

## Waterberging en verdrogingsbestrijding



# **Waterberging en verdrogingsbestrijding**

**Een nadere analyse van de mogelijkheden en beperkingen aan de hand van modelberekeningen in 2 stroomgebieden**

**P.J.T. van Bakel  
P.E.V. van Walsum  
M. Groenendijk  
E.P. Quemer**

**Alterra-rapport 640**

**Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2002**

## REFERAAT

Bakel, P.J.T. van, P.E.V. van Walsum, M. Groenendijk, E.P. Querner, 2002. *Waterberging en verdrogingsbestrijding. Een nadere analyse van de mogelijkheden en beperkingen aan de hand van modelberekeningen in 2 stroomgebieden*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 640. 104 blz.; 17 fig.; 9 tab.; 11 ref.

Hydrologische maatregelen voor verdrogingsbestrijding kunnen leiden tot hogere piekafvoeren terwijl maatregelen voor reductie van piekafvoeren verdroging tot gevolg kunnen hebben. Aan de hand van modelberekeningen in de stroomgebieden van de Drentse Aa en van de Beerze en Reusel is geconcludeerd dat vernatting kan leiden tot hogere piekafvoeren maar dat door stremming van de afvoer deze toename meer dan teniet kan worden gedaan. Berging van water in de uiterwaarden langs de benedenloop is effectiever voor piekreductie dan de aanleg van een extreem accoladeprofiel. Een accoladeprofiel heeft wel perspectieven als verdrogingsbestrijdingsmaatregel. Deze conclusies gelden voor de weerreeks van de afgelopen vijftig jaar.

Trefwoorden: waterberging, verdrogingsbestrijding, stroomgebied, Beerze en Reusel, Drentse Aa, SIMGRO-modellering

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door €46,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 640. Dit bedrag is inclusief BTW

© 2002 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,  
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.  
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

# Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Aanleiding	11
1.2 Probleem- en doelstelling	12
1.3 Leeswijzer	12
2 Uitgangspunten en definities	13
2.1 Uitgangspunten	13
2.2 Definities	13
3 Drentse Aa	17
3.1 Inleiding	17
3.2 Modellerings met SIMGRO	18
3.3 Maatregelpakketten	19
3.3.1 Maatregelpakket 1 (20 cm verontdiepen)	20
3.3.2 Maatregelpakket 2 (40 cm verontdiepen)	21
3.3.3 Maatregelpakket 3 (alle waterlopen eruit)	21
3.3.4 Maatregelpakket 4 (knijpen detailafwatering)	21
3.3.5 Maatregelpakket 5 (extreem knijpen detailafwatering)	21
3.3.6 Maatregelpakket 6 (knijpen hoofdafwatering)	21
3.3.7 Maatregelpakket 7 (vernatten bosgebieden)	22
3.3.8 Maatregelpakket 8 (berging in uiterwaarden)	23
3.4 Resultaten	24
3.4.1 Afvoerstatistieken	24
3.4.2 Maatregelpakket 1 (20 cm verontdiepen)	27
3.4.3 Maatregelpakket 2 (40 cm verontdiepen)	28
3.4.4 Maatregelpakket 3 (alle waterlopen eruit)	28
3.4.5 Maatregelpakket 4 (knijpen detailafwatering)	29
3.4.6 Maatregelpakket 5 (extreem knijpen detailafwatering)	29
3.4.7 Maatregelpakket 6 (knijpen hoofdafwatering)	29
3.4.8 Maatregelpakket 7 (vernatten bosgebieden)	29
3.4.9 Maatregelpakket 8 (berging in uiterwaarden)	30
3.5 Conclusies berekeningen Drentse Aa	30
4 Beerze en Reusel	31
4.1 Inleiding	31
4.2 Maatregelpakketten	36
4.2.1 Uitgangssituatie	36
4.2.2 Extreem accoladeprofiel in hoofdbeken	36
4.2.3 Vernatting bufferzones	37
4.2.4 Stremming slootafvoer	38
4.2.5 Ondiepe drainage in bufferzones	39
4.3 Resultaten	40

4.3.1 Afvoeren	40
4.3.2 Uitgangssituatie	42
4.3.3 Accoladeprofiel	42
4.3.4 Vernatten bufferzones	43
4.3.5 Stremmen van de slootafvoer	44
4.3.6 Ondiepe drainage van bufferzones	44
4.4 Conclusies berekeningen Beerze en Reusel	45
5 Discussie	47
Literatuur	49
<b><i>Aanhangsels</i></b>	
A Ruimtelijke weergave resultaten Drentse Aa	51
B Ruimtelijke weergave resultaten Beerze-Reusel	73

## **Woord vooraf**

In opdracht van Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten heeft Alterra een verkennende studie uitgevoerd naar de hydrologische combineerbaarheid van maatregelen voor reductie van de piekafvoeren en verdrogingsbestrijding. Projectleider was dr. ir. J. van Bakel.

Het project werd begeleid door:  
ing. J. Streefkerk, Staatsbosbeheer;  
ir. N. Straathof, Natuurmonumenten.





## Samenvatting

Aanleiding van het onderzoek is dat hydrologische maatregelen voor verdrogingsbestrijding kunnen leiden tot hogere piekafvoeren terwijl maatregelen voor reductie van piekafvoeren verdroging tot gevolg kunnen hebben. Het probleem is dat dit onvoldoende is te kwantificeren. In opdracht van Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten is daarom een modelonderzoek uitgevoerd in de stroomgebieden van de Drentse Aa en van de Beerze en Reusel. Een groot aantal maatregelpakketten zijn gesimuleerd en zijn de effecten op grondwaterstanden, afvoeren en kwel in beeld gebracht. In hoofdstuk 1 worden aanleiding, probleem- en doelstelling in meer detail beschreven.

In hoofdstuk 2 worden de gehanteerde uitgangspunten beschreven. Ook de begrippen vasthouden, bergen, conserveren en vernatten worden nader gedefinieerd.

Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van het modelonderzoek in het stroomgebied van de Drentse Aa. In § 3.1 wordt een algemene beschrijving gegeven van dit ca. 25 800 ha grote natuurlijk beekstelsel. De modellering met de computercode SIMGRO, inclusief een grove calibratie (vergelijking gemeten en gesimuleerde grondwaterstanden) en verificatie (vergelijking gemeten en gesimuleerde afvoeren) komt aan de orde in § 3.2. Met dit model is een periode van 40 jaar (1951-1990) doorgerekend. Vervolgens zijn 8 maatregelpakketten samengesteld. Deze zijn zo samengesteld dat de effecten van vernatting van landbouwgebieden (door verontdieping of dempen van de kleinere ont- en afwateringsmiddelen), van stremming van het detailont- en afwateringssysteem, van stremming van de hoofdwaterlopen, van extreme vernatting van bosgebieden (door verhoging van de ontwateringsbasis tot 20 cm boven maaiveld) en van berging in de uiterwaarden langs de benedenloop, afzonderlijk of in combinatie in beeld kunnen worden gebracht. In § 3.3 worden de daarbij behorende maatregelen nader beschreven. Deze maatregelen zijn vertaald naar verandering in modeleigenschappen en de aldus gecreëerde acht modellen zijn voor dezelfde periode doorgerekend en zijn de resultaten vergeleken met de huidige situatie. In de volgende paragraaf worden de resultaten geanalyseerd op de volgende punten: de effecten op het afvoergedrag (en met name de piekafvoeren) en de grondwaterstanden (i.c. de GVG). In § 3.5 getrokken conclusies zijn:

- door verontdiepen of dempen van de kleinere waterlopen in het landbouwgebied is een aanzienlijke verhoging van de grondwaterstanden te bereiken;
- zonder aanvullende maatregelen nemen de piekafvoeren daardoor enigszins toe;
- door de afwatering 'te knijpen' is deze verhoging om te zetten in een verlaging;
- met het vernatten van het bosgebied kan zowel de grondwaterstand worden verhoogd als de piekafvoeren gereduceerd;
- de basisafvoer varieert maar weinig tussen de maatregelpakketten;
- inzet van bergingsgebieden bij het lozingspunt heeft een reductie van de extreme piekafvoeren tot 10% als resultaat.

Hoofdstuk 4 beschrijft het onderzoek in het Beerze en Reusel stroomgebied. Het ca. 44 000 ha groot gebied is een deelstroomgebied van De Dommel en globaal gesitueerd tussen Tilburg en Eindhoven. De topografie is die van een zwak golvend dekzandgebied met diep ingesneden beekdalen maar de hellingen zijn overwegend glooiend. De in § 4.2 beschreven maatregelpakketten zijn vooral opgesteld om de effecten van de aanleg van extra berging langs de hoofdwaterlopen, van vernatting in bufferzones en van stremming van de detailont- en afwatering in beeld te brengen. De uitgangssituatie (implementatie ecologische hoofdstructuur) en nog 5 maatregelpakketten zijn met een bestaand gekalibreerd en geverifieerd SIMGRO-model voor een aaneengesloten periode van 50 weerjaren (1951-2000) doorgerekend. De effecten zijn gegeven als veranderingen in afvoerstatistieken, grondwaterstanden (i.c. de GHG, GLG en GVG) en kwel naar de wortelzone, ten opzicht van de uitgangssituatie. In § 4.3 worden de simulatieresultaten beschreven en geanalyseerd. De belangrijkste bevindingen zijn (zie ook § 4.4):

- aanleg van een accoladeprofiel in de hoofdwaterlopen heeft maar een beperkt effect op de afvoeren en kan extra natschade in de landbouw veroorzaken;
- het vernatten van de bufferzones heeft een beperkte verhoging van de grondwaterstanden en de kwel naar de natuurgebieden tot gevolg; de effecten op nat- en droogteschade voor de landbouw zijn wisselend;
- door stremming van de slootafvoer nemen met name de extremere piekafvoeren behoorlijk af zonder dat daardoor de natschade fors toeneemt; het effect op kwel in de natuurgebieden geeft een wisselend beeld te zien;
- het aanleggen van ondiepe drainage in de bufferzones is een goede maatregel om natschades door vernatten te reduceren maar daardoor neemt de kwel in de natuurgebieden behoorlijk af ten opzichte van de situatie met vernatte bufferzones.

Op basis van de resultaten van de beide regionale studies kan worden geconcludeerd dat zonder aanvullende maatregelen vernatting resulteert in een behoorlijke toename van de piekafvoeren, in de orde van tientallen procenten als het gehele gebied wordt vernat. Ook treedt extra natschade in de landbouw op. Het is dus een ingreep met veel ongewenste bijwerkingen. Door een vergroting van de stremming van de afvoer van de kleinere waterlopen kan zeer effectief deze piekafvoer worden omgezet in een reductie, terwijl de grondwaterstandskarakteristieken niet veel veranderen. De meest ongewenste bijwerking van vernatten nl. toename van de natschade in de landbouw, is veel moeilijker te bestrijden: aanleg van ondiepe drainage in bufferzones doet de beoogde vernatting in de natuurgebieden voor een belangrijk deel teniet. Aanleg van een extreem accoladeprofiel is vooral een maatregel om de kwel in de naastgelegen natuurgebieden te doen verhogen. Het reducerend effect op de piekafvoeren is beperkt.

Bovenstaande conclusies gelden voor de weerreeks van de afgelopen vijftig jaar en zijn dus niet zonder meer geldig voor een situatie met veranderd klimaat.

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

De belangrijkste vraag voor de commissie Waterbeheer 21e eeuw (Cie WB21) was de volgende: is het watersysteem op orde. Deze vraag is opgesplitst in de volgende 4 aspecten: te veel, te weinig, te vies, te star. Te veel is verbonden met wateroverlast en met de trits vasthouden-bergen-afvoeren, te weinig met verdroging en droogteschade en met de trits vasthouden-(seizoens)bergen-aanvoeren, te vies met grond- en oppervlaktewaterkwaliteit en met de trits schoon houden-scheiden-zuiveren en te star met het (on)vermogen van het systeem te reageren op veranderende omstandigheden. In principe zit er nogal wat potentiële tegenstellingen in deze aspecten. Als er te veel water is en je neemt maatregelen dan is de kans groot dat er verdroging wordt geïntroduceerd. Alleen hydrologisch zorgvuldig gekozen maatregelpakketten kunnen beide doelstellingen wellicht verenigen. De vraag is dan hoe je een dergelijk pakket kunt samenstellen. Een expertoordeel volstaat meestal niet en alleen via geïntegreerde, niet-stationaire beschouwingen is regionaal maatwerk te leveren. Ook de tegenstelling tussen verdrogingsbestrijding en waterkwaliteit is een bekende getuige de slogan: verdrogen of vervuilen. Te star tenslotte heeft raakvlakken met de andere aspecten vanwege o.a. het mechanisme dat technische maatregelen veelal effectgericht zijn (en daardoor effectief) maar een negatieve uitwerking hebben op de veerkracht.

In een door Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten opgestelde 'Vingeroefening' is een begin gemaakt met een analyse om de doelstellingen van de Cie WB21 en doelstellingen m.b.t. verdrogingsbestrijding dicht bij elkaar te brengen. Per type gebied zijn mogelijke oplossingsrichtingen geformuleerd. Deze notitie heeft als basis gediend voor een nadere uitwerking en vooral nadere kwantificering ('over welke kuubs en schades hebben we het eigenlijk'). Daartoe zijn in eerste instantie de volgende vragen geformuleerd:

- Hoeveel water kan indicatief binnen zoekgebieden<sup>1</sup> worden geborgen, en in welke mate kan wateroverlast in lager gelegen delen worden voorkomen?
- Hoe kan het operationeel beheer op neerslaggebeurtenissen reageren?
- Hoe groot moeten arealen zijn om de verschillende strategieën voor waterberging toe te passen?
- Welke functieverandering is noodzakelijk om wateroverlast te beperken?
- Wat zijn de globale kosten om e.e.a. te verwezenlijken?
- Welke bijdrage wordt geleverd aan de bestrijding van verdroging?

---

<sup>1</sup> Bedoeld worden de zoekgebieden binnen omvangrijke en kansrijke natuurgebieden; deze zijn door Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten op kaart gezet. Soorten zoekgebieden zijn o.a.: infiltratiegebied, polders, boezemwateren, bufferzones, droogmakerijen, verveende polders, maalstopgebieden.

- In hoeverre kan een verbreding van natuurgebieden en het begrenzen van deze gebieden op watersysteembasis bij aan de oplossing van het verdrogingsprobleem?

In overleg met de opdrachtgevers is een projectvoorstel geformuleerd met vooral als doel de mogelijke mee- en tegenkoppelingen tussen verdrogingsbestrijding en piekreductie te onderzoeken. Dit rapport is een beschrijving van de uitgevoerde werkzaamheden en behaalde resultaten.

## **1.2 Probleem- en doelstelling**

De mogelijke mee- en tegenkoppelingen tussen verdrogingsbestrijding en piekreductie zijn onvoldoende onderzocht. Het doel van het project is door middel van berekeningen met geïntegreerde niet-stationaire modellen voor stroomgebieden en aan de hand van literatuuronderzoek deze achterstand in kennis te verkleinen.

