

Bepaling begrenzing bergingsgebied van de Dommerbeek



Afstudeerrapport

J. van den Heuvel &
K. Löser

29 augustus 2012

In opdracht van Waterschap Rijn & IJssel

Verantwoording

Titel Bepaling begrenzing bergingsgebied van de Dommerbeek

Datum 29 augustus 2012

Auteurs J. van den Heuvel &
K. Löser

E-mail jdeheuvel@gmail.com
konstantin.lsr@gmail.com

Opleiding:



Van Hall-Larenstein
Larensteinselaan 26a
6882 CT Velp

Opdrachtgever:



Waterschap Rijn & IJssel
Liemersweg 2
7006 GG Doetinchem

Interne begeleider: Ir. T. Rosmalen

Adviseur Larenstein: A. Berendsen – Slood
C.H. van Immerzeel

Trefwoorden Dommerbeek, bergingsgebied, stochastenmethode

Voorwoord

Als eerste willen wij ons kort voorstellen. Op het moment van schrijven zijn we vierdejaars-studenten aan van Hall-Larenstein, waar we de minor Hydrologisch Modelleren hebben gevolgd. Tijdens deze minor zijn we in aanraking gekomen met het modelleren van watersystemen en is onze interesse gewekt om hiermee door te gaan. Dit was de aanleiding voor een modelleerstudie bij het Waterschap Rijn & IJssel voor ons afstuderen.

Tijdens het afstuderen zijn we tegen verschillende problemen aangelopen, deze hebben we geprobeerd op te lossen en te verwerken in het rapport. Het was een heel leerzaam proces en een leuke opdracht om uit te voeren. Het was voor ons de eerste keer om een watersysteem dynamisch te modelleren (van a tot z) en daarmee resultaten te berekenen.

In dit voorwoord willen wij graag onze begeleider en opdrachtgever Ir. T. Rosmalen hartelijk bedanken voor alle feedback en ondersteuning tijdens het afstuderen. Natuurlijk ook onze begeleider vanuit Larenstein A. Berendsen – Sloot en C.H. van Immerzeel.

We willen S. Bosch bedanken voor de tijd die hij genomen heeft om ons te ondersteunen bij technische vraagstukken en inhoudelijke problemen. Ook gaat grote dank uit naar alle medewerkers van Waterschap Rijn & IJssel, die ons hebben geholpen en bijgestaan gedurende de afstudeerperiode.

14 augustus 2012

J. van den Heuvel
K. Löser

Samenvatting

De Dommerbeek is een beek gelegen in het noorden van het beheersgebied van waterschap Rijn en IJssel. De beek mondt uit in de IJssel tussen Zutphen en Deventer en wordt beïnvloedt door de IJssel. Als de IJssel een hoog peil heeft, dan kan de beek niet vrij afwateren en wordt gemaal Dommerbeek handmatig aangezet om overtollig water uit het stroomgebied af te voeren.

In het “Waterbeheerplan 2010-2015 WRIJ” is aangegeven dat inundaties kunnen optreden binnen het stroomgebied van de Dommerbeek. Het waterschap verwacht dat dit eens in de vijf ($T=5$) á tien ($T=10$) jaar voorkomt en wil inzicht in de oorzaken van deze inundaties.

Aan de hand van deze probleemstelling is de volgende hoofdvraag opgesteld:

Wat is de begrenzing van het bergingsgebied van de Dommerbeek, waarbij rekening is gehouden met piek afvoeren van eens per tien jaar en de klimaatverandering van 2050?

Hieruit volgt het doel van het onderzoek. Het doel is het leveren van een kaart op perceelniveau met de begrenzing van het bergingsgebied voor 2050, aan de hand van de verordening waterhuishouding. Aanvullend moet er inzicht komen in de oorzaken van inundaties; IJssel, begroeiing, bagger, klimaat en afwijkingen op de legger (bagger en verkleinde watergang).

De verordening stelt dat getoetst moet worden aan de normen van landelijk gebied en op perceelniveau. De STOWA adviseert te toetsen op afwateringseenheden, naar deze afwijking is geen onderzoek gedaan. Voor de klimaatverandering is het warme klimaatscenario van het KNMI gehanteerd. De verordening stelt dat op een gematigd (G) klimaatscenario moet worden getoetst echter voor de grootste inundatie is uitgeweken naar het warme (W) scenario.

Dit onderzoek is uitgevoerd met behulp van het modelleerprogramma SOBEK. De modules Channel Flow en Rainfall Runoff zijn gebruikt voor het berekenen van waterstanden. Voorafgaand is statistisch bepaald hoe tot een piekafvoer van eens per vijf of tien jaar gekomen is. De statistische aanpak heet stochastenmethode. De resultaten van de stochastenmethode zijn gebruikt om de oorzaken van inundaties te bepalen. De IJssel, begroeiing, bagger, klimaat en afwijkingen op de legger zijn onderling vergeleken. De grootte van inundaties en het bergingsgebied zijn berekend met ArcGIS.

Het klimaat heeft de grootste invloed op het inundatiegebied, gevolgd door een afwijking op de legger. De IJssel en begroeiing hebben geen tot weinig invloed op het inundatieoppervlak.

Het bergingsgebied is vastgesteld op een piekafvoer van $T=10$ voor het warme klimaatscenario en is begrenst op perceelniveau. De begrenzing omvat 15 percelen die de normering niet halen. Deze percelen liggen in het midden van het stroomgebied (bij de hertenboer).

De inundatie bij de hertenboer kan veroorzaakt worden door een knelpunt in het watersysteem. Het wordt aanbevolen te onderzoeken of de oorzaak een te smalle duiker is. Daarnaast wordt geadviseerd om afwijkingen in de legger in de gaten te houden, omdat dit grote invloed heeft op het inundatiegebied.

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Probleemstelling	2
1.3	Doelstelling	3
1.4	Afbakening	3
1.5	Leeswijzer.....	3
2	Methodiek.....	4
2.1	Uitgangspunten en randvoorwaarden.....	4
2.2	Aanpak	4
3	Systeembeschrijving	13
3.1	Ontstaansgeschiedenis	15
3.2	Gebiedsanalyse	16
3.2.1	Geologie	16
3.2.2	Geohydrologie.....	18
3.3	Watersysteem.....	20
3.4	Landgebruik en beheer	23
4	Model.....	25
4.1	Modelbeschrijving.....	25
4.2	Uitgangspunten.....	26
4.3	Invoerwaarden model.....	27
4.4	Gevoeligheidsanalyse.....	29
4.5	Modelbeperkingen.....	30
4.6	Kalibratie en Validatie	31
5	Stochastenanalyse	34
5.1	Uitgangspunten & randvoorwaarden	34
5.2	Invoerwaarden	34
5.3	Resultaten stochastenanalyse	36
5.4	Effectenanalyse.....	37
6	Inundatiebepaling en bergingsgebied	39
6.1	Inundatiebepaling	39
6.2	Bergingsgebied.....	41
6.3	Betrouwbaarheid en onnauwkeurigheden.....	42

7	Conclusie	43
7.1	Discussie.....	43
7.2	Aanbevelingen	44
8	Bijlagen.....	I
8.1	Stochasten tegen tijdreeks	I
8.2	Afwateringseenheden en berekenpunten.....	II
8.3	Foto's gebiedsbezoek Dommerbeek.....	III
8.4	GHG en GLG	IV
8.5	Jaarlijkse neerslag in millimeters	V
8.6	Locatie grondwaterputten	VI
8.7	Waterbalans.....	VII
8.7.1	Berekening GWS stijging	VIII
8.8	Maaibeheer Dommerbeek.....	IX
8.9	Neerslag kalibratie en validatie.....	X
8.10	Overzicht eigenschappen afwateringseenheden.....	XI
8.10.1	Bodemtypen.....	XII
8.10.2	Drainage weerstanden (Ernst)	XII
8.11	Berekening kansen GLG en GHG.....	XIII
8.12	Overzicht gebeurtenis T=10 inundaties	XIV
8.13	T=5 inundatie	XV
8.14	T=10 inundatie	XVI
8.15	Bergingsgebied A2	XVII
8.16	Bergingsgebied met inunderende percelen.....	XVIII
8.16.1	Berekening percelen	XIX
8.17	Inundatie T10 W met -10 cm en +10	XX

Begrippen en afkortingen

D

DWA Droog Weer Afvoer. Het afvalwater uit stedelijk gebied zonder aanvoer van neerslag.

G

Gebeurtenis In de kansrekening wordt met een gebeurtenis een (meetbare) deelverzameling van de uitkomstenruimte (alle mogelijke uitkomsten van een kans experiment) bedoeld. Om een gebeurtenis te beschrijven, wordt meestal gebruik gemaakt van een stochastische variabele

I

Inundatie Het bewust onderwater laten lopen van een gebied

K

Kalibratie De afstelling van instrumenten zodat de juiste waarden worden gemeten, ook wel genoemd ijken

L

Legger Een bij besluit van de waterbeheerder vastgesteld register van waterstaatswerken (bijvoorbeeld boezemwateren) met daarin per waterstaatswerk de vereiste afmetingen, de onderhoudsplichtigen en onderhoudsverplichtingen

N

NBW Nationaal Bestuursakkoord Water
NBW-partijen Partijen die het NBW ondertekenden:

- Het Rijk;
- IPO, Interprovinciaal Overleg;
- VNG, Vereniging van Nederlandse Gemeenten;
- UvW, Unie van Waterschappen.

R

RWZI Rioolwaterzuiveringsinstallatie

S

Simultaan Gelijktijdig

STOWA Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer

Stochasten Statistiek variabele die afhangt van het toeval, bijv. het aantal ogen dat men gooit met een dobbelsteen.

T

T=10/100 Eens per tien jaar/ honderd jaar

V

VW Verordening Waterhuishouding (Waterverordening)

W

WRIJ Waterschap Rijn & IJssel

“tekst” Vermelding van de bron, volledige opname in bronnenlijst

1 Inleiding

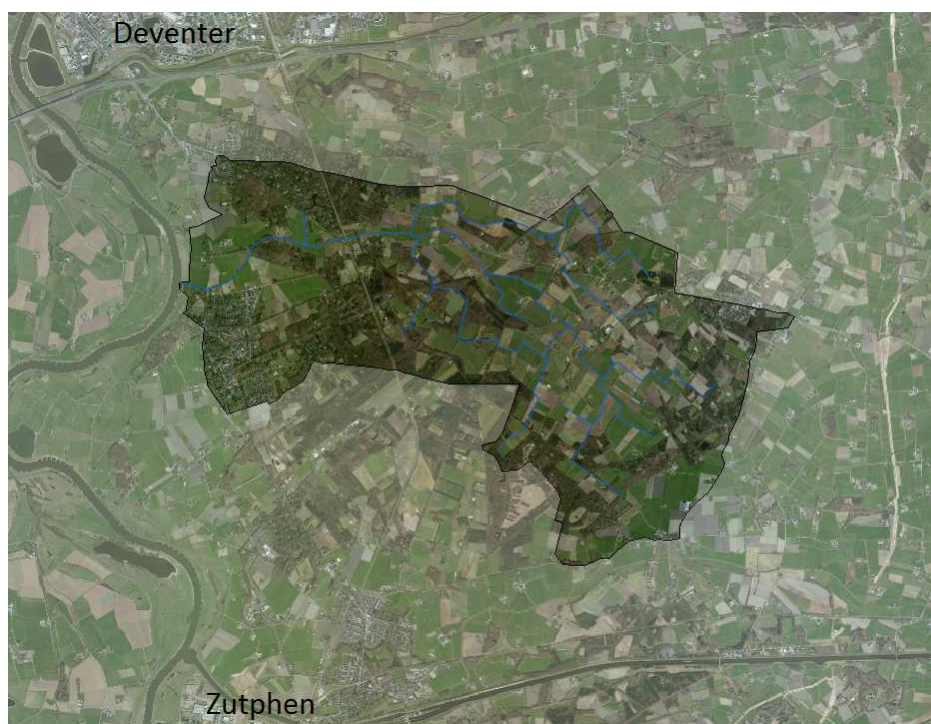
1.1 Aanleiding

De wateroverlast in de jaren negentig heeft ertoe geleid dat overheden de onderlinge samenwerking met het oog op waterveiligheid wilden versterken. Het Rijk, Interprovinciaal Overleg (IPO), de Unie van Waterschappen (UvW) en Vereniging van Nederlandse Gemeenten (VNG) maakten afspraken voor waterveiligheid in het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW).

Het NBW verduidelijkt de onderlinge taakverdeling en is een aanvulling op de verordening waterhuishouding. In de verordening staat het beleid en de rol van waterschappen, gemeenten en het Rijk beschreven. Het beleid bestaat uit een bundeling van doelen en maatregelen die 'de wateropgave' vormen.

Voor elk waterschap is het hoofddoel het watersysteem voor 2015 op orde te hebben. Het 'op orde hebben' betekent dat binnen elk watersysteem problemen in kaart moeten zijn gebracht en elk systeem moet klimaat robuust zijn ingericht. Klimaatverandering, zeespiegelstijging, bodemdaling en verstedelijking moeten in hoofdlijnen voor 2050 zijn uitgedacht.

Waterschap Rijn en IJssel heeft in 2007 het gehele beheersgebied getoetst op een piekafvoer van eens per tien jaar met een stijging in neerslag (klimaatscenario +10%). Het resultaat was inundatie binnen het stroomgebied van de Dommerbeek, het stroomgebied staat in figuur 1.1. Naar aanleiding van deze studie zijn de wensen vanuit het waterschap veranderd, de oorzaken van inundatie moeten inzichtelijk worden gemaakt.



Figuur 1.1 Stroomgebied Dommerbeek

1.2 Probleemstelling

De Dommerbeek loosde tot december 2003 onder vrij verval op de IJssel. Dit had tot gevolg dat bij hoge IJsselstanden geen lozing op de IJssel kon plaatsvinden, waardoor een deel van het stroomgebied van de Dommerbeek inundeerde. Omdat er steeds meer klachten over wateroverlast kwamen, heeft waterschap Rijn en IJssel in 2003 een gemaal geplaatst. Vanaf die tijd kan het waterpeil in de Dommerbeek beter worden geregeld. Echter, bij piekafvoeren kan het gemaal de wateraanvoer niet verwerken en kan voor een periode van enkele dagen inundatie optreden. De verwachting is dat dit eens in de 5 tot 10 jaar voorkomt, waarbij de omvang van het inundatiegebied niet bekend is.

Het is onduidelijk of de IJssel de enige oorzaak is voor een inundatie of dat meer oorzaken hiertoe leiden. Dit kunnen zijn: begroeiing, klimaatverandering en een afwijking op de legger (bagger en verkleinde watergang).

Aan de hand van de probleemstelling is de hoofdvraag opgesteld:

Wat is de begrenzing van het bergingsgebied van de Dommerbeek, waarbij rekening is gehouden met piek afvoeren van eens per tien jaar en de klimaatverandering van 2050?

Om de hoofdvraag te beantwoorden is een indeling gemaakt en daarvoor zijn deelvragen opgesteld. De verschillende fasen zijn; algemeen, systeembeschrijving, model, stochastische analyse, inundatiebepaling en bergingsgebied met effectenanalyse.

De deelvragen zijn:

Fase I (Algemeen)

- Wat zijn eisen vanuit de verordening waterhuishouding voor waterschap Rijn en IJssel voor het toetsen van watersystemen?
- Wat zijn aanvullingen op het toetsen van watersystemen vanuit het NBW?
- Welke richtlijnen en leidraden zijn van toepassing om tot een antwoord te komen op de hoofdvraag?

Fase II (Systeembeschrijving)

- Welke geologische kenmerken heeft de Dommerbeek?
- Hoe werkt het watersysteem van de Dommerbeek?
- Hoe ziet de waterbalans van de Dommerbeek eruit?
- Zijn externe bronnen van invloed op de Dommerbeek? (bijvoorbeeld rioolozing of grondwateronttrekking)
- Hoe beheert het waterschap de Dommerbeek?
- Welke normering geldt voor de Dommerbeek bij het toetsen van het watersysteem?

Fase III (Model)

- Hoe kan tot een werkend model gekomen worden?
- Voor welke parameters is het model gevoelig (bijvoorbeeld een duikerweerstand)?
- Wanneer is het model goed genoeg om te gebruiken voor berekeningen?

Fase IV (Stochastische analyse)

- Uit welke onderdelen bestaat een gebeurtenis die tot een T=10 piekafvoer kan leiden?
- Wat zijn de vooruitzichten van het klimaat in 2050?
- Welke invloed hebben de IJssel, begroeiing, bagger en klimaat op het inundatieoppervlak?
- Wat zijn gevolgen van afwijkingen tussen de legger en werkelijke dimensies voor het inundatieoppervlak?

Fase V (Inundatiebepaling en bergingsgebied)

- Hoe kan het bergingsgebied van de Dommerbeek worden bepaald met de berekende waterstanden uit de stochastische analyse?
- Met welke bronnen is het bepaalde bergingsgebied te valideren?

1.3 Doelstelling

Het doel is het leveren van een kaart met de begrenzing van het bergingsgebied voor de Dommerbeek. Het bergingsgebied moet klimaatbestendig (2050) en volgens de verordening waterhuishouding zijn begrensd. De invloed van de verschillende onderdelen; IJssel, begroeiing, bagger, klimaat en afwijkingen op de legger (bagger en verkleinde watergang) op inundaties moet inzichtelijk zijn.

1.4 Afbakening

In deze studie is alleen gekeken naar het voorkomen van inundatie vanuit het oppervlakte water, zoals vastgelegd in het NBW.

Met Waterschap Rijn en IJssel is afgesproken dat geen externe communicatie en afstemming met de bewoners en de gemeente plaats vindt.

1.5 Leeswijzer

De opbouw van het rapport bestaat uit zeven hoofdstukken. Hieronder volgt een korte toelichting.

In hoofdstuk 2 zijn de methoden beschreven. De geschiedenis, opbouw van de bodem en de huidige situatie van de Dommerbeek worden beschreven in hoofdstuk 3. Een beschrijving van het model staat in hoofdstuk 4. De keuze en de beschrijving van het model, worden opgevolgd door een gevoeligheidsanalyse voor meerdere parameters. Na deze analyse volgt het kalibreren van het model met daarna de beperkingen van het model. In hoofdstuk 5 wordt beschreven hoe de piekafvoer tot stand gekomen is, welk klimaatscenario's zijn toegepast en hoeveel gebeurtenissen uiteindelijk zijn doorgerekend. Met deze resultaten wordt in het zelfde hoofdstuk de effecten bepaald van de IJssel, begroeiing, legger/bagger en het klimaat. Hoofdstuk 6 toont inundatiekaarten en het begrensde bergingsgebied. Met als slot hoofdstuk 7 de conclusie, discussie en aanbevelingen.

2 Methodiek

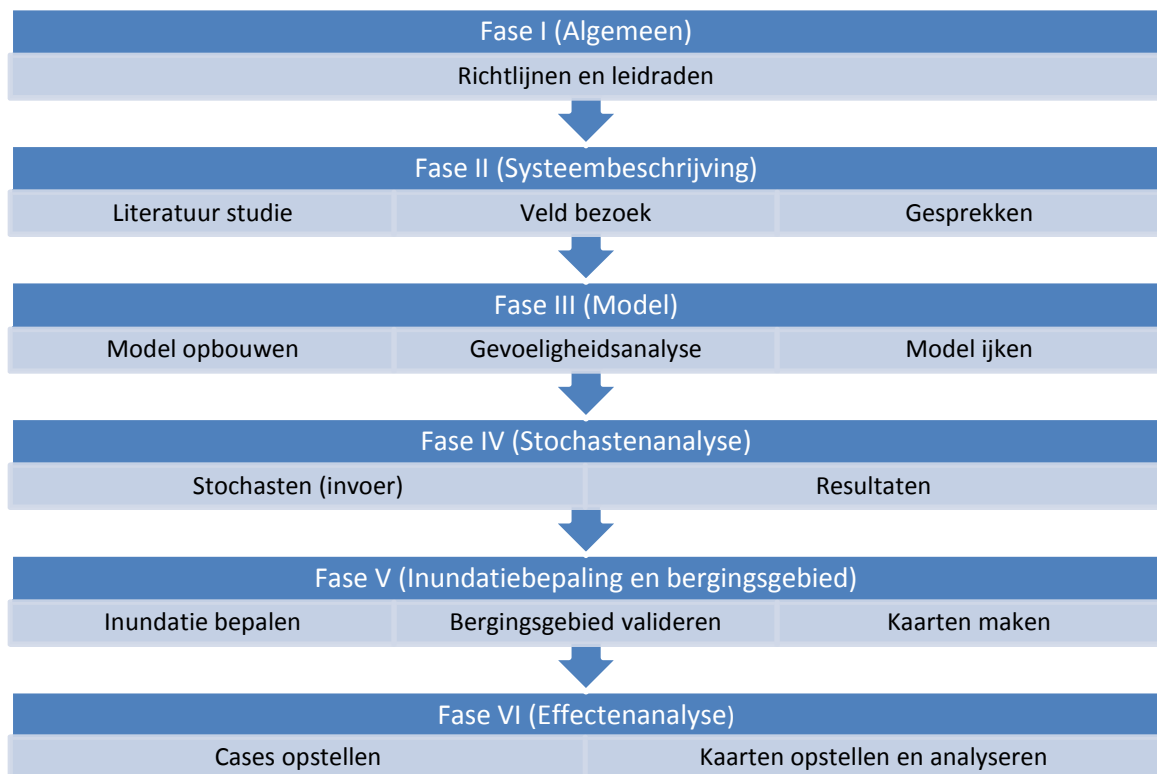
In dit hoofdstuk zijn uitgangspunten en de aanpak beschreven om tot een antwoord te komen op de hoofdvraag. De aanpak is verdeeld in zes fasen: algemeen, systeembeschrijving, model, stochastanalyse, inundatiebepaling en bergingsgebied en effectenanalyse. Binnen elke fase is het doel, de uitvoering en het resultaat toegelicht.

2.1 Uitgangspunten en randvoorwaarden

- Bij de begrenzing van het inundatiegebied wordt rekening gehouden met de verwachte klimaatverandering (2050). Dat betekent dat binnen het te begrenzen gebied ook de toekomstige extra afvoer kan worden geborgen.
- Bij de modelberekeningen wordt uitgegaan van de theoretische afmetingen van de watergangen, zoals die zijn opgenomen in de Legger.
- Er wordt rekening gehouden met begroeiing en het maaibeheer. Daarbij wordt het systeem van de Dommerbeek getoetst aan de onderhoudspakketten, zoals opgenomen in het 'Onderhoudsplan' van het WRIJ.
- Er wordt getoetst aan de normen, zoals deze zijn vastgelegd in de verordening waterhuishouding.

2.2 Aanpak

De methoden per fase vormen de aanpak. In figuur 2.1 is het overzicht weergegeven.



Figuur 2.1 Overzicht methodiek

2.2.1 Fase I (Algemeen)

In de algemene fase zijn overkoepelende richtlijnen en leidraden beschreven. De richtlijnen zijn eisen die voortkomen uit wetgeving. Leidraden zijn handvaten die zorgen voor een uniforme werkwijze bij de toetsing van watersystemen.

De NBW-partijen zijn met het NBW en later met NBW-actueel tot een taakverdeling voor alle partijen overeengekomen. In het NBW-actueel is het volgende opgenomen in artikel 2.1: *‘Waterschappen geven aan de gemeenten en provincies advies over (uitgaande van gebied specifieke omstandigheden en ontwikkelingen) de ruimteclaim (inclusief eventueel noodzakelijke functieveranderingen) die uit de (werk)normen resulteert. Het waterschap verschaft daarbij – indien aanwezig – tevens inzicht in overige relevante argumentatie met betrekking tot de omvang van de ruimteclaim’.* Dit onderzoek moet inzicht geven in de ruimteclaim binnen het stroomgebied van de Dommerbeek en zal als argumentatie voor de ruimteclaim dienen.

Het vaststellen van het bergingsgebied gebeurt aan de hand van een toetsing. Met een toetsing wordt het watersysteem getest aan gestelde normen die in de verordening staan. In de verordening is onderscheid gemaakt tussen gebied binnen- en buiten de bebouwde kom. Aan deze twee soorten gebieden is een economische waarde van landgebruik en het gewenste niveau van bescherming gekoppeld. Voor gebieden binnen de bebouwde kom is de norm voor overstroming vanuit het oppervlaktewater, eens per honderd jaar en voor gebieden buiten de bebouwde kom gemiddeld eens per tien jaar. Een overzicht van de werknormen staat in tabel 2.2. De normen voor de toetsing van waterkwantiteit staan in artikel 2.3 in de VW.

Landgebruikstype	Maaiveld criterium	Herhalingstijd
Natuur	5%	T=10
Grasland	5%	T=10
Akkerbouw	1%	T=25
Hoogwaardige Akkerbouw	1%	T=50
Bebouwd gebied	0%	T=100

Tabel 2.2 Normering NBW “VW”

Het is wettelijk verplicht dat elke provincie een verordening waterhuishouding (VW) opstelt. Waterschap Rijn en IJssel heeft een verordening die is opgesteld door Gelderland en Overijssel. De VW is hierdoor een interprovinciale verordening. Dat heeft tot gevolg dat specifieke eisen zijn gesteld voor Waterschap Rijn en IJssel en hiermee ingespeeld kan worden op de voor dit waterschap heersende problematiek.

Voor deze studie heeft dit tot gevolg dat de wateroverlast per perceel wordt getoetst aan de werknormen.

Dit in tegenstelling tot het geadviseerde toetsen per afwateringseenheid door de STOWA dat in het rapport ‘Standaard werkwijze voor de toetsing van watersystemen aan de normen voor Regionale Wateroverlast’ staat. In dit rapport staat een uniforme werkwijze voor de toetsing van watersystemen. In deze werkwijze is geadviseerd dynamisch te rekenen met een hydrologisch model. Dynamisch rekenen betekent dat de dynamiek van het klimaat en interactie tussen verschillende onderdelen tot uiting komt in de berekening van het model. Hierdoor is het mogelijk extreme situaties door te rekenen.

Uit het rapport “Good Modelling Practice Handbook” is een standaard stappenplan gebruikt als leidraad tijdens het opbouwen van het model.

Afvoer richting de IJssel

In het Waterakkoord Blauw Knooppunt Rijn en IJssel is in 2008 overeengekomen tussen het WRIJ en Rijkswaterstaat Oost-Nederland, dat de afvoer op de IJssel niet zal toenemen in de toekomst. De Dommerbeek loost zijn water op de IJssel en een eventuele stijging in afvoer moet worden onderzocht.

Door de afvoer bij het huidige klimaat te meten en dit te vergelijken met het klimaatscenario, kan de stijging in kaart worden gebracht. De afvoer heeft een bepaalde grootte en vorm waardoor een toename goed te onderscheiden is.

De afvoer van de Dommerbeek richting de IJssel is op te delen in twee typen, een afvoer onder vrij verval en een afvoer door gebruik te maken van het gemaal. Namelijk als de IJssel een hoog peil heeft kan de Dommerbeek niet onder vrij verval lozen waardoor geen toename mogelijk is ten opzicht van het huidige klimaat. Als de Dommerbeek onder vrij verval loost is het mogelijk dat de beek meer water afvoert dan voorheen, deze stijging is onderzocht en wordt in paragraaf 5.4 beschreven.

2.2.2 Fase II (Systeembeschrijving)

Tijdens de systeembeschrijving is gekeken naar: de ontstaansgeschiedenis, geologie, geohydrologie, het watersysteem, het landgebruik en het beheer. Aan de hand van deze onderdelen kan het functioneren van de Dommerbeek beschreven worden. Voor meer inzicht in het systeem van de Dommerbeek is een literatuur studie en een tweetal veldbezoeken uitgevoerd.

De geschiedenis van de Dommerbeek is beschreven aan de hand van oude kaarten en literatuur, waarbij voornamelijk is gekeken naar de beek. Hoe heeft de beek gestroomd in het verleden en wat zijn de grootste verschillen met nu.

Geologie en geohydrologie zijn onderdeel van de beschrijving van het watersysteem van de Dommerbeek. Met behulp van een beschrijving over de diepe ondergrond zijn natuurlijke waterstromen aan te wijzen en is de bodem opbouw te verklaren. Dit vormt een onderdeel van de beschrijving van het watersysteem.

Het watersysteem van de Dommerbeek is te beschrijven door invloeden van buitenaf te onderzoeken, de werking van de Dommerbeek te analyseren en de kenmerken van de beek te beschrijven. Invloeden van buitenaf kunnen water uit het systeem trekken of toevoegen. Voor de werking van de Dommerbeek worden meetgegevens van waterstanden en debieten geanalyseerd. Ook wordt gekeken naar de bodem opbouw en aanwezige kunstwerken.

Aanvullend is een waterbalans opgesteld waar concrete getallen de werking van de Dommerbeek illustreren. Hiervoor is de neerslag, verdamping, afvoer en aanvoer over het jaar 2011 geanalyseerd. Deze gegevens zijn naast die van andere stroomgebieden gelegd en de verschillen verklaard, deze staan in bijlage 8.7.

Zoals is aangegeven in paragraaf 2.2.1 verschilt de normering voor toetsing van watersystemen per type gebied. Voor de Dommerbeek volgt deze normering uit het bestemmingsplan van gemeente Lochem. In paragraaf 3.4 is het resultaat beschreven.

Naast de normering is het landgebruik in kaart gebracht en is het beheer van de watergangen onderzocht. Het onderhoudspakket van het WRIJ beschrijft een drietal soorten watergangen met verschillend beheer binnen het systeem. Aan de hand van deze typen watergangen is de begroeiingsgraad in de watergangen te bepalen.

Het geheel aan gegevens van de systeembeschrijving worden toegepast in het model zodat het model de werkelijkheid goed verbeeldt.

Bronnen voor de verschillende onderdelen van de systeembeschrijving zijn:

- "Watwaswaar.nl" voor de ontstaansgeschiedenis en oud kaartmateriaal;
- "Dinoloket" en "Bodemdata.nl" voor bodemkaarten, grondwaterputten en de ondergrond;
- "Amigo" (Gegevenssysteem binnen het WRIJ) voor grondwaterstanden;
- "KNMI" voor de neerslag gegevens;
- "Rijkswaterstaat" voor waterstanden van de IJssel;
- "Landelijk grondgebruiksbestand Nederland" (LGN6);
- Veldgids beheer en onderhoud "WRIJ";
- Database WISKI/H2GO voor waterstanden en debieten "WRIJ".

2.2.3 Fase III (Model)

Een model is een vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid die slechts de samenhang tussen de belangrijkste grootheden beschrijft.

Het grote voordeel van een model is dat het toekomstige situaties en gebeurtenissen kan berekenen. Het is ook mogelijk om nog niet plaats gevonden gebeurtenissen te berekenen. Met het inzicht wat modellen geven, is het watersysteem optimaal in te richten en zijn de bergingsgebieden vroegtijdig te bepalen.

In figuur 2.3 is een overzicht weergegeven van de verschillende stappen bij het bouwen van een model. De basis voor een model zijn alle beschikbare gegevens van het te modelleren gebied. Na deze invoer is het van belang om erachter te komen voor welke parameters het model gevoelig is, dan wordt een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Dit geeft meer inzicht in de werking van het model en de invloed van de verschillende parameters op de resultaten.

