

# **De afvoer van de Noor (Zuid-Limburg)**

**Periode 1992 - 1997**

**R. Dijkma, H.A.J. van Lanen, W.J. Ackerman en H.F. Gertsen**

**Foto kaft:      Het nemen van een watermonster door Ben van de Weerd  
bij afvoermeetpunt M6 (Molenhoeve)**

**RAPPORT 78**

**April 1998**

**Afdeling Waterhuishouding  
Nieuwe Kanaal 11, 6709 PA Wageningen**

**ISSN 0926-230X**

955045

## **Verantwoording**

Het rapport is opgesteld door R. Dijkma en H.A.J. van Lanen. De verzameling van de ruwe gegevens was voornamelijk in handen van W.J. Ackerman, B. van de Weerd (t/m 1996) en H.F. Gertsen (na 1996). De verwerking van de ruwe gegevens, inclusief de kwaliteitscontrole is uitgevoerd door R. Dijkma.

De auteurs willen Dhr. G. Born (Molenhoeve, Altembroek, België) bedanken voor de welwillende toestemming om de afvoer te kunnen meten en zijn belangstelling voor het onderzoek. Hetzelfde geldt voor de Fam. E. Haesen te Noorbeek, die dagelijks de neerslag meet en de gegevens beschikbaar stelt voor het onderzoek.

## **Inhoud**

<b>1. Inleiding</b>	<b>1</b>
<b>2. Gebiedsbeschrijving</b>	<b>3</b>
<b>3. Meetmethode, gegevensopslag en verwerking</b>	<b>5</b>
<b>4. Neerslag en afvoer 1992-1997</b>	<b>7</b>
<b>5. Pickafvoeren</b>	<b>11</b>
<b>6. Conclusies</b>	<b>13</b>

## **Bijlagen**

<b>Bijlage 1</b>	<b>De afvoer van de Noor anders gezien</b>	<b>15</b>
<b>Bijlage 2</b>	<b>Aan de Noor gerelateerde publicaties en scripties</b>	<b>17</b>

## 1. Inleiding

De Provincie Limburg heeft aan de N.V. Waterleidingmaatschappij Limburg (WML) een vergunning voor een grondwateronttrekking voor de winplaats De Dommel verleend. In de waterwinvergunning is opgenomen dat de afvoer van de Noor dagelijks moet worden gemeten en dat er jaarlijks moet worden gerapporteerd.

De afdeling Waterhuishouding van de Landbouw Universiteit Wageningen doet sinds 1991 onderzoek naar het hydrogeologische systeem van het stroomgebied van de Noor. In het kader daarvan wordt de neerslag, de stijghoogte van het grondwater en de afvoer van het oppervlaktewater op een groot aantal lokaties gemeten. De totale oppervlaktewater-afvoer van het stroomgebied van de Noor wordt ter hoogte van de Molenhoeve in België (meetpunt M6) continu gemeten. Daarnaast wordt de chemische samenstelling van het grond- en oppervlaktewater regelmatig gemeten.

In 1995 is in opdracht van de WML gerapporteerd over de effecten die de grondwaterwinning aan de westrand van het Plateau van Margraten heeft op het stroomgebied van de Noor. De resultaten van dit onderzoek zijn vastgelegd in twee rapporten, namelijk:

- *H.A.J. van Lanen, B. van de Weerd, R. Dijkma, H.J. ten Dam en G. Bier*  
Hydrogeologie van het stroomgebied van de Noor en de effecten van grondwateronttrekkingen aan de westrand van het Plateau van Margraten; basisrapport. Rapport 57 vakgroep Waterhuishouding, 202 pp. incl. bijlagen.
- *H.A.J. van Lanen, R. Dijkma en B. van de Weerd*  
De effecten van grondwateronttrekkingen aan de westrand van het Plateau van Margraten op de hydrogeologie van het Noordal; samenvattend rapport. Rapport 58 vakgroep Waterhuishouding, 49 pp. incl. bijlagen.

In beide rapporten is de afvoer van de Noor over de periode mei 1992 – november 1994 als daggemiddelde afvoer bij het meetput M6 (Molenhoeve) weergegeven. Eind 1997 heeft de WML de Landbouw Universiteit Wageningen de opdracht gegeven om de afvoer van de Noor jaarlijks te meten en daarover te rapporteren (kenmerk 704190 / 2448 / PU). Dit gebeurt enerzijds met terugwerkende kracht, namelijk vanaf november 1995 en anderzijds voor de komende 4 jaar, tot de uitbedrijfname van het pompstation De Dommel. De rapportage met terugwerkende kracht is mogelijk omdat de Landbouw Universiteit Wageningen het meetprogramma op eigen kosten heeft voortgezet.

Dit rapport beschrijft de eerste fase van bovengenoemd onderzoek: de rapportage van de afvoer van de Noor bij de Molenhoeve (M6) over de periode mei 1992 – december 1997.