## **1.3 Leeswijzer**

In hoofdstuk 2 uitgangspunten en relevante definities beschreven. De casus Drentse Aa wordt beschreven in hoofdstuk 3, opgesplitst in een beschrijving van het model, de gedefinieerde maatregelpakketten, de rekenresultaten en een afsluitende paragraaf conclusies. Hetzelfde stramien is gebruikt voor de casus Beerze en Reusel. Zie hoofdstuk 4.

## **2   Uitgangspunten en definities**

### **2.1   Uitgangspunten**

Een belangrijk uitgangspunt bij de studie is dat alleen met behulp van geïntegreerde niet-stationaire methoden de mogelijke mee- en tegenkoppelingen tussen bestrijden van wateroverlast en verdroging kunnen worden berekend. Het gebruik van numerieke modellen ligt daarbij voor de hand. Omdat het vooral een exploratieve studie betreft is daarbij gebruik gemaakt van bestaande numerieke modellen van 2 gebieden: het stroomgebied van de Drentse Aa in Drenthe en het stroomgebied van de Beerze en de Reusel in Brabant. Beide gebieden liggen in het vrij-afwaterende deel van Nederland.

### **2.2   Definities**

Een noodzakelijk onderdeel van de studie is een helder begrippenkader te schetsen. In deze paragraaf zullen de voornaamste worden gedefinieerd. Allereerst de veel door elkaar gehaalde begrippen vasthouden, bergen, conserveren en vernatten. Daarbij is gebruik gemaakt van beschrijvingen zoals opgenomen in de rapportage SGR-2 en in de analyse van de deelstroomgebiedsvisies die door Alterra in opdracht van IPO is uitgevoerd. Zie Tabel 1.

Tabel 1 Lijst van begrippen voor zover relevant voor water vasthouden en verdrogingsbestrijding (ontleend aan Van der Gaast e.a., 2002)

<b>Gehanteerde begrippen</b>		
Doelstelling	Vasthouden	Reductie van afvoerpieken aan de uitgang van regionale watersystemen.
	Bergen	Reductie van afvoerpieken aan de uitgang van regionale watersystemen.
	Conserveren	Periodieke verbetering van de standplaatscondities voor de landbouw en/of terrestrische en/of aquatische natuur in een perceel of peilvak, inclusief omgeving, door middel van actief waterbeheer.
	Vernatten	Structurele verbetering van de standplaatscondities voor de landbouw en/of terrestrische en/of aquatische natuur in een perceel of peilvak, inclusief omgeving, door middel van inrichtingsmaatregelen.
Hydrologisch concept	Vasthouden	Opslag van het neerslagoverschot aan de bron (bovenstrooms gelegen regio) van een watersysteem waar de neerslag valt en het waterschap geen beheerstaak heeft..
	Bergen	Opslag van water tussen bron en uitgang van een watersysteem, in A-waterlopen (primaire waterlopen), reservoirs, gebieden die via deze waterlopen passief of actief met (extra) water kunnen worden gevuld en gebieden waar de stand van het oppervlaktewater via A-waterlopen (primaire waterlopen) kan worden beïnvloed.
	Conserveren	Tijdelijke vertraging van de afstroming uit een watersysteem (perceel, peilvak) door tijdelijke aanpassing van de ontwateringskarakteristiek (ontwateringsbasis; drainageweerstand).
	Vernatten	Structurele vertraging van de afstroming uit een watersysteem (perceel, peilvak) door permanente aanpassing van de ontwateringskarakteristiek (ontwateringsbasis; drainageweerstand).
Waterhuis-houdkundige maatregelen (niet uitputtend)	Vasthouden	Maalstop, 'boerenstuwjes', verlagen van slootbodems en scheppen van meer niet-afvoerhogend oppervlaktewater.
	Bergen	Herprofilen van waterlopen en aanleg van bergingsgebieden.
	Conserveren	Aangepast stuw- en peilbeheer.
	Vernatten	Verhogen van slootbodems en/of het dempen van waterlopen.
	Vasthouden	Kortstondige verhoging van de oppervlakte- en grondwaterstand.
Effect(en)	Bergen	Kortstondige vergroting van de hoeveelheid oppervlaktewater in A-waterlopen (primaire waterlopen), oeverstroken en aangrenzende, inundeerbare gebieden.
	Conserveren	Tijdelijke verhoging van de oppervlakte- en grondwaterstand.
	Vernatten	Structurele verhoging van de oppervlakte- en grondwaterstand.
	Vasthouden	Jaarlijks.
Frequentie (aantal/jaar)	Bergen	Jaarlijks.
	Conserveren	Jaarlijks.
	Vernatten	n.v.t.
	Vasthouden	Enkele dagen.
Duur	Bergen	Enkele dagen.
	Conserveren	Enkele maanden.
	Vernatten	Permanent.

Uit deze definities komt duidelijk het verschil naar voren tussen de twee ingrepen die in het kader van de studie van het meeste belang zijn: vasthouden en bergen enerzijds en vernatten anderzijds. Vasthouden en bergen hebben een tijdelijk karakter terwijl vernatten moet leiden tot een structurele verhoging van de grond- en/of oppervlaktewaterstand.

De volgende hydrologische termen worden in dit rapport regelmatig gebruikt maar zijn niet opgenomen in de hydrologische Woordenlijst (CHO-TNO, 1986), of daarvan afwijken.

- basisafvoer: de afvoer die gemiddeld in 95% van de tijd wordt overschreden;
- kwel: de fluxdichtheid in verticale richting tussen freatisch en eerste watervoerende pakket;
- bruto kwel: de kwel die –nadat de neerslaglens is afgevoerd- via maaiveldsdrainage of capillaire opstijging de wortelzone bereikt. De kwel die wordt afgevoerd naar de sloten en afwateringsmiddelen telt dus niet mee;
- Grondwaterstandskarakteristieken:
  1. Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG): het rekenkundig gemiddelde van de 3 hoogste grondwaterstanden van de 14<sup>e</sup> en 28<sup>e</sup> van de wintermaanden (oktober t/m maart) van een periode van tenminste 8 aaneengesloten jaren.
  2. Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG): het rekenkundig gemiddelde van de 3 laagste grondwaterstanden van de 14<sup>e</sup> en 28<sup>e</sup> van de zomermaanden (april t/m september) van een periode van tenminste 8 aaneengesloten jaren.
  3. Gemiddelde VoorjaarsGrondwaterstand (GVG): het rekenkundig gemiddelde van de grondwaterstanden van de 14<sup>e</sup> en 28<sup>e</sup> maart en de 14<sup>e</sup> april van een periode van tenminste 8 aaneengesloten jaren.





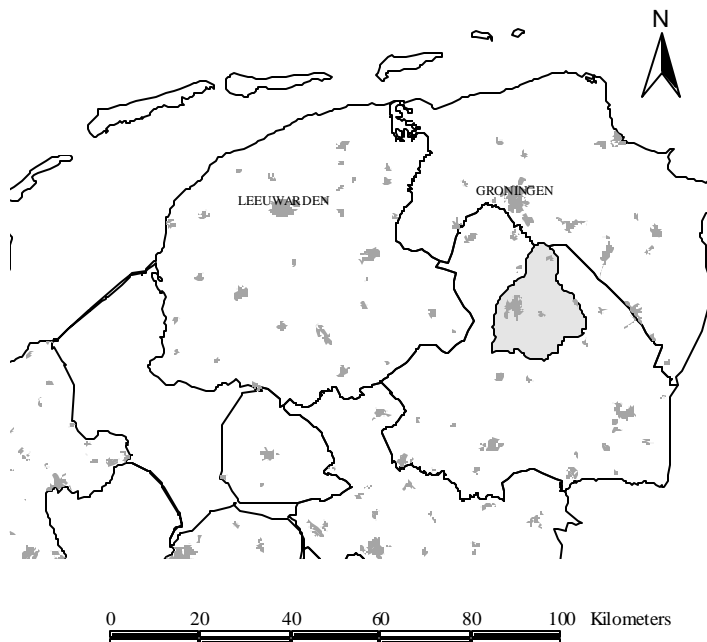
### 3 Drentse Aa

#### 3.1 Inleiding

Het stroomgebied van de Drentse Aa heeft een oppervlak van ca. 300 km<sup>2</sup>. De ligging in de provincie Drenthe wordt in Figuur 1 aangegeven.

Het stroomgebied ligt in het Drents plateau. Dit plateau helt af in noordwestelijke richting. In het oosten komen enkele langgerekte ruggen voor, waarvan de meest oostelijke, de Hondrug, de begrenzing vormt.

De ondergrond van dit plateau bestaat uit grove kwartsrijke witte zanden van de Enschede Formatie. Hierboven ligt keileem van de Drente Formatie. In het Weichselien is op de keileem een dekzandpakket (Twente Formatie) afgezet met een dikte van 0.5-2.0 m. Het oudere dekzand (Pleniglaciaal) vertoont vaak een afwisseling van fijnzandige lagen en sterk lemige lagen. Het Jongere dekzand (Laat-Glaciaal), is kalkloos en uniform van korrelgrootte (Berendsen,1997).



*Figuur 1 De ligging van het Drentse Aa studiegebied.*

Het stroomgebied is een natuurlijk beekstelsel. Alle beken ontspringen in het gebied en voeren het neerslagoverschot af. De afwatering is bepaald door de ruggen die op het Drents plateau voorkomen. De Drentse Aa watert af naar het Lauwersmeer.

De keileem heeft een belangrijke invloed op de ontwatering. Op de keileem stagneert het grondwater. In het Holoceen is er daardoor op vele plaatsen veen ontstaan.

Het landgebruik hangt samen met de hoogteligging en de zonering van de bodems. De laagste delen van de beekdalen bestaan uit veengronden. Langs de beken liggen smalle zones met gleygronden. Op deze laaggelegen vochtige gronden in de beekdalen komt weiland voor. De middelhoge zandgronden zijn in gebruik als akkerland. Hier bestaat de bodem uit enkeerdgronden en laarpodzolgronden. Op de hoge zandgronden bestaat de bodem uit veldpodzolgronden. Op de Hondsrug komen ook haarpodzolgronden voor (Berendsen, 1997).

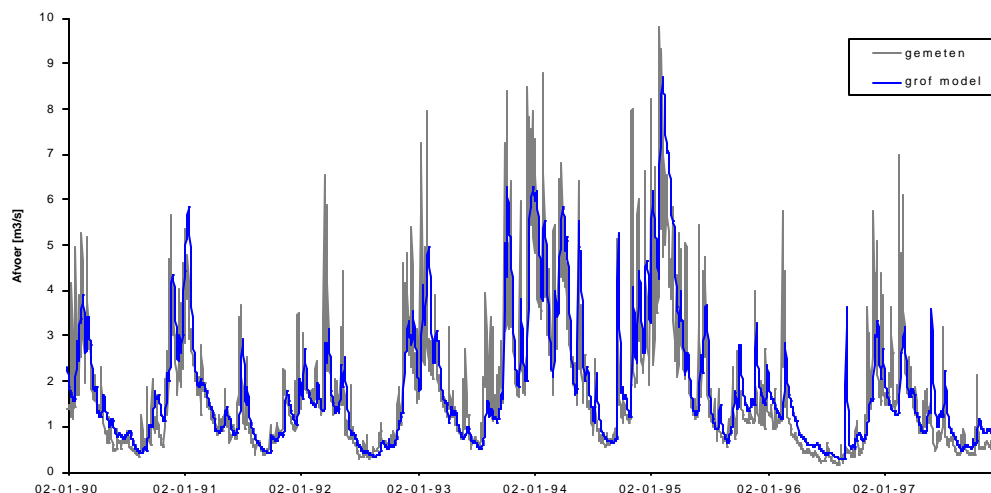
### **3.2 Modelling met SIMGRO**

Van het Drentse Aa gebied waren bij aanvang van de studie twee SIMGRO-modellen beschikbaar: een grof model met circa 1000 knopen en een fijner model met circa 3000 knopen. Voor het doorrekenen van de verschillende maatregelen is er eerst een keuze gemaakt uit deze twee modellen. Hiervoor zijn de berekende grondwatertrappen van beide modellen vergeleken met de grondwatertrappen van de bodemkaart 1:50 000 (Aanhangsel A 7 1, 2 en 3). Op basis van deze drie kaarten is er gekozen voor het grove model omdat de berekende Gt van dit model beter de Gt van de bodemkaart benadert. Het fijnere model berekent een te hoge grondwaterstand. Dit is duidelijk te zien als de GHG in Aanhangsel A 7 en A 14 vergeleken worden.

In beide modellen bleek het verdeelwerk bij Loon niet te zijn opgenomen. Omdat het grovere model een betere overeenkomst vertoont tussen berekende en gekarteerde grondwatertrappen is er voor gekozen om alleen voor dit model het verdeelwerk toe te voegen. Dit betekent ook dat dit grove model gebruikt wordt om de verschillende maatregelen door te rekenen.

Bij het verdeelwerk gaat er maximaal 3 m<sup>3</sup>/s naar de Drentse Aa. Een hogere afvoer gaat naar het NoordWillemsKanaal. Omdat er door het toevoegen van het verdeelwerk meer water naar de Drentse Aa gaat moeten daar ook de Q(h)-relaties aangepast worden omdat deze waren gebaseerd op een lagere afvoer. De nieuwe Q(h)-relaties zijn gebaseerd op DufLOW-berekeningen uit Marsman et al. (1998). De vergelijking van de gemeten en berekende afvoer bij Schipborg wordt weergegeven in Figuur 2. Na toevoeging van het verdeelwerk komt de berekende afvoer goed overeen met de gemeten afvoer. De grootste verschillen treden op bij pieken; deze worden op enkele tijdstippen iets onderschat.

Voor een verdere beschrijving van het model wordt verwezen naar Marsman et al. (1998) en van der Bolt et al. (2000).



Figuur 2 Vergelijking van de gemeten en berekende afvoer bij Schipborg

### 3.3 Maatregelpakketten

Met het SIMGRO-model van de huidige situatie (huidige inrichting, huidig klimaat) is een periode van 49 weerjaren (1951-1999) doorgerekend. Vervolgens is een aantal maatregelpakketten met dezelfde weerjaren doorgerekend en zijn de resultaten vergeleken met de resultaten van de huidige situatie. De maatregelpakketten worden weergegeven in Tabel 2. In de verschillende paragrafen wordt een verdere beschrijving gegeven.

Tabel 2 Omschrijving van de doorgerekende maatregelpakketten.

Maatregelpakket	Omschrijving
0	Huidige situatie
1	20 cm verontdiepen
2	40 cm verontdiepen
3	Alle waterlopen eruit
4	Knijpen detailafwatering
5	Extreem knijpen detailafwatering
6	Knijpen hoofdafwatering
7	Vernatten bosgebieden
8	Berging in uiterwaarden

De selectie van de gebieden waar de verschillende maatregelen van de maatregelpakketten 1 tot en met 5 zijn toegepast is gebaseerd op de volgende drie criteria: het landgebruik (landbouw), de Gt (IV, V/V\*, VI, VII en VIII) en de aanwezigheid van tertiaire waterlopen. De geselecteerde gebieden worden weergegeven in Figuur 3.

