieberg	0	0,2
Bovenstrooms stuw Bieberg	0,85	0,85
Benedenstrooms stuw Blauwe Kamer		
Bovenstrooms stuw Blauwe Kamer	1,60	1,55
Benedenstrooms Markstuw Galder		
Bovenstrooms Markstuw Galder	2,55	2,50

Met behulp van deze stuwen wordt de natuurlijke peilfluctuatie sterk beperkt. Uit waterstandsmetingen uit de jaren '60, voor de kanalisatie van de Bovenmark in 1969, blijkt nog een peilfluctuatie van ruim 2 meter tussen lage en hoge waterpeilen. Door de kanalisatie en dankzij de stuwen wordt de jaarlijkse peilfluctuatie tegenwoordig tot ca. 1 meter beperkt.

2.4.2 Geohydrologie

Maaiveldverloop

In een straal van enkele meters van de Bovenmark ligt het maaiveld bij de Belgische grens rond de NAP +5 m. Bij de Duivelsbrug bij Breda ligt het maaiveld rond de NAP +1,5 tot +2,5 m. Op enkele tiental tot honderden meters kan het maaiveld al snel oplopen met meer dan 3 tot 6 meter boven dit niveau. Een maaiveldhoogtekaart is gegeven in Figuur 5.



Figuur 5: Maaiveldhoogtekaart van het Markdal in relatie tot zijn omgeving (AHN2 in m).

Bodemopbouw

De ondergrond in het Markdal is gevormd door marine, fluviatiele en eolische afzettingen. Geohydrologisch wordt de basis gevormd door de Formatie van Rupel, ook bekend als Boomse klei. Dit is een zeer stugge kleilaag van zo ongeveer 100 meter dikte. Deze laag kan daarom als ondoorlatend worden beschouwd. Boven deze laag ligt de Formatie van Breda, welke in het Markdal enkele tientallen meters dik is en voornamelijk is opgebouwd uit fijn zand met een beperkte doorlatendheid. Samen met de Formatie van Oosterhout vormt dit het diepe watervoerend pakket. De formatie van Oosterhout is ca. 100 meter dik en bestaat uit matig fijn tot grof zand waarbij de doorlatendheid kan variëren tussen de 10 en 25 m/d. De bovenkant van de formatie bestaat uit een kleiige afzetting van de formatie van Oosterhout, welke het diepe van het middeldiepe watervoerende pakket scheidt. Het middeldiepe watervoerende pakket, ca. 50 meter dik, wordt gevormd door de Formatie van Maassluis en oudere afzettingen van de Formaties Peize en Waalre. De matig fijn tot grofzandige afzettingen in het middeldiepe watervoerende pakket hebben een doorlatendheid variërend tussen de 10 en 35 m/d en wordt op een enkele plek onderbroken door veen en kleiige afzettingen van Maassluis. Het middeldiepe watervoerende pakket wordt afgesloten door de kleiige afzetting van de Formatie van Waalre. De ondiepe ondergrond tot NAP -30 meter geeft een grillig beeld met kleiige afzettingen van de Formatie van Waalre en leemafzettingen van de Formatie van Stramproy. Deze afzettingen zijn echter niet allemaal vlakdekkend aanwezig. De weerstand tussen verschillende watervoerende lagen kan daardoor lokaal ontbreken, wat zijn doorwerking heeft op de kwel en wegzigging en in het gebied. De ondiepe watervoerende laag kan grofweg in twee delen gesplitst worden, afzettingen van de Formatie van Peize en Waalre (NAP -15 tot -30 m) en afzettingen van de Formatie van Stramproy (lokaal aan maaiveld tot NAP -15 m). Aan de flanken van het beekdal ligt de Formatie van Stramproy aan maaiveld, in het beekdal worden deze afzettingen afgedekt door zandige afzettingen van de Formatie van Boxtel. In Tabel 3 is de geohydrologische schematisatie van het gebied gegeven.

Tabel 3: Geohydrologische schematisatie van de ondergrond

	Laag	Formatie	Beschrijving	Top [m-mv]	Bot [m-mv]	Dikte [m]	k-hor [m/d]	KD [m ² /d]	Weerstand [d]
Ondiep I	1	Holoceen	Rivierafzettingen, fijn tot matig fijn zand matig tot sterk siltig Veenlagen	0	0 – 1	0 – 1	5 – 15	5 – 15	5 – 100
	2	Boxtel	Fijn tot matig fijn zand Zwak tot matig siltig	0 – 1	0 – 1,5	0 – 0,5	10 – 20	0 – 5	
	3	Boxtel	Fijn tot matig fijn zand Zwak tot matig siltig	0 – 1,5	0 – 6,5	0 – 5	10 – 20	5 – 30	
	4	Boxtel	Fijn tot matig fijn zand Zwak tot matig siltig	0 – 6,5	0,5 – 7,5	0 – 1	10 – 20	0 – 5	
	5	Stramproy	Matig fijn tot grof zand Zwak siltig Leemlagen, matig tot sterk humeus	0,5 – 7,5	0,5 – 10	0 – 3	25 – 35	10 – 100	50 – 2.000
	6	Stramproy	Matig fijn tot grof zand Zwak siltig	0,5 – 11	2 – 11	0 – 4	10 – 15	5 – 60	
	7	Stramproy	Matig fijn tot grof zand Zwak siltig	2 – 11	2,5 – 14	0 – 8	10 – 15	5 – 60	
	8	Stramproy/ Peize-Waalre	Matig fijn tot grof zand Zwak siltig Klei, zwak tot sterk siltig, zwak humeus en soms zandig	2,5 – 14	2,5 – 16	0 – 3	25 – 35	5 – 60	1.000 – 10.000
Ondiep II	9	Peize-Waalre	Matig fijn tot grof zand Klei, zwak humeus, sterk siltig, soms zandig	5 – 18	7,5 – 28	0 – 15	20 – 25	150 – 350	300 – 15.000
	10	Peize-Waalre	Matig fijn tot grof zand Klei, zwak humeus, sterk siltig, zwak zandig	9,5 – 35	25 – 45	0 – 30	15 – 25	20 – 800	200 – 15.000
Middeldiep	11	Peize-Waalre	Matig fijn tot grof zand, zwak grindig	27 – 50	30 – 50	0 – 17	15 – 35	50 – 400	
	12	Peize-Waalre/ Maassluis	Matig fijn tot grof zand, zwak grindig Veen en klei, sterk siltig	30 – 50	38 – 65	5 – 25	15 – 30	100 – 500	100 – 2.000
	13	Maassluis	Matig fijn tot zeer grof, zwak grindig, zwak siltig	38 – 65	50 – 75	0 – 25	15 – 40	100 – 800	
	14	Maassluis	Matig fijn tot zeer grof, zwak grindig, zwak siltig	50 – 75	70 – 95	0 – 30	15 – 35	200 – 900	
Diep	15	n.v.t.							
	16	n.v.t.							
	17	Oosterhout	Matig grof, matig siltig Klei, sterk siltig, zwak tot matig zandig	70 – 95	75 – 110	0 – 20	20 – 25	10 – 150	1.000 – 7.000
	18	Oosterhout/Breda	Schelpen, matig zandig, matig tot grof Klei, zandig	75 – 110	170 – 220	90 – 145	10 – 20	1000 – 2000	1.000 – 5.000
	19	Breda/Rupel	Fijn zand	170 – 230	230 – 300	40 – 120	2 – 6	200 – 500	GHB

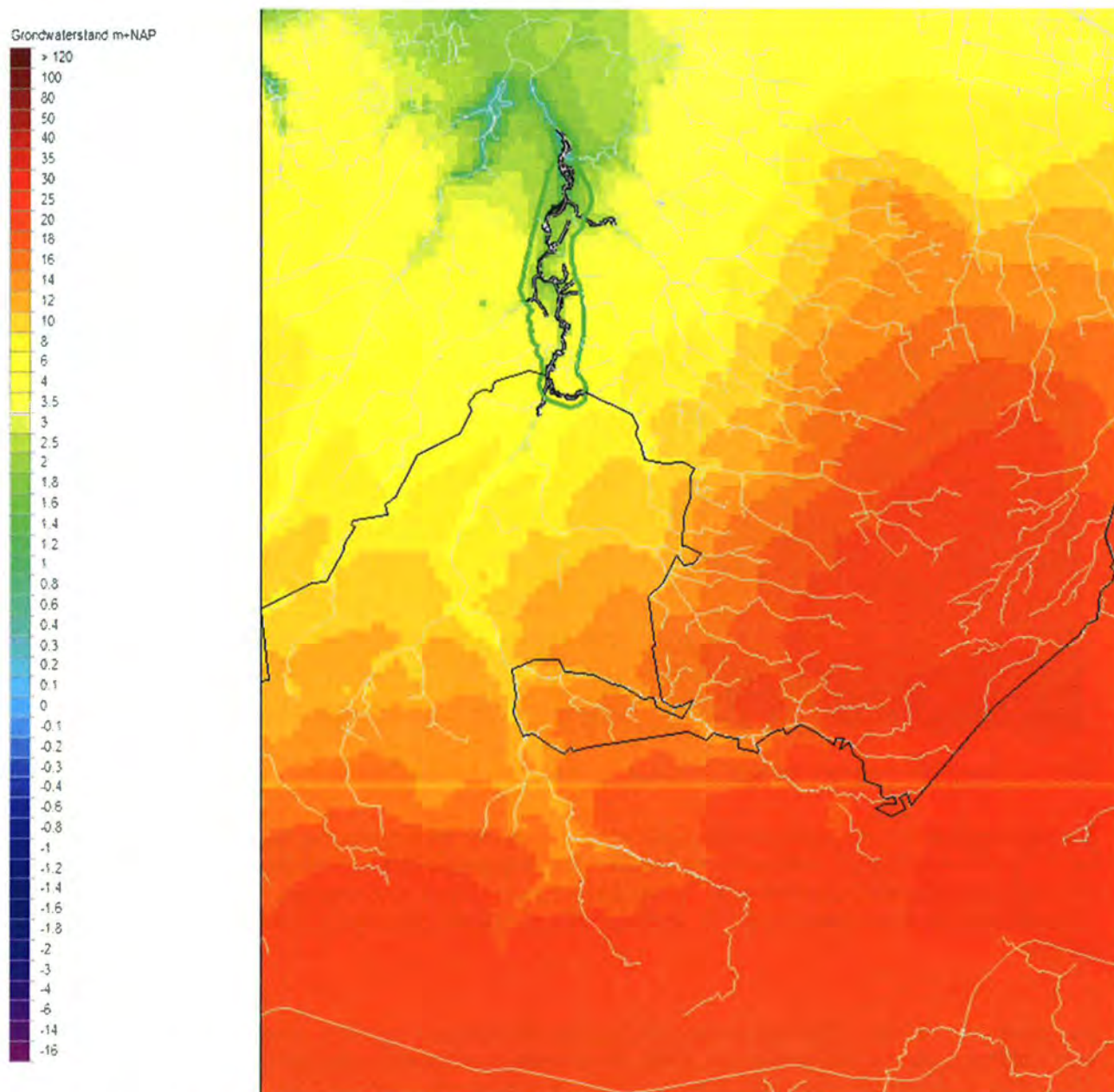
Stromingspatroon

De Bovenmark heeft een belangrijke drainerende functie van het grondwater. Naast het lokale regenwater dat het ontwatert en afwatert, wordt ook diep grondwater aangetrokken. Dit is terug te vinden in verschillende kwelrijke gebieden rond de beek. In de hoger gelegen delen bij Zoersel, Turnhout, Ravels in België en Baarle-Hertog en Gilze in Nederland infiltreert het ondiepe grondwater, gevoed door neerslag, naar diepere grondlagen. Het grondwater stroomt globaal in noordelijke richting vanaf Zoersel en in westelijke richting tussen Baarle-Hertog en Gilze. Het diepe grondwater komt op sommige plekken in het Markdal weer aan de oppervlakte. Dit komt omdat de druk in het diepe watervoerend pakket hoger is dan de ondiepe grondwaterstanden, welke sterk beheerst worden door het aanwezige maaiveld, rivieren, greppels en drainage. Daar waar de verticale weerstand in de ondergrond het kleinst is, treedt de grootste kwelstroom

op. Lokaal ondiep grondwater vanuit het Mastbos aan de westzijde van de Bovenmark, stroomt via het ondiepe watervoerend pakket, tussen 0 en 40 meter onder maaiveld, richting de Bovenmark. Dieper grondwater ter hoogte van het Mastbos en de Galderse meren stroomt in noordelijke richting.

Het grondwater in en rond het Markdal stroomt van de flanken richting de Bovenmark. Dit stromingspatroon is voornamelijk in oost-westelijke richting. De waterscheiding ligt aan de westzijde ongeveer tussen de Aa en Weerij en de Bovenmark in, ongeveer 1 tot 3 km van de Bovenmark af. De waterscheiding aan de oostzijde ligt een stuk verder, in de omgeving van Baarle-Hertog tot Gilze.

In Figuur 6 is het regionale patroon van de grondwaterstand weergegeven.

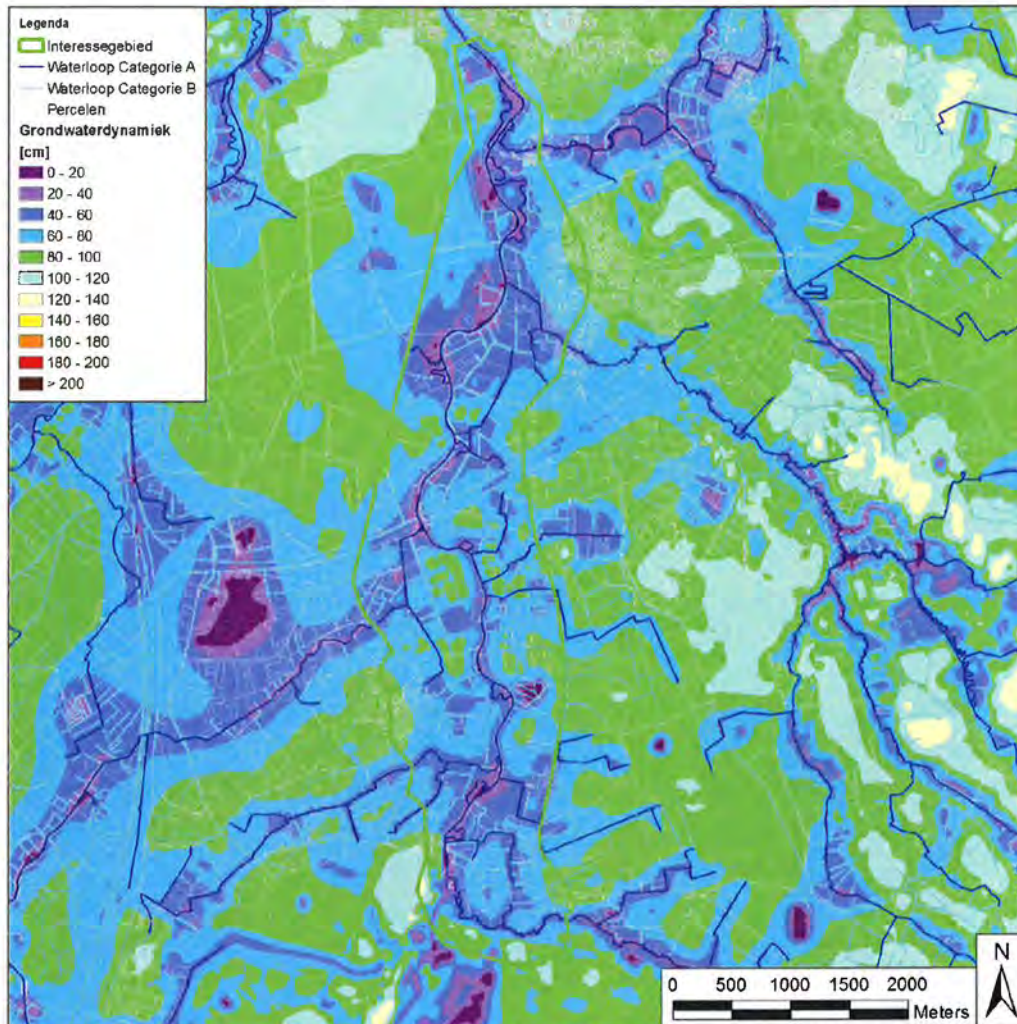


Figuur 6: Regionaal beeld van de grondwaterstand in m+NAP.

Grondwaterstanden en stijghoogten

Grondwaterstanden liggen in het beekdal veelal dicht op het maaiveld. Dat komt omdat het maaiveld hier laag is, ca. 1 m hoger dan het waterpeil van de Bovenmark, en het beekdal gevoed wordt met kwelwater. Het peil in de beek wordt sterk gereguleerd. De waterniveaus in de beek hebben daarom over de seizoenen

maar een beperkte fluctuatie. In de directe omgeving van de beek is dit terug te zien in de grondwaterstanden. De natuurlijke fluctuatie is hier ca. 30 cm. In het beekdal is doorgaans sprake van een variatie van 30 tot 80 cm. Op de hoger gelegen gebieden, veelal bos, is de jaarlijkse fluctuatie groter dan 60 cm. Een ruimtelijk beeld van de grondwaterdynamiek is weergegeven in Figuur 7.



Figuur 7: Grondwaterdynamiek (verschil GHG-GLG) in de omgeving van het Markdal.

De stijghoogte in het middeldiepe watervoerend pakket zijn ter plaatse van het beekdal van de Bovenmark ca. 1 meter hoger dan het waterpeil en grondwaterstand aan maaiveld. Het diepe watervoerend pakket heeft een stijghoogte die ca. 1,5 meter hoger is dan de grondwaterstand aan maaiveld. Op de flanken van het dal is de ondiepe grondwaterstand 0 tot 50 cm hoger dan de stijghoogte in het middeldiepe watervoerend pakket.

Kwel en wegzijging

Als gevolg van de hoge stijghoogten ten opzichte van het waterpeil en freatische grondwaterstand is er op veel plekken in het Markdal sprake van kwel⁵. Studio Wolverine heeft onderzoek gedaan naar het voorkomen van kwel in het Markdal (Klees, 2016)⁶. Dit onderzoek bestond uit een visuele beoordeling van aangetroffen water in greppels, sloten en beken. Hierbij is gelet op kwelverschijnselen zoals roestvorming op de bodem en begeleidende planten die de aanwezigheid van kwel indiceren. De resultaten van het

⁵ Daar waar grondwater aan het oppervlak komt is er sprake van kwel. Het is daarmee een naar boven gerichte stroming van grondwater. Het tegenovergestelde van kwel noemt men wegzijging bijvoorbeeld het infiltreren van water uit een sloot.

⁶ Onderzoeksrapport naar locaties met kwel in het Markdal voorjaar 2016, D. Klees, 2016.

onderzoek zijn op kaart gezet en hieruit blijken enkele gebieden met hoge kwelpotentie. Deze gebieden zijn in onderstaande figuur weergegeven (Figuur 8).



Figuur 8: Kaartbeeld met aanduiding van gebieden met een hoge kwelpotentie.

Drainage

Ten behoeve landbouwkundige functies zijn delen van het gebied gedraineerd. Enerzijds wordt dit gerealiseerd door lokaal dichte netwerken van greppels en sloten. Anderzijds kan er ook buisdrainage zijn aangebracht. Percelen die zijn voorzien van buisdrainage zijn echter lastig visueel waar te nemen. Met die reden heeft er binnen het beekdal van de Bovenmark een inventarisatie plaats gevonden waarin agrariërs individueel zijn benaderd om aan te geven welke percelen al dan niet zijn voorzien van buisdrainage. Voor het overige deel is er uitgegaan van de landelijke buisdrainagekaart⁷ die op basis van de landbouwmetelling uit 2012 is vervaardigd.

⁷ Buisdrainagekaart 2015 Update landelijke buisdrainagekaart op basis van de landbouwmetelling van 2012, Massop e.a., Alterra-rapport 2700 ISSN 1566-7197, 2015.

3 HYDROLOGIE

Aan de hand van de ontwikkelde en gekalibreerde oppervlaktewater- en grondwatermodellen zijn hydrologische variabelen berekend voor het stroomgebied van de Bovenmark. Onder deze variabelen verstaan we onder andere rivierwaterstanden, rivierafvoeren, stroomsnelheden en grondwaterstanden. Aan de hand van deze informatie is inzicht verkregen in inundatiegebieden, natuurontwikkeling en landbouwproductie.

In dit hoofdstuk wordt de huidige hydrologische situatie beschreven.

3.1 Oppervlaktewater

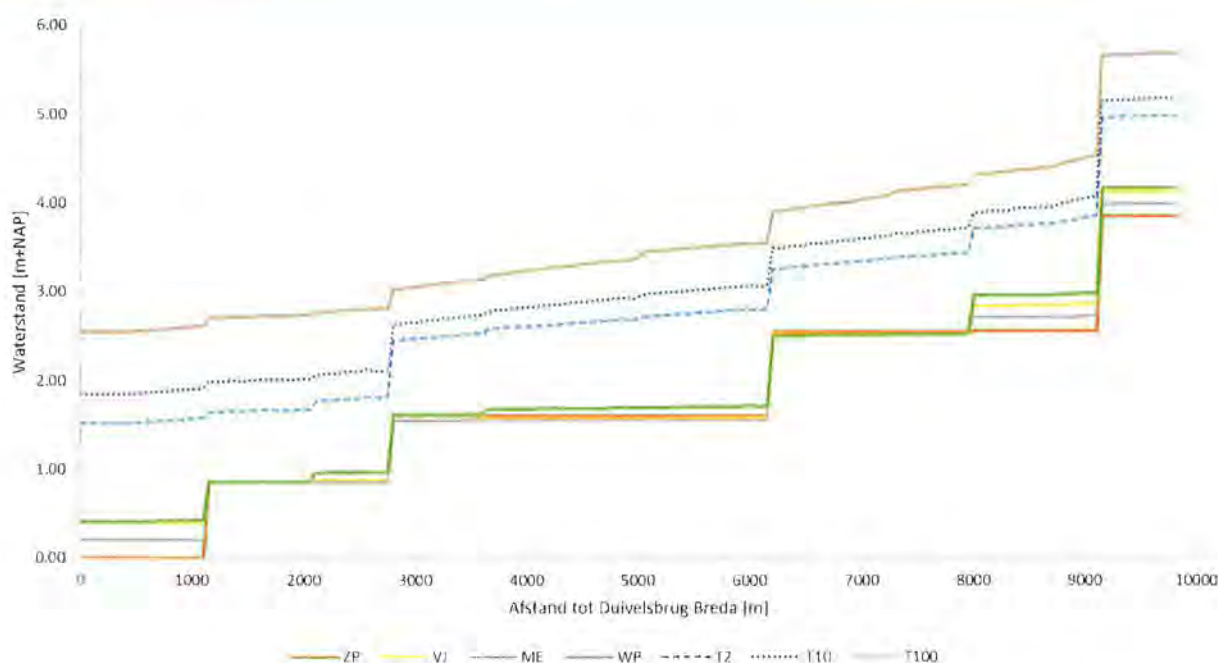
Het oppervlaktewatermodel geeft inzicht in waterstanden, afvoeren en stroomsnelheden bij verschillende situaties. Deze informatie is gebruikt om kaartbeelden te maken van drooglegging en inundaties.

3.1.1 Peilen

Op het traject tussen de Oude Trambrug en de Duivelsbrug zijn enkele stuwpanden aanwezig. Deze stuwen zorgen voor een trapsgewijs verloop van de waterstand. Dit is duidelijk terug te zien in Figuur 9 en Tabel 4. In de zomersituaties zijn de waterstanden over het traject tussen de stuwen vlak, in de winter is hier als gevolg van de grotere afvoer enige opstuwung zichtbaar, maar het verschil met de zomersituatie is beperkt. Bij een hoge afvoergolf met een herhalingsjijd van 2 jaar, stijgt het waterpeil maximaal 1 tot 1,5 meter.

Tabel 4: Berekende waterpeilen op diverse locaties in de Bovenmark bij verschillende afvoersituaties (ZP = zomermaandafvoer, VJ = voorjaarsafvoer, ME = mediane afvoer, WP = winterafvoer, T2/10/100= afvoer eens in de 2/10/100 jaar).

Locatie		ZP	VJ	ME	WP	T2	T10	T100
Duivelsbrug		0	0.4	0.2	0.4	1.51	1.84	2.54
Bieberg	Bovenstrooms	0.85	0.85	0.85	0.85	1.64	1.97	2.71
	Benedenstrooms	0	0.40	0.20	0.42	1.58	1.91	2.61
Blauwe Kamer	Bovenstrooms	1.6	1.55	1.55	1.55	2.45	2.64	3.03
	Benedenstrooms	0.85	0.88	0.86	0.96	1.82	2.13	2.81
Galderse stuw	Bovenstrooms	2.55	2.52	2.50	2.5	3.26	3.49	3.91
	Benedenstrooms	1.6	1.59	1.56	1.71	2.81	3.07	3.55
Oude Trambrug		3.85	4.12	3.99	4.17	4.98	5.18	5.69



Figuur 9: Waterpeil voor verschillende situaties van de Duivelsbrug (0 meter) tot de Oude Trambrug (10 km)

3.1.2 Afvoeren

Bij stuw de Blauwe Kamer is over een periode van meer dan 29 jaar het debiet bepaald aan de hand van waterstandsmetingen. Uit deze meetreeks zijn een aantal ontwerpafvoeren afgeleid (zie tabel 5), waarbij voor de piekafvoeren (T2, T10 en T100) rekening is gehouden met een toename van de afvoer als gevolg van klimaatverandering. De piekafvoeren zijn bovendien als (dynamische) afvoergolf doorgerekend, waardoor in de modelberekeningen bijvoorbeeld rekening gehouden wordt met het waterbergend vermogen van het beekdal. De lagere afvoeren zijn als een constante (statische) afvoer doorgerekend.

Tabel 5: Ontwerpafvoeren bij stuw Blauwe Kamer, zoals gebruikt in de modelberekeningen

Benaming afvoer	Afvoer [m ³ /s]
T=100	68
T=10	45
T=2	35
Halve maatgevende afvoer	7.3
Voorjaarsafvoer	3.3
Mediane afvoer	1.7
Droogste maand afvoer	0.68
Droogste week afvoer	0.39

Naast afvoergegevens bij Blauwe Kamer zijn ook afvoeren bekend bij de Galdersebeek en de Chaamse Beek. Met behulp van deze gegevens zijn afvoeren afgeleid voor locaties en waterlopen waar geen afvoer gemeten is. Dit is gedaan naar rato van het afwaterend oppervlak. De berekende afvoeren zijn als randvoorwaarde gebruikt voor de Sobek-modellering.

3.1.3 Stroomsnelheden

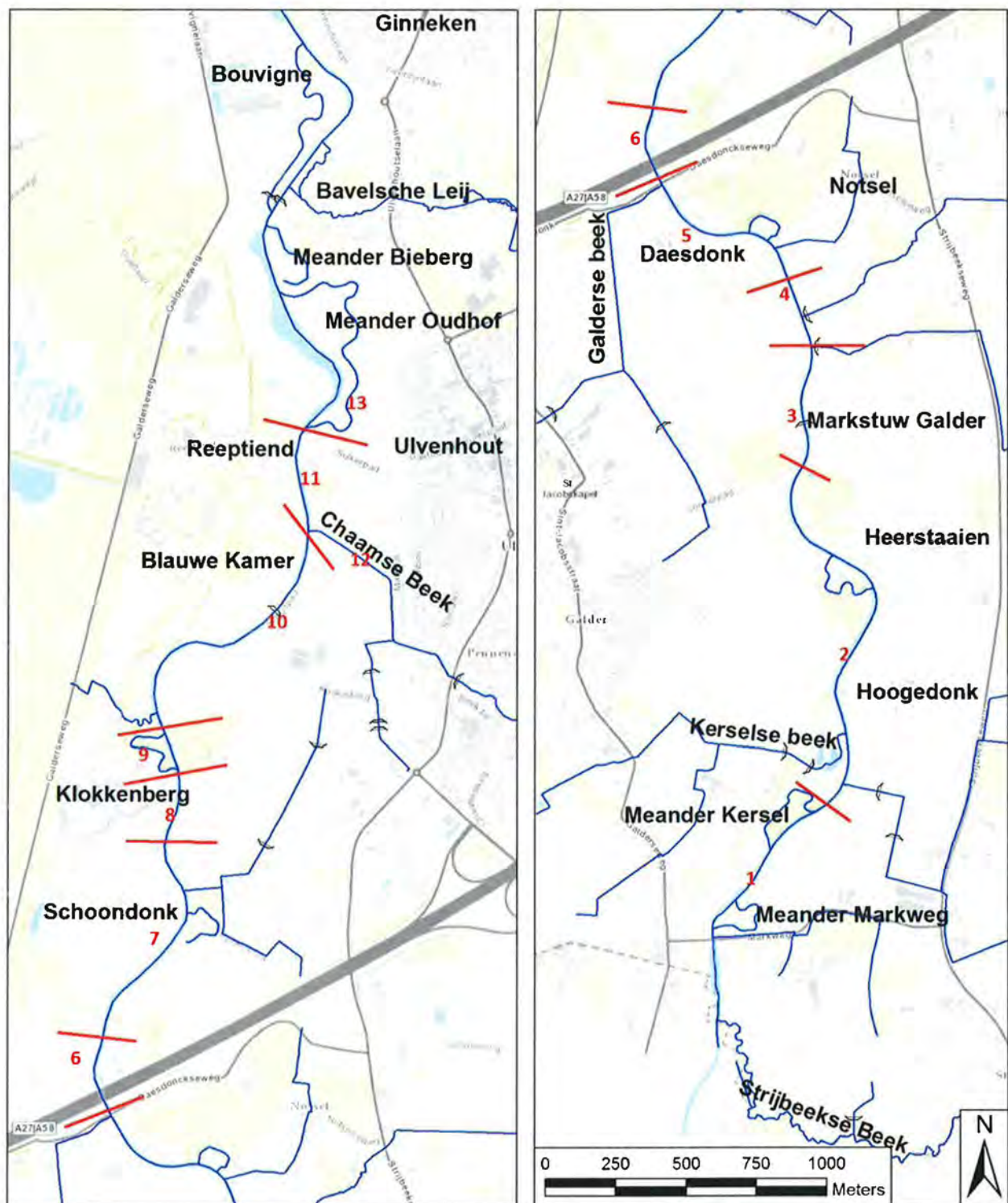
Met een oppervlaktewatermodellering in het programma Sobek zijn verschillende hydraulische parameters, zoals stroomsnelheid en waterdiepte, berekend voor de Bovenmark. Om de stroomsnelheid te berekenen zijn de gemeten afvoeren bij stuw Blauwe Kamer verdeeld over de verschillende trajecten naar rato van het afwaterend oppervlak. Vervolgens zijn de stroomsnelheid, waterdiepte en waterbreedte berekend voor verschillende afvoersituaties (zie Tabel 6). In Figuur 10 zijn de locaties van de trajecten weergegeven.

Tabel 6: Stroomsnelheden in m/s verschillende deeltrajecten, in een zomer, voorjaars en hoogafvoersituatie voor de huidige situatie.

Deeltraject	Lengte [km]	V (m/s) Zomer	V (m/s) Voorjaar	V (m/s) T2
1. Meander Markweg	0,4	0.015	0.07	0.4
1. Meander Kersel	0,4	0.13	0.43	0.6
2. Hoogedonk-Heerstaaien	2,1	0.017	0.08	0.55
3. Markstuw Galder	0,7	0.017	0.08	0.55
4. Notsel	0,2	0.05	0.1	0.53
5. Daasdonk	0,8	0.02	0.06	0.53
6. Snelweg A58	0,3	0.02	0.06	0.55
7. Schoondonk	1,3	0.03	0.1	0.57
8. Gekanaliseerd Klokkenberg	0,2	0.02	0.06	0.58
9. Meander Klokkenberg	0,4	0.04	0.22	0.47
10. Blauwe Kamer	1,5	0.02	0.1	0.6
11. Reeptiend	0,4	0.02	0.09	0.59
12. Chaamse Beek	0,4	0.03	0.4	0.6
13. Meander Oudhof	1,4	0.03	0.36	0.58

De stroomsnelheid van het oppervlaktewater is één van de belangrijkste factoren voor een natuurlijke beek, naast bijvoorbeeld de inrichting (meandering) en de waterkwaliteit. Ligt de stroomsnelheid te laag, dan ontbreken de typische, stromingsminnende beekvissen, waterplanten en waterinsecten. Ligt de stroomsnelheid te hoog, dan bestaat het risico dat (jonge) vis en waterinsecten wegspoelen. De gewenste stroomsnelheid voor een benedenloop van een laaglandbeek (R6) bedraagt 0,1-0,5 m/s volgens de Handreiking Ontwikkeling Waterlopen (Buskens et al., 2012). Bij beekherstelprojecten wordt in de regel een stroomsnelheid van minimaal 0,2 m/s nagestreefd, waarbij deze stroomsnelheid bij voorkeur gedurende het gehele jaar gehaald wordt. Daarom wordt een stroomsnelheid tussen 0,2-0,5 m/s gezien als goed, een stroomsnelheid van 0,1-0,2 of >0,5 m/s als matig en een stroomsnelheid kleiner dan 0,1 m/s als slecht. Dit betreft gemiddelde stroomsnelheden. In de praktijk treden er bijvoorbeeld hogere stroomsnelheden op in buitenbochten en lagere in binnenbochten.

Uit de tabel blijkt dat in de huidige situatie geen van de trajecten voldoet aan de gewenste stroomsnelheid. Van de gekanaliseerde trajecten ligt de stroomsnelheid vanuit ecologisch oogpunt vrijwel het gehele jaar te laag. Van de meanders komt meander Kersel bij Galder nog het dichtste in de buurt van de gewenste stroomsnelheid. Bij een hoge afvoer ligt de stroomsnelheid op de meeste plekken te hoog.

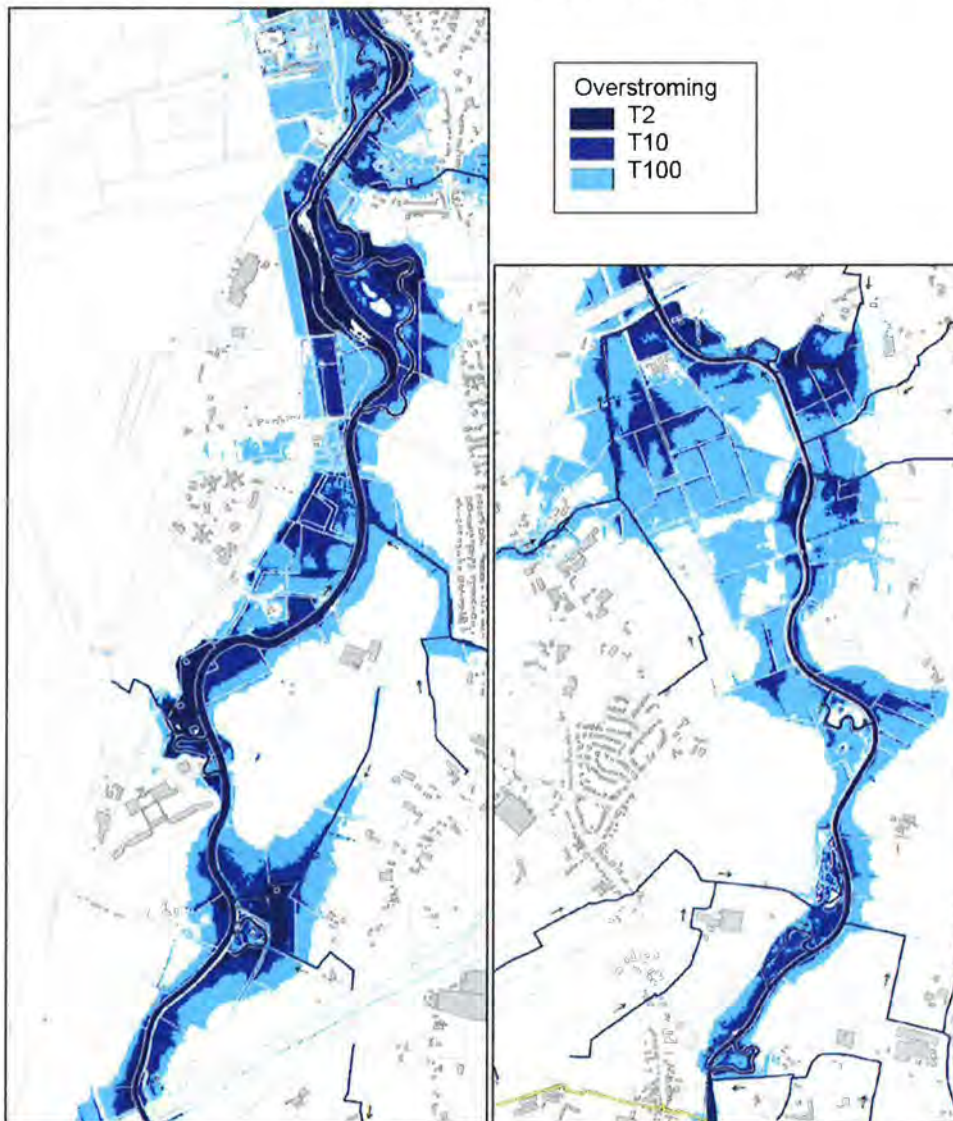


Figuur 10: Locaties van de trajecten waarvoor de stroomsnelheid is bepaald.

