

ZUID-LIMBURGSE BRONNEN: TUSSEN GROND- EN OPPERVLAKTEWATER

W.P.A.M.Hendrix, Gerichtstr.42, 6171 TD Stein

Dat Zuid-Limburg een bijzondere hydrogeologische gesteldheid heeft in vergelijking met de rest van Nederland, is alom bekend. In dit gebied bevindt de grondwater-spiegel zich veelal op tientallen meters diepte onder de plateaus en de terrassen. Alleen in de hellingen en in de beekdalen is grondwaterinvloed nabij het maaiveld aanwezig. Deze bijzondere hydrogeologische gesteldheid betreft niet alleen de diepte van het grondwater, maar ook het karakter van de grondwatervoerende pakketten en de grondwaterstandfluctuaties. Een ander karakteristiek fenomeen zijn de vele natuurlijke waterbronnen in het gebied, die veelal in natuurlijke terreinen liggen. Het grondwater dat in deze bronnen uittreedt, draagt van nature zorg voor een continue voeding van de vele beken in Zuid-Limburg.

Doorgaans vormen brongebieden in Zuid-Limburg kleine, maar ecologisch zeer waardevolle landschapselementen. Een overzicht van het voorkomen van de bronnen en brongebieden in Zuid-Limburg en de daaraan verbonden eigenschappen wordt gegeven in HENDRIX (1990; figuur 1). Men kan zich afvragen of en in welke omvang verdroging in de brongebieden van Zuid-Limburg optreedt. Om deze vraag te kunnen beantwoorden zal het grondwaterregime, het afvoerproces van bronnen en de inrichting van brongebieden worden beschouwd.

GRONDWATERSCHOMMELINGEN

Verdroging van brongebieden kan een gevolg zijn van een verlaging van de grondwaterstand door onttrekking van grondwater of door verminderde voeding van het grondwater uit de neerslag. Door captering (opvangen van bronwater) voor de drinkwatervoorziening zijn de afvoeren van de broncomplexen van de Landeus en Roodborn afgenomen (figuur 1). De Zevensprong is zelfs geheel drooggevalen. Verlaging van de grondwaterspiegel kan ook optreden door

gewijzigd bodemgebruik, met name door de toename van de verharde oppervlakte, zoals bebouwing en wegen. Vanwege de specifieke hydrogeologische gesteldheid zijn de effecten van verlaging van de grondwaterstand in Zuid-Limburg anders dan elders in Nederland. Belangrijke aspecten daarbij zijn de diepe ligging van de grondwaterspiegel ten opzichte van het maaiveld, de grote hoogteverschillen in het terrein en de voor Nederlandse begrippen enorm grote schommelingen in de hoogteligging van de grondwaterspiegel.



FIGUUR 1

Bronnen (rode stip) en freatische grondwaterwinningen (blauw vierkant) in Zuid-Limburg. 1: Zonput; 2: Maasbergbron Elsloo; 3: Putbergbron; 4: Dorrenbron; 5: St.Servaasbron; 6: Roodborn; 7: Landeus; 8: Brigidabron; 9: bron Vijlen; 10: Bellebron; 11: bron Berversbergbeek; 12: bron Cottesserbeek; 13: Terziet bronbos; 14: Schoonbron; 15: broncomplex Neuburg; 16: Nutbron; 17: bron 4 Spoorbeek; 18: Zevensprong; 19: Bunderbos; 20: Kathagen; 21: Leiffendervan.

JONGMANS & VAN RUMMELEN (1935) vermelden grondwaterschommelingen te Trintelen van ruim 14 m over een periode van circa 1,5 jaar. Dit betreft dus de grondwaterspiegel van het Plateau van Ubachsberg dat zich in de kalksteen bevindt. Ook op het Plateau van Margraten zijn grote grondwaterstandverschillen in de watervoerende kalksteen binnen een relatief kort tijdsbestek waargenomen. Van medio 1964 tot medio 1966 werd in het zuidoostelijk deel van dit plateau een fluctuatie van circa 11 m gemeten. In het noordoostelijke deel van het plateau werd over de periode medio 1966 tot medio 1968 een verschil van 12 m gemeten. Deze fluctuaties worden verklaard door verschillen in de grondwatervoeding uit de neerslag, in combinatie met verticale stroming (percolatie)

van water boven de grondwaterspiegel (BROUWER *et al.* 1978).