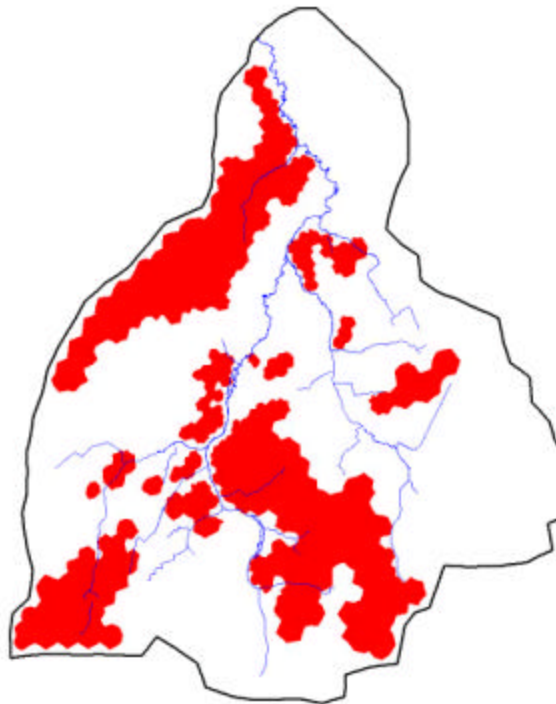
Het landgebruik is gebaseerd op de invoerbestanden van SIMGRO. Hiermee zijn de gebieden geselecteerd met minimaal 70% landbouw en minder dan 6% bebouwing. De keuze voor minder dan 6% bebouwing is gekozen omdat het minimale

percentage dat voorkomt 5% is in het invoerbestand. Van deze gebieden is de Gt en de aanwezigheid van tertiaire waterlopen bepaald. De gebieden die aan alle voorwaarden voldoen zijn meegenomen bij de maatregelen.

De tertiaire waterlopen zijn in SIMGRO de 2e en 3e orde waterlopen (Tabel 3).

Tabel 3 De diepten van de waterlopen in het model

orde	omschrijving	diepte (m)
1	WIS	1.0 - 4.5
2	sloten	1.0 - 1.6
3	sloten	0.3 - 0.5
4	drains	0.75 - 1.0
5	greppels	0.25



Figuur 3 Aanduiding van de gebieden waar de verschillende maatregelen van maatregelpakketten 1 t/m 5 zijn toegepast.

### 3.3.1 Maatregelpakket 1 (20 cm verontdiepen)

In dit maatregelpakket worden de landbouwgebieden vernat. Dit is gedaan door van de aan alle criteria voldane gebieden (zie figuur 3) de diepte van de tertiaire waterlopen met 20 cm te verminderen. Hierbij is rekening gehouden met de stuwhoogte in de eerste orde waterloop. Als deze hoger ligt dan de bodem van de tertiaire waterlopen, is de diepte van de tertiaire waterloop 20 cm boven de stuwhoogte gebracht.

### **3.3.2 Maatregelpakket 2 (40 cm verontdiepen)**

In dit maatregelpakket worden de landbouwgebieden verder vernat. Hiervoor zijn dezelfde procedures als in het vorige maatregelpakket gebruikt. Het verschil is de diepte; deze is hier met 40 cm verminderd.

### **3.3.3 Maatregelpakket 3 (alle waterlopen eruit)**

In dit maatregelpakket worden de landbouwgebieden het meest extreem vernat. In deze gebieden wordt de diepte van de 5e orde waterlopen, de greppels, van 25 naar 10 cm gebracht. Verder zijn de tertiaire waterlopen (2e, 3e en 4e orde in SIMGRO) op deze knopen geheel verwijderd. Op deze knopen wordt door SIMGRO een extra systeem toegevoegd (systeem 0). Dit systeem voert alleen water door van bovenstroomse gebieden. Er vindt geen interactie plaats met het water binnen een knoop.

### **3.3.4 Maatregelpakket 4 (knijpen detailafwatering)**

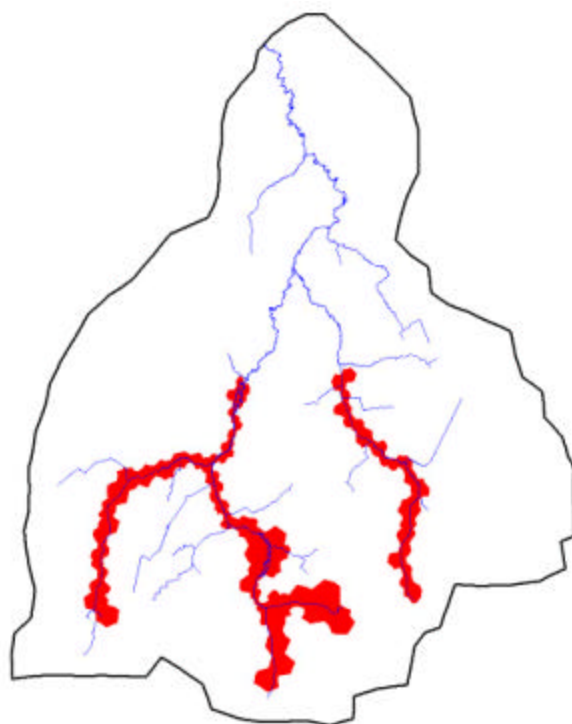
De landbouwgebieden worden vernat en ook wordt de afwatering in deze gebieden geknepen. Het knijpen van de afwatering is gedaan door op de geselecteerde knopen de afvoer in de  $Q(h)$ -relatie te halveren bij een gelijke waterhoogte in het detailontwateringssysteem. Het nulniveau (waar de afvoer begint) wordt overgenomen van maatregelpakket 2 (40 cm verontdieping). In termen van maatregelen kan gedacht worden aan versmallen van de waterlopen, vermindering van onderhoud of aanleggen van debietreducerende kunstwerken.

### **3.3.5 Maatregelpakket 5 (extreem knijpen detailafwatering)**

Zoals bij maatregelpakket 4 is hier de afvoer in de  $Q(h)$ -relatie tot een kwart teruggebracht bij een gelijke waterhoogte.

### **3.3.6 Maatregelpakket 6 (knijpen hoofdafwatering)**

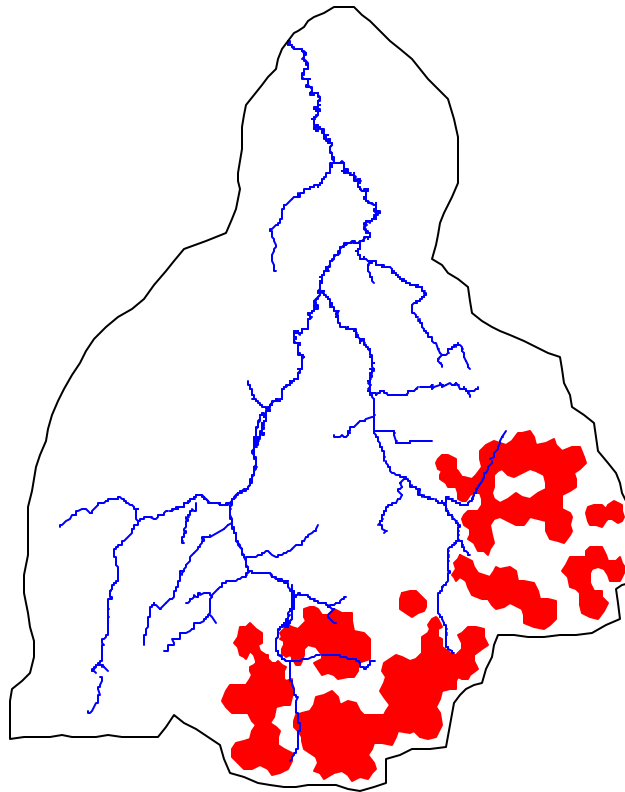
De selectie van de knopen waarin de beken liggen wordt gegeven in Figuur 4. Op deze knopen zijn de  $Q(h)$ -relaties aangepast door de afvoer te halveren bij dezelfde waterhoogte.



*Figuur 4 Selectie van beken waar de  $Q(h)$ -relatie is aangepast in maatregelpakket 6*

### **3.3.7 Maatregelpakket 7 (vematten bosgebieden)**

De selectie van de knopen waar de vegetatie bos is wordt in Figuur 5 weergegeven. Deze knopen zijn geselecteerd op basis van de vegetatie in de invoerbestanden van het SIMGRO-model. Van deze geselecteerde knopen is het streefpeil op 20 cm boven het maaiveld in een knoop gezet.

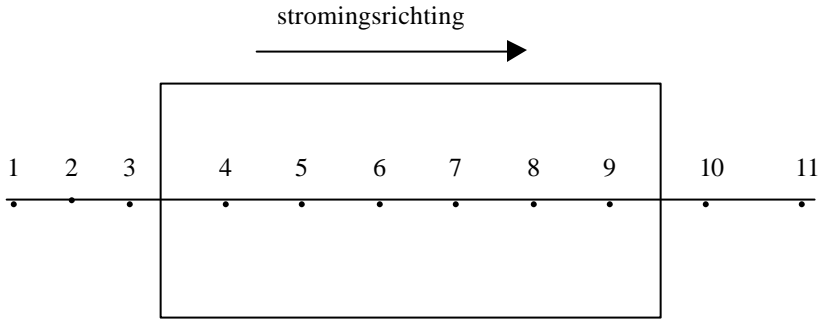


*Figuur 5 Aanduiding van bosgebieden.*

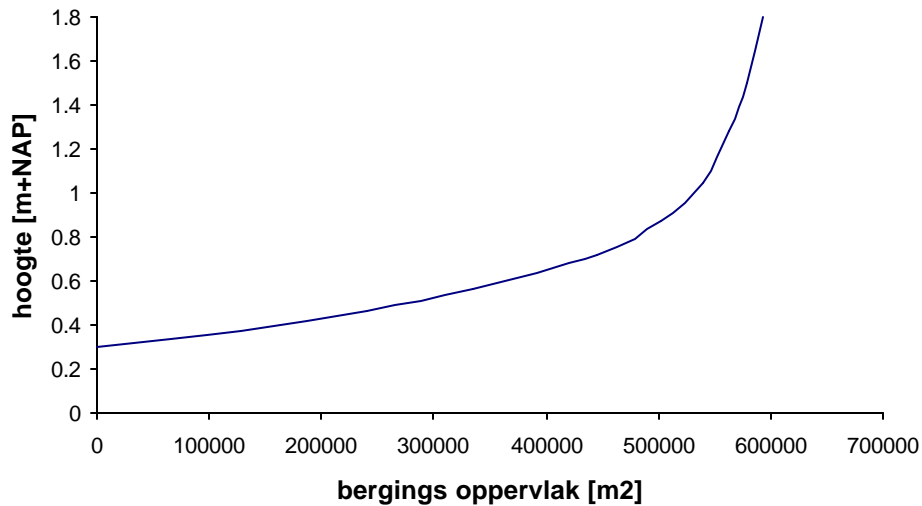
### **3.3.8 Maatregelpakket 8 (berging in uiterwaarden)**

De berging van water in de uiterwaarden langs de benedenloop van de Drentse Aa wordt gesimuleerd met het model SIMWAT (Querner, 2000). Dit model simuleert de stroming in een oppervlaktewatersysteem. Het oppervlaktewater wordt verdeeld over lijnstukken die verbonden worden door knopen. Aan de knopen wordt een maaiveld hoogte, bodem hoogte, waterberging en initiële waterhoogte toegekend. Aan de lijnstukken wordt een lengte, doorsnede profiel en ruwheidsfactoren toegekend. Met behulp van deze informatie wordt met de Manning-formule de waterbeweging door het netwerk gesimuleerd.

Voor de Drentse Aa met uiterwaarden is de schematisatie in Figuur 6 gemaakt. Op knoop 1 wordt de uitvoer van SIMGRO als invoer gebruikt. De uiterwaard wordt gesimuleerd door aan de knopen 4 t/m 9 een extra berging toe te voegen. Dit wordt gedaan met de relatie in Figuur 7. Deze relatie is bepaald aan de hand van de maaiveldshoogten in de uiterwaard. De maximale hoogte in de uiterwaard is 1.8 m+NAP. Op dit punt staat de gehele uiterwaard onder water. De toename van de extra berging begint op 0.3 m+NAP. Dit is het laagste maaiveld van de uiterwaard. Tussen deze twee hoogten neemt de berging toe. Dit gaat eerst snel en daarna langzamer, omdat de hogere delen van de uiterwaard een kleiner oppervlak hebben. Het maximale bergingsoppervlak is 356 ha. Dit wordt over zes knooppunten verdeeld. Dus per knooppunt is er maximaal 59 ha extra waterberging mogelijk.



Figuur 6 Schematisatie van het SIMWAT model



Figuur 7 Hoogte-bergingsrelatie in maatregelpakket 8

### 3.4 Resultaten

Uit de veelheid van rekenresultaten is een selectie gemaakt. Allereerst worden de effecten van de maatregelpakketten op de afvoerstatistieken beschreven. Vervolgens komen in de maatregelpakketten afzonderlijk aan de orde. In aanhangsel A wordt voor de verschillende maatregelpakketten de GVG en de verandering van de GVG van de maatregelpakketten ten opzichte van de huidige situatie weergegeven. Een vernatting heeft een positieve waarde en een verdroging heeft een negatieve waarde.

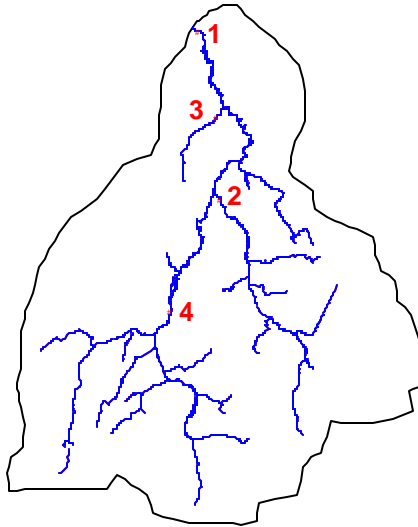
#### 3.4.1 Afvoerstatistieken

In Figuur 8 wordt de ligging aangegeven van de 4 punten waar de afvoer behorende bij enkele herhalingstijden is bepaald. Het oppervlak van het stroomgebied van punt 1 heeft een oppervlak van ca. 25 800 ha. Het percentage van het oppervlak waar maatregelen zijn genomen is hiervan 28%. Het stroomgebied van punt 2 heeft een



oppervlak van 7890 ha met 15% maatregelen, punt 3 2410 ha met 62% maatregelen en punt 4 10 800 ha met 37% maatregelen.