3.1.4 Drooglegging en inundaties

Met behulp van Sobek is de overstromingsfrequentie van het beekdal berekend (Figuur 11). De laagste percelen in het beekdal overstromen bij een afvoergolf die statistisch éénmaal per 2 jaar (T2) optreedt. Tijdens een dergelijke afvoergolf staat er één tot enkele dagen water op het land. Dit is bijvoorbeeld het geval bij het afgegraven natuurterrein nabij Bieberg, de laagste graslanden bij de meander Klokkenberg en Schoondonk en het fietspad langs de Bovenmark bij de Scheelebrug. Pas bij extremere afvoeren (T10)

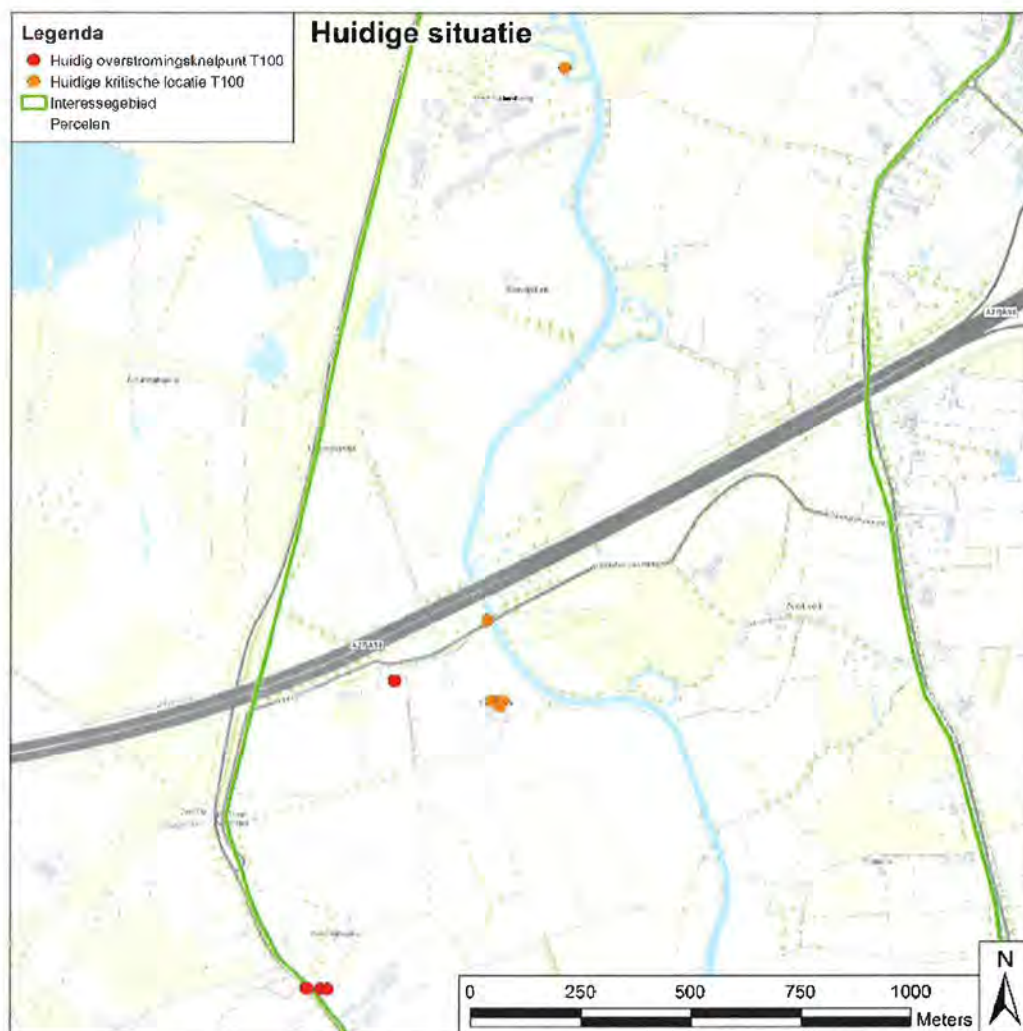
lopen de eerste landbouwpercelen in de verschillende laagtes onder water. Bij een zeer extreme afvoer (T100) loopt het grootste deel van het beekdal onder water.



Figuur 11: Berekend overstromingsoppervlak bij verschillende afvoersituaties in het dal van de Bovenmark ten noorden van de A58 (links) en ten zuiden van de A58 (rechts)

Vanuit ecologisch perspectief is deze overstromingsfrequentie te laag en de overstromingsduur te kort om een betekenis te hebben in de levenscyclus van vissen of macrofauna. In de huidige situatie draagt het beekdal daardoor weinig bij aan de ecologische kwaliteit in de beek.

Wateroverlast of schade kan het gevolg zijn wanneer de Bovenmark buiten zijn oevers treedt. In Figuur 12 is voor een aantal locaties weergegeven of er inundatie is of bijna optreedt. Het gaat vooral om woningen of belangrijke wegen. In de huidige situatie zijn er 4 locaties met bebouwing of infrastructuur die overstromen bij een extreme afvoer, die gemiddeld eenmaal per 100 jaar voorkomt (T100). Dit zijn de Galderseweg, waar deze de Galderse Beek, kruist en de naastgelegen woning en schuur. Verder overstroomt een schuur bij Daasdonk 14. Daarnaast zijn er nog een aantal kritische locaties in het Markdal, waar bebouwing minder dan 20 cm drooglegging kent bij een T100-afvoer. Dit is bebouwing aan de Daasdonckseweg, de Scheelebrug en een loods bij het Klokkenbergcomplex.



Figuur 12: Knelpunten wateroverlast T=100 huidige situatie.

3.2 Grondwater

Grondwaterstanden en kwel- en wegzijging zijn belangrijke parameters voor het wel of niet gedijen van bepaalde planten en dieren. Ook zijn ze medebepalend voor het landbouwpotentieel. Om ruimtelijk inzicht te krijgen in het grondwatersysteem is er een grondwatermodel ontwikkeld. In de bijlage 3 is een technische beschrijving van het grondwatermodel gegeven. Het grondwatermodel is gebruikt om grondwaterstanden en de grondwaterstroming in het Markdal te berekenen. Op basis van deze resultaten is de huidige situatie beschreven.

3.2.1 GxG

Als gevolg van seizoensinvloeden fluctueert de grondwaterstand. Dit wordt uitgedrukt in de GxG⁸.

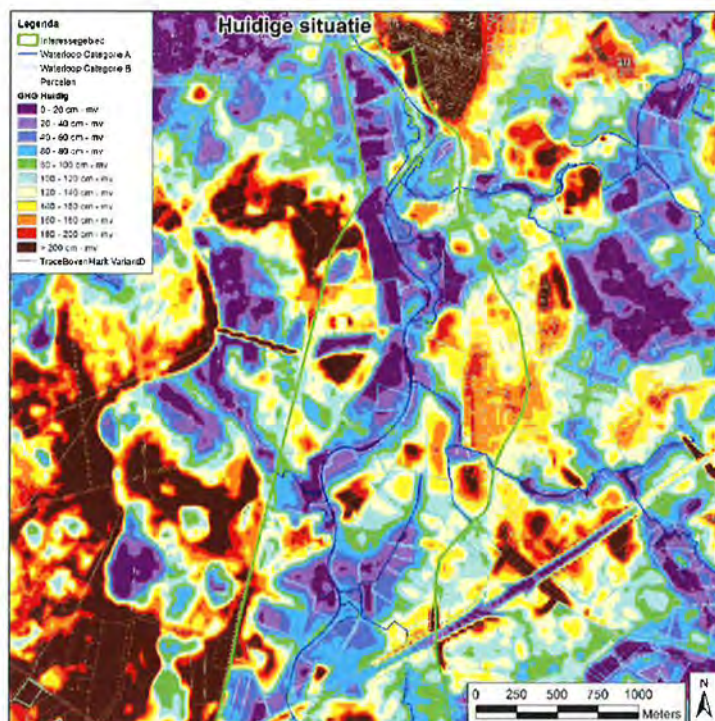
De GHG is representatief voor een gemiddelde wintersituatie zonder inundatie, deze is weergegeven in Figuur 13 en Figuur 14. Uit de GHG is af te leiden dat in de winter de grondwaterstand over grote delen van het beekdal tot aan maaiveld komt (0 – 20 cm -mv (paars)). Uitzonderingen zijn uiteraard de hoge zandkoppen in het zuiden en enkele verspreid in het beekdal. Daar is de hoogste grondwaterstand 2 m -mv (donkerbruin).

⁸ De GxG is een verzamelnaam voor de GHG, GLG en GVG. De afkortingen zijn als volgt:

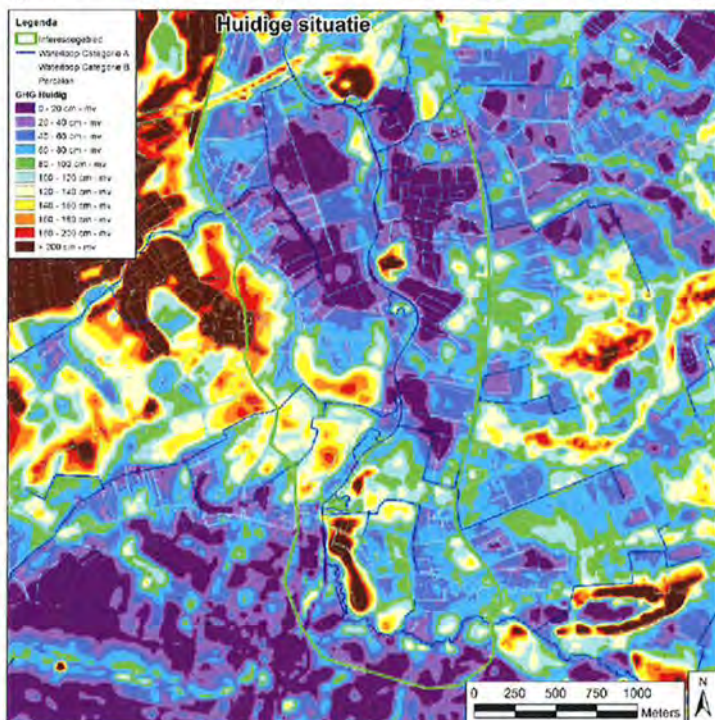
GHG = Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (wintersituatie)

GLG = Gemiddelde Laagste Grondwaterstand (zomersituatie)

GVG = Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand.

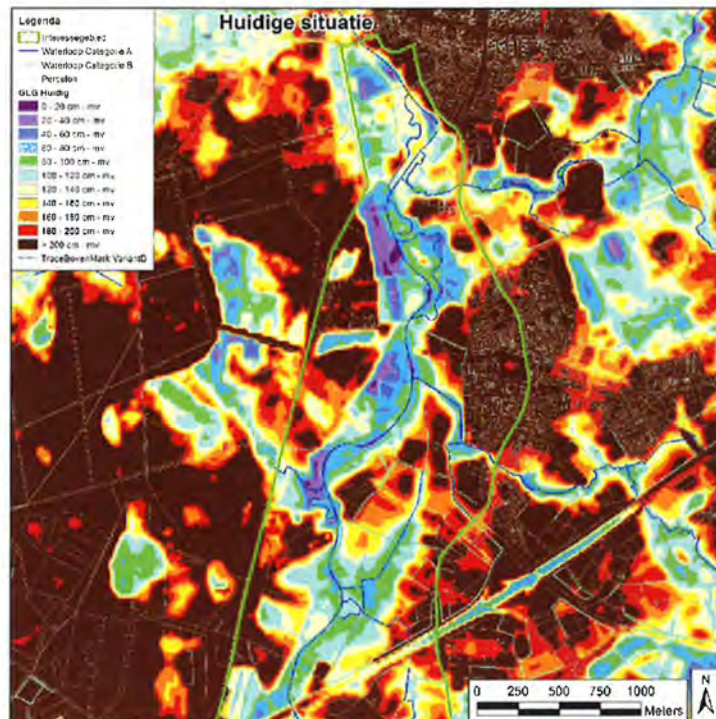


Figuur 13: Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand in cm-mv (wintergrondwaterstand), deel noord (boven A58).

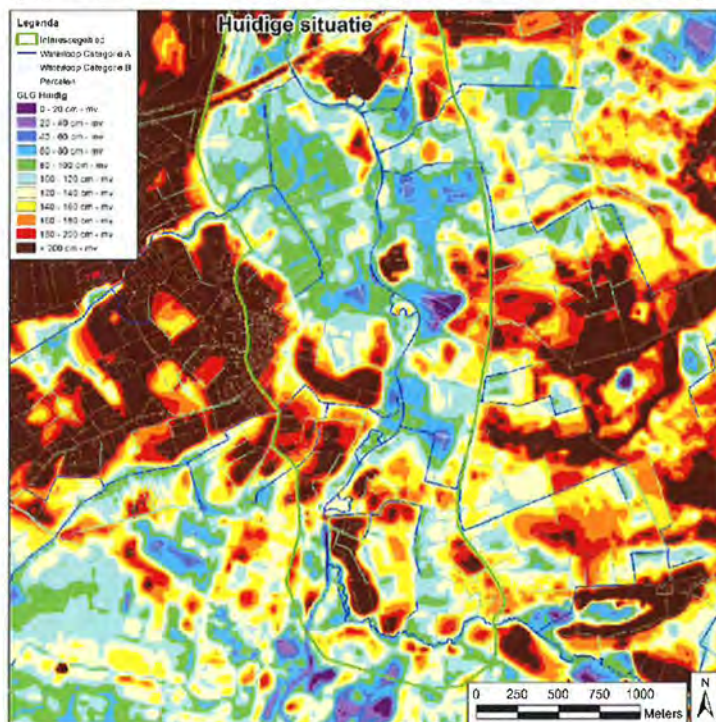


Figuur 14: Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand in cm-mv (wintergrondwaterstand), deel zuid (onder A58).

Op basis van GLG, weergegeven in Figuur 15 en Figuur 16, mag afgeleid worden dat het merendeel van het beekdal goed ontwaterd is en daarmee gunstig is voor intensief agrarisch gebruik. Uitzondering is de locatie ter hoogte van Heerstaaien en bij Onderwijsinstelling Visio Breda, waar duidelijk sprake is van een hoge grondwaterstand (GLG 0-20 cm -mv (paars)). Ter hoogte van Ulvenhout wordt het beekdal natter met een maximale GLG van 80 cm (blauw). Echter, ook hier zakt de grondwaterstand over het merendeel van de landerijen terug. Op enkele locaties na (paars) is de GLG daar grotendeels lager dan 40 cm -mv (lila).

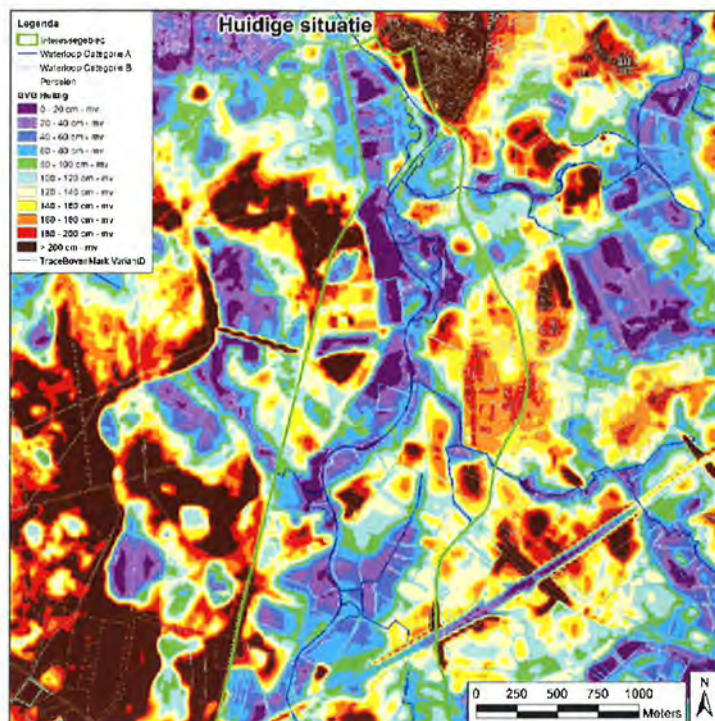


Figuur 15: Gemiddeld Laagste Grondwaterstand in cm-mv (zomergrondwaterstand), deel noord (boven A58).

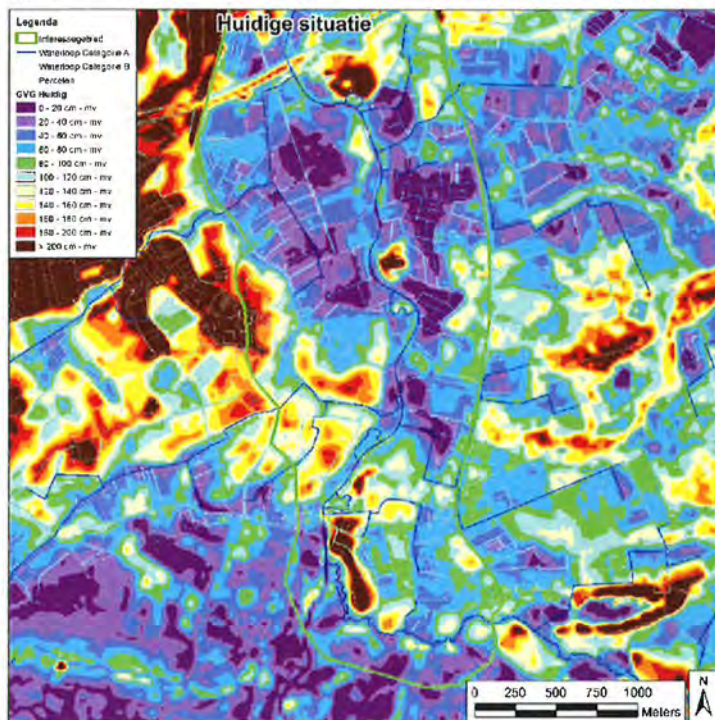


Figuur 16: Gemiddeld Laagste Grondwaterstand in cm-mv (zomergrondwaterstand), deel zuid (onder A58).

De kaart met de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand, weergegeven in Figuur 17 en Figuur 18, is van belang voor zowel de agrariër als de natuurbeheerder. De agrariër leidt eruit af of de grond op tijd voldoende ontwaterd is en daarmee voldoende draagkracht heeft voor bewerking en beweiding. De natuurbeheerder constateert of de voorjaarsgrondwaterstand (doorgaans) hoog genoeg is voor de vaak gewenste grondwatergevoede vegetatie. Uit de kaart volgt dat nog een fors areaal in het beekdal een hoge grondwaterstand heeft, variërend van max. 80 cm -mv (blauw) tot 0 cm -mv (paars). Op deze kaart zijn duidelijk de meer lokale verschillen te zien in de grondwaterstand tussen percelen. Op relatief korte afstand doorloopt de GVG vaak 2 tot 3 legendaklassen (minimaal 40 tot maximaal 80 cm verschil).



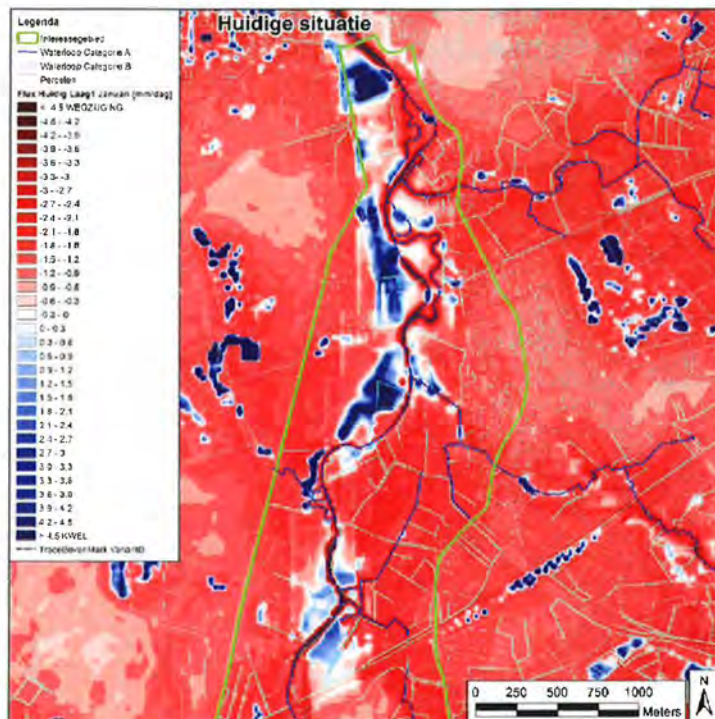
Figuur 17: Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand in cm-mv, deel noord (boven A58).



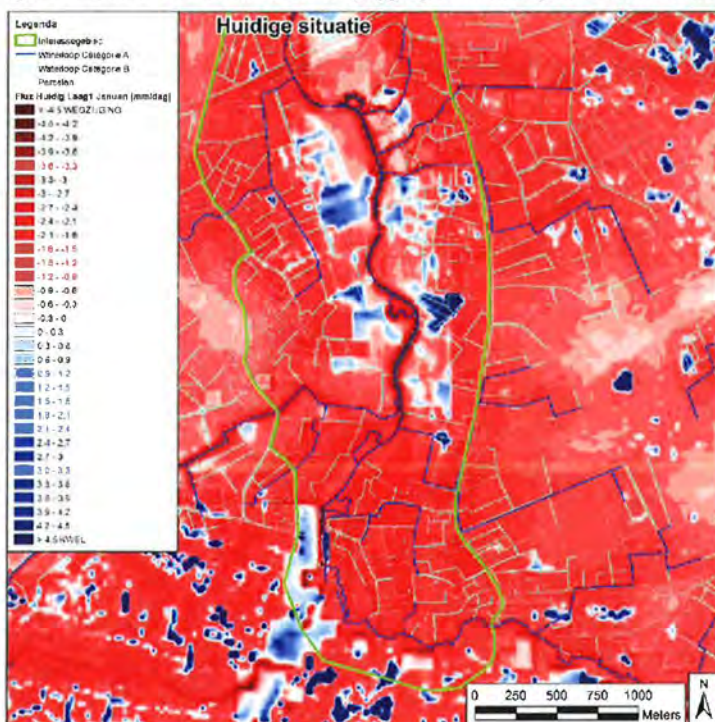
Figuur 18: Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand in cm-mv, deel zuid (onder A58).

3.2.2 Kwel en infiltratie

Bijgaand zijn de kwel- en infiltratiekaarten weergegeven in Figuur 19 tot en met Figuur 22. Eigenlijk moet gesproken worden over fluxen, aangezien het de grondwaterbeweging betreft, horizontaal dan wel verticaal. De referentie is hierbij niet het maaiveld, maar naar het freatisch grondwaterpakket. Een berekende kwelflux kan dus niet direct vertaald worden in een potentiële groeiplaats van grondwaterminnende planten.



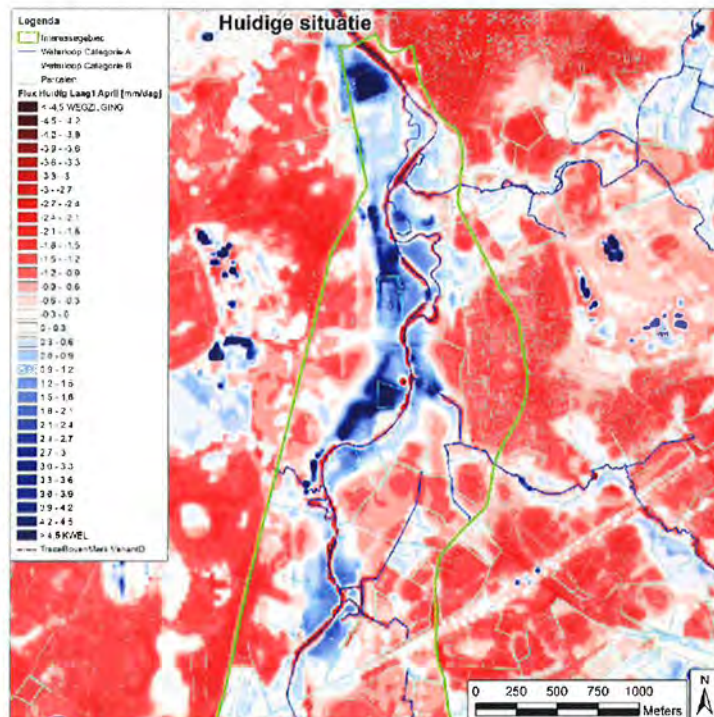
Figuur 19: Berekende kwel en wegzijging in mm/dag in de wintersituatie (rood = wegzijging), deel noord (boven A58).



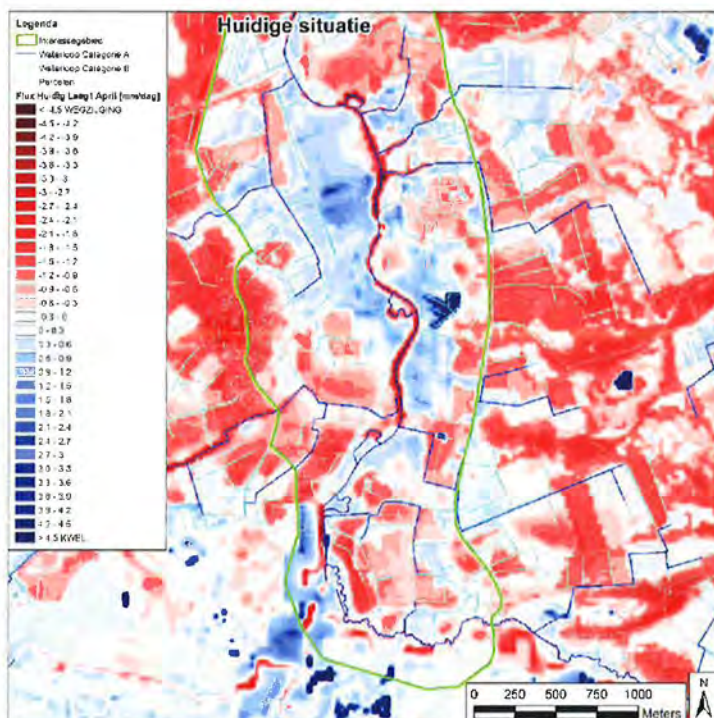
Figuur 20: Berekende kwel en wegzijging in mm/dag in de wintersituatie (rood = wegzijging), deel zuid (onder A58).

De kwel en infiltratie is berekend voor winter, voorjaar en zomer. In de winter is overwegend sprake van een infiltratiesysteem. Dat wil zeggen dat het merendeel van het neerslagoverschot tot aanvulling van de grondwatervoorraad leidt. Toch zijn er ook in de winter locaties waar sprake is van een kwelflux. In de noordelijke helft van het Markdal komt vooral op de westoever sterke kwel voor. In de zuidelijke helft komt vooral in het gebied rond Daasdonk en bij Heerstaaien sterke kwel voor. Het verschil tussen de zomer- en voorjaarsituatie is beperkt en om deze reden zijn alleen de voorjaarskwelfluxen op kaart weergegeven. In de zomer- en voorjaarsituatie komt in grote delen van het beekdal lichte tot sterke kwel voor. In het zuiden

is de kwelinvloed geringer (0,5 mm/dag) dan in het noorden (1,5 mm/dag). Infiltratie vindt plaats op de hogere delen in het beekdal en langs sommige grotere watergangen zoals de Mark zelf.



Figuur 21: Berekende kwel en wegzijging in mm/dag in de voorjaars situatie (rood = wegzijging), deel noord (boven A58).

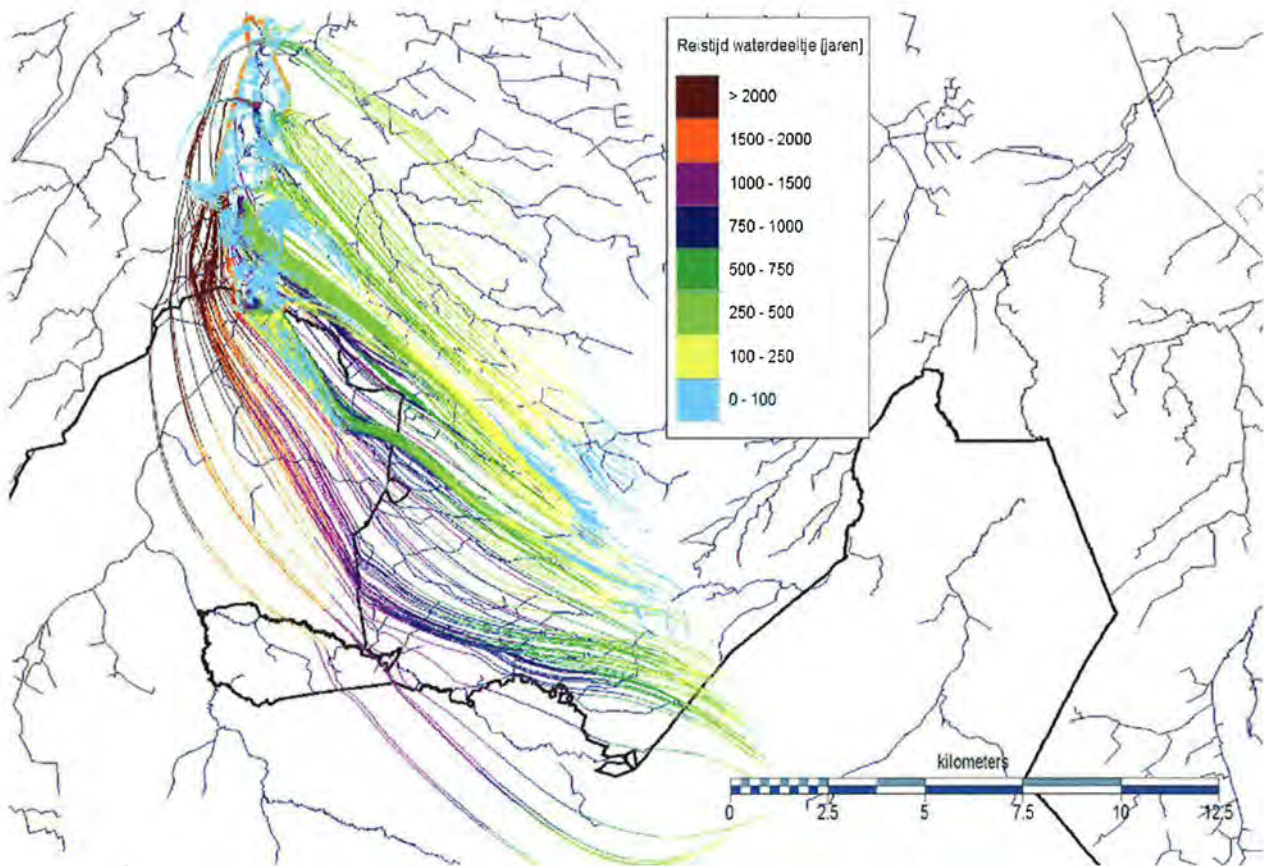


Figuur 22: Berekende kwel en wegzijging in mm/d in de voorjaars situatie (rood = wegzijging), deel zuid (onder A58).

3.2.3 Stroombanen

Met het ontwikkelde grondwatermodel zijn stroombaanberekeningen uitgevoerd. Om de 50 meter zijn binnen het interessegebied op 2 dieptes grondwaterdeeltjes losgelaten. Het model heeft teruggerekend waar deze deeltjes vandaan komen. Het resultaat hiervan is weergegeven in Figuur 23. Hieruit blijkt dat een deel van

het grondwater dat in het Markdal naar boven komt van zeer grote diepte afkomstig is. Het oudste grondwater, dat de langste afstand en tijd heeft afgelegd, heeft zijn oorsprong in België, in het Turnhouts Vennengebied. Dit water komt vooral naar boven in het zuidelijk deel van het Markdal. Kwel in de noordelijke regionen van het Markdal komt van een minder grote diepte en is ook jonger water met zijn oorsprong uit de regio Baarle-Hertog tot Gilze.



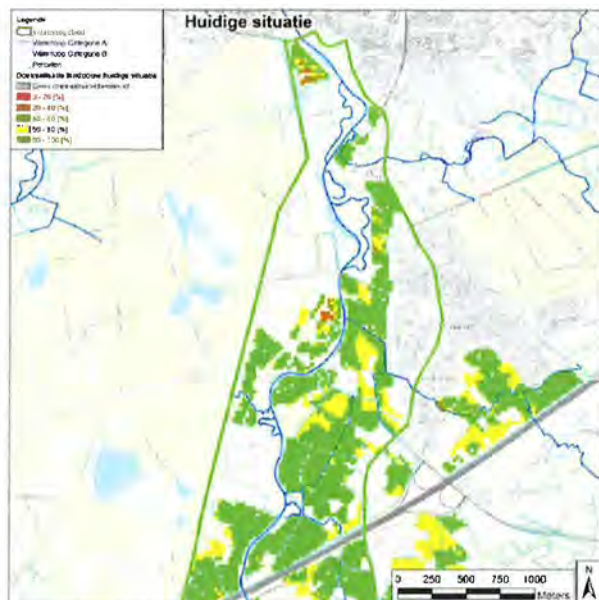
Figuur 23: Grondwaterstroming weergegeven met stroombanen door verschillende modellen naar het oppervlak in het Markdal.

Met name in het voorjaar treedt er een situatie op waarbij kwel tot in de wortelzone van de vegetatie kan komen. De locaties waar dit optreedt zijn interessant voor natuurontwikkeling, zeker als de kwel afkomstig is van grotere diepte waardoor deze licht kalkrijk kan zijn. Door de figuren met de voorjaarsgrondwaterstand, kweldruk en stroombanen te combineren zijn een aantal locaties in het Markdal aan te wijzen die in potentie interessant zijn voor de ontwikkeling van kwelafhankelijke natuur. Dit zijn het gebied Daasdonk en de Galderse Beek en het gebied tussen Blauwe Kamer en Reeptiend. Locaties met jongere, kalkarme kwel tot in de wortelzone worden verwacht in de percelen van Staatsbosbeheer ter hoogte van de jeugdgevangenis, de percelen ten zuiden van Klokkenberg, de laagte van Notsel en de oostoever van het Markdal rond Heerstaaien.

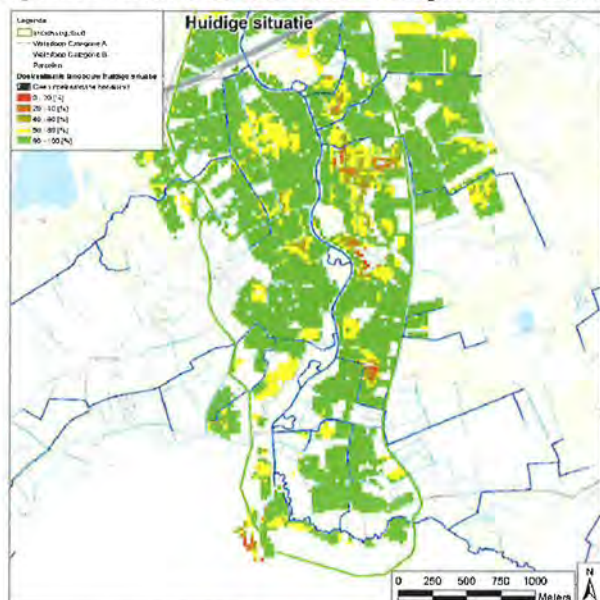
3.3 WATERNOOD-landbouw

De landbouwopbrengsten zijn sterk afhankelijk van de grondwaterstanden door het jaar heen. In het vroege voorjaar willen agrariërs voldoende draagkracht om het land te bewerken en in het groeiseizoen is voldoende water van belang. Tevens treedt er nat- of droogteschade op bij gewassen als gevolg van hogedrukdruk of lage grondwaterstanden. Op basis van de berekende GLG en GHG, het landgebruik en de

bodemkaart is het mogelijk om met behulp van de HELP-tabellen⁹ en de WATERNOOD-systematiek de nat- en droogteschade te berekenen. In de onderstaande figuren (Figuur 24 en Figuur 25) is de doelrealisatie voor de huidige situatie gepresenteerd. De doelrealisatie van de landbouw geeft de maximale opbrengst weer die, gezien de ontwatering en bodemtype, mogelijk is. De doelrealisatie is een resultante van optimale opbrengst minus de nat- en droogteschade. Het algemene beeld is dat de landbouwopbrengsten overwegend goed zijn. Het grootste deel van het gebied behaalt een doelrealisatie van 80 tot 100%. Uit de figuren van de nat- en droogteschade (Figuur 26 en Figuur 27) blijkt dat de doelrealisatie van de landbouw het sterkst wordt beïnvloed door de natschade. De natschade komt voornamelijk voor in het beekdal rondom de Blauwe Kamer, Notsel en Heerstaaien. De droogteschade is vooral terug te zien in de hogere delen van het gebied ter plaatse van de zandopduikingen, maar de schade is beduidend kleiner per ha dan de voorkomende natschade.