Na het bepalen van de gevoeligheid kan het model worden geijkt aan gemeten waarden, deze stappen heten kalibratie en validatie. De parameters en uitgangspunten staan verderop in deze paragraaf.



Figuur 2.3 Proces modelbouw

Voor het modelleren van watersystemen is verschillende software beschikbaar, een daarvan is SOBEK. SOBEK is een veel gebruikt programma in de modelleren wereld voor oppervlakte water modellering. Binnen het waterschap is kennis van SOBEK aanwezig en het is mogelijk SOBEK te koppelen aan meerdere tools. De SOBEK-stekker maakt het mogelijk het stroomgebied van de Dommerbeek in SOBEK in te laden. Tijdens de fase stochasten-analyse is gebruik gemaakt van een andere tool, dit staat toegelicht in paragraaf 2.2.4. Gekozen is om de Dommerbeek 1D te modelleren. 1D betekent dat de hydrologische berekeningen in SOBEK worden uitgevoerd en de inundatie analyse in een geografisch programma. Een verdere beschrijving van het gebruikte geografisch programma en de werkwijze van inundatiebepaling staat in paragraaf 2.2.5.

Deze werkwijze heeft als voordeel dat in relatief korte tijd kan worden gerekend, door besparing van rekenkracht en tijd. Hierdoor is een groter detail van het maaiveld bij de inundatiebepaling mogelijk. Daarnaast is de werkwijze van 1D in combinatie met een geografisch programma geadviseerd door de STOWA.

Het model van de Dommerbeek is opgebouwd uit de informatie van de systeembeschrijving. Nadat het model is gemaakt, is als eerste bepaald voor welke parameters het model gevoelig is, ook wel gevoeligheidsanalyse genaamd. De effecten van de volgende parameters zijn getoetst:

- Weerstand van duikers, stuwen en watergangen;
- Berging op maaiveld;
- Porositeit;
- Drainage.

Na de gevoeligheidsanalyse is de werking van het model vergeleken met de werkelijkheid. Dit is een essentiële stap waardoor het model uiteindelijk te gebruiken is voor scenario's. Doormiddel van berekende waterstanden en debieten te vergelijken met gemeten waarden en vervolgens aanpassingen te doen die beide lijnen dichterbij elkaar brengen, dat is de kalibratie. Als vervolgens een andere periode als vergelijk dient, dan geldt deze stap als validatie. Hierna is het model gereed voor vervolg berekeningen, in dit geval scenario's berekenen. Bij het ijken zijn criteria aangehouden waarop is getoetst:

- Het verloop en het patroon van de berekende grafiek moet het verloop van de gemeten grafiek volgen met een afwijking van 5% voor zowel het debiet als de waterstanden;
- De eerste en de laatste 5% van de grafiek zijn weggelaten (in- en uitlooptijd van het model);
- Het gemaal moet op het zelfde moment aan- en uitgaan vergeleken met de gemeten waarden, met een afwijking van 5%.
- De berekende waterstanden mogen niet meer dan 10 centimeter afwijken van de gemeten waterstanden;
- De berekende debieten mogen niet meer dan $0.05 \text{ m}^3/\text{s}$ afwijken van de gemeten debieten;
- De som van het berekende debiet mag 10% afwijken van de som van het gemeten debiet.

Om na te gaan of de kalibratie succesvol is, wordt na het kalibreren het model gevalideerd. Bij het valideren wordt een andere periode geselecteerd dan de kalibratie en gekeken of de berekende waarden overeenkomen met de gemeten waarden.

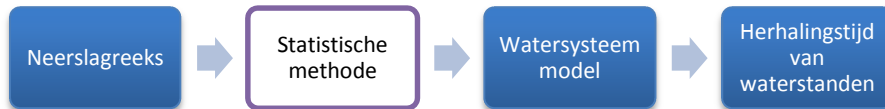
Nadat het ijken is voltooid heeft een gebiedskenner zijn mening gegeven over de resultaten van het model. De gebiedskenner heeft gekeken naar de uiteindelijke inundatiekaarten die zijn opgeleverd. Het model kent ook enige beperkingen ten opzichte van de werkelijkheid, deze zijn opgenomen in hoofdstuk 4.

2.2.3 Fase IV (Stochastenanalyse)

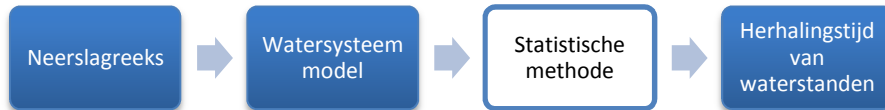
Het doel van deze fase is aannemelijke gebeurtenissen schetsen waaruit inundaties en uiteindelijk het bergingsgebied kunnen worden bepaald. Met een statistische analyse is te berekenen welke piekafvoer hoort bij een kans van eens in de 10 jaar voor het huidige klimaat en het klimaat van 2050.

De statistiek is op twee manieren uit te voeren, namelijk vooraf en achteraf. Elke van deze methoden heeft voor- en nadelen die zijn beschreven door de STOWA en verschil in resultaten is beschreven in het rapport "statistiek voor en achteraf", een tabel uit het rapport van de STOWA staat in bijlage 8.1. Deze bronnen adviseren de stochastenmethode toe te passen om het volgende: de stochastenmethode kan goed omgaan met inundaties, extremen als hoge IJsselpeilen of eens per 1000 jaar terugkerende buien en onregelmatigheden (het falen van een kunstwerk) zijn mee te rekenen. Een nadeel van de tijdreeksmethode is de onzekerheid of extremen zijn voorgekomen in de berekende tijdsperiode en het benodigd meer tijd voor de nabewerking.

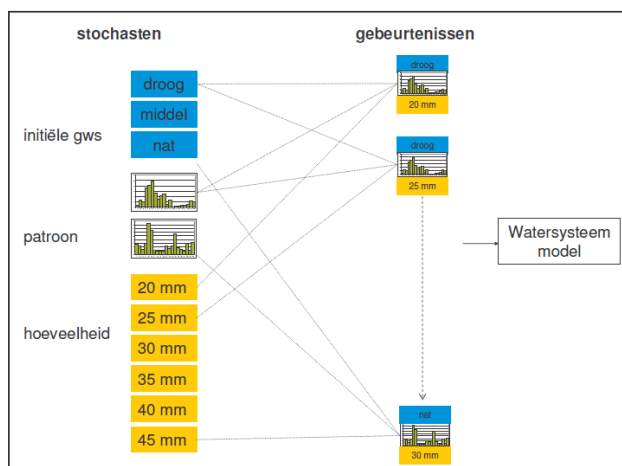
Stochastenmethode (statistiek vooraf):



Tijdreeksmethode (statistiek achteraf):



De stochastenmethode is te automatiseren met de stochastentool “Hydroconsult”, deze tool geeft de mogelijkheid stochasten te koppelen en hiermee te komen tot gebeurtenissen met de daar bij behorende kansen. De tool berekent voor alle mogelijk combinaties tussen de stochasten een herhalingstijd. De tool moet in combinatie met SOBEK worden gebruikt, want SOBEK berekent de waterstanden en de tool koppelt hier de kans van voorkomen aan. In figuur 2.4 staat een voorbeeld van de stochastenmethode. In deze figuur staan drie gebeurtenissen, de bovenste gebeurtenis is voortgekomen uit een droge initiële grondwater situatie, een hoge piek en 20 mm aan neerslag. Dit is slechts een van de 36 gebeurtenissen (Initiële GWS **(3)** x Patronen **(2)** x Volumes **(6)**) die in dit voorbeeld mogelijk zijn.



Figuur 2.4 Voorbeeld stochastenmethode "Statistiek voor of achteraf"

De stappen van de stochastenmethoden staan hieronder:



In het voorgaande voorbeeld (figuur 2.4) zijn stochasten benoemd, dit zijn niet alle stochasten die van toepassing zijn voor de Dommerbeek. In de stochastentool zijn de volgende stochasten te selecteren:

- Bui volumes: T=0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100, 200, 500, 1000;
- Bui patronen: uniform (geen extreme piek), laag (een lage piek), middenlaag, middelhoog, kort (twee pieken kort na elkaar), hoog en lang (een lange duur tussen de twee pieken);
- Bui duren: 24 uur, 48, 96, 192 en 216;
- Grondwaterstanden voor zowel zomer als winter, specifiek in te voeren voor meerdere situaties;
- Uitzonderingen (bijvoorbeeld IJsselstanden);
- Het klimaat is geen stochast maar wel mee te nemen in de berekeningen door aangepaste buien te selecteren. De beschrijving van de klimaatverandering staat in tabel 2.5.

De klimaatverandering is door het KNMI ingedeeld in vier klimaatscenario's voor 2050. De principes waar het KNMI vanuit is gegaan zijn: een stijging in temperatuur van een of twee graden en wel of niet verandering van luchtstromingen boven Europa. Bij elk scenario hoort een ander percentage stijging in neerslag.

G	Gematigd	1°C temperatuurstijging op aarde in 2050 ten opzichte van 1990 geen verandering in luchtstromingspatronen in West Europa
G+	Gematigd +	1°C temperatuurstijging op aarde in 2050 ten opzichte van 1990 + winters zachter en natter door meer westenwind + zomers warmer en droger door meer oostenwind
W	Warm	2°C temperatuurstijging op aarde in 2050 ten opzichte van 1990 geen verandering in luchtstromingspatronen in West Europa
W+	Warm +	2°C temperatuurstijging op aarde in 2050 ten opzichte van 1990 + winters zachter en natter door meer westenwind + zomers warmer en droger door meer oostenwind

Tabel 2.5 Klimaatscenario's "KNMI"

Nadat alle stochasten zijn gekoppeld en de vele mogelijkheden aan gebeurtenissen doorgerekend, dan zal in een tabel in hoofdstuk 5 het resultaat worden weergegeven. In deze tabel staan de verschillende gebeurtenissen voor piekafvoeren van eens per 10 jaar met bijbehorende waterstanden.

Naast de stochastanalyse is door het waterschap gevraagd een aantal effecten te bepalen die grote invloeden kunnen uitoefenen op de Dommerbeek. Deze effecten zijn: de IJssel, begroeiing, afwijking van de legger/bagger en het klimaat. De afwijking van de legger en bagger zijn samen genomen.

De effecten van de volgende onderdelen worden bepaald:

- Een hoge, extreme en lage begroeiing (zomer en winter);
- Lozing onder vrij verval (laag IJsselpeil, 3 m NAP) of een werkend gemaal (hoog IJsselpeil 6 m NAP);
- De originele legger (inhoud van het watersysteem is 100%) wordt vergeleken met een afwijking van de legger/bagger met sliblaag (inhoud van het watersysteem is 80%). De percentages duiden op een verkleining van het nat oppervlak in de dwarsprofielen.
- Het huidige klimaatscenario tegen over het warme scenario in 2050.

Met het inzicht uit de stochastanalyse is duidelijk geworden op welke stochasten het model kritisch reageert. De effecten worden aan de hand van de resultaten van de stochastanalyse uitgewerkt. In totaal worden 24 verschillende cases met elkaar vergeleken en hieruit moet naar voren komen welk onderdeel de grootste invloed heeft op de waterstanden in de Dommerbeek. In tabel 2.6 zijn de verschillende onderdelen en combinaties weergegeven.

IJssel	Begroeiing (Chezy)	Legger/bagger	Klimaatscenario
Hoog	10	100%	Huidig
Laag	20	80%	Warm
	40		

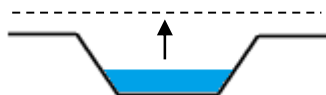
Tabel 2.6 Invoerwaarden effectenanalyse

Hieruit volgt IJssel (2) * Begroeiing (3) * Legger/bagger (2) * Klimaat (2) = 24 cases die worden doorgerekend.

De resultaten worden gepresenteerd in een tabel met de bijbehorende inonderende oppervlakten. De grootste effecten zullen als kaart in de bijlage worden opgenomen.

2.2.5 Fase V (Inundatiebepaling en bergingsgebied)

Het bepalen van het bergingsgebied de Dommerbeek, gebeurt nadat (de meest extreme) waterstanden zijn berekend door het hydrologische model en vertaald zijn naar een inundatie. Een inundatie treedt op als de waterstand de hoogte van het maaiveld overschrijdt, zie figuur 2.7.

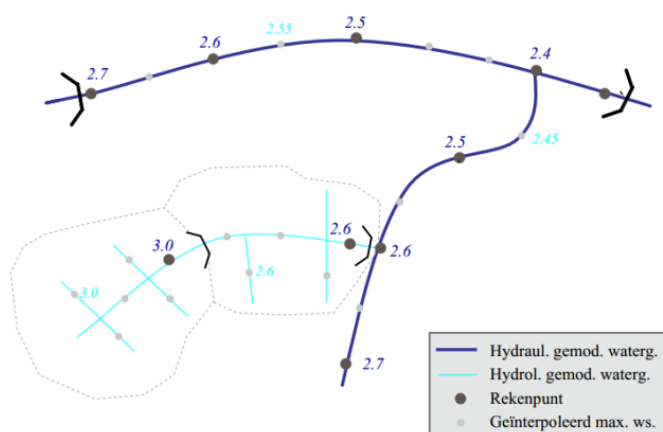


Figuur 2.7 Watergang

Het geografische programma ArcGIS kan het oppervlak van de inundatie berekenen. Dit programma kan op 5 x 5 meter detail berekeningen uitvoeren en zo een gedetailleerde inundatie bepalen. ArcGIS is het door STOWA geadviseerde programma en is ook in gebruik bij het waterschap.

Waterstanden zijn per rekenpunt bepaald door het model (een overzicht van deze rekenpunten staat in bijlage 8.2), wat een niet gedetailleerd resultaat is. Door deze waterstanden te middelen is een vertaling te maken naar grotere vlakken, dit proces heet interpolatie. Waterstanden worden geïnterpoleerd naar afwateringseenheden. Hierdoor is per 5x5 m pixel een waterstand bekend. In figuur 2.8 staat een voorbeeld waarin het verloop van waterstanden verduidelijkt is. De rode punten zijn gemeten waarden, de licht grijze punten geven geïnterpoleerde waarden.

Vervolgens wordt de geïnterpoleerde waterstand van het maaiveld afgetrokken. Het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN) bevat de maaiveldhoogte (per 5x5 m pixel). Dit getal kan positief of negatief zijn. Positief betekent dat de waterstand hoger is dan het maaiveld waardoor inundatie voorkomt.



Figuur 2.8 Interpolatie "STOWA"

Het proces van inundatie bepaling kan handmatig of met een tool van Hydroconsult. Deze tool heet de NBW-toetsingstool en de invoer voor deze tool is:

- Waterstanden met herhalings tijden per perceel;
- Een kaart van het AHN, de afwateringseenheden en het landgebruik van het stroomgebied Dommerbeek.

De NBW-toetsingstool berekent met de ingevoerde gegevens de inundatieoppervlakten en maakt de bijbehorende inundatiekaarten.

Om fouten in de berekeningen op te sporen is een visuele check uitgevoerd. Gelet is op de volgende criteria:

- De afstand tussen de inundatie en de watergang;
- Laagten in het maaiveld met een verhoging tussen de inundatie en de watergang;

De kennis van een veldmedewerker zal geraadpleegd worden om de resultaten te valideren. De veldkenner let daarbij op de locatie en de grootte van de inundatie oppervlakken en vergelijkt dit met een werkelijk opgetreden situatie.

Ook is gekeken naar het effect van een kleine stijging en daling van de waterstand in relatie tot het inundatie oppervlak. Dit verduidelijkt wat gebeurt met het inundatieoppervlak bij een kleine verandering in de waterstand.

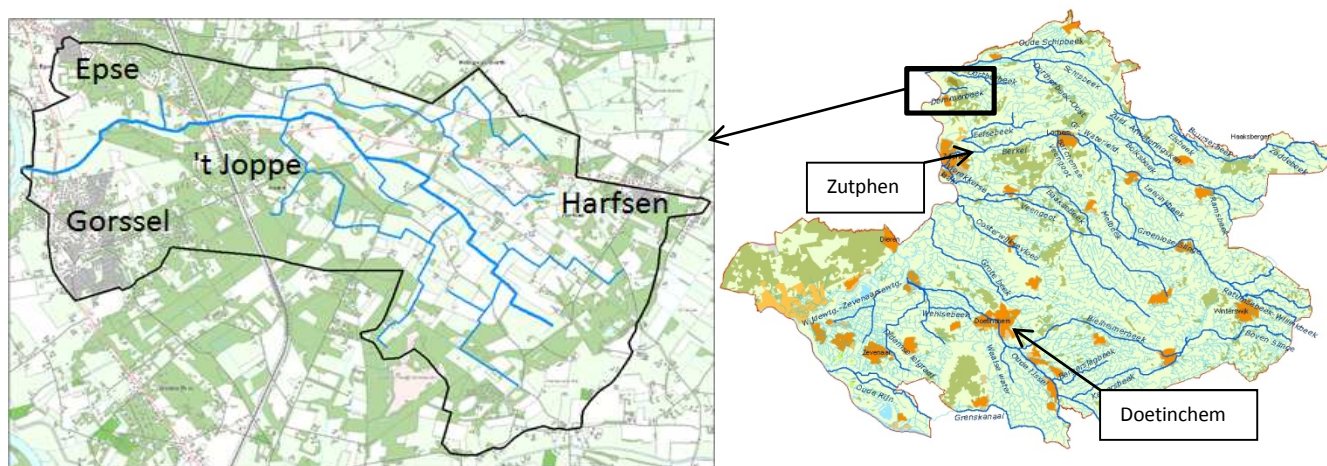
Na de inundatiebepaling zijn de percelen in te kaderen waar inundatie optreedt. In ArcGIS worden de inundeerden percelen vastgesteld. Het kan voorkomen dat een klein oppervlak van een perceel inundeert, daarom wordt eerst de normering volgens de VW uitgevoerd. Gekeken wordt hierbij naar het landgebruik per perceel en de juiste norm gehanteerd (bv. 5% inundatie toegestaan bij grasland). Na de normering kunnen de percelen die niet voldoen begrensd worden. Door deze normering kan het zijn dat een heel perceel wordt begrensd terwijl er maar 6% inundeert (bij een norm van 5%).

Dit levert het bergingsgebied voor 2050 op perceelniveau. Met deze kaart en de onderbouwing kan het waterschap naar de gemeente Lochem, om de ruimteclaim aan te geven.

3 Systeembeschrijving

Om inzicht te krijgen in de werking van de Dommerbeek binnen haar stroomgebied is een beschrijving gemaakt van de onderdelen ontstaansgeschiedenis, geologie, watersysteem, landgebruik en beheer.

In het noorden van het beheersgebied van de WRIJ ligt de Dommerbeek (zie figuur 3.1). Het stroomgebied van de Dommerbeek maakt deel uit van de gemeente Lochem en de beek mondt uit in de IJssel nabij Gorssel. Het stroomgebied Dommerbeek is de zwarte omlijning in de linker figuur van 3.1. Een impressie van het gebied is in bijlage 8.3 opgenomen. Een kenmerkende verbeelding van de beek en het meest voorkomende landgebruik (grasland) staat in figuur 3.2.

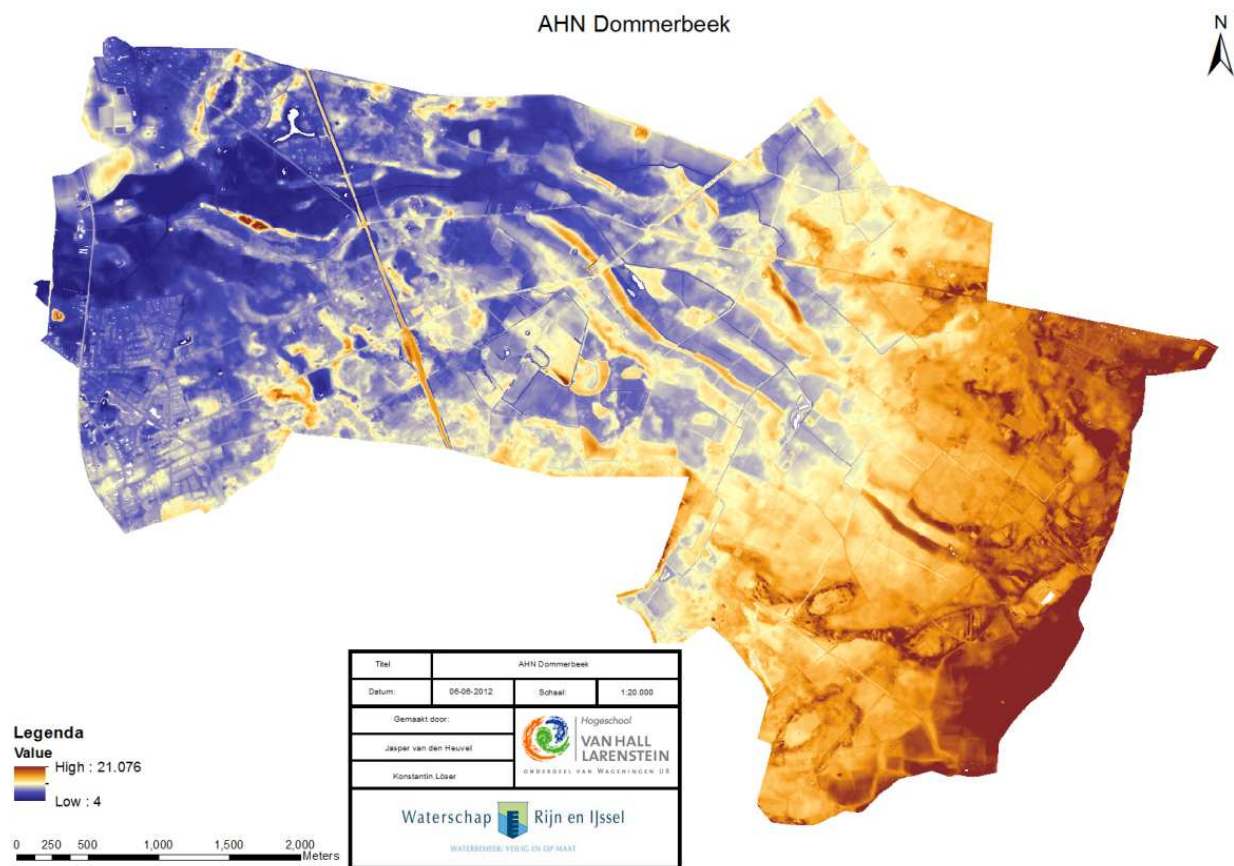


Figuur 3.1 Stroomgebied Dommerbeek & Beheersgebied WRIJ “WRIJ”



Figuur 3.2 Foto Dommerbeek

Van het stroomgebied is een hoogtekaart gemaakt, deze kaart staat in figuur 3.3. Het hoogteverschil loopt van 21 m NAP helemaal rechts op de kaart tot 4 m NAP nabij de IJssel, helemaal links op de kaart. Midden in het gebied liggen meerdere verhogingen en oude stroombedden. Dit kunnen natte plekken zijn waar waterproblemen kunnen optreden.

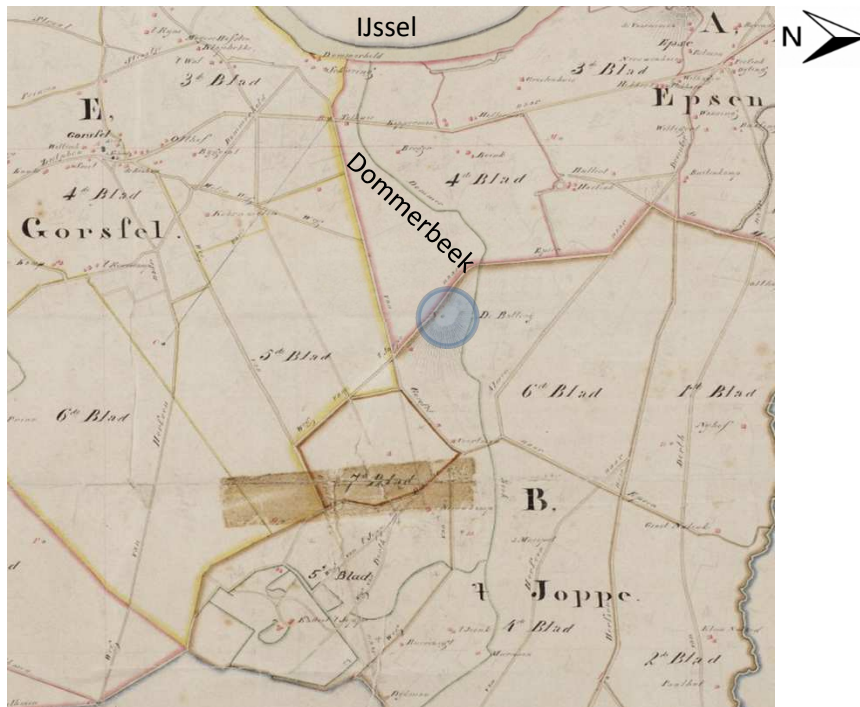


Figuur 3.3 Hoogtekaart van het stroomgebied

3.1 Ontstaansgeschiedenis

De geschiedenis van de Dommerbeek gaat terug tot voor het holoceen (11.700 jaar geleden), toen ijskappen grote delen van Nederland bedekten. Gedurende deze periode ontstonden door het smelten van de ijskappen stroompjes die in de bodem een watergang uitsletten.

Sinds de late middeleeuwen is de beek in steeds grotere mate aangepast voor verbeterde afwatering van omliggende landbouwgronden. Daarnaast was de beek een natuurlijke begrenzing van erven. De oudst beschikbare kaart van de Dommerbeek is te zien in figuur 3.4 en dateert uit 1811. Op deze kaart is de loop van de Dommerbeek weergegeven die start ten oosten van 't Joppe. Er is een afwatering weergegeven die op de beek uitmondt, deze afwatering stroomt vanaf de heide nabij 't Joppe.



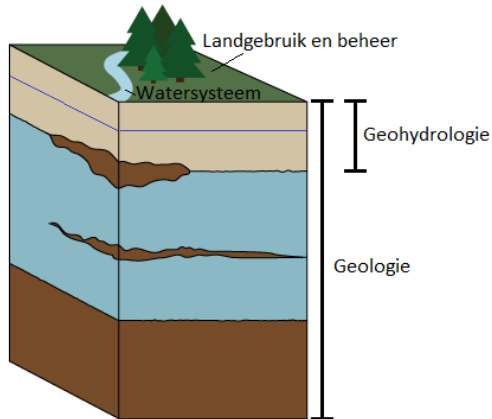
Figuur 3.4 Historische kaart Dommerbeek 1811 “watwaswaar”

Tot en met 2003 heeft de Dommerbeek onder vrij verval geloosd op de IJssel. Bij hoge IJsselpeilen kon dit leiden tot inundatie in de benedenloop van de Dommerbeek. In 2003 is eenemaal geplaatst waardoor ook bij hoge IJsselstanden water afgevoerd kan worden.

In figuur 3.1 met de huidige verbeelding van de Dommerbeek, is te zien dat de beek benedenstroom hetzelfde stroomt. Vanaf de bultrug (blauwe punt in figuur 3.4) is te zien dat meer afwateringen aansluiten op de Dommerbeek. Het is mogelijk dat deze afwateringen aanwezig waren in 1811, maar voor kaart technische redenen weggelaten zijn.

3.2 Gebiedsanalyse

De opbouw van het gebied is beschreven op basis van de geologie, de geohydrologie, het watersysteem met de waterbalans, het landgebruik en het beheer. Een schematisatie van de opbouw van de ondergrond is te zien in figuur 3.5.

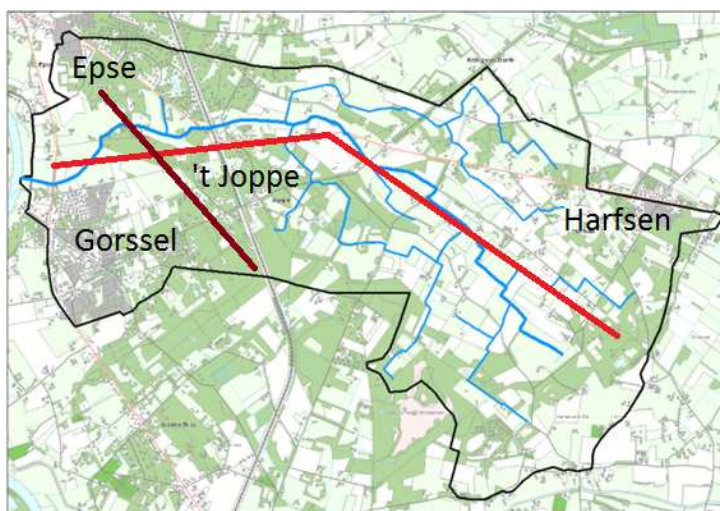


Figuur 3.5 Schematische weergave gebiedsanalyse

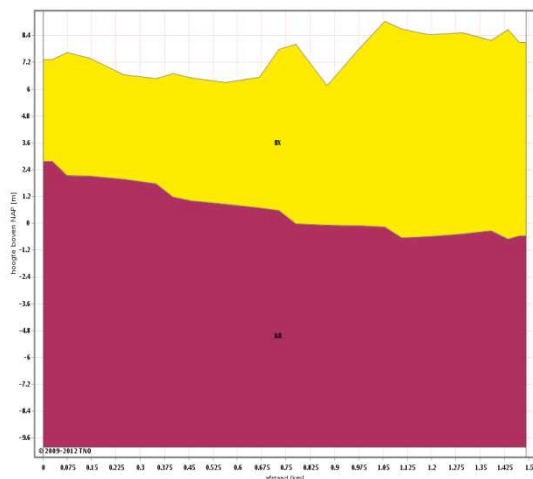
3.2.1 Geologie

Binnen het stroomgebied komen formaties (geologische lagen) voor met uiteenlopende afzettingen uit het vroeg-holocene (10.000 jaar oud). De twee hoofdformaties van dit beekdal zijn de formatie van Boxtel en Kreftenheye. De formatie van Boxtel is bovenop de Kreftenheye formatie gelegen.

De formatie van Boxtel bestaat vooral uit zand, leem en silt. De formatie van Kreftenheye bestaat uit grof zand en grind, afwisselend met fijn zand, klei of veen. In figuur 3.6 staat een overzicht van dwarsdoorsneden van de ondergrond. De ondergrond wordt tot op 10 meter weergegeven. De bruine lijn geeft de locatie van de doorsnede van Gorssel tot Epse, zie figuur 3.7. De rode lijn geeft de locatie van de doorsnede IJssel tot Harfsen, zie figuur 3.8. De grondlaag van Boxtel is een vrij dunne laag van enkele meters tot een dikkere laag van drie meter links onder Harfsen en acht meter nabij de IJssel. Dit zou ertoe kunnen leiden dat de grondwaterstand dicht bij het maaiveld ligt ter hoogte van 4,5 km vanaf de IJssel.