In Tabel 4, 5, 6 en 7 wordt de afvoeranalyse gegeven van deze 4 punten. De basisafvoer is gedefinieerd als de afvoer die gemiddeld 95% van het jaar overschreden wordt. Afvoeren met een herhalingsstijd van 10 jaar of langer zijn als extreem aan te merken. De berekende afvoeren bij een herhalingsstijd van 1 keer per 25 jaar zijn zeer onzeker omdat ze in de doorgerekende periode per maatregelpakket maar 1 keer voorkomen (omdat de rekenperiode korter is dan 50 jaar is geen afvoer met een herhalingsstijd van 50 jaar te geven). Deze waarden zijn daarom slechts een indicatie voor wat er met extreem hoge afvoeren aan reductie plaatsvindt. Bij de interpretatie van de rekenresultaten moet in het acht worden genomen dat door de afkoppeling van afvoeren op het NoordWillemskanaal de piekafvoeren van het gehele stroomgebied een geknepen (afgeroomd) karakter hebben. Naar schatting voor 40% van het oppervlakte is deze afknijping van toepassing.



*Figuur 8 Ligging van de punten met afvoeranalyse.*

Tabel 4 Afvoer (m<sup>3</sup>/s) bij verschillende herhalings tijden op punt 1. Onder de afvoer staat per maatregelpakket het verschil met de afvoer van de huidige situatie

	herhalings tijd van de dagafvoeren					
	1x/25 jaar	1x/10 jaar	1x/5 jaar	1x/jaar (maatgevende afvoer)	15x/jaar	350x/jaar (basisafvoer )
huidig SIMGRO	10.45	10.36	9.91	8.52	5.77	0.49
Maatregelpakket 1	10.48	10.37	9.87	8.52	5.77	0.49
	0.3%	0.0%	-0.4%	-0.1%	0.1%	0.6%
Maatregelpakket 2	10.50	10.37	9.86	8.53	5.78	0.50
	0.5%	0.1%	-0.4%	0.1%	0.2%	0.8%
Maatregelpakket 3	10.69	10.46	9.89	8.43	5.66	0.52
	2.3%	0.9%	-0.1%	-1.1%	-1.9%	5.3%
Maatregelpakket 4	10.10	10.04	9.78	8.51	5.75	0.50
	-3.3%	-3.1%	-1.3%	-0.2%	-0.3%	1.2%
Maatregelpakket 5	9.87	9.79	9.63	8.27	5.71	0.50
	-5.5%	-5.5%	-2.8%	-2.9%	-1.0%	1.4%
Maatregelpakket 6	9.87	9.76	9.50	7.09	4.66	0.50
	-5.6%	-5.8%	-4.1%	-16.9%	-19.1%	1.0%
Maatregelpakket 7	10.39	10.32	9.87	8.28	5.59	0.51
	-0.6%	-0.4%	-0.4%	-2.9%	-3.1%	3.1%
huidig SIMWAT	9.90	9.67	9.28	8.35	5.75	0.49
Maatregelpakket 8	9.02	8.99	8.79	7.95	5.54	0.49
	-8.8%	-7.0%	-5.3%	-4.8%	-3.6%	0.0%

Tabel 5 Afvoer (m<sup>3</sup>/s) bij verschillende herhalings tijden op punt 2

	herhalings tijd van de dagafvoeren					
	1x/25 jaar	1x/10 jaar	1x/5 jaar	1x/jaar (maatgevende afvoer)	15x/jaar	350x/jaar (basisafvoer )
huidig SIMGRO	5.20	4.91	4.65	2.91	1.28	0.11
Maatregelpakket 1	5.20	4.91	4.66	2.92	1.28	0.11
	0.0%	0.2%	0.3%	0.2%	0.1%	0.0%
maatregelpakket 2	5.20	4.92	4.68	2.95	1.28	0.11
	0.0%	0.2%	0.6%	1.2%	0.0%	0.0%
maatregelpakket 3	5.20	4.91	4.75	3.01	1.26	0.12
	0.0%	0.0%	2.2%	3.4%	-1.2%	1.8%
maatregelpakket 4	5.19	4.89	4.61	2.88	1.28	0.11
	-0.1%	-0.3%	-0.9%	-1.1%	0.4%	0.9%
maatregelpakket 5	5.19	4.87	4.54	2.79	1.28	0.11
	-0.2%	-0.8%	-2.3%	-4.1%	0.0%	0.9%
maatregelpakket 6	4.84	4.17	3.83	2.98	1.29	0.11
	-6.8%	-15.1%	-17.6%	2.2%	0.5%	0.9%
maatregelpakket 7	5.18	4.36	4.01	2.58	1.24	0.12
	-0.3%	-11.0%	-13.7%	-11.6%	-2.7%	1.8%

Tabel 6 Afvoer (m<sup>3</sup>/s) bij verschillende herhalingstijden op punt 3

	herhalingstijd van de dagafvoeren					
	1x/25 jaar	1x/10 jaar	1x/5 jaar	1x/jaar (maatgevende afvoer)	15x/jaar	350x/jaar (basisafvoer)
huidig SIMGRO	2.93	2.77	2.21	1.52	0.74	0.01
maatregelpakket 1	3.25	2.88	2.27	1.59	0.75	0.01
	10.7%	4.1%	2.9%	4.6%	1.6%	0.0%
maatregelpakket 2	3.49	2.97	2.29	1.64	0.77	0.01
	19.0%	7.1%	3.6%	7.5%	4.4%	7.7%
maatregelpakket 3	5.32	3.23	2.54	1.80	0.77	0.02
	81.5%	16.5%	14.9%	18.2%	4.5%	23.1%
maatregelpakket 4	2.49	2.42	1.89	1.44	0.73	0.01
	-14.9%	-12.6%	-14.2%	-5.8%	-1.2%	7.7%
maatregelpakket 5	2.07	2.02	1.67	1.18	0.67	0.01
	-29.5%	-27.0%	-24.2%	-22.4%	-8.8%	7.7%
maatregelpakket 6	2.93	2.77	2.21	1.52	0.74	0.01
	0.0%	0.0%	0.0%	-0.1%	0.0%	0.0%
maatregelpakket 7	2.93	2.77	2.21	1.52	0.74	0.01
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Tabel 7 Afvoer (m<sup>3</sup>/s) bij verschillende herhalingstijden op punt 4

	herhalingstijd van de dagafvoeren					
	1x/25 jaar	1x/10 jaar	1x/5 jaar	1x/jaar (maatgevende afvoer)	15x/jaar	350x/jaar (basisafvoer)
huidig SIMGRO	10.22	9.65	9.36	6.55	2.84	0.15
maatregelpakket 1	10.28	9.67	9.41	6.65	2.85	0.15
	0.6%	0.1%	0.5%	1.5%	0.5%	0.7%
maatregelpakket 2	10.30	9.67	9.43	6.71	2.86	0.15
	0.8%	0.2%	0.7%	2.5%	0.6%	0.7%
maatregelpakket 3	10.45	9.74	9.53	6.72	2.80	0.17
	2.3%	0.9%	1.8%	2.5%	-1.4%	7.8%
maatregelpakket 4	10.01	9.51	9.00	6.32	2.82	0.16
	-2.0%	-1.4%	-3.9%	-3.5%	-0.7%	1.3%
maatregelpakket 5	8.30	8.12	7.10	5.75	2.79	0.16
	-18.7%	-15.8%	-24.2%	-12.2%	-1.8%	2.0%
maatregelpakket 6	5.96	5.90	5.53	4.84	2.95	0.16
	-41.7%	-38.8%	-40.9%	-26.1%	4.0%	1.3%
maatregelpakket 7	10.13	9.52	7.87	5.61	2.59	0.17
	-0.9%	-1.3%	-15.9%	-14.3%	-8.9%	9.2%

### 3.4.2 Maatregelpakket 1 (20 cm verontdiepen)

In dit maatregelpakket veranderen de afvoerstatistieken voor het gehele gebied en alle deelgebieden weinig, met uitzondering van gebied 3 (Tabel 6). Hier is de verandering het grootst met een toename van 4.6% bij de afvoer met een herhalingstijd van 1 jaar en zelfs een toename van 10.7% bij een herhalingstijd van 25 jaar. Een mogelijke verklaring is dat in dit deelgebied een vlakkere ligging heeft, er

relatief veel gt V voorkomt en doordat in dit stroomgebied over het grootste oppervlak (62%) maatregelen zijn toegepast. De andere punten hebben een kleinere toename van rond de 0.5% of zelfs een kleine afname op punt 1.

De toename van de afvoer is te verklaren doordat het gebied natter wordt met hogere grondwaterstanden (Aanhangsel A 7 en A 14). Hierdoor neemt de berging af en zal er een snellere reactie zijn op grote hoeveelheden neerslag.

### **3.4.3 Maatregelpakket 2 (40 cm verontdiepen)**

Een verontdieping van de waterlopen met 40 cm heeft meer veranderingen tot gevolg. De gebieden waar maatregelen genomen zijn, zijn natter dan in maatregelpakket 1 en zeker natter dan in de huidige situatie (Aanhangsel A 8 en A 15). De verhoging van GVG vindt alleen plaats in de gebieden waar de maatregelen genomen zijn. Hierdoor neemt de berging verder af waardoor de hoge afvoeren toenemen. Desondanks zijn de effecten beperkt, wederom met uitzondering van gebied 3.

Door het verhogen van de drainagebasis treedt een vernatting op. Door deze vernatting neemt de berging af en de afvoer toe. De GVG komt hoger te liggen naarmate de drainagebasis hoger komt te liggen. Ook de afvoer neemt dan verder toe.

### **3.4.4 Maatregelpakket 3 (alle waterlopen eruit)**

Het verwijderen van de waterlopen heeft nog meer effect op de grondwaterstanden en de afvoer. De gebieden waar deze maatregel is toegepast worden veel natter en ook is er een vernatting (tot een verhoging van de GVG met 10 cm) in de gebieden waar geen maatregelen genomen zijn (Aanhangsel A 9 en A 16). De extreme afvoeren nemen voor het gehele gebied met ca. 3% toe hetgeen niet echt dramatisch is te noemen. Voor de bekende maatgevende afvoer (met een herhalingsstijd van 1 jaar) is er zelfs een afname berekend. Een verklaring hiervoor is wellicht dat door grotere verschillen in reactietijd deze afvoer voor grote gebieden juist omlaag gaat. Opvallend is verder dat gebied 2 nog minder reactie vertoont. Maar daar is de oppervlakte waar de maatregel wordt doorgevoerd relatief beperkt en bovendien is dat een gebied met weinig tertiaire waterlopen. Gebied 4 (Tabel 6) heeft een redelijk oppervlakte waar de maatregel wordt toegepast (Figuur 3) maar alleen in het zuidwestelijk deel zijn er relatief veel tertiaire waterlopen. Maar de effecten van het maatregelpakket zijn beperkt. Gebied 3 geeft het beste aan wat de effecten van het maatregelpakket zijn. De afvoer met een herhalingsstijd van 1 jaar neemt hier toe met 18.2% en de afvoer met een herhalingsstijd 25 jaar zelfs met 81.5%. Dat zijn reducties die zoden aan de dijk zetten! Dat hier ook de basisafvoer fors toeneemt is wellicht een gevolg van een reductie van de verdamping door wateroverlast.

### **3.4.5 Maatregelpakket 4 (knippen detailafwatering)**

Als er ten opzichte van maatregelpakket 2 ook de afvoer geknepen wordt nemen voor het gehele gebied de piekafvoeren af met ca. 3% en neemt de basisafvoer iets toe (ca. 1%). De grootste veranderingen treden op in gebied 3. De toename slaat om een forse reductie van ca. 15% voor de extreme afvoeren en ca. 6% voor de maatgevende afvoer (ten opzichte van de huidige situatie). De GVG neemt vergelijkbaar met maatregelpakket 2 toe, met enkele kleine verschillen waar de GVG iets verder toeneemt (Aanhangsel A 10, A 17 en A 18).

### **3.4.6 Maatregelpakket 5 (extreem knippen detailafwatering)**

Als de afvoer nog verder geknepen wordt, neemt de piekafvoer verder af en neemt de basisafvoer verder toe, ongeveer in verhouding tot de mate van ingreep. Ook de GVG wordt hoger (Aanhangsel A 11, A 19 en A 20). Knippen van de detailafwatering is dus kennelijk een effectieve maatregel om de piekafvoeren te reduceren bij gelijktijdige vernatting.

### **3.4.7 Maatregelpakket 6 (knippen hoofdafwatering)**

Het knippen van de afvoercapaciteit in de hoofdbeken resulteert in een afname van de extreme afvoer van ca. 6% en een kleine toename van de basisafvoer tot gevolg. Dit maatregelpakket is alleen doorgevoerd in gebieden 2 en 4 (Figuur 4). In gebied 2 is er vooral een effect berekend bij afvoeren met een herhalingsstijd van 5 en 10 jaar; in gebied 4 daarentegen is er een forse reductie van de extreme afvoeren van ca. 40% en een reductie van ca. 26% voor de maatgevende afvoer. Een verklaring voor deze verschillen is niet te geven.

In de gebieden rond de aangepaste beken wordt het natter en in de gebieden benedenstrooms wordt het iets droger, hetgeen conform de verwachting is (Aanhangsel A 12 en A 21).

### **3.4.8 Maatregelpakket 7 (vernatten bosgebieden)**

Door het vernatten van de bosgebieden neemt de afvoer af op de punten 2 en 4. Op punt 3 is er geen verandering van de afvoer door de vernatting, omdat deze in een ander deelstroomgebied plaatsvindt. In de vernatte bosgebieden en de gebieden hier omheen wordt de grondwaterstand hoger (Aanhangsel A 13 en A 22). In de uitgangstoestand is in de vernatte de grondwatertrap overwegend gt VI en VII en weinig tertiaire waterlopen (althans in het model). De vernatting is kennelijk niet zodanig dat de extreme afvoeren toenemen en door de feitelijke opheffing van de detailontwatering neemt de maatgevende afvoer met ca. 12 resp. 14% af. Het verschil in reactie van dit maatregelpakket in gebieden 2 en 4 in vergelijking met maatregelpakketten 2, 3 en 4 is opvallend. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat bij maatregelpakket 7 het streefpeil 20 cm boven maaiveld wordt gezet (met als

resultaat dat de afvoer pas op gang komt als er 20 cm water op het land. In de overwegend wegzijgingsgebieden is dat ruim voldoende om extreme neerslagen op te vangen. Bij maatregelpakket 2, 3 en 4 is de berging op het maaiveld in principe niet groter dan in de uitgangssituatie en leidt vernatting juist tot minder berging.

### **3.4.9 Maatregelpakket 8 (berging in uiterwaarden)**

Bij de berging van water in de uiterwaarden treedt voor het gehele gebied een aanzienlijke reductie op van de gematigde en extreme afvoeren; hoger dan met enig ander maatregelpakket is bereikt (Tabel 4). De reductie wordt groter naarmate het debiet hoger is: 8.8% reductie bij een herhalingsstijd van 25 jaar en 4.8% reductie bij een herhalingsstijd van 1 jaar. Deze uitkomst is een bevestiging van resultaten behaald bij eerdere studies: bergen zo dicht mogelijk bij het lozingspunt is effectief.