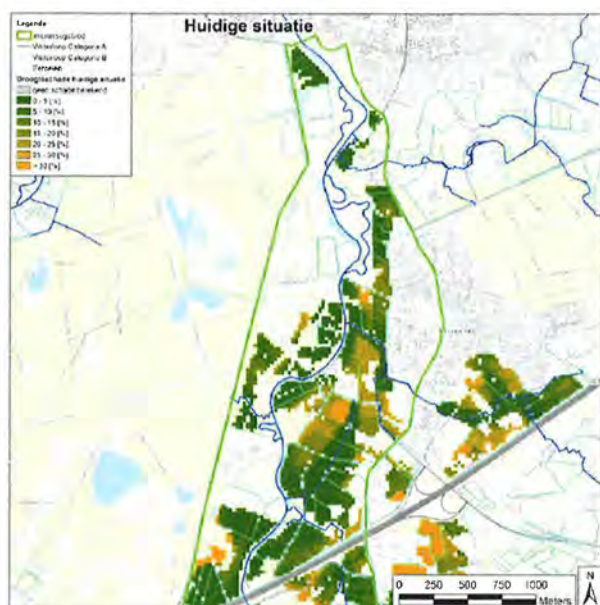


Figuur 24: Doelrealisatie landbouw huidige situatie noordelijke deel

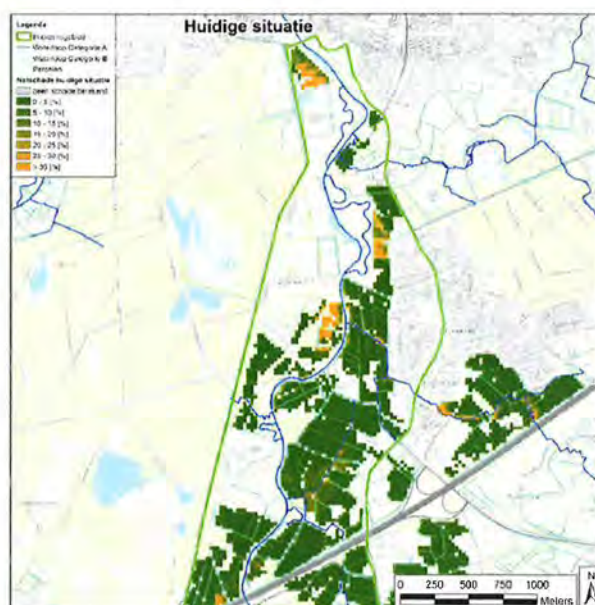


Figuur 25: Doelrealisatie landbouw huidige situatie zuidelijke deel

⁹ De HELP-tabellen geven de gewasopbrengst van verschillende gewassen bij verschillende grondwaterstanden en bodemtypen.



Figuur 26: Drogteschade huidige situatie.



Figuur 27: Natschade huidige situatie.

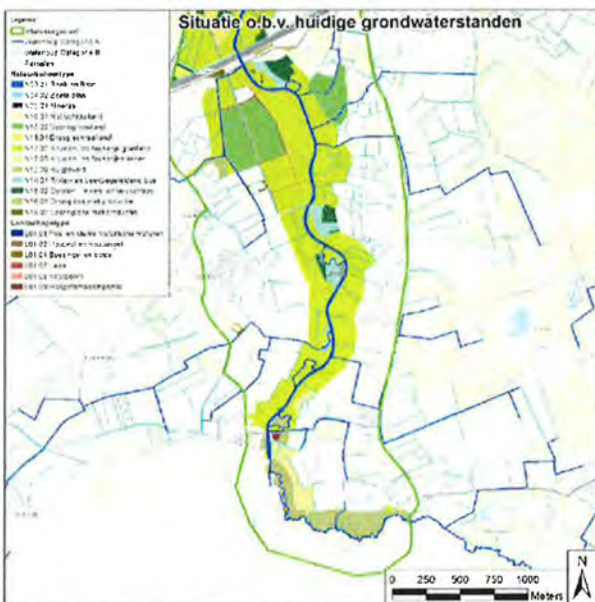
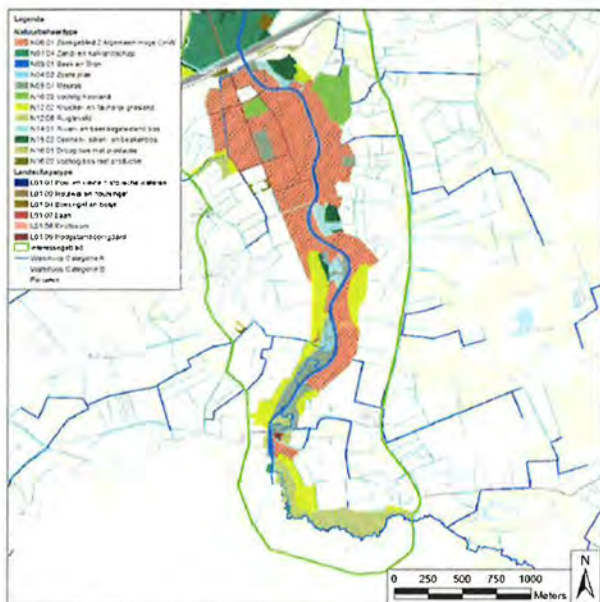
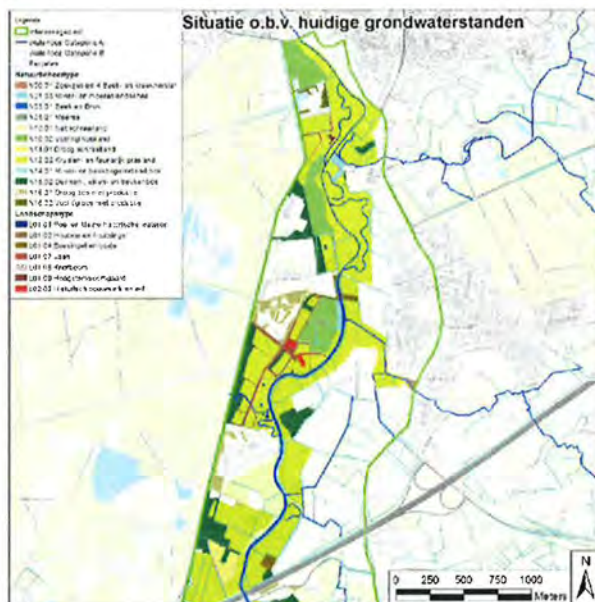
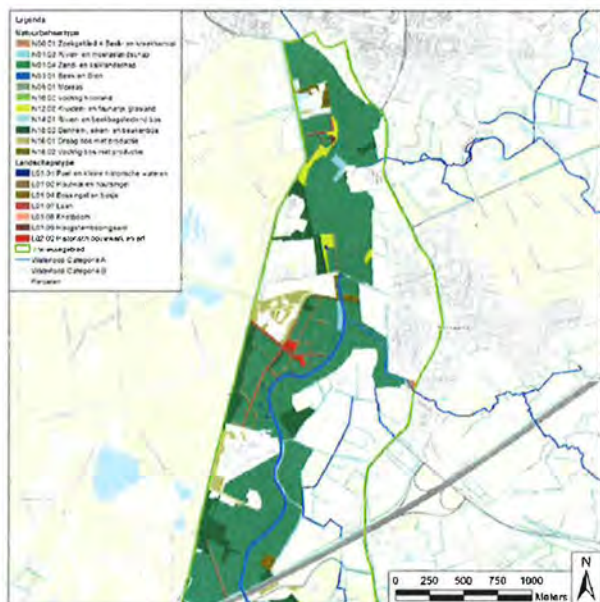
3.4 Natuurbeheertypen

In 2014 is een herziening van de ambitiebeheertypenkaart vastgesteld. In deze herziening heeft een doorlichting plaatsgevonden voor beoogde nieuwe natuur en de haalbaarheid van de natuurdoelen voor deze nieuwe natuur. De herziene ambitiebeheertypenkaart is in september 2014 vastgesteld als onderdeel van het Natuurbeheerplan 2015. De ambitiebeheertypenkaart is daarmee leidend voor de invulling van de beoogde natuurdoelen. Indien afgeweken wordt van deze ambitie dient dit nader te worden onderbouwd. De ambitiebeheertypenkaart laat echter nog wel ruimte voor nadere invulling van de daadwerkelijke te verwachten natuurbeheertypen.

In Figuur 28 is de Ambitiebeheertypenkaart van de provincie gepresenteerd. Hieruit blijkt dat het noordelijke deel voornamelijk bestaat uit natuurbeheertype N01.04 Zand- en kalklandschap, zonder verdere specificatie. Het zuidelijke deel bestaat voornamelijk uit natuurbeheertype N00.01 Zoekgebied 2 Algemeen Hoge CHW. Binnen dit zoekgebied is er een grove inschatting gemaakt van een verdeling van natuurbeheertype van 25% N14.01 Rivier- en beekbegeleidend bos; 40% N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland; 35% N12.06

Ruigteveld, maar waar die subtypes precies moeten komen is niet vastgelegd. Er is dus vrijheid bij het nader uitwerken van de natuurbeheertypen.

Op basis van de huidige grondwaterstanden is dan ook gekeken in hoeverre de Ambitiebeheertypenkaart verenigbaar is met de geldende hydrologische randvoorwaarden. In grote lijnen is te concluderen dat de gestelde ambities te zijn verwezenlijken. In Figuur 30 zijn opmerkingen opgenomen voor welke percelen wordt afgeweken van de Ambitiebeheertypenkaart of waar op basis van de huidige grondwaterstanden een nadere differentiatie binnen het perceel mogelijk is.



Figuur 28: Ambitie beheertypenkaart.

Figuur 29: Ingeschatte natuurbeheertypenkaart op basis van de huidige grondwaterstanden.



Figuur 30: Opmerkingen omtrent de invulling van de natuurbeheertypen

Nr	Opmerking
1	Binnen N01.03 (Rivier- en moeraslandschap) is N11.01 (Droog schraalland) kansrijk en in de nattere delen zijn N12 (Rijke graslanden en akkers) waarschijnlijk.
2	Daar waar het maaiveld verlaagd wordt is N10.01 (Nat schraalland) of N10.02 (Vochtig hooiland) haalbaar.
3	Gezien de grondwaterstand lijkt N12.05 (Kruiden- en faunarijke akker) hier beter geschikt.
4	Gezien de zomergrondwaterstand lijkt N05.01 (Moeras) hier niet haalbaar.
5	Het zuidelijke deel kan op basis van de grondwaterstand ook richting N10.02 (Vochtig hooiland) verschuiven.
6	Indien N05.01 (Moeras) gewenst is dan dient het maaiveld te worden verlaagd.
7	Indien het maaiveld verlaagd wordt, dan is N10.02 (Vochtig hooiland) ook haalbaar.
8	Mogelijk in te vullen als N12.04 (Zilt- en overstromingsgrasland) of N14.03 (Haagbeuken- en essenbos) afhankelijk van het beheer.
9	Op basis van de grondwaterstand is N10.02 (Vochtig hooiland) haalbaar.
10	Op basis van de grondwaterstand is N11.01 (Droog schraalland) haalbaar.
11	Op basis van de grondwaterstand is N12.05 (Kruiden- en faunarijke akker) haalbaar.
12	Op de nattere delen is ook N10.02 (Vochtig hooiland) mogelijk.
13	Afhankelijk van de vochttoestand kan N12.03 (Glanshaverhooiland) ook optreden in gradiënten.
14	In een nattere situatie is een N14.03 (Haagbeuken- en essenbos) ook mogelijk.

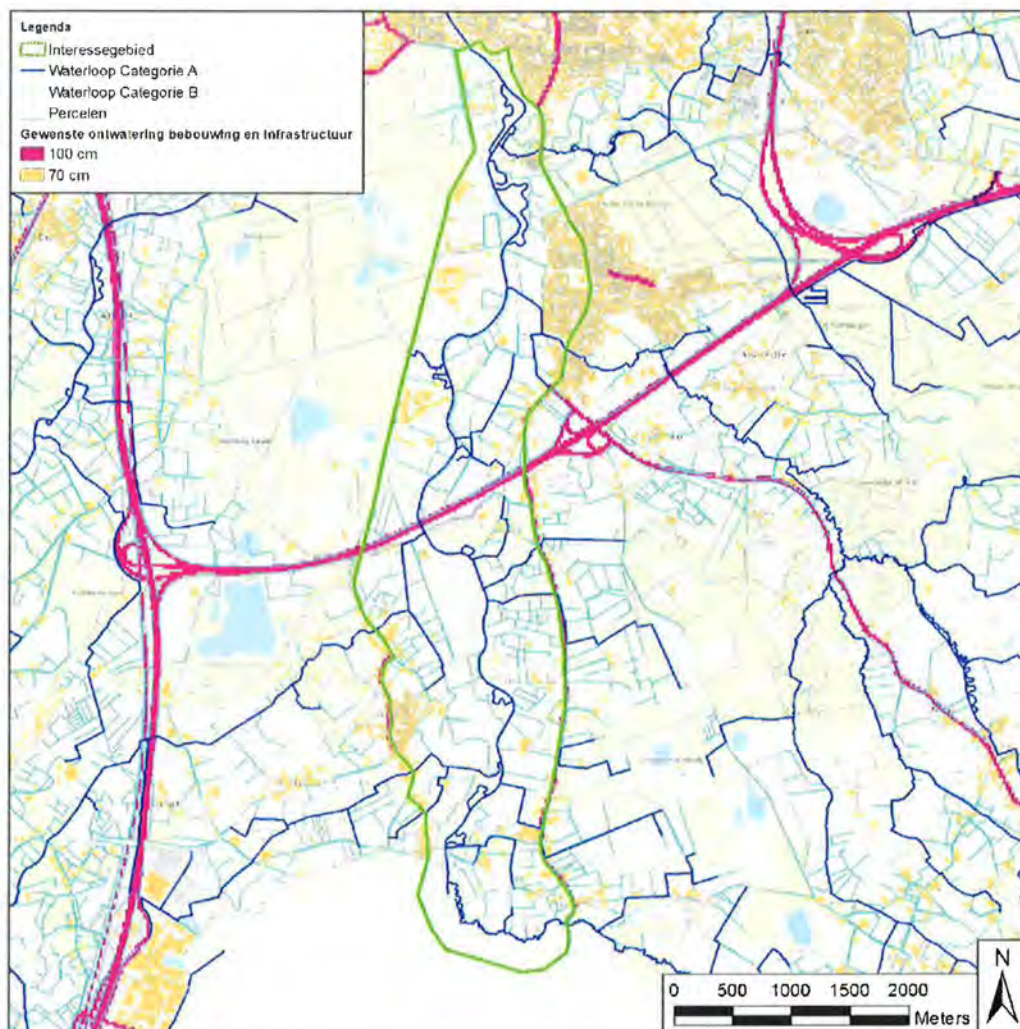
15 Op basis van de grondwaterstand wordt geadviseerd om N16.02 (Vochtig bos met productie) na te streven.

3.5 Grondwateroverlast bebouwing en infrastructuur

Met behulp van de berekende grondwaterstanden kan een inschatting gemaakt worden van de gevoeligheid van bebouwing en infrastructuur voor grondwateroverlast. Om de ligging van bebouwing en infrastructuur te bepalen is het LGN6¹⁰ gehanteerd. Binnen het LGN6 is op een resolutie van 25 meter bepaald waar bebouwing en of infrastructuur aanwezig is. In de onderstaande tabel zijn de gebruikte LGN-klassen met de daarbij behorende uitgangspunten voor gewenste ontwatering gehanteerd. In Figuur 31 is de gewenste ontwatering op kaart weergegeven.

LGN-klasse	Gewenste ontwatering [cm-mv]
Bebouwing in primair bebouwd gebied	70
Bebouwing in secundair bebouwd gebied	70
Bebouwing in buitengebied	70
Hoofdwegen en spoorwegen	100

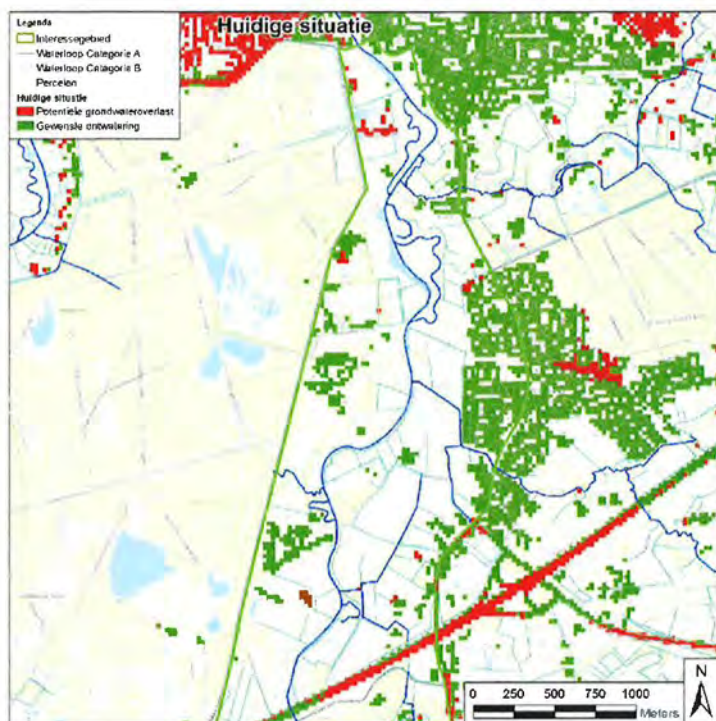
¹⁰ LGN6 = bestand met het landgebruik van Nederland met referentiejaar 2007/2008.



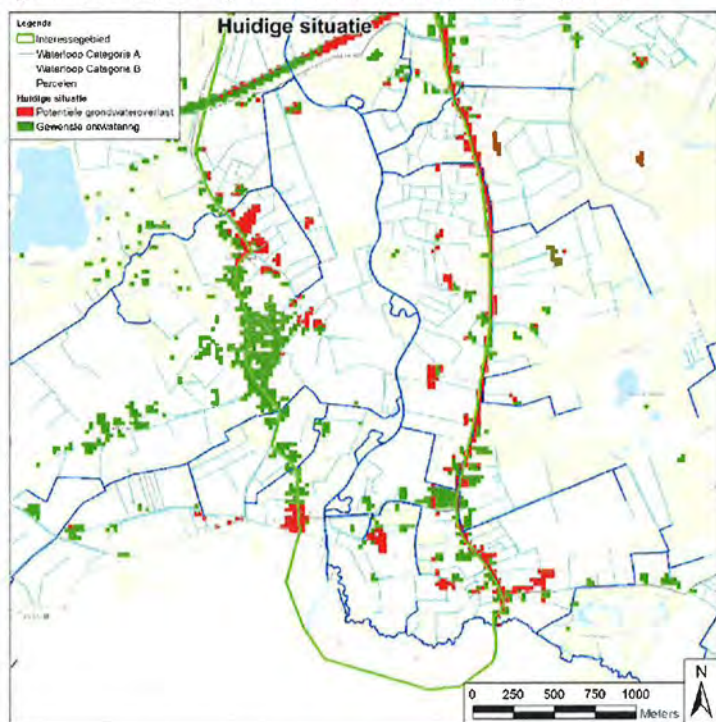
Figuur 31: Gewenste ontwatering bebouwing en infrastructuur

Op basis van de bovenstaande gewenste ontwatering is een toetsing uitgevoerd voor de huidige situatie. Uit de onderstaande figuren (Figuur 32 en Figuur 33) blijkt dat niet overal de gewenste ontwatering wordt bereikt. In Breda ten noorden van het Mastbos en richting het Ginneken wordt de gewenste ontwatering niet behaald. Deze bebouwing ligt echter niet binnen het directe beïnvloedingsgebied van de herinrichting van het Markdal. Binnen het mogelijke beïnvloedingsgebied van de herinrichting van het Markdal ligt in het oostelijke deel van Ulvenhout tegen het Ulvenhoutse Bos een cluster met bebouwing waar in de huidige situatie niet wordt voldaan aan de gewenste ontwatering. In de praktijk wordt hier ook grondwateroverlast ervaren. Ook in het noordelijke en zuidelijke deel van Galder is er sprake van potentiële grondwateroverlast. Verder zijn er een aantal losse gebouwen waar mogelijkerwijs ook grondwateroverlast wordt ervaren. Voor wat betreft de infrastructuur voldoet de snelweg voor een groot deel niet aan de gewenste ontwatering van 100cm evenals de Strijbeekseweg. Om deze reden is de snelweg bij de aanleg over trajecten voorzien van een folie in de ondergrond. Met behulp van een gemaaltje wordt de grondwaterstand onder de snelweg op een voldoende laag peil gehouden.

Voor wat betreft de potentiële overlast dient dan ook uitdrukkelijk te worden opgemerkt dat het om mogelijke grondwateroverlast gaat. De ontwatering ter plaatse van bebouwing en infrastructuur kan afwijken door lokale ophoging van het maaiveld en aanwezige drainage.



Figuur 32: Potentiële grondwateroverlast noordelijke gebied



Figuur 33: Potentiële grondwateroverlast zuidelijke gebied

4 VOORKEURSALETERNATIEF

4.1 Inleiding

Gedurende de afgelopen 3 jaar hebben bewoners, leden van de Vereniging Markdal en deskundigen in keukentafelgesprekken, in werksessies, bewonersbijeenkomsten, in één op één gesprekken met grondeigenaren, gesprekken met medewerkers van gemeenten, waterschap en provincie de basis gelegd om tot inrichtingsvarianten te komen. Dit alles is vastgelegd in verkennende schetsen, resulterend in de varianten C2 en D2 (voor meer informatie zie Bijlage 1 en 2). De schetsen zijn doorgerekend met de hydrologische modellen, waardoor de effecten op het grond- en oppervlaktewater bekend zijn. De resultaten van deze berekeningen zijn terug te vinden in Bijlage 1 en Bijlage 2. Deze resultaten zijn gepresenteerd en besproken met inbreng van bewoners, leden van de vereniging, deskundige en andere belanghebbende. Het ontwerpteam heeft daaropvolgend een voorkeursalternatief (VKA) gemaakt. In dit hoofdstuk wordt besproken hoe het voorkeursalternatief tot stand is gekomen en op basis van welke afwegingen. Daaropvolgend zijn de hydrologische en afgeleide effecten van het VKA besproken.

4.2 Proces naar het VKA

De visie en het doel van de herinrichting van het Markdal is het Markdal om te vormen tot een ecologische hoofdstructuur, waarin de verbinding wordt gelegd met omringende natuurgebieden, waarbij de optimale inzet van de percelen met hoge kwelpotentie wordt gewaarborgd. Dit alles zonder de veiligheid van Breda te verslechteren. Daarbij moet de Bovenmark een vrijstromende beek met een natuurlijke peilfluctuatie worden met voldoende natuurwaarden/waterkwaliteit (KRW), dit kan worden gerealiseerd door het verwijderen van stuwen en het aanleggen van meanders. Dit alles moet passen binnen de in het beekdal beschikbare gronden voor de EHS. Het voorkeursalternatief is voortgekomen uit de schetsontwerpen van de inrichtingsvarianten C2 en D2, opgesteld door Waterschap Brabantse Delta en Vereniging Markdal en waarvan de resultaten in het bijlagendocument zijn opgenomen. De voor- en nadelen van de herinrichtingsvarianten zijn afgewogen om tot een uiteindelijk voorkeursalternatief te komen. Belangrijke aspecten bij het komen tot een voorkeursalternatief zijn:

- Inundatierisico's bij extreme afvoersituaties mogen niet vergroten;
- Kwelpotentie op gewenste natuur vergroten;
- Natte natuur bevorderen;
- Aquatisch ecologische potenties bevorderen;
- Natschade op landbouwpercelen voorkomen.

Veiligheid Breda

Peilverhoging van extreme hoogwatersituaties in Breda, als gevolg van de herinrichting van het Markdal, is voor het waterschap en de gemeente Breda niet acceptabel. Door de nieuwe inrichting overstroomt het Markdal eerder en vaker. Het Markdal is hierdoor al gedeeltelijk gevuld op het moment van een extreme hoogwatergolf (T100), waardoor er minder waterberging in de beek over blijft en de piekafvoer richting Breda enigszins verhoogd wordt. De verhoging in Breda wordt in het VKA voorkomen door:

- Twee stuwen te handhaven en op het moment van een piekafvoer de stuw op te zetten. De overige tijd zouden deze de functie van vast dam kunnen vervullen of plat kunnen liggen. Stuw Bieberg wordt bovendien geoptimaliseerd voor de inzet bij extreem hoog water.
- Het inrichten van waterbergingsgebied bij Koekelenberg. Voor een gestuurde waterberging is een dijkje van circa 1,5 m hoog en een inlaatwerk nodig.

Stuw Bieberg

Stuw Bieberg blijft de huidige vorm en het huidige functioneren behouden. Deze stuw is van belang voor beheersing van de waterstand bij extreem hoogwater in Breda. Vanuit het waterschap is al eerder aangegeven dat deze stuw verwijderen gevoelig ligt. Deze stuw blijft zo functioneren dat bij lage waterstanden er voldoende water door de naast gelegen meander/vistrap gaat. Bij hoge afvoeren gaat deze stuw plat en bij extreem hoogwater wordt deze opgetrokken.

Stuw Blauwe kamer

Deze stuw wordt uit gebruik genomen en geheel verwijderd. Het beekdal is ter plaatse van de stuw vrij smal. De stuw en de huidige Bovenmark liggen "in de weg" voor een nieuwe loop. Mede daarom wordt ter plaatse van stuw Blauwe Kamer een meanderende Mark in een verlaagd beekdal (2-fasen-profiel) voorgesteld. Hierdoor ontstaat een semi-natuurlijk landschap. Om dit landschap volledig tot zijn recht te laten komen, is stuw Blauwe Kamer in het VKA verwijderd.

Stuw Vonderpad / Markstuw Galder

Deze stuw blijft gehandhaafd ten behoeve van de veiligheid van Breda. De stuw krijgt een vaste stand en functioneert vergelijkbaar met een vaste dam. Bij een extreme hoogwatergolf wordt de stuw opgezet om Breda droog te houden. Het bouwwerk blijft als brug beschikbaar. De stuw wordt vispasseerbaar met meanders langs de hoogwatergeul.

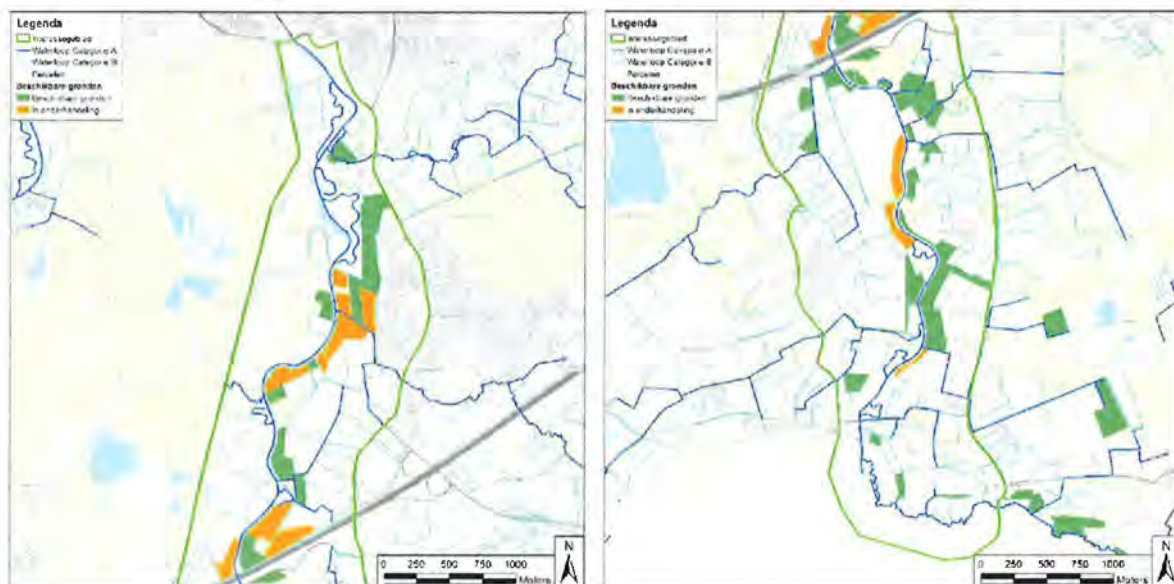
Gestuurde waterberging

Als compensatie voor het verwijderen van de stuw Blauwe Kamer wordt een waterbergingsgebied bij Koekelenberg voorgesteld. Deze wordt vooralsnog opgenomen in het VKA. Als het optimaliseren van stuw Bieberg voldoende effect heeft op hoogwater in Breda hoeft geen waterberging te worden gerealiseerd.

Beschikbare grond

De kaarten in Figuur 34 laten de beschikbare gronden zien. In het VKA wordt alleen inrichting gepland op beschikbare grond.

Een aantal percelen bij Notsel zijn nog niet beschikbaar, hierdoor kan de optimale inrichting niet plaatsvinden. In het VKA is nu een wat kunstmatige meander opgenomen. Wanneer de ontbrekende percelen beschikbaar komen zal hier een extra meander kunnen worden aangelegd. De uiteindelijk gewenste inrichting bij Notsel is in een aparte schets uitgewerkt.

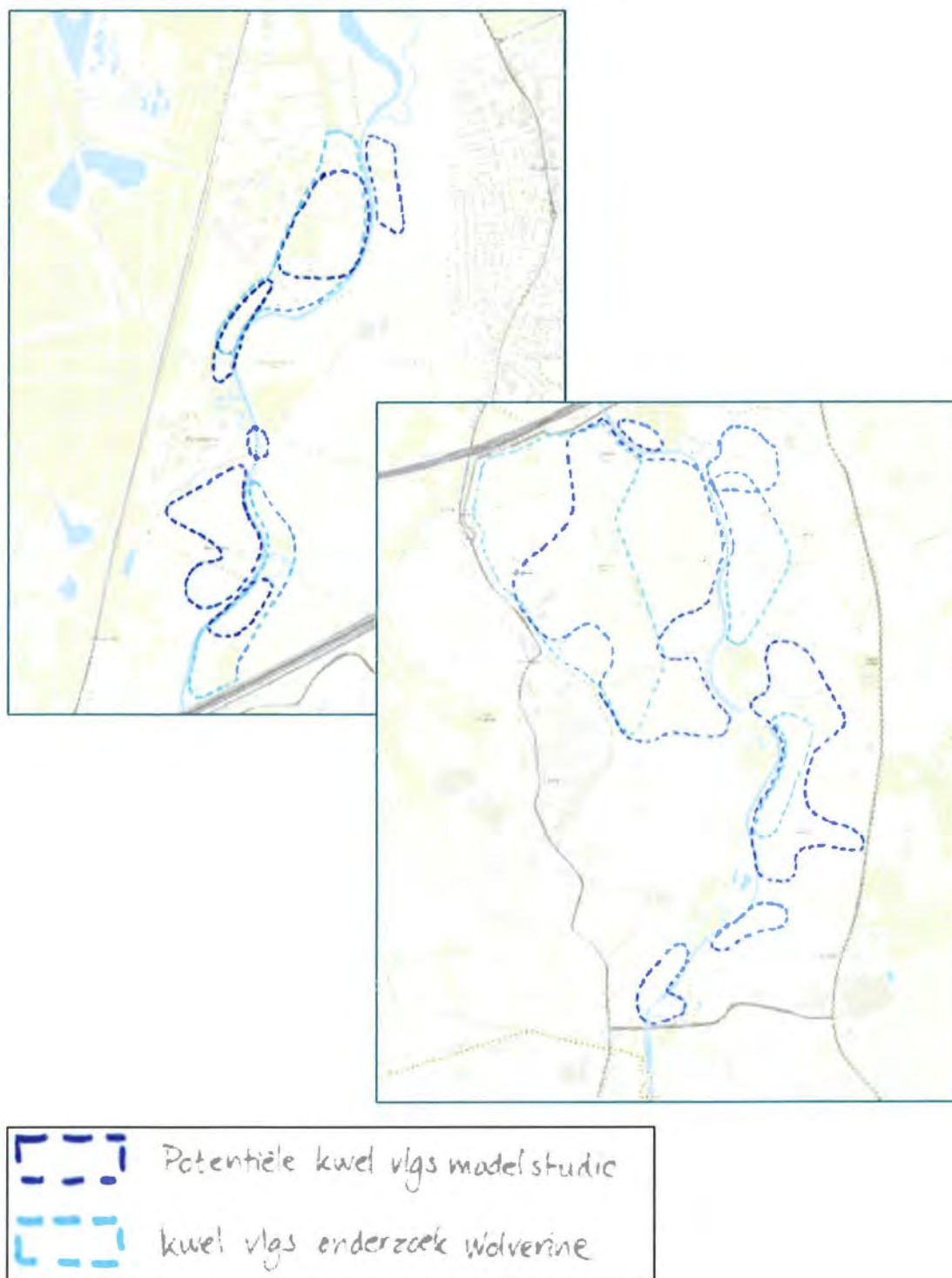


Figuur 34: Beschikbare gronden (noord en zuid) in het Markdal.

Kwelpotentie benutten

Uit veldonderzoek van Dick Klees (Studio Wolverine, beschreven in hoofdstuk 2) en de hydrologische modelering van het grondwater (Arcadis) zijn gebieden naar voren gekomen waar kwel aanwezig is of komt

(na inrichting). Om de kwelafhankelijke natuur te ontwikkelen zijn meanders, waar mogelijk, niet door deze gebieden gelegd. In Figuur 35 zijn de gebieden met kwel aangegeven.



Modelstudie Arcadis: berekende kwelflux, niet per definitie in de wortelzone.
Onderzoek Wolverine: kwel in sloten op basis van vegetatie, kwelvlies en ijzervlokken.

Figuur 35: Potentiele kwelgebieden volgens modelstudie en volgens veldonderzoek.

4.3 Het voorkeursalternatief

In Figuur 36 en Figuur 37 zijn de schetsen van het VKA getoond. In deze schetsen zijn onder andere de nieuwe loop van de Mark, de nieuwe en bestaande natuur opgenomen. Een nadere beschrijving van het VKA staat beschreven in de volgende paragraaf (§4.3.1).



Figuur 36: Het noordelijke deel van het VoorKeursAlternatief



Figuur 37: Het zuidelijke deel van het VoorKeursAlternatief

4.3.1 De afwegingen per traject van noord naar zuid:

Bieberg meander

Deze meander wordt vanuit historisch oogpunt aangesloten op de Oudhofmeander. In hoeverre dit ecologische meerwaarde heeft moet in een later stadium worden uitgezocht.

De huidige bodemhoogte (zachte bodem) van de meander Bieberg is ca. -0,5 mNAP. Er is een laag zacht materiaal (slib) aanwezig van 50-100 cm dik. De meander wordt gebaggerd tot een diepte van -1,0 mNAP.

Oudhofmeander

In de Oudhofmeander kan slechts een beperkte bodemverhoging plaatsvinden. Bij een sterke verondieping en versmalling van de meander (zoals in scenario D2) stijgt waterpeil van de Bovenmark en Chaamse Beek ter hoogte van Ulvenhout sterk, wat tot een onacceptabele grondwaterstandsverhoging in de dorpskern van Ulvenhout leidt. Vernatting in de bebouwde kom van Ulvenhout is voor gemeente Breda niet acceptabel. Enige bodemverhoging (zoals in scenario C2), bijvoorbeeld als gevolg van zandtransport uit bovenstrooms nieuw te graven meanders, kan wel toegestaan worden.

De huidige bodemhoogte van de meander Oudhof is -1,5 mNAP aan de zijde van Reeptiend. De bodem mag hier actief of passief verhoogd worden tot 0 mNAP. Bij actief verhogen wordt er met materieel zand in de meander gestort. Passief verhogen vindt plaats door spontane aanzanding of door aanzanding te stimuleren, bijvoorbeeld door het inbrengen van beekhout. De bodem van de meander Oudhof mag in de toekomst aflopen van 0 mNAP aan de zijde van Reeptiend tot -1 mNAP aan de zijde van Bieberg.

De meander Oudhof wordt verlengd, via een fietsbrug onder het Sulkerpad, en sluit ten zuiden van het Sulkerpad aan op de Bovenmark. De vorm van de meanders rond het Sulkerpad zijn geïnspireerd op de vorm van historische meanders, zoals die hier ooit voorkwamen. De nieuw te graven meanders rond het Sulkerpad kennen een bodemhoogte die afloopt van 0,2 mNAP naar 0 mNAP en een bodem- en bovenbreedte van resp. 6 en 10 meter. De taluds zijn relatief steil van verticaal tot 1:2 (gemiddeld 1:1).



De huidige "puindam" ten noorden van de fietsbrug van het Sulkerpad (Reeptiend) wordt verwijderd of sterk verlaagd, waardoor deze niet meer opstuwd. Ten zuiden van de fietsbrug komt een nieuwe puindam met een kruinhoogte van 1 mNAP. Dit is iets hoger dan de huidige kruinhoogte van 0,8 mNAP. Deze verhoging van de kruinhoogte draagt enigszins bij aan het vernatten van de natuurpercelen rond Blauwe Kamer en het overbruggen van het hoogteverschil van stuw Blauwe Kamer. De kruinhoogte kan niet verder dan 1 mNAP verhoogd worden, omdat er anders te veel peilverhoging in de Chaamse Beek wordt veroorzaakt, wat tot grondwateroverlast in Ulvenhout kan leiden. Door de puindam te verplaatsen van het noorden naar het zuiden van wordt peilverhoging bij de huizen langs Reeptiend voorkomen. Bij deze huizen zijn de afgelopen jaren diverse klachten over wateroverlast geweest.

Ter hoogte van het bosje op de historische aarden wal op de oostoever van de Mark blijft de huidige loop gehandhaafd over een lengte van ca. 60 meter. De aarden wal is een archeologisch monument en wordt om die reden niet vergraven of doorsneden door een nieuwe meander. De bodemhoogte van dit gekanaliseerde profiel wordt wel verondiept tot 0,2 mNAP. Dit verondiepen kan actief of passief gebeuren.

Aantakking Chaamse beek

Direct ten zuiden van de historische aarden wal komt de nieuwe monding van de Chaamse Beek in de Bovenmark te liggen. De Chaamse Beek mondt uit in het verlaagde stroombed van de Mark. Het archeologisch monument op de noordoever van de Chaamse Beek blijft behouden. Het verleggen van de Chaamse Beek gebeurt buiten dit archeologisch monument.