Ook zijn fluctuaties tot zes meter in het peil van het bovenste grondwater van het Centraal Plateau bekend. Hier bevindt zich het freatische grondwater in tertiaire zandlagen en plaatselijk ook in de hierop liggende pleistocene zanden en grinden. Uit het verloop van de grondwaterstand in diverse peilbuizen van het Centraal Plateau blijkt geen dalende trend in het grondwaterpeil. Wel zijn de effecten van droge perioden zoals 1976 duidelijk in de tijdstijghoogtelijnen van diverse peilputten met een bepaalde vertraging waarneembaar.

Het is voor de levensgemeenschappen aan het maaiveld van de plateaus niet van belang of het grondwater op 10 of 20 m diepte aanwezig is. Effecten kunnen wel uitgaan naar de levensgemeenschappen van de brongebieden en van de grondwaterafhankelijke levensgemeenschappen in de beek- en rivierdalen.

Het opgepompte grondwater komt na menselijk gebruik merendeels via zuiveringsinstallaties weer ter beschikking voor het oppervlaktewater. Meerdere beken in Zuid-Limburg kennen een hoog aandeel van effluent. De afvoer van de Eyserbeek bijvoorbeeld bestaat voor meer dan 80 % uit effluent. Het is niet gemakkelijk om de natuurlijke afvoer van de Zuid-Limburgse beken te reconstrueren. De meeste riviertjes en beken zijn underfit, dat wil zeggen dat het beekdal eigenlijk te grote dimensies heeft voor de omvang van het riviertje of de beek zelf. Dit verschijnsel is te verklaren door de pleistocene vorming van de rivier- en beekdalen, dus onder geheel andere klimatologische omstandigheden dan heden. Door afvoer van grote hoeveelheden water zijn grote dalen ontstaan waarvan de meeste nu alleen watervoerend zijn bij langdurige of hevige neerslag: de

TABEL I
Overzicht van de gemeten afvoercharacteristieken van bronnen en bronbeken in Zuid-Limburg (zie figuur 1).

Meetpunt	Periode	n	Minimale afvoer (l/s)	Maximale afvoer (l/s)	Variabiliteit (min/max)
Broncomplex Neuburg	november 1928 - november 1940	14	5,8	16,4	2,8
Landeus	januari 1934 - oktober 1940	15	7,2	31,9	4,4
Nutbron	september 1934-oktober 1940	10	8,9	20,3	2,3
Roodborn bron 1	november 1932 - oktober 1940	13	43,9	49,4	1,1
Roodborn bron 2	november 1932 - oktober 1940	12	5,6	8,6	1,6
Roodborn bron 3+4	november 1932 - oktober 1940	12	14,7	22,2	1,5
Roodborn totaal	november 1932 - oktober 1940	12	64,2	79,2	1,2
Brigidabron	januari 1981 - november 1985	60	1	28	28
Schoonbron	januari 1980 - november 1986	64	3	49	16
Putbergbron	mei 1939 - februari 2005	5	0,3	0,5	2
Bron Maasberg 3 Elsloo	september 1984 - februari 2005	10	0,5	0,9	1,8
Bron 4 Spoorbeek	december 1990 - december 1991	21	0,3	0,4	1,1
Bronbos Terziet	januari 1981 - oktober 1986	62	4	25	6
Bron Vijlen	januari 1982 - november 1986	48	2	18	9
Bron Einrade	januari 1982 - november 1986	48	1	5	5
Bron Cottesserbeek	januari 1981 - november 1986	14	1	4	4
Belletbron	januari 1981 - december 1981	12	1	2	2
Bron Berversbergbeek	januari 1981 - december 1981	12	1	6	6