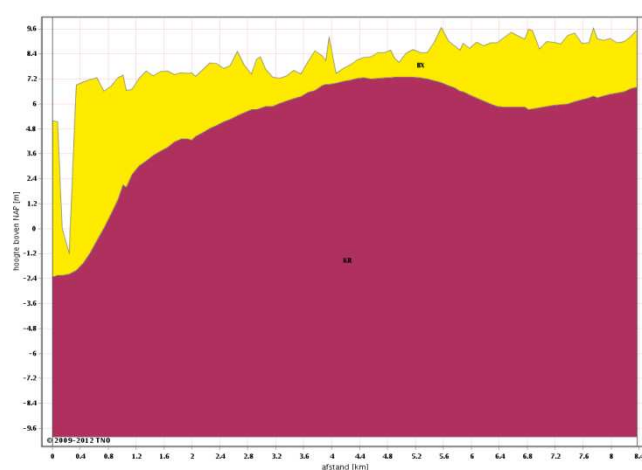


Figuur 3.6 Locatie dwarsdoorsneden



Figuur 3.7 Doorsnede Gorssel – Epse (zie bruine lijn figuur 3.6) “Dinoloket”

Landelijk model DGM v1.3 – 2009
 BX 02-Formatie van Bortel
 KR 04-Formatie van Kreftenheye

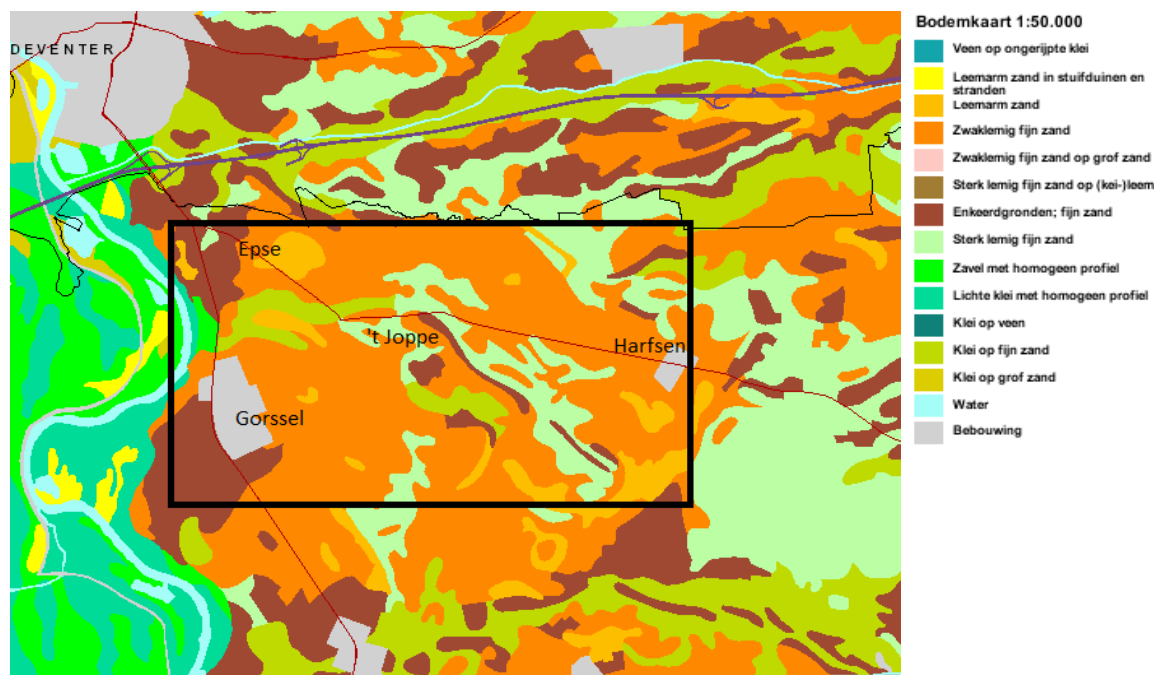


Figuur 3.8 Doorsnede IJssel – Harfsen (zie rode lijn figuur 3.6) “Dinoloket”

Landelijk model DGM v1.3 – 2009
 BX 02-Formatie van Bortel
 KR 04-Formatie van Kreftenheye

Het watersysteem van de Dommerbeek bestaat grotendeels uit zand en silt. Het zand is voornamelijk dekzand uit het pleistoceen, dit is aangevoerd door de wind vanuit de Noordzee. De overige grondsoorten zijn sterk lemig fijn zand en enkeerdgronden (fijn zand).

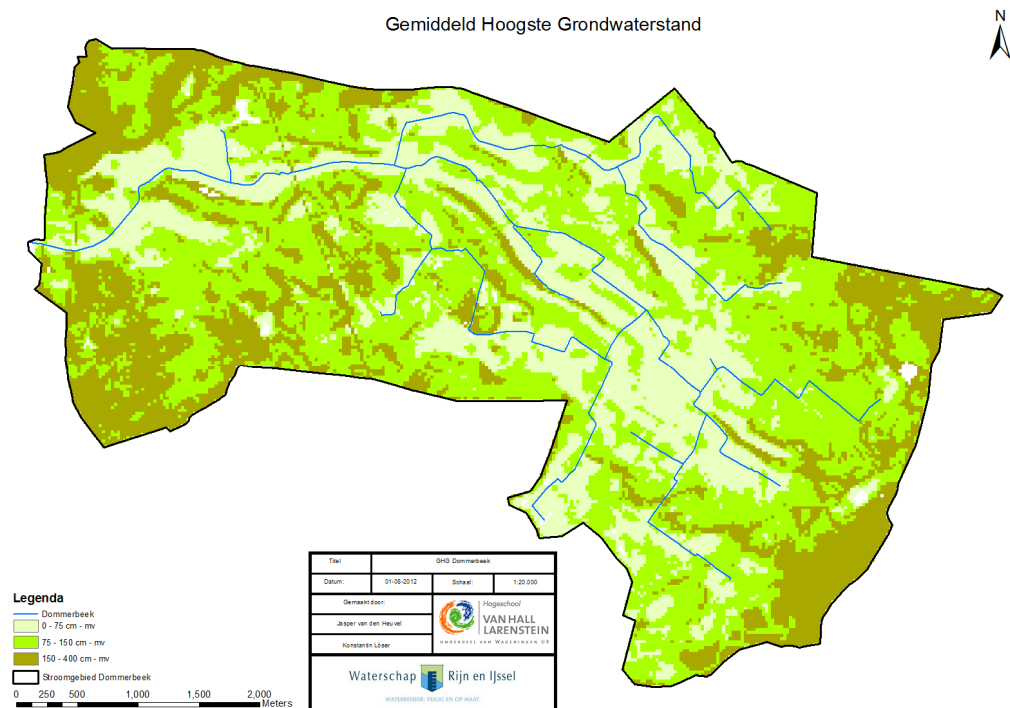
De bodemkaart van het gebied is in figuur 3.9 weergegeven. Het stroomgebied bestaat voornamelijk uit zand -en silt grond. Zand heeft een hoge porositeit en is daardoor goed doorlatend. Silt is een samenstelling van zand en klei. De aanwezige silt en klei houden water beter vast dan zand, wat komt door de fijnere korreldeeltjes waardoor het poriën volume kleiner is. De ondergrond nabij de beek en oude stroomgeulen bevatten vaak meer klei en silt dan zand.



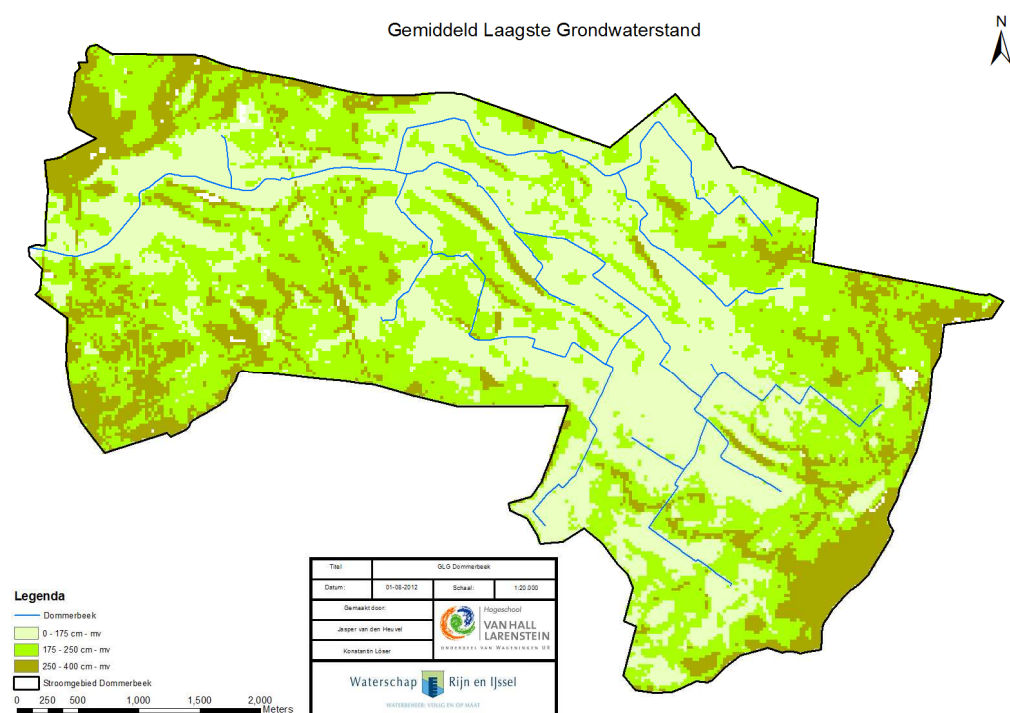
Figuur 3.9 Bodemkaart van het stroomgebied Dommerbeek “bodemdata”

3.2.2 Geohydrologie

De geohydrologie bestaat zoals eerder aangegeven uit het deel ondergrond wat onder het maaiveld ligt maar boven de grondwaterstand. De grondwaterstanden binnen het stroomgebied liggen tussen de 5 en 9 meter boven NAP. Van de grondwaterstanden zijn twee kaarten gemaakt, een Gemiddeld Hoogste Grondwaterstandenkaart (GHG, figuur 3.10) en een Gemiddeld Laagste Grondwaterstandenkaart (GLG, figuur 3.11). In bijlage 8.4 zijn de GHG en GLG in het groot opgenomen. Deze grondwaterstanden zijn afkomstig van Amigo, een gegevenssysteem en gedateerd uit 1996-2004. Normaliter treden de hoogste waterstanden op in de winter en de laagste waterstanden in de zomer. Rond de beek, IJssel en Harfsen liggen de grondwaterstanden het dichtst onder het maaiveld.



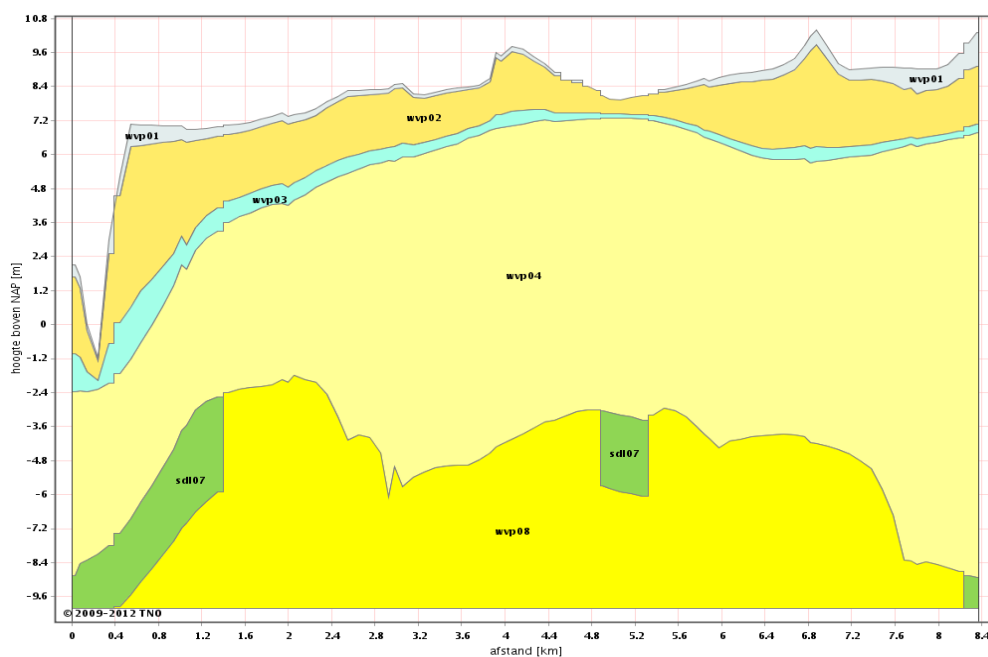
Figuur 3.10 Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand



Figuur 3.11 Gemiddeld Laagste Grondwaterstand

Als de IJssel een hoog peil heeft kan kwel optreden. Dit is water wat vanuit de IJssel het stroomgebied binnenstroomt door de ondergrond. Het optreden van kwel gebeurt wanneer het peil van de IJssel hoger is dan het gehanteerde peil in de Dommerbeek en de grondwaterstanden lager zijn.

In figuur 3.12 staat het verloop van het eerste watervoerend pakket. Een doorsnede in de lengte van het stroomgebied is getekend met gegevens van Dinoloket. Op deze dwarsdoorsnede staan de ondiepe waterlagen (watervoerende pakketten). De doorsnede is getekend op dezelfde locatie als bij de geologie figuur 3.6 (de rode lijn).



Figuur 3.12 Dwarsdoorsnede WVP "bodemdata"

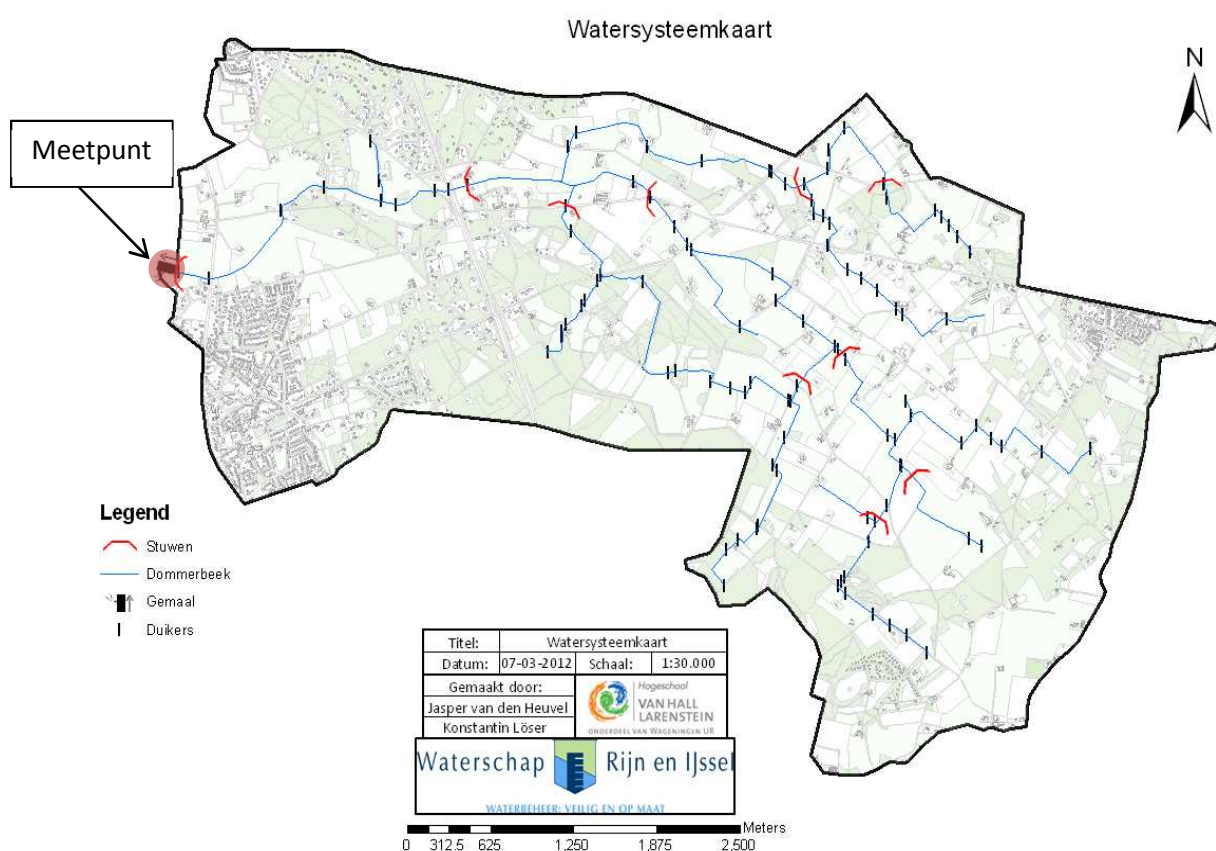
Geohydrologisch model Gelderland – 2005

- wvp01 Watervoerend pakket 1
- wvp02 Watervoerend pakket 2
- wvp03 Watervoerend pakket 3
- wvp04 Watervoerend pakket 4
- sdi07 Slecht doorlatende laag 7
- wvp08 Watervoerend pakket 8

3.3 Watersysteem

Het stroomgebied van de Dommerbeek is 2.187 ha groot en omvat de Dommerbeek en een aantal afwateringen. Binnen dit stroomgebied is een indeling gemaakt naar afwateringseenheden van waaruit een regendruppel naar de beek toestroomt, in totaal zijn er 78 afwateringseenheden. De Dommerbeek zelf omvat enkel het benedenstrooms gelegen deel, de beek is 3 km lang en het totaal aan watergangen ongeveer 10 km. De diepte van de beek varieert van 0,2 tot 0,8 m en het profiel van de beek is genormaliseerd en kent steile taluds en een schouwpad aan beide zijden. Een schouwpad is een pad van 1 m breedte waarover onderhoud aan de beek kan worden gepleegd. Vaak is dit schouwpad lager gelegen dan het omliggende maaiveld.

Binnen het watersysteem liggen ongeveer 9 bruggen, 10 stuwen en 107 duikers. Al deze kunstwerken hebben tot gevolg dat water langer wordt vastgehouden in de beek door opstuwing van het water. Het is mogelijk dat bij piekafvoeren dit voor problemen kan zorgen. In figuur 3.13 is het gemaal te zien en de bijbehorende kunstwerken in het stroomgebied van de Dommerbeek.



Figuur 3.13 Watersysteemkaart

Doordat de beek in de IJssel uitmondt, heeft de IJssel een grote invloed op de waterstand en de afvoer in de beek. Als de IJssel een hoog peil heeft kan niet onder vrij verval worden afgevoerd en zal het gemaal moeten pompen. Het gemaal heeft twee pompen met verschillende aan- en afslagpeilen. De eerste pomp heeft als aanslagpeil 5.7 m NAP en afslagpeil 5.4 m NAP met een pompcapaciteit van 0.5 m³/s. Het aanslagpeil van de tweede pomp is 5.8 m NAP en het afslagpeil 5.5 m NAP met wederom een pompcapaciteit van 0.5 m³/s. De totale capaciteit van het gemaal de Dommerbeek komt op 1 m³/s. “Rapport Aanleg gemaal de Dommerbeek”

Het peil van de Dommerbeek fluctueert per seizoen. In de winter zijn deze peilen hoger dan het streefpeil van 5,6 m NAP (mede door vertraagde afvoer naar de IJssel). In de zomer kan het peil lager

uitvallen tot aan het droogvallen van delen van de beek, door wegzijging van water naar de diepere ondergrond en de IJssel. Het debiet nabij de IJssel varieert ook sterk en het meetpunt is aangegeven in figuur 3.13 met een rode stip.

Omdat het peil van de IJssel hoger kan staan dan het peil in de beek kan kwel optreden. Dit gebeurt als de IJssel het streefpeil overschrijdt, dit is slechts 20% gedurende het jaar. Het volume aan kwel dat door de ondergrond het stroomgebied binnenstroomt is te verwaarlozen.

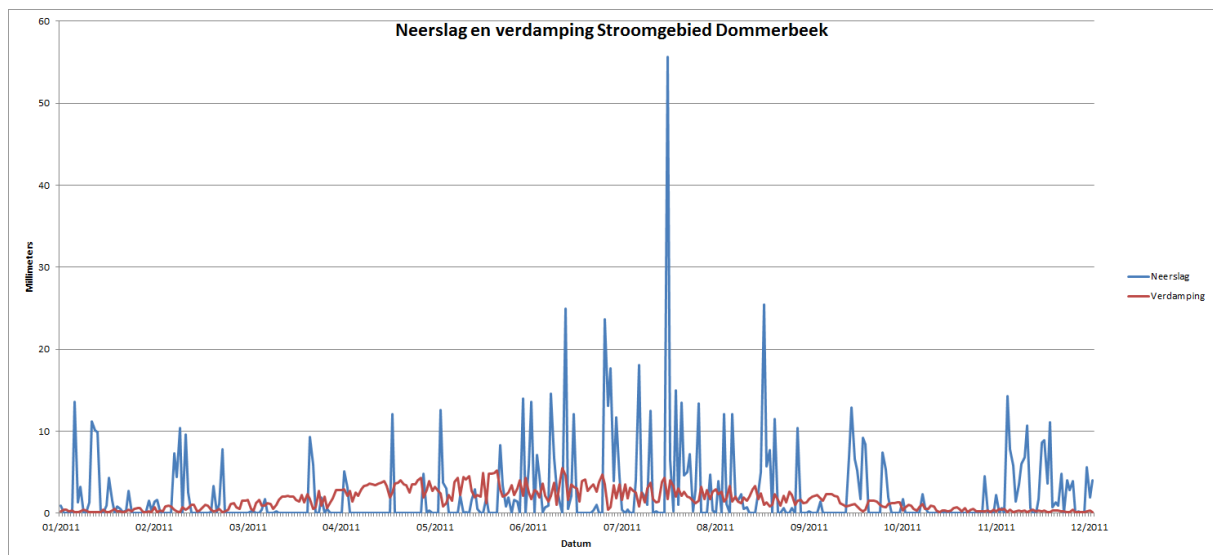


De Dommerbeek wordt ook met invoer aan water beïnvloed, een overstort aan de beek gelegen stort jaarlijks over door een intense bui. Deze bui overstijgt het volume wat geborgen kan worden in het riool netwerk en wordt dan geloosd op de beek. Dit heeft weinig effect op het volume aan water, mocht een overstort plaats vinden dan wordt de stuw direct daarna verlaagd zodat het vieze water afstroomt. Het heeft meer effect op de waterkwaliteit, omdat niet alle vuiligheid direct afstroomt. Het rioolsysteem van de omliggende gemeenten stroomt richting de RWZI nabij Zutphen (zie figuur 3.14).

Figuur 3.14 Beheersgebied WRIJ “WRIJ”

De overstort evenementen ontstaan door een grote belasting in korte tijd. In grafiek 3.15 is de neerslag over het jaar 2011 weergegeven. Deze figuur geeft aan dat een grote bui van ongeveer 55 mm in korte tijd is gevallen in juli. Deze bui kan leiden tot een overstort van ongezuiverd rioolwater.

De gemiddelde neerslag in de regio van de Dommerbeek is 775 tot 800 mm per jaar. Dit is weergegeven in bijlage 8.5 (KNMI).



Grafiek 3.15 Neerslag en verdamping stroomgebied Dommerbeek (Heino en Deelen 2011) “KNMI”

De Dommerbeek heeft geen verdere invloeden van buitenaf. Er is geen verbinding met de Dortherbeek, dit is een nabijgelegen beek ten noorden van het stroomgebied van de Dommerbeek. Daarnaast werd voorheen nog grondwater onttrokken door Vitens nabij 't Joppe, hiermee is Vitens een aantal jaren geleden gestopt.

Een overzicht van de grondwaterputten die in het gebied aanwezig zijn en over data beschikken zijn opgenomen in bijlage 8.6.

Waterbalans

Voor de Dommerbeek is een waterbalans opgesteld voor het jaar 2011, deze balans is weergegeven in tabel 3.16. De gegevens zijn verkregen van het waterschap en het KNMI, zoals beschreven in de methoden 2.2.2.

	Volume (m³)	Percentage		Volume (m³)	Percentage
Neerslag	14.760.586	99%	Wegzijging	1.130.944	8%
Kwel	145.800	1%	Verdamping gewoon	10.659.120	79%
			Verdamping openwater	129.403	1%
			Verdamping totaal	10.788.523	80%
			Uitstroom (vrijverval)	1.185.322	9%
			Uitstroom (gemaal)	388.800	3%
			Uitstroom totaal	1.574.122	12%
Totaal in:	14.906.386				
Totaal uit:	13.493.589				
Verskil (GWS stijging)	1.412.798				

Tabel 3.16 Waterbalans Dommerbeek

De invoer aan water komt voornamelijk voort uit neerslag maar ook uit kwel, wat toestroomt vanaf de IJssel. Kwel komt alleen voor als de IJssel een hoger peil heeft dan het streefpeil van de Dommerbeek van 5,6 m NAP, dit is slechts 9 dagen voorgekomen in 2011.

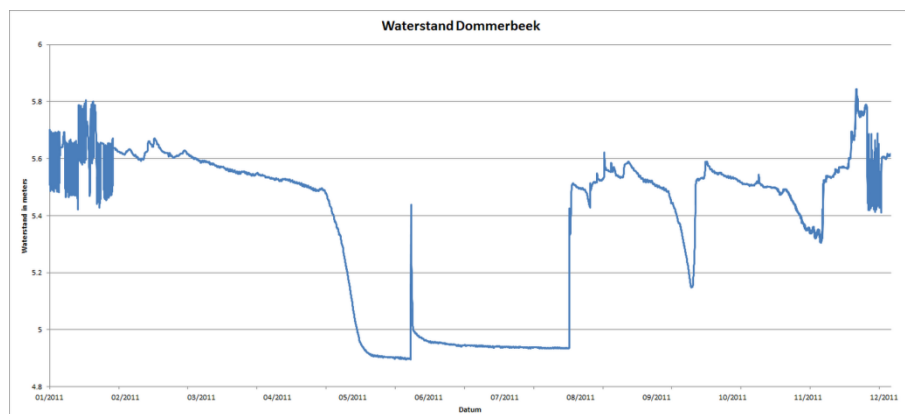
De grootste uitvoer bestaat uit verdamping, waarin 'verdamping gewoon' van het KNMI afkomstig is en openwater verdamping een hoeveelheid van 7 mm per dag bedraagt. De uitstroom bestaat uit vrij lozing en bemaald water. Hiervoor is een 0,5 m³/s over 9 volle dagen gerekend, omdat de IJssel gedurende 9 dagen een hoger peil had dan het peil van de Dommerbeek. In totaal komt meer water in het systeem binnen dan dat eruit stroomt, het verschil zorgt voor een grondwaterstijging van 6.46 cm ($1.412.798 \text{ m}^3 / 21.870.000 \text{ m}^2 * 100$). Dit komt overeen met een gemiddelde grondwaterstand stijging over de laatste 6 jaar (zie bijlage 8.7.1).

De balans van de Dommerbeek is vergeleken met balansen van andere stroomgebieden, Regge en Dinkel (96-2000), Buursebeek (92-98), Elsbeek (92-96) en de Groenlosche Slinge (97-2003). Deze stroomgebieden zijn hydraulisch vergelijkbaar op het feit na dat de Dommerbeek als enige een gemaal met terugslagklep heeft en Regge en Dinkel betreft het gehele beheersgebied van waterschap Regge en Dinkel. Het overzicht van de totale balans staat in bijlage 8.7.

De stroomgebieden zijn voornamelijk regen gevoed en voor alle stroomgebieden is de grootste uitvoer verdamping. Daarnaast is voor de Buursebeek wegzijging een grote post en voor de overige stroomgebieden is de afvoer uit vrije lozing een grote post.

De Dommerbeek heeft over het jaar 2011 meer verdamping, minder uitstroming onder vrij verval en bemaling dan de andere stroomgebieden. Dat de beek minder loost onder vrij verval komt doordat een stuw zo is ingesteld dat water wordt vastgehouden. De stuw wordt ook variabel ingesteld door een veldmedewerker, wat voornamelijk van weersvoorspellingen afhankelijk is.

In figuur 3.17 is het waterstandsverloop van de Dommerbeek over 2011 weergegeven. De waterstand is vergelijkbaar met de jaren ervoor en erna. De waterstand is van april tot en met augustus laag en gedurende de rest van het jaar ongeveer stabiel. Tijdens de wintermaanden is bemaling te zien, wat in de figuur is weergegeven als zigzaggen in de waterstand.

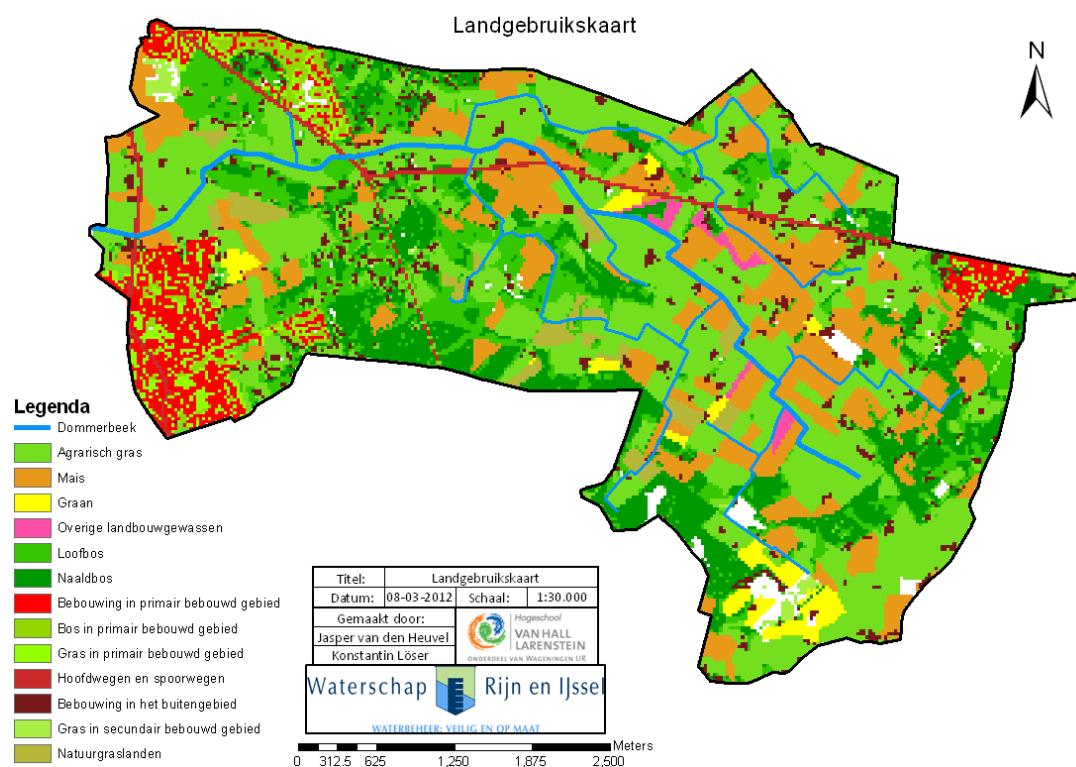


Grafiek 3.17 Waterstand in de Dommerbeek 2011 “H2GO – WRIJ”

3.4 Landgebruik en beheer

Het landgebruik is uit het Landelijk Grondgebruik bestand Nederland “versie 6” (LGN6) gehaald en staat in figuur 3.18 weergegeven. Het grootste deel van het gebied bestaat uit landbouw en dit is voornamelijk grasland. Het gehele gebied is 2.187 ha groot, het oppervlak aan landbouw en bos is 1.839 ha en bebouwd gebied bestaat uit 347 ha. Het stedelijk gebied bevindt zich voornamelijk nabij de IJssel, waar de gemeente Gorssel en Epse liggen (zie figuur 3.1).