De nieuwe monding komt 130 m noordelijker te liggen ten opzichte van de huidige monding. Doordat de Chaamse Beek meer stroomafwaarts in de Bovenmark uitmondt, watert deze op een lager peil af en treedt er minder peilstijging in de Chaamse Beek op. Ook wordt de betere waterkwaliteit van de Chaamse Beek optimaal benut. Dit gecombineerd met de aanwezige kwel geeft potentie voor meer bijzondere vegetatie langs de oevers van de Chaamse Beek. Verder bovenstrooms wordt de Chaamse Beek vergraven, waarbij aan de noordzijde van de nieuwe beek een moerassige laagte wordt aangelegd met een bodemhoogte die afloopt van ca. 2,0 naar 1,7 mNAP. Dit winterbed is ca. 10 meter breed en loopt via een glooiend talud over in het huidige maaiveld. De Chaamse Beek (met een bodembreedte van 3 meter en een bovenbreedte van 6 meter) mag licht slingeren binnen dit winterbed, zolang de beek nog maar onderhouden kan worden vanaf de noordoever. De noordoever van de huidige Chaamse Beek wordt niet vergraven omdat ook daar een archeologisch monument aanwezig is.

Tussen Nieuwenhuis en de Klokkenbergmeander (de Blauwe Kamer)

Het gebied ten noorden van de Blauwe Kamer is rijk aan cultuurhistorie en de potenties voor kwelafhankelijke vegetatie zijn hier groot. Om deze reden zijn de gronden ten noorden en ten westen van de Blauwe Kamer zoveel mogelijk ontzien bij inrichtingsmaatregelen ten behoeve van het vrij stromend maken van de Bovenmark en is er voor een meandering aan de oostzijde van het Markdal gekozen.

Vereniging Markdal heeft de sterke wens tot het herstellen van een natuurlijk beekdallandschap met één beek. Deze wens is vertaald als een meanderende hoofdloop binnen een breed 2-fasen profiel. Binnen het

projectgebied is deze locatie, qua doorwerking op waterstanden, het meest geschikt voor een dergelijke inrichting.

De eigenaar van de grond rond de Blauwe Kamer (Brabants Landschap) vraagt om ter hoogte van de Blauwe Kamer consequent voor één inrichtingsvariant te kiezen, dus voor een 2-fasen profiel vanaf de Koekelenbergse Tiend en de monding van de Chaamse Beek.

De nieuwe meanders zijn relatief breed en ondiep. De bodem- en bovenbreedte zijn resp. 10 en 14 meter. De diepte is 1 meter onder het toekomstige maaiveld van het uit te graven winterbed. Door deze breedte-diepte verhouding wordt de stroomsnelheid in de meander niet te hoog ($< 50 \text{ cm/s}$ T2 afvoersituatie), zodat overmatige oevererosie wordt voorkomen, en wordt de peilfluctuatie beperkt, wat gunstig is voor de omliggende natte natuur. Nadeel van deze verhoudingen is dat 's zomers de stroomsnelheid kleiner is dan de gewenste 20 cm/s , wat minder gunstig is voor het behalen van de KRW-doelen. De lengte van de meanderende Bovenmark binnen het winterbed is ca. 1,5 km.

De bodemhoogte van de meanders binnen het 2-fasen-profiel loopt af van 0,9 mNAP nabij meander Klokkenberg/Koekelenbergse Tiend tot 0,4 mNAP bij de monding van de Chaamse Beek. Waar de Chaamse Beek en de Bovenmark samen komen zal veel stromingsdynamiek optreden. De huidige gekanaliseerde loop van de Mark wordt daar gedempt en op het samenvloeiingspunt zullen de oevers verstevigd moeten worden met bijvoorbeeld breuksteen om weerstand te kunnen bieden tegen de sterke stroming uit de Mark, Chaamse Beek en het winterbed van de Mark.



Het winterbed van het 2-fasen profiel loopt af van 1,9 mNAP nabij de meander Klokkenberg tot 1,4 mNAP bij de monding van de Chaamse Beek. De huidige maaiveldhoogte aan de bovenstroomse zijde van het 2-fasen profiel is ca. 2,5-2,8 mNAP (volgens het AHN2010) en aan de benedenstroomse zijde is de huidige maaiveldhoogte 1,9-2,1 mNAP. Het toekomstige winterbed van het 2-fasen profiel moet dus ca. 50-90 cm uitgegraven worden ten opzichte van het huidige maaiveld. De bodembreedte van het 2-fasen profiel is minimaal 60 meter en de bodem loopt glooiend over in het bestaande maaiveld, behalve op de plekken waar de meanders de grens vormen tussen het 2-fasen profiel en de hoge dal flanken. Daar vormen de steile buitenbocht oevers van de meanders de overgang naar de hogere gronden.

Aan de zuidkant van de Blauwe Kamer is er een smal en laag perceel van Brabants Landschap gelegen waar veel kwel aan maaiveld komt. Vanwege de potenties op dit perceel wordt deze strook niet afgegraven, maar wordt het 2-fase profiel hier geheel op de locatie van de huidige loop en op de oostoever gerealiseerd.

Stuw Blauwe Kamer wordt verwijderd. De landschappelijke impact van de stuw is groot en botst met het zo natuurlijk mogelijke beekdal dat hier beoogd wordt. De uitdrukkelijke wens voor een inpassing van een passage op deze locatie (voetgangers, ruiters en onderhoudsmaterieel) wordt nog nader onderzocht.

Binnen het 2-fasen profiel zijn de potenties voor kwelafhankelijke natuur beperkt door de hoge overstromingsfrequentie met voedselrijk Markwater. De ecologische waardevolle vegetatie zal zich dus vooral op de Blauwe Kamer ontwikkelen. De potentie is hier hoog, maar om deze te realiseren zijn wel optimalisatie van het beheer en maatregelen om kwel beter te benutten nodig. Nabij de monding van de historische verdedigingssloot in de Bovenmark wordt daarom een stuwje geplaatst met een kruinhoogte van 1,6 mNAP (huidige waterpeil in de sloot is ca. 0,8 mNAP). Hierdoor wordt het waterpeil in deze sloot verhoogd tot ca. 50 cm onder maaiveld, neemt de drainerende werking van deze sloot af en kan er meer kwelwater ten goede komen aan de natuurpercelen van Brabants Landschap rond de hoeve Blauwe Kamer.

De huidige loop blijft in het winterbed op enkele plekken herkenbaar als een ondiepe plas waar zich rietmoeras kan ontwikkelen. Het stroombed kan plaatselijk breed genoeg uitgevoerd worden dat zich bos mag ontwikkelen. Voor voldoende afvoer capaciteit zal circa 60 m breedte van het stroombed uit korte (grasland) vegetatie moeten bestaan. Bij het graven van het stroombed blijven bestaande bosjes zoveel mogelijk gespaard.

De meanderende zomerloop raakt de historische verdedigingssloot langs Hoeve De Blauwe Kamer bijna. Dit om het idee van de verdedigingssloot in ere te houden. Er wordt echter geen open verbinding tussen de

nieuwe meander en de verdedigingssloot gemaakt zodat het water in de verdedigingssloot vooral van lokale aard en dus van relatief goede kwaliteit zal zijn.

Klokkenbergmeander

Deze meander krijgt een extra slinger (ca. 170 meter lang) op de westoever om deze goed te laten aansluiten op de loop in het 2-fasen-profiel bij de Blauwe Kamer. Een slinger op de oostoever is hier niet wenselijk, om dat zich hier een historisch monument bevindt.

De bodemhoogte van de bestaande en nieuwe meander Klokkenberg wordt 0,9 mNAP en de bodem- en bovenbreedte is resp. 10 en 14 meter. De huidige puindam nabij de instroom van de meander Klokkenberg wordt verhoogd tot 1,8 mNAP. De huidige hoogte van de puindam is ca. 1,4 mNAP.

Klokkenbergmeander tot A58

Om grootschalige overstroming van Daasdonk (ten zuiden van de snelweg) te voorkomen, blijft de bestaande loop tussen de A58 en de Koekelenbergse Tiend als hoogwatergeul gehandhaafd. Op de oostoever wordt een meander gegraven met een lengte van ca. 1,5 km (inclusief de bestaande, historische meander bij Schoondonk). Dit komt grotendeels overeen met de laagste plek in het beekdal. Historisch gezien hebben de meanders ook vooral op de oostflank gelegen. De historische en nog steeds bestaande meander Schoondonk wordt in de nieuwe meander opgenomen. De bodem van de lange meander is nagenoeg horizontaal op een hoogte van 0,9-0,95 mNAP. De meander is relatief smal met een bodem- en bovenbreedte van resp. 6 en 10 meter. De taluds variëren van verticaal tot 1:2 (met een gemiddelde van 1:1). Enkele binnenbochten kunnen flauwer afgegraven worden.

De lange meander kruist op 3-4 punten infrastructuur: in het zuiden kruist het fietspad de meander, bij Schoondonk kruisen 1 of 2 bredere (asfalt)paden de meander en ter hoogte van Klokkenberg kruist het pad Koekelenberg de meander. Deze kruisingen kunnen uitgevoerd worden als rechthoekige duikers met een breedte van 2 meter en een hoogte van 2,5 meter. De stroomsnelheid is dan voldoende laag voor vismigratie ($<0,5$ m/s bij voorjaarsafvoer) en de doorvaarhoogte is voldoende hoog voor kanoërs ($>1,25$ meter bij mediane afvoer).

Om de lange meander permanent watervoerend te maken, worden in de huidige loop twee dammen ("puindammen") aangelegd met een kruinhoogte van 1,8 mNAP. De stroomsnelheid in de meander ligt de grootste tijd van het jaar rond 15 cm/s. De huidige loop gaat daardoor als "hoogwatergeul" functioneren. De dammen worden onder een hoek van ca. 45° in de waterloop gelegd. Enerzijds geeft dat landschappelijk een mooier beeld, omdat de dam dan de richting van de meander aangeeft, anderzijds is de kruinlengte dan langer, waardoor deze minder opstuwing geeft in bovenstroomse richting. Voor het watervoerend maken van de meandering is in principe één dam voldoende, maar door zowel aan de stroomopwaartse als stroomafwaartse zijde een dam aan te leggen, wordt er 's zomers meer water vastgehouden, wat een positief effect heeft op bijvoorbeeld de potenties van de natuurterreinen ten zuiden van het Klokkenberg complex.

De westoever van de hoogwatergeul tussen de snelweg en de meander Klokkenberg wordt glooiend afgegraven, waardoor een meer gevarieerde nat-droog overgang ontstaat. Het dijkje tussen de Mark en de afgegraven natuurterreinen voor Klokkenberg verdwijnt daardoor. Op de oostoever van de hoogwatergeul is het fietspad gelegen. Ter hoogte van de Klokkenberg ligt het fietspad ca. 5 meter van de huidige waterlijn. Ook daar kan de oever enigszins afgegraven worden. Meer naar het zuiden, vanaf de meander bij Schoondonk in de richting van de snelweg, ligt het fietspad dicht op de Mark en kan de oostoever niet vergraven worden. De bodem van de hoogwatergeul kan verondiept worden tot 0,3 mNAP. De huidige bodemhoogte is op het laagste punt -1,5 mNAP.

De stroomsnelheid in de meander ligt de grootste tijd van het jaar rond 15 cm/s. Dat is sub-optimaal voor het behalen van KRW-doelstellingen. Indien de stroomsnelheid verhoogd moet worden, dan moet er meer verhang in de meander aangebracht worden. Dat kan door de twee puindammen te verhogen, maar dat zou



tot bij extreme afvoeren tot grootschalige overstroming leiden waarbij ook bebouwing (woonhuizen) in het gedrang komt. Ook kan er meer verhang aangebracht worden door het waterpeil bij Klokkenberg te verlagen. Dat zou echter een negatief effect hebben op de te ontwikkelen natte natuur rond Blauwe Kamer. Daarom is er bij het uitwerken van het VKA gekozen voor de bovenstaande afmetingen en hoogtes van de meander, hoogwatergeul en dammen.

Aan beide zijden van de huidige Mark tussen de snelweg en Klokkenberg is (jonge) kwel aanwezig. Om deze kwel te kunnen benutten, wordt de oostoever van de meander tussen de snelweg en de meander Schoondonk gedeeltelijk afgegraven, waardoor een lange gradiënt van nat naar droog ontstaat. Op het "eiland" tussen de nieuwe meander en de huidige loop wordt geen kwel verwacht. Daarom wordt dit eiland niet afgegraven.

Rond de snelweg A58 en Scheelebrug

Vanaf de Scheelebrug tot de nieuwe meander ten noorden van de snelweg blijft de huidige breedte van de Mark gehandhaafd. De bodem kan (spontaan) verondiept worden tot 0,4 mNAP. De huidige bodemhoogte is ca. -1 mNAP (diepste punt). De bodemhoogte sluit daarmee niet optimaal aan bij de benedenstrooms liggende meander, waar de bodemhoogte hoger ligt. Echter om bovenstrooms van de snelweg A58 geen ongewenste opstuwing te voorkomen heeft de Bovenmark hier ten opzichte van boven- en benedenstrooms een 'verdiepte' ligging. De ecologische potentie op dit (korte) traject is beperkt. De doorvaarhoogte onder de snelwegbrug en Scheelebrug is in de toekomst ca. 1 meter bij mediane afvoer. Dit is net wat minder dan de gewenste doorvaarhoogte van 1,25 meter voor kanoërs.

Snelweg A58 tot de Middeltiend

Vanaf de snelweg tot aan de laagte van Notsel worden twee meanders aangelegd op particuliere grond. De meest noordelijke meander wordt nieuw gegraven. Deze meander wordt met een bodem- en bovenbreedte van resp. 4 en 7 meter vrij smal uitgevoerd om de hoeveelheid benodigd grondoppervlak te beperken. De taluds zijn daardoor steil (verticaal tot 1:1). De bodemhoogte van deze meander loopt af van 1,05 mNAP naar 0,95 mNAP. Door de beperkte breedte en lengte (350 meter) van de meander ligt de stroomsnelheid vrij hoog. Om te voorkomen dat de meander zichzelf sterk verbreed, en om ervoor te zorgen dat de waterpeilen bovenstrooms in de laagte van Notsel worden verhoogd, wordt een korte vispassage (3-5 treden) aangelegd, waarbij ook de oevers worden verstevigd. De bovenste drempel krijgt een hoogte van 1,3 mNAP.

Door deze passage tegen de Daesdonckseweg aan te leggen, wordt bovendien oeverafslag van de wegberm voorkomen. Het eiland tussen de nieuwe meander en de bestaande loop wordt voor de eigenaar ontsloten met twee bruggen. Aan de zuidoostzijde komt een brug of duiker die geschikt is voor landbouwmaterieel en aan de noordzijde wordt een (private) voetbrug aangelegd. Deze meander is niet toegankelijk voor kanoërs.



De nieuwe meander wordt permanent watervoerend gemaakt door een dam aan te leggen nabij de instroom van de meander. De kruinhoogte van deze dam is 2,1 mNAP en de breedte bedraagt 25 meter. De dam wordt aan de stroomopwaartse zijde van dit traject aangebracht, zodat de particuliere (natuur)percelen aan beide zijden van de hoogwatergeul niet te sterk vernatten en nog als extensief grasland gebruikt kunnen worden. Er moet een voorziening voor de passage van kano's worden aangelegd. De hoogwatergeul wordt aan de oostzijde voorzien van een glooiende oever (talud 1:5), waarbij de glooiende oever volledig in het huidige profiel wordt aangebracht. De bodemhoogte van de hoogwatergeul wordt verondiept tot 0,6 mNAP. De westoever met het fietspad wordt niet vergraven.

De bestaande meander bij Notsel wordt aangesloten. De toekomstige bodemhoogte van deze meander wordt 1,1 mNAP. De meander mag wat versmald worden, bijvoorbeeld door houtpakketten in te brengen. Het eiland wordt voor de eigenaar toegankelijk gemaakt. Deze meander is niet toegankelijk voor kanoërs. De meander wordt permanent watervoerend gemaakt door een dam aan te leggen met een kruinhoogte van 2,15 mNAP. Ook hier moet een voorziening voor de passage van kano's worden aangelegd. De

bodemhoogte van de hoogwatergeul wordt 1,1 mNAP en de oostoever wordt glooiend aangelegd binnen het huidige profiel.

In de laagte van Notsel wordt een nieuwe meander aangelegd met een bodemhoogte van 1,2 mNAP en een bodem- en bovenbreedte van resp. 4 en 8 meter. De taluds zijn verticaal tot 1:2. De lengte van deze meander is ca. 200 meter. De meander is permanent watervoerend door een dam in de huidige Bovenmark met een kruinhoogte van 2,2 mNAP en een breedte van 25 meter. Deze dam vormt bovendien de toegang tot het eiland.

Tussen de meanderende Mark en de laagte bij Notsel wordt een lage kade van circa 0,5 m hoog aangelegd. Daardoor overstroomt de laagte van Notsel niet ieder jaar met (voedselrijk) Markwater. Dat vergroot de potentie voor vochtig hooiland. In de huidige afwateringssloot komt een duiker met terugslagklep, zodat de laagte wel kan afwateren op de Bovenmark. Een stuwtje met een kruinhoogte van 2,3 mNAP zorgt ervoor dat de Notselseloop 's zomers niet droogvalt. De Notselseloop wordt verlegd van het midden van de laagte naar de noordzijde. Daardoor blijven de (bebouwde) percelen langs de rand van de laagte ontwaterd en kan het hart van de laagte vernat worden door de bestaande sloten te verondiepen tot greppels. De bestaande sloten worden niet volledig gedempt, zodat er geen regenwaterlenzen of moeras ontstaat.

Niet alle gewenste percelen in de laagte van Notsel zijn voor natuurontwikkeling beschikbaar. Daarom blijft een traject van ca. 200 meter lang gekanaliseerd. De breedte en oevers worden niet of hooguit zeer plaatselijk aangepast. Wel wordt de bodem verhoogd tot 1,2 mNAP. De huidige bodemhoogte is -0,5 mNAP op het diepste punt.

Middeltiend tot Heerstaaien

Beschikbaarheid van grond is hier leidend/beperkend. Om toch voldoende meanderlengte in de nieuwe hoofdloop te brengen wordt op het relatief korte traject tussen de Middeltiend en stuw Vonderpad een meander aangelegd op de westoever. Een meander op de westoever heeft bovendien als voordeel dat het potentiële kwelgebied (volgens het kwelonderzoek van Studio Wolverine) op de oostoever wordt ontzien. Direct benedenstreams van de Markstuw bij het Vonderpad steekt de meander over naar de oostoever. Daarbij gaat de meander door een particulier bosje en schuurt deze tegen de donk van Heerstaaien, waardoor de donk geaccentueerd wordt.



De meander op de westoever (ruim 300 meter lang) krijgt een bodemverloop van 1,3 mNAP naar 1,2 mNAP met een bodem- en bovenbreedte van resp. 4 en 8 meter. De taluds zijn verticaal tot 1:2. De meander wordt permanent stromend gemaakt door een dam met een kruinhoogte van 2,3 mNAP aan te leggen in de huidige Mark. De dam krijgt een breedte van 25 meter. Door de dam aan de noordzijde van de hoogwatergeul aan te leggen, wordt het waterpeil in de natte natuurparel nog wat extra verhoogd. Bovendien wordt de bodem van de hoogwatergeul verhoogd tot 0,8 mNAP.

De meander op de oostoever (600 m meter lang) krijgt een bodemverloop van 1,5 mNAP naar 1,3 mNAP met dezelfde bodem- en bovenbreedte van resp. 4 en 8 meter. De taluds zijn verticaal tot 1:2. De meander wordt permanent stromend gemaakt door de huidige Markstuw, die een vaste kruinhoogte van 2,5 mNAP krijgt. De bovenstreams gelegen hoogwatergeul wordt verondiept tot 1 mNAP en de oostoever wordt glooiend aangelegd.

Er is onderzocht of de meander door de Markstuw kon gaan, maar de drempel van de stuw blijkt daarvoor te hoog te liggen. Daarom gaat de meander rond de stuw en kruist de gekanaliseerde Mark aan de stroomafwaartse zijde van de Markstuw. De taluds en bodem zijn hier volledig bekleed met grasbetontegels, om uitspoeling door hoge stroomsnelheden te voorkomen. Op de plaatsen waar de meander door de grasbetontegels gaat, moet de bodem en taluds van de meander ook vastgelegd worden. De oostelijke meander moet bovendien overbrugd worden voor onderhoudsmaterieel. Op het westelijke eiland mag bos opslaan, dus dat eiland hoeft niet toegankelijk gemaakt te worden.

Heerstaaien

Bij Heerstaaien steekt de meandering over naar de westoever om daaraan te sluiten op de historische meander, die momenteel niet aangesloten is. Vanuit landschappelijk oogpunt en om meer variatie in het beekdal aan te brengen, wordt de huidige loop omgevormd tot een moerassige laagte. Vervolgens wordt nog een nieuwe meander op de oostoever gegraven.



De historische meander (300 meter lang) wordt verlengd met ca. 150 meter en krijgt een bodemhoogte die afloopt van 1,6 mNAP tot 1,5 mNAP. De bodem- en bovenbreedte van de (nieuwe) meander worden resp. 6 en 10 meter. De moerassige laagte krijgt een bodemhoogte van maximaal 2,5 mNAP, maar plaatselijk is deze wat dieper. De laagte is minimaal 50 meter breed en loopt glooiend (1:20) over in het omliggende maaiveld. 's Winters bestaat de laagte uit kort gemaaide vegetatie.

De nieuwe meander op de oostoever krijgt een bodemhoogte van 1,6-1,7 mNAP en is 300 meter lang. De huidige loop ter hoogte van deze meander wordt gedempt en de binnenbocht van deze meander krijgt een maaiveldhoogte van maximaal 2,6 mNAP, waardoor ook hier een moerassige laagte ontstaat. Direct ten zuiden van deze meander komt een nieuwe brug voor fietsers, wandelaars en meners.

Heerstaaien tot bestaande meander bij Galder

Om een sterke toename van de overstromingen in België te voorkomen blijft de bestaande loop grotendeels als hoogwatergeul gehandhaafd. De oostoever van de toekomstige hoogwatergeul wordt afgevlakt (1:5). De huidige bodemhoogte op het diepste punt is ca. 0,7 mNAP. De hoogwatergeul wordt verondiept tot een bodemhoogte van 1,7 mNAP. De waterdiepte in de hoogwatergeul zal in de toekomst in de zomer ongeveer 1 meter zijn. Aan de zuidzijde van de hoogwatergeul is een bestaande dam aanwezig met een kruinhoogte van 2,7 mNAP, waardoor de meander permanent watervoerend is. Om verdroging tegen te gaan wordt ook aan de noordzijde van de hoogwatergeul een dam aangelegd, eveneens met een kruinhoogte van 2,7 mNAP en een kruinbreedte van 20 meter. Deze dam verzorgt tevens de toegang tot het eiland voor onderhoudsmaterieel.



Op de oostoever is een groot aaneengesloten stuk grond beschikbaar voor natuurontwikkeling. De historische loop lag voor een groot deel op de oostzijde van het beekdal. In het VKA is ervoor gekozen om op deze gronden geen meanders aan te leggen, maar een grootschalig hooiland/weiland te ontwikkelen. Mogelijk komt hier straks kwel in de wortelzone. De aanwezige kwel in dit perceel is lokaal van aard en dus jong. Door plaatselijke afgraving wordt wel gerefereerd naar de historische meanders die hier ooit hebben gelegen, voor de kanalisatie van de beek en de egalisatie van het beekdal.

Op de westoever wordt een lange meander gerealiseerd. Deze oever is lager dan de oostoever en de nieuwe meander kan aansluiten op de bestaande meander bij Galder. De nieuwe meander is ca. 900 meter lang en krijgt een bodemverhang van 1,75 tot 1,65 mNAP. De bodem- en bovenbreedte zijn resp. 6 en 10 meter en de oevers variëren van verticaal tot 1:2.

4.3.2 Beplanting

Bij ontwerp van de beplantingstructuren wordt de historische kaart als inspiratie gebruikt. De hogere gronden worden benadrukt door beplanting op het hogere deel aan te brengen. Als er op lagere delen langs de donken bos staat, wordt deze verwijderd. Op deze manier worden de hoogteverschillen optimaal benadrukt. Bij het bosje tegenover de Klokkenberg en bij Heerstaaien wordt een deel van het bos verwijderd om zo de bestaande hoogteverschillen te benadrukken. Ten noorden van de snelweg wordt het hoogteverschil benadrukt door daar een bosje aan te planten.

Er kan onderscheid worden gemaakt tussen het oostelijk en het westelijk deel van het Markdal. Aan de westzijde zijn de landgoederen te vinden: hier treffen we dichte houtsingels met statige lanen, de nieuwe beplanting sluit hierop aan. De noordoostzijde is door een herverkaveling veel opener en meer gericht op

agrarisch gebruik. Oude kavelstructuren zijn verdwenen. Hier bestaat de nieuwe beplanting uit bomenrijen langs de kavelgrenzen.

Aan de zuidoostzijde van het Markdal is, ten zuiden van Notsel nog een middeleeuwse verkaveling aanwezig. Opvallende karakteristiek was dat langs paden dichte houtsingels stonden, deze worden waar mogelijk weer teruggeplaatst. De kavelgrenzen werden en worden benadrukt door een enkele rij bomen en struiken. Het lage gebied bij Notsel blijft vrij van beplanting, om zo de zichtlijn te handhaven.

Tussen de huidige loop en de nieuwe meanders ontstaan eilanden. Grote "eilanden" die begraasd kunnen worden blijven open, de kleinere kunnen door middel van spontane ontwikkeling begroeid raken.

Het zou een mooie aanvulling zijn als ook in bestaande natuurgebieden en in de blijvende agrarische gebieden beplantingselementen toegevoegd kunnen worden. Op die manier zou er een grotere samenhang ontstaan in het gehele Markdal. Daarnaast zouden de gemeentes de paden en wegen, daar waar die nu ontbreekt, kunnen voorzien van een doorgaande laanbeplanting.

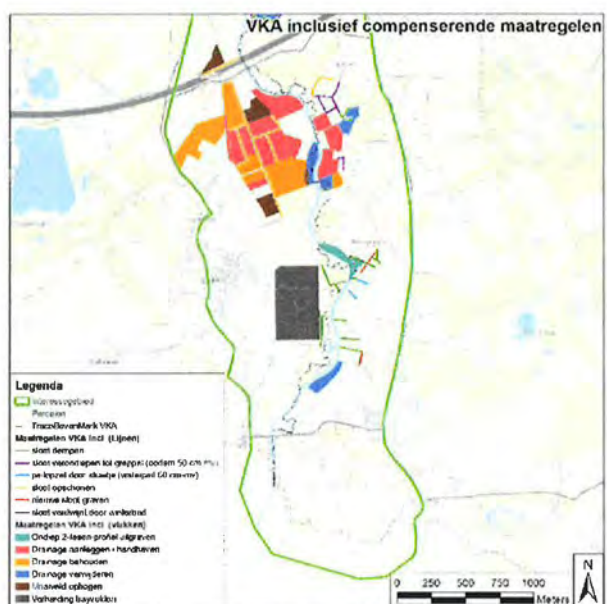
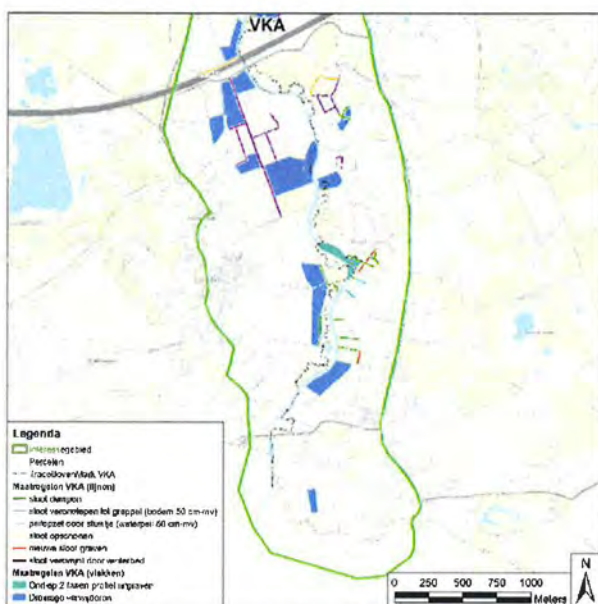
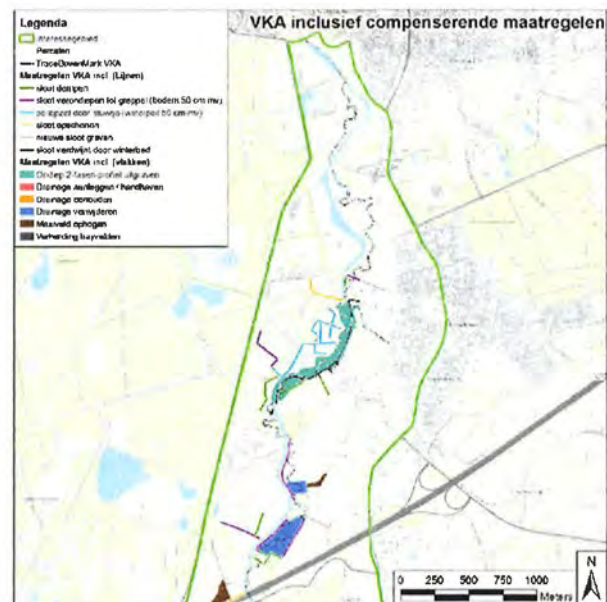
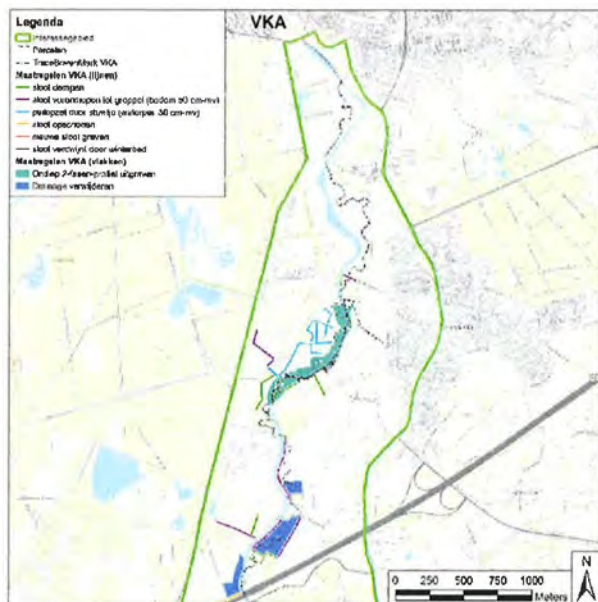
4.3.3 Detailmaatregelen

Met het bovenstaand omschreven VKA als uitgangspunt, zijn er 2 maatregelenpakketten uitgewerkt: één met detailmaatregelen om maximale invulling te geven aan de invulling van natuur binnen de huidige begrenzing van het Natuurnetwerk Brabant, welke is getoond in Figuur 38. Aanvullend is er ook een maatregelenpakket met compenserende maatregelen voor landbouwpercelen die tijdelijk of permanent in agrarisch gebruik blijven. Deze laatste variant is getoond in Figuur 39 en dit is de uiteindelijke variant die uitgevoerd kan worden binnen de beleidsmatige en juridische kaders. De eerste variant dient vooral om inzichtelijk te maken welke natuurpotenties niet ingevuld kunnen worden als gevolg van beperkingen vanuit grondvererving, overstromingsrisico van bebouwing en infrastructuur en het plan van meerwaarde.

In en langs (nieuwe) natuurterreinen worden sloten gedempt, verondiept of wordt het waterpeil in de sloot verhoogd door het plaatsen van stuwtjes. Hierdoor neemt de drainerende werking van de slootjes af en kan er meer grondwater ten goede komen aan de omliggende natuur. Verder wordt om dezelfde reden bestaande buisdrainage uit (nieuwe) natuurpercelen verwijderd.

In de variant met compenserende maatregelen worden percelen met natschade, die tijdelijk of permanent in agrarisch gebruik blijven, voorzien van (peilgestuurde) drainage, plaatselijk opgehoogd en worden slootjes opgeschoond of nieuw gegraven. Op die manier wordt natschade geminimaliseerd of ongedaan gemaakt en blijven deze percelen geschikt voor landbouwkundig gebruik. Indien gewenst door de betrokken agrariërs kan ook een eenmalige financiële vergoeding worden uitgekeerd om de natschade te compenseren.

Tenslotte is ook de aanleg van trayvelden opgenomen in de variant met compenserende maatregelen. Op deze wijze is het hydrologisch effect van de trayvelden op de omgeving inzichtelijk gemaakt.



Figuur 38: Detailmaatregelen VKA.

Figuur 39: Detailmaatregelen VKA inclusief compenserende maatregelen.

4.4 Oppervlaktewater

In het gekalibreerde oppervlaktewatermodel is het voorkeursalternatief verwerkt. Met dit model zijn de waterstanden en stroomsnelheden in de aangepaste situatie berekend.

4.4.1 Peilen

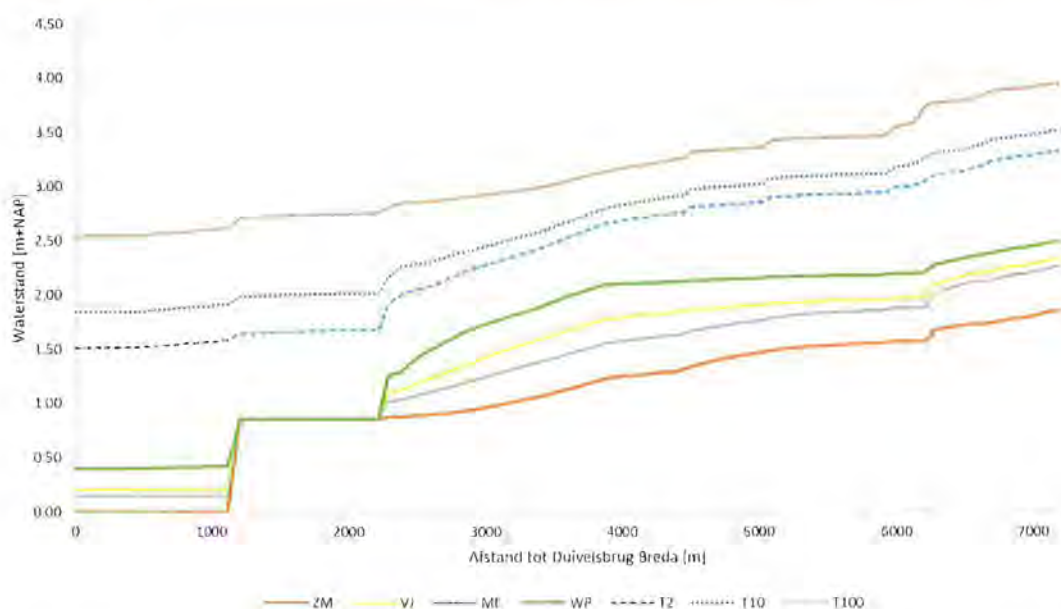
Op het traject tussen de Oude Trambrug en de Duivelsbrug wordt de stuw Blauwe Kamer verwijderd en worden de stuwen Bieberg en Vonderpad gehandhaafd. Door het verwijderen van de stuw en introduceren van meer meanders vermindert het trapsgewijze karakter van de waterstand over de Bovenmark. In Figuur 40, Tabel 7 en Tabel 8 is dit duidelijk terug te zien. In de zomersituaties zakt de waterstand ver uit ten opzichte van de wintersituatie. De jaarlijkse fluctuaties van de waterstand is daarmee vergroot van enkele centimeters tot ca. 0,5 - 1 meter.

Bij de lagere afvoeren, van zomerafvoer tot voorjaarsafvoer, treedt er over het algemeen een peilstijging op aan de benedenstroomse zijde van de stuwen Blauwe Kamer en Markstuw Galder en een peildaling aan de bovenstroomse zijde van deze stuwen. In de zomer ligt het waterpeil lager, waardoor de peildaling overheerst, terwijl in de voorjaarssituatie een peilstijging domineert.

Bij hoge afvoeren verandert er in de waterstand benedenstrooms weinig; de peilverandering ten opzichte van de huidige situatie is hier slechts enkele centimeters. Met name meer bovenstrooms in het beekdal treden hogere waterstanden op omdat er hier meer opstuwing plaats vindt. Deze opstuwing wordt veroorzaakt door de aanleg van de dammen in de hoogwatergeul in combinatie met de aan te leggen meanders.

Tabel 7: Berekende waterpeilen op diverse locaties in de Bovenmark. ZP=Zomerpeil, VJ=Voorjaarspeil, ME=Peil bij mediane afvoer, WP=Winterpeil, T2=Waterstand eens in 2 jaar, T10=Waterstand eens in 10 jaar, T100=Waterstand eens in 100 jaar

Locatie		ZP	VJ	ME	WP	T2	T10	T100
Duivelsbrug		0.00	0.40	0.20	0.40	1.51	1.84	2.54
Bieberg	Bovenstrooms	0.83	0.85	0.85	0.85	1.65	1.97	2.70
	Benedenstrooms	0.00	0.40	0.20	0.42	1.58	1.91	2.61
Blauwe Kamer	Bovenstrooms	1.68	1.69	1.69	1.78	2.36	2.52	2.92
	Benedenstrooms	0.90	1.43	1.25	1.72	2.28	2.47	2.97
Galderse stuw	Bovenstrooms	3.13	2.67	2.56	2.83	3.62	3.79	4.19
	Benedenstrooms	1.79	2.43	2.35	2.59	3.40	3.57	4.00
Oude Trambrug		3.85	4.12	3.99	4.17	4.99	5.18	5.69



Figuur 40: Waterpeil voor verschillende maatgevende situaties van de Duivelsbrug (0 meter) tot de Oude Trambrug (10 km).