## **3.5 Conclusies berekeningen Drentse Aa**

Aan de hand van de berekeningen kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

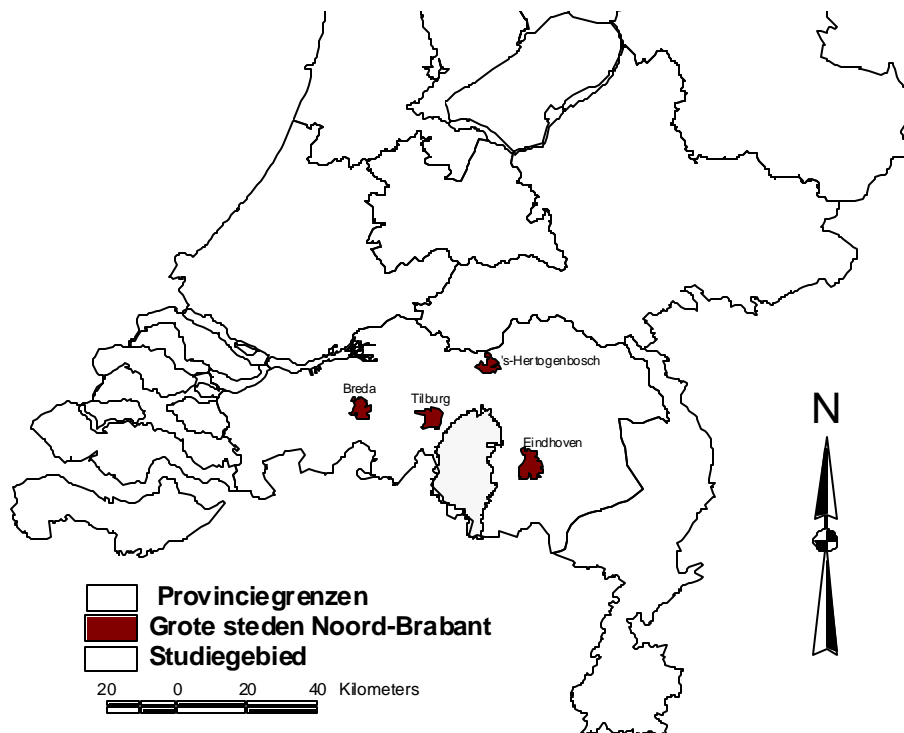
- door verontdiepen of dempen van de kleinere waterlopen in het landbouwgebied is een aanzienlijke verhoging van de grondwaterstanden te bereiken;
- zonder aanvullende maatregelen neemt de piekafvoeren daardoor enigszins toe;
- door de afwatering 'te knijpen' is deze verhoging om te zetten in een verlaging;
- het vernatten van het bosgebied kan zowel de grondwaterstand worden verhoogd als de piekafvoeren gereduceerd;
- de basisafvoer varieert maar weinig tussen de maatregelpakketten;
- inzet van bergingsgebieden bij het lozingspunt heeft een reductie van de extreme piekafvoeren tot ca.10% als resultaat.

## 4 Beerze en Reusel

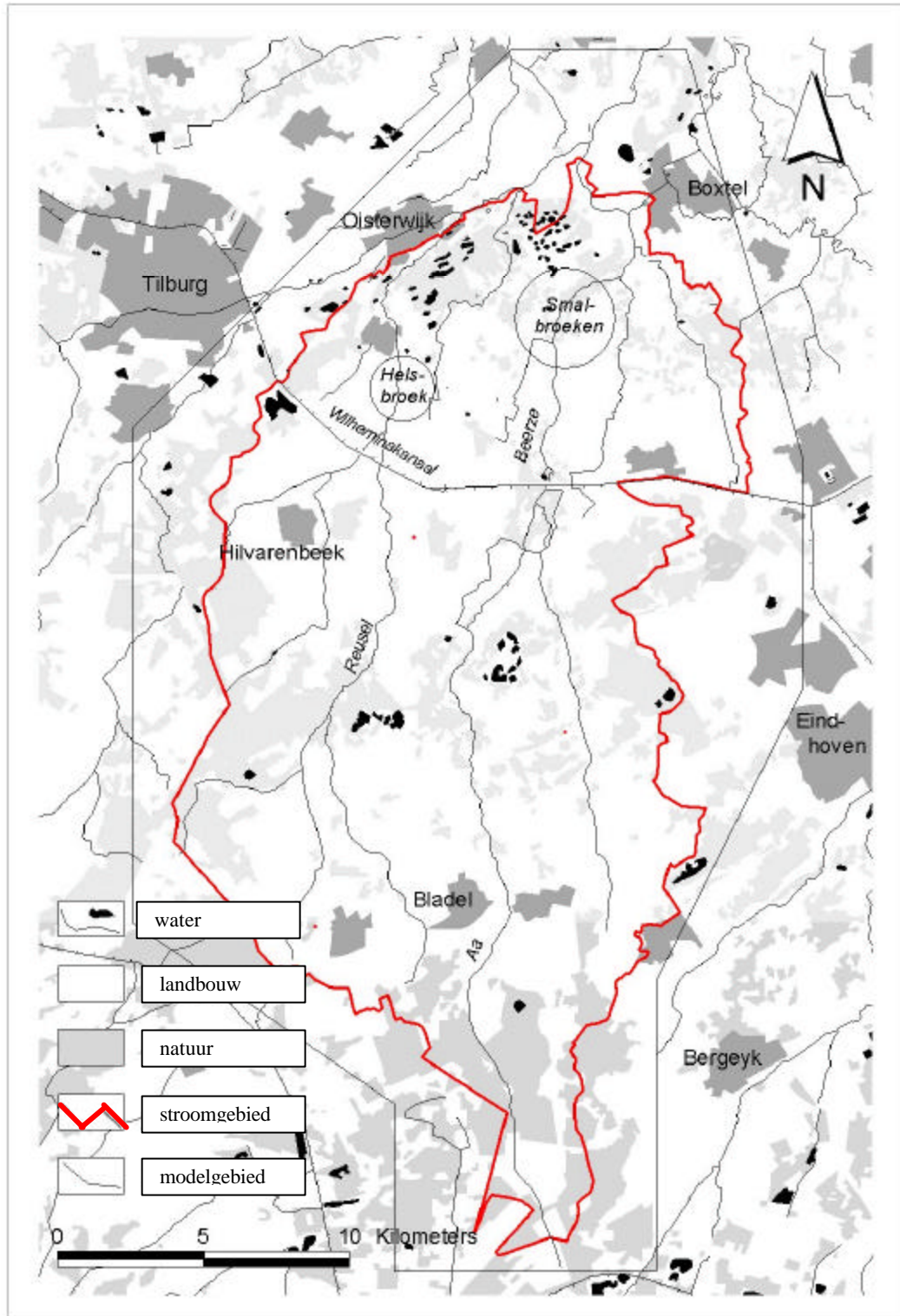
### 4.1 Inleiding

Het studiegebied behoort tot het stroomgebied van de Dommel en omvat het volledige stroomgebied van de Beerze en de Reusel. Het gebied heeft een omvang van circa 44 000 ha (zie Figuur 9 voor de ligging en Figuur 10 voor het gebied zelf) en ligt gedeeltelijk in België. De zuidgrens wordt daarbij gevormd door de waterscheiding tussen het stroomgebied van de Maas en de Schelde; de westgrens valt samen met de waterscheiding tussen de Reusel en de Poppelsche Loop; de oostgrens wordt gevormd door de waterscheiding tussen het dal van de Kleine Beerze en de Dommel. De noordgrens ligt ter hoogte van het punt waar de Beerze in de Essche Stroom uitmondt.

De stroomgebieden van de Beerze en de Reusel liggen in het zwak golvende Brabantse dekzandgebied. Het gebied helt van het zuiden (de Kempen) naar het noorden (rivierengebied); op het hoogste punt van de zuidelijke waterscheiding is de hoogteligging 44 m +NAP; daar waar de Beerze en Essche Stroom samenvloeien is de hoogte 6 m +NAP (Figuur 11). Het gebied wordt doorsneden door een aantal beekdalen waarvan de dalen van de Beerze en Reusel de grootste zijn. De beekdalen zijn diep in het landschap ingesneden, maar de hellingen zijn overwegend glooiend.

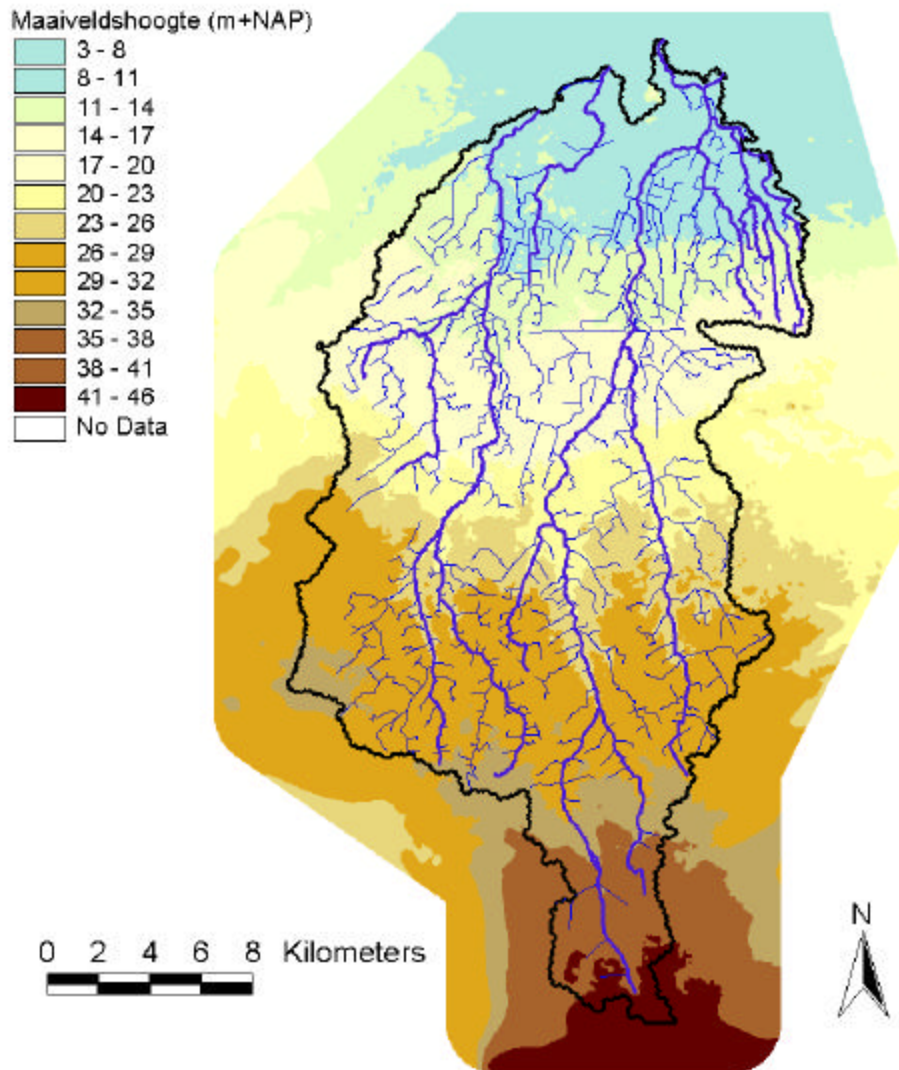


Figuur 9 Ligging van het studiegebied



Figuur 10 Overzicht van het studiegebied Beerze-Reusel





*Figuur 11 Maaiveldhoogteverloop in het stroomgebied van de Beerze en Reusel (bron: Top10-vectorbestand, zie bijvoorbeeld Van Asperen en Haasbroek, 1998)*

Bij het doorsnijden van de dekzandruggen zijn de dalen smal en zijn de hellingen steiler. Het reliëf van de hoger gelegen delen is onregelmatig glooiend. Reliëfrijke stuifzandgronden komen voor, naast vrijwel vlakke gebieden (Teunissen van Manen, 1985).

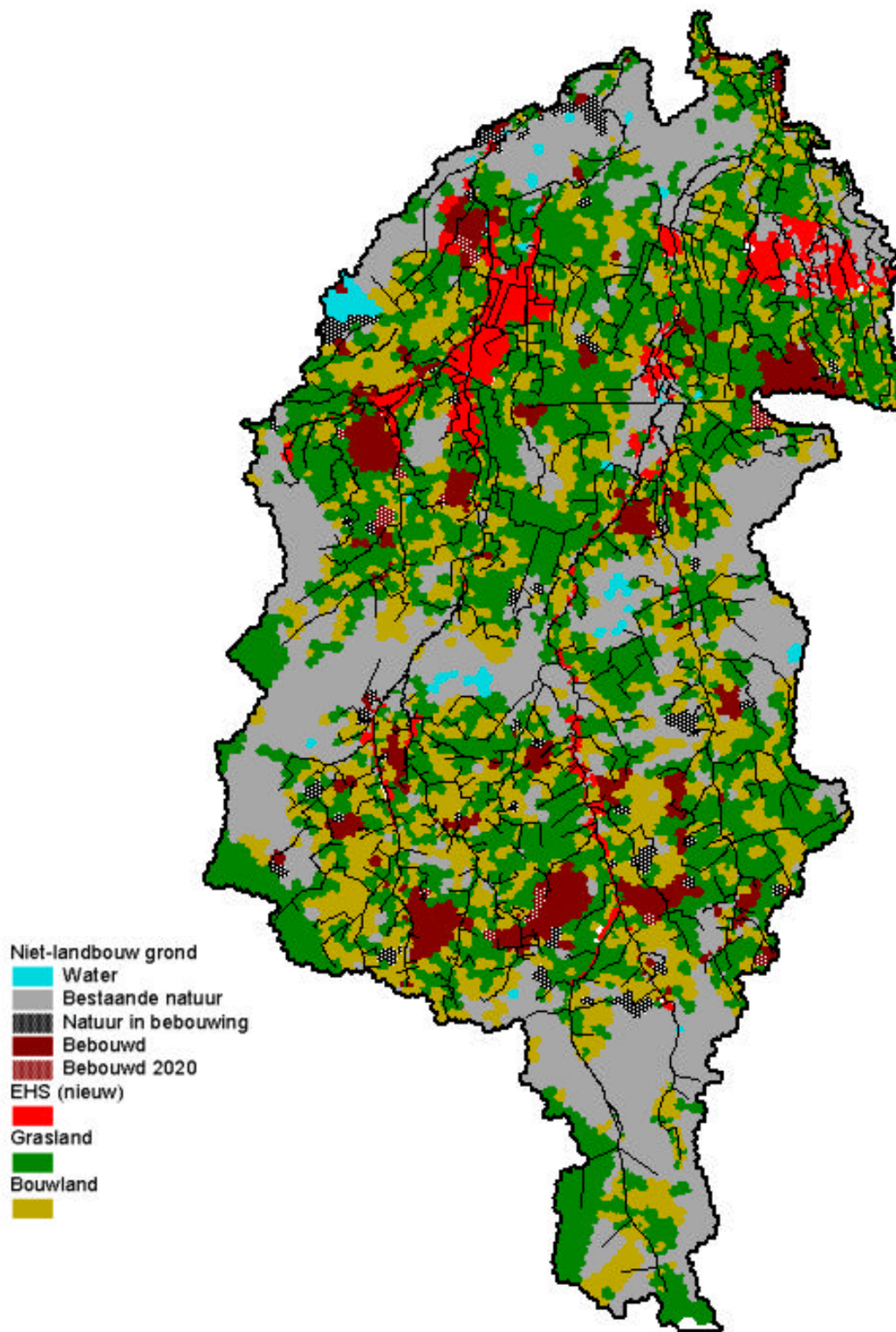
De hydrologische gesteldheid heeft grote invloed gehad op de ontwikkeling van het landschap. De bewoners vestigden zich op plaatsen met relatief droge gronden, geschikt voor bouwland, met in de nabijheid vochtige weidegronden en hooiland. Door mest uit potstallen (mest vermengd met heideplaggen en/of bosstrooisel) op de bouwlanden te brengen zijn de cultuurgronden met een humushoudende bovengrond ontstaan. De mest was overwegend afkomstig van schapen die op heidevelden (ontstaan door ontbossing) graasden. Door ontbossen en het steken van heideplaggen door de mens zijn plaatselijk (op leemarme, hooggelegen droge