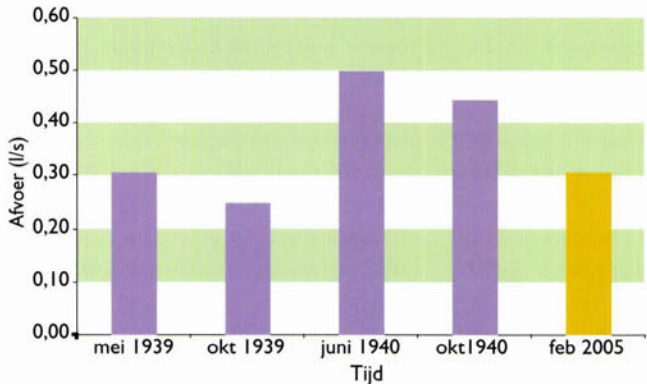
droogdalen, vloedgraven en grubben (HENDRIX, 1984). Naast deze incidenteel watervoerende dalen staan de dalen van permanent watervoerende riviertjes en beken, zoals de Voer, de Gulp, de Geul, de Worm, de Rode beek en de Geleenbeek (figuur 1). Deze worden van nature continu gevoed door grondwater dat meestal in de vorm van bronnen uittreedt.

Een belangrijk aspect is de verblijftijd van het grondwater, dus de tijd die verstrijkt voordat de regenwaterdruppel weer uit de bron aan het daglicht komt. Schommelingen in de hoeveelheid nuttige neerslag dempen veelal geheel uit tijdens de reis van het water door de bodem. Hierdoor kan een bron water blijven voeren, vaak ook tijdens een extreem droog jaar zoals 1976. Daar staat tegenover dat afvoervermindering kan optreden lange tijd na een droge periode. In HENDRIX & MEINARDI (2004) worden verblijftijden vermeld die berekend zijn op het tritiumgehalte van het bronwater. Bronwater blijkt door-

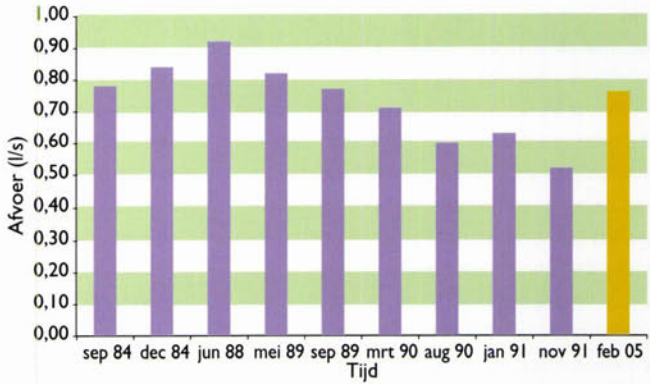
gaans een mengsel te zijn van water van verschillende ouderdom en waarvan in een aantal gevallen een gedeelte meer dan 100 jaar in de bodem heeft gereisd.

Verminderde voeding van het grondwater kan worden veroorzaakt door directe afvoer van neerslag op verhard oppervlak, zoals daken en wegen, naar het riool of naar het oppervlaktewater. Hierdoor kan verlaging van de grondwaterstand optreden. In een sterk verstedelijkt infiltratiegebied kan dit een factor van betekenis zijn. Ook directe afvoer van neerslag via het oppervlak van landbouwgrond draagt bij aan de verminderde voeding van het grondwater. In Zuid-Limburg spelen beide processen een beperkte rol in de verlaging van de grondwaterstand.