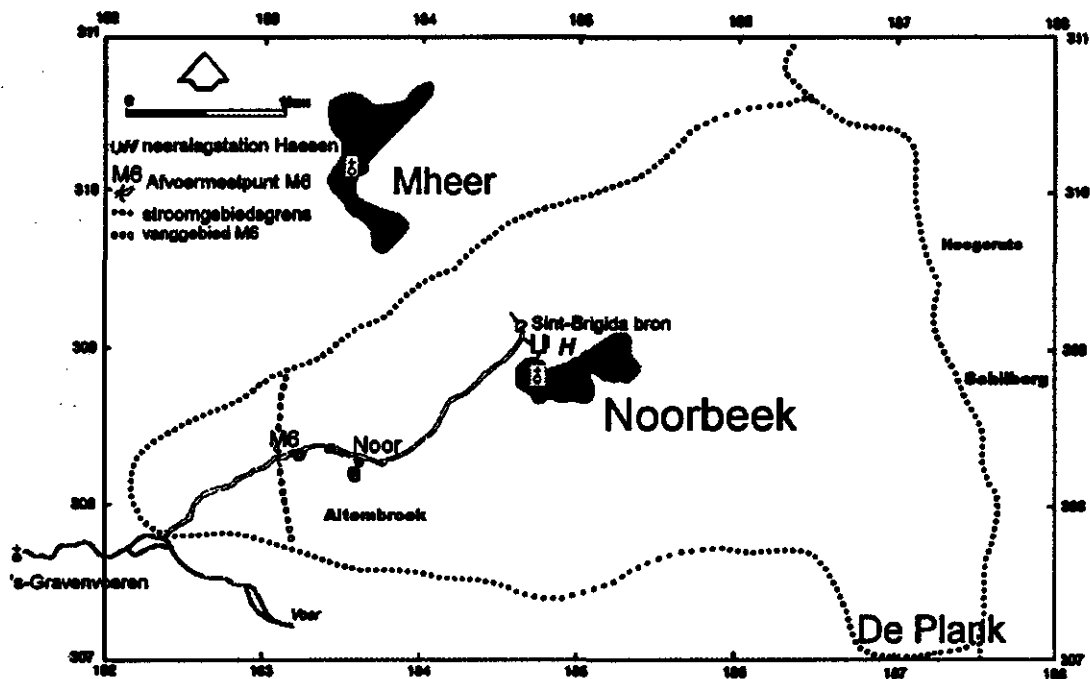
De tweede fase van de opdracht bestaat uit het jaarlijks aan de WML verstrekken van een voortschrijdende neerslag- en afvoerreeks. De derde en laatste fase behelst een eindrapportage als de waterwinplaats De Dommel uit gebruik is genomen. Vooralnog is deze uitbedrijfname gepland op 1 januari 2001, zodat de laatste fase van deze opdracht zal eindigen in april 2001.

Dit rapport bevat de volgende onderdelen. In hoofdstuk 2 wordt een beknopte gebiedsbeschrijving gegeven. Daarna komt in hoofdstuk 3 aan de orde hoe de afvoer is

gemeten en op welke wijze de gegevens zijn verwerkt. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de neerslag en afvoer in het gebied. In hoofdstuk 5 wordt een afvoerpiek aan een nadere beschouwing onderworpen. In de bijlagen tot slot is de afvoer van de Noor naar gebiedsgrootte en een opsomming van de recente publicaties en afstudeerrapporten opgenomen.

## 2. Gebiedsbeschrijving

De Noor is een beekje in het grensgebied tussen Nederland en België, in de driehoek tussen Maastricht, Aken en Luik. De Noor maakt deel uit van het stroomgebied van de Voer. Het topografische stroomgebied van de Noor is 1056 ha groot. De beek mondt te 's-Gravenvoeren uit in de Voer. Aangezien afvoermeterpunt M6 bovenstrooms van de uitmonding ligt (bij de Molenhoeve), is het bemeten gebied kleiner dan de genoemde 1056 ha. Figuur 1 toont het stroomgebied van de Noor.



Figuur 1 Overzicht van het topografisch vanggebied van de Noor

Het droge dal van de Noor begint bij De Plank op een hoogte van 240 m+NAP. Het Noorddal wordt watervoerend bij de Sint-Brigida bron in Noorbeek op een hoogte van 138 m+NAP. Het uitstroompunt in de Voer ligt ongeveer op een hoogte van 89 m+NAP.

Op de steile hellingen is overwegend extensief gebruikt grasland te vinden. De akkerbouw is geconcentreerd op de hogere, flauwe hellingen en op de plateaus aan de randen van het stroomgebied. In het Nederlandse deel van het stroomgebied ligt in het centrum van het stroomgebied het natte natuurterrein "De Noorbeemden", eigendom van de Vereniging Natuurmonumenten. Grasland is de belangrijkste landgebruiksvorm (62%), gevolgd door akkerbouw (32%). De categorieën "wegen en bebouwing" en "bos en natuur" nemen ieder slechts enkele procenten van het stroomgebied in beslag.

De ondergrond in het Nederlandse deel van het stroomgebied wordt gevormd door ondoorlatende schalie en zandsteen uit het Boven-Carboon. Op deze ondergrond liggen watervoerende afzettingen uit het Boven-Krijt en wel achtereenvolgens de

**Formatie van Vaals (fijnkorrelig) en de gedeeltelijk verzadigde Formatie van Gulpen (zwak verkitte, fijnkorrelige kalksteen). In het Belgische deel van het stroomgebied ontbreken de Boven-Carboon afzettingen en de Formatie van Vaals. Daardoor ligt in dat deel van het stroomgebied de kalksteen van de Formatie van Gulpen direct op de sterk verkitte, goed doorlatende kalksteen uit het Onder-Carboon. De ondoorlatende basis wordt daar op vele honderden meters diepte aangetroffen.**

**Het Pleistocene dek wordt gevormd door löss op de plateaus en klei met vuursteen op de hellingen. De infiltratiecapaciteit van dit dek is groot genoeg om de neerslag te laten infiltreren, zodat oppervlakte-afvoer nauwelijks voorkomt.**

### **3. Meetmethode, gegevensopslag en verwerking**

#### *Neerslag*

De neerslag wordt op drie lokaties gemeten in het stroomgebied van de Noor. Voor deze rapportage is gebruik gemaakt de neerslaggegevens van het station Haesen in Noorbeek. Dit neerslagstation ligt ten zuiden van de Noor ter hoogte van de Sint Brigidabron (Fig. 1). Het betreft een conventionele regenmeter met een oppervlakte van 2 dm<sup>2</sup> en een hoogte van 0.40 m boven maaiveld. De dagneerslag wordt gemeten, op formulieren genoteerd en eenmaal per maand opgestuurd naar Wageningen. De gegevens worden vervolgens ingevoerd in een LOTUS database met meteorologische gegevens van het stroomgebied van de Noor (neerslag en referentieverdamping). De gegevens worden verwerkt tot maand- en jaartotalen. Daarnaast worden histogrammen gemaakt, waarin een vergelijking wordt gemaakt met het langjarige gemiddelde.