gronden) stuifzanden ontstaan. Aan het eind van de negentiende eeuw is het landschap sterk veranderd door ontginningen en bebossing van de heidevelden. Dit werd mogelijk door de uitvinding van kunstmest waardoor de heidevelden hun functie verloren en als bouwland konden worden gebruikt. De nieuwe ontginningsgronden hebben een dunner humeus dek. Bebossing is uitgevoerd om stuifzanden vast te leggen, om erosie van heidevelden te voorkomen en om hout voor de steenkoolmijnen te produceren. Het landschapsbeeld is ten gevolge van deze landbouwkundige ontwikkelingen afwisselend. De beekdalgronden bestaan overwegend uit grasland met plaatselijk moerasbosjes. De jonge ontginningsgronden worden gebruikt als grasland; op enkele plaatsen zijn deze gronden beplant met naaldbos. De stuifzanden zijn begroeid met naaldbos. Plaatselijk komen nog restanten van de heidevelden voor.

Een thematische kaart met het landgebruik is opgenomen in Figuur 12. In deze kaart is verwerkt de uitbreiding van de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) volgens het streefbeeld dat is opgesteld door Dienst Landelijk Gebied (Voorontwerp Begrenzingplan Beerze en Reusel; DLG, 1998).

Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van het SIMGRO-stroomgebiedsmodel dat is beschreven in Van Walsum et al. (2002b).

In de huidige studie zijn een aantal inrichtingsvarianten onderzocht wat betreft hun effecten op natuur en landbouw, en op afvoerkenmerken. De beschrijving van de varianten wordt gegeven in par. 4.2 en de resultaten worden beschreven in par. 4.3. De kaarten met de effecten zijn opgenomen in Aanhangsel B.



Figuur 12 Grondgebruik in de uitgangssituatie

## 4.2 Maatregelpakketten

De doorgerekende maatregelpakketten zijn kort opgesomd in Tabel 8. Merk op dat de uitgangssituatie niet gelijk is aan de huidige situatie. Hier wordt naderhand nog op teruggekomen. In afzonderlijke paragrafen wordt op de maatregelen ingegaan.

Tabel 8 Doorgerekende maatregelpakketten voor het Beerze en Reusel stroomgebied

nr	omschrijving	deelmaatregelen
1	uitgangssituatie	<ul style="list-style-type: none"><li>• verwijderen van sloten, buisdrainages, beregening in de nieuwe EHS-zone</li><li>• omzetten landgebruik naar schraalgrasland in de nieuwe EHS-zone</li></ul>
2	extreem accoladeprofiel hoofdbeken	<ul style="list-style-type: none"><li>• afgraven van uiterwaardstrook van 100 m breed langs de hoofdas van de hoofdbeken</li><li>• verwijderen van stuwen</li><li>• verontdiepen hoofdbeken tot 1.2 m</li><li>• dwarsprofiel dusdanig dat de uiterwaarden overstromen bij halve maatgevende afvoer</li></ul>
3	bufferzones rond natte natuurgebieden	<ul style="list-style-type: none"><li>• verontdiepen sloten met 0.4 m binnen zone tot 20% van de spreidingslengte</li><li>• verontdiepen sloten met 0.2 m in zone vanaf 20% tot 100% van de spreidingslengte</li><li>• verwijderen drainages en beregening in de bufferzones</li><li>• omzetten landgebruik naar extensief landbouwgrasland in de bufferzones</li></ul>
4	stremming slootafvoer	<ul style="list-style-type: none"><li>• bufferzones zoals in maatregelpakket 3</li><li>• stremmen slootafvoer met behulp van duikers</li></ul>
5	extra stremming van slootafvoer	<ul style="list-style-type: none"><li>• tweemaal zo grote stremming slootafvoer met behulp van duikers</li></ul>
6	ondiepe drainage in bufferzones	<ul style="list-style-type: none"><li>• stremmen zoals in maatregelpakket 5</li><li>• drainages op een diepte van 0.6 m met een drainageweerstand van 50 d</li></ul>

### 4.2.1 Uitgangssituatie

Voor de uitgangssituatie is de Ecologische Hoofdstructuur geïmplementeerd door in de betreffende zones alle sloten en buisdrainages te verwijderen, evenals de beregening. Het landgebruik in de zones is omgezet naar schraalgrasland. Voor de meteorologische gegevens is gebruik gemaakt van de meteorologische gegevens van De Bilt voor 1951-2000.

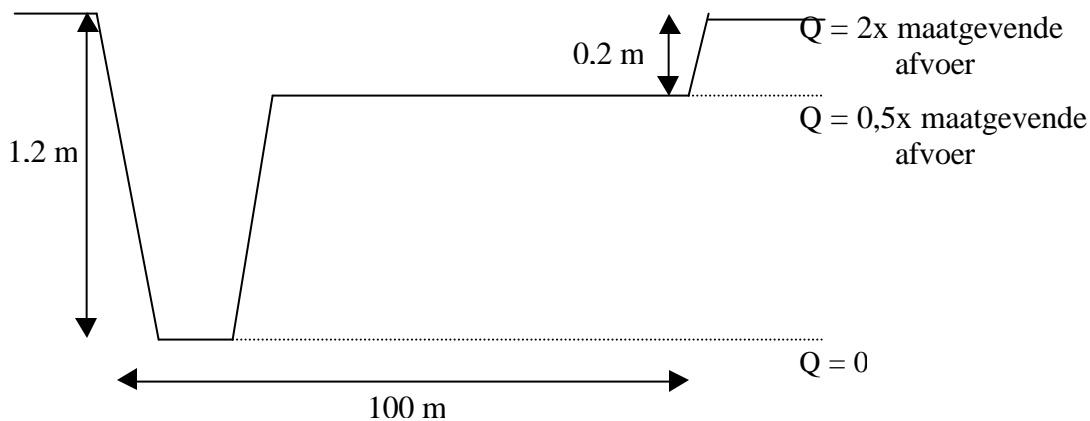
### 4.2.2 Extreem accoladeprofiel in hoofdbeken

Bij het definiëren van een extreem accoladeprofiel zijn als uitgangspunten gehanteerd dat bij veel voorkomende afvoeren de open waterstand duidelijk hoger is dan nu terwijl bij twee maal maatgevende afvoer er een 'kantje boord' situatie is. Het

hydrologische programma van eisen ligt daarmee goeddeels vast. Of dit ook technisch maar vooral bestuurlijk realiseerbaar is, is niet nagegaan (maar voor deze studie ook niet interessant).

Het gebruikte extreme accoladeprofiel is weergegeven in Figuur 13. In het model hebben de knooppunten langs de hoofdbeken een diameter van 100 m, wat overeenkomt met de gevraagde breedte van de uiterwaarden. Om het bergingseffect in de uiterwaarden te simuleren zijn derhalve de maaiveldhoogten van de knooppunten met 0.2 m verlaagd. In het model wordt het water dat via inundatie over de uiterwaarden uitstroomt gesimuleerd als 'zichtbaar grondwater'. Afvoer in de hoofdwatergang 'infiltrert' naar de uiterwaard als het peil boven het (verlaagde) knooppuntsmaaiveld reikt. Daarbij is een infiltratieweerstand van 1 d aangehouden. Indien het bergingseffect letterlijk via de dwarsprofielen van waterlopen was ingevoerd, dan was er een dubbeltelling van de aanwezige berging ontstaan, en was er een te optimistische berekening gemaakt van het afvoerdempend effect van de uiterwaarden.

Het dwarsprofiel heeft in het model een Q-h relatie gekregen waarbij de uiterwaard overstroomt bij de halve maatgevende afvoer. Bij inundatie tot 'maaiveld' (waterdiepte van 0.2 m in de uiterwaard) wordt de afvoer verondersteld het dubbele van de maatgevende afvoer te bedragen. Voor de maatgevende afvoeren is gebruik gemaakt van de uitgangssituatie. In het model zijn de dwarsprofielen van de hoofdbeken (indien dieper) verontdiept tot 1.2 m, en niet versmald. Aangenomen wordt dat de stremming die nodig is om de aangegeven Q-h relatie te realiseren tot stand wordt gebracht via het laten begroeien van het profiel. In het model wordt de berging gelijk gehouden.



Figuur 13 Schematische voorstelling van het extreem accoladeprofiel

### 4.2.3 Vernatting bufferzones

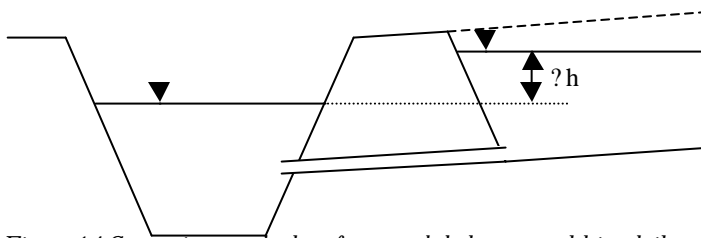
Voor de vaststelling van de gevraagde breedte van bufferzones op basis van de spreidingslengte (een geohydrologische maat voor de afstand waarover het merendeel van de effecten zijn te verwachten) is een globale analyse gemaakt van de doorlatendheidskenmerken van de ondergrond van het Beerze-Reusel stroomgebied. Uit die

analyse bleek dat voor de noordelijke helft van het studiegebied een spreidingslengte van 1000 m een representatieve waarde is, en voor het zuidelijke deel een waarde van 500 m. De scheidslijn tussen de noordelijke en zuidelijke helft wordt gevormd door de Feldbiss-breuk. Bij de implementatie van de bufferzones is als begrenzing van de natuurgebieden de grens genomen van de natte natuur die in potentie in het gebied kan worden gerealiseerd indien alle landbouwgrond omgezet zou worden naar schraalgrasland. Bij dat laatste worden tevens de passende maatregelen genomen zoals het verwijderen van sloten en buisdrainages, en het verwijderen van de beregening. De kaart met de potentiële natte natuur is overgenomen uit Van Walsum et al. (2002a). Op basis van deze kaart en de bufferzonebreedtes is de kaart met verontdieping van sloten afgeleid zoals afgebeeld in Figuur 15.

In de bufferzones is behalve de uitgebeelde verontdieping ook de buisdrainage verwijderd (indien aanwezig) en de beregening uit grondwater. Tevens is bouwland omgezet naar grasland.

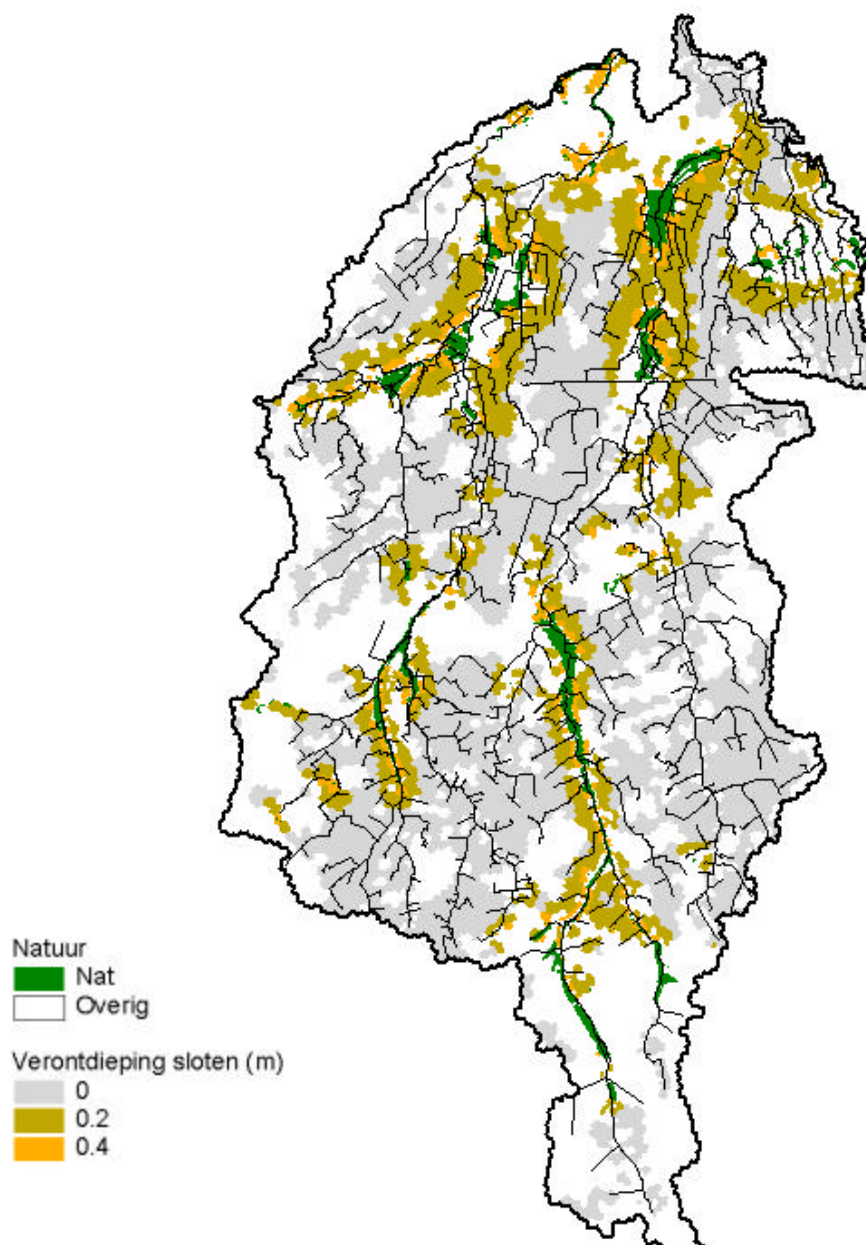
#### 4.2.4 Stremming slootafvoer

Om de effectiviteit te onderzoeken van maatregelen die 'bij de bron aangrijpen' tegen hoogwateroverlast is in maatregelpakketten 4 en 5 de slootafvoer gestremd, met een lichte stremming in 4 en een twee maal zo zware stremming in 5. De stremming is dusdanig in het model geïmplementeerd dat de werking vooral wordt geactiveerd in situaties met veel afvoer. Die werking kan worden bereikt door tussen de slootuitgangen en de afwateringsleidingen duikerconstructies te plaatsen, zoals weergegeven in Figuur 14. Aangenomen is dat de constructie (indien nodig) perceelsgewijs wordt herhaald, zodat het waterpeil in de sloten bij benadering het maaiveld volgt. De duikers zijn in maatregelpakket 4 dusdanig gedimensioneerd dat bij een peilverschil gelijk aan de diepte van de sloot de doorgelaten afvoer  $2 \text{ l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$  bedraagt. In maatregelpakket 5 is dat gehalveerd. Indien het peil in de afwateringsleiding beneden de uitgang van de duiker staat dan wordt niet het peilverschil maar de waterdiepte in de sloot gebruikt voor de Q-h relatie.