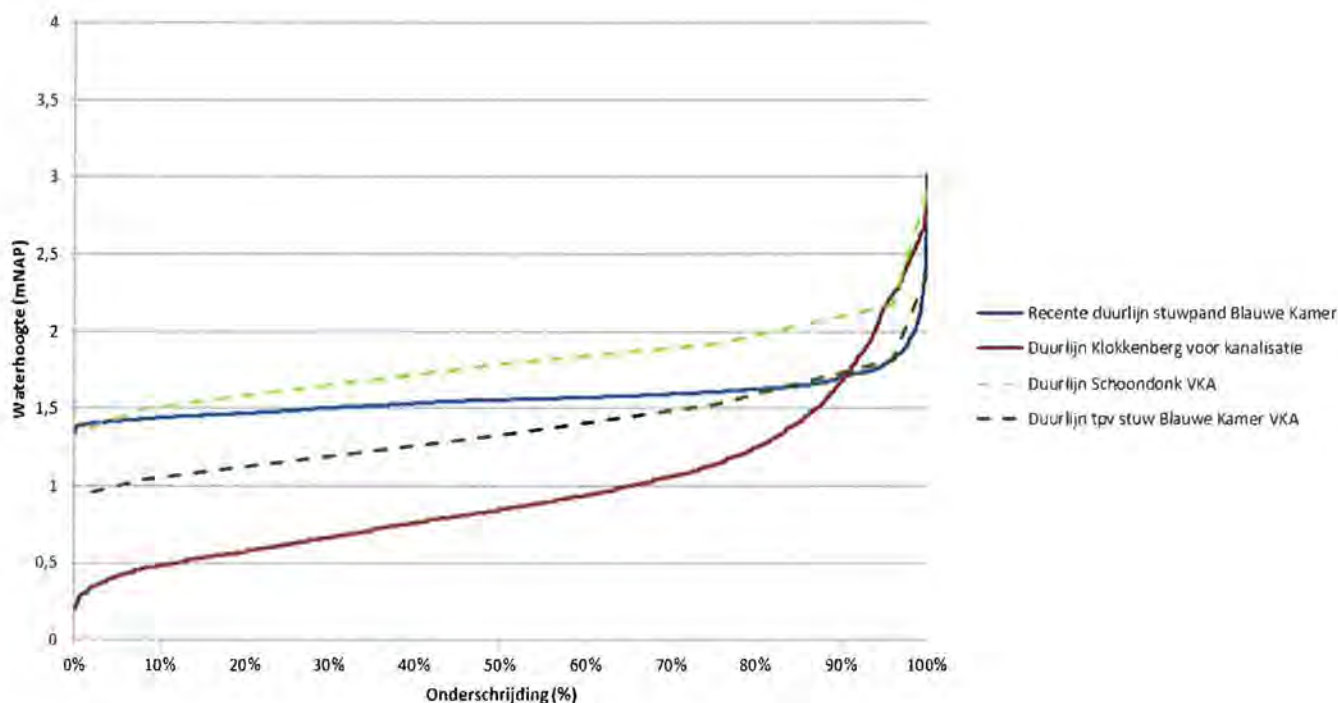
Tabel 8: Berekende verandering van waterpeilen op diverse locaties in de Bovenmark. ZP=Zomerpeil, VJ=Voorjaarspeil, ME=Peil bij mediane afvoer, WP=Winterpeil, T2=Waterstand eens in 2 jaar, T10=Waterstand eens in 10 jaar, T100=Waterstand eens in 100 jaar

Locatie		ZP	VJ	ME	WP	T2	T10	T100
Duivelsbrug		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bieberg	Bovenstrooms	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	-0.01
	Benedenstrooms	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Blauwe Kamer	Bovenstrooms	0.08	0.14	0.14	0.23	-0.09	-0.12	-0.11
	Benedenstrooms	0.05	0.55	0.39	0.76	0.46	0.34	0.16
Galderse stuw	Bovenstrooms	0.58	0.15	0.06	0.33	0.36	0.30	0.28
	Benedenstrooms	0.19	0.84	0.79	0.88	0.59	0.50	0.45
Oude Trambrug		0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00

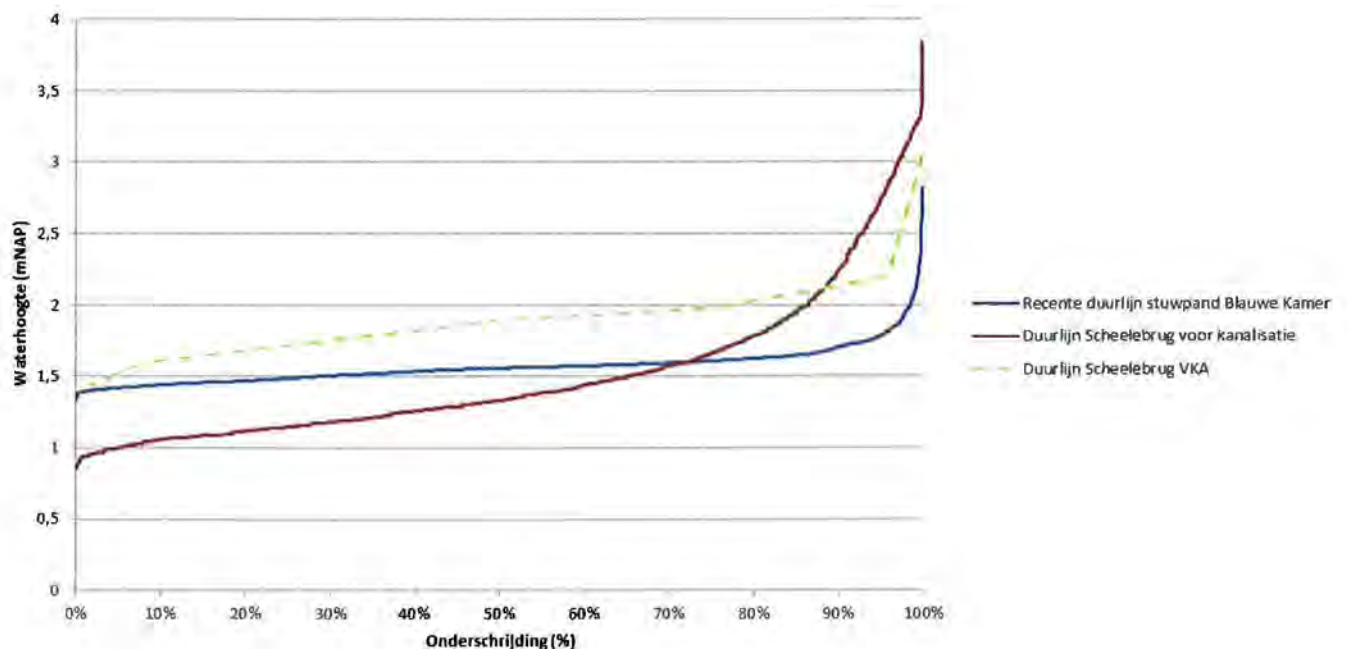
Voor de kanalisatie waren er peilschalen aanwezig in de Bovenmark ter hoogte van de Scheele brug en het Klokkenberg complex (exakte locatie onbekend). Bij de Scheelebrug zijn dagelijks waterpeilen gemeten in de periode 1952-1966 en bij de Klokkenberg was dit van 1962-1971. Deze meetreeksen zijn in de vorm van een duurlijn, waarbij de waterstanden zijn gesorteerd van laag naar hoog. De duurlijnen zijn weergegeven in Figuur 41 en Figuur 42.

Bij vergelijking met de huidige duurlijn op die locaties valt op dat de peilfluctuatie voor kanalisatie veel groter was dan na kanalisatie. Voor de kanalisatie lag het waterpeil bij Scheelebrug gedurende ca. 70% van de tijd lager dan de huidige waterstand en zakte het waterpeil 's zomers tot 0,5 meter lager uit. Bij Klokkenberg lag het waterpeil vroeger gedurende 90% van de tijd lager dan de huidige waterstand en zakte het waterpeil 's zomers tot 1 meter lager uit.

Om een vergelijking met de geplande waterstanden te kunnen maken, zijn ook duurlijnen van het VKA opgenomen in de figuren. Er is een duurlijn weergegeven van de geplande waterstand ter plaatse van de stuw Blauwe Kamer. Daar is de peildaling ten opzichte van de huidige situatie maximaal. Het toekomstig waterpeil ligt ca. 80% van de tijd en tot ca. 0,5 meter lager dan de huidige situatie, maar ligt ca. 90% van de tijd en tot ca. 0,5 meter hoger dan het historisch waterpeil. De duurlijn van het VKA bij Schoondonk ligt jaarrond hoger dan de huidige waterstand. Ook bij vergelijking van de duurlijnen bij de Scheele brug blijkt dat de geplande waterstand jaarrond hoger ligt dan de huidige waterstand en dat deze gedurende 85% van de tijd en tot ca. 0,5 meter hoger ligt dan het historische waterpeil.



Figuur 41: Duurlijnen van de waterstand bij Klokkenberg/Schoondonck



Figuur 42: Duurlijnen van de waterstand bij Scheelebrug

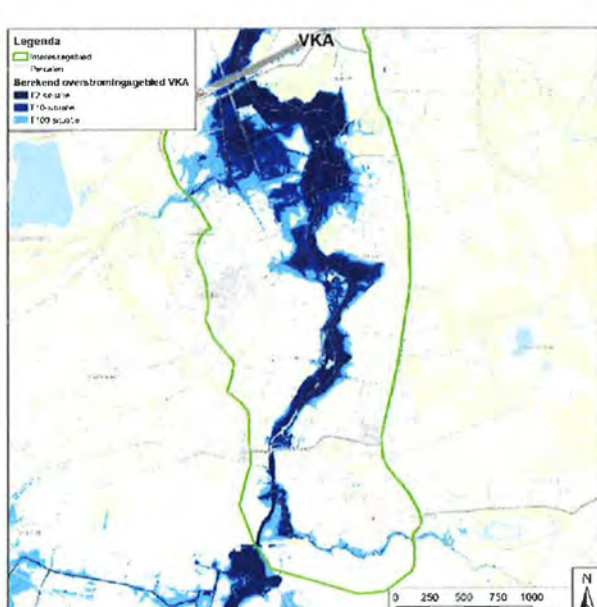
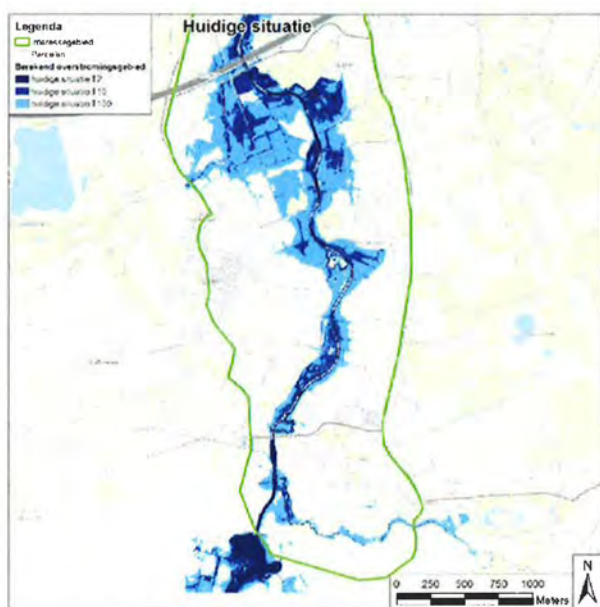
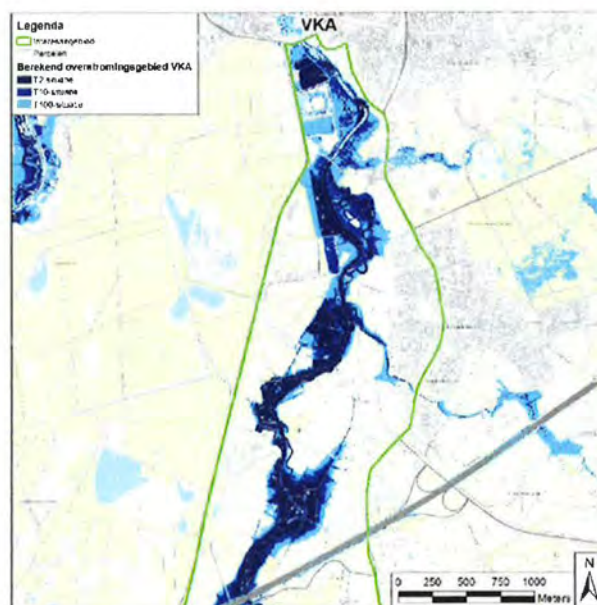
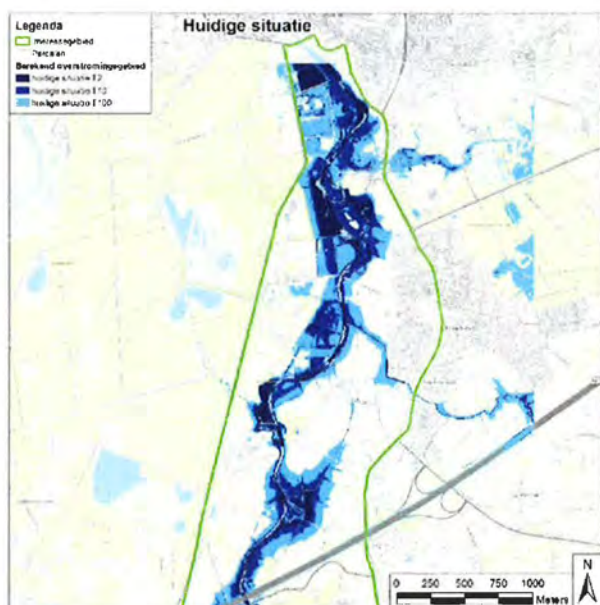
Het VKA veroorzaakt dus in delen van het Markdal gedurende delen van het jaar een peildaling ten opzichte van de huidige waterpeilen, maar betekent gedurende de grootste tijd van het jaar een peilverhoging ten opzichte van de historische gemeten waterstanden.

4.4.2 Drooglegging en inundaties

De extreme afvoeren (T2, T10 en T100) zijn samengevat in een overstromingskaart, weergegeven in Figuur 43 en Figuur 44. Bij deze berekeningen is het effect van het waterbergingsgebied bij Koekelenberg, de optimalisatie en inzet van stuw Bieberg en de inzet van Markstuw Galder niet opgenomen. De aanleg van het waterbergingsgebied bij Koekelenberg zorgt ervoor dat de laagte van Koekelenberg minder frequent inundeert. Door optimalisatie van de stuw Bieberg en de inzet van beide stuwen zal het inundatiegebied bij T100 bovenstrooms van deze stuwen groter worden.

Tussen Reeptiend en Breda neemt het inunderend oppervlak wat af en is minder frequent sprake van inundatie. Bij de Blauwe kamer neemt ook het inunderend oppervlak bij een T100-situatie enigszins af, echter het deel dat inundeert gaat vaker inunderen. Dit geldt voor het hele traject van Reeptiend tot de Belgische grens. Dit betekent dat er bij de kleinere herhalingstijden een groter deel van het beekdal overstroomt. Voor wat betreft de T100 situatie wijzigt het inunderende oppervlak niet of nauwelijks. Dit komt overeen met de bevindingen uit de vorige paragraaf waarin de peilen zijn besproken.

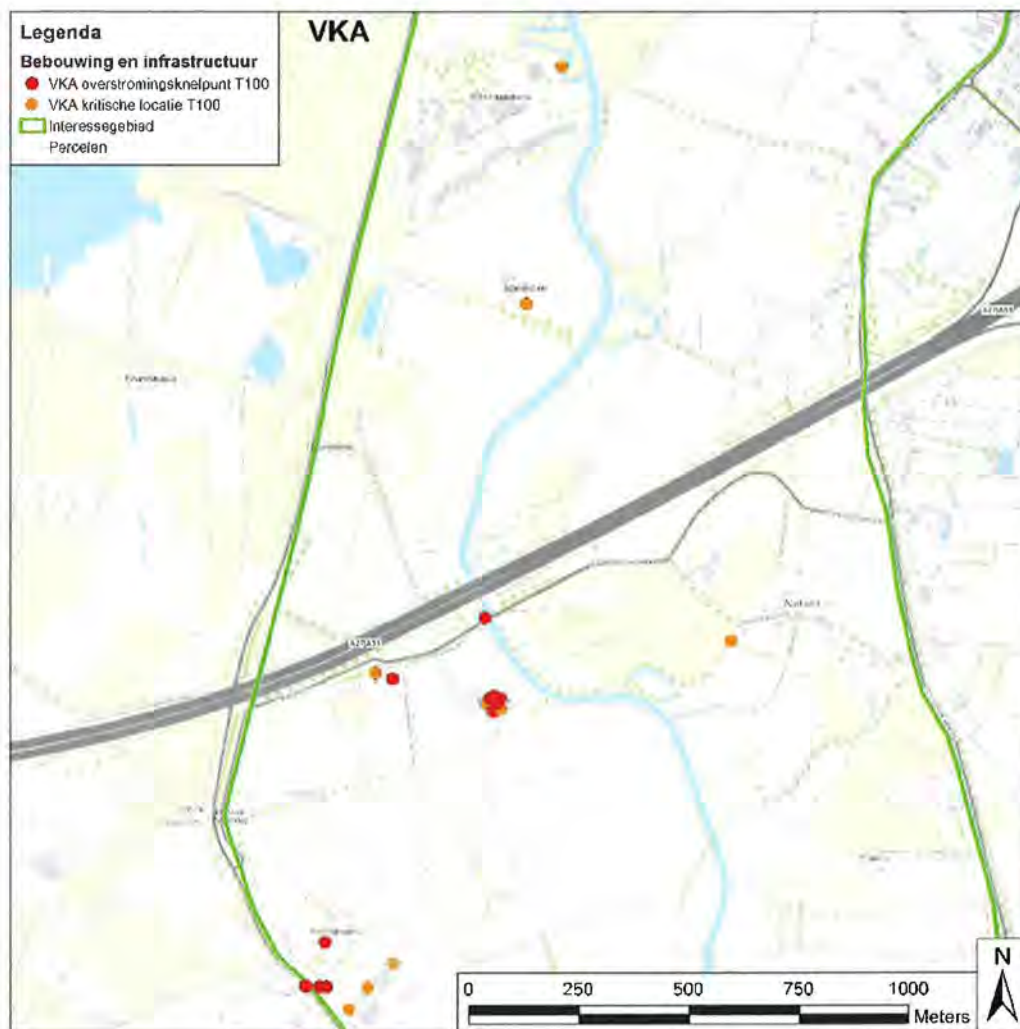
De verandering van de waterstand in hoog afvoer situaties is dus het grootst bij meer frequente gebeurtenissen (T2 en T10), oftewel het beekdal overstroomt in de toekomst vaker en over grotere oppervlaktes dan in de huidige situatie. Bij zeer extreme gebeurtenissen (T100) is de verandering in inunderend areaal beperkt.



Figuur 43: Inundaties huidige situatie

Figuur 44: Inundaties VKA.

Wateroverlast of schade kan optreden wanneer de Bovenmark buiten zijn oevers treedt. Daarom is van alle bebouwing en wegen rond het Markdal bekeken of er inundatie optreedt bij een zeer extreme afvoer (T100). Als gevolg van het Voorkeursalternatief neemt het aantal overstromingsknelpunten bij zeer extreme afvoer (T100) toe van 4 naar 11. Zonder hoogwaterbeschermingsmaatregelen overstroomt er naast de huidige knelpuntlocaties meerdere gebouwen aan de Daasdonckseweg, de Scheelebrug en een schuur aan de Galderseweg. Verder neemt het aantal kritische locaties in het Markdal, waar bebouwing minder dan 20 cm drooglegging kent bij een T100-afvoer, toe van 5 naar 10. In Figuur 45 zijn de knelpunten rondom de bebouwing en infrastructuur op kaart weergegeven.



Figuur 45: Knelpunten wateroverlast VKA

4.4.3 Hoogwater Breda

Peilverhoging van extreme hoogwatersituaties in Breda, als gevolg van de herinrichting van het Markdal, is voor het waterschap en de gemeente Breda niet acceptabel. Door de nieuwe inrichting overstroomt het Markdal eerder en vaker. Het Markdal is hierdoor al gedeeltelijk gevuld op het moment van een extreme hoogwatergolf (T100), waardoor er minder waterberging in het beekdal overblijft en de piekafvoer richting Breda enigszins verhoogd wordt.

De verhoging in Breda wordt in het VKA voorkomen door de Markstuw Galder te handhaven en op het moment van een piekafvoer de stuw op te zetten. De overige tijd zouden deze de functie van vast dam kunnen vervullen of plat kunnen liggen. Aanvullend wordt de situatie bij stuw Bieberg geoptimaliseerd. Daarnaast is er de mogelijkheid voor het inrichten van waterbergingsgebieden. Hiervoor is de locatie bij de Koekelenberg in het VKA aangewezen. Voor een gestuurde waterberging is een dijkje van circa 1,5 m hoog en een inlaatwerk. Maatregelen om de hoogwaterbescherming van Breda te waarborgen moeten in een later stadium nog nader worden uitgewerkt.

4.4.4 Stroomsnelheden

Een voldoende hoge stroomsnelheid is een belangrijke randvoorwaarde voor het kunnen halen van de doelen van de Kaderrichtlijn Water. Het Voorkeursalternatief verzorgt een voldoende hoge stroomsnelheid over een lengte van ca. 1,8 km, een kansrijke stroomsnelheid over een lengte van ca. 5,8 km en een onvoldoende stroomsnelheid over een lengte van ca. 2,2 km van de Boven Mark.

Door het aanleggen van meanders en dammen en het verdelen van het stuwverval van stuw Blauwe Kamer en Markstuw Galder wordt de stroomsnelheid van het water over grote lengtes van de (nieuwe) Bovenmark verhoogd in de zomer en het voorjaar. De stroomsnelheid voldoet gedurende het grootste deel van het jaar vanuit het oogpunt van de aquatische ecologie (zie Tabel 9). Enkel in de zomer voldoet deze op veel trajecten niet. Ecologisch zijn juist de zomerwaarden het meest relevant. De watertemperatuur is dan het hoogst en dan kunnen de zuurstofconcentraties het laagst liggen. Kritische beeksoorten gedijen hier niet bij. Er zijn dus enkele trajecten die ongeschikt blijven. Echter het grootste deel van de Bovenmark scoort in het VKA beter ten opzichte van de huidige situatie. Bij hoogwater afvoersituaties wordt de stroomsnelheid in de meanders over het algemeen verlaagd ten opzichte van de huidige situatie. Daardoor verkleint de kans op het wegspoelen van vis en macrofauna (waterinsecten, slakjes, e.d.).

Tabel 9: Gemiddelde stroomsnelheden in m/s voor verschillende deeltrajecten, in een zomer, voorjaars en hoogwater afvoersituatie (T2), zie figuur-42 voor de trajecten.

Deeltraject ¹¹	Lengte [km]	Zomer VKA	Zomer huidig	Voorjaar VKA	Voorjaar huidig	T2 VKA	T2 huidig
1. Meander Markweg	0,4	0.02	0.015	0.07	0.07	0.30	0.4
2. Meander Kersel-Hoogedonk	1,2	0.17	0.13	0.19	0.43	0.39	0.6
3. Meanders rond moeras	0,8	0.16	0.017	0.21	0.08	0.22	0.55
4. Meanders Markstuw Galder	1,0	0.22	0.017	0.32	0.08	0.45	0.55
5. Gekanaliseerd Notsel	0,2	0.05	0.05	0.14	0.1	0.24	0.53
6. Meanders Notsel	0,8	0.20	0.02	0.30	0.06	0.35	0.53
7. Gekanaliseerd snelweg A58	0,3	0.03	0.02	0.11	0.06	0.63	0.55
8. Meanders Schoondonk	1,5	0.18	0.03	0.15	0.1	0.22	0.57
9. Meander Klokkenberg	0,5	0.16	0.04	0.28	0.22	0.24	0.47
10. Meanders Blauwe Kamer	1,5	0.15	0.02	0.34	0.1	0.52	0.6
11. Meander Sulkerpad	0,3	0.14	0.02	0.40	0.09	0.58	0.59
12. Chaamse Beek	0,4	0.03	0.03	0.15	0.4	0.35	0.6
13. Meander Oudhof en Bieberg	1,3	0.05	0.03	0.18	0.36	0.30	0.58

Vanuit het oogpunt van de KRW zijn de meanders langs de hoogwatergeulen, zoals de trajecten vanaf de meander bij Galder tot de laagte bij Notsel, het meest interessant. De stroomsnelheden gedurende het jaar zijn relatief constant tussen 15 en 30 cm/s. Dit zijn overigens gemiddelde stroomsnelheden over de gehele breedte van het stroomprofiel. In de praktijk zal de stroomsnelheid in buitenbochten wat hoger liggen en in binnenbochten wat lager. Op het moment dat er watervegetatie in de Bovenmark gaat groeien, zal deze ook bijdragen aan meer stromingsdiversiteit. Gedurende het groeiseizoen kan tussen de vegetatie een stroomdraad ontstaan met hogere stroomsnelheden. Bij stroomsnelheden tot 30 cm/s is weinig tot geen oevererosie te verwachten, zeker op de locaties waar relatief veel leem in de ondergrond voorkomt en de Bovenmark zich historisch gezien al heel lang niet meer verlegd heeft. De morfologie en de daaraan gerelateerde habitatdiversiteit zal daarmee niet of beperkt toenemen.

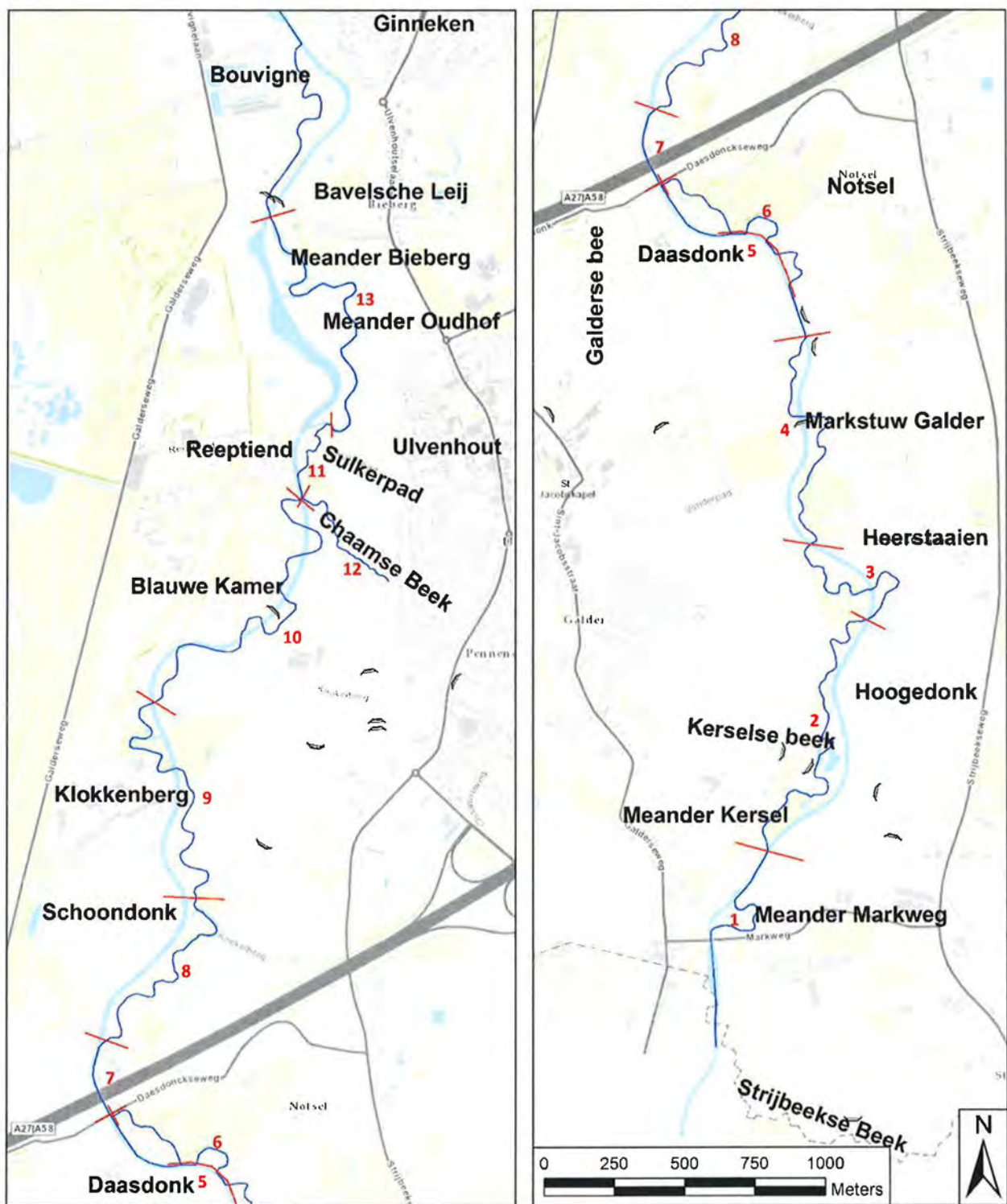
De meanders bij de Blauwe Kamer zijn zeker ook interessant vanuit het oogpunt van de KRW. De stroomsnelheid bij hoogwater afvoersituaties ligt met 50 cm/s wat aan de hoge kant. Dit kan gecompenseerd worden met het inbrengen van schuilmogelijkheden en luwten, bijvoorbeeld door het inbrengen van beekhout. Daarnaast moet bij deze stroomsnelheden opgelet worden voor overmatige oevererosie, zeker op de trajecten waar de bestaande Bovenmark is aangevuld met grond. Deze grond is nog niet gezet en is daardoor gevoelig voor erosie. Ook hier moet gedacht worden aan maatregelen als het inbrengen van

¹¹ N.B. Als gevolg van het ontwerp zijn de benamingen van de meanders ten opzichte van de huidige situatie in een aantal gevallen gewijzigd.

beekhout of het gebruik van jute of kokosdoek. Het gebruik van beschoeiingshout of breuksteen voor oeverbescherming is ecologisch gezien niet gewenst.

Op de trajecten die gehandhaafd cq. gekanaliseerd blijven, blijft de stroomsnelheid over het algemeen matig tot onvoldoende. Deze trajecten vormen slechts een beperkt aandeel van de totale lengte van de in te richten Bovenmark, waardoor de KRW-doelstelling, voor wat betreft de stroomsnelheden, wel binnen handbereik komt. Het verdient echter wel de aanbeveling om ook de andere parameters voor de KRW, zoals de waterkwaliteit te beschouwen.

In de hoogwatergeulen ontbreekt het gedurende een grootdeel van het jaar aan stroomsnelheid. Deze trajecten zullen net als in de huidige situatie vooral gedomineerd worden door (vis)soorten van stilstaand water.



Figuur 46: Locaties van de trajecten waarvoor de stroomsnelheid is bepaald in het VKA

4.4.1 Hydromorfologische ontwikkeling

De geulvormende afvoer en het verhang zijn de belangrijkste parameters voor de hydromorfologische ontwikkeling. Deze gegevens zijn uit het oppervlaktewatermodel gehaald voor de Voorkeursvariant. Op basis van deze gegevens is het mogelijk om een 'gewenste' geulbreedte en diepte te bepalen.

De geulbreedte en diepte is voor een vijftiental trajecten vergeleken met de gewenste geulbreedte. De gehanteerde trajecten komen overeen met Figuur 46, waarbij aanvullend nog een onderscheid is gemaakt voor de meanders bij Notsel, waarin de eerste meander de meest bovenstroomse meander betreft en de derde de meest benedenstroomse meander bij Notsel. Het ontwerp komt qua geulbreedte goed overeen met de gewenste geulbreedte die voortkomt uit de formules die staan vermeld in het Handboek geomorfologisch beekherstel¹². Voor het bepalen van de hydromorfologische ontwikkeling hanteert het handboek een onderscheid in coëfficiënten voor een zandige en lemige oever. De ontworpen geulbreedte begeeft zich daartussenin, passend bij het lemige zand wat voorkomt in het beekdal van de Bovenmark.

Tabel 10 Geulvormende afvoer en bodembreedte ontwerp en gewenste geulbreedte

Traject	Geulvormende afvoer [m ³ /s]	Ontwerp insteekbreedte	Geulbreedte* (a = 5,62 = zand)	Geulbreedte* (a = 4 = leem)
1. Meander Markweg	15.3	20m	22.0m	15.6m
2. Meander Kersel-Hoogedonk	4.5	10m	11.9m	8.5m
3. Meanders rond moeras	2.8125	10m	9.4m	6.7m
4. Meanders Markstuw Galder	3.75	8m	10.9m	7.7m
5. Gekanaliseerd Notsel	25.5	28m	28.4m	20.2m
6. Meander Notsel1	3.075	8m	9.9m	7.0m
7. Meander Notsel2	3.75	8m	10.9m	7.7m
8. Meander Notsel3	3.375	8m	10.3m	7.3m
9. Gekanaliseerd snelweg A58	25.875	25m	28.6m	20.3m
10. Meanders Schoondonk	2.625	10m	9.1m	6.5m
11. Meander Klokkenberg	9.15	14m	17.0m	12.1m
12. Meanders Blauwe Kamer	7.875	14m	15.8m	11.2m
13. Meander Sulkerpad	5.625	10m	13.3m	9.5m
14. Chaamse Beek	2.25	6m	8.4m	6.0m
15. Meander Oudhof en Bieberg	5.625	18m	13.3m	9.5m

¹² Makaske, B. & G. Maas (2015). Handboek geomorfologisch beekherstel. Stowa

De ontworpen geuldiepte is over een groot deel van de trajecten een meter dieper dan de berekende geuldiepte conform het handboek. Dit verschil kan niet verklaard worden voor de coëfficiënten voor een lemige of zandige oever, omdat het verschil tussen de coëfficiënten beperkt is. De grotere geuldiepte is echter wel te verklaren. In het ontwerp is ervoor gekozen om een grotere geuldiepte te hanteren, zodat het peilverloop van de Bovenmark beter aansluit bij de huidige gestuwde situatie. Hierdoor ondervinden de agrarische- en infrastructurele functies geen onnodige hinder.

Traject	Ontwerp geul diepte	Geuldiepte* (c = 0,58 = leem)	Geuldiepte* (c = 0,54 = zand)
1. Meander Markweg	4.67m	1.7	1.6
2. Meander Kersel-Hoogedonk	2.00m	1.1	1.0
3. Meanders rond moeras	2.00m	0.9	0.8
4. Meanders Markstuw Galder	2.00m	1.0	0.9
5. Gekanaliseerd Notsel	3.00m	2.1	2.0
6. Meander Notsel1	2.00m	0.9	0.8
7. Meander Notsel2	2.00m	1.0	0.9
8. Meander Notsel3	2.00m	0.9	0.9
9. Gekanaliseerd snelweg A58	2.25m	2.1	2.0
10. Meanders Schoondonk	2.00m	0.9	0.8
11. Meander Klokkenberg	1.00m	1.4	1.3
12. Meanders Blauwe Kamer	1.00m	1.3	1.2
13. Meander Sulkerpad	2.00m	1.2	1.1
14. Chaamse Beek	1.00m	0.8	0.7
15. Meander Oudhof en Bieberg	3.33m	1.2	1.1

Het ontworpen voorkeursalternatief heeft een stabiele ligging. Conform de formules van het handboek wordt niet verwacht dat de beek zich in de loop van de jaren sterk zal verplaatsen. Conform het handboek zou een natuurlijke Bovenmark een ondieper voorkomen hebben, ook bij die ondiepere geul is er echter sprake van een beek met een stabiele kronkelende loop, zonder actieve verplaatsing of afsnijding van meanders. Dit komt overeen met het historische kaart waarop te zien is dat de Bovenmark in de loop van de honderden jaren nagenoeg hetzelfde verloop heeft gekend.

De mate van sedimentatie hangt samen met de stroomsnelheid. Een vuistregel die voor de bezinking van slib wordt gehanteerd is circa 30 cm/s. De berekende mediane stroomsnelheid in de Bovenmark ligt om en nabij de 20 tot 30 cm/s. Dat betekent dat jaarlijks gedurende een 6 maanden sedimentatie van fijner materiaal plaats vindt. In de stroomdraad is de verwachting dat de zandige fractie sedimenteert en in de

oeverzones slibbig materiaal. Verwacht wordt dat (een deel van) het gesedimenteerde materiaal de andere 6 maanden als gevolg van hogere stroomsnelheden op wervelt en mogelijk tot afvoer komt.

Ter plaatse van het verdiepte profiel bij de A58 zal door het ruimere profiel een lagere stroomsnelheid optreden. Door de lagere stroomsnelheid zal gedurende het hele jaar sedimentatie plaatsvinden. Om het verdiepte profiel in stand te houden zal dit gemonitord moeten worden van tijd tot tijd weer op diepte moeten worden gebracht.

In natuurlijke beeksystemen vindt een continue afvoer plaats van sediment. Bovenstrooms is er met name grof sediment aanwezig en verder benedenstrooms wordt het sediment fijner. Een zandvang vangt allereerst de grofste fractie af, welke daarmee aan het systeem onttrokken wordt. Met als resultaat dat benedenstrooms de zandvang de fijnere fractie domineert. Voor een meer natuurlijk verloop in sediment in de Bovenmark verdient de bestaande zandvang bij de Belgische grens en de verdiepte ligging van het profiel nabij de kruising van de A58 nadere aandacht.