#### *Oppervlaktewater-afvoer*

De afvoer van enkele bronnen, van de Noor zelf en enkele zijbeken wordt op 9 lokaties gemeten. De totale oppervlaktewater-afvoer van de Noor wordt gemeten ter hoogte van de Molenhoeve (Altembroek, gemeente 's-Gravenvoeren, België). Deze wordt in dit rapport behandeld. In Figuur 1 wordt de lokatie van het meetpunt (code M6) gegeven.

Doordat de Boven-Carboon schalies en zandsteen ontbreken in dit deel van het Noordal, waardoor de doorlatende Formatie van Gulpen direct rust op de Onder-Carboon kalksteen, verliest de Noor vanaf de Molenhoeve zijn drainerende functie. De grondwaterstand ligt vanaf dit punt (veel) lager dan het niveau van de Noor. Het debiet van de Noor zal dus vanaf het meetpunt (M6) niet verder toenemen, maar wellicht afnemen. Hoeveel het debiet zal afnemen is onbekend: de incidentele debietmetingen in het traject tussen het meetpunt M6 en het punt waar de Noor in de Voer uitmondt gaven geen eenduidig beeld te zien. Wel kan worden gesteld dat het waterverlies in dit traject marginaal is.

Direct bovenstrooms van afvoerm Meetpunt M6 bevinden zich een aantal vijvers op het landgoed Altembroek. Een deel van het water in de Noor wordt door de vijvers geleid om voor continue verversing zorg te dragen. De rest van het water wordt om de vijvers heen gevoerd. Beide stromen komen direct benedenstrooms van de vijvers weer samen. Als het debiet van de beek constant is, dan zullen de vijvers geen invloed hebben op de afvoer (de berging in de vijvers is dan constant). Bij piekafvoeren zal, als het peil in de vijvers stijgt, een deel van het water geborgen worden in deze vijvers. Dit betekent dat de piek, die gemeten wordt bij M6, lager is dan zonder de vijvers. Als het peil in de vijvers na de piek daalt, dan zal dat tijdelijk een verhoogde afvoer bij M6 tot gevolg hebben. Hoe groot dit effect van de vijvers is, is sterk afhankelijk van de verdeling bij het verdeelwerk (bovenstrooms van de vijvers).

De afvoer wordt gemeten met een rechthoekige, vlakke overlaat (Rossum-type), waarvan de bodem en de zijkanten halfcircelvormig zijn in dwarsdoorsnede. Voor de halfcircelvormige vorm is gekozen om drijvend vuil gemakkelijk af te voeren. De meetstuw is van aluminium en is met boutverbindingen bevestigd aan een reeds aanwezige, houten bodemval. De breedte en de hoogte van de meetstuw bedragen respectievelijk 1.0 en 0.32 m. Voor de meetstuw geldt de volgende afvoer-relatie,



indien de beek direct bovenstrooms van de meetstuw vrij wordt gehouden van begroeiing en sediment:

$$Q = 2.37h^{1.54}$$

waarin:

$Q$ : afvoer ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )

$h$ : overstorthoogte (m)

Het meetbereik van de stuw is:

$$0.05 \text{ m} < h < 0.32 \text{ m}$$

$$0.023 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} < Q < 0.410 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Met de meetstuw worden de lage en middelgrote debieten redelijk nauwkeurig gemeten (meetfout ca. 5%). Bij hoge afvoeren bestaat de kans dat het water over de vleugels van de meetstuw zal stromen ( $h > 0.32 \text{ m}$ ).

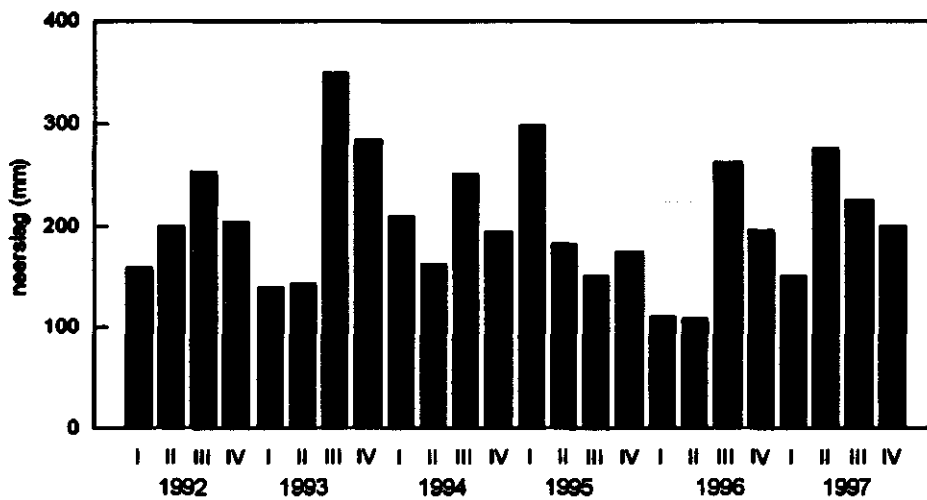
De overstorthoogte  $h$  wordt gemeten in een buis (stilling well ) waarin zich een vlotter bevindt. De buis bevindt zich in het talud op ca. 4 m bovenstrooms van de stuw en is met een verbindingsbuisje verbonden met de Noor. De stand van de vlotter wordt elke 15 minuten opgeslagen in een datalogger (de nauwkeurigheid is ca. 1 mm). Minimaal eenmaal per maand wordt de datalogger uitgelezen (maandfiles). Tijdens het uitlezen van de datalogger wordt de peilschaal afgelezen en wordt de overstorthoogte ook nog met een meethaak bij de stuw gemeten. De door de datalogger geregistreerde overstorthoogte wordt zonodig aangepast (nulpuntsverschuiving). Verder wordt het sediment voor de meetstuw verwijderd, alsmede eventuele begroeiing. De buis en het verbindingsbuisje worden doorgespoeld om sediment te verwijderen en eventuele verstopping van het buisje weer op te heffen. Eens per jaar wordt door middel van waterpassing de hoogte van de meetstuw en de peilschaal ingemeten om eventuele verzakkingen te kunnen constateren.