Binnen het stroomgebied zijn veel sloten aangelegd om voor een goede drooglegging te zorgen.



Figuur 3.18 Landgebruikskarta

Normering

De te hanteren normering voor de watersysteemtoetsing, is uit het bestemmingsplan van de gemeente Lochem afgeleid. Het stroomgebied van de Dommerbeek is landelijk gebied zoals te zien is in figuur 3.19, waarbij wit bebouwd gebied is en de overige kleuren behoren tot landelijk gebied. Een gemiddelde norm van 1 keer per 10 jaar volgt hieruit. Deze norm geldt over het algemeen voor alle landgebruikstypen alleen natuurgronden hebben geen normering. Alle natuurgronden mogen inunderen, het overige grondgebruik krijgt de normering van grasland (zie tabel 2.2 in paragraaf 2.2.1).



Figuur 3.19 Overzicht bestemmingsplan Lochem “gem. Lochem”

Beheer

Het maaibeleid van watergangen staat in de veldgids beheer en onderhoud “WRIJ” en is onderdeel van het onderhoudsbeheersplan. Het maaibeheer is toegespitst op flora en fauna (planten en dieren) om ecologische processen zo min mogelijk te belasten.

De maai-activiteiten bestaan uit een voorjaars ronde en een najaarsronde, de voorjaarsronde is 15 maart en vanaf 15 juli tot en met half augustus kan de najaarsronde worden uitgevoerd. Er is onderscheid gemaakt in beheer per type watergang. De Dommerbeek is opgedeeld in drie typen: een kritische aan/afvoerleiding, primaire landbouw afwatering en secundaire landbouw afwatering. In tabel 3.20 staan de 3 voorkomende typen watergang met het gewenste begroeiingspercentage. De benedenstroomse Dommerbeek is een kritische aan/afvoerleiding. Vanaf de eerste splitsing en verder stroomopwaarts volgen primair- en secundaire afwateringen. Hiervan is een kaart in bijlage 8.8 te zien.

In de winter is er weinig begroeiing aanwezig. Gemiddeld wordt twee keer per jaar gemaaid, indien noodzakelijk wordt een extra keer gemaaid nabij het gemaal Dommerbeek. Het maaibeheer in de zomer gebeurt in twee stappen, bij de eerste stap wordt de helft van de begroeiing gemaaid, bij de tweede stap de rest. Tussen deze stappen kunnen een aantal weken zitten zodat de fauna tijd heeft om zich te verplaatsen.

	Voorjaar	Najaar
Kritische aan/afvoerleiding	Maximaal 75% schoon	Maximaal 75%
Primaire landbouw afwatering	Minimaal 75% schoon	100% schoon
Secundaire landbouw afwatering	N.v.t.	100% schoon

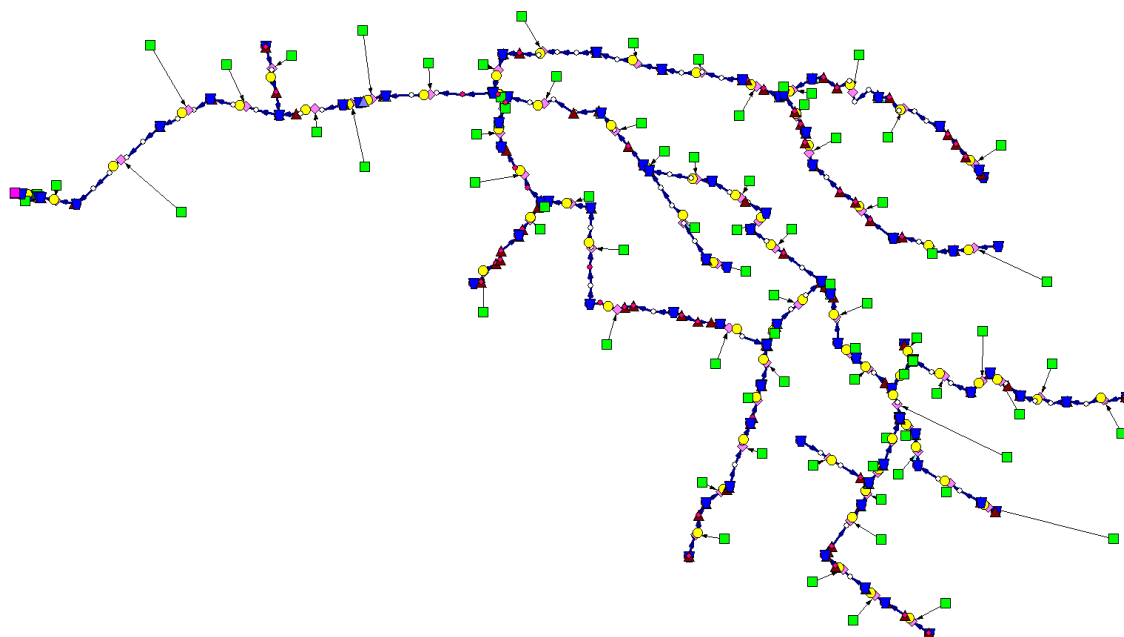
Tabel 3.20 Maaibeheer “veldgids - WRIJ”

4 Model

In dit hoofdstuk wordt het model, de uitgangspunten, de invoerwaarden, de gevoeligheid, de kalibratie en de modelbeperkingen beschreven. Hierbij is het stappenplan in methode 2.2.3 gehanteerd.

4.1 Modelbeschrijving

Om een beeld te krijgen van het SOBEK-model is in figuur 4.1 de schematisatie van het gemaakte model weergegeven. Waarbij het model bestaat uit talloze lijnen en knopen. De lijnen stellen het dwarsprofiel van de Dommerbeek voor en de knopen zijn kunstwerken of berekenpunten. De uitleg per lijn en knoop volgt hieronder.



Figuur 4.1 Model SOBEK

Voor dit model zijn de volgende knopen en lijnen gebruikt:

1D Flow

- Rekenpunt (Calculation point);
- Grensknoop (Boundary node);
- ▲ Gemaal (Pumpstation);
- ▲ Stuw (Weir);
- ▲ Duikers (Culvert);
- ▲ Brug (Bridge);
- ▼ Dwarsprofiel (Cross section);
- Waterganglijn (Reach/Connection);
- Link met het maaiveld (Connection node with storage and lateral flow).

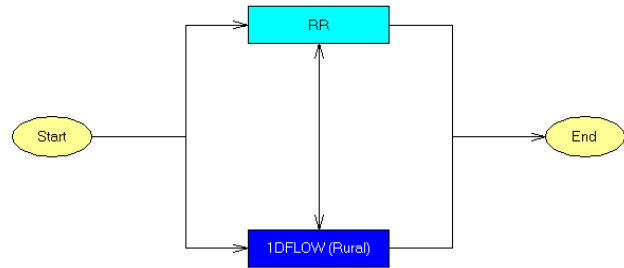
Rainfall Runoff

- Onverhardknoop (Unpaved node);
- Directe afvoer lijn (RR-Link).

SOBEK bestaat uit een aantal modules die afzonderlijk of samen kunnen werken. Voor deze studie is gekozen om met de 1D FLOW en Rainfall Runoff module te werken. De 1D FLOW module kan waterstanden bepalen in bijvoorbeeld een dwarsprofiel en kan de afvoer richting de IJssel berekenen. De module heet 1D, omdat deze maar in een dimensie kan rekenen en dat is de hoogte.

De Rainfall Runoff module is een schematisering van een stroomgebied met de daarbij horende eigenschappen, zoals grondwaterstand, landgebruik en bodemsoort. Deze module vertaalt neerslag naar afvoer richting de beek. Hierbij wordt rekening gehouden met bijvoorbeeld grondwaterstand en verdamping.

Het programma rekt simultaan tussen beide modules, wat betekent dat interactie plaats vindt tussen het oppervlaktewater en het omliggende gebied. Hierdoor kan het grondwater aangevuld worden door zowel neerslag als water uit de beek. Ook houdt SOBEK rekening met al aanwezig water op het maaiveld bij het berekenen van de afvoer richting de beek. In figuur 4.2 staat de relatie tussen de modules.

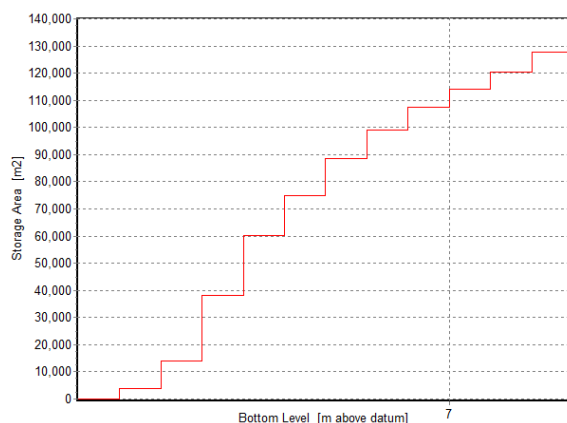


Figuur 4.2 Relatie modules

4.2 Uitgangspunten

De volgende uitgangspunten zijn opgesteld die worden gebruikt voor het model:

- De dimensies van watergangen en kunstwerken komen uit de legger (2006);
- Tijdstappen bij het rekenen zijn in uren;
- De IJssel heeft een peil per dag;
- Er is simultaan gerekend tussen Rainfall Runoff en 1D FLOW;
- Verdamping is volgens de KNMI richtlijnen gehanteerd;
- De wind en zonnestraling zijn verwaarloosd;
- Het maaiveld is opgenomen in het model als S-curve (zie grafiek 4.3). De S-curve geeft het hoeveel oppervlak aan wat kan inunderen bij een bepaalde waterstand. Dit gebeurt alleen als het water boven het opgegeven maaiveld uitkomt. In grafiek 4.3 is dit verduidelijkt, bij een waterstand van 7 m (x-as) is ongeveer 115.000 m² (y-as) aan oppervlak geïnundeerd;



Grafiek 4.3 S-Curve

- De formule van Ernst is voor berekeningen van drainageweerstand toegepast. De drainageweerstand is uitgedrukt in dagen, dit geeft aan hoelang het water erover doet voordat dit in de beek terecht komt. Het is mogelijk per grondlaag verschillende weerstanden op te geven;
- Kwel is verwaarloosd;
- Stedelijke afvoer van hemelwater en droogweerafvoer (DWA) zijn niet gemodelleerd.

4.3 Invoerwaarden model

Initiële waterstand en grondwaterstanden

De initiële waterstand in de Dommerbeek is de waterstand die voorafgaat aan de te berekenen periode. Voor zowel de kalibratie als de validatie is de gemiddelde waarde tussen GLG en GHG gebruikt voor de grondwaterstand per afwateringseenheid.

Neerslag

Voor de kalibratie is neerslag ingevoerd voor de periode 01-12-2011 tot en met 31-12-2011. Voor de validatie is een bui ingevoerd van de periode 01-03-2010 tot en met 31-03-2010. De neerslag gegevens is een middeling van twee meetstations van het KNMI (Deelen en Heino). In bijlage 8.9 staan de neerslag perioden als grafiek.

Grensknoop

In het model stelt de grensknoop de IJssel voor, waar de Dommerbeek in uitmondt. Het IJsselpeil is als peil per dag ingevoerd. De IJsselstanden zijn afkomstig van Rijkswaterstaat en zijn gemiddeld tussen de meetpunten Zutphen en Deventer.

Gemaal

Eerste pomp: aanslagpeil 5.7 m NAP, afslagpeil 5.4 m NAP en capaciteit 0.5 m³/s

Tweede pomp: aanslagpeil 5.8 m NAP, afslagpeil 5.5 m NAP en capaciteit 0.5 m³/s (samen 1 m³/s)

Stuwen

De stuwen in het stroomgebied hebben een vaste kruinhoogte. De stuw nabij het gemaal heeft een kruinhoogte van 5.5 m NAP en is 3 meter breed. Als het gemaal pompt gaat de stuw omlaag, daarnaast stelt een veldwerker de stuw bij op de omstandigheden.

Duikers

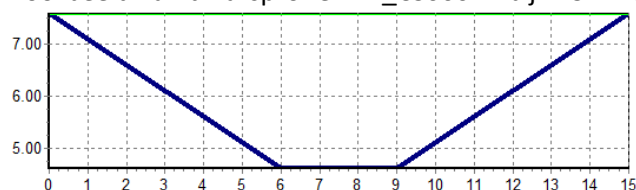
De hoofdwatgang heeft rechthoekige duikers met een weerstand van 50 Chezy en de zijtakken van de Dommerbeek bevatten cirkelvormige duikers met een weerstand van 20 Chezy. Chezy is een gladheidswaarde waarmee de weerstand kan worden uitgedrukt, een hoge waarde staat voor een glad oppervlak. Een lage Chezy staat voor een ruw oppervlak.

Brug

Een van de 9 bruggen is opgenomen in het model, de andere bruggen veroorzaken geen verandering voor de doorstroming. Deze brug (zie bijlage 8.3, foto 3) heeft een breedte van 2 m en een hoogte van 4 m. De weerstand staat op 45 Chezy, omdat een pilaar in het midden de doorstroming lichtelijke stremt.

Dwarsprofiel

De dwarsprofielen zijn afkomstig uit de legger hebben een trapeziumvorm. In figuur 4.4 staat een voorbeeld van dwarsprofiel DN_CS00022 bij LV92140009 (benedenstrooms).



Figuur 4.4 Voorbeeld dwarsprofiel

De dwarsprofielen hebben een weerstandswaarde uitgedrukt in Chezy. De Chezy waarde is een vergelijk tussen een percentage begroeiing in de watergang en de weerstand die dit oplevert.

In de veldgids staat het maaibeheer van het waterschap beschreven. Hieruit kunnen percentages worden afgeleid die staan voor een seizoen specifieke begroeiingsgraad. In de zomer (juni, juli en augustus) is de begroeiing in de Dommerbeek hoog tot matig. In deze zomersituatie is een middelmatige begroeiing aanwezig. Voor de wintersituatie (de overige maanden) is er geen begroeiing aanwezig in de watergang.

Aan de hand van tabel 4.5 (kolom 4) is de begroeiingen vertaald naar een Chezy waarde. Waarbij de zomer een Chezy waarde heeft van 20, omdat de begroeiing tussen veel en weinig vegetatie invalt. Daarbij hebben maaiactiviteiten invloed omdat in de zomer de helft wordt gemaaid. In de winter is een lage begroeiing aanwezig, dus een Chezy van 40 is gebruikt.

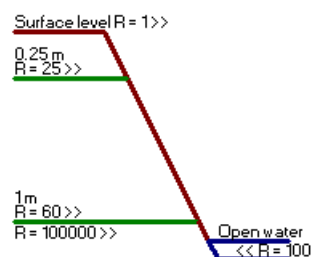
i	C _d	C _b	C	k _M	k _s	γ	k _n	V ₀	m	D	k	s
[-]	[-]	[m ^{1/2} /s]	[m ^{1/2} /s]	[m ^{1/3} /s]	[m ^{1/3} /s]	[s ⁻¹]	[m]	[%]	[m ⁻²]	[m]	[m]	[m]
Geen of Nauwelijks Vegetatie												
0,0005	1,80	35	40	40	40	40	0,05	95	150	0,0025	0,05	0,08
Weinig Vegetatie												
0,0005	1,80	35	25	25	25	25	0,10	70	400	0,01	0,10	0,05
Veel Vegetatie												
0,0005	1,80	35	10	10	10	10	0,50	25	1000	0,01	0,50	0,03

Tabel 4.5 Begroeiingswaarden "Maaien of niet - Wilgert Veldman, Waterschap Veluwe"

Onverhard knoop

Elke onverharde knoop bevat de volgende gegevens per afwateringseenheid: de oppervlakte per type landgebruik, de gemiddelde maaiveldhoogte, drainage weerstanden per laagdiepte, kwel of infiltratie, berging op het maaiveld, de initiële grondwaterstand, de dikte van de eerste grondwaterlaag en het soort bodem. Een overzicht van de ingevoerde waarden staat in bijlage 8.10, 8.10.1 en 8.10.2.

In SOBEK is het mogelijk de drainage weerstand in drie verschillende lagen in te voeren met elke laag een dikte en een weerstand in dagen. Het voorbeeld hieronder heeft twee lagen, de eerste laag is 0.25 m dik en een weerstand van 25 dagen. De tweede laag heeft een dikte van 1 m en een weerstand van 60 dagen. De laatste laag is een ondoorlatende laag met een oneindige diepte.



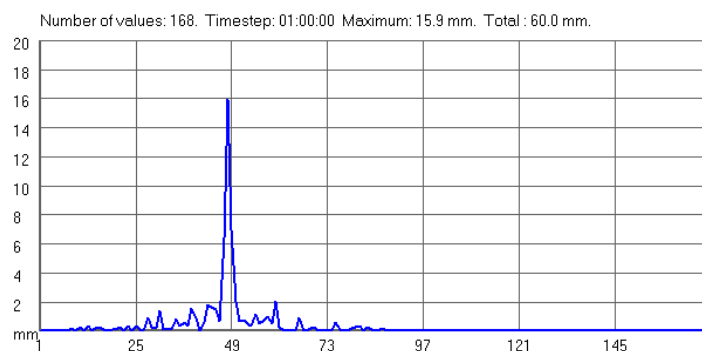
4.4 Gevoeligheidsanalyse

Met de gevoeligheidsanalyse wordt de invloed van verschillende parameters binnen het SOBEK model bepaald. Dit is van belang bij de interpretatie van de geleverde resultaten, voor inzicht in de werking van de Dommerbeek en om voorspellingen uit te voeren. De invloed van de parameters is aan de hand van het verschil op de waterstand uitgelegd.

Tijdens de kalibratie en validatie is van verschillende parameters de gevoeligheid bepaald. De verschillende parameters zijn:

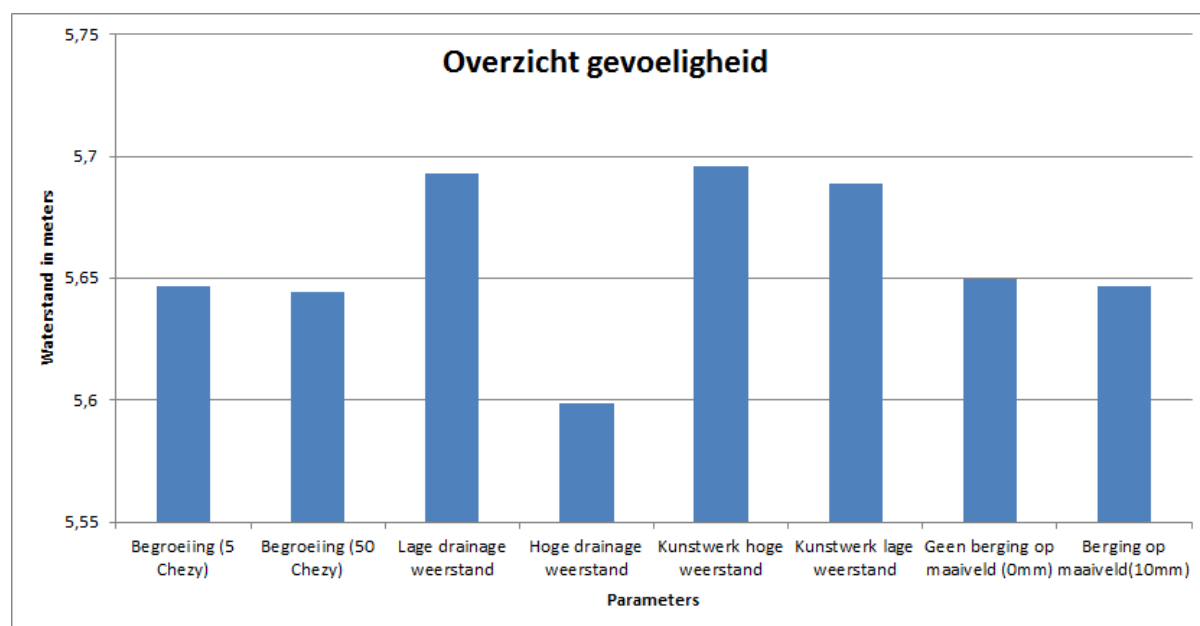
- Weerstanden van duikers en watergangen (begroeiing);
- Berging op maaiveld;
- Porositeit van de bodem;
- Drainage.

Om de gevoeligheid te bepalen is een bui gebruikt met in totaal 60 mm en een piek van 15.9 mm. Deze bui is gevallen over 3 dagen. Het verloop van de bui is te zien in grafiek 4.6. In figuur 4.7 is te zien welke parameter de waterstanden het meeste beïnvloed, gedurende een piek.



Grafiek 4.6 Bui voor gevoeligheidsstudie (3 dagen met uitloop)

Het meetpunt voor het model ligt benedenstrooms bij het gemaal (zie figuur 3.13). Hieronder volgt een beschrijving van de getoetste elementen:



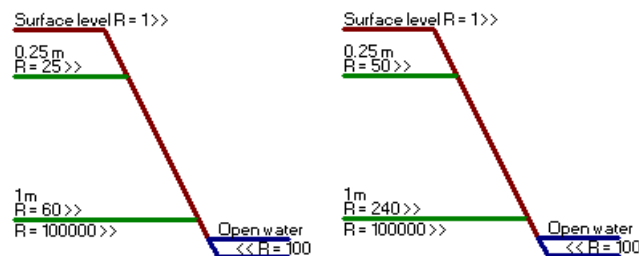
Figuur 4.7 Overzicht gevoeligheid

Begroeiing

Om de gevoeligheid van het model te bepalen op de begroeiing in de watergang zijn twee identieke modellen doorgerekend met als enige verschil een begroeiingswaarde van 5 en 50 Chezy. In figuur 4.7 is te zien dat een zeer hoge begroeiing (5 Chezy) tegenover een hele lage begroeiing (50 Chezy) bijna geen verschil in waterstand oplevert (<1 cm verschil). Het model is dus niet gevoelig voor begroeiing.

Drainage

Hetzelfde principe is uitgevoerd bij de drainage. Hiervoor zijn twee cases doorgerekend, waarbij een case (A) een hoge drainage weerstand had en een case met een lage weerstand (B). In onderstaande figuur zijn twee voorbeelden weergegeven de linker figuur bevat een lage weerstand en de rechter figuur een hoge weerstand. De linker figuur heeft een weerstand van 25 dagen in de toplaag en 60 dagen in de tweede laag. De rechter figuur heeft een weerstand van 50 dagen in de toplaag en 240 dagen in de tweede laag. Het zelfde principe is toegepast voor alle andere drainage weerstanden in het model. De drainage heeft net als de begroeiing een redelijke invloed op de waterhoogte in het systeem. Een lage weerstand voert het water snel af richting de beek en zorgt dus in voor hoge waterstanden. Een hoge weerstand in de bodem voert het water vertraagd af richting de watergang. Het verschil is bij deze parameter 18 centimeter.



Weerstanden kunstwerken

Om de gevoeligheid te bepalen van de kunstwerken en of deze veel invloed hebben op de waterstanden in de Dommerbeek zijn de duikers, stenenbrug en stuwen aangepast. In het eerste geval zijn alle weerstanden van de kunstwerken verhoogd. De duikers in de hoofdwatgang zijn 25 Chezy, de kleinere duikers 20 Chezy en de ronde duikers in het systeem 10 Chezy. De stuwen en stenenbrug hebben een in en uitlaat coëfficiënt van 0.8. Een waarde van 1 is de maximale doorlaat van water. In het tweede geval zijn alle weerstanden verlaagd. De duikers in de hoofdwatgang hebben een waarde van 100 Chezy, de kleinere duikers een waarde van 80 en de ronde duikers 40. Het verschil tussen A en B is 1 centimeter aan waterstand. De maximale waterstand ligt hoger dan bij enkel een verhoogde begroeiingsgraad.

Berging op maaiveld

Als laatste is de gevoeligheid getoetst van geen berging en 10 mm/m^2 berging op het maaiveld. Waarbij dit geen verschil oplevert in waterstanden. Het model is niet gevoelig voor de hoeveelheid berging op het maaiveld.

4.5 Modelbeperkingen

Omdat een model een versimpeling is van de werkelijkheid, kunnen niet alle parameters worden meegenomen en zijn er beperkingen. De volgende beperkingen zijn bekend in SOBEK:

- Menselijke invloeden zijn niet te modelleren;
Het gemaal, de stuwen en het krooshek (wat verstopt kan raken) worden met de hand bediend. Dit betekent dat de automatisering binnen een model beperkt is en niet compleet aansluit op de werkelijkheid.
- Er bestaat geen optie om water door een gemaal te laten stromen in het model als het gemaal uitstaat;

Als het gemaal uit is kan geen water door het gemaal stromen in het model. Om dit te omzeilen is zijtak gebouwd die open is als het gemaal uitstaat en dichtgaat als het gemaal aanstaat.

Er zijn daarnaast beperkingen in gegevens:

- Meetgegevens (waterstanden en debieten) van de Dommerbeek dateren van 2009 tot 2012, wat een korte reeks aan data is;
- Grondwaterstanden zijn tot 2012 gemeten waarin gegevens ontbreken;
- De legger dateert uit 2006 waardoor dimensies van watergangen afwijken van de werkelijkheid en niet alle kunstwerken staan in de legger;
- Een meetpunt is in het watersysteem van de Dommerbeek aanwezig, bij het gemaal; Tot 2003 waren twee meetpunten aanwezig, een extra bij het Rode Hert. Het meetpunt bij het Rode hert is na 2003 niet meer in gebruik;
- Er is geen inzicht in voorgaande inundaties voorhanden.

4.6 Kalibratie en Validatie

De resultaten van de gevoeligheidsanalyse zijn gebruikt voor de afstemming van het model. Waarbij vooral gebruik is gemaakt van de drainage weerstanden en de porositeit van de bodem.

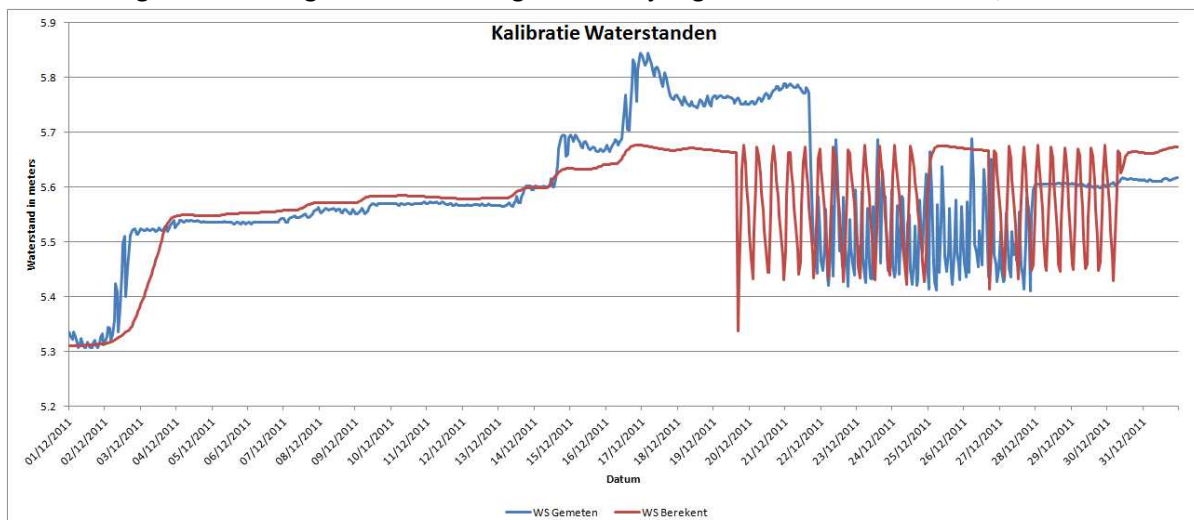
Met kalibratie en validatie wordt het model afgestemd op de gemeten waarden. Hiervoor zijn de volgende perioden gebruikt:

- 01-12-2011 tot en met 31-12-2011 (Kalibratie);
 - Totaal volume is 133.3 mm en een piek van 13.3 mm.
- 01-03-2010 tot en met 31-03-2010 (Validatie).
 - Totaal volume is 55.53 mm en een piek van 20.75 mm.

In bijlage 8.9 zijn beide buien in een grafiek weergegeven.

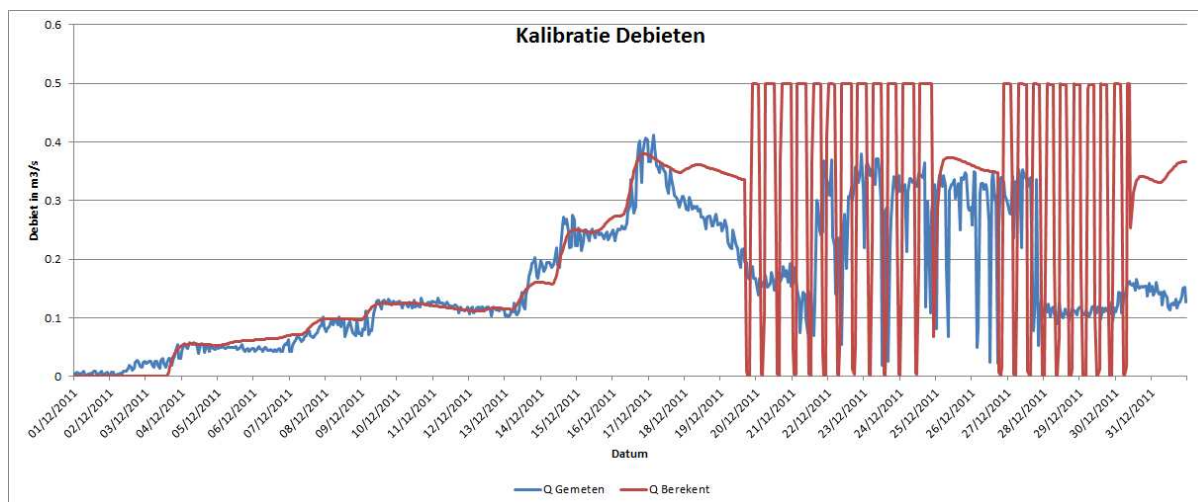
De kalibratie en validatie zijn uitgevoerd aan de hand van de uitgangspunten die beschreven zijn in paragraaf 2.2.3. In figuur 4.8, 4.9, 4.10 en 4.11 zijn de uitkomsten van de kalibratie en validatie te zien. In deze figuren is de blauwe lijn de gemeten waarden en de rode lijn de berekende waarden. Eerst volgt de beschrijving van de kalibratie. Niet alle criteria zijn behaald, het model heeft 1.5 dag nodig om op de juiste waterhoogte uit te komen. Hierna volgt de waterlijn binnen de criteria de lijn. Het zigzaggen van de lijn stelt de werking van het gemaal voor. De werking komt niet precies overeen met de gemeten waarden, omdat in het model het gemaal automatisch aangaat en in werkelijkheid gebeurt dit handmatig door de veldmedewerker. De afwijking is bij de piek meer dan 10 cm. De kalibratie op waterstanden is te zien in grafiek 4.8.