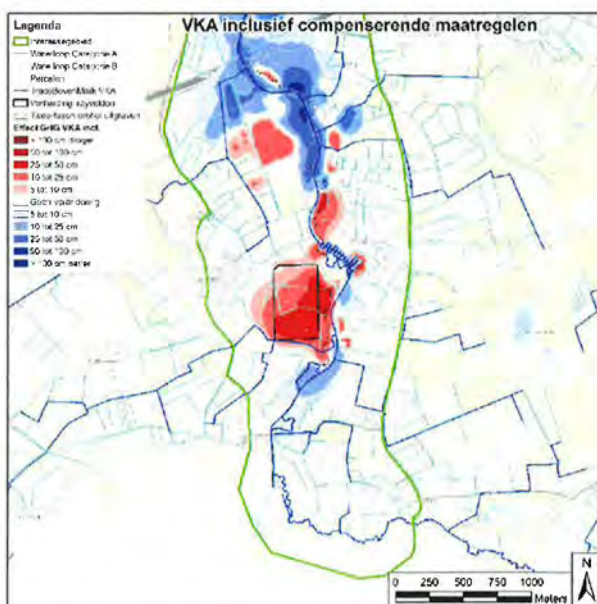
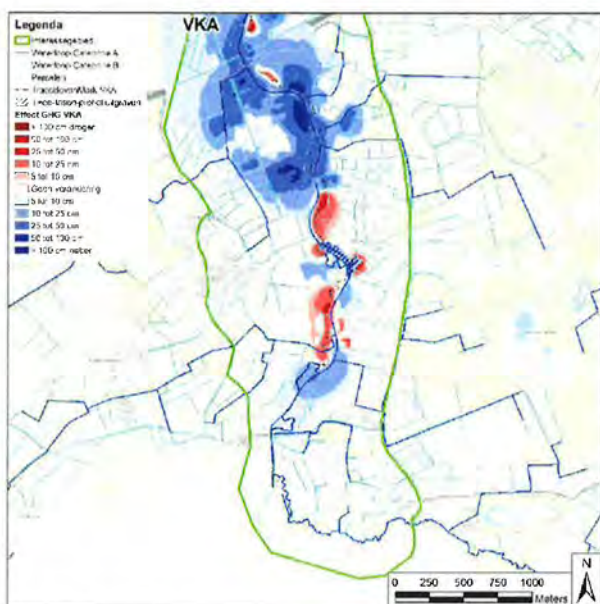
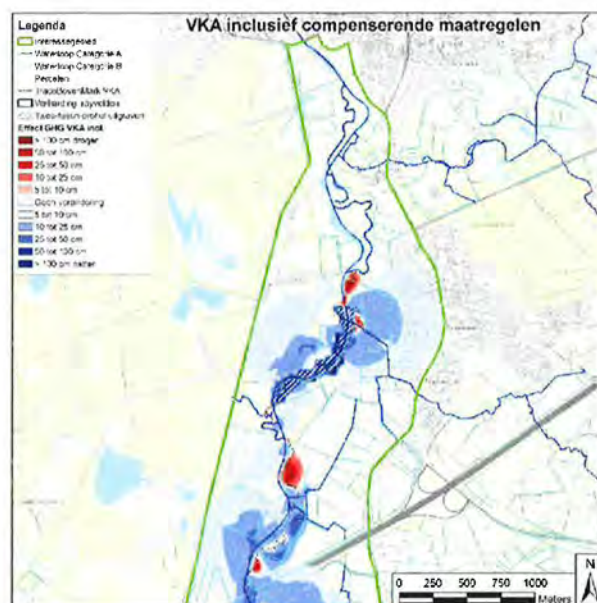
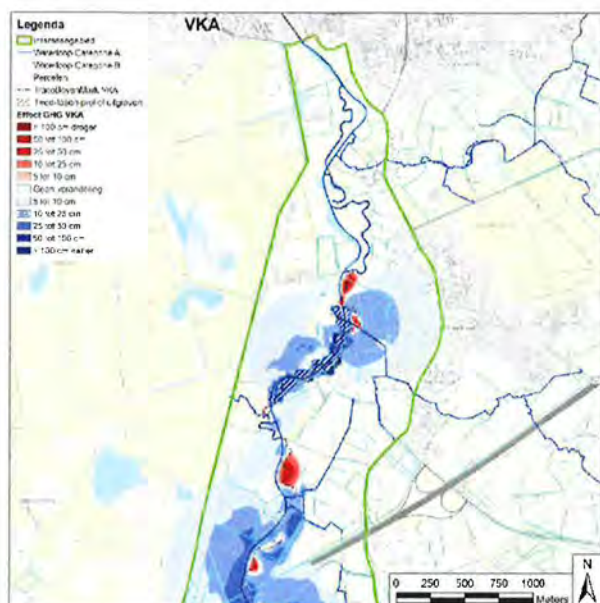
4.5 Grondwater

4.5.1 GxG

Over vrijwel het gehele Markdal resulteert de herinrichting van de Bovenmark tot een verhoging van de wintergrondwaterstand. Op enkele plekken waar de beek enkele tientallen meters van de huidige loop af komt te liggen wordt lokaal de grondwaterstand verlaagd. De veranderingen zijn weergegeven in Figuur 47 en Figuur 48. De grootste verhoging van de grondwaterstand vindt plaats in het zuidelijk deel van het beekdal, hier kan de GHG tussen de 25 en 50 cm toenemen, lokaal tot 100 cm. In het noordelijk deel is het effect minder groot, maar lokaal wel tussen de 25 en 50 cm. De verhoging van de grondwaterstand zorgt in het zuidelijk deel tot een groot areaal waar de GHG aan maaiveld komt (0 tot 20 cm-mv). Over het algemeen wordt de GHG op 0 – 200 meter van de beek 10 tot 40 cm hoger en schuift daarmee veelal 1 GHG-klasse op.

Met compenserende maatregelen (drainage), die veelal in het zuidelijk deel van het beekdal liggen, wordt lokaal de GHG verlaagd tussen de 10 en 25 cm ten opzichte van de huidige situatie. Dit is met name het geval in de laagte van Daasdonk maar ook in de laagte van Notsel en rond de donk van Heerstaaien treedt verlaging van de grondwaterstand op als gevolg van de aanleg van drainage. Met de aanleg van klassieke drainage vindt in deze gebieden "overcompensatie" van de peilopzet op. Daarom wordt in het VKA gebruik gemaakt van peilgestuurde drainage in de laagte van Daasdonk, waarmee het slootpeil zodanig ingesteld kan worden dat gemiddeld genomen de huidige grondwaterstanden niet verlaagd worden en er geen negatief effect op zowel de landbouwpercelen als de naastgelegen natuurpercelen optreedt.

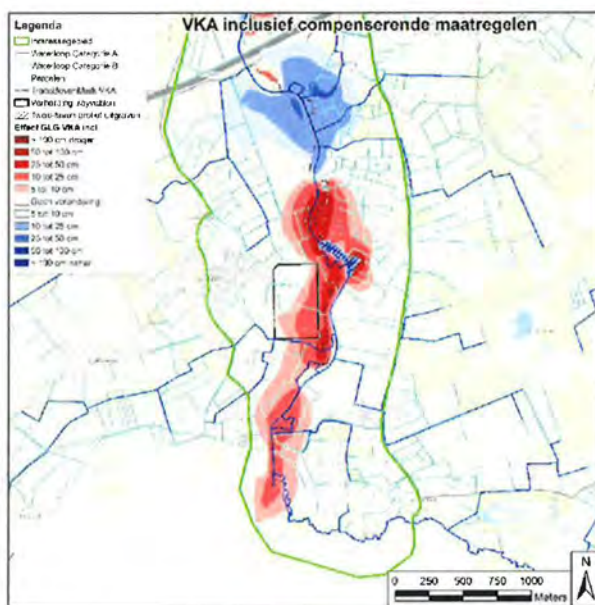
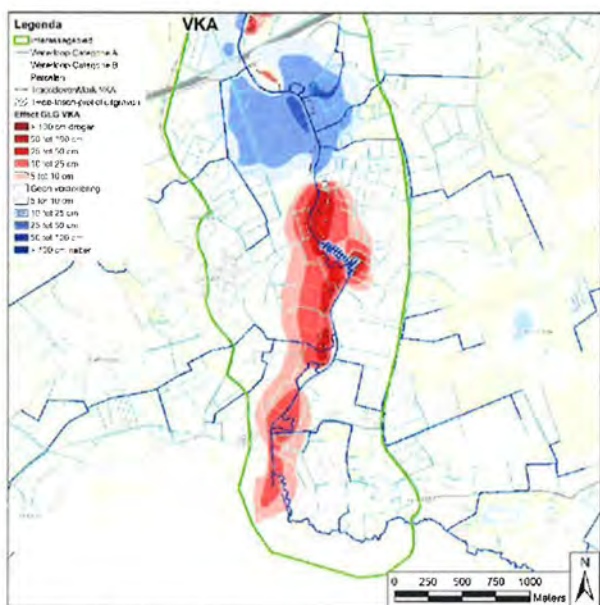
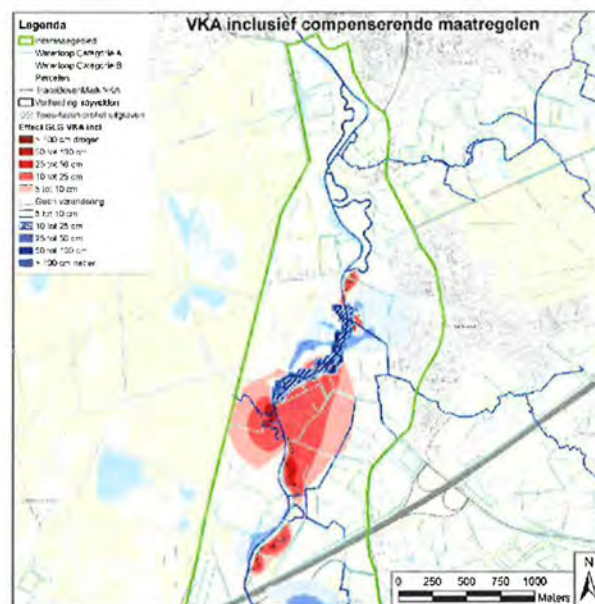
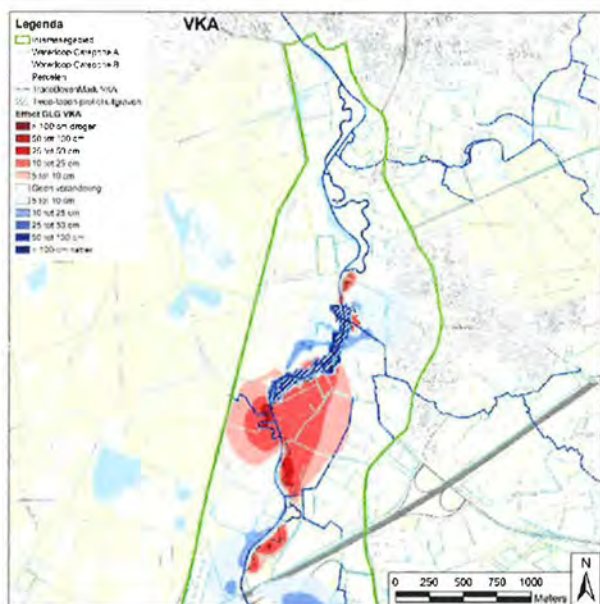
Onder de trayvelden, ten oosten van Galder, treedt een verlaging van de grondwaterstand op als gevolg van het afdekken van de bodem met folie. De infiltratie van het regenwater in het winterhalfjaar middels infiltratiesloten kan de grondwaterstands daling als gevolg van het afdekken van de bodem blijkbaar niet compenseren. Het peilverlagend effect op de omgeving (buiten de trayvelden) is echter beperkt. Aan de westzijde van de trayvelden treedt een verlaging op in landbouwgebied. Deze verlaging heeft echter geen verandering van de landbouwopbrengst tot gevolg. Aan de zuidzijde treedt de verlaging hoofdzakelijk op in de EVZ. Door de EVZ in te richten met een moerassige oever en poel kunnen echter toch vochtige tot natte habitats gecreëerd worden. Aan de oostzijde overlapt de peilverlaging door de trayvelden met de peilverlaging door de aanleg van nieuwe meanders. De aanleg van deze nieuwe meanders maakt de aanliggende percelen minder geschikt om bijvoorbeeld vochtig hooiland na te streven. Natuurbeheertypen als struweel, beekbegeleidend bos en kruiden en faunairijk grasland liggen hier eerder voor de hand. De extra grondwaterstandsverlaging als gevolg van de trayvelden doet aan deze potenties niets af.



Figuur 47: Verandering van de wintergrondwaterstand (GHG) ten gevolge van het VKA.

Figuur 48: Verandering van de wintergrondwaterstand (GHG) ten gevolge van het VKA incl. maatregelen.

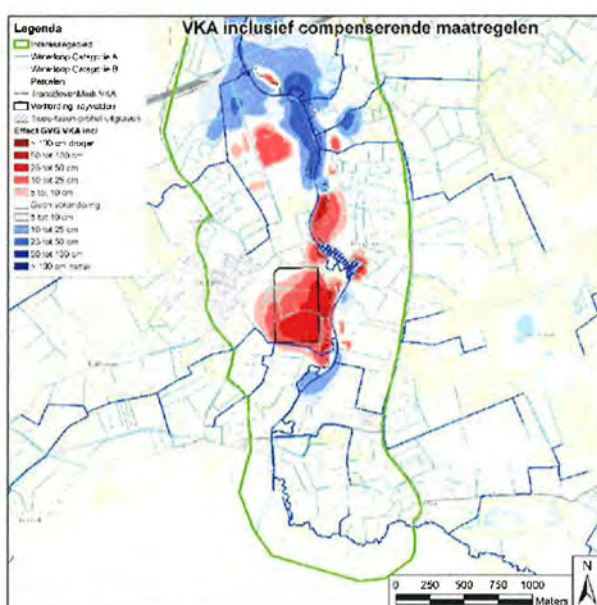
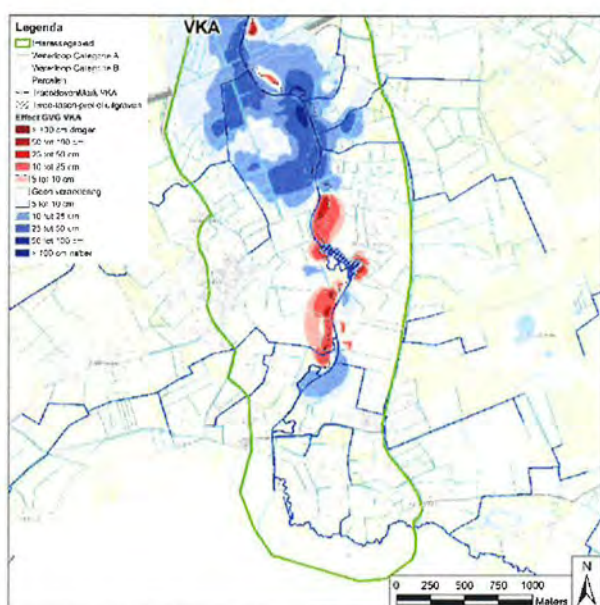
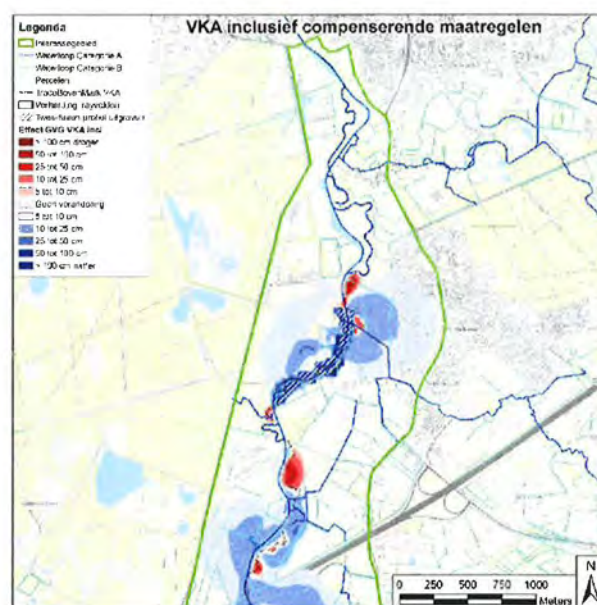
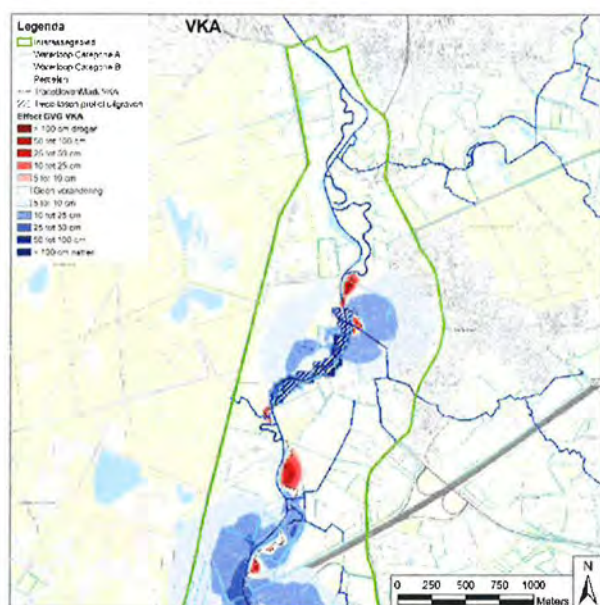
In de zomersituatie treedt voornamelijk verlaging van de grondwaterstand op, maar ook er zijn ook delen waar er een verhoging van de grondwaterstand is te zien. Dit heeft te maken met het verwijderen van de stuwen waardoor de waterstand verder kan uitzakken. Daarnaast is er ook een verlaging van de grondwaterstand te zien als gevolg van het verleggen van de beek, bijvoorbeeld rond Blauwe Kamer. In Figuur 49 en Figuur 50 zijn de veranderingen weergegeven. De verlaging van de grondwaterstand is duidelijk aanwezig in het beekdal. Dicht op de beek is dat 30 tot 50 cm. De verlaging van de grondwaterstand reikt tot ca. 300 m van de beek en is sterk zichtbaar tussen de Markweg en Notsel en tussen de snelweg en Reeptiend. Verhoging van de grondwaterstand in de zomersituatie treedt vooral op rond Daasdonk en Notsel en in de contreien van de Chaamse Beek en Blauwe Kamer. De verhoging van de grondwaterstand is van een kleinere orde grootte, veelal rond de 10 tot 20 cm. De grondwaterstand schuift door de maatregelen geen tot 1 GLG-klasse op.



Figuur 49: Verandering van de zomergrondwaterstand (GLG) ten gevolge van het VKA.

Figuur 50: Verandering van de zomergrondwaterstand (GLG) ten gevolge van het VKA incl. maatregelen.

De verandering van de voorjaarsgrondwaterstand, weergegeven in Figuur 51 en Figuur 52, is vrijwel identiek aan de verandering van de wintersituatie, maar het effect is 10 à 20 % kleiner. Daarmee is het algemene beeld dat de voorjaarsgrondwaterstand sterk stijgt en lokaal daalt. In het zuidelijk deel van het dal staat het grondwater op 1 april in deze situatie vaak nog aan maaiveld (GHG-klasse 0 tot 20 cm).

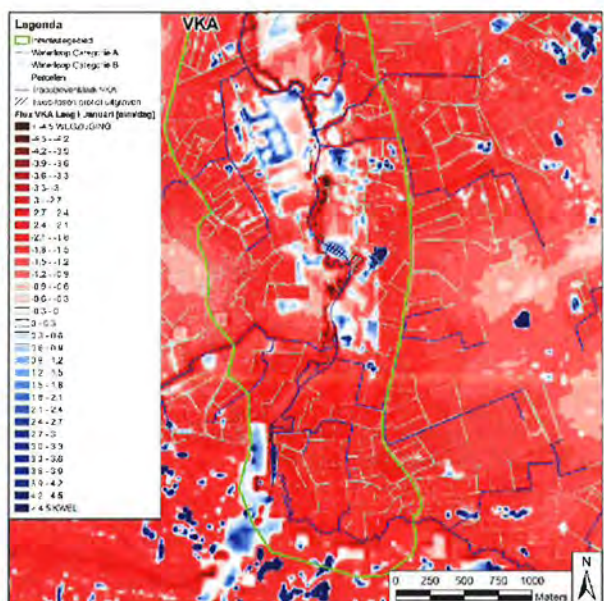
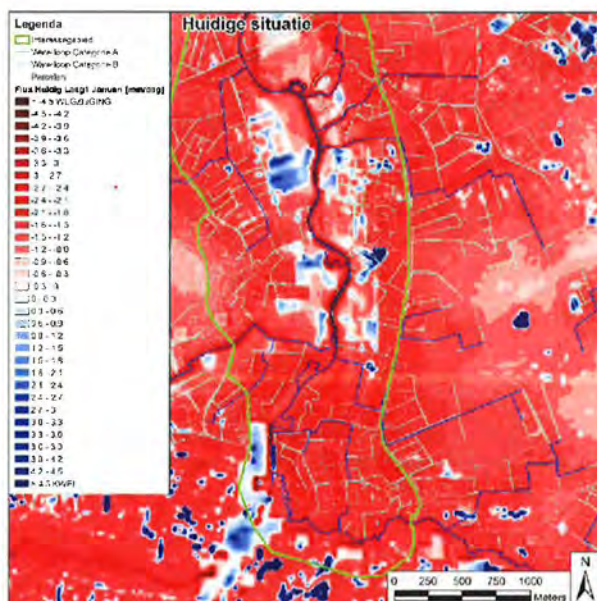
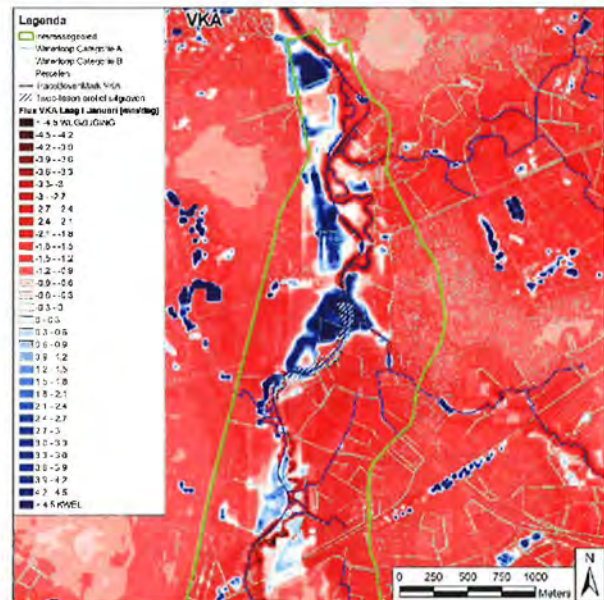
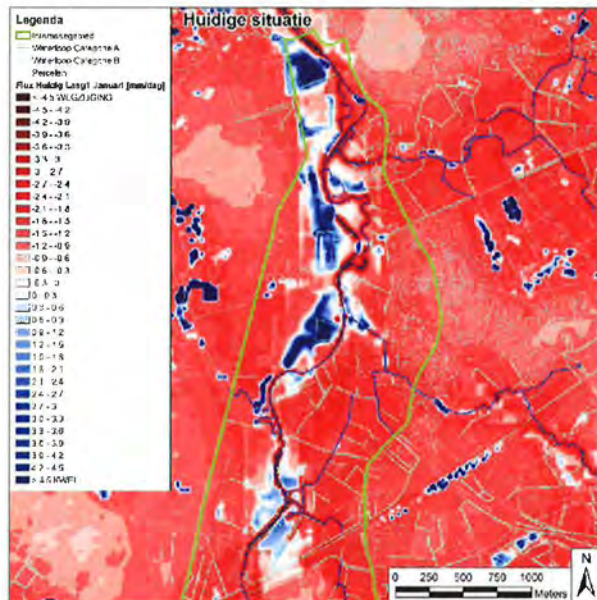


Figuur 51: Verandering van de voorjaarsgrondwaterstand (GVG) ten gevolge van het VKA.

Figuur 52: Verandering van de voorjaarsgrondwaterstand (GVG) ten gevolge van het VKA, maatregelen.

4.5.2 Kwel en infiltratie

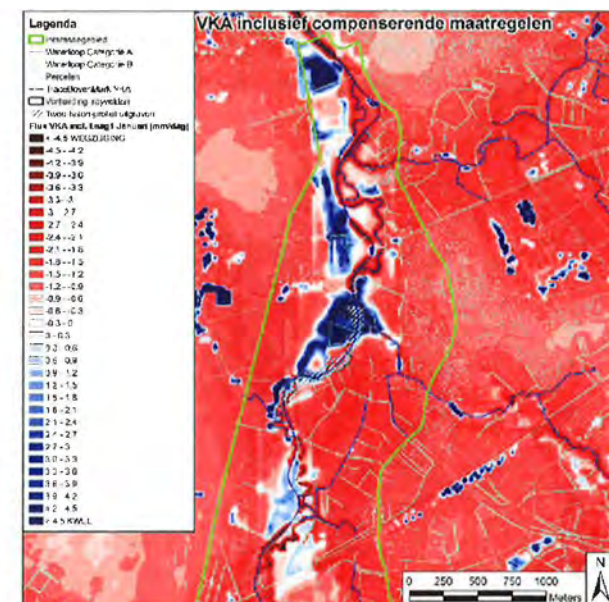
In de wintersituatie is op de meeste plekken in het dal sprake van infiltratie. Dit wordt veroorzaakt door het neerslagoverschot in de wintersituatie. Bij de Blauwe Kamer is in de huidige situatie lokaal sprake van kwel, in het VKA (Figuur 53 en Figuur 54) neemt het areaal en de hoeveelheid kwel in deze omgeving toe in de winter. Ook bij Schoondonk, Daasdonk en Notsel neemt het kwel over het algemeen toe.



Figuur 53: Huidige kwel en infiltratie in de wintersituatie.

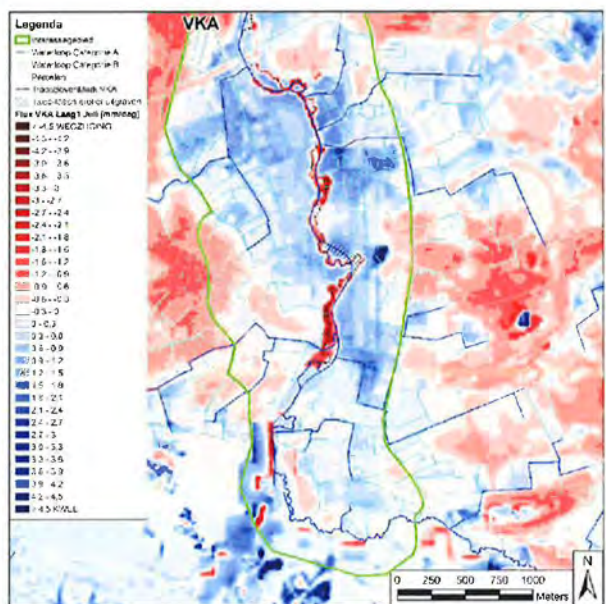
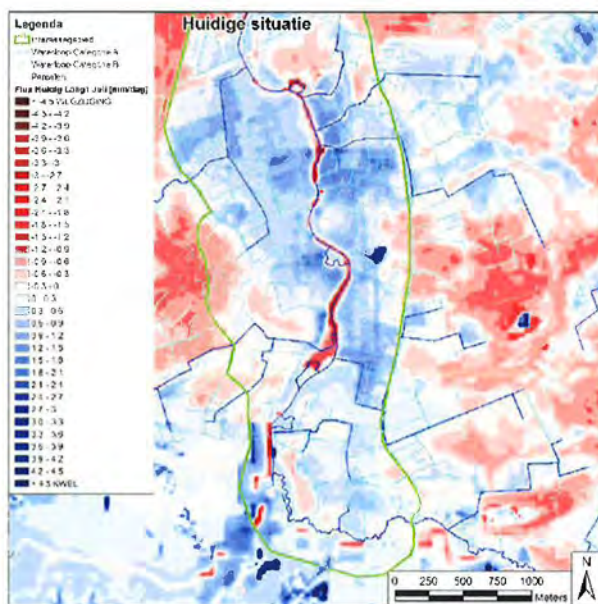
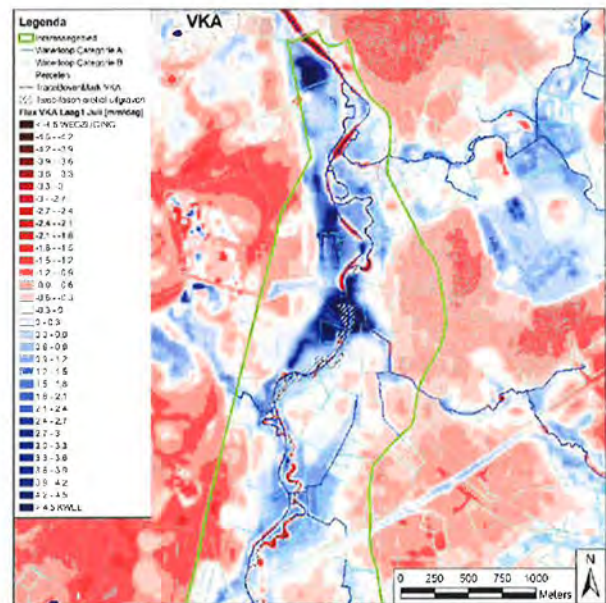
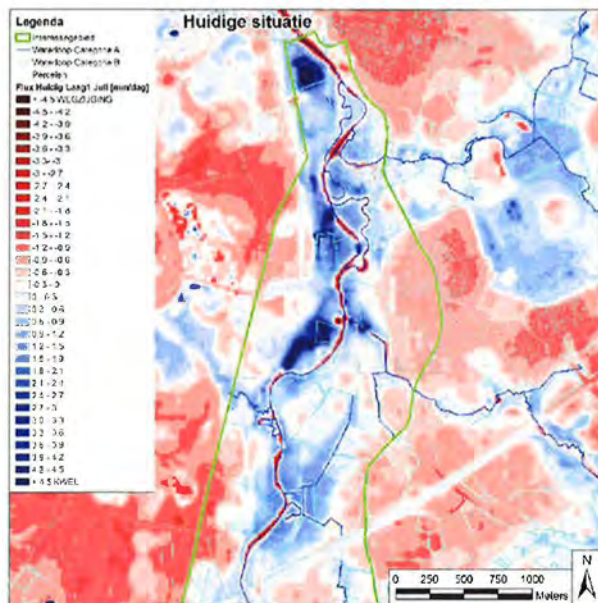
Figuur 54: Kwel en infiltratie in de wintersituatie VKA.

Figuur 55: Huidige kwel en infiltratie in de wintersituatie.



67

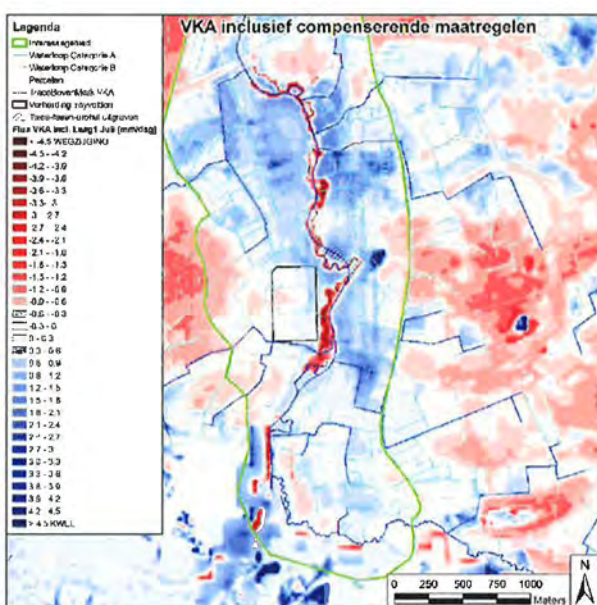
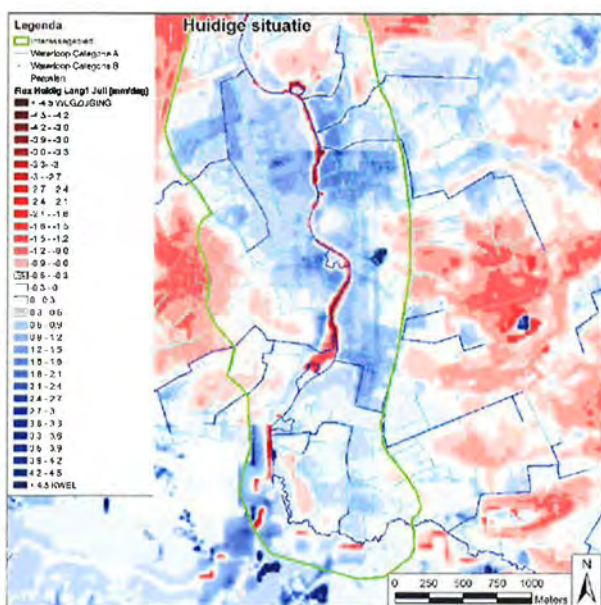
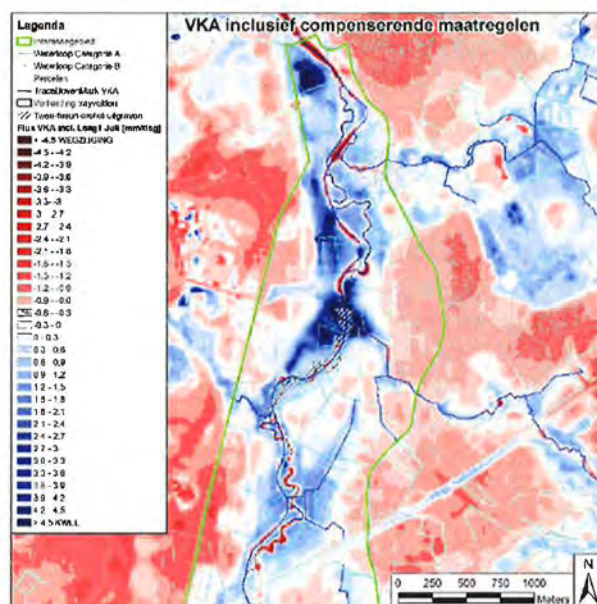
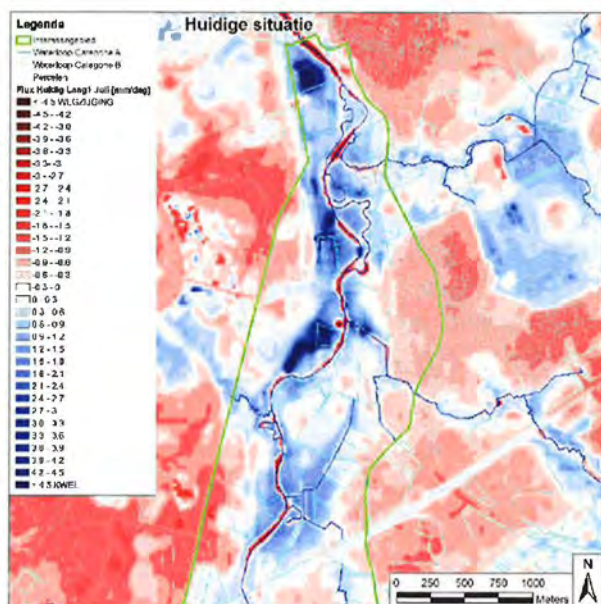
In de zomersituatie is op veel plekken in het dal kwel aanwezig, zowel in de huidige situatie als bij het voorkeursalternatief. Het kwelgebied wordt niet significant groter bij het VKA. Op locaties waar een kwelstroom aanwezig is, neemt de stroming toe. Dit is onder andere het gevolg van een lagere zomerwaterstand van de Bovenmark, die verder uit zakt en deels door het verleggen van de watergang. Het effect is sterk zichtbaar bij Daasdonk en Blauwe Kamer. De kwelgebieden en kwelstroming zijn weergegeven in Figuur 57 en Figuur 58.



Figuur 57: Huidige kwel en infiltratie in de zomersituatie.

Figuur 58: Kwel en infiltratie in de zomersituatie VKA.

Als gevolg van mitigerende maatregelen neemt de kwelstroom bij Daasdonk toe. Door de drainage wordt de grondwaterstand verlaagd waardoor het drukverschil met het diepere pakket toeneemt. In Figuur 59 en Figuur 60 is kwel en infiltratie weergegeven voor het VKA met mitigerende maatregelen.