De ruwe gegevens uit de datalogger worden in Wageningen opgeslagen. Verder worden de waarnemingen bij de stuw ingevoerd in een file met handwaarnemingen en een kaartenbak. Na verloop van tijd worden de maandfiles met ruwe gegevens verwerkt. De geregistreerde overstorthoogte wordt zonodig aangepast als het nulpunt is verschoven (lineaire vereffening). Ontbrekende waarden door logger-uitval of verstopping van het verbindingsbuisje worden aangevuld, indien het om een korte periode gaat. Hierbij wordt ook gebruik gemaakt van neerslaggegevens. Tenslotte wordt de overstorthoogte omgezet in een afvoer per 15 minuten. Uiteindelijk is voor dit rapport de afvoer gemiddeld over een dag. De verwerking van de gegevens wordt voor een deel uitgevoerd met specifieke software (vereffening, kwaliteitscontrole). De uiteindelijke visuele controle en presentatie gebeurt met LOTUS en EXCEL. In dit format worden de gecontroleerde gegevens uiteindelijk ook opgeslagen.

#### 4. Neerslag en afvoer 1992- 1997

##### *Neerslag*

In dit rapport is gebruik gemaakt van de neerslagreeks van station Haesen. De neerslag is in dit rapport opgenomen om de temporele variatie in de neerslag en daarmee in de grondwateraanvulling te kunnen laten zien. Er is gekozen voor een weergave als kwartaalwaarde (Fig. 2).



Figuur 2 Neerslag-kwartaalsommen van station Haesen (Noorbeek)

Met name de winterneerslag is van groot belang voor de grondwateraanvulling, omdat de verdamping dan beperkt is. Op de seizoenschaal vindt de omslag van een potentieel neerslagoverschot naar een potentieel neerslagtekort plaats in april. De omslag van een potentieel neerslagtekort naar een potentieel neerslagoverschot valt gemiddeld in september. De winterperiode is daarom gedefinieerd van oktober tot en met maart. De winterperiodes 1993-1994 en 1994-1995 waren natter dan gemiddeld. Beide winterperiodes viel zo'n 30 mm meer dan gemiddeld (460 mm), terwijl ook de maand september nat was (respectievelijk 168 en 135 mm, t.o.v. 81 mm gemiddeld). De winter 1995-1996 was daarentegen droog te noemen (180 mm minder dan gemiddeld).

De grondwateraanvulling is berekend met behulp van de neerslag, de Makkink evapotranspiratie, het landgebruik en bodemgegevens. In tabel 1 worden de jaarsommen van de grondwateraanvulling getoond. De jaren zijn in deze tabel als hydrologische jaren gedefinieerd, dat wil zeggen dat het jaar loopt van 1 april van het desbetreffende jaar tot aan 31 maart van het daaropvolgende jaar.

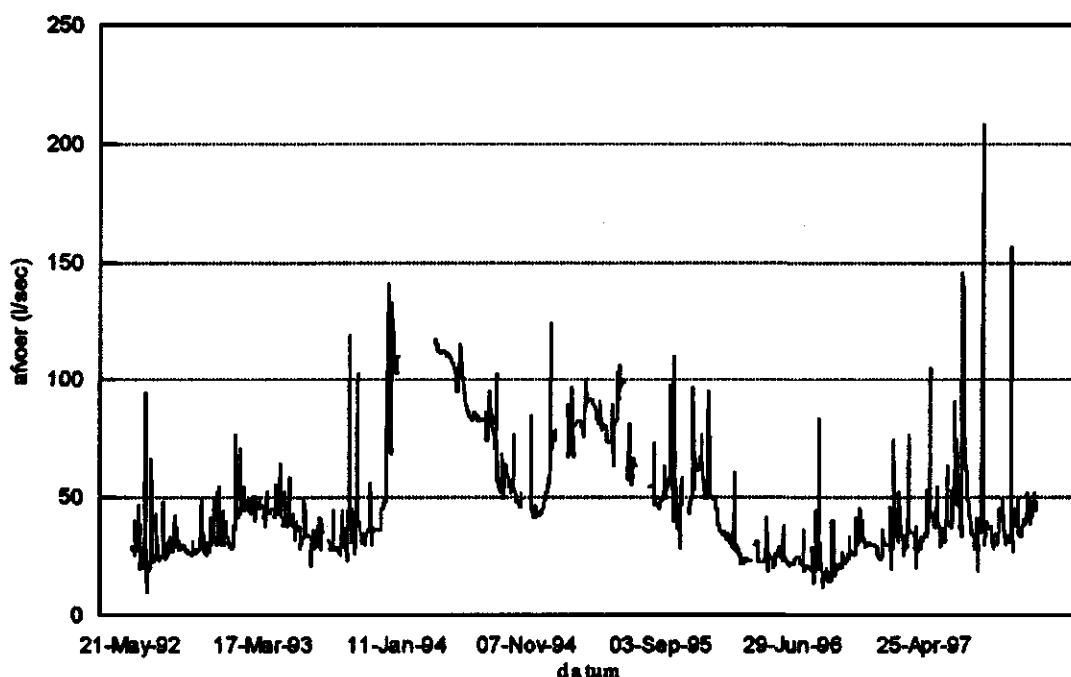
Tabel 1 Jaarsommen van de neerslag en de grondwateraanvulling (mm) in het stroomgebied van de Noor