Figuur 14 Stremming van de slootafvoer met behulp van een kleine duiker





*Figuur 15 Verontdieping van sloten in bufferzones van natte natuur (maatregelpakket 3 en hoger in vergelijking met 1)*

#### **4.2.5 Ondiepe drainage in bufferzones**

In maatregelpakket 6 is onderzocht wat het effect is van ondiepe drainage in de (vernatte) bufferzones. Als draandiepte is 60 cm aangehouden, bij een drainageweerstand van 50 d. Bij een afvoerintensiteit van 5 mm/d betekent dit dat het model een gemiddelde opbolling van 25 cm berekent, waardoor de maximale opbolling (midden van de percelen) circa 35 cm is, en net tot in de wortelzone van grasland reikt.

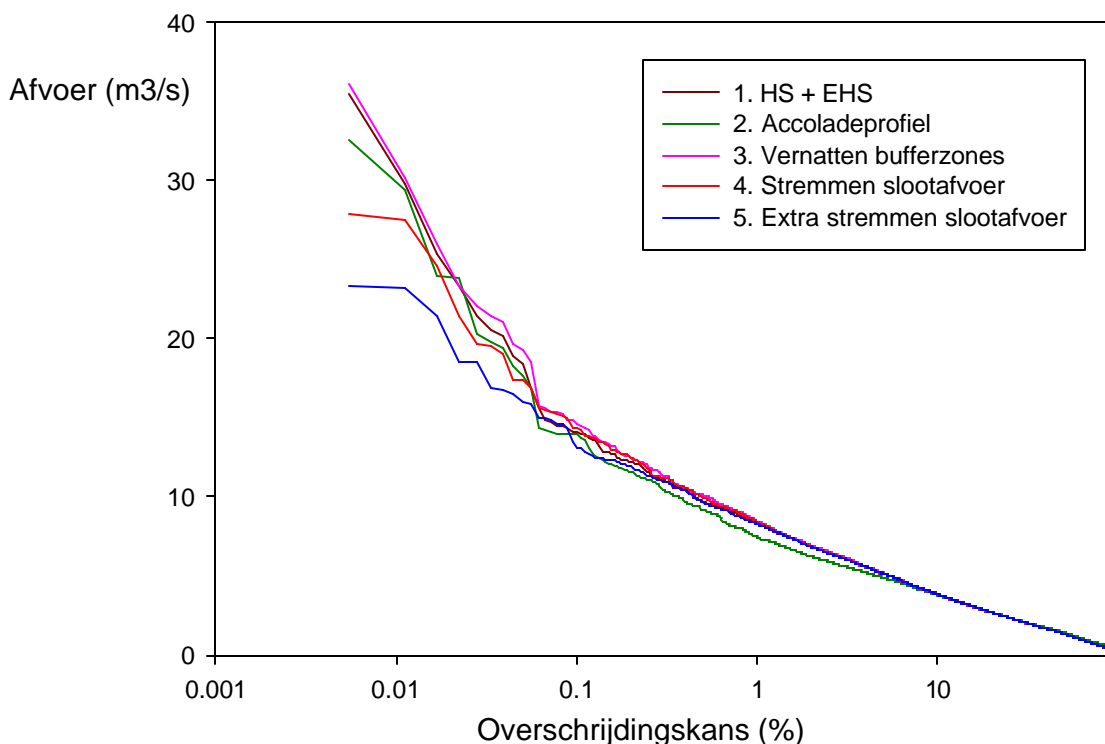
## 4.3 Resultaten

### 4.3.1 Afvoeren

In Tabel 9 is een overzicht gegeven van de afvoeren van de Beerze bij verschillende herhalingstijden. De afvoeren vanaf een herhalingstijd van 1x/10jr zijn behept met een relatief grote mate van onzekerheid vanwege de beperktheid van de steekproef (lengte van de rekenrun is 50 jaar). In Figuur 16 is een grafisch overzicht gegeven van de overschrijdingskansen.

Tabel 9 Overzicht van afvoeren van de Beerze bij verschillende herhalingstijden in verschillende maatregelpakketten. De waarden vanaf een herhalingstijd van 1x/10jr zijn behept met een relatief grote mate van onzekerheid vanwege de beperktheid van de steekproef (lengte van de rekenrun is 50 jaar). Daggemiddelden in m<sup>3</sup>/s.

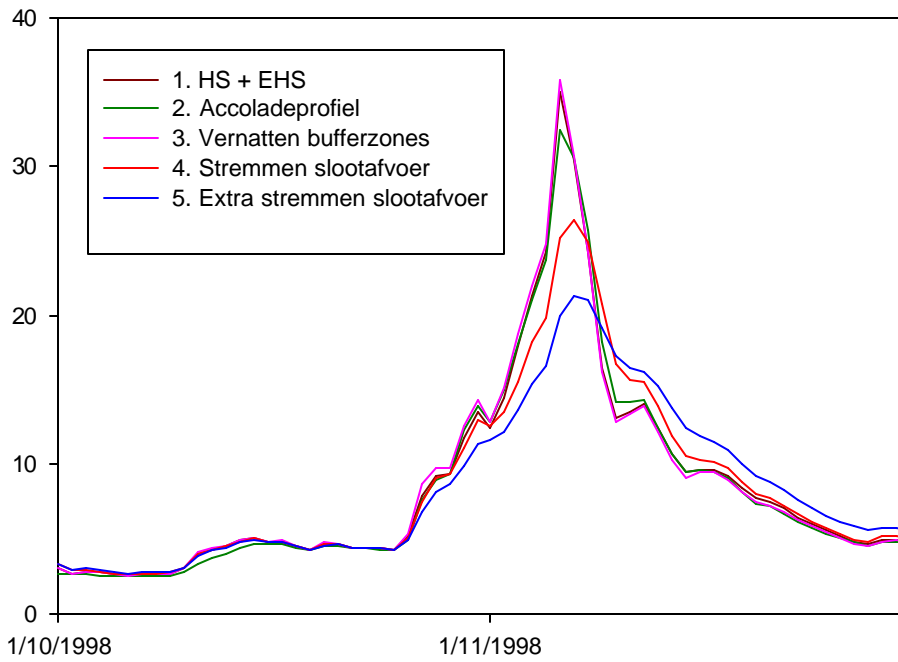
run	omschrijving	Herhalingstijd							
		1x /50jr	1x /25jr	1x /10jr	1x /5jr	1x /2jr	1x /1jr	15x /jr	350x /jr
1	Uitgangssituatie	35.03	30.41	21.30	16.07	12.88	11.11	5.54	0.20
2	Accoladeprofiel	32.43	30.60	21.02	16.17	13.17	11.39	5.26	0.18
3	Vernatten bufferzone	35.74	30.66	21.94	16.19	13.41	11.38	5.53	0.22
4	3+stremmen sloten	26.46	25.13	19.87	15.69	12.69	11.16	5.43	0.22
5	3+extra stremmen sl.	21.37	21.01	17.25	15.24	11.88	10.83	5.41	0.22
6	5+ondiepe drainage	21.29	20.91	17.14	15.16	11.80	10.79	5.48	0.22



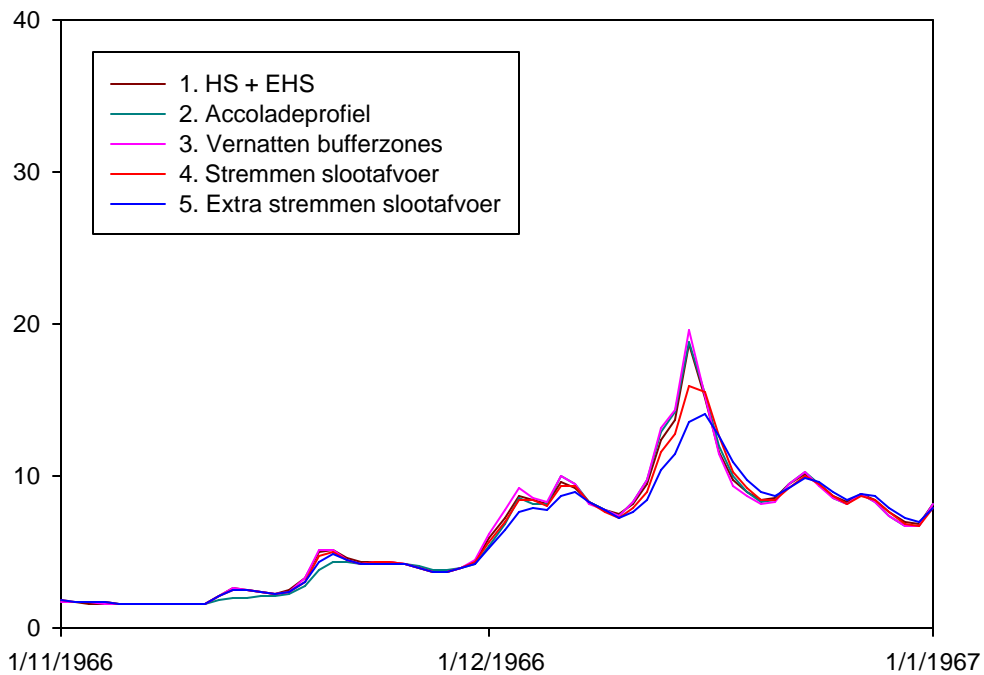
Figuur 16 Overschrijdingskansen van afvoeren van de Beerze, in de zes verschillende maatregelpakketten



Afvoer (m<sup>3</sup>/s)



Afvoer (m<sup>3</sup>/s)



*Figuur 17 Afvoerverloop voor de hoogste piek van de 50-jarige rekenrun (boven) en voor een piek met een herhalings-tijd van 10 jaar (onder). Uitgezet zijn de daggemiddelde waarden van de afvoeren in m<sup>3</sup>/s*

In Figuur 17 zijn weergegeven het afvoerverloop voor de hoogste piek uit de 50-jarige rekenrun en voor een piek met een herhalingstijd van 10 jaar. In de navolgende paragrafen worden de rekenresultaten maatregelpakket-gewijs besproken, inclusief de in Aanhangsel B gegeven effecten op grondwaterstanden, bruto kwel naar de wortelzone in natuurgebieden, en de nat- en droogteschades voor de landbouw.

### **4.3.2 Uitgangssituatie**

In de uitgangssituatie is er een sterke gradiënt van vochtige beekdalen naar droge ruggen, wat goed te zien is in Aanhangsel B 1 van de GHG voor de uitgangssituatie. Op de hoge gronden worden behoorlijk grote droogteschades berekend voor de landbouw, oplopend tot maximaal 23% in het zuidelijkste deel van het gebied (Aanhangsel B 6). Uit het kaartbeeld voor de natschade blijkt dat er daarentegen relatief weinig natschade wordt berekend (Aanhangsel B 5). Opvallend zijn de plekken langs het dal in de bovenloop van de Beerze. Deze plekken worden berekend als gevolg van de vernatting ten behoeve van de nieuwe EHS-gronden langs het beekdal. Voor deze situatie heeft de landbouw zich per definitie niet aangepast, omdat het een (mogelijk) toekomstscenario betreft voor de natuur.

Voor de natte natuur is de 'bruto kwel naar de wortelzone' een belangrijke parameter (zie bijv. Van Walsum et al., 2002a en b). Uit het kaartbeeld voor de uitgangssituatie (Aanhangsel B 4) blijkt dat de voor veel vegetaties kritische grens van 0.5 mm/d (langjarig gemiddelde) op weinig plekken wordt gehaald.

In de uitgangssituatie wordt voor het stroomgebied van de Beerze een maatgevende afvoer van circa 11 m<sup>3</sup>/s berekend, voor een stroomgebiedsomvang van circa 23 000 ha komt dat overeen met een waarde van 0.48 l/s/ha.

### **4.3.3 Accoladeprofiel**

Aanleg van een accoladeprofiel in de hoofdbeken heeft vrijwel overal een fors verhogend effect op de GVG in 'natte' natuurgebieden (Aanhangsel B 7) en op de meeste plekken ook op de GLG (Aanhangsel B 8). Als 'natte' natuurgebieden zijn genomen de potentieel-natte gebieden die ook zijn gebruikt voor het definiëren van de bufferzones (par. 4.2.3). Dit kaartfilter bij het presenteren van de resultaten voor de natuurgebieden is gebruikt voor het kunnen focussen op de relevante deelgebieden. Dat op enkele plaatsen de GLG omlaaggaat is een gevolg van het feit dat in het maatregelpakket alle stuwen in de hoofdwaterlopen zijn verwijderd. Op niet alle plaatsen wordt dat 'opgevangen' door de verontdieping van het profiel tot 1.2 m. Op veel plekken is er een toename van de bruto kwel naar de wortelzone in natuurgebieden (Aanhangsel B 9). Dat is een gevolg van het feit dat door het ondiepere profiel van de hoofdwatergang er een kleiner aandeel van de kwel naar de waterloop wordt afgebogen: daardoor bereikt een groter aandeel van de kwel de wortelzone in de aangrenzende natuurgebieden.

Vooral in het noordelijke deel van het stroomgebied veroorzaakt het accoladeprofiel extra natschade voor de landbouw (Aanhangsel B 10). In het zuidelijke deel zijn er alleen extra schades in de directe nabijheid van de waterlopen. Het afwijkende kaartbeeld tussen het noorden en het zuiden is een gevolg van het veel vlakkere maaiveldsverloop in het noorden (Figuur 11). In het noorden is er daardoor veel eerder een wijdere uitstraling naar de omgeving. Opvallend zijn de grote vlakken in het noorden van het gebied waar de droogteschade afneemt (Aanhangsel B 11).