Het debiet komt net als de waterstand later op gang, maar volgt in zijn geheel de berekende waarden goed. Met als grote uitzonderingen de afwijkingen tot meer dan $0.05 \text{ m}^3/\text{s}$ wat niet



Grafiek 4.8 Kalibratie op waterstanden

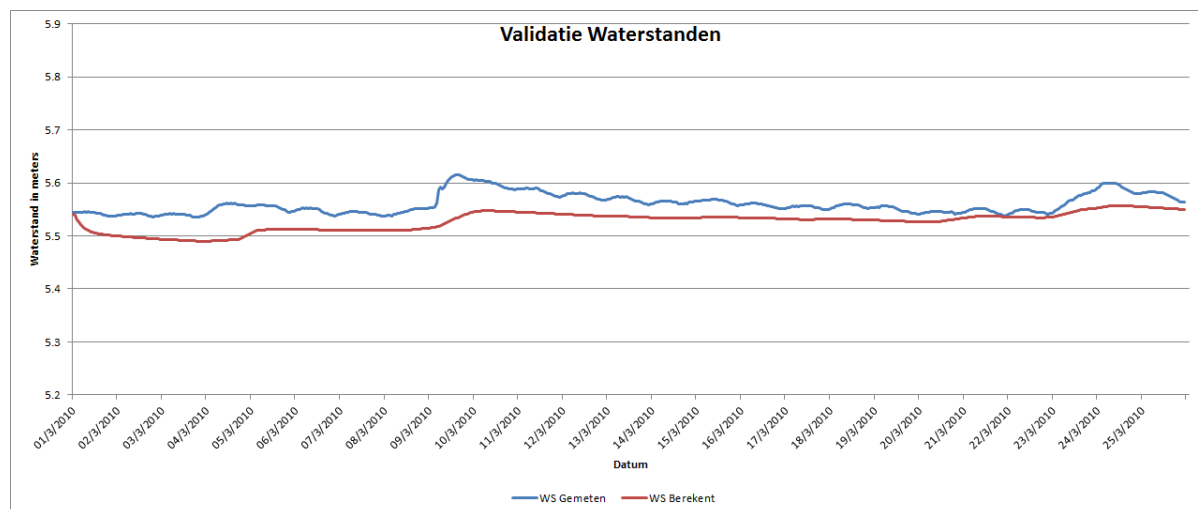
overeenkomt met de gestelde criteria. Het totaal van het debiet (de som van de uurdebieten) wijkt meer af dan 10%. De kalibratie op debieten is in grafiek 4.9 te zien.



Grafiek 4.9 Kalibratie op debieten

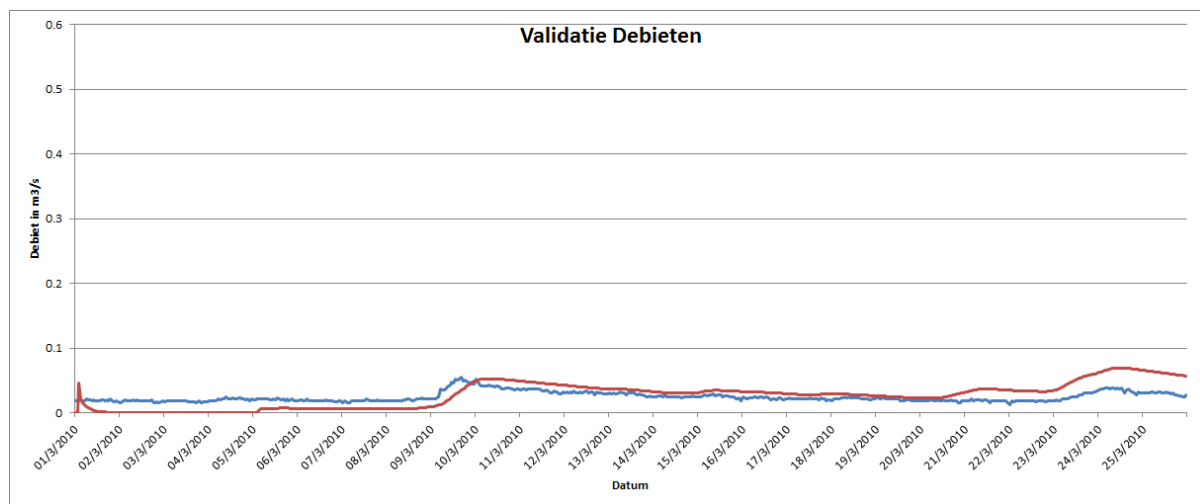
Ondanks deze uitzonderingen is het model gevalideerd. In figuur 4.10 volgt de validatie.

Het patroon volgt redelijk de lijn, alleen de zigzaggen die voortkomen uit de gemeten waarden zijn niet terug te vinden bij de berekende waarden. De oorzaak hiervan is onbekend. In deze periode is geen gemaal aan geweest, omdat de IJssel niet boven 5.5 m NAP kwam. De waterstanden blijven binnen de bandbreedte van 10 cm.



Grafiek 4.10 Validatie op waterstanden

In de opstart periode zit een piek, deze wordt volgens de criteria verwaarloosd. Op de 5^{de} dag reageert het model op de neerslag en is dus te laat vergeleken met de gemeten waarden. De 21^{ste} dag is een piek berekend die niet overeenkomt met het gemeten debiet en hierna loopt het berekende debiet uit tot maximaal 0.03 m³/s. De som wijkt af met 0.03%. Hierdoor voldoet ook de validatie niet aan de gestelde eisen. Grafiek 4.11 geeft de validatie op debieten weer.



Grafiek 4.11 Validatie op debieten

In tabel 4.12 staat het falen of behalen van de criteria.

Criteria Waterstand	Kalibratie	Validatie
Patroon	Behaald	Behaald
Gemaal	Faalt	N.v.t.
Waterstand afwijking (max 10 cm)	Faalt	Behaald

Criteria Debiet	Kalibratie	Validatie
Patroon	Behaald	Behaald
Gemaal	Faalt	N.v.t.
Debiet afwijking (max 0.05 m ³ /s)	Faalt	Behaald
Som van het debiet	Faalt	Faalt

Tabel 4.12 Criteria kalibratie/validatie waterstanden en debieten

Het model heeft 6 criteria behaald en 6 criteria niet behaald, het model is wel gebruikt om de Dommerbeek te modelleren. De afwijkingen zijn niet al te groot en het gaat vaak over enkele centimeters, maar toch is de kalibratie en validatie nog niet optimaal. Hierdoor is het mogelijk dat het model niet zo snel reageert als het zou moeten en fluctuaties worden minder goed berekend.

5 Stochastanalyse

Dit hoofdstuk geeft de uitgangspunten die gehanteerd zijn bij de stochastanalyse, de invoerwaarden en de resultaten.

5.1 Uitgangspunten & randvoorwaarden

Hieronder volgen de uitgangspunten voor de stochasten methode:

- Kansen worden onderling verdeeld bij het weglaten van een of meer stochasten. De totale kans blijft hierdoor 1;
- Alle stochasten zijn onafhankelijk verklaard. Hierdoor zijn de stochasten met elkaar te vermenigvuldigen.

5.2 Invoerwaarden

In paragraaf 4.3 zijn de invoerwaarden voor het model besproken, in dit hoofdstuk is een aantal afwijkingen toegelicht. Afzonderlijk van deze invoerwaarden heeft de stochastentool een eigen invoer. Deze is hieronder verder toegelicht.

IJsselpeilen

In de stochastentool wordt de IJssel ingevoerd als laag en hoog, dit om ervoor te zorgen dat de juiste kans wordt bepaald bij een afvoer van eens in de tien jaar. De kans dat de IJssel een waterstand boven de 5.5 m NAP heeft verschilt per seizoen. Om te bepalen welke kans hierbij hoort zijn 162 jaar aan IJsselstanden vergeleken. In tabel 5.1 zijn de uitkomsten en kansen (in percentages) weergegeven. Hoog betekent een IJsselstand boven de 5.5 m NAP en laag onder de 5.5 m NAP.

Winter	Hoog	Laag	Totaal
%	9.4	90.6	100
Aantal	5571	53599	59170

Zomer	Hoog	Laag	Totaal
%	1.8	98.2	100
Aantal	1061	58109	59170

Tabel 5.1 IJsselpeilen als kans

Grondwaterstanden

De invoer van de grondwaterstanden is aan de hand van de GHG en GLG gebeurd. Om de kans van voorkomen te bepalen zijn deze waterstanden vergeleken met grondwaterputten uit het gebied. In bijlage 8.6 zijn de locaties te zien van de gebruikte grondwaterputten. Uit deze grondwaterputten is het voorkomen van de GLG in de zomer en de GHG in de winter bepaald. Hieraan is daarna een kans gekoppeld. De overige kans is toegekend aan de GG (het gemiddelde van de GHG en de GLG). In tabel 5.2 staat de kans van de GLG en GHG en in bijlage 8.11 is de berekening opgenomen.

Winter	GHG	Overige
%	10.1	89.9

Zomer	GLG	Overige
%	64	36

Tabel 5.2 Grondwaterstanden als kans

Begroeiing

Voor begroeiing zijn dezelfde waarden aangehouden als voor de kalibratie. In de zomer 20 Chezy en in de winter 40 Chezy.

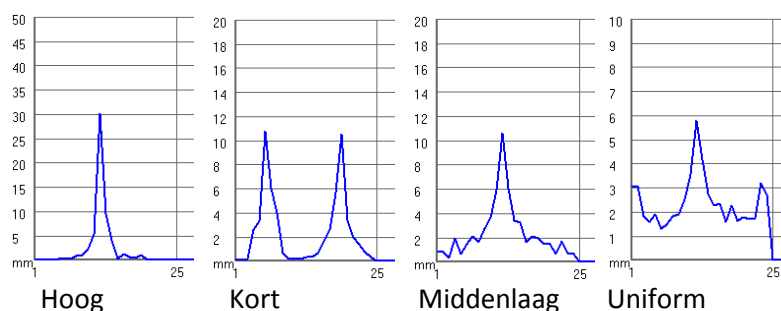
Klimaat

Een klimaatscenario is gebruikt voor het bepalen van de inundatiegebieden met bijbehorende herhalingstijden. Dit is het warme (W) scenario, naast het huidige klimaat. De Stochastentool vormt de buien van de huidige situatie om tot buien die passen bij de klimaatverandering in 2050 voor W. Hier is een bepaalde factor aan gebonden met de bijbehorende kans. Het KNMI en de schattingen voor 2050 liggen hieraan ten grondslag.

Stochasten

Hieronder volgen de stochasten die zijn toegepast bij deze studie. Waarbij 1008 gebeurtenissen zijn doorgerekend.

- **(7)** De gekozen herhalingstijden zijn, 0.1, 0.5, 2, 10, 25, 100 en 500;
- **(4)** De gekozen buipatronen zijn hoog, kort, middenlaag en uniform;



- **(2)** Bui duren 24-en 96 uur zijn bepalend voor de Dommerbeek. Het stroomgebied de Dommerbeek is een middelgroot stroomgebied waardoor grotere duren zijn weggelaten (expert judgement);
- **(2)** De IJssel is opgenomen als laag (3 m NAP) en hoog (6 m NAP);
- **(4)** Er is onderscheid gemaakt tussen de zomer en winter grondwaterstanden. Voor de zomer is de GLG en GG gebruikt en voor de winter de GHG en GG.
- **(2)** Een andere klimaatverandering wordt doorgerekend naast het huidige klimaat, het W scenario (een korte toelichting staat in paragraaf 2.2.3);

In SOBEK zijn 8 cases klaargezet. De gemaakte cases zijn in tabel 5.3 te zien.

Case	Seizoen	IJssel	GWS
Case 1	Winter	Laag	GHG
Case 2	Winter	Laag	GG
Case 3	Winter	Hoog	GHG
Case 4	Winter	Hoog	GG
Case 5	Zomer	Laag	GLG
Case 6	Zomer	Laag	GG
Case 7	Zomer	Hoog	GLG
Case 8	Zomer	Hoog	GG

Tabel 5.3 Overzicht cases

5.3 Resultaten stochastanalyse

De resultaten van de stochastentool zijn waterstanden die voorkomen bij de herhalingstijden T=10, 25, 50 en 100. Voor het bepalen van het bergingsgebied wordt bij de resultaten gekeken naar de herhalingstijd van eens in de 10 jaar. Naast de waterstanden met herhalingstijden kan per seizoen en per klimaatscenario gekeken worden welke stochasten nu vooral bepalend waren voor een T=10 waterstand. Deze uitkomsten zijn opgenomen als percentage in tabel 5.4. In bijlage 8.12 staan de combinaties die de stochastentool heeft berekend die zorgen voor een T=10 inundatie.

		Zomer H	Winter H	Zomer W	Winter W
Duur	D24	25%	9%	29%	10%
	D96	75%	91%	71%	90%
Patroon	Uniform	3%	55%	33%	22%
	Kort	25%	12%	10%	19%
	Hoog	60%	17%	44%	10%
	Middel laag	12%	16%	14%	49%
Bui	T=0.1	4%	5%	8%	5%
	T=0.5	2%	21%	1%	8%
	T=2	76%	62%	24%	74%
	T=10	5%	1%	24%	0%
	T=25	5%	0%	8%	3%
	T=100	3%	5%	34%	10%
	T=500	4%	5%	1%	0%
IJssel	Laag	12%	53%	27%	51%
	Hoog	88%	47%	73%	49%
GWS	GG	90%	21%	49%	20%
	GHG	0%	79%	0%	80%
	GLG	10%	0%	51%	0%

Tabel 5.4 Resultaten stochastanalyse T=10

Te concluderen valt dat het stroomgebied van de Dommerbeek vooral gevoelig is voor langdurige buien van 96 uur. Dit komt doordat het stroomgebied een hoge infiltratie capaciteit heeft, waardoor korte buien opgevangen kunnen worden. Het patroon verschilt tussen uniform, hoog en midden laag, dus het patroon heeft geen directe invloed op een T=10 waterstand. Daar in tegen heeft een bui van eens in de twee jaar een hoge kans van voorkomen met de juiste combinaties een T=10 waterstand te creëren. Dit komt hoogst waarschijnlijk doordat een T=2 bui goed te combineren is met de overige stochasten.

Een hoge IJssel heeft de grootste invloed in de zomer en voor de winter is het gelijkmatig verdeeld. De oorzaak hiervoor is dat de kansverdeling van een hoge IJsselstand in de zomer 2% is. De combinatie mogelijkheden zijn hierdoor beperkt, maar als een hoge IJsselstand voorkomt zal deze vaak tot inundatie leiden. Bij de grondwaterstand zijn 4 zwarte vlakken te zien, hiervoor is geen invoer (zie invoerwaarden paragraaf 5.2). Hoge grondwaterstanden zorgen voor inundaties, maar dit is ook wel te verwachten. Alleen in de zomer met het warme klimaatscenario zijn zowel de GG als de GLG gelijkmatig verdeeld.

5.4 Effectenanalyse

Met de resultaten van de stochastanalyse is bepaald op welke stochasten het gebied kritisch reageert. Deze zijn toegepast in de effectenanalyse om de invloeden van de IJssel, begroeiing, afwijking van de legger/bagger en het klimaat te bepalen.

Voor het berekenen van de cases is gebruikt gemaakt van de bui die is gekozen aan de hand van stochastanalyse. De bui eigenschappen zijn: 96 uur, Hoog en T=2. De bui heeft een totaal volume van 60 mm en een piek van 15.9 mm.

Aan de hand van de methode in 2.2.4 is een aantal cases doorgerekend die de effecten van de verschillende onderdelen inzichtelijk moeten maken. Door aanpassingen te doen per case kan het verschil in effect worden bepaald. De effecten zijn uitgedrukt in inundatieoppervlakten (m²). De effectenanalyse laat zien welk onderdeel de grootste invloed heeft op de inundaties.

De resultaten van de effectenanalyse zijn te zien in tabel 5.5.

		Begroeiing	IJssel	Legger/Bagger	Klimaat	Inundatie OPP (m ²)
Zomer	1	10	Laag	100	H	46302
	2	20	Laag	100	H	45961
	3	10	Hoog	100	H	46302
	4	20	Hoog	100	H	45995
	5	10	Laag	80	H	49635
	6	20	Laag	80	H	49153
	7	10	Hoog	80	H	49635
	8	20	Hoog	80	H	49153
	9	10	Laag	100	W	63843
	10	20	Laag	100	W	63613
	11	10	Hoog	100	W	63905
	12	20	Hoog	100	W	63613
	13	10	Laag	80	W	70677
	14	20	Laag	80	W	70011
	15	10	Hoog	80	W	70677
	16	20	Hoog	80	W	70011
Winter	17	40	Laag	100	H	45318
	18	40	Hoog	100	H	45318
	19	40	Laag	80	H	48704
	20	40	Hoog	80	H	48704
	21	40	Laag	100	W	63265
	22	40	Hoog	100	W	63265
	23	40	Laag	80	W	69810
	24	40	Hoog	80	W	69810

Tabel 5.5 Overzicht effectenanalyse

Begroeiing

Als gekeken wordt naar 1,2 en 17 waarbij de begroeiing varieert tussen 10, 20 en 40 Chezy is opmerkelijk dat de inundatieoppervlakten bijna gelijk zijn. Een hoge begroeiing van 10 Chezy verhoogt de waterstanden niet veel, het inundatieoppervlak stijgt met nog geen procent. Het effect is dus niet groot. Dit sluit aan bij de gevoeligheidsanalyse waar de begroeiing geen invloed uitoefende op de waterstanden.

IJssel

De IJssel heeft in de meeste gevallen geen invloed op inundaties, als gekeken wordt naar 17 en 18 is het inundatie oppervlak exact hetzelfde. Dit betekent dat de Dommerbeek in staat is kritische afvoeren zowel onder vrij verval als met de pomp af te voeren. Hierdoor treedt geen extra inundatie op bij een hoge IJsselstand. Dit bevestigt dat het gemaal voldoende water kan afvoeren. Bij een bui van T=2.

Legger/Bagger

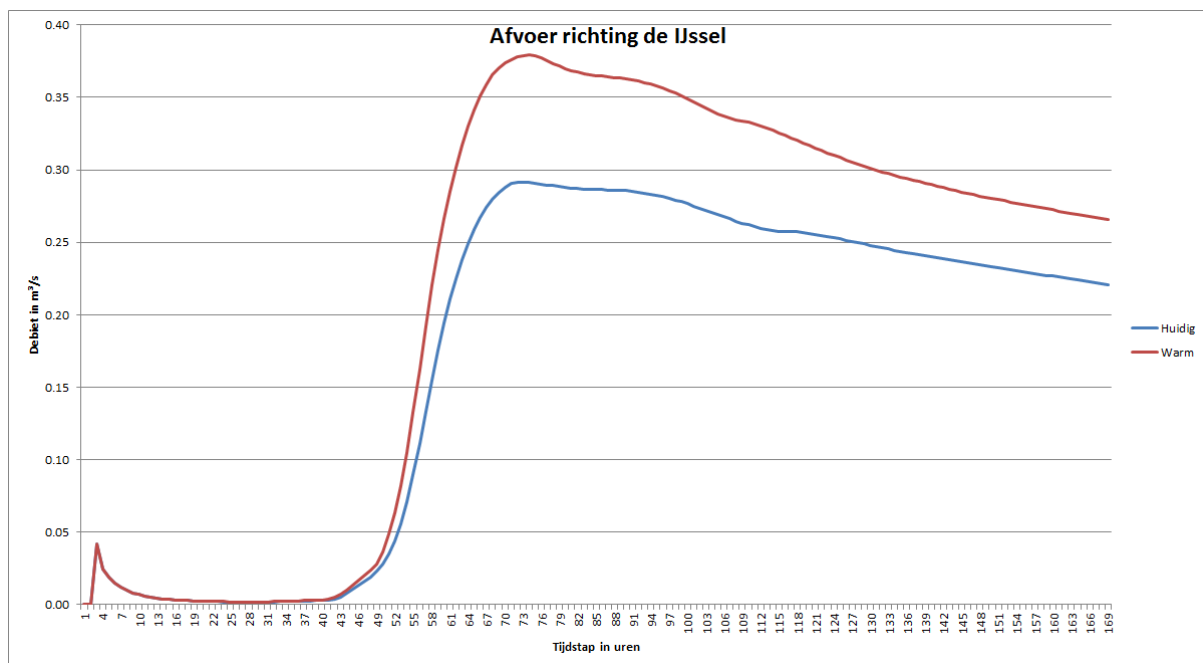
Het effect wordt een stuk groter als je het nat oppervlak van de watergang verkleind. Als nummer 9 wordt vergeleken met 13 is al snel te zien dat het oppervlak met ongeveer 7.000 m^2 toeneemt. Als de legger daadwerkelijk afwijkt van de werkelijkheid of een sliblaag in de Dommerbeek ligt, zou dit een belangrijk punt zijn om nader te onderzoeken.

Klimaat

Ook al is het niet mogelijk iets te doen aan de klimaatverandering is het toch belangrijk te weten wat het effect is ervan. Zonder enige twijfel heeft het klimaat volgens de tabel de grootste invloed op inundaties. Waarbij het inunderen oppervlak van nummer 17 in de huidige situatie slechts 45.318 m^2 is, wordt het bij nummer 21 een hoeveelheid van 63.265 m^2 . Dit verschil is volgens de effectenanalyse het grootst en heeft te maken met de toename in het volume van de buien die vallen in 2050.

Afvoer richting de IJssel

In de uitgangspunten staat vermeld dat de afvoer richting de IJssel niet mag toenemen in de toekomst (2050). Om na te gaan of dit gebeurt zijn van case 2 en 10 de debieten tegen elkaar uitgezet dit is te zien in grafiek 5.6. Hieruit blijkt dat de afvoer richting de IJssel toeneemt met ongeveer $0.09 \text{ m}^3/\text{s}$ bij de piek.



Grafiek 5.6 Afvoer richting de IJssel in debieten

6 Inundatiebepaling en bergingsgebied

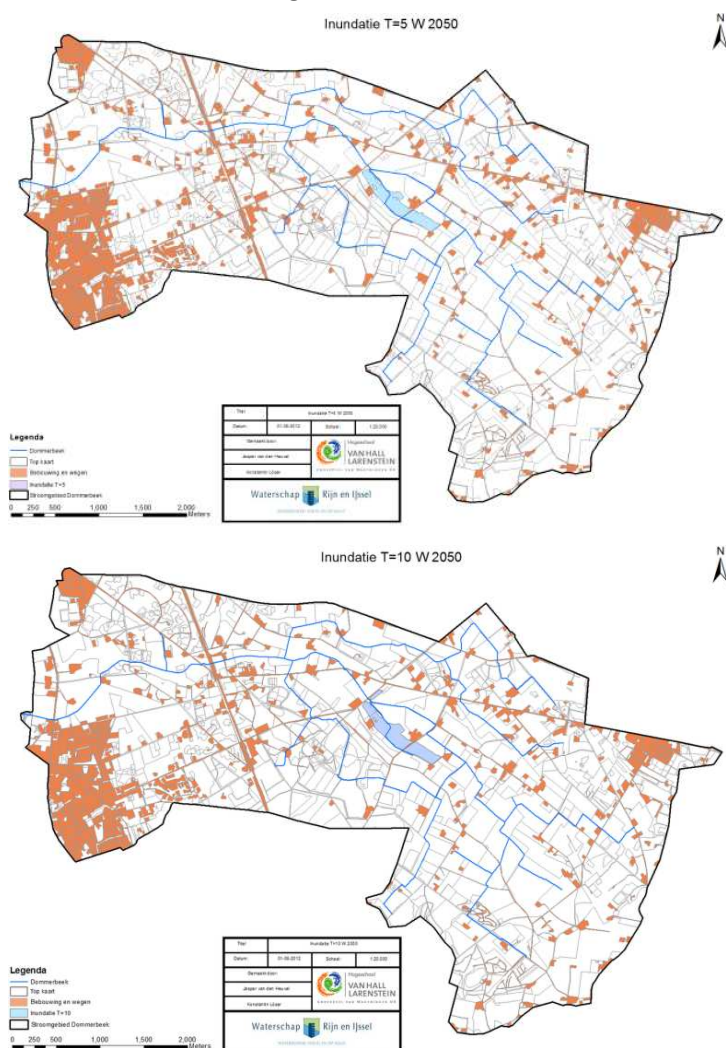
Met de resultaten van de stochastische analyse zijn de locatie en de grootte van het inundatieoppervlak bepaald met ArcGIS. Deze inundaties zijn bepaald voor de T=5, T=10, T=25, T=50 en T=100. Na deze bepaling is het bergingsgebied begrensd op de piekafvoer T=10 volgens de normering van de verordening waterhuishouding. De betrouwbaarheid en de onnauwkeurigheid van de gehanteerde methode en resultaten zijn beschreven in de laatste paragraaf in dit hoofdstuk.

6.1 Inundatiebepaling

De inundatie bepaling is uitgevoerd door de hoogste waterstanden te interpoleren naar afwateringseenheden en daarna de waterstand te vergelijken met de hoogte van het maaiveld. Waar de waterstand het maaiveld overschrijdt treedt inundatie op, zie methoden 2.2.5. De inundatie bepaling is uitgevoerd voor het huidige klimaat (H) maar ook voor het toekomstige warme klimaatscenario (W).

Zoals in de probleemstelling staat vermeld, gaat het waterschap ervan uit dat inundaties kunnen optreden bij T=5 en grotere piekafvoeren. Met H en W treden inundaties op tijdens T=5 en T=10 piekafvoeren. Het W scenario geeft de hoogste waterstanden tijdens deze en grotere piekafvoer situaties.

Van de inundatie T=5 en T=10 met het W scenario zijn kaarten gemaakt die staan in figuur 6.1. Deze kaarten staan in het groot in de bijlagen 8.13 en 8.14. De kaarten tonen dat de inundatie op twee locaties in het stroomgebied voorkomen.



Figuur 6.1 Inundatie T=5 en T=10

De eerste locatie is een inundatie bij zowel de T=5 als de T=10 piekafvoer. Deze locatie is in dit rapport vermeld als hertenboer, doordat de eigenaar een hertenboerderij heeft op de locatie. De tweede locatie is een inundatie in 'buitendijks' gebied, die naast de IJssel is gelegen. Dit gebied is een uiterwaarde van de IJssel en is daardoor niet aan te merken als een inundatie. De waterstanden die daar optreden komen per jaar regelmatig voor als de IJssel een hoger peil heeft. In figuur 6.2 staat een luchtfoto van de hertenboer en van de uiterwaarde.



Figuur 6.2 Luchtfoto hertenboer en uiterwaarde “Bing maps”

Naast de gevraagde T=5 en T=10 inundaties, zijn voor piekafvoeren T=25, 50 en 100 de inundatieoppervlakten bepaald met aanvulling van -10 cm en +10 cm voor de T=10 warm en worden verder toegelicht in paragraaf 6.3. Deze oppervlakten in m² zijn in tabel 6.3 uiteengezet. In deze tabel staat ook het oppervlak dat is begrenst voor het bergingsgebied, dit wordt verder toegelicht in paragraaf 6.2. Het verschil in toename tussen T=5 warm en T=5 huidig het grootst, dit kan komen doordat een aansluiting wordt gevormd tussen het inundatieoppervlak en de beek. Hierdoor wordt deze wel meegerekend als inundatie bij het warme scenario, maar niet bij het huidige. Als wordt gekeken naar de herhalingstijden is het verschil tussen T=5 huidig en T=100 het grootste. Dit is niet geheel onverwacht, want de stijging in inundatieoppervlak wordt steeds minder als de herhalingstijden groter worden. Vaak inunderen dezelfde oppervlakten en de stijging neemt dan weinig toe.

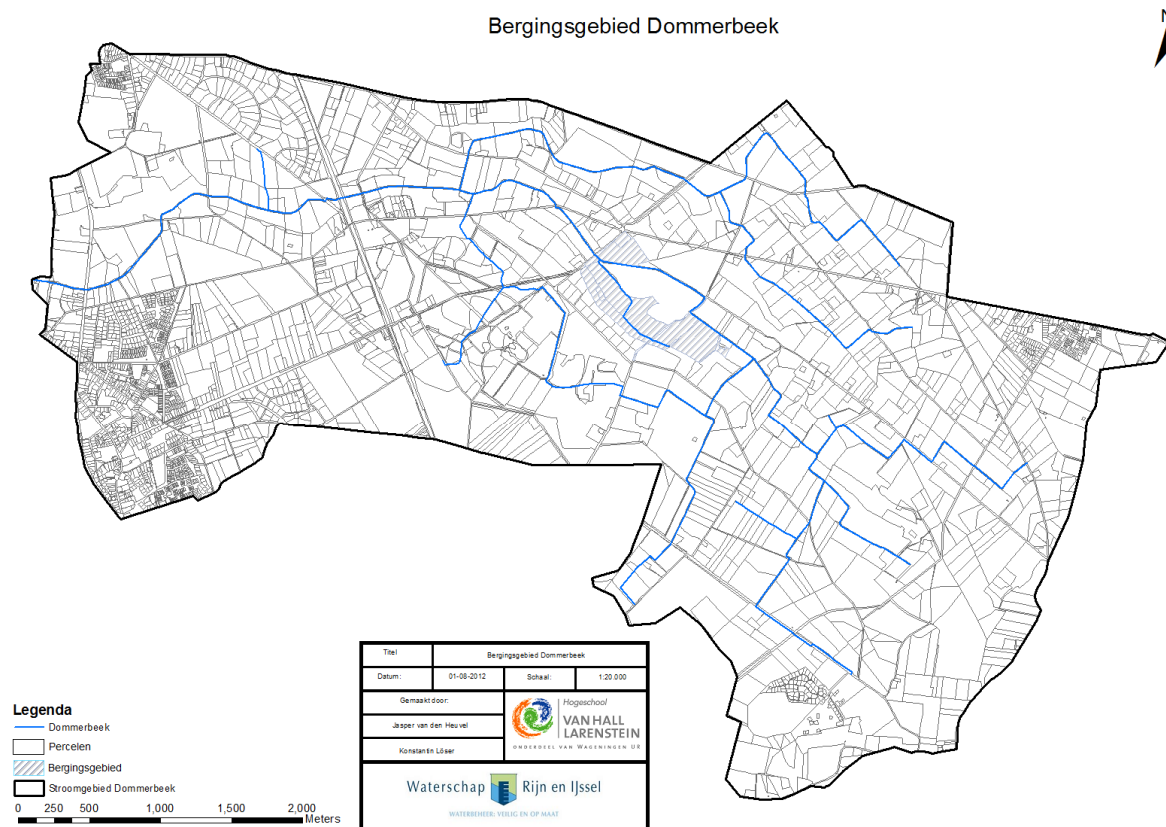
	-10 cm	Huidig	Warm	+10 cm
T=5		128736	140992	
T=10	146698	150209	157632	164034
T=25		151014	160582	
T=50		161759	162825	
T=100		161800	164046	
Bergingsgebied			293170	

Tabel 6.3 Inundatieoppervlakten

6.2 Bergingsgebied

Het bergingsgebied moet op de grootste inundatie tijdens T=10 piekafvoer worden bepaald. Daarvoor is de inundatie met het W scenario gebruikt en ingekaderd op perceelniveau. Voor de inkadering moet aan de normen getoetst worden, omdat niet alle percelen waar inundatie optreedt de normen worden overschreden. Op natuurgrond is inundatie toegestaan en voor het overige landgebruik mag 5% per tien jaar inunderen.