Jaar	1991	1992	1993	1994	1995	1996	gemiddeld
neerslag	724	794	987	907	616	770	800
grondwateraanvulling	185	230	410	405	130	240	270

De grondwateraanvulling in de hydrologische jaren 1993 en 1994 was ruim driemaal zo groot dan die van 1995. De grote variatie in neerslagoverschot en daarmee grondwateraanvulling veroorzaakt een behoorlijk grote grondwaterstandsfluctuatie. Onder het plateau kan de variatie oplopen tot vele meters. Uiteindelijk voedt het grondwater de Sint-Brigida bron in Noorbeek en verder talloze kleinere bronnen en de kwelzone in het natuurgebied de Noorbeemden.

### *Afvoer*

De resultaten van de afvoermetingen bij de Molenhoeve zijn, als dagwaarden, te zien in Figuur 3. Daarbij is als schaal liters per seconde gebruikt. In bijlage 1 is de afvoer als  $\text{m}^3 \cdot \text{dag}^{-1}$  en als  $\text{mm} \cdot \text{dag}^{-1}$  opgenomen.



Figuur 3 De gemiddelde dagafvoer van de Noor bij de Molenhoeve (M6)

De afvoer kenmerkt zich door een uitgesproken reactie op relatief langdurige natte en droge perioden. Met name de natte winters van de hydrologische jaren 1993 en 1994 laten een sterke toename van de afvoer zien. In het voorjaar van 1994 en 1995 lag de oppervlaktewater-afvoer tussen de 75 en  $100 \text{ l} \cdot \text{sec}^{-1}$ , terwijl deze in het droge winterhalfjaar 1995-1996 niet meer dan zo'n  $30 \text{ l} \cdot \text{sec}^{-1}$  bedroeg. De afvoer kwam daarmee in laatstgenoemde periode redelijk overeen met de lage afvoer van begin jaren negentig.

Het piekerige verloop in de afvoer wordt veroorzaakt door oppervlakte-afvoer en heeft deels een kunstmatige oorzaak. Een deel van het gebied (zo'n 2%) wordt ingenomen door verhard oppervlak, met name in het dorp Noorbeek. Bij grotere neerslaghoeveelheden wordt neerslagwater uit het riool in de Noor geloosd (riool-overstort). Onder natuurlijke omstandigheden zou dit neerslagwater minder snel tot afvoer zijn gekomen. In het volgende zal een neerslagpiek als voorbeeld worden getoond.

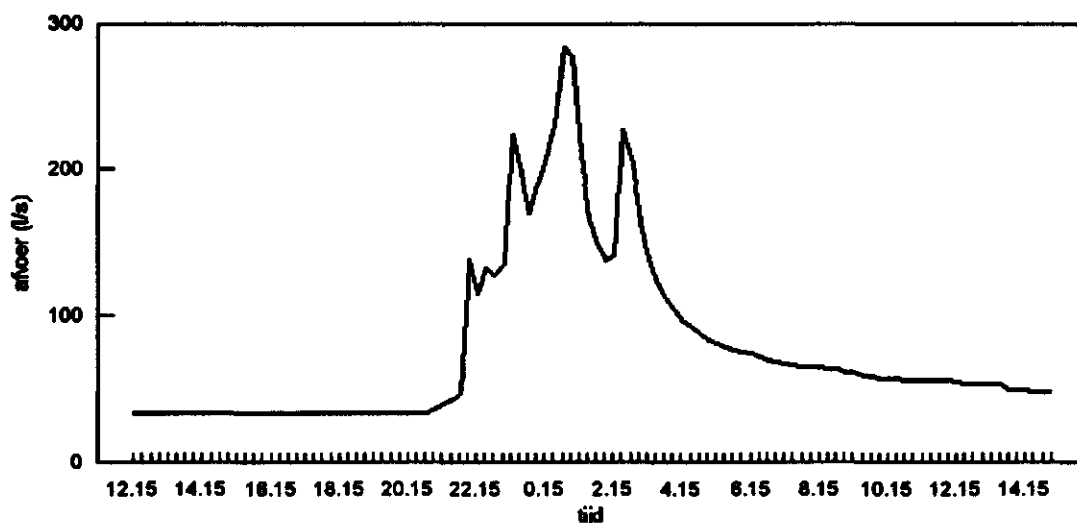
Uit bijlage 1 valt af te leiden dat de gemiddelde dagafvoer van de Noor varieert van 2500-10.000 m<sup>3</sup>·dag<sup>-1</sup>. Als de afvoer wordt gerelateerd aan het totale topografische vanggebied van de Noor, dan varieert de afvoer van 0.25 tot 0.90 mm·dag<sup>-1</sup>. Over lange perioden is de gemiddelde dagafvoer duidelijk lager dan de gemiddelde grondwateraanvulling (0.74 mm·jaar<sup>-1</sup>; tabel 1). Zeer waarschijnlijk wordt dit veroorzaakt door het niet samenvallen van de hydrologische en topografische waterscheiding, zoals dat met zekerheid het geval is in het westelijk deel van het stroomgebied. De grondwaterstand ligt daar beneden het beekniveau.