Wat betreft het afvoerverloop (Figuur 16) blijkt dat het accoladeprofiel relatief het meeste doet bij de hogere 'piek'afvoeren maar de effecten zijn daarbij toch beperkt. Dat is zichtbaar in de aanloop in Figuur 16. Dat het accoladeprofiel relatief weinig doet voor de hogere piekafvoeren komt doordat in vergelijking met de afvoer zelf de gecreëerde extra berging gering is: een strook van 100 m breed en 15 km lang bergt bij een waterdiepte van 0.2 m een volume van 300 000 m<sup>3</sup>. Bij een afvoer van 20 m<sup>3</sup>/s wordt dat volume in slechts 4.2 uur gevuld.

De verlaging van de basisafvoer (van 0.20 naar 0.18 m<sup>3</sup>/s) is een gevolg van het verontdiepen van de grotere waterlopen.

#### **4.3.4 Vernatten bufferzones**

Als gevolg van de doorgerekende vernatting wordt een duidelijk maar nogal bescheiden effect berekend op de natte natuur (Aanhangsel B 12 voor de GVG en Aanhangsel B 13 voor de GLG). Dat gaat gepaard met een lichte verhoging van de kwel naar de wortelzone (Aanhangsel B 14). Dat het gaat om relatief bescheiden effecten komt doordat de maatregelen zelf niet erg ingrijpend zijn in vergelijking met wat nodig is om de verdroging met 25% terug te dringen (zie Van Walsum et al., 2002 a en b). Voor het terugdringen van de verdroging is het echter wel degelijk een begin.

Uit de kaartbeelden voor de effecten op de natschade (Aanhangsel B 15) en droogteschade (Aanhangsel B 16) blijkt dat er in beide gevallen sprake is van plus- en min-effecten. Dat is mede een gevolg van het feit dat er in de bufferzones sprake is van een stapeling van maatregelen; de andere oorzaak is dat er ook contra-effecten in het spel zijn:

- omzetting van bouwland naar grasland geeft in natte situaties een reductie van de natschade;
- verontdieping van sloten geeft een toename van de natschade;
- verontdieping van sloten geeft ook reductie van de droogteschade;
- stopzetting van beregening geeft een toename van de droogteschade;
- stopzetting van beregening kan via naijlingseffecten van de afgenomen vullingsgraad van het grondwatersysteem leiden tot een reductie van natschade.

Uit de figuren blijkt dat het grootste effect bestaat uit de toename van de droogteschade als gevolg van stopzetting van de beregening.

Vernatten van de bufferzones blijkt een gering verhogend effect te hebben op de afvoerstatistieken (Tabel 9). Dat is het gevolg van het 'vasthouden' van water door de sloten te verontdiepen: daardoor is er minder bergingsmogelijkheid in de bodem aanwezig voor het opvangen van (opeenvolgingen van) piekneerslagen. En dus raakt de bodem eerder verzadigd en gaan de snelle afvoerprocessen aan het maaiveldsoppervlak eerder in werking treden. Doordat in dit maatregelpakket de doorgevoerde maatregelen niet erg vergaand zijn, blijft dit effect hier beperkt.

#### **4.3.5 Stremmen van de slootafvoer**

Als gevolg van het stremmen van de slootafvoer nemen de piekafvoeren met een herhalingstijd =2 jaar af: hoe extremer de piek, hoe groter de afname. Voor de hoogste piek is de afname 26% in maatregelpakket 4 en zelfs 40% in maatregelpakket 5. Gezien de grootte van dit effect is de prijs die voor deze reductie van wateroverlast wordt betaald een relatief bescheiden verhoging van de natschade op enkele plekken, met name langs de Reusel (Aanhangsel B 20). Daar staat tegenover een geringe afname van de droogteschade (Aanhangsel B 21) en op een aantal plekken een verhoging van de GVG in natte natuurgebieden (Aanhangsel B 17).

Het effect op de kwel naar de wortelzone geeft een wisselend beeld te zien (Aanhangsel B 19): op sommige plekken is er een toename, op sommige juist een afname. De afnames worden veroorzaakt doordat de stremming ook aangrijpt in de natuurgebieden zelf. De daar veroorzaakte stijgingen van grondwaterstanden (voor de GVG zie Aanhangsel B 17) zijn een gevolg van *lokale* maatregelen, en hebben daardoor een onderdrukkend effect op de kwel, als gevolg van de vergroting van de tegendruk op het grondwater. Dat wordt ook veroorzaakt wanneer door verhoging van de freatische grondwaterstand naast een natuurgebied er via het freatisch watervoerend pakket water naar het natuurgebied stroomt waardoor de grondwaterstand wordt verhoogd en daardoor de kwel vanuit het eerste watervoerende pakket (de kwel volgens onze definitie) wordt onderdrukt. Een wezenlijk ander mechanisme is wanneer de stijgingen in natuurgebieden worden veroorzaakt door vernatting van de *omgeving* zoals in maatregelpakket 3, als het effect voornamelijk via de ondergrond verloopt. In dat geval gaat stijging van de grondwaterstand in het natuurgebied wel hand in hand met een toename van de kweldruk.

#### **4.3.6 Ondiepe drainage van bufferzones**

Het aanleggen van ondiepe drainages in de bufferzones heeft op de meeste natte natuurgebieden een licht negatief effect op de GVG en een heel licht negatief effect op de GLG (Aanhangsel B 22 en B 23). Maar opvallend is de relatief hoge prijs die betaald moet worden in termen van de bruto kwel naar de wortelzone, zoals blijkt uit Aanhangsel B 24. Vergelijking met de uitgangssituatie in Aanhangsel B 29 laat zelfs zien dat er uiteindelijk weinig over is van het positieve effect van de bufferzones op de kwel, terwijl er nog wel een significant effect op de GVG en GLG overblijft (Aanhangsel B 27 en B 28). Kennelijk zijn de situaties met zeer hoge

grondwaterstanden in de omgeving van een natuurgebied van relatief groot belang voor het langjarig gemiddelde van de kwel naar de wortelzone in het natuurgebied zelf, want juist die situaties worden door de ondiepe drainage afgeroomd. Dit negatieve effect op de kwel komt bovenop het eerder genoemde negatieve effect van de stremming van de slootafvoer in de natuurgebieden zelf.

Het aanleggen van ondiepe drainages haalt de scherpe kanten af van de gevolgen voor de natschade van de landbouw (Aanhangsel B 25) en daar staat geen toename van de droogteschade tegenover (Aanhangsel B 26). De vergelijking met de uitgangssituatie (Aanhangsel B 30) naast de kaart met effecten van afvoerstroming (Aanhangsel B 15) laat zien dat de overgebleven toenames van de natschade vooral een gevolg zijn van de maatregelen om de slootafvoer te stremmen.

#### **4.4 Conclusies berekeningen Beerze en Reusel**

Aan de hand van de berekeningen van het model voor het stroomgebied van de Beerze en Reusel zijn de volgende conclusies te trekken:

- aanleg van een accoladeprofiel in de hoofdwaterlopen heeft maar een beperkt effect op de afvoeren en kan extra natschade in de landbouw veroorzaken;
- het vernatten van de bufferzones heeft een beperkte verhoging van de grondwaterstanden en de kwel naar de natuurgebieden tot gevolg; de effecten op nat- en droogteschade voor de landbouw zijn wisselend;
- door stremming van de slootafvoer nemen met name de extremere piekafvoeren behoorlijk af zonder dat daardoor de natschade fors toeneemt; het effect op kwel in de natuurgebieden geeft een wisselend beeld te zien;
- het aanleggen van ondiepe drainage in de bufferzones is een goede maatregel om natschades door vernatten te reduceren maar daardoor neemt de kwel in de natuurgebieden behoorlijk af ten opzichte van de situatie met vernatte bufferzones.



## 5 Discussie

Doel van de studie is meer inzicht te krijgen in de hydrologische mee- en tegenkoppelingen van maatregelen voor piekreductie en verdrogingsbestrijding, ook buiten de 2 onderzochte stroomgebieden. In dit hoofdstuk zal een poging worden gedaan tot veralgemenisering van de gevonden resultaten.

Bij het opstellen en nader uitwerken van het Bestuursakkoord Water krijgt de trits vasthouden-bergen-afvoeren (te) veel nadruk. Het gevaar is aanwezig dat daardoor de verdrogingsbestrijding achterblijft. De resultaten van de in dit rapport besproken studies (en andere studies) geven aan dat de hydrologische samenhang tussen beide beleidsthema's -in ieder geval in het vrij afwaterende deel van Nederland groot is- en dat alleen een zorgvuldige analyse van het hydrologisch systeem en een zorgvuldige samenstelling van maatregelpakketten ongewenste bijwerkingen kan voorkomen. Een aanzet tot deze analyse is als volgt.

Bij maatregelen voor piekreductie en verdrogingsbestrijding dient men nadrukkelijk onderscheid te maken in ontwatering via kleinere waterlopen (detailontwatering), afwatering via de kleinere waterlopen (detailafwatering) en ont- en afwatering via de hoofdwaterlopen. Bij ontwatering is onderscheid nodig in ontwateringsbasis en ontwateringsweerstand. Vernatting door verhogen van de ontwateringsbasis leidt tot minder bergingsmogelijkheden en daardoor tot hogere piekafvoeren. Als daardoor het aandeel snelle afvoer via het maaiveld toeneemt kan dat gunstig zijn voor de kwel naar de wortelzone. Immers, een kleiner deel van het neerslagoverschot dringt door in de bodem waardoor de eventueel aanwezige kwel hoger in het profiel kan komen. Het kan ook zo zijn dat het mechanisme van de tegendruk overheersend is met als gevolg dat de kwel (sterk) wordt gereduceerd met als resultaat meer neerslagwater in de wortelzone. Vernatting door verhoging van de ontwateringsweerstand kan leiden tot zowel hogere als lagere piekafvoeren.

Extra stremmen van de detailafwatering (waardoor de ontwateringsbasis alleen tijdens hoge afvoeren extra wordt verhoogd) is zeer effectief om piekafvoeren te reduceren en kan met eenvoudige middelen worden bereikt (bijvoorbeeld minder onderhoud). Benadrukt moet worden dat het **niet** gaat om het dempen van de detailafwatering; de structurele verhoging van de ontwateringsbasis leidt tot hogere grondwaterstanden en kan dus leiden tot hogere piekafvoeren.

Aanleg van bergingsmogelijkheden in of naast de hoofdwaterlopen (bijvoorbeeld door realisatie van een accoladeprofiel) is in het hellende deel van Nederland weinig effectief om de piekafvoeren te reduceren maar in het geval deze bergingsruimte bijdraagt aan het afvoerproces kan daardoor de ontwateringsbasis van de hoofdwaterlopen bij normale afvoersituaties structureel worden verhoogd, met mogelijk zeer gunstige effecten voor de kwel naar de wortelzone in naastliggende natuurgebieden. Ongecontroleerde berging in uiterwaarden is –mits toepasbaar in benedenlopen- effectief en bij het systeem passend terwijl gecontroleerde berging in

de vorm van speciaal ingerichte bergingsgebieden zeer effectief maar ook duur is (in deze studie overigens niet onderzocht maar wordt verwezen naar deelrapporten van de commissie WB21). De mitsen en maren onderstrepen dat een goede analyse van de regionale hydrologie in alle gevallen noodzakelijk is.

Een belangrijke conclusie is dat verdrogingsbestrijding vrijwel niet mogelijk is zonder ongewenste bijwerkingen (natschade landbouw), maar dat met gericht inzetten van middelen (stremming van afvoer) bij een geselecteerde groep van belanghebbenden (de landgebruikers in de netto-EHS en in de bufferzones) veel leed is te voorkomen. Deze conclusies gelden voor de weerreeks zoals die in deze studie is gebruikt en zijn derhalve niet zonder meer geldig voor de situatie met een veranderd klimaat.

In het peilbeheerste deel van Nederland is de ruimtelijke interactie overwegend veel geringer, vanwege de hoge verticale weerstand van het topsysteem. Daar is verdroging veelal een kwestie van een ongewenste oppervlaktewaterkwaliteit. Verdrogingsbestrijding komt dan neer op het reduceren van de aanvoer van gebiedsvreemd water. De betreffende maatregelen hebben meestal geen of een positief effect op de bergingsmogelijkheden in en op de bodem. Bovendien is extra water vasthouden vaak een kwestie van het tijdelijk uitschakelen van poldergemalen e.d., en dus redelijk gemakkelijk te realiseren. De wateropgave richt zich hier dan ook veel meer op het de kwaliteitstrits.



## Literatuur

Berendsen, H. J. A., 1997. *Fysische Geografie van Nederland. Landschappelijk Nederland*. Van Gorcum, Assen.

Bolt, van der, F. J. E., A. A. Veldhuizen en P. J. T. van Bakel, 2000. *Vergroten van de basisafvoer van de Drentse Aa; Verkennen van mogelijke maatregelen*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 173.

CHO-TNO, 1986. *Hydrologische Woordenlijst*. Rapporten en nota's no. 16.

Gaast, J.W.J. van der, H.Th. L. Massop, J. van Os, L.C.P.M. Stuyt, P.J.T. van Bakel en C. Kwakernaak, 2002. *Waterkansen in het SGR2. Potenties voor realisatie van de wateropgaven*. Alterra-rapport 558, ISSN 1566-7197. Alterra, Wageningen.

Kuijper, P. C., 1991. *Bodemkaart van Nederland 1:50000, Toelichting bij kaartblad 12 west*. Assen. Stiboka, Wageningen.

Marsman, D. J., F. J. E. van der Bolt, A. A. Veldhuizen en P. J. T. van Bakel, 1998. *Evaluatie van waterhuishoudkundige maatregelen en opzet meetnet ROM/WCL-gebied Drentse Aa*. TauwMabeg civiel en bouw, RAP981250.doc/b. Deventer.

Teunissen van Maanen, T.C.. 1985. *Bodemkaart van Nederland 1: 50000; Toelichting bij de kaartbladen 50 Oost Tilburg en 51 West Eindhoven*. Stiboka, Wageningen.

Querner, E. P., 2000. *User's manual for surface water model SIMWAT*.

Van Asperen, P. en N. Haasbroek. 1998. *Productbeschrijving en objecten catalogus TOP10-vector*. Topografische Dienst, Emmen.

Van Walsum, P.E.V., J.F.M. Helming, E.P.A.G. Schouwenberg, P. Groenendijk, L.C.P.M. Stuyt, P.H. Vereijken, K.W. Ypma, P.J.T. van Bakel en C.J.A.M. de Bont. 2002a. *Waterwijs. Plannen met water op regionale schaal*. Rapport 433, Alterra, Wageningen.

Van Walsum, P.E.V., P.F.M. Verdonchot en J. Runhaar. 2002b. *Effects of climate and land-use change on lowland stream ecosystems*. Rapport 523, Alterra, Wageningen. Te downloaden vanaf [www.alterra.nl/english/](http://www.alterra.nl/english/) onder publications