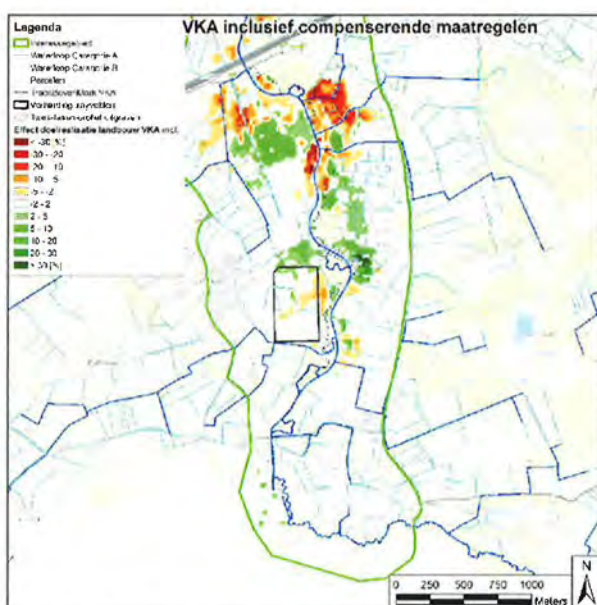
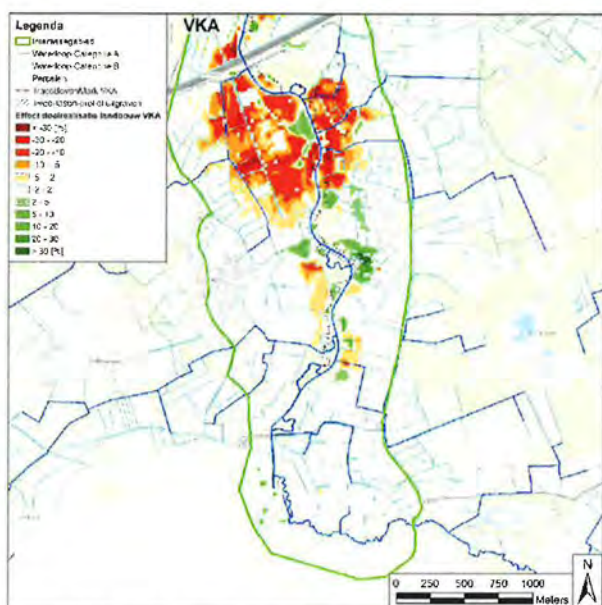
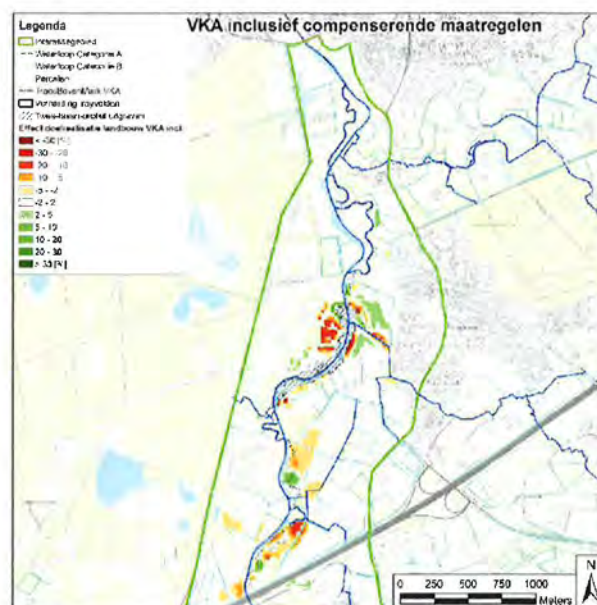
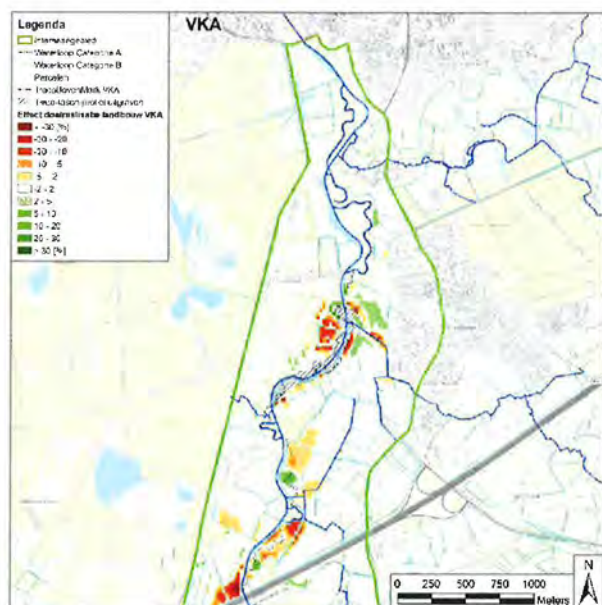
Figuur 59: Huidige kwel en infiltratie in de zomersituatie.

Figuur 60: Kwel en infiltratie in de zomersituatie VKA incl. compenserende maatregelen.

4.6 WATERNOOD-landbouw

Met behulp van het WATERNOOD-instrument is de doelrealisatie en de nat- en droogteschade voor de landbouw berekend voor het VKA met en zonder de compenserende maatregelen. Door de verandering van de winter- en zomergrondwaterstand kan de nat- en droogteschade voor de landbouw toe en/of afnemen. Het effect geeft het verschil aan ten opzichte van de huidige situatie. Het effect op de doelrealisatie is weergegeven in Figuur 61 en Figuur 62.

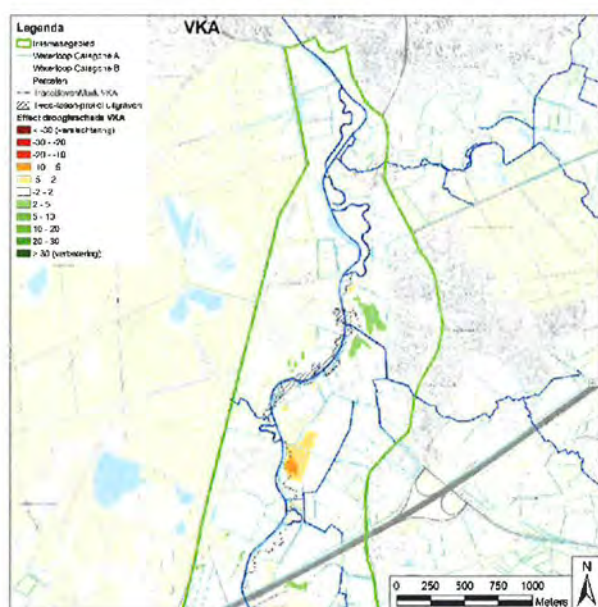
In het noordelijke deel wordt nat- en droogteschade vooral berekend op geplande nieuwe natuur percelen en zal er dus nauwelijks sprake zijn van economische schade. In het zuidelijk deel zijn de effecten aanzienlijk groter. Als gevolg van de verhoging van de grondwaterstand is er in het VKA een duidelijke verslechtering te zien rondom Daasdonk. Zoals in de beschrijving van de huidige situatie is te lezen, is hier in de huidige situatie al sprake van natschade en een verdere vernatting in dit gebied leidt tot een sterke toename van deze schade. In de variant met de compenserende maatregelen is hier, als gevolg van het aanbrengen van drainage, de grondwaterstand verlaagd. Deels is de grondwaterstand met het aanbrengen van de drainage zo ver verlaagd dat de huidige berekende natschade afneemt, echter is op de noordelijke percelen bij Daasdonk nog enige verslechtering ten opzichte van de huidige situatie zichtbaar. Gemiddeld genomen blijft de gewasopbrengst ongeveer gelijk met de huidige gewasopbrengst, echter neemt het niet weg dat er percelen zijn waar de gewasopbrengsten zullen verminderen. Het verdient dan ook de aanbeveling om de verandering van de landbouwoopbrengst uit te werken per agrarisch bedrijf. Daarmee is het mogelijk om de gevolgen per bedrijf met de individuele ondernemers te bespreken en de compenserende maatregelen passend binnen de bedrijfsvoering te maken.



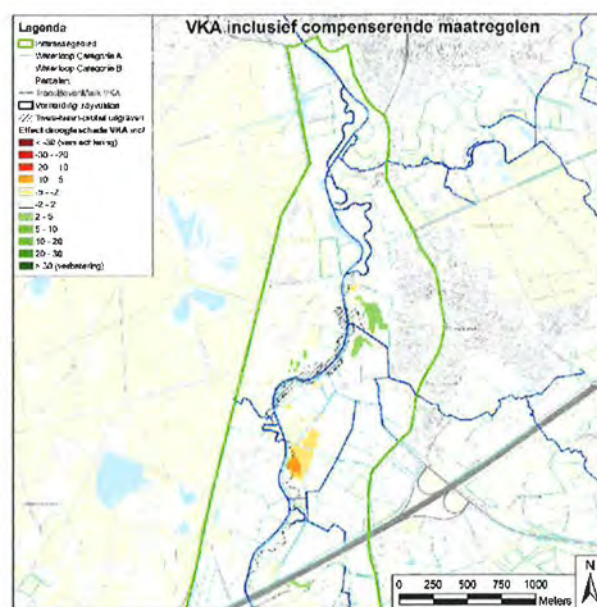
Figuur 61: Effect doelrealisatie landbouw VKA

Figuur 62: Effect doelrealisatie landbouw VKA incl. compenserende maatregelen

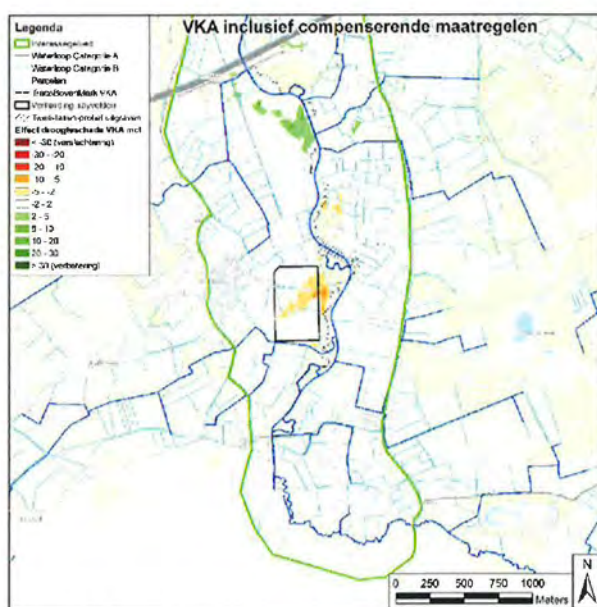
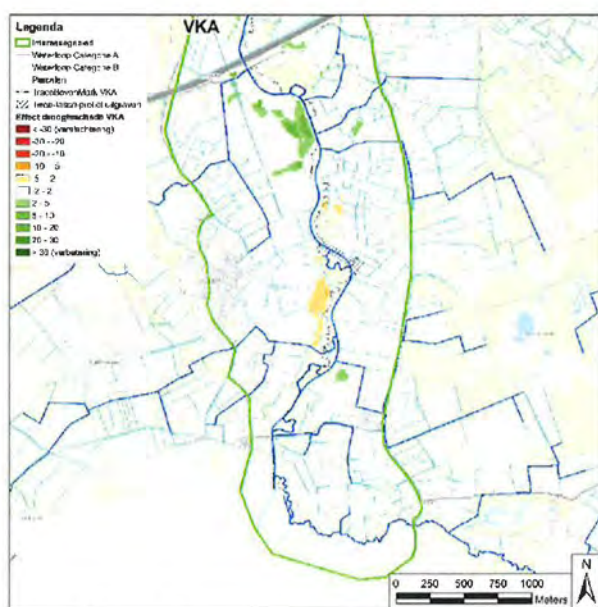
De verandering van de grondwaterstanden werken beperkt door in het effect op de droogteschade. In de onderstaande figuren (Figuur 63 en Figuur 64) is het effect op de droogteschade gepresenteerd. In de hogere delen waar in de huidige situatie droogteschade voorkomt neemt deze af als gevolg van de verhoging van de grondwaterstand. Echter treedt er pleksgewijs, als gevolg van de verlaging van de grondwaterstand, ook een toename op van de droogteschade. Ter plaatse van Koekelenberg is de grootste toename van de droogteschade te zien (2-5%). Dit betreft aardbeienpercelen en is niet met compenserende maatregelen ongedaan te maken.



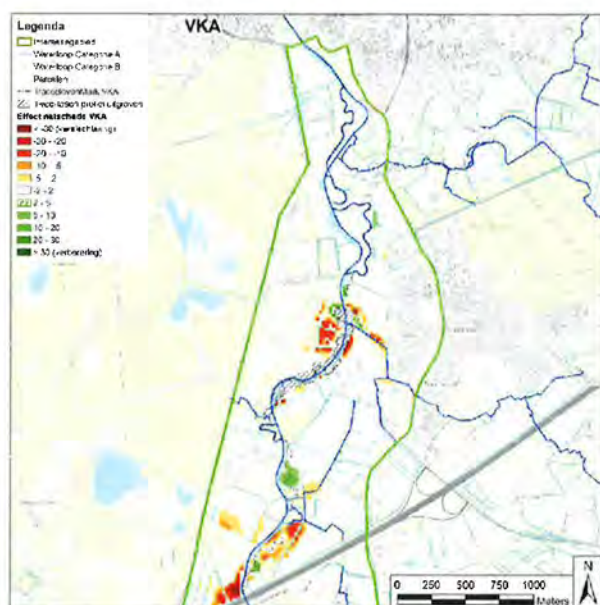
Figuur 63: Effect droogteschade VKA.



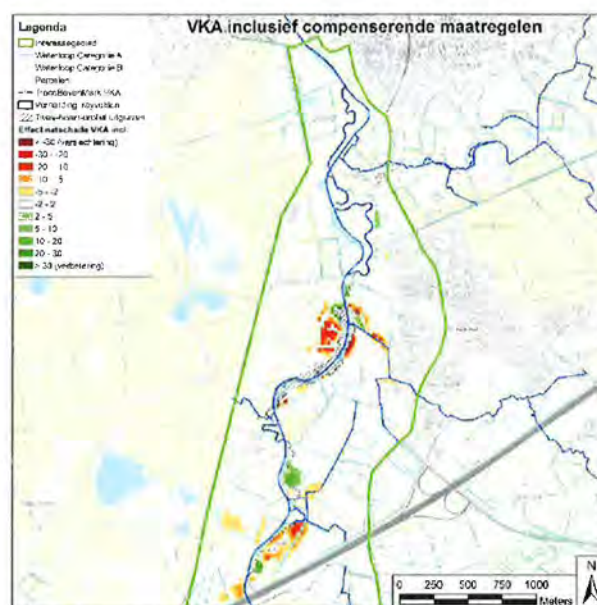
Figuur 64: Effect droogteschade VKA incl. compenserende maatregelen.



Het effect op de natschade komt sterk overeen met het effect op de doelrealisatie. In de onderstaande figuren (Figuur 65 en Figuur 66) is het effect op de natschade gepresenteerd. Daaruit blijkt dan ook dat de opbrengst van de landbouw gevoeliger is voor natschade dan voor droogteschade. Uit de variant met de compenserende maatregelen blijkt dat met behulp van de compenserende maatregelen de toename van de natschade deels wordt beperkt of zelfs vermindert bij Daasdonk. Rond Markstuw Galder wordt de schade beperkt en vindt lokaal een verbetering plaats. Het verder bovenstroomse deel ervaart een verbetering van de huidige situatie waarbij minder natschade op treedt. De algehele schade neemt in het VKA met de compenserende maatregelen niet veel toe, maar het verdient de aanbeveling om het de schade op bedrijfsniveau te bepalen.



Figuur 65: Effect natschade VKA.

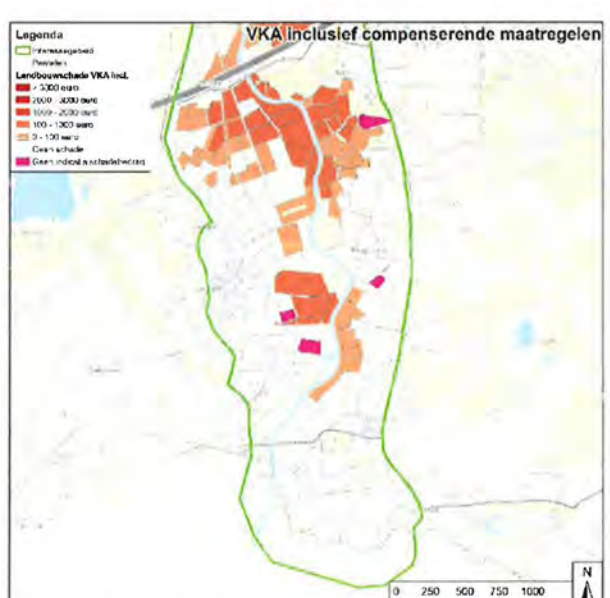
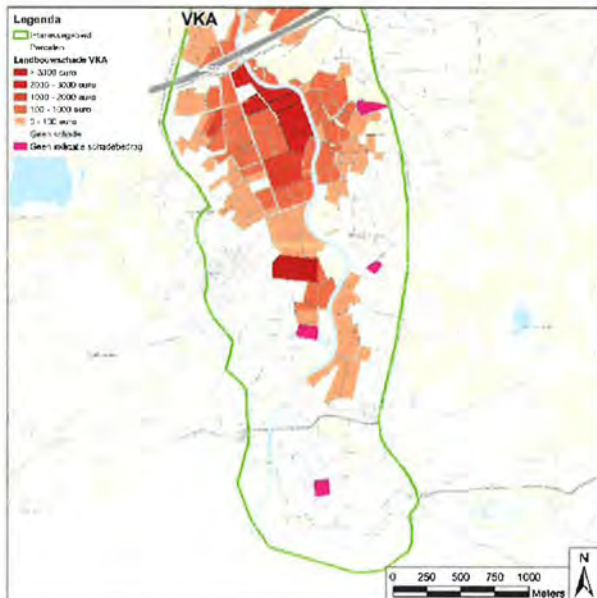
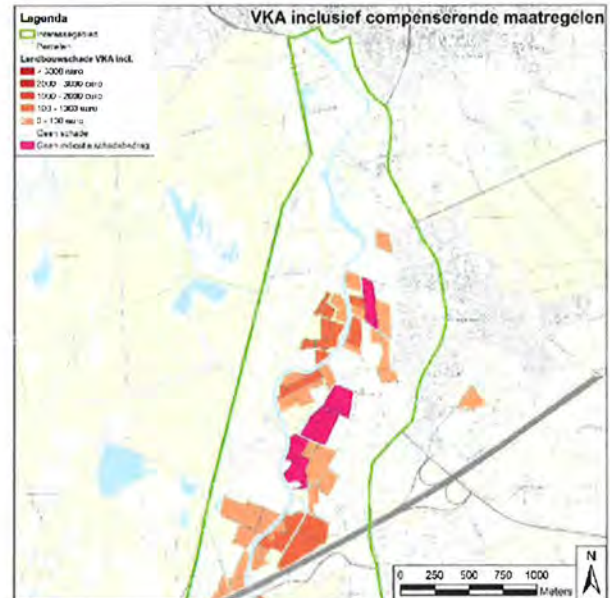
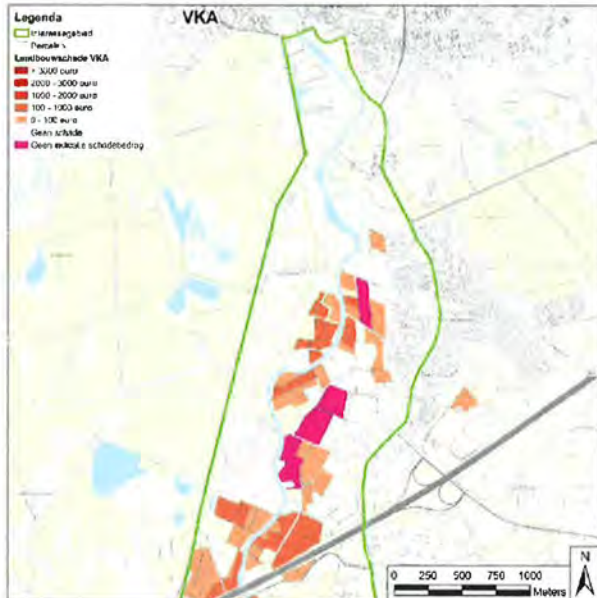


Figuur 66: Effect natschade VKA incl. compenserende maatregelen

Met behulp van informatie vanuit de Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt (KWIN-AGV van 2015) is er een inschatting gemaakt wat de financiële schade bedraagt voor de percelen waar een toename is van de natschade. In de Bijlage 4 is de natschade als gevolg van het VKA en het VKA inclusief maatregelen per perceel weergegeven. Hieruit blijkt da

t de percelen met de grootste schadeposten tussen de € 1.000,- en € 3.500,- schade ondervinden als er geen maatregelen worden genomen. Met het toepassen van drainage wordt de maximale schade vermindert tot ca. € 650,-. De gemiddelde schade van een perceel in het gebied is € 190,-, met maatregelen is dat verlaagd naar € 70,-. De totale toename van natschade als gevolg van het ontwerp zonder mitigerende maatregelen wordt geschat op circa € 25.000 per jaar met mitigerende maatregelen is dat bedrag verlaagd naar circa € 10.000 per jaar. Hierin is eventuele toename van opbrengsten niet verrekend.

In Figuur 67 en Figuur 68 zijn de schades ruimtelijk weergegeven. Van de percelen die paars gekleurd zijn is onvoldoende bekend om een goede schatting te maken, bijvoorbeeld omdat de gewasopbrengsten van specifieke gewassen niet in de KWIN-AGV zijn opgenomen.



Figuur 67: Landbouwschade VKA.

Figuur 68: Landbouwschade VKA inclusief maatregelen.

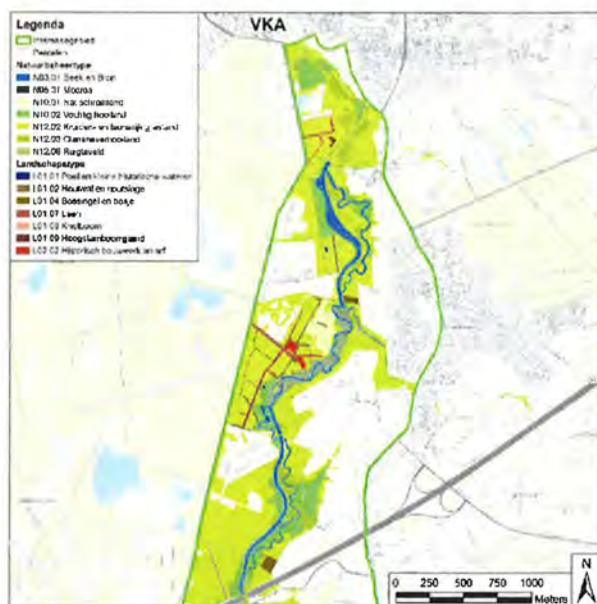
4.7 Natuurbeheertypen

Voor de natuurbeheertype-ambitiekaart is een verdiepingsslag gemaakt, waarin de te verwachten vegetatiesoorten en plantgemeenschappen zijn benoemd. Voor het maken van deze kaart zijn de onderstaande uitgangspunten gehanteerd:

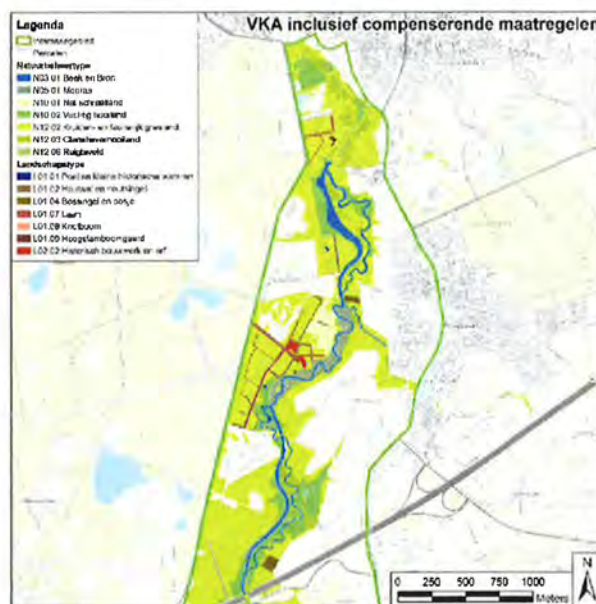
1. Het plangebied is verdeeld in inundatiezones, voor de frequenties $T=2$, $T=10$ en $T=100$ (zie paragraaf 4.4.2);
2. Daarnaast is het gebied verdeeld in gemiddelde GVG-zones, te weten 'vochtig' (0 – 50 cm onder maaiveld) en 'droog' (50 – 100 cm onder maaiveld);
3. Deze kaartlagen zijn over elkaar heen gelegd, waardoor 6 verschillende zones ontstaan.
4. Voor deze zones is een natuurbeheertype ambitie gesteld. Deze ambitie is afhankelijk van het type beheer en de mate van voedselrijkheid die lokaal kan voorkomen.
5. Voor alle 6 zones is in dit document aangegeven welke andere natuurbeheertype ook kunnen ontstaan, op basis van beheer en voedselrijkdom;
6. Naast deze 6 zones zijn enkele afwijkende zones aangewezen. Dit betreft zones waar kwel op treedt en zones waar potentie is voor moerasvorming.

Door deze aangepaste werkwijze is de kaart beter toegespitst op de lokale omstandigheden, betreffende inundatie, gemiddelde GVG en voedselrijkdom. Echter, de te behalen natuurbeheertypen zijn sterk afhankelijk van het beheer en de voedselrijkdom. Daarom is besloten de verschillende zones in de kaart te tonen, maar de potentie voor de zones in dit volgende paragraaf verder toe te lichten. De kaarten zijn weergegeven in Figuur 69 en Figuur 70.

Voor wat betreft de voedselrijkdom is het aan te bevelen om nader onderzoek uit te voeren op de locaties waar schrale omstandigheden worden nagestreefd. De gronden binnen het Markdal zijn in de huidige situatie voornamelijk in agrarisch gebruik wat veelal gepaard gaat met een voedselrijke bouwvoor. De dikte van de (fosfaatverzadigde) bouwvoor is sterk bepalend voor de aanvullende maatregelen die zijn gewenst om (op den duur) schrale omstandigheden te krijgen.



Figuur 69: Natuurbeheertypen VKA.



Figuur 70: Natuurbeheertypen VKA incl. compenserende maatregelen

4.7.1 Zone inundatie T=2

Door de hoge overstromingsfrequentie, ontstaat een meer voedselrijke en dynamische vegetatie. Afhankelijk van het beheer uit dit zich in gras- en hooiland of in meer verruigde vegetatietypen. Daar waar het water tot op het maaiveld staan (zeer natte omstandigheden) is potentie voor het creëren van natte ruigtes en moeras. Deze natte omstandigheden door- of in combinatie met kwel, kan leiden tot dotterbloemhooilanden.

Natte omstandigheden – water op- of tot aan het maaiveld

Op de kaart gecombineerd als N05.01 of N12.06 aangegeven. Afhankelijk van het beheer en de voedselrijkheid van de bodem kunnen onderstaande natuurbeheertypen en vegetatiesoorten ontstaan.

Potentie:

- N12.06 Ruigteveld
- N05.01 Moeras

- N14.01 Rivier- en beekbegeleidend bos
Indien het gebied extensief beheerd wordt (eventueel in combinatie met aanplant van bomen) kan rivier- en beekbegeleidend bos ontstaan.

In het 2-fasenprofiel passen deze natuurbeheertypen, afhankelijk van het type beheer en inrichting. Tevens hangt het type af van de mate van begroeiing die wordt toegestaan, zonder dat de afvoerende functie van de Bovenmark wordt belemmerd.

Natte omstandigheden – in geval van kwel

Op de kaart aangegeven als N10.01 of N10.02. Afhankelijk van het beheer en de voedselrijkheid van de bodem kunnen onderstaande natuurbeheertypen en vegetatiesoorten ontstaan.

Potentie:

- N10.01 Nat schraalland
In geval van oude (base-rijke) kwel kunnen dotterbloemhooilanden ontstaan, met soorten als de gevlekte orchis en diverse zegge-soorten (Carex sp.)
- N10.02 Vochtig hooiland
Vochtig hooiland ontstaat onder intensief beheer, in de vorm van maaien en afvoeren. In geval van (jonge) kwel kan dotterbloemgrasland ontstaan, met soorten als gewone koekoeksbloem en meer zurige vegetaties zoals zegge- en russensoorten en rietgras.

Vochtige omstandigheden – GVG tussen 0 en 50 cm onder maaiveld

Op de kaart aangegeven als N10.02. Afhankelijk van het beheer en de voedselrijkheid van de bodem kunnen onderstaande natuurbeheertypen en vegetatiesoorten ontstaan.

Potentie:

- N10.02 Vochtig hooiland
Vochtig hooiland inundeert regelmatig. Op de iets drogere delen kan heischraalgrasland ontstaan, in de iets nattere delen heeft het potentie voor dotterbloemgrasland. Vochtig hooiland ontstaat bij intensief beheer, in de vorm van maaien en afvoeren.
- N12.06 Ruigteveld
Bij extensief beheer ontstaat ruigteveld. Onder deze vochtige omstandigheden valt vegetatie te verwachten als moerasspirea en grote zeggevegetaties (rietgras, liesgras, carex sp. tot lisdodde en riet).

Droge omstandigheden – GVG tussen de 50 en 100 cm onder maaiveld

Op de kaart aangegeven als N12.03. Afhankelijk van het beheer en de voedselrijkheid van de bodem kunnen onderstaande natuurbeheertypen en vegetatiesoorten ontstaan.

Potentie:

- N12.03 Glanshaverhooiland
Glanshaverhooiland is vrij tolerant voor inundatie, mits de GVG na inundatie dieper ligt dan 50 cm (Ideaaliter >75 cm). Verder dient de inundatie beperkt te blijven tot enkele dagen. Vegetatie kan zoal bestaan uit goudhaver, frans raaigras en grote vossenstaart. Glanshaverhooiland wordt intensief beheerd, in de vorm van maaien en afvoeren.
- N12.06 Ruigteveld
In geval van extensief beheer zal naar verwachting ruigteveld ontstaan. Op deze drogere delen kan riet domineren, maar ook struweel opkomen zoals vlier en wilg.

4.7.2 Zone inundatie T=10

Ondanks de lagere overstromingsfrequentie blijft de voedselrijkdom gemiddeld relatief hoog. Deze gebieden liggen aan de rand van het gebied met inundatiefrequentie T=2 en vormen een mooie overgang naar iets schralere en meer bloemrijke vegetaties. De potentiële natuurbeheertype zijn afhankelijk van beheer en voedselrijkdom.

Vochtige omstandigheden – GVG tussen 0 en 50 cm onder maaiveld

Op de kaart aangegeven als N12.02. Afhankelijk van het beheer en de voedselrijkheid van de bodem kunnen onderstaande natuurbeheertypen en vegetatiesoorten ontstaan.

Potentie:

- N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland
Kruiden- en faunarijk grasland is beter bestemd tegen vochtige omstandigheden dan glanshaverhooiland (N12.03) en is daarom eerder te verwachten in meer vochtige omstandigheden.
- N12.06 Ruigteveld
Bij extensief beheer ontstaat ruigteveld. Afhankelijk van de GVG kan rietgras, liesgras en carex sp. ontstaan tot lisdodde en riet.

Droge omstandigheden – GVG tussen de 50 en 100 cm onder maaiveld

Op de kaart aangegeven als N12.03. Afhankelijk van het beheer en de voedselrijkheid van de bodem kunnen onderstaande natuurbeheertypen en vegetatiesoorten ontstaan.

Potentie:

- N12.03 Glanshaverhooiland
Kan ontstaan als de droogtestress beperkt blijft tot <20 dagen. Vegetatie kan zoal bestaan uit goudhaver, frans raaigras en grote vossenstaart. Glanshaverhooiland wordt intensief beheerd, in de vorm van maaien en afvoeren.
- N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland
Onder de meer voedselrijke omstandigheden is witbolgrasland te verwachten. In combinatie met beweiding ontstaat kamgrasland

4.7.3 Zone inundatie T=100

Deze gebieden overstroomd vrijwel niet, waardoor de voedselrijkdom gemiddeld lager ligt dan bij een hogere overstromingsfrequentie (T=2-10).

Vochtige omstandigheden – GVG tussen 0 en 50 cm onder maaiveld

Op de kaart aangegeven als N12.02. Afhankelijk van het beheer en de voedselrijkheid van de bodem kunnen onderstaande natuurbeheertypen en vegetatiesoorten ontstaan.

Potentie:

- N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland
Dit natuurbeheertype is vrij algemeen en wordt het meest verwacht in dit gebied onder de wat meer voedselrijke omstandigheden en bij een intensief beheer in de vorm van maaien en afvoeren.
- N12.06 Ruigteveld
Bij extensief beheer ontstaat ruigteveld. Afhankelijk van de GVG kan rietgras, liesgras en carex sp. ontstaan tot lisdodde en riet.

Droge omstandigheden – GVG tussen de 50 en 100 cm onder maaiveld

Op de kaart aangegeven als N12.03. Afhankelijk van het beheer en de voedselrijkheid van de bodem kunnen onderstaande natuurbeheertypen en vegetatiesoorten ontstaan.

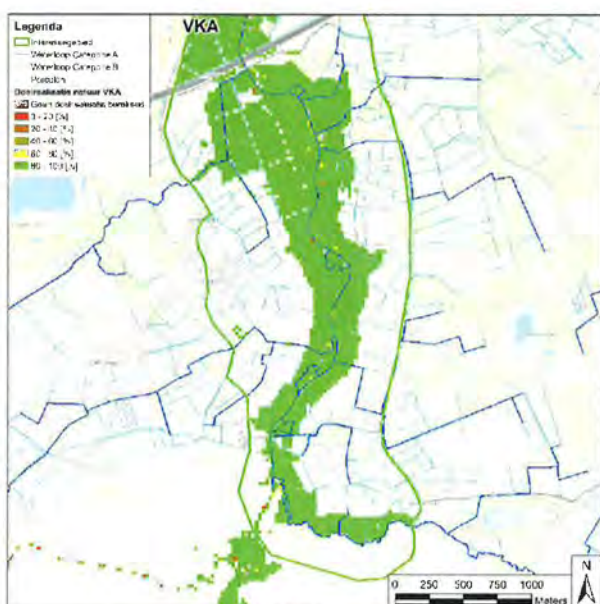
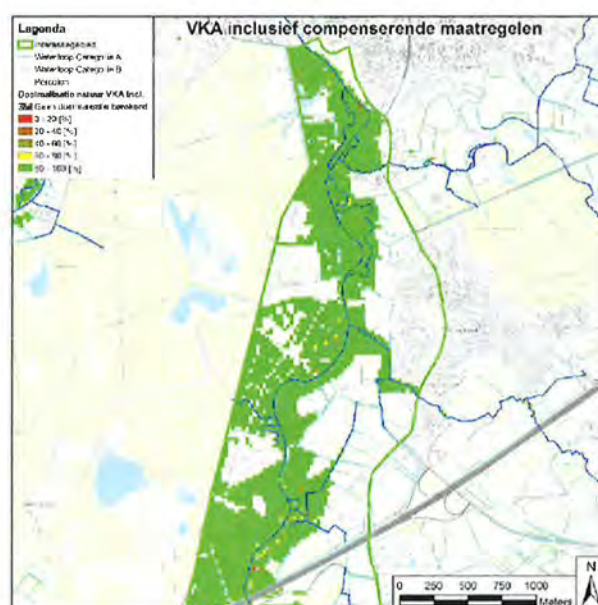
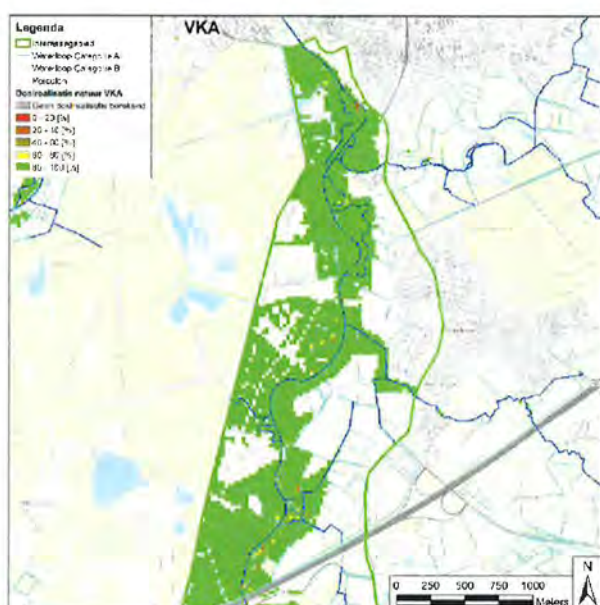
Potentie:

- N12.03 Glanshaverhooiland
Kan ontstaan als de droogtestress beperkt blijft tot <20 dagen. Vegetatie kan zoal bestaan uit goudhaver, frans raaigras en grote vossenstaart. Glanshaverhooiland wordt intensief beheerd, in de vorm van maaien en afvoeren.
- N11.01 Droog schraalland
Door schralere omstandigheden kan stroomdalgrasland of zelfs heischraalgrasland ontstaan.

4.8 Toetsing WATERNOOD natuurbeheertypen

De natuurbeheertypen die in §4.7 staan beschreven zijn getoetst met behulp van WATERNOOD. De hydrologische randvoorwaarden zijn gehanteerd zoals deze, in de applicatie "Hydrologische Randvoorwaarden Natuur" versie 3, door Alterra en KWR zijn vervaardigd in opdracht van de STOWA.

Input voor deze toetsing zijn de berekende grondwaterstanden in de zomer en voorjaars situatie en de bodemkaart. Het resultaat van de toetsing is gegeven in Figuur 71 Figuur 72. Uit de toetsing blijkt dat vrijwel het hele gebied een doelrealisatie heeft tussen de 80 en 100%. Dit is enerzijds te verklaren dat de natuurbeheertypenkaart is gemaakt op basis van de berekende grondwaterstanden en anderzijds is dit te verklaren doordat het overgrote deel van het gebied is bestempeld als kruiden- en faunarijke grasland. Dit natuurbeheertype heeft geen specifieke eisen aan de grondwaterstand en voldoet daarmee per definitie. De natuurbeheertypen Vochtig hooiland, Nat schraalland en Glanshaverhooiland stellen wel eisen aan de grondwaterstand. Hier blijkt dan ook dat er een aantal pixels zijn waar op basis van de grondwaterstand de desbetreffende natuurbeheertypen suboptimaal of slecht scoren. Als gevolg van de compenserende maatregelen scoort de doelrealisatie natuur minder goed.