In figuur 6.4 staat de kaart met het bergingsgebied weergegeven. Deze is terug te vinden op A2 formaat in bijlage 8.15.



Figuur 6.4 Bergingsgebied Dommerbeek

Het bergingsgebied omsluit de inundaties die optreden nabij de hertenboer en bedraagt een oppervlak van 157.632 m².

De percelen die inunderen staan met het percentage overschrijding in bijlage 8.16 en de berekening hoe dit bepaald is in bijlage 8.16.1. In totaal zijn inundaties opgetreden op 15 percelen waarvan een perceel een openbare weg is. Naast deze percelen zijn buitendijks inundaties opgetreden en inundaties in watergangen, maar deze zijn niet opgenomen in het bergingsgebied.

6.3 Betrouwbaarheid en onnauwkeurigheden

De betrouwbaarheid en onnauwkeurigheden van de berekende kaarten zijn op meerdere manieren getoetst. Dit is uitgevoerd door een veldmedewerker de inundatie kaarten te laten controleren en door een inkadering te maken, met een kleine stijging en daling van de berekende waterstanden.

Een veldmedewerker heeft de inundatie kaarten en de kaart met het bergingsgebied gecontroleerd op 'vreemde' inundaties en de grootte van de optredende inundaties. De veldmedewerker heeft enige jaren ervaring binnen het stroomgebied van de Dommerbeek en heeft de laatste 'grote gebeurtenis' (augustus 2010) persoonlijk meegemaakt. De inundatie oppervlakten zijn als 'plausibel' beoordeeld.

Naast veldkennis is de onnauwkeurigheid getoetst door middel van kleine verhoging- en verlaging van de waterstanden bij piekafvoeren uit te zetten. De verandering in deze waterstanden is 10 cm en dit komt ongeveer overeen met een gemiddelde $T=10$ H tegen een $T=10$ W. Door het inkaderen, kan het effect van een fout inzichtelijk gemaakt worden. In bijlage 8.17 staat de kaart met zowel -10 cm als +10 cm en hier volgen de oppervlakten:

Het oppervlak van W 2050 $T=10$ is:	157.632 m ²
Met 10 cm minder:	146.698m ²
Met 10 cm extra:	164.034m ²

Het verschil in inundatieoppervlak wat door een verhoging en verlaging met 10 cm ontstaat, komt ongeveer overeen met een $T=5$ bij verlaging en bij verhoging komt het oppervlak overeen met een $T=100$. Dit verschil in oppervlak is niet groot waardoor blijkt dat het watersysteem robuust is ingericht.

Doordat inundatiebepalingen met behulp van ArcGIS ruwe resultaten opleveren, zijn oppervlakten van inundaties vaak te groot. Dat komt simpelweg doordat de waterstanden van het maaiveld zijn afgetrokken en hierdoor natte plekken op een kilometer afstand van de beek liggen. Terwijl tussen deze 'inundatie' bijvoorbeeld een hoge rug ligt. In dat geval is het natuurlijk niet mogelijk dat van een inundatie sprake is en deze is daarom verwijderd.

Ondanks de afwijkingen in het model, is het bergingsgebied ruimer begrensd dan nodig is. Hierdoor zal de afwijking van het model niet leiden tot inundatie buiten het bergingsgebied.

7 Conclusie

Als eerste wordt een antwoord gegeven op de hoofdvraag:

Wat is de begrenzing van het bergingsgebied van de Dommerbeek, waarbij rekening is gehouden met piek afvoeren van eens per tien jaar en de klimaatverandering van 2050?

Het bergingsgebied is begrensd op het warme klimaatscenario (2050) op waterstanden die eens per tien jaar optreden ($T=10$). De begrenzing is aan de eisen van de verordening waterhuishouding opgesteld en hieruit volgen 15 percelen die de normering niet behalen. De grootte van de begrenzing is 293.170 m^2 en dit gebied ligt bij de hertenboer (zie linker foto figuur 6.2).

Het waterschap gaat ervan uit dat inundaties optreden bij piekafvoeren van eens in de vijf jaar ($T=5$) en eens per tien jaar. Bij zowel het huidige klimaat als bij het warme klimaatscenario treedt inundatie op. De inundatie van een $T=5$ met het huidige klimaat omvat een grootte van 128.736 m^2 .

Onderzocht is voor welke parameters het model gevoelig is. Het model reageert het meest op de drainage weerstanden in de ondergrond, een lage weerstand zorgt voor een hoge waterstand in de beek. De weerstanden van de kunstwerken, begroeiingsgraad en berging op maaiveld hebben nauwelijks invloed op de waterstand.

De stochastische analyse toont aan dat de stochastische 'duur' vaak leidt tot hoge waterstanden bij piekafvoeren van $T=10$. De langdurige buien van 96 uur zorgen voor de grootste inundaties. Doordat het stroomgebied een hoge infiltratiecapaciteit heeft kunnen korte buien opgevangen worden.

De invloed van de IJssel, begroeiing, klimaatverandering en een afwijking op de legger (bagger en verkleinde watergang) is onderzocht. Klimaatverandering heeft het grootste effect op het inundatieoppervlak. Het effect van de afwijking op de legger heeft de tweede na grootste invloed. De IJssel en begroeiing hebben weinig tot geen effect.

Een toename aan debiet naar de IJssel is berekend met het warme klimaatscenario. De oorzaak van deze toename is een groter buivolume als gevolg van klimaatverandering.

7.1 Discussie

Het bergingsgebied is begrensd op gehele percelen, dit is geëist vanuit de verordening. Door deze werkwijze valt het begrensde gebied groter uit dan de werkelijk opgetreden inundaties. Daarnaast zijn inundaties die buiten de dijken optreden niet opgenomen in de begrenzing, evenals onlogische inundaties.

Volgens de gestelde criteria zijn de kalibratie en validatie niet behaald. Dit komt doordat sommige onderdelen van het watersysteem met de hand worden bediend. Hierdoor valt de som van de berekende debieten hoger uit. Verder komt het model later op gang dan zou moeten, dit komt waarschijnlijk door de invoer van de initiële grondwaterstanden. Een opstart periode voorafgaand aan de te berekenen periode zou dit kunnen verhelpen.

Voor inundatie bepalingen is een piek bui gewenst, deze was niet aanwezig in de gemeten reeks. Hierdoor kon het model niet gekalibreerd worden op een extreme gebeurtenis.

Het NBW adviseert het G scenario te gebruiken bij inundatiebepalingen, hiervan is afgeweken omdat met het warme scenario grotere inundaties worden berekend en dit meer inzicht geeft.

Klimaatverandering is een onzeker uitgangspunt, er is geen inzicht in verandering van luchtstroming binnen Europa. Het is mogelijk dat in 2013 het KNMI nieuw advies uitdeelt over klimaatveranderingen, dat kan effect hebben op het inundatiegebied van de Dommerbeek.

Het resultaat van de stochastanalyse heeft ertoe geleid dat een T=2 bui is gebruikt voor de effectenanalyse. Een grotere belasting op het stroomgebied kan tot andere resultaten leiden. De IJssel en de begroeiing kunnen een grotere invloed hebben op de waterstanden in de Dommerbeek, dan is berekend met de T=2 bui.

In het rapport van HKV (regionale wateroverlast augustus 2010) staat dat bij piekafvoeren de inundatie groter is bij veel begroeiing. Uit de gevoeligheid en effectenanalyse blijkt dat een hoge begroeiing bijna geen invloed heeft. De oorzaak hiervan kan liggen in het gebruik van een te kleine bui.

Als de stochasten onderling afhankelijk verklaard worden is het niet mogelijk de stochasten te combineren. In dit onderzoek zijn de stochasten onafhankelijk verklaard omdat alle invoerwaarden bij het starten van de berekeningen initiële waarden zijn en geen relatie bestaat tussen de verschillende stochasten.

Afwijkingen op het plan van aanpak zijn los opgenomen.

7.2 Aanbevelingen

Het verschil in de aanpak van toetsing tussen de verordening en de STOWA kan leiden tot een verschil in de berekende waterstanden en het berekende inundatieoppervlak. Het wordt aanbevolen dit verschil te onderzoeken, omdat in deze studie het verschil niet is onderzocht.

De inundaties treden op bij de hertenboer de waterstanden die hier optreden zijn soms een meter hoger dan van de omliggende watergangen. Vanaf de hertenboer loopt een smalle duiker naar de hoofdwatgang van de Dommerbeek, dit zou een knelpunt kunnen zijn. Dit is niet onderzocht in deze studie.

De effectenanalyse geeft aan dat een afwijking in de legger een grote invloed kan hebben op het inundatiegebied. Hiervoor wordt geadviseerd om de hoeveelheid aan bagger in de gaten te houden.

Uit het onderzoek blijkt dat de afvoer naar de IJssel toeneemt bij een warm klimaatscenario in 2050. Aanbevolen wordt te onderzoeken of deze stijging in volume geborgen kan worden binnen het stroomgebied van de Dommerbeek zodat de afvoer naar de IJssel niet toeneemt.

Tot slot wordt aanbevolen om hoogwaterevenementen te monitoren. Deze evenementen kunnen in de toekomst gebruikt worden bij soortgelijke studies.

Bronnen

Literatuur

Bakel P.J.T. van, e.a (2005), *Op zoek naar de 'ware' neerslag en verdamping*, Alterra-rapport 1158
Houten G.J. van den (2003), *De Buursebeek, terug naar vroeger*, Afstudeerrapport K150-717
KNMI (2011), *Jaaroverzicht neerslag en verdamping in Nederland*
Richtlijn Hydrologische modellering oppervlaktewater van het waterschap Rijn & IJssel
STOWA (2011) / Unie van Waterschappen (2007), *Standaard werkwijze voor de toetsing van watersystemen aan de normen voor Regionale wateroverlast*, 9W7992
STOWA report 99-05, *Good Modelling Practice Handbook*

Internet

Alterra / Wageningen UR, BIS Nederland, Dé bron voor bodeminformatie
<http://www.bodemdata.nl/> (maart 2012)
Gemeente Deventer
[www.deventer.nl/, Tussen_Deventer_en_Epse.pdf](http://www.deventer.nl/Tussen_Deventer_en_Epse.pdf) (februari 2012)
Gemeente Lochem, ruimtelijk bestemmingsplan Lochem
[http://ruimtelijkeplannen.lochem.nl/, t_NL.IMRO.0262.buBuitengebied2010-BP31_index.pdf](http://ruimtelijkeplannen.lochem.nl/t_NL.IMRO.0262.buBuitengebied2010-BP31_index.pdf)
HKV, Maaien of niet en Evaluatie regionale wateroverlast augustus 2010
[www.hkv.nl/, Maaien_of_niet_FHu.pdf](http://www.hkv.nl/Maaien_of_niet_FHu.pdf) (2007)
[www.hkv.nl/, Eindrapport Evaluatie Wateroverlast.pdf](http://www.hkv.nl/Eindrapport_Evaluatie_Wateroverlast.pdf) (2010)
Wilgert Veldman in opdracht van het waterschap Veluwe Maaien of niet (Effect van de flora- en fauna wet op het peilbeheer)
[http://essay.utwente.nl/, Scriptie_Veldman.pdf](http://essay.utwente.nl/Scriptie_Veldman.pdf)
J.C. Bossenbroek, Statistiek vóóraf of statistiek achteraf?
[http://edepot.wur.nl/116436, statistiekvoorachteraf.pdf](http://edepot.wur.nl/116436_statistiekvoorachteraf.pdf) (april 2012)
KNMI (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut), Ministerie van Infrastructuur en Milieu
<http://knmi.nl/> (februari 2012)
Milieu advies winkel (MAW)
<http://www.milieuadvieswinkel.be/index.php/02.01.02.05.05.07> (juni 2012)
Online encyclopedie
<http://www.encyclo.nl/> (mei 2012)
Rijksoverheid, Nationaal Bestuursakkoord Water en NBW-actueel
[http://www.helpdeskwater.nl/, nationaal_bestuursakkoord_water.pdf](http://www.helpdeskwater.nl/nationaal_bestuursakkoord_water.pdf), *nbw-actueeldefinitief2506200.pdf* (februari 2012)
Rijkswaterstaat
<http://www.rijkswaterstaat.nl/> (februari 2012)
Roy van Beek, Reliëf in Tijd en Ruimte
[http://edepot.wur.nl/14401/, edepotlink_t4b027c21_001.pdf](http://edepot.wur.nl/14401_edepotlink_t4b027c21_001.pdf) (februari 2012)
Royal Haskoning, Inrichtingsplan zoetwatervoorziening Voorne
[http://www.zuid-holland.nl/, 01a_Inrichtingsplan_zoetwatervoorziening_Voorne_hoofdrapport.pdf](http://www.zuid-holland.nl/01a_Inrichtingsplan_zoetwatervoorziening_Voorne_hoofdrapport.pdf) (april 2012)
Siebe Bosch, Hydroconsult
<http://www.hydroconsult.nl/> (februari 2012)
team WatWasWaar, Historische kaarten en gegevens van Nederland
<http://www.watwaswaar.nl/> (februari 2012)
TNO, Data en Informatie van Nederlandse Ondergrond (DINO)
<http://www.dinoloket.nl/> (februari 2012)
Visstandbeheercommissie
http://www.visstandbeheercommissie.nl/vbc_s/36/rijn-en-ijssel/ (april 2012)
Waterschap Rijn & IJssel
[www.wrij.nl/, Rapport_Definitief_KRW_Bemonstering_2007.pdf](http://www.wrij.nl/Rapport_Definitief_KRW_Bemonstering_2007.pdf) (februari 2012)

Waterschap intern (database en archief)

Provincie Gelderland (21 december 2009), Waterverordening Waterschap Rijn & IJssel (Verordening Waterhuishouding)

Waterverordening_waterschap_Rijn_en_IJssel.pdf

WRIJ (mei 2010), Veldgids beheer en onderhoud

Veldgidsbeheerenonderhoud-632808.pdf

WRIJ (2012), Gegevenswoordenboek

Gegevenswoordenboek IRIS Watis Versie 1.0 (januari 2012).pdf

WRIJ (2012), Amigo

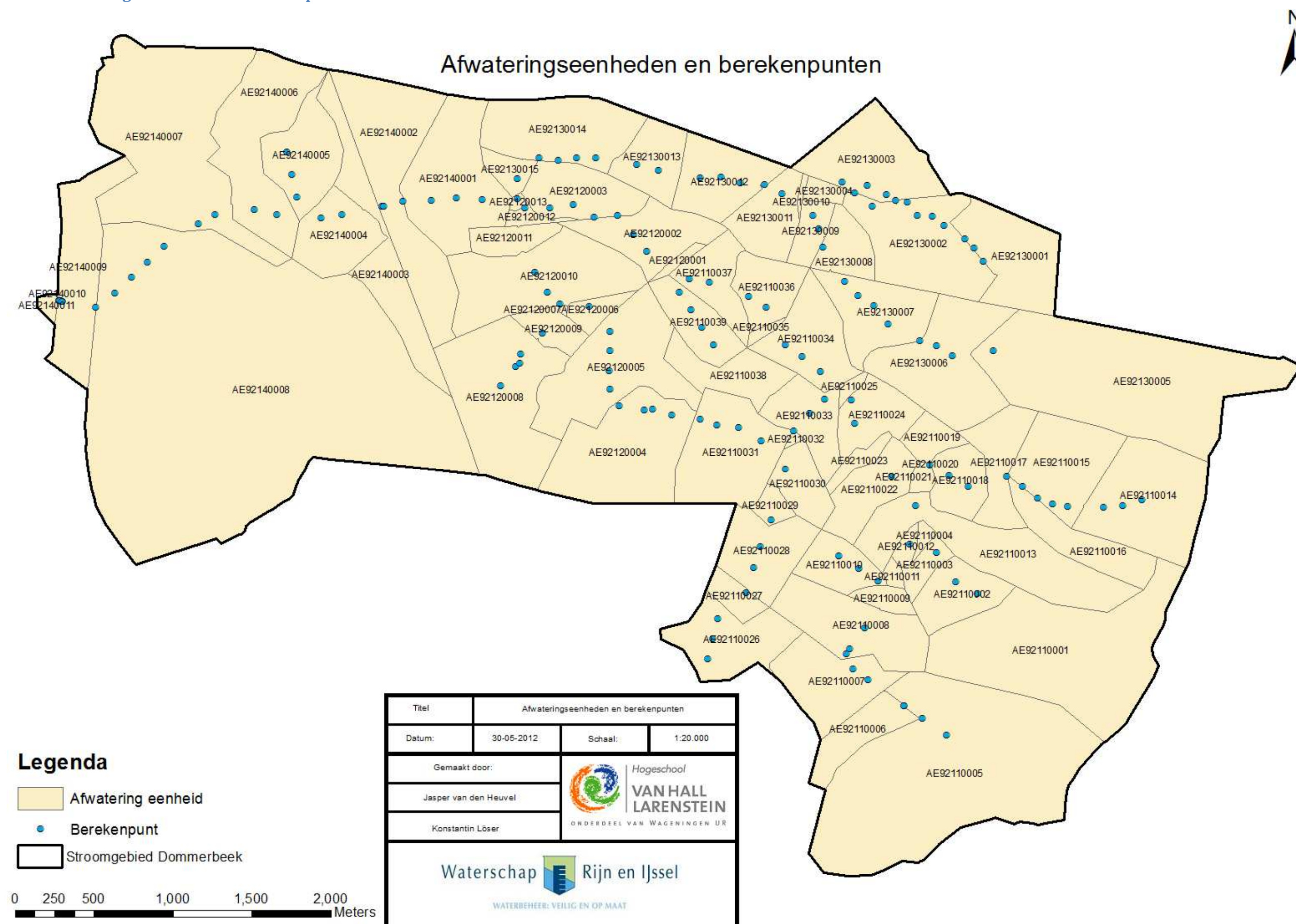
Grondwaterstanden voor zowel de GHG als GLG Versie 12 (1996-2004) ArcGIS

8 Bijlagen

8.1 Stochasten tegen tijdreeks

Aspecten	Stochasten	Tijdreeks
Omgang met niet-lineariteiten (inundatie, maalstop, afwatering buitenwater)	Goed	Matig, wel afhankelijk van lengte tijdreeks of knippunten worden geïdentificeerd
Meenemen van andere faalmechanismen dan neerslag-afvoer	Goed	Redelijk, afhankelijk of mechanismen zich in reken-periode hebben voorgedaan
Onderlinge afhankelijkheden tussen wateroverlastbepalende aspecten	Redelijk, afhankelijkheden kunnen worden meegenomen, mits voldoende gegevens	Goed
Extrapolatie statistiek	Redelijk, vooraf	Matig, achteraf: bij niet-lineariteiten grote afwijkingen
Begingrondwaterstand als wateroverlastbepalende factor	Goed, wel opletten bij geaggregeerde modellen	Goed, mits modellen jaarrond rekenen
Communiceerbaarheid	Redelijk	Goed
Consistentie met aanverwante dossiers	Goed, idem als waterkering	Redelijk
Bewerkelijkheid	Redelijk	Goed

8.2 Afwateringseenheden en berekenpunten



8.3 Foto's gebiedsbezoek Dommerbeek



Foto 1 Gemaal Dommerbeek (met stuw)



Foto 2 het Rode Hert (stuw)



Foto 3 Stenenbrug (spoor)



Foto 4 Eco-duiker Deventerweg (N348)

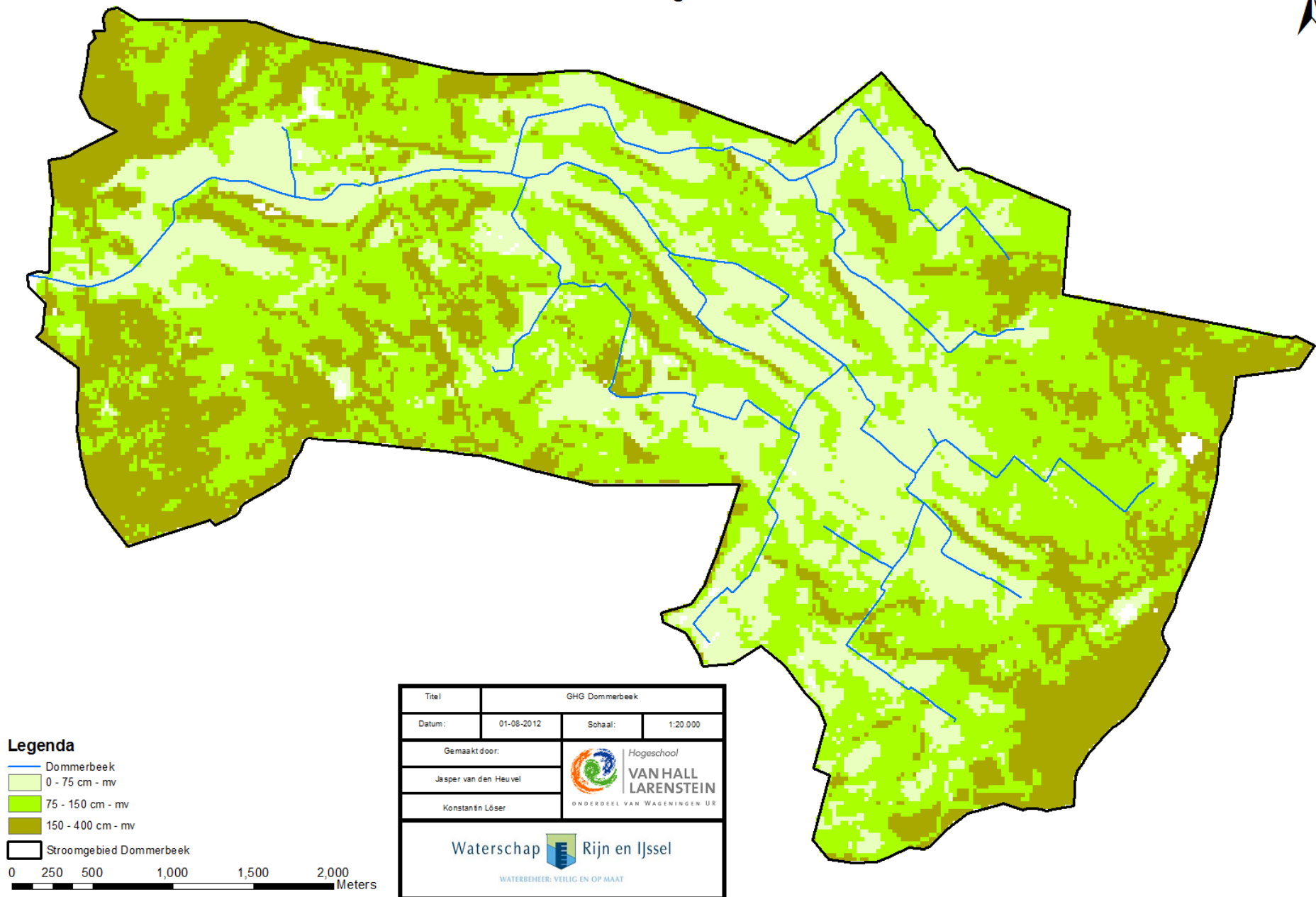


Foto 5 Uitstroom Dommerbeek in de IJssel

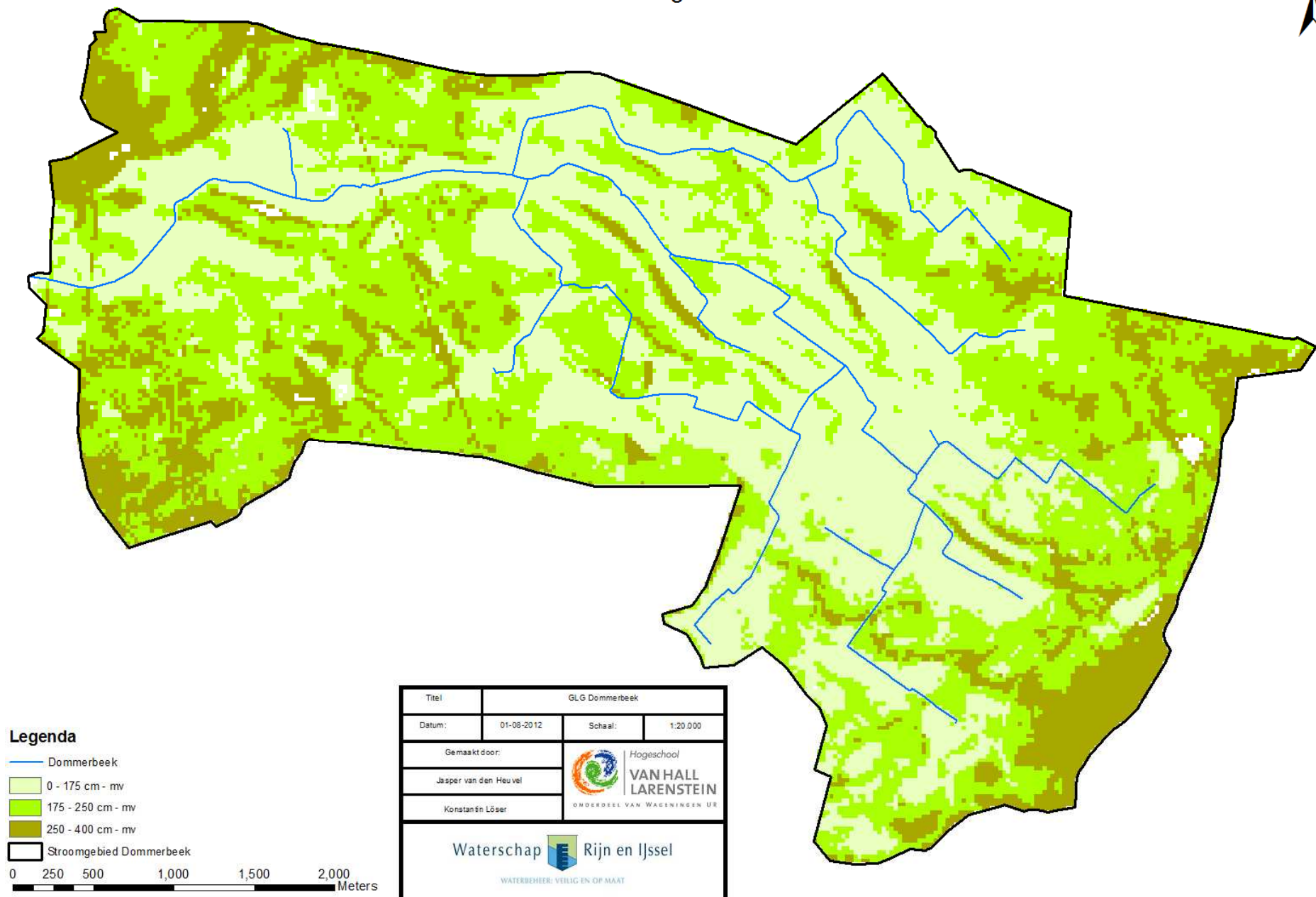


Foto 6 Pool langs de Dommerbeek

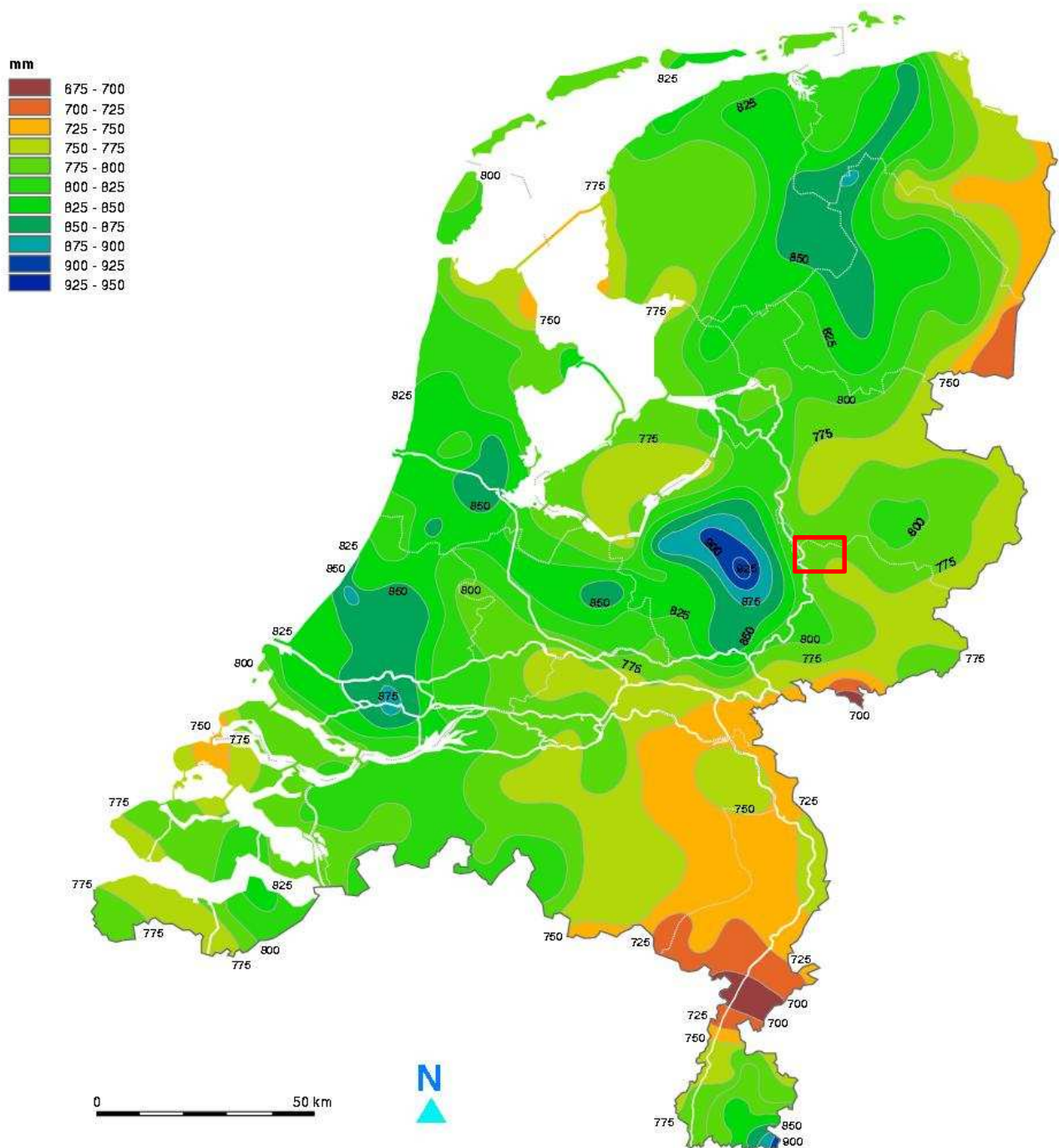
Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand



Gemiddeld Laagste Grondwaterstand

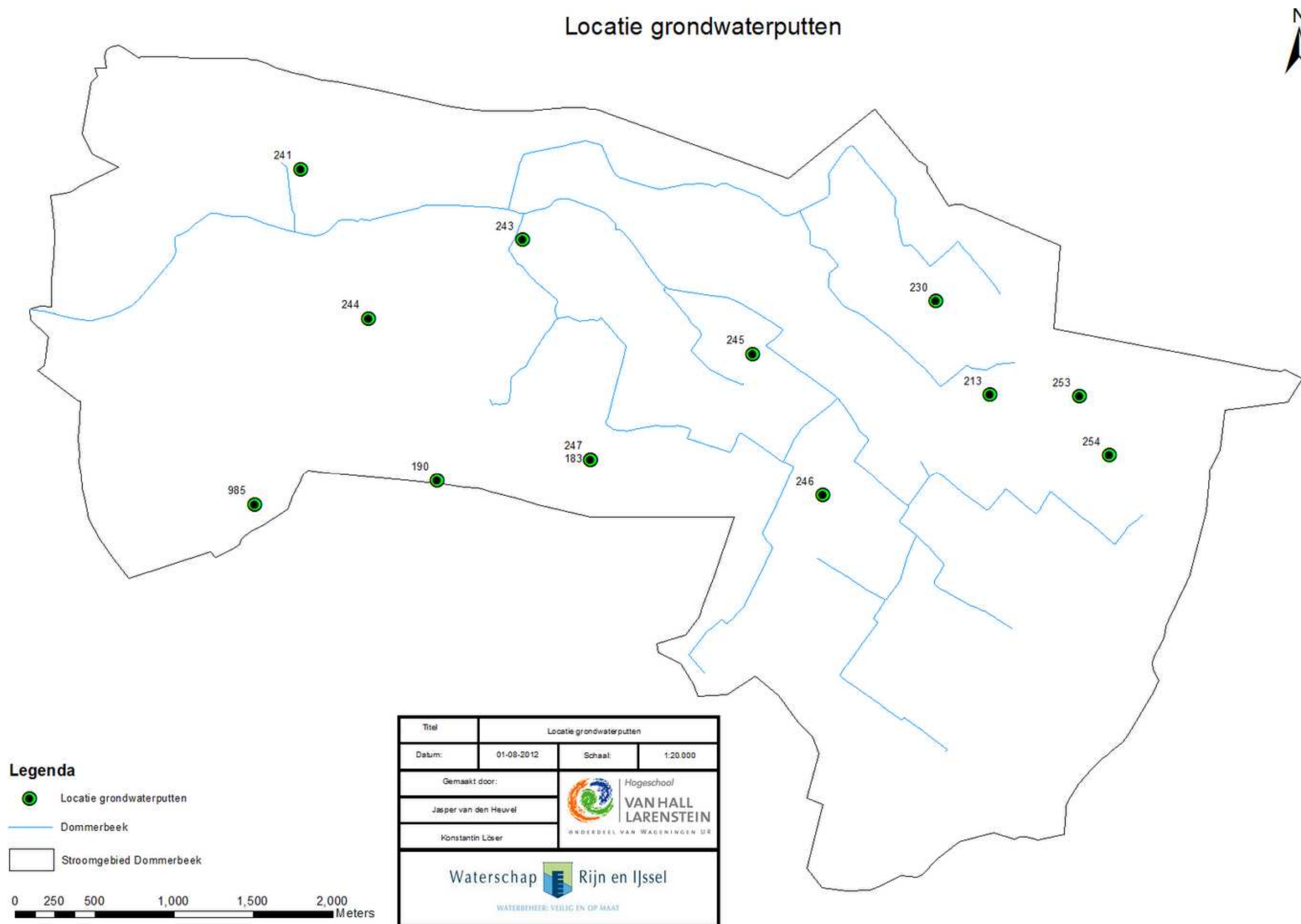


8.5 Jaarlijkse neerslag in millimeters



Het rode vierkant in de figuur is het stroomgebied van de Dommerbeek. De jaarlijkse neerslag komt overeen met ongeveer 775 mm/jaar.