## 5. Piekafvoeren

Kalkstroomgebieden met diepe grondwaterspiegels, zoals het Noordal, kenmerken zich doorgaans door een sterk vertraagde en gedempte reactie op neerslag. De Noor beantwoordt in hoofdlijnen aan dit beeld. De afvoer van de Noor kan worden verdeeld in vier componenten, namelijk de bronafvoer, de diffuse drainage (kwelgebieden), de natuurlijke oppervlakte-afvoer en de kunstmatige oppervlakte-afvoer via de riooloverstort.

Het overgrote deel van de afvoer wordt ingenomen door de bronafvoer en de diffuse drainage, respectievelijk circa 60% en 40%. Tijdens piekneerslagen kan oppervlakte-afvoer optreden. Oppervlakte-afvoer ontstaat als op het verhard oppervlak en/of op de steile hellingen water over maaiveld tot afstroming komt. Tijdens hoge neerslag-intensiteiten kan dit verschijnsel zich plaatselijk voordoen. Een groot deel van het water dat over het maaiveld afstroomt, infiltreert echter daarna echter in lageregelegen delen. Het draagt dan niet bij aan afvoerpieken. In het stroomgebied van de Noor wordt de oppervlakte-afvoer gevormd door de afstroming over het verhard oppervlak van Bergenhuizen naar de wasplaats bij de Sint-Brigidabron, de riool-overstort bij Noorbeek en de afstroming in het natte natuurterrein. Daar bereikt het water wel de beek en kan dus voor afvoerpieken zorgen.

Om een idee te krijgen van de afvoerhoeveelheden onder extreme regen, is de reactie van de afvoer op de neerslag van 2 september 1997 uitgewerkt. Het resultaat daarvan is te zien in Figuur 4.



Figuur 4 De Noorafvoer tijdens een dag met een grote neerslaghoeveelheid (2 en 3 september 1997)

De dagen voorafgaand aan de neerslag van 2 september waren relatief droog. De afvoer van de Noor lag op het niveau van de basis-afvoer, getuige de constante afvoer van  $35 \text{ l}\cdot\text{sec}^{-1}$  voorafgaand aan de afvoerpiek. Vervolgens is in korte tijd  $33.9 \text{ mm}$  neerslag gevallen. De Noor reageerde op deze neerslag met een afvoerpiek waarbij het debiet opliep tot  $280 \text{ l}\cdot\text{sec}^{-1}$ . Het totale volume water dat werd afgevoerd boven de

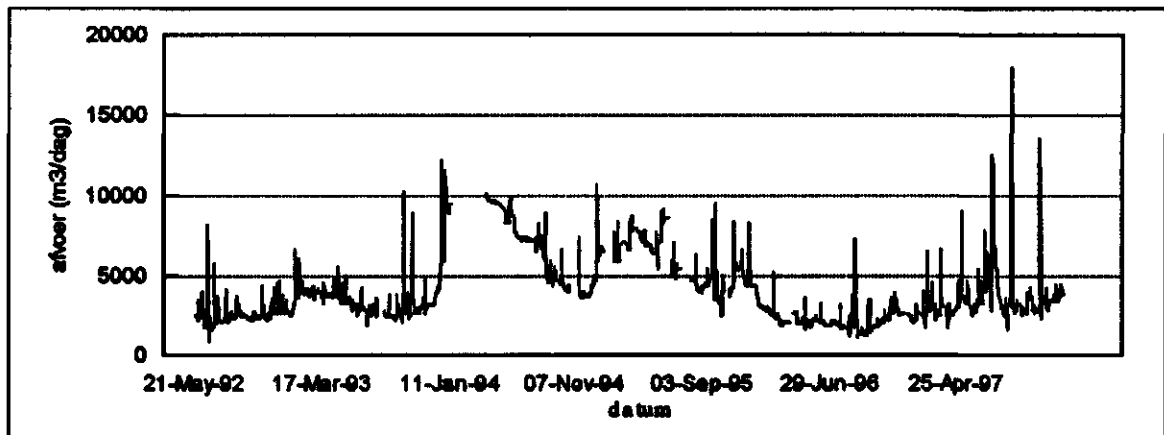
basisafvoer, bedroeg die dag z'n 4400 m<sup>3</sup>, wat neerkomt op 0,4 mm. Globaal 1% van een dergelijke grote neerslag komt dus versneld tot afvoer. De analyse van deze bui bevestigt het eerder gevormde beeld dat slechts kleine hoeveelheden van de neerslag snel tot afvoer komen.

Het hoge debiet tijdens een piekafvoer heeft een grote invloed op de eroderende werking van de beek, doordat hoge stroomsnelheden worden bereikt. De beek zal daardoor grote hoeveelheden sediment afvoeren, wat een versterkte insnijding tot gevoelg heeft. Het is niet bekend wat het aandeel is van deze erosie tijdens piekafvoeren ten opzichte van erosie tijdens basis-afvoer condities. Het vermoeden bestaat evenwel dat de erosie vooral tijdens de piekafvoeren plaatsvindt.