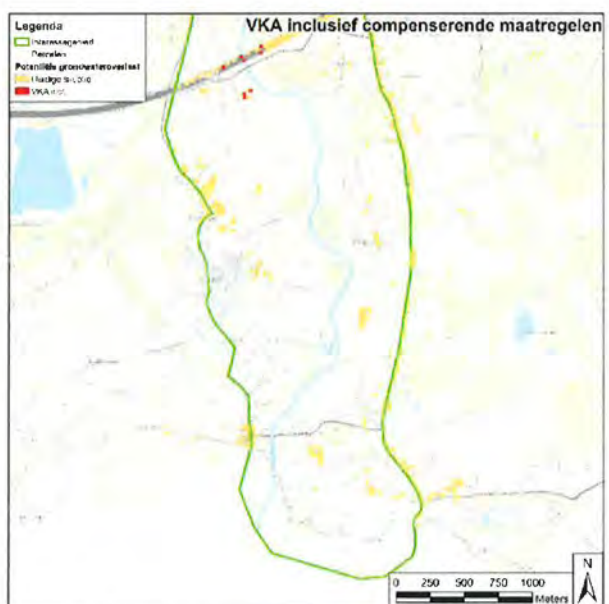
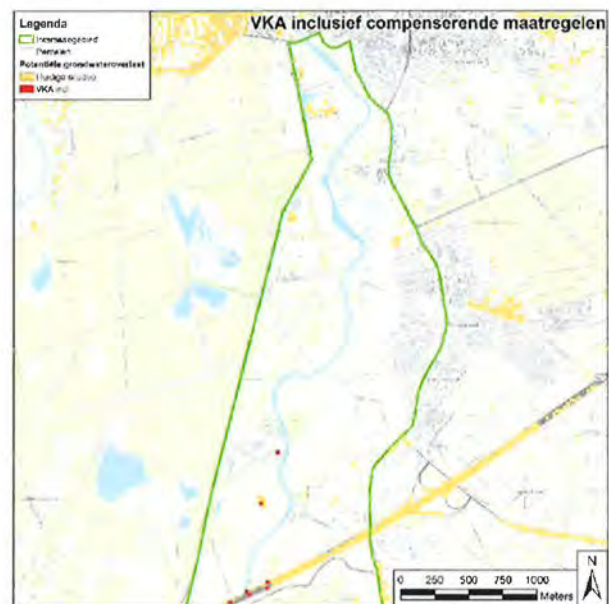


Figuur 71: Doelrealisatie natuur VKA.

Figuur 72: Doelrealisatie natuur VKA incl. compenserende maatregelen.

4.9 Grondwateroverlast bebouwing en infrastructuur

Voor wat betreft de grondwateroverlast blijkt dat de verhoging van de GHG slechts een beperkte toename laat zien voor de locaties waar grondwateroverlast voorkomt (Figuur 73 en Figuur 74). Voor een groot deel komt dit doordat er in de huidige situatie mogelijk al sprake is van een knelpunt en doordat bebouwing en infrastructuur veelal op de hogere delen zich heeft gevestigd. De enige uitzondering hierop is de snelweg die dwars over het beekdal gaat, maar ook daar is de toename van de grondwateroverlast beperkt. Voor wat betreft de grondwateroverlastlocaties verdient het de aanbeveling om nader te onderzoeken in hoeverre hier mogelijke knelpunten zijn of ontstaan. Door de mitigerende maatregelen vermindert de toename van het aantal locaties met grondwateroverlast als gevolg van het VKA.



Figuur 73: Potentiële grondwateroverlast VKA.

Figuur 74: Potentiële grondwateroverlast VKA incl. compenserende maatregelen.

5 CONDITIONERENDE ONDERZOEKEN

Bij een herinrichting van het Markdal kan tijdelijk of permanent een verstoring of verandering plaats vinden als gevolg van werkzaamheden of de nieuwe inrichting van het gebied. Bodemkwaliteit, Conventionele explosieven, flora en fauna, archeologie en cultuurhistorie en de aanwezigheid van kabels en leidingen kunnen een rol belangrijk obstakel (kostenverhogend, procedures) zijn om voortvarend ontwerp van naar realisatie te komen. Door deze aspecten vroegtijdig te verkennen worden mogelijke kansen en of knelpunten gesignaleerd en kunnen deze tijde het verdere uitwerkingsproces hun plaats krijgen.

Aan de hand van de inrichtingsvarianten C en D (reikwijdte van de maatregelen) en de begrenzing projectgebied (interessesgebied paragraf 2.1) zijn bureauonderzoeken uitgevoerd voor bodemkwaliteit, conventionele explosieven (CE), flora en fauna, archeologie en cultuurhistorie en op aanwezigheid van kabels en leidingen. De resultaten van deze bureauonderzoeken zijn opgenomen in het bijlagen rapport.

In onderstaande paragrafen zijn de resultaten samengevat en zijn de knelpunten voor het huidige ontwerp van het VKA benoemd/ aangeduid.

5.1 Bodemonderzoek

Voor het interessesgebied Markdal is door middel van een bureauonderzoek een inventarisatie gedaan naar aanwezigheid van stortplaatsen, bodemverontreinigingen en bodemkwaliteit. Naar aanleiding van dit onderzoek moet duidelijk worden of er geen belemmeringen zijn voor de beoogde herontwikkelingen en (compenserende) maatregelen. In Bijlage 5 is het volledige rapport gegeven.

5.1.1 Stortplaatsen

Na het bestuderen van deze dossiers kan worden geconcludeerd dat er geen sprake is van (voormalige) stortplaatsen binnen het plangebied op het grondgebied van de gemeente Alphen-Chaam.

Ook uit het de aanvullende analyse naar stortplaatsen (onderzoek ReGister BV) voor het grondgebied van de gemeente Breda blijkt dat er geen sprake is van (voormalige) stortplaatsen binnen het plangebied. Wél is er sprake van één demping en twee afgebroken gebouwen (mogelijk verdacht in het kader van ((asbesthoudend) puin). Binnen het grondgebied van de OMWB is voormalig kasteel Daasdonk, inclusief slotgracht, geïnventariseerd. Deze slotgracht is gedempt. Omdat dit wellicht rond 1835 is gebeurd, wordt de kans op een ernstig geval niet erg groot inschat, maar helemaal uit te sluiten is het niet.

5.1.2 Bodemverontreinigingen

Bodemlocaties gemeente Breda

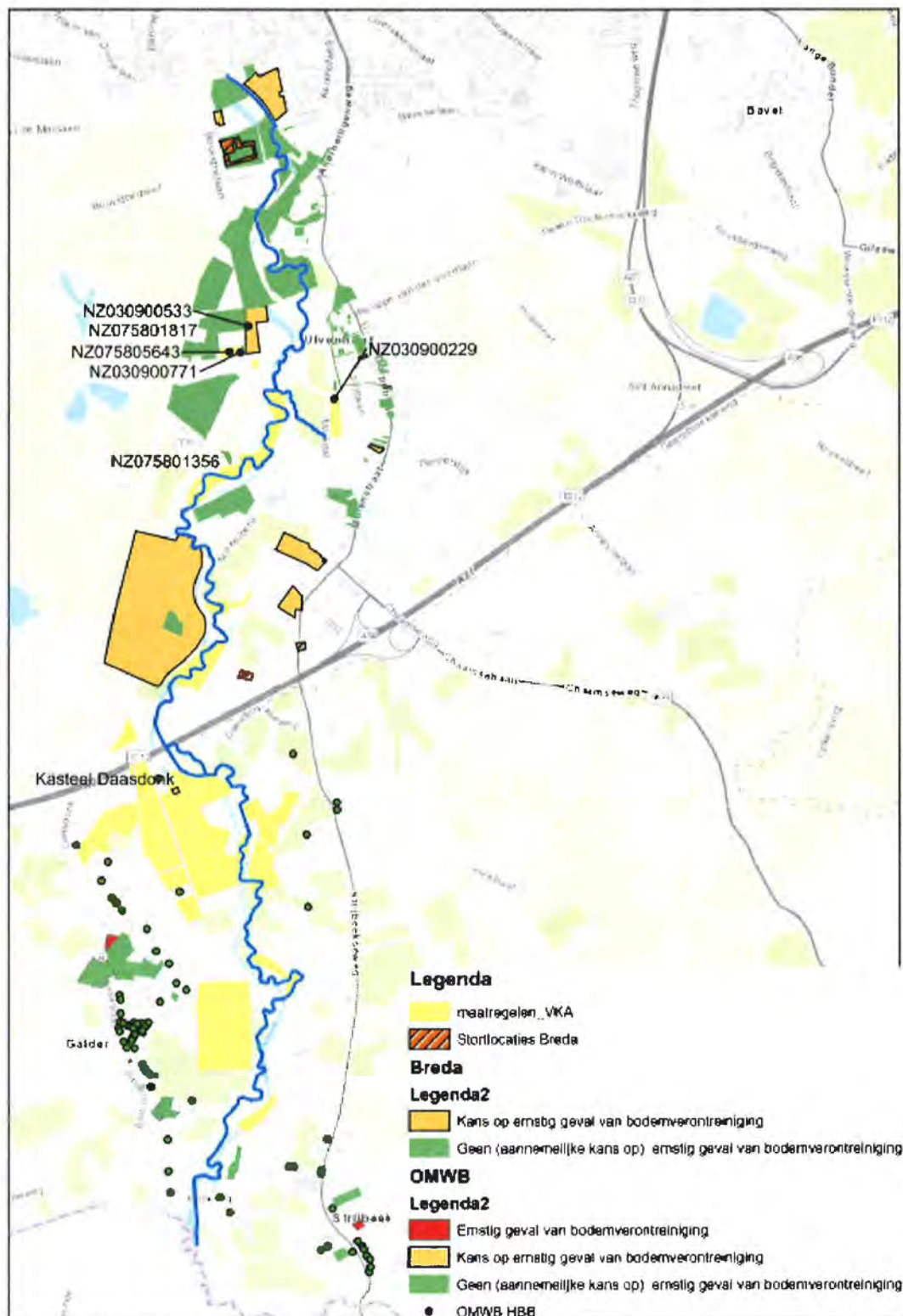
- 78 locaties in het interessesgebied
- Geen ernstig geval van bodemverontreiniging
- 10 locaties met kans op ernstig geval van bodemverontreiniging, maar de gegevens zijn (nog) niet toereikend voor een definitieve conclusie
- Voor 68 locaties is er geen (aannemelijke kans op) ernstig geval van bodemverontreiniging.

Bodemlocaties gemeente Alphen-Chaam

- 25 locaties in het interessesgebied
- 2 ernstige gevallen van bodemverontreiniging
- 2 locaties met kans op ernstig geval van bodemverontreiniging, maar de gegevens zijn (nog) niet toereikend voor een definitieve conclusie
- Voor 21 vlaklocaties is er geen (aannemelijke kans op) ernstig geval van bodemverontreiniging.
- Voor alle 74 vermeldingen van voormalige (bedrijfs)activiteiten is er geen (aannemelijke kans op) ernstig geval van bodemverontreiniging.

5.1.3 Bodemkwaliteit

Tot slot is nagegaan of de bodemkwaliteitgegevens, zoals samengevat in §5.1.2, de compenserende maatregelen voor landbouw en natuur 'raken'. Dit is bepaald via een GIS-analyse (Figuur 75).



Figuur 75: Bodemlocatie en compenserende maatregelen.

Uit de analyse blijkt dat 7 unieke bodemlocaties 14x een maatregelgebieden raken. Deze locaties staan in Tabel 11, inclusief een verwijzing naar de object-ID's van de maatregelgebieden. Voor de (oranje) locatie NZ030900533 geldt dat bij grondwerkzaamheden ter plaatse, bij de gemeente Breda om aanvullende

gegevens moet worden gevraagd. Voor de (oranje) locatie Kasteel Daasdonk wordt veldinspectie aanbevolen om een mogelijk demping/stort van de voormalige slotgracht te detecteren. Voor de overige locaties is op basis van deze gegevens geen aanvullend onderzoek noodzakelijk.

Tabel 11. Bodemlocaties binnen aandachtsgebieden.

OBJECTID	Maatregel	Locatiecode	Bodemkwaliteit	Vervolgactie
078	Maaiveld ophogen	Kasteel Daasdonk	Potentieel Ernstig	Uitvoeren OO
281	Aandachtsgebied	NZ030900533	Potentieel Ernstig	uitvoeren OO
186	Aandachtsgebied	NZ030900229	Pot. verontreinigd	voldoende onderzocht
185	Aandachtsgebied	NZ030900229	Pot. verontreinigd	voldoende onderzocht
184	Aandachtsgebied	NZ030900229	Pot. verontreinigd	voldoende onderzocht
191	Aandachtsgebied	NZ030900771	Onverdacht/Niet verontreinigd	voldoende onderzocht
190	Aandachtsgebied	NZ030900771	Onverdacht/Niet verontreinigd	voldoende onderzocht
282	Aandachtsgebied	NZ030900771	Onverdacht/Niet verontreinigd	voldoende onderzocht
192	Aandachtsgebied	NZ075801356	Pot. verontreinigd	voldoende onderzocht
193	Aandachtsgebied	NZ075801817	Onbekend	Onbekend
194	Aandachtsgebied	NZ075805643	Onverdacht/Niet verontreinigd	voldoende onderzocht
189	Aandachtsgebied	NZ075805643	Onverdacht/Niet verontreinigd	voldoende onderzocht
188	Aandachtsgebied	NZ075805643	Onverdacht/Niet verontreinigd	voldoende onderzocht
187	Aandachtsgebied	NZ075805643	Onverdacht/Niet verontreinigd	voldoende onderzocht

5.2 NGE

Voor het interessegebied Markdal is een vooronderzoek naar de aanwezigheid van conventionele explosieven (hierna: CE) uitgevoerd ter plaatse van de projectlocatie Markdal te Breda en Alphen-Chaam. Hier worden in de toekomst diverse bodemingrepen uitgevoerd.

De resultaten van dit vooronderzoek zijn verwerkt in onderstaand rapport (bijlage 6). Het officiële vooronderzoek en bijbehorende bodembelastingkaart dient altijd te worden gebruikt bij het vervolgtraject.

Titel rapport	Auteur	Kenmerk	Versie
Vooronderzoek Markdal – Breda/Alphen-Chaam	AVG, Jurian ter Horst	1662194-VO-04	Definitief, 21 april 2017

Conclusie

Op basis van de beoordeelde feiten van het vooronderzoek is geconcludeerd dat er indicaties zijn voor de mogelijke aanwezigheid van CE. Diverse gevechtshandelingen / CE gerelateerde handelingen hebben plaatsgevonden.

De volgende CE kunnen mogelijk in het onderzoeksgebied worden aangetroffen:

- Afwerpmunitie
- Vliegtuigboordwapenmunitie 20 mm
- 3 inch raketten
- Geschutmunitie en CE gebruikt tijdens grondgevechten
- (Geïmproviseerde) vernielingsladingen
- Gedumpte munitie
- Landmijnen

Het onderzoeksgebied is gedeeltelijk verdacht op CE. Het CE verdachte gebied is horizontaal afgebakend op de CE-bodembelastingkaart in het vooronderzoek. Aan de hand van het huidige ontwerp VKV voor de hydrologische maatregelen is een tweetal locaties verdacht op CE.

Advies vervolgtraject

Op basis van het uitgevoerde onderzoek kan worden overgegaan tot het verkleinen van CE verdachte gebieden. Door in een vervolgtraject een nadere verdiepingsslag te maken en te kijken of deze met behulp van informatie over naoorlogse werkzaamheden kunnen worden verkleind.

Ook kan direct tot opsporing van CE worden overgegaan op de locaties waar in het project grondroerende activiteiten plaats gaan vinden. De opsporingsfase omvat het geheel van organisatie en uitvoering, achtereenvolgens: werkvoorbereiding, detecteren, interpreteren, lokaliseren, laagsgewijs ontgraven en identificeren van de vermoede explosieven, tijdelijk veiligstellen van de situatie tot aan overdracht aan de EOD en proces-verbaal van oplevering aan de opdrachtgever en Bevoegd Gezag.

Gewijzigde grens projectgebied

Gedurende het opstellen van het CE-vooronderzoek is het VKA opgesteld. Het VKA is op enkele delen qua ligging iets anders dan de varianten C en D aan de hand van het vooronderzoek CE is opgestart. Met name bepaalde delen van mogelijk in te richten gronden vallen buiten de contouren van het onderzoeksgebied dat is gebruikt in het CE-vooronderzoek.

Aanvullend onderzoek en/of maatregelen zijn benodigd wanneer buiten het onderzoeksgebied van het CE-vooronderzoek grondroerende activiteiten plaats gaan vinden.

5.3 Flora en Fauna

In de QuickScan Flora & Fauna is gekeken naar het (mogelijk) voorkomen van beschermde soorten, zoals opgenomen in de Wet Natuurbescherming. Of effecten op deze soorten kunnen optreden, wordt in eerste instantie beoordeeld middels een verkennende toets, de zogenaamde Quickscan. Deze Quickscan heeft tot doel de waarde van het plangebied voor beschermde soorten in beeld te brengen en te voorzien in een eerste inschatting van mogelijke effecten van de voorgenomen werkzaamheden op beschermde soorten. Op basis hiervan wordt de activiteit (herinrichting Markdal) getoetst aan de Wet natuurbescherming en wordt bepaald of er maatregelen noodzakelijk zijn om overtreding van verbodsbepalingen uit de Wet natuurbescherming te voorkomen of dat er ontheffing dient te worden aangevraagd. Ook kan duidelijk worden welk vervolgonderzoek noodzakelijk is om effecten al dan niet te kunnen uitsluiten. In Bijlage 7 is het volledige rapport gegeven.

5.3.1 Effectbeschrijving

Uit de QuickScan blijkt dat in het plangebied (mogelijk) diverse beschermde soorten voorkomen. Uit de effectbeschrijving blijkt dat voor een deel van deze soorten geldt dat er geen effect van de werkzaamheden op de soorten wordt verwacht en/of dat een effect door het nemen van passende maatregelen voorkomen kunnen worden. Uit de effectbeschrijving komt naar voren dat een aantal vervolgonderzoeken nodig zijn naar het voorkomen van beschermde soorten.

Aanvullende onderzoeken:

- Veldonderzoek naar aanwezigheid jaarrond beschermde nesten;
- Veldonderzoek naar de aanwezigheid van (geschikt habitat van) heikikker, poelkikker, kamsalamander of alpenwatersalamander;
- Indien bomen, dicht struweel of bebouwing worden verwijderd, veldonderzoek naar de aanwezigheid van verblijfplaatsen van eekhoorn, steenmarter of vleermuizen;
- Indien lijnvormige elementen (bomenrijen, watergangen) worden aangetast, veldonderzoek naar de aanwezigheid van vliegrouthes;

5.3.2 Effectbeoordeling

In de effectbeoordeling blijkt dat voor een aantal soorten het overtreden van verbodsbepalingen van de Wet Natuurbescherming al op voorhand niet uitgesloten kan worden. Dit betreft de volgende soorten.

Voor Habitatrichtlijnsoorten van de beschermingscategorie strikt:

- Heikikker;
- Poelkikker;
- Voor andere soorten de beschermingscategorie overig;
- Alpenwatersalamander;
- Algemeen voorkomende amfibieën;
- Algemeen voorkomende zoogdieren.

Zorgplicht

Voor de algemeen voorkomende soorten zoogdieren en amfibieën die binnen het projectgebied voorkomen heeft de provincie Noord-Brabant in haar verordening een vrijstelling gegeven. Mogelijke effecten op enkele exemplaren hebben geen invloed op de populatie. Er hoeft geen ontheffing te worden aangevraagd voor de in het gebied aanwezige op deze lijst voorkomende zoogdieren en amfibieën. Houd echter wel rekening met de zorgplicht. Dit houdt in dat tijdens het uitvoeren van de werkzaamheden alles wordt gedaan om handelingen die mogelijk schade toebrengen aan deze soorten worden vermeden. En bovendien dat er aanvullende maatregelen worden genomen om deze schade te voorkomen en/of, voor zover die gevolgen niet kunnen worden voorkomen, deze zoveel mogelijk wordt beperkt. Ook mag het welzijn van dieren niet onnodig worden aangetast en dieren onnodig laten lijden.

5.3.3 Mitigerende maatregelen

Op dit moment bevindt het project zich nog in de ontwerpfase. Wanneer het definitieve ontwerp en de planning van de werkzaamheden bekend zijn, dan dient een gerichte lijst met mitigerende maatregelen en/of een ecologisch werkprotocol worden opgesteld. Aanbevolen wordt om in de verder planvorming nu al gehoor te geven aan het 'voorkomen van effecten' en de vervolgstappen zoals aangegeven in Tabel 2 in Bijlage 7.

5.3.4 Ontheffing

Voor het mogelijk opzettelijk doden en verstoren (opzet = als u had kunnen weten dat de soort aanwezig is) van alpenwatersalamanders tijdens de werkzaamheden, is het mogelijk maatregelen te treffen om dit te voorkomen. Indien door het uitvoeren van deze maatregelen het overtreden van verbodsbepalingen kan worden uitgesloten, is het niet noodzakelijk een ontheffing aan te vragen.

Indien de aanwezigheid van (geschikt habitat voor) poelkikker, kamsalamander en heikikker na vervolgonderzoek niet is uit te sluiten, dan is het mogelijk doden en verstoren en/of het beschadigen of vernielen van voortplantingsplaatsen en/of rustplaatsen tijdens de werkzaamheden, voor de heikikker, kamsalamander en poelkikker niet uit te sluiten. Voor deze soorten dient dan ontheffing te worden aangevraagd.

5.3.5 Aanpassingen van het VKA

Gedurende het uitvoeren van het bureauonderzoek is het VKA opgesteld. Het VKA is op enkele delen qua ligging iets anders dan de varianten C en D aan de hand van het bureauonderzoek is opgestart. Gezien de beperkte wijzigingen/verschuivingen en dat de aard van de werkzaamheden niet zijn veranderd, zijn er geen aanpassingen benodigd in de QuickScan Flora & Fauna. De QuickScan is een eerste verkenning naar het voorkomen van beschermde soorten en gebieden en de mogelijke effecten hierop. Wanneer het ontwerp definitief is gemaakt, dan kan een ecologisch werkprotocol worden opgesteld, welke invulling geeft aan het voorkomen en/of minimaliseren van effecten op beschermde soorten.

5.4 Archeologie en cultuurhistorie

Op basis van het uitgevoerde bureauonderzoek zijn een aantal zones geïdentificeerd waar vervolgonderzoek verplicht is volgens vigerend beleid van de gemeente Breda. In Bijlage 8 is het volledige archeologische rapport gegeven.

Uit het historisch onderzoek blijkt dat de rivier in vroeger tijden breder is geweest en vanaf de 16e eeuw langzaam dichtslibde. De situatie in de 19e eeuw, waarvan de oude rivierloop is achterhaald, toont daarbij aan dat de situatie nauwelijks nog bevaarbaar was en sinds de 16e eeuw meer ontwikkelde meanders had. De werkelijke erosie door de Mark moet dus omvangrijker zijn geweest dan op de kaartbijlagen is aangegeven. Dit betekent dat zones die op de verwachtingskaart zijn aangegeven als 'nieuwe ontgraving' mogelijk in het verleden toch onderdeel van de toenmalige rivierstroom zijn geweest.

Tegelijkertijd dient er opnieuw op gewezen te worden dat de gereconstrueerde beeklopen een bepaalde afwijking zullen hebben ten opzichte van de werkelijke situatie. Enerzijds omdat de kaarten met onvoldoende nauwkeurigheid zijn opgesteld en anderzijds omdat er bij grote gebieden onmiskenbaar een foutmarge sluipt bij georeferentie. Tot slot blijkt uit archeologisch onderzoek in beekdalen elders soms dat een beek op andere locaties moet hebben gestroomd dan op oude kaarten is aangegeven. Wellicht achtte men destijds de precieze loop van een beek niet altijd belangrijk genoeg om nauwkeurig in te meten. Daarnaast is bekend dat kaartenmakers vaak zaken van oudere kaarten kopieerden.

5.4.1 Ideale inrichting van de hermeandering

Om de minst mogelijke impact op eventuele archeologische waarden te hebben, zou de uiteindelijke herinrichtingsvariant steeds zoveel mogelijk in de huidige en oude rivierbeddingen aangelegd moeten worden. Indien het niet mogelijk/wenselijk is de bestaande herinrichtingsvarianten aan te passen, zouden de nieuwe meanders idealiter strikt binnen het rivierdalgebied aangelegd moeten worden.

In alle gevallen zouden gradiëntzones aan de rand van en dekzandopduikingen in het rivierdal ontzien moeten worden. Op en nabij de locaties van mogelijke voordun, AMK-terreinen en waarnemingen (met name voor wat betreft het complextype 'nederzetting') dienen idealiter bodemverstorende werkzaamheden vermeden te worden.

De uitgewerkte adviezen met betrekking tot vervolgonderzoek zijn opgesteld in de aanname dat meanders conform herinrichtingsvarianten C of D aangelegd gaan worden. Gedurende het opstellen van het bureauonderzoek archeologie is het VKA opgesteld. Het VKA wijkt op enkele delen qua ligging af van de varianten C en D aan de hand van het bureauonderzoek is opgestart. Met name bepaalde delen van mogelijk in te richten gronden vallen buiten de contouren van het onderzoeksgebied dat is gebruikt in het bureaustudie archeologie.

Aanvullend onderzoek en/of maatregelen zijn benodigd wanneer buiten het onderzoeksgebied van het archeologisch bureauonderzoek grondroerende activiteiten plaats gaan vinden. Aanvullend onderzoek in de vorm van een actualisatie van het bureauonderzoek volstaat om een gespecificeerd advies voor deze zones op te stellen.

In het advies is meegenomen dat gravend onderzoek zeer waarschijnlijk moeilijk is in verband met de hoge grondwaterstand in het gebied (zie bijvoorbeeld par. 3.3). In het veld zal een vorm van bemaling noodzakelijk blijken en er bestaat het risico dat wandprofielen instorten. Om deze reden ligt een archeologische begeleiding meestal niet voor de hand. Omdat de gemeente Breda geen onderzoek uitvoert middels boringen, maar aan de hand van proefsleuven, zullen deze omstandigheden meegenomen moeten worden bij de planning en uitvoering van het vervolgonderzoek.

5.4.2 Advieszones – gravend onderzoek

Voor advieszones 1 tot en met 17 en A tot en met F wordt gravend onderzoek aanbevolen (proefsleuven). Dit zijn gebieden op zandgronden, in het rivierdal of in gradiëntzones waar de herinrichtingsvarianten bovendien AMK-gebieden of specifieke waarnemingen snijden of raken, of gebieden doorsnijden waar een voorde wordt vermoed. De specifieke locaties en oppervlaktes van de proefsleuven worden vastgesteld in overleg met het Bevoegd Gezag.

5.5 Kabels en leidingen

Voor het gehele interessegebied van het Markdal is een oriëntatiemelding klic gedaan. Alle kabels- en leidingen in het interessegebied zijn daarmee opgevraagd. De resultaten hiervan zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 12: Aanwezige kabels en leidingen welke kruisen met percelen waar het in het VKA ingrepen worden gepleegd.

Kabels en leidingen	Aantal
Buisleiding gevaarlijke inhoud DPO	1
Buisleiding gevaarlijke inhoud Gasunie	2
Datakabel Brabant Water	1
Datakabel KNP	63
Datakabel RWS Wegen Breda	6
Datakabel Ziggo	36
Laagspanning Enexis	41
Laagspanning RWS Wegen Breda	1
Gasleiding Enexis hoge druk	1
Gasleiding Enexis lage druk	32
Overig RWS Wegen Breda	1
Waterleiding Brabant Water	40
Drukleiding riool	2
Totaal	227

In totaal zijn er 227 kabel of leidingen aanwezig in het interessegebied van het Markdal. Daarvan zijn er 3 leidingen met gevaarlijke inhoud, 33 transporteren gas, 106 datakabels, 40 waterleidingen, 2 drukleidingen en 43 niet nader gespecificeerde leidingen.

Aan de hand van het huidig ontwerp VKA voor de hydrologische maatregelen zijn onderstaande locaties waar de ligging mogelijk een aandachtspunt voor de verdere uitwerking van het hydrologisch ontwerp. Mogelijk kunnen met een kleine aanpassing aan het ontwerp aanpassingen aan kabels en leidingen kunnen worden voorkomen. In veel aantal gevallen zal dat waarschijnlijk niet mogelijk zijn en moet overleg met de betreffende beheerders bekeken worden welke aanpassingen (verleggingen) noodzakelijk zijn.



Aandachtspunt: datakabel en laagspanningskabel, beide kunnen mogelijk komen te vervallen met het verwijderen van de stuw.



worden ingepast in het ontwerp.

Aandachtspunt: datakabel, water en laagspanningskabel moet



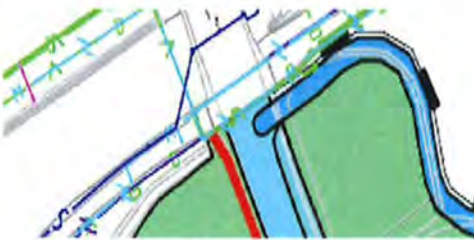
waarschijnlijk buiten de projectgrens. Waterleiding kan mogelijk met planaanpassing worden gespaard, anders aanpassen.

Aandachtspunt: datakabel en laagspanningskabel



Overleg met beheerder nagaan wat de functie van deze kabel is.

Aandachtspunt: datakabel waarvan nut onduidelijk is.



een planaanpassing worden gespaard.

Aandachtspunt: datakabel en middenspanning kunnen mogelijk met

6 CONCLUSIE EN ADVIES

Als onderdeel van de hydrologische variantenstudie Markdal is de huidige hydrologische situatie van de Markdal in beeld gebracht. Dit is gedaan met behulp van gekalibreerde oppervlaktewater en grondwatermodellen van het Markdal, ontwikkeld voor deze variantenstudie. Deze modellen zijn daarna gebruikt om de hydrologische effecten van de herinrichtingsvarianten en de uiteindelijke voorkeursalternatief te bepalen.

Het voorkeursalternatief is voortgekomen uit de schetsontwerpen van de inrichtingsvarianten C2 en D2, opgesteld door Waterschap Brabantse Delta en Vereniging Markdal en waarvan de resultaten in het bijlagendocument zijn opgenomen. De voor- en nadelen van de herinrichtingsvarianten zijn afgewogen om tot een uiteindelijk voorkeursalternatief te komen. Belangrijke aspecten bij het komen tot een voorkeursalternatief zijn:

- Inundatierisico's bij extreme afvoersituaties mogen niet vergroten;
- Kwelpotentie op gewenste natuur vergroten;
- Natte natuur bevorderen;
- Aquatisch ecologische potenties bevorderen;
- Natschade op landbouwpercelen voorkomen.

Om de natuurlijke waterstandsfluctuaties terug te brengen in de Bovenmark wordt stuw Blauwe Kamer verwijderd en wordt een meander rond de Markstuw Galder aangelegd. Hierdoor verdwijnt het trapsgewijze lengteprofiel over de Mark, wat zorgt voor zowel hogere als lagere waterstanden. De zomerwaterstand zakt door de maatregelen verder uit. Het meer natuurlijke karakter zorgt ook voor meer frequentere inundatie van het beekdal. In geval van extreme afvoersituaties is door regeling van stuwen en aanleg van waterberging de waterstand te beheersen, waardoor inundatierisico's van het stedelijk gebied niet toenemen.

Het terugbrengen van het meanderend karakter van de Bovenmark zorgt voor hogere stroomsnelheden in de beek, wat gunstig is voor de waterecologie. De stroomsnelheid in het voorjaar is in het ontwerp gunstig op de meeste plekken evenals in een T2-afvoersituatie. De situatie is voor zomersituatie echter nog niet ideaal. Er zijn locaties waar de norm ruim wordt gehaald, maar ook locaties die ongeschikt zijn en blijven.

Op de trajecten die gehandhaafd cq. gekanaliseerd blijven, blijft de stroomsnelheid over het algemeen matig tot onvoldoende. Deze trajecten vormen slechts een beperkt aandeel van de totale lengte van de in te richten Bovenmark, waardoor de KRW-doelstelling, voor wat betreft de stroomsnelheden, wel binnen handbereik komt. Het verdient echter wel de aanbeveling om ook de andere parameters voor de KRW, zoals de waterkwaliteit te beschouwen. Aanvullend vindt in natuurlijke beeksystemen een continue afvoer plaats van sediment. Bovenstrooms is er met name grof sediment aanwezig en verder benedenstrooms wordt het sediment fijner. Een zandvang vangt allereerst de grofste fractie af, welke daarmee aan het systeem onttrokken wordt. Met als resultaat dat benedenstrooms de zandvang de fijnere fractie domineert. Voor een meer natuurlijk verloop in sediment in de Bovenmark verdient de bestaande zandvang bij de Belgische grens en de verdiepte ligging van het profiel nabij de kruising van de A58 nadere aandacht.

De wintergrondwaterstanden nemen als gevolg van de herinrichting, en daarbij behorende hogere rivierwaterstanden en het verwijderen van drainage, op de meeste plekken toe. Op enkele locaties waar de beek wordt verlegd treedt een grondwaterstandsverlaging op. De grondwaterstand in gebieden de Blauwe Kamer en Notsel met hoge natuurpotenties worden enkele tot tientallen centimeters hoger en de kwelstroom naar deze locaties neemt toe, waardoor de natuurpotentie beter benut wordt.

Bij Daasdonk is als gevolg van de maatregelen ook sprake van vernatting door hogere waterstanden en een toename van kwel, wat hier ongewenst is gezien de landbouwfunctie van deze percelen. Met de aanleg van drainage wordt lokaal de situatie voor de landbouw verbeterd, maar er zijn ook percelen waar nog steeds een verslechtering optreedt. De totale toename van natschade als gevolg van het ontwerp zonder mitigerende maatregelen wordt geschat op circa € 25.000 per jaar met mitigerende maatregelen is dat bedrag verlaagd naar circa € 10.000 per jaar. Hierin is eventuele toename van opbrengsten niet verrekend.

Door het Markdal in te richten volgens het Voorkeursalternatief nemen de potenties voor natuurontwikkeling van de Boven Mark en haar dal sterk toe. Niet alle knelpunten voor een natuurlijk beekdal kunnen echter binnen het huidige plangebied opgelost worden. Zo is bijvoorbeeld de waterkwaliteit of de piekafvoer uit de bovenloop en zijloopjes nauwelijks te verbeteren binnen het plangebied. Hiervoor zijn brongerichte maatregelen elders in het stroomgebied nodig.

Op de locaties waar hoge potenties voorkomen, voor de mogelijk te verwachten natuurbeheertypen, is het voor wat betreft de voedselrijkdom aan te bevelen om nader onderzoek uit te voeren. De gronden binnen het Markdal zijn in de huidige situatie voornamelijk in agrarisch gebruik wat veelal gepaard gaat met een voedselrijke bouwvoor. De dikte van de (fosfaatverzadigde) bouwvoor is sterk bepalend voor de aanvullende maatregelen die zijn gewenst om (op den duur) schrale omstandigheden te krijgen.

Het voorkeursalternatief moet nog op een aantal punten verder uitgewerkt worden, voordat het plan (projectplan waterwet) rijp is voor bestuurlijke besluitvorming en uitvoering. Dit zijn onder andere:

- In het Voorkeursalternatief zijn vernattende maatregelen genomen binnen de begrenzing van de Natte Natuurparel (volgens het principe "vernatting tot de rand van de natuur"). Om de grondwaterstandverhoging in het aanliggende landbouw of stedelijk gebied te beperken zijn compenserende maatregelen geselecteerd en doorgerekend. Op enkele locaties moeten deze compenserende maatregelen nog aangescherpt worden, waardoor inzichtelijk wordt gemaakt of de compenserende maatregelen passen binnen het provinciaal beleid (Verordening Water).
- De verandering van de landbouwopbrengst moet nog uitgewerkt worden per agrarisch bedrijf, zodat de gevolgen per bedrijf met de individuele ondernemers besproken kunnen worden en de compenserende maatregelen goed binnen de bedrijfsvoering passen.
- De effecten van grondwaterstandsverhoging op bebouwing en waardevolle beplanting (bomen) in en rond het Markdal moeten nader onderzocht worden en compenserende of mitigerende maatregelen moeten in beeld gebracht worden.
- In dit rapport zijn maatregelen voor hoogwaterbescherming genoemd. De maatregelen en hun effecten op met name het beekdal moeten verder uitgewerkt worden, bijvoorbeeld in de vorm van overstromingskaartjes voor en na inzet van de stuw Bieberg en het voorgestelde waterbergingsgebied bij Koekelenberg.
- Het Voorkeursalternatief voorziet in de aansluiting van de bestaande, historische meanders bij Bieberg, Schoondonk en Galder. In deze meanders komen mogelijk bestaande interessante ecologische waarden voor, die gaan veranderen bij het permanent stromend maken van deze meanders. In het vervolgtraject moet onderzocht worden of deze verandering in ecologische waarde positief is en past binnen de geldende wet- en regelgeving.
- Zover nodig moeten de vervolgonderzoeken conditionering in het verdere planuitwerkingsproces worden opgepakt. Bij planwijzigingen of toevoeging van nieuwe/ andere grondroerende activiteiten dient eveneens beoordeeld welke gevolgen dit heeft voor de conditionering (met name archeologie).

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 1018

5200 BA 's-Hertogenbosch

Nederland

+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com

Projectnummer: C03091.000091.0100

Onze referentie: 079446053 B