8.6 Locatie grondwaterputten



8.7 Waterbalans

Stroomgebied	Dommerbeek	Percentage	Regge en Dinkel	Percentage	Buurserbeek	Percentage	Elsbeek	Percentage	Groenlosche Slinge	Percentage
Periode	2011		1996-2000		1992-1998		1992-1996		97-2003	
Afwatering	Vrijverval		Vrijverval		Vrijverval		Vrijverval		Vrij verval	
Gemaal	v		x		x		x		x	
Terugslagkleppen	v		x		x		x		v	

Opp totaal (m²)	21.870.000		1.346.200.000		38.000.000		20.990.000		188.000.000	
Opp verh (m²)	3.470.000		189.814.200		0		0		13.724.000	
Opp openwater (m²)	50.647		14.808.200		0		0		11.280.000	
Opp kwel (m²)	729.000		0		0		0		0	
Opp bos/groen (m²)	0		238.277.400		0		0		15.604.000	

Neerslag (m)	0,8353		0,864		0,88		0,854		0,8871	
Kwel(m)	0,2		0		0		0		0	
Dagen kwel	9		0		0		0		0	
Wegzijging (m)	0,2		0,03		0,171		0,034		0,0265	
Verdamping (m)	0,5793	69%	0,5332	62%	0,494	56%	0,5332	62%	0,4546	51%
Verdamping open water(m)	2,555		0		0		0		0	

Neerslag	14.760.586	99%	1163116800	98%	33440000	100%	17925460	98%	166774800	100%
Kwel	145.800	1%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Instroom	0		28270200	2%	0	0%	440790	2%	274480	0,2%
Totaal	14.906.386		1191387000		33440000		18366250		167049280	

Wegzijging	1.130.944	8%	40.386.000	3%	6.498.000	19%	713.660	4%	0	0%
Verdamping	10.659.120	79%	709.898.108	60%	18.772.000	56%	11.191.868	60%	0	0%
Verdamping openwater	129.403	1%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Verdamping totaal	10.788.523	80%	709.898.108	60%	18.772.000	56%	11.191.868	60%	85.464.800	52%
Uitstroom (vrijverval)	1.185.322	9%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Uitstroom (gemaal)	388.800	3%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Uitstroom totaal	1.574.122	12%	433.207.160	37%	8.200.000	24%	6.754.582	36%	80.088.000	48%
Totaal	13.493.589		1.183.491.268		33.470.000		18.660.110		165.552.800	

Volume verschil	1.412.798		7.895.732		-30.000		-293.860		1.496.480	
Vershil gws (m)	0,0646		0,0059		-0,0008		-0,0140		0,0080	

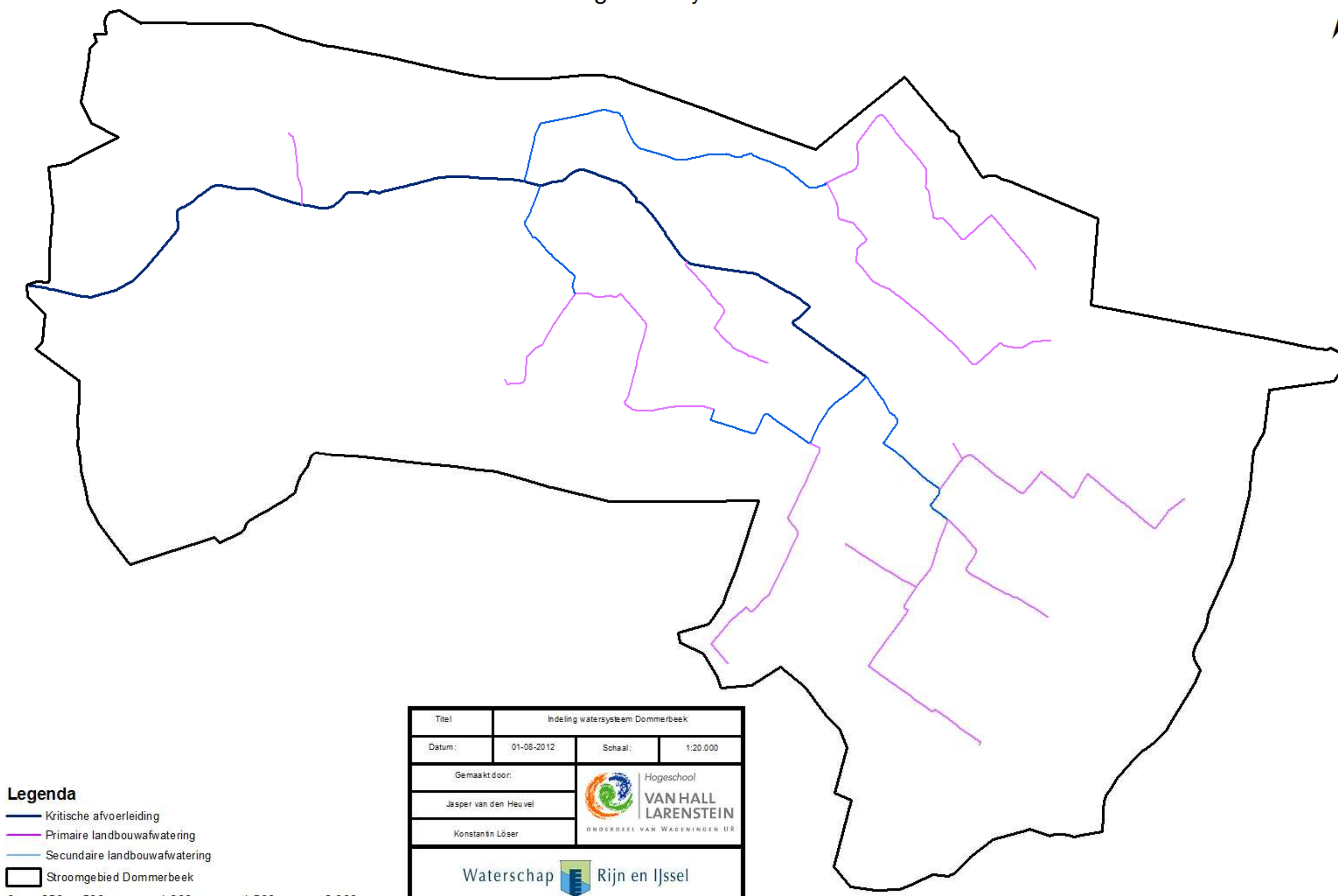
8.7.1 Bereking GWS stijging

[illegible]

De gemiddelde grondwaterstijging is bepaald aan de hand van de bovenstaande pijlbuizen. Alle veranderingen zijn per jaar uitgerekend en uiteindelijk gemiddeld. De gemiddelde grondwaterstijging over 6 jaar bij deze grondwaterputten is 6.4 cm.

8.8 Maaibeheer Dommerbeek

Indeling watersysteem Dommerbeek



Legenda

- Kritische afvoerleiding
- Primaire landbouwfwatering
- Secundaire landbouwfwatering
- Stroomgebied Dommerbeek

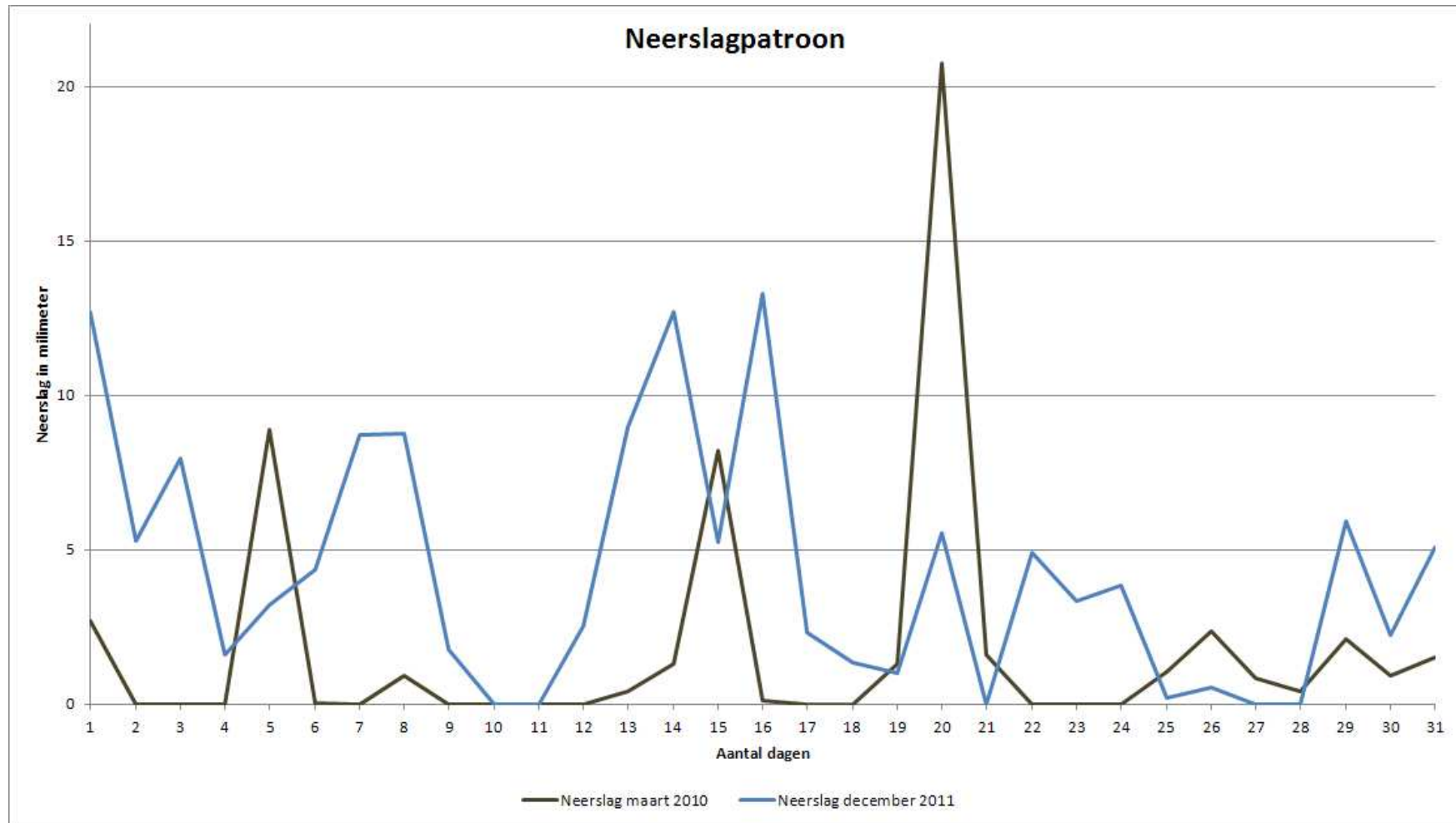
0 250 500 1,000 1,500 2,000 Meters

Titel		Indeling watersysteem Dommerbeek	
Datum:	01-08-2012	Schaal:	1:20.000
Gemaakt door:		 Hogeschool VAN HALL LARENSTEIN ONDERDEEL VAN WAGENINGEN UR	
Jasper van den Heuvel			
Konstantin Löser			

Waterschap  Rijn en IJssel

WATERBEHEER: VEILIG EN OP MAAT

8.9 Neerslag kalibratie en validatie



8.10 Overzicht eigenschappen afwateringseenheden

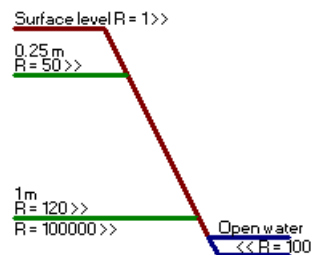
ID	Oppervlak gras (m²)	Oppervlak bos (m²)	Surface level (m NAP)	Ernst	Infiltratie	Berging op maaiveld	Initiële GWS	Grondwater dikte	Bodemtype
UP_AE92140011	16705	0	6.27	8	36	5mm	0.51	1	8
UP_AE92140008	1027715	685143	7.83	1	360	5mm	1.68	1	1
UP_AE92140007	381361	381361	7.51	9	360	5mm	1.81	1	9
UP_AE92140006	92491	277474	7.5	9	360	5mm	1.59	1	9
UP_AE92140005	82316	82316	7.08	9	360	5mm	1.02	1	9
UP_AE92140003	91097	182194	7.84	9	360	5mm	1.60	1	9
UP_AE92140002	108554	379940	7.93	9	360	5mm	1.61	1	9
UP_AE92140001	216723	173378	7.83	9	360	5mm	1.46	1	9
UP_AE92130015	59445	0	7.32	5	360	5mm	0.92	1	5
UP_AE92130014	295175	73794	7.55	5	240	5mm	1.03	1	5
UP_AE92120003	215455	0	7.58	5	240	5mm	0.99	1	5
UP_AE92120011	17754	71017	7.68	5	240	5mm	1.11	1	5
UP_AE92120010	209982	209982	8.14	5	360	5mm	1.38	1	5
UP_AE92120009	24827	57929	8.03	1	240	5mm	1.16	1	1
UP_AE92120008	112082	392288	8.35	1	360	5mm	1.50	1	1
UP_AE92120006	10848	43392	8.37	5	240	5mm	1.43	1	5
UP_AE92120007	2731	0	7.9	5	240	5mm	1.09	1	5
UP_AE92120005	191106	286660	8.49	5	360	5mm	1.40	1	5
UP_AE92120004	349453	149766	8.52	9	360	5mm	1.28	0.5	9
UP_AE92110031	324278	57226	8.55	9	240	5mm	1.05	1	9
UP_AE92110030	129651	0	8.62	5	360	5mm	0.85	0.5	5
UP_AE92110033	182176	0	8.55	5	36	5mm	0.91	0.5	5
UP_AE92110038	70620	105931	8.43	5	360	5mm	1.06	0.5	5
UP_AE92130013	135873	33968	7.86	1	240	5mm	1.08	1	1
UP_AE92130012	192597	36112	8.15	1	360	5mm	1.19	1	1
UP_AE92130011	126274	36078	8.28	1	360	5mm	1.05	0.5	1
UP_AE92120002	211459	23495	7.99	5	240	5mm	1.03	1	5
UP_AE92120001	18559	0	8.35	5	240	5mm	1.19	1	5
UP_AE92110037	146140	16238	8.28	5	360	5mm	1.04	1	5
UP_AE92110036	138432	15381	8.42	5	360	5mm	1.09	0.5	5
UP_AE92110039	158199	0	8.26	5	240	5mm	1.02	0.5	5
UP_AE92110035	14085	0	8.57	5	240	5mm	1.13	0.5	5
UP_AE92110034	240667	0	8.55	5	240	5mm	1.05	0.5	5
UP_AE92130004	30620	0	8.21	1	360	5mm	0.92	0.5	1
UP_AE92130010	7368	0	8.18	1	360	5mm	1.04	0.5	1
UP_AE92130003	272779	0	8.42	1	360	5mm	1.02	0.5	1
UP_AE92130002	246270	123135	8.98	1	360	5mm	1.25	0.5	1
UP_AE92130008	78153	36071	8.78	1	360	5mm	1.30	0.5	1
UP_AE92130007	237911	0	8.78	1	240	5mm	1.12	0.5	1
UP_AE92130006	393845	0	9.23	1	360	5mm	1.30	0.5	1
UP_AE92130005	791874	263958	10.32	1	360	5mm	1.83	0.5	1
UP_AE92130001	218996	93856	9.45	1	360	5mm	1.48	0.5	1
UP_AE92110025	17861	0	8.62	5	240	5mm	1.02	0.5	5
UP_AE92110024	151458	0	8.64	5	240	5mm	0.87	0.5	5
UP_AE92110029	41958	0	8.76	5	360	5mm	1.02	0.5	5
UP_AE92110028	164821	70637	9.08	1	360	5mm	1.23	0.5	1
UP_AE92110022	188293	0	8.66	5	240	5mm	0.73	0.5	5
UP_AE92110021	24713	0	8.8	1	240	5mm	0.83	0.5	1
UP_AE92110020	227	0	8.78	1	240	5mm	0.83	0.5	1
UP_AE92110019	75033	0	8.86	1	240	5mm	0.86	0.5	1
UP_AE92110023	44230	0	8.44	5	240	5mm	0.64	0.5	5
UP_AE92110004	16983	0	9.14	5	240	5mm	1.02	0.5	5
UP_AE92110012	26302	0	9.11	5	240	5mm	0.96	0.5	5
UP_AE92110013	338240	144960	9.81	5	360	5mm	1.38	0.5	5
UP_AE92110003	59704	0	9.13	5	240	5mm	0.95	0.5	5
UP_AE92110011	17315	0	9.13	5	240	5mm	0.96	0.5	5
UP_AE92110009	49638	0	9.35	1	360	5mm	1.12	0.5	1
UP_AE92110002	177549	0	9.38	1	240	5mm	1.00	0.5	1
UP_AE92110008	165304	165304	9.76	1	360	5mm	1.49	0.5	1
UP_AE92110007	68272	204817	9.38	1	360	5mm	1.11	0.5	1
UP_AE92110027	57774	6419	8.81	1	360	5mm	0.93	0.5	1
UP_AE92110026	80879	188718	8.9	1	360	5mm	0.96	0.5	1
UP_AE92110006	61001	91501	9.65	1	360	5mm	1.25	0.5	1
UP_AE92110005	1273813	0	10.25	1	360	5mm	1.68	0.5	1
UP_AE92110001	457019	365615	10.61	1	360	5mm	1.84	0.5	1
UP_AE92110016	156171	39043	10.1	1	360	5mm	1.43	0.5	1
UP_AE92110015	247587	61897	10.04	1	360	5mm	1.59	0.5	1
UP_AE92110014	160441	297962	10.72	1	360	5mm	1.99	0.5	1
UP_AE92110017	188799	0	9.64	1	360	5mm	1.35	0.5	1
UP_AE92110018	139681	0	9.13	1	360	5mm	0.96	0.5	1
UP_AE92110010	138587	0	9.15	1	360	5mm	1.07	0.5	1
UP_AE92130009	61097	11456	8.36	1	360	5mm	0.98	0.5	1
UP_AE92140010	848	0	8.52	8	240	5mm	1.58	1	8
UP_AE92140009	280978	0	7.34	6	240	5mm	1.80	1	6
UP_AE92120012	22499	0	7.55	5	240	5mm	1.00	1	5
UP_AE92120013	8325	0	6.94	5	240	5mm	0.53	1	5
UP_AE92110032	6567	0	8.57	5	360	5mm	0.93	1	5
UP_AE92140004	96931	96931	7.24	9	240	5mm	1.08	1	9

8.10.1 Bodemtypen

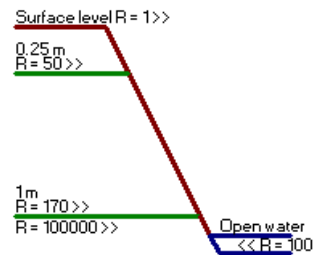
Bodemtype	Omschrijving	μ per m
1	Zand (maximum)	0.117
5	Zand (average)	0.088
6	Silt (maximum)	0.051
8	Klei (average)	0.036
9	Zand (minimum)	0.06

8.10.2 Drainage weerstanden (Ernst)

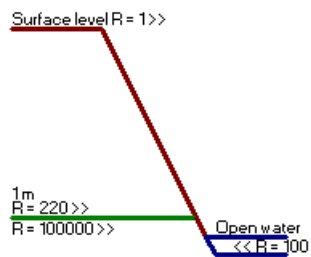
Bodem type 1: Zand



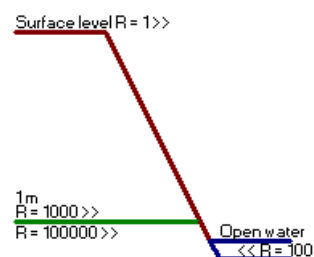
Bodem type 5: Zand



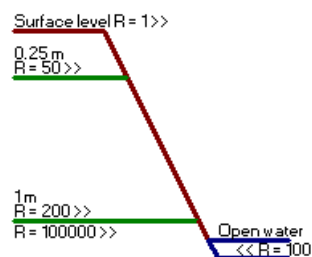
Bodem type 6: Silt



Bodem type 8: Klei



Bodemtype 9: Zand



8.11 Berekening kansen GLG en GHG

Put	Afwateringseenheid	Totaal Reeks	Reeks Zomer	Reeks Winter	GLG (cm)	Count GLG	GHG (cm)	Count GHG	GLG %	GG %	GHG %	GG %
183	AE92120004	1558	412	1146	175	377	100	7	92	8	1	99
190	AE92140008	1558	412	1146	217	244	139	136	59	41	12	88
213	AE92130006	1192	368	824	178	299	101	10	81	19	1	99
230	AE92130002	1192	368	824	173	358	96	0	97	3	0	100
241	AE92140005	1558	412	1146	144	412	76	0	100	0	0	100
243	AE92120011	1558	412	1146	153	290	86	0	70	30	0	100
244	AE92140008	1558	412	1146	217	275	139	47	67	33	4	96
245	AE92110035	1193	368	825	155	46	87	142	13	88	17	83
246	AE92110033	1559	412	1147	133	194	66	104	47	53	9	91
253	AE92130005	1192	368	824	232	18	153	486	5	95	59	41
254	AE92110015	1133	276	857	211	103	128	105	37	63	12	88
985	AE92140008	832	193	639	217	193	139	34	100	0	5	95
Average:									64.0	36.0	10.1	89.9

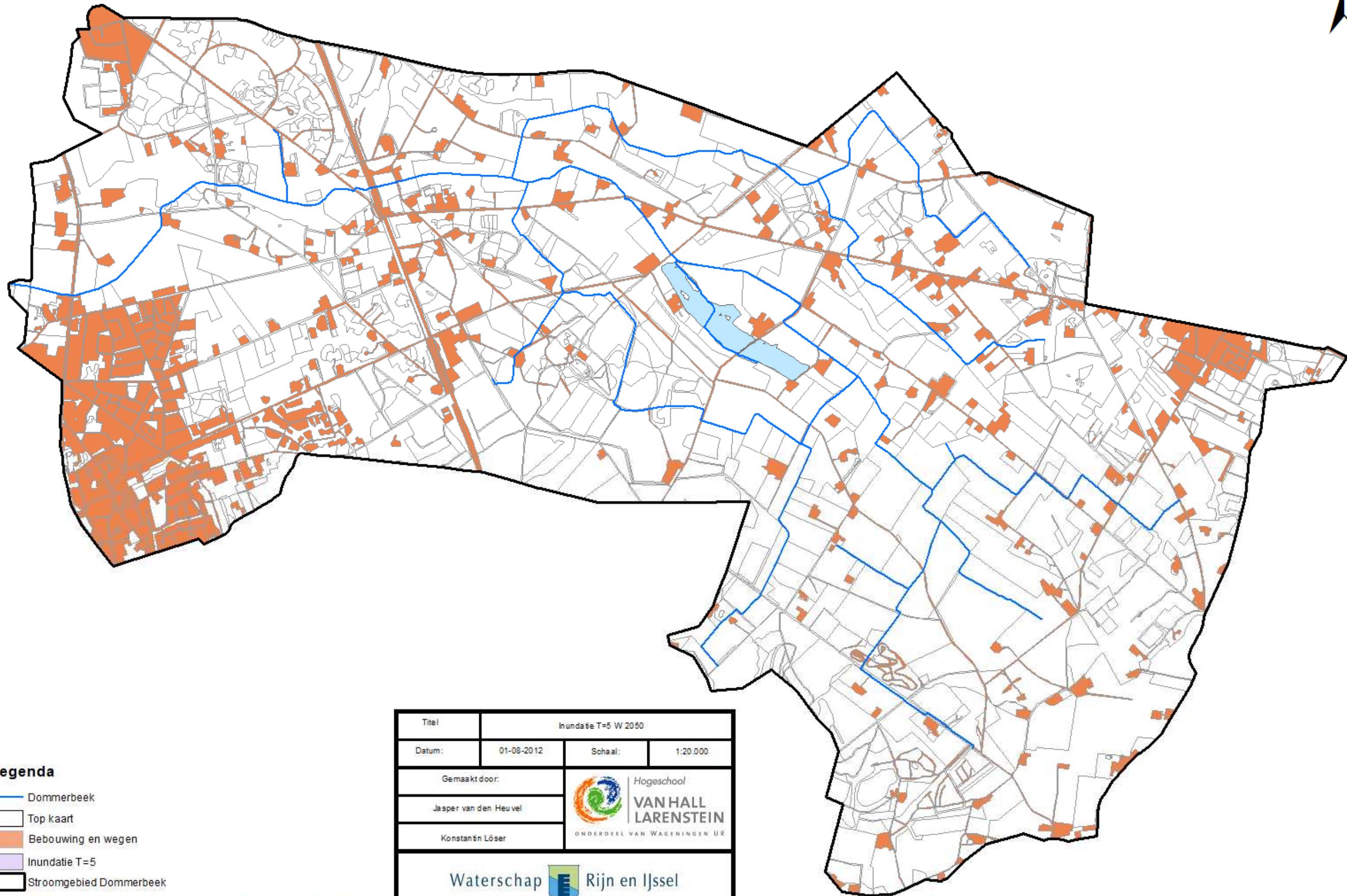
Om de kans te bepalen voor de GHG/GG en de GLG/GG zijn de volgende putten gebruikt die voldoende data tot beschikking hadden en die representatief zijn voor het gebied. De putten beschikken over data van 2004 tot 2011 en er is onderscheid gemaakt tussen winter en zomer. Per put is gekeken hoe vaak het voorkomt dat de waarden $\leq$ GLG (zomer) of $\geq$ GHG (winter) zijn, dit is te zien bij count GLG en count GHG. Dus bij put 183 komt een waarde $\leq$ GLG 377 keer voor in de zomer en $\geq$ GHG 7 keer in de winter. Deze resultaten zijn omgerekend in percentages en uiteindelijk gemiddeld.