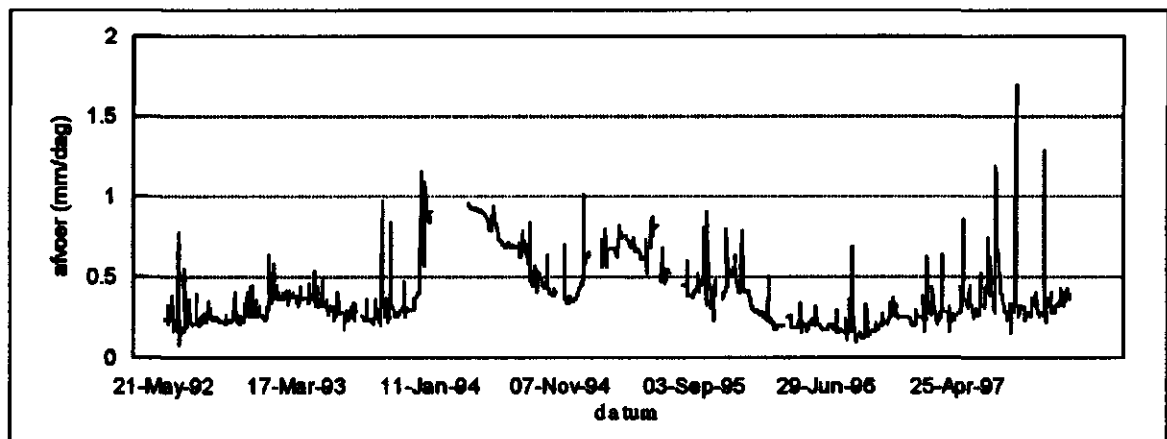
## 5. Conclusies

- De jaarlijkse grondwateraanvulling wordt gekenmerkt door een grote temporele variatie ( $130\text{--}410\text{ mm}\cdot\text{jaar}^{-1}$  in de hydrologische jaren 1991-1996). De variatie heeft een duidelijke weerslag in de Noorafvoer.
- De gemiddelde dagafvoer in de periode 1992-1997 varieerde van ca  $30\text{--}200\text{ l}\cdot\text{sec}^{-1}$ . Eerstgenoemde afvoer treedt op na droge winterhalfjaren (1994-1995) en de laatstgenoemde tijdens piekafvoeren.
- De afvoer van de Noor kan worden verdeeld in vier componenten, de bron-afvoer en de diffuse drainage, de oppervlakte-afvoer en water uit de riool-overstort.
- De basis-afvoer, die opgebouwd is uit bron-afvoer en diffuse drainage (kwelgebieden), neemt het overgrote deel van de afvoer voor zijn rekening ( $>99\%$ ).
- De oppervlakte-afvoer en de riool-overstort kunnen incidenteel een zeer sterke toename van de Noor-afvoer veroorzaken. Deze pieken zijn gesuperponeerd op de basis-afvoer van de Noor. Het debiet kan dan oplopen tot zo'n  $300\text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Deze afvoerpieken vormen echter in absolute zin een bescheiden aandeel ( $\approx 1\%$ ) in de afvoer van zelfs een grote hoeveelheid neerslag.
- De piek-afvoeren hebben, door de grote stroomsnelheden die dan worden bereikt, een grote erosieve kracht. Dit heeft een versterkte insnijding van de beek tot gevolg.

## Bijlage 1 De afvoer van de Noor anders gezien



Figuur 5 De gemiddelde dagafvoer van de Noor in  $\text{m}^3 \cdot \text{dag}^{-1}$



Figuur 6 De gemiddelde dagafvoer van de Noor, gerelateerd aan de grootte van het (topografische) stroomgebied



## **Bijlage 2 Aan de Noor gerelateerde publicaties en scripties**

**Publicaties waar meetgegevens van de Noor zijn gebruikt of die gerelateerd zijn aan het Nooronderzoek.**

Lanen, H.A.J. van & B. van de Weerd (1993).

*Groundwater flow from a Cretaceous Chalk Plateau: Impact of groundwater recharge and abstraction.* In: A. Hermann (Ed.), 2<sup>nd</sup> Int. Conf. on FRIEND, Flow Regimes from International Experimental and Network Data, Extended Abstracts. *Landschaftsökologie und Umweltforschung*, Heft 22, Braunschweig, pp. 49-52, and In: P. Seuna, A. Gustard, N.W. Arnell & G.A. Cole (Eds.), FRIEND, Flow Regimes from International Experimental and Network Data, IAHS Publication No. 221, pp. 87-94.

Lanen, H.A.J. van, B. Clausen & L. Kašpárek (1993).

*Interaction between low flows and hydrogeology.* In: A. Gustard (Ed.), Flow Regimes from International Experimental and Network Data (FRIEND). Vol. I Hydrological Studies, Wallingford, pp. 21-56.

Lanen, H.A.J. van, B. van de Weerd, R. Dijkma, H.J. ten Dam & G. Bier, 1995. *Hydrogeologie van het stroomgebied van de Noor en de effecten van grondwateronttrekkingen aan de westkant van het Plateau van Margraten. Basisrapport.* Rapport 57 Vakgroep Waterhuishouding, Landbouwniversiteit Wageningen, 152 pg.

Lanen, H.A.J. van, R. Dijkma & B. van de Weerd, 1995.

*De effecten van grondwateronttrekkingen aan de westkant van het Plateau van Margraten op de hydrogeologie van het Noordal. Samenvattend rapport.* Rapport 58 Vakgroep Waterhuishouding, Landbouwniversiteit Wageningen, 37 pg.

Lanen, H.A.J. van, M. Heijnen, T. De Jong & B. van de Weerd, 1993.

*Nitrate concentrations in the Gulp catchment: some spatial and temporal considerations.* *Acta Geologica Hispanica* 28 (2/3): 65-73 (published in 1996).

Lanen, H.A.J. van, R. Dijkma & B. van de Weerd, 1996.

*Impact of climate and groundwater abstraction on the hydrogeological system of a chalk system.* Abstract Conference on 'Prediction in Geology', 21-24 February 1996, Amsterdam. *Terra Nostra*, Schriften der Alfred-Wegener-Stiftung 96/1, pp. 33

Lanen, H.A.J. van, R. Dijkma & B. van de Weerd, 1996.

*Groundwater flow and nitrate concentrations in a small chalk catchment.* Abstract European Geophysical Society, *Annales Geophysicae*, Part II: Hydrology, Oceans, Atmosphere & Nonlinear Geophysics, Supplement II to Volume 14, pp. C 378.

Lanen, H.A.J. van, A.H. Weerts, T. Kroon & R. Dijkma, 1996.