8.12 Overzicht gebeurtenis T=10 inundaties

Alias	T=10	T=10 Job	T=10	T=10 Job	Seizoen
Calc1	5.80	D96 Kort T0_5 Winter_Hoog_GHG	5.70	D24 Hoog T0_1 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc2	5.80	D96 Hoog T0_5 Winter_Hoog_GHG	5.70	D24 Hoog T0_1 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc3	5.80	D96 Middellaaag T0_5 Winter_Hoog_GHG	5.70	D24 Hoog T0_1 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc4	5.80	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	5.70	D24 Hoog T0_1 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc5	5.81	D96 Middellaaag T25 Winter_Hoog_GG	5.70	D24 Hoog T0_1 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc6	5.82	D96 Uniform T2 Winter_Laag_GHG	5.71	D96 Middellaaag T100 Zomer_Hoog_GHG	Winter
Calc7	5.82	D96 Uniform T2 Winter_Laag_GHG	5.72	D96 Middellaaag T100 Zomer_Hoog_GHG	Winter
Calc8	5.83	D96 Uniform T2 Winter_Laag_GHG	5.74	D96 Uniform T100 Zomer_Hoog_GHG	Winter
Calc9	5.84	D96 Uniform T2 Winter_Laag_GHG	5.76	D96 Uniform T100 Zomer_Hoog_GHG	Winter
Calc10	5.86	D96 Uniform T2 Winter_Laag_GHG	5.79	D96 Uniform T100 Zomer_Hoog_GHG	Winter
Calc11	5.87	D96 Uniform T2 Winter_Laag_GHG	5.82	D96 Uniform T100 Zomer_Hoog_GHG	Winter
Calc12	5.93	D96 Uniform T2 Winter_Laag_GHG	5.87	D96 Uniform T100 Zomer_Hoog_GHG	Winter
Calc13	5.93	D96 Uniform T2 Winter_Laag_GHG	5.87	D96 Uniform T100 Zomer_Hoog_GHG	Winter
Calc14	5.94	D96 Kort T2 Winter_Hoog_GHG	5.89	D96 Uniform T100 Zomer_Hoog_GHG	Winter
Calc15	5.96	D96 Kort T2 Winter_Hoog_GHG	5.89	D96 Uniform T100 Zomer_Hoog_GHG	Winter
Calc16	5.98	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	5.94	D96 Uniform T100 Zomer_Hoog_GHG	Winter
Calc17	6.00	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	5.99	D96 Uniform T100 Zomer_Laag_GHG	Winter
Calc18	6.03	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	6.03	D96 Uniform T100 Zomer_Laag_GHG	Zomer
Calc19	6.04	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	6.04	D96 Uniform T100 Zomer_Laag_GHG	Winter
Calc20	6.08	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	6.04	D96 Uniform T100 Zomer_Laag_GHG	Winter
Calc21	6.03	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	6.05	D96 Uniform T100 Zomer_Laag_GHG	Zomer
Calc22	6.16	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	6.20	D96 Uniform T100 Zomer_Laag_GHG	Zomer
Calc23	6.76	D96 Middellaaag T2 Winter_Hoog_GHG	6.80	D24 Uniform T10 Zomer_Hoog_GG	Zomer
Calc24	7.02	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	7.07	D24 Uniform T10 Zomer_Hoog_GG	Zomer
Calc25	6.08	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	6.14	D96 Uniform T100 Zomer_Laag_GHG	Zomer
Calc26	6.70	D96 Middellaaag T2 Winter_Hoog_GHG	6.80	D96 Hoog T100 Zomer_Hoog_GHG	Zomer
Calc27	7.00	D96 Kort T2 Winter_Hoog_GHG	7.14	D96 Hoog T100 Zomer_Hoog_GHG	Zomer
Calc28	7.60	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	7.53	D24 Uniform T10 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc29	7.01	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	7.07	D24 Uniform T10 Zomer_Hoog_GG	Zomer
Calc30	8.65	D24 Kort T0_5 Winter_Hoog_GG	8.65	D24 Kort T2 Zomer_Hoog_GG	Zomer
Calc31	7.27	D96 Middellaaag T2 Winter_Hoog_GHG	7.32	D96 Hoog T25 Zomer_Hoog_GHG	Zomer
Calc32	7.38	D96 Kort T2 Winter_Laag_GHG	7.27	D96 Hoog T100 Zomer_Hoog_GHG	Winter
Calc33	7.43	D96 Kort T2 Winter_Laag_GHG	7.30	D96 Middellaaag T100 Zomer_Laag_GHG	Winter
Calc34	8.32	D96 Hoog T2 Winter_Hoog_GHG	8.25	D24 Kort T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc35	8.28	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	8.19	D96 Kort T25 Zomer_Laag_GG	Winter
Calc36	8.25	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	8.18	D96 Kort T10 Zomer_Laag_GG	Winter
Calc37	8.27	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	8.18	D96 Kort T10 Zomer_Laag_GG	Winter
Calc38	8.30	D96 Middellaaag T0_5 Winter_Hoog_GHG	8.33	D96 Hoog T10 Zomer_Laag_GHG	Zomer
Calc39	6.79	D96 Middellaaag T2 Winter_Hoog_GHG	6.87	D96 Hoog T100 Zomer_Hoog_GHG	Zomer
Calc40	6.79	D96 Middellaaag T2 Winter_Hoog_GHG	6.87	D96 Hoog T100 Zomer_Hoog_GHG	Zomer
Calc41	6.79	D96 Middellaaag T2 Winter_Hoog_GHG	6.87	D96 Hoog T100 Zomer_Hoog_GHG	Zomer
Calc42	6.79	D96 Middellaaag T2 Winter_Hoog_GHG	6.87	D96 Hoog T100 Zomer_Hoog_GHG	Zomer
Calc43	6.79	D96 Middellaaag T2 Winter_Hoog_GHG	6.87	D96 Hoog T100 Zomer_Hoog_GHG	Zomer
Calc44	8.15	D96 Uniform T100 Winter_Hoog_GG	8.13	D96 Hoog T2 Zomer_Laag_GG	Winter
Calc45	7.86	D96 Middellaaag T25 Winter_Hoog_GHG	7.83	D96 Uniform T500 Zomer_Hoog_GHG	Winter
Calc46	7.74	D96 Uniform T2 Winter_Laag_GHG	7.71	D96 Middellaaag T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc47	5.69	D24 Hoog T0_1 Winter_Hoog_GG	5.70	D24 Hoog T0_1 Zomer_Hoog_GG	Zomer
Calc48	6.46	D96 Middellaaag T2 Winter_Hoog_GHG	6.52	D24 Uniform T10 Zomer_Hoog_GG	Zomer
Calc49	6.75	D96 Middellaaag T2 Winter_Hoog_GHG	6.86	D96 Hoog T100 Zomer_Hoog_GHG	Zomer
Calc50	6.58	D96 Middellaaag T2 Winter_Hoog_GHG	6.63	D96 Hoog T100 Zomer_Hoog_GHG	Zomer
Calc51	6.74	D96 Uniform T2 Winter_Hoog_GHG	6.74	D96 Hoog T10 Zomer_Laag_GHG	Zomer
Calc52	7.59	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	7.49	D24 Uniform T10 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc53	7.54	D96 Kort T2 Winter_Laag_GHG	7.39	D96 Uniform T100 Zomer_Laag_GHG	Winter
Calc54	7.18	D96 Middellaaag T2 Winter_Hoog_GHG	7.25	D96 Hoog T25 Zomer_Hoog_GHG	Zomer
Calc55	7.00	D96 Middellaaag T2 Winter_Hoog_GHG	7.05	D24 Hoog T10 Zomer_Laag_GHG	Zomer
Calc56	6.93	D96 Middellaaag T2 Winter_Hoog_GHG	7.02	D24 Hoog T10 Zomer_Laag_GHG	Zomer
Calc57	5.85	D96 Uniform T2 Winter_Laag_GHG	5.79	D96 Uniform T100 Zomer_Hoog_GHG	Winter
Calc58	5.85	D96 Hoog T2 Winter_Hoog_GHG	5.79	D96 Uniform T100 Zomer_Hoog_GHG	Winter
Calc59	8.28	D96 Hoog T2 Winter_Laag_GHG	8.27	D96 Middellaaag T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc60	7.71	D96 Uniform T2 Winter_Hoog_GHG	7.59	D96 Hoog T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc61	7.71	D96 Uniform T2 Winter_Hoog_GHG	7.59	D96 Hoog T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc62	7.69	D96 Hoog T100 Winter_Laag_GG	7.56	D96 Hoog T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc63	8.21	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	8.10	D96 Kort T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc64	8.15	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	8.08	D96 Kort T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc65	8.13	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	8.08	D96 Kort T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc66	6.42	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	6.41	D96 Hoog T25 Zomer_Hoog_GHG	Winter
Calc67	6.36	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	6.35	D96 Hoog T25 Zomer_Hoog_GHG	Winter
Calc68	6.69	D96 Uniform T2 Winter_Hoog_GHG	6.73	D24 Hoog T10 Zomer_Laag_GHG	Zomer
Calc69	6.63	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	6.62	D24 Hoog T10 Zomer_Laag_GHG	Winter
Calc70	7.71	D96 Middellaaag T2 Winter_Hoog_GHG	7.75	D24 Hoog T10 Zomer_Laag_GHG	Zomer
Calc71	7.66	D96 Kort T100 Winter_Hoog_GG	7.53	D96 Hoog T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc72	8.19	D96 Uniform T2 Winter_Hoog_GHG	8.20	D24 Hoog T10 Zomer_Laag_GHG	Zomer
Calc73	7.60	D96 Kort T2 Winter_Laag_GHG	7.51	D96 Uniform T100 Zomer_Laag_GHG	Winter
Calc74	6.96	D96 Middellaaag T2 Winter_Hoog_GHG	7.08	D96 Hoog T100 Zomer_Hoog_GHG	Zomer
Calc75	7.08	D96 Kort T2 Winter_Hoog_GHG	7.19	D96 Hoog T100 Zomer_Hoog_GHG	Zomer
Calc76	7.04	D96 Kort T2 Winter_Hoog_GHG	7.19	D96 Hoog T100 Zomer_Hoog_GHG	Zomer
Calc77	7.74	D96 Uniform T2 Winter_Laag_GHG	7.71	D96 Middellaaag T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc78	6.89	D96 Uniform T2 Winter_Laag_GHG	6.87	D96 Middellaaag T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc79	6.65	D96 Uniform T2 Winter_Laag_GHG	6.61	D96 Uniform T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc80	6.64	D96 Uniform T2 Winter_Laag_GHG	6.61	D96 Uniform T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc81	5.69	D24 Hoog T0_1 Winter_Hoog_GG	5.70	D24 Hoog T0_1 Zomer_Hoog_GG	Zomer
Calc82	5.69	D24 Hoog T0_1 Winter_Hoog_GG	5.70	D24 Hoog T0_1 Zomer_Hoog_GG	Zomer
Calc83	6.00	D24 Kort T0_1 Winter_Hoog_GHG	6.00	D96 Kort T0_5 Zomer_Hoog_GG	Zomer
Calc84	6.00	D24 Kort T0_1 Winter_Hoog_GHG	6.00	D96 Kort T0_5 Zomer_Hoog_GG	Zomer
Calc85	5.69	D24 Hoog T0_1 Winter_Hoog_GG	5.70	D24 Hoog T0_1 Zomer_Hoog_GG	Zomer
Calc86	5.69	D24 Hoog T0_1 Winter_Hoog_GG	5.70	D24 Hoog T0_1 Zomer_Hoog_GG	Zomer
Calc87	8.17	D96 Kort T100 Winter_Hoog_GG	8.16	D24 Middellaaag T100 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc88	8.17	D96 Kort T100 Winter_Hoog_GG	8.16	D24 Middellaaag T100 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc89	8.17	D96 Kort T100 Winter_Hoog_GG	8.14	D24 Middellaaag T25 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc90	8.23	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	8.13	D96 Hoog T25 Zomer_Hoog_GHG	Winter
Calc91	8.12	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	8.06	D96 Kort T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc92	8.37	D24 Kort T0_5 Winter_Hoog_GG	8.37	D24 Kort T2 Zomer_Hoog_GG	Zomer
Calc93	8.28	D96 Hoog T2 Winter_Laag_GHG	8.27	D96 Middellaaag T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc94	7.80	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	7.75	D96 Kort T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc95	7.70	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	7.71	D24 Hoog T10 Zomer_Laag_GHG	Zomer
Calc96	8.65	D24 Kort T0_5 Winter_Hoog_GG	8.65	D96 Hoog T10 Zomer_Laag_GHG	Zomer
Calc97	8.45	D24 Uniform T0_5 Winter_Hoog_GHG	8.57	D96 Hoog T10 Zomer_Laag_GHG	Zomer
Calc98	8.45	D24 Kort T0_5 Winter_Laag_GG	8.53	D96 Hoog T10 Zomer_Laag_GHG	Zomer
Calc99	8.31	D96 Middellaaag T0_5 Winter_Laag_GHG	8.38	D96 Hoog T10 Zomer_Laag_GHG	Zomer
Calc100	8.30	D96 Middellaaag T0_5 Winter_Laag_GHG	8.33	D96 Hoog T10 Zomer_Laag_GHG	Zomer
Calc101	8.06	D96 Uniform T2 Winter_Hoog_GHG	8.07	D24 Hoog T10 Zomer_Laag_GHG	Zomer
Calc102	7.74	D96 Middellaaag T2 Winter_Hoog_GHG	7.78	D96 Hoog T25 Zomer_Hoog_GHG	Zomer
Calc103	7.59	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	7.50	D24 Uniform T10 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc104	7.71	D96 Uniform T2 Winter_Hoog_GHG	7.59	D96 Hoog T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc105	7.68	D96 Hoog T100 Winter_Laag_GG	7.55	D96 Hoog T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc106	7.68	D96 Hoog T100 Winter_Laag_GG	7.54	D96 Hoog T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc107	7.63	D96 Uniform T100 Winter_Hoog_GG	7.51	D96 Hoog T2 Zomer_Laag_GG	Winter
Calc108	7.57	D96 Kort T2 Winter_Laag_GHG	7.50	D96 Uniform T100 Zomer_Laag_GHG	Winter
Calc109	7.27	D96 Middellaaag T100 Winter_Laag_GG	7.22	D24 Kort T0_1 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc110	7.08	D96 Hoog T25 Winter_Hoog_GG	7.12	D24 Uniform T10 Zomer_Hoog_GG	Zomer
Calc111	6.94	D96 Middellaaag T100 Winter_Hoog_GG	6.99	D24 Uniform T10 Zomer_Hoog_GG	Zomer
Calc112	6.86	D96 Middellaaag T100 Winter_Hoog_GG	6.91	D24 Uniform T10 Zomer_Hoog_GG	Zomer
Calc113	6.85	D96 Middellaaag T100 Winter_Laag_GG	6.90	D24 Uniform T10 Zomer_Hoog_GG	Zomer
Calc114	6.83	D96 Middellaaag T100 Winter_Laag_GG	6.87	D24 Uniform T10 Zomer_Hoog_GG	Zomer
Calc115	6.82	D96 Middellaaag T100 Winter_Laag_GG	6.86	D24 Uniform T10 Zomer_Hoog_GG	Zomer
Calc116	8.37	D96 Kort T2 Winter_Hoog_GHG	7.84	D96 Middellaaag T100 Zomer_Laag_GHG	Winter
Calc117	8.37	D96 Kort T2 Winter_Hoog_GHG	7.84	D96 Middellaaag T100 Zomer_Laag_GHG	Winter
Calc118	8.37	D96 Kort T2 Winter_Hoog_GHG	7.84	D96 Middellaaag T100 Zomer_Laag_GHG	Winter
Calc119	8.37	D96 Kort T2 Winter_Hoog_GHG	7.84	D96 Middellaaag T100 Zomer_Laag_GHG	Winter
Calc120	6.65	D96 Middellaaag T2 Winter_Hoog_GHG	6.66	D24 Uniform T10 Zomer_Hoog_GG	Zomer
Calc121	6.36	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	6.41	D24 Uniform T10 Zomer_Hoog_GG	Zomer
Calc122	6.36	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	6.41	D24 Uniform T10 Zomer_Hoog_GG	Zomer
Calc123	7.10	D96 Kort T2 Winter_Laag_GHG	7.19	D96 Hoog T100 Zomer_Hoog_GHG	Zomer
Calc124	6.98	D96 Kort T2 Winter_Hoog_GHG	7.11	D96 Hoog T100 Zomer_Hoog_GHG	Zomer
Calc125	6.93	D96 Middellaaag T2 Winter_Hoog_GHG	7.04	D96 Hoog T100 Zomer_Hoog_GHG	Zomer
Calc126	6.91	D96 Middellaaag T2 Winter_Hoog_GHG	7.00	D96 Hoog T100 Zomer_Hoog_GHG	Zomer
Calc127	6.83	D96 Middellaaag T2 Winter_Hoog_GHG	6.94	D96 Hoog T100 Zomer_Hoog_GHG	Zomer
Calc128	7.74	D96 Uniform T2 Winter_Laag_GHG	7.71	D96 Middellaaag T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc129	7.74	D96 Uniform T2 Winter_Laag_GHG	7.71	D96 Middellaaag T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc130	7.74	D96 Uniform T2 Winter_Laag_GHG	7.71	D96 Middellaaag T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc131	6.87	D96 Uniform T2 Winter_Laag_GHG	6.85	D96 Middellaaag T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc132	6.83	D96 Uniform T2 Winter_Laag_GHG	6.82	D96 Middellaaag T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc133	6.66	D96 Uniform T2 Winter_Laag_GHG	6.61	D96 Uniform T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc134	7.63	D24 Uniform T2 Winter_Hoog_GG	7.66	D96 Hoog T10 Zomer_Laag_GHG	Zomer
Calc135	7.40	D24 Hoog T0_1 Winter_Hoog_GG	7.52	D96 Hoog T25 Zomer_Laag_GG	Zomer
Calc136	7.29	D96 Middellaaag T2 Winter_Hoog_GHG	7.34	D96 Hoog T25 Zomer_Hoog_GHG	Zomer
Calc137	6.93	D96 Middellaaag T2 Winter_Hoog_GHG	6.97	D24 Hoog T10 Zomer_Laag_GHG	Zomer
Calc138	6.31	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	6.31	D96 Hoog T25 Zomer_Hoog_GHG	Zomer
Calc139	6.26	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	6.25	D96 Uniform T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc140	6.20	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	6.17	D96 Uniform T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc141	6.16	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	6.14	D96 Uniform T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc142	6.15	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	6.10	D96 Uniform T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc143	6.11	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	6.08	D96 Uniform T2 Zomer_Hoog_GG	Winter
Calc144	6.09	D96 Middellaaag T2 Winter_Laag_GHG	6.06	D96 Uniform T100 Zomer_Laag_GHG	Winter
Calc145	5.85	D96 Uniform T2 Winter_Laag_GHG	5.79	D96 Uniform T100 Zomer_Hoog_GHG	Winter
Calc146	5.80	D96 Kort T25 Winter_Hoog_GG	5.70	D24 Hoog T0_1 Zomer_Hoog_GG	Winter

8.13 T=5 inundatie

Inundatie T=5 W 2050



Legenda

- Dommerbeek
- Top kaart
- Bebouwing en wegen
- Inundatie T=5
- Stroomgebied Dommerbeek

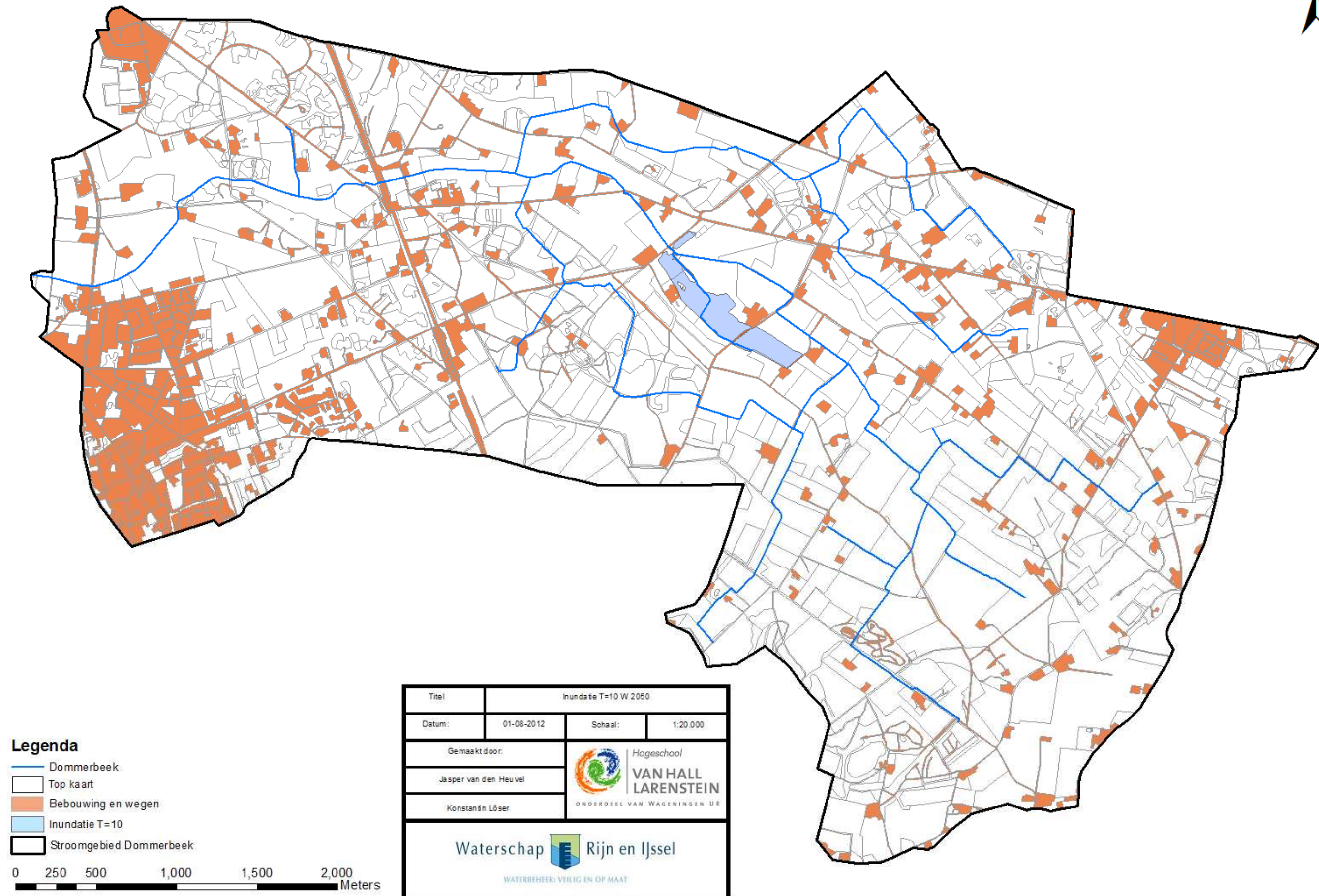
0 250 500 1,000 1,500 2,000 Meters

Titel		Inundatie T=5 W 2050	
Datum:	01-08-2012	Schaal:	1:20.000
Gemaakt door:		 Hogeschool VAN HALL LARENSTEIN ONDERDEEL VAN WAGENINGEN UR	
Jasper van den Heuvel			
Konstantin Löser			

Waterschap		Rijn en IJssel
WATERBEHEER: VEILIG EN OP MAAT		

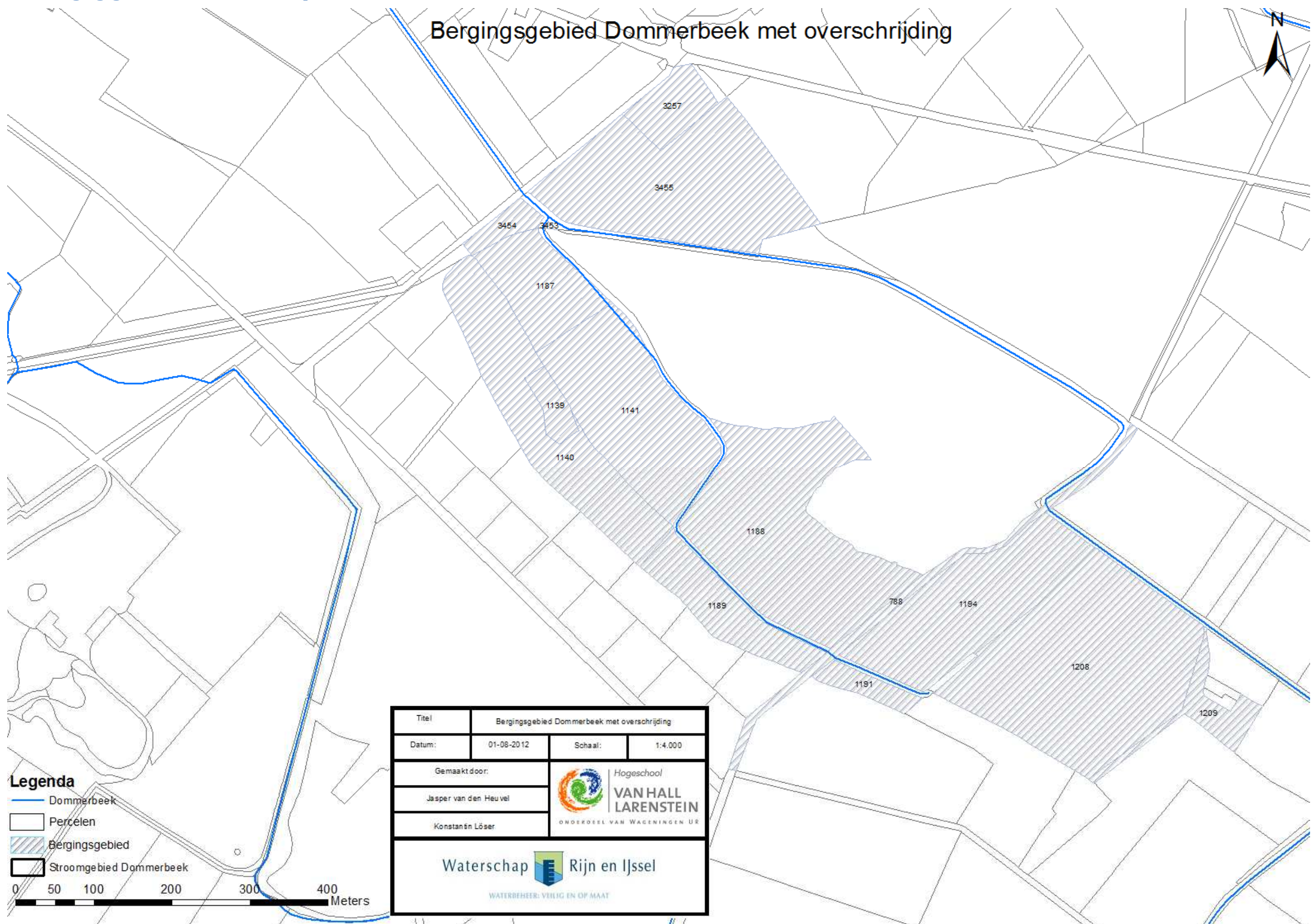
8.14 T=10 inundatie

Inundatie T=10 W 2050



8.15 Bergingsgebiet A2

8.16 Bergingsgebied met inunderende percelen



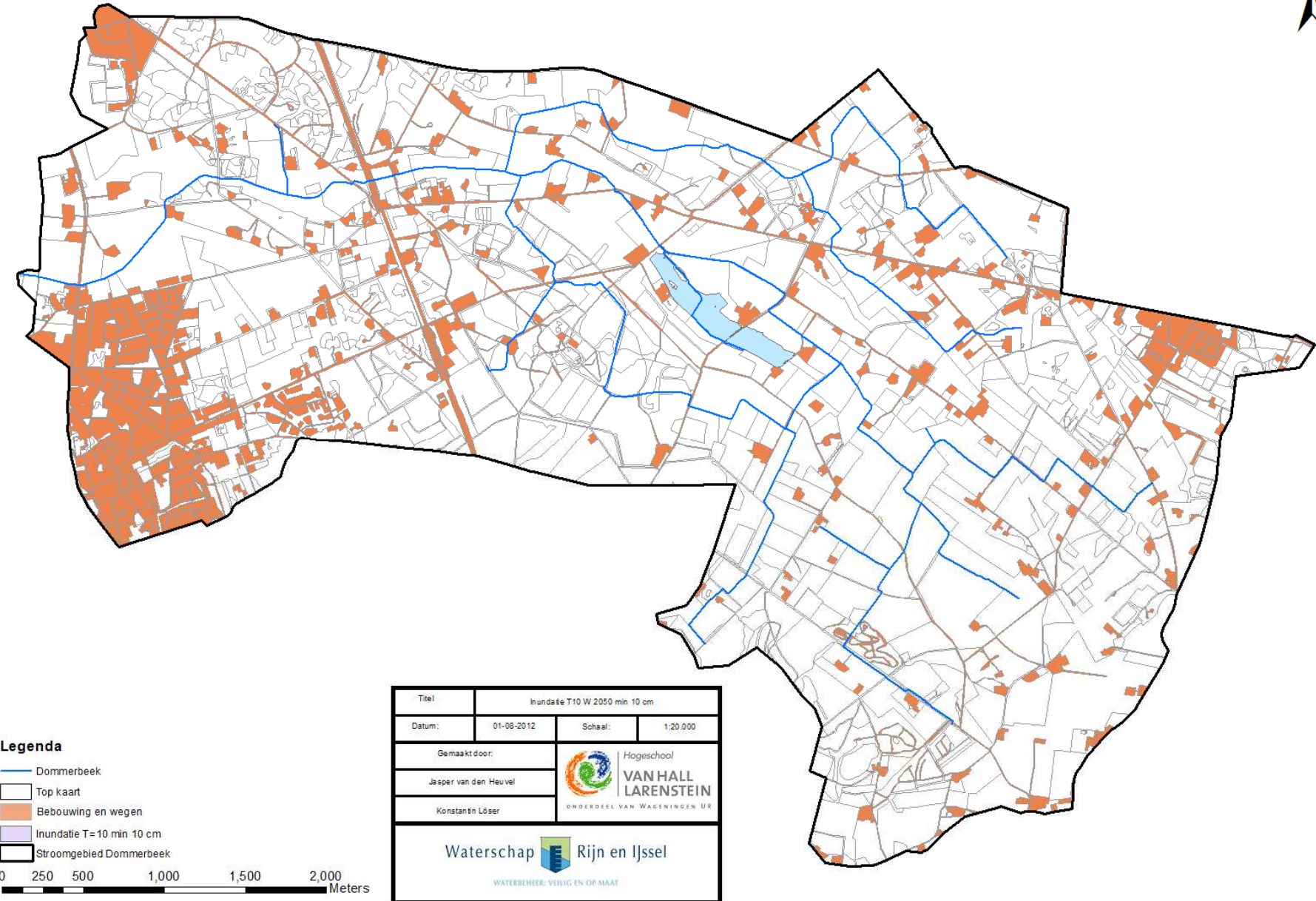
8.16.1 Berekening percelen

Perceel nummer	Totaal opp (m ²)	Mag inunderen (m ²)	Inundeert (m ²)	Percentage overschrijding (%)
788	6659	304	1482	18%
1139	3098	155	319	5%
1140	28090	1205	1784	2%
1141	63807	3190	28706	40%
1187	13874	694	13223	90%
1188	47543	2377	45315	90%
1189	12730	3	8	0.04%
1191	3601	2	5	0.1%
1194	30051	1504	17118	52%
1208	55394	3823	29611	47%
1209	6310	316	830	8%
3257	6963	11	17	0.1%
3453	81	4	81	95%
3454	3040	152	1195	34%
3455	84874	4244	5424	1%

In deze tabel staan de percelen waar de inundatie de normen overschrijden. Bij elk perceel staat het totaal aan oppervlak per perceel en daarnaast de oppervlakten wat volgens de normering mag inunderen. Wat de normen overschrijdt staat in vierkante meters en als percentage ernaast aangegeven. Het percentage is bepaald door van de inundatie het oppervlak wat mag inunderen af te trekken. Hierna is het gedeeld door het totaal aan oppervlak per perceel. Zo is 1482 m² geïnundeerd op perceel 788, dit is 22% van het geheel. Na normering vervalt 304 m² waarmee de overschrijding 18% bedraagt.

8.17 Inundatie T10 W met -10 cm en +10

Inundatie T10 W 2050 min 10 cm



Inundatie T10 W 2050 plus 10 cm