*Estimation of groundwater recharge in areas with deep groundwater tables using transient groundwater flow modelling.* Proc. Int. Conf. on 'Calibration and

Reliability of Groundwater Modelling', September 1996, Golden, USA, pp. 307-316.

Lanen, H.A.J. van, 1996.

*Ch. 3. Groundwater Networks and Observation Methods.* In: UNESCO Groundwater Studies. Technical Documents in Hydrology, UNESCO, Paris (submitted)

Lanen, H.A.J. van, 1996.

*Groundwater monitoring and modelling studies: Netherlands' contribution to IHP.* In: Symposium on Hydrological Research Proceedings, Report 96.1 Netherlands National Committee for IHP-OHP, pp. 19-28.

Lanen, H.A.J. van & H.F. Gertsen, 1997.

*Inventory of FRIEND Research Basins.* Report 97.1 Netherlands National Committee for IHP-OHP, De Bilt, 113 pg.

Querner, E.P., L.M. Tallaksen, L. Kašpárek & H.A.J. van Lanen, 1997.

*Impact of land-use, climate change and groundwater abstraction on streamflow droughts basin using physically-based models.* In: A. Gustard *et al.* (Eds.), FRIEND'97-Regional Hydrology: Concepts and Models for Sustainable Water Resource Management. IAHS Publ. No. 246, pp. 171-179.

Novický, O., A. Gustard, S. Demuth, L. Tallaksen, H. van Lanen, B. Clausen, L. Kašpárek, P. Miklánek, O. Majercáková, M. Fendeková, E. Kupczyk, L. Radczuk & W. Czamara, 1997.

*Low Flows.* In: A. Gustard & G. Cole (Eds.). Advances in Regional Hydrology through East-European Cooperation, Institute of Hydrology, Wallingford, UK, pp. 9-19.

Gustard, A., O. Novický, S. Demuth, L. Tallaksen, H. van Lanen, B. Clausen, L. Kašpárek, P. Miklánek, O. Majercáková, M. Fendeková, E. Kupczyk, L. Radczuk & W. Czamara, 1997.

*Low Flows and Droughts in Northern Europe.* In: G. Oberlin & E. Desbos (Eds.), FRIEND Flow Regimes from International Experimental and Network Data, Third Report: 1994-1997, Cemagref Lyon, France, pp. 132-148

Dijkma, R., H.A.J. van Lanen & B. van de Weerd, 1997.

*Water pathways and streamflow generation in the Noor catchment.* Proc. 6<sup>th</sup> ERB Conference, Strasbourg (France), 24-26 September 1996. D. Viville & I.G. Littlewood (Eds.), Ecohydrological processes in small basins. IHP-V Technical Documents in Hydrology No. 14, UNESCO Paris, pg. 105-109.

Lanen, H.A.J. van & R Dijkma, 1998.

*Water flow and nitrate transport to a groundwater-fed stream in the Belgian-Dutch chalk region.* J. of Hydrological Processes (accepted).

### **Scripties na maart 1995**

Aanvulling op het overzicht van de scripties die betrekking hebben op hydrogeologisch onderzoek in het Noordal in de periode 1991-1994, zoals weergegeven in bijlage XX van het Rapport "Hydrogeologie van stroomgebied van de Noor en de effecten van grondwateronttrekkingen aan de westrand van het Plateau van Margraten; Basisrapport", maart 1995.

S. Smets, 1995. *Vergelijking van de verzadigde grondwaterstromingspakketten Modflow en Microfem (stroomgebied van de Noor)*. Scriptie HG151, Vakgroep Waterhuishouding, Landbouwniversiteit Wageningen.

J. Kroon, 1995. *Nitraat in het stroomgebied van de Noor. Ruimtelijke verspreiding van de concentratie in het grond- en oppervlaktewater*. Scriptie HG153, Vakgroep Waterhuishouding, Landbouwniversiteit Wageningen.

A.J. Ellen & E.J. Gerritse, 1996. *Hydrogeologie van het benedenstroomse deel van het Voerdal. Een verkennend grondwaterstromingsmodel met MODFLOW*. Scriptie HG155, Vakgroep Waterhuishouding, Landbouwniversiteit Wageningen.

E Hermans & S. Rienks, 1996. *Ruimtelijke en temporele variatie van nitraat in het stroomgebied van de Noor*. Scriptie HG157, Vakgroep Waterhuishouding, Landbouwniversiteit Wageningen.

S.A.H. Gloudemans & W.A. Rienks, 1996. *De Poel als Bron. Hydrogeologisch onderzoek in natuurgebied "De Noorbeemden" in Zuid-Limburg*. Scriptie HG161, Vakgroep Waterhuishouding, Landbouwniversiteit Wageningen.

J.C.H.M. Kessels, 1997. *Stijghoogteverdeling in enkele dwarsdoorsneden in het stroomgebied van de Noor*. Scriptie HG169, Vakgroep Waterhuishouding, Landbouwniversiteit Wageningen.

F.B.T.M. Kortstee, 1997. *Ruimtelijke verspreiding en temporele variatie van nitraat. Een onderzoek in het stroomgebied van de Noor*. Scriptie HG170, Vakgroep Waterhuishouding, Landbouwniversiteit Wageningen.

M. Klonowski, 1997. *Waterflow and Migration of Nitrate in the Chalk Catchment of the Noor Brook and Impact on the Noorbeemden Nature Reserve*. Scriptie HG171, Vakgroep Waterhuishouding, Landbouwniversiteit Wageningen.

M.V.M. te Vaarwerk, 1997. *Ruimtelijke en temporele grondwateraanvulling in het stroomgebied van de Noor. Een analyse met verschillende onverzadigde en verzadigde grondwatermodellen*. Scriptie HG172, Vakgroep Waterhuishouding, Landbouwniversiteit Wageningen.