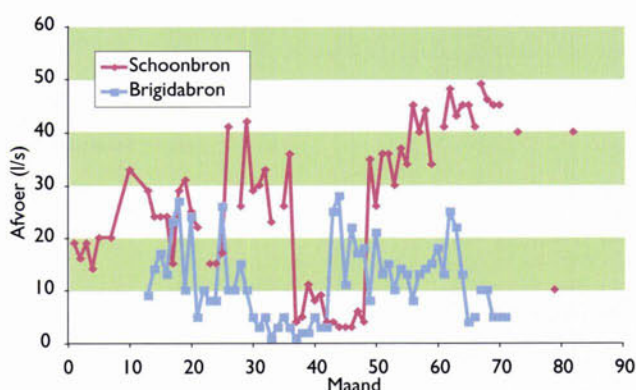
Het verminderen van de voeding van het grondwater door directe afvoer van neerslag van verhard oppervlak, zoals daken en wegen, naar het oppervlaktewater wordt tegengegaan door infiltratie van dit water in de bodem. Dit gebeurt door middel van diverse



FIGUUR 2
Afvoerloop van de Putbergbron (zie ook tabel 1 en figuur 1).

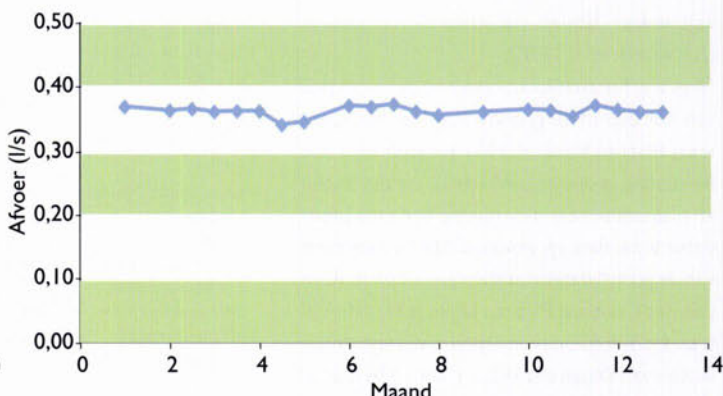


FIGUUR 3
Afvoerloop van de Maasbergbron te Elsloo (zie ook tabel 1 en figuur 1).



FIGUUR 4

Afvoerloop van de Schoonbron en de Brigidabron in de periode januari 1981 tot en met november 1985 (zie ook tabel 1 en figuur 1).



FIGUUR 5

Afvoerloop van bron 4 Spoorbeek over de periode december 1990 tot en met december 1991 (zie ook tabel 1 en figuur 1).

technische systemen zoals wadi's (wateraanvoer door infiltratie) en infiltratieputten. Gewaakt moet echter worden voor verontreiniging van het grondwater. De kwaliteit van het Zuid-Limburgse grondwater is de afgelopen decennia immers verminderd, voornamelijk door uitspoeling van meststoffen vanuit landbouwgrond (HENDRIX & MEINARDI, 2004).

AFVOEREN VAN BRONNEN EN BRONBEEKEN

Verdrogtingseffecten in Zuid-Limburg kunnen zich dus manifesteren in de afvoerhoeveelheid en het afvoerloop van natuurlijke waterbronnen. Door onderzoek in de laatste decennia is meer inzicht in de afvoerhoeveelheden van bronnen en waterbalansen van gebieden verkregen. De voeding van het grondwater, de nuttige neerslag genoemd, is op de zuidoostelijke plateaus zoals Vijlen en Crapoel, groter dan op de noordwestelijke plateaus, zoals Centraal Plateau (figuur 1). Dit is een gevolg van de aanzienlijke toename van de jaarlijkse neerslaghoeveelheid gaande van het noordwesten naar het hoger gelegen zuidoosten. Op basis van de maandnormalen van de neerslag kan een jaarlijkse neerslaghoeveelheid van 793 mm voor het Centraal Plateau worden berekend en voor het massief van Vijlen 898 mm, een verschil van bijna 100 mm/j. Dit betekent ook dat de hoeveelheid nuttige neerslag per landgebruikseenheid zoals gras, akker en bos voor de Zuid-Limburgse massieven of plateaus verschillend is. Voor de vijf zuidelijke plateaus die het Mergelland vormen, kan een totale nuttige voeding van het grondwater van bijna 100 miljoen kubieke meter per jaar worden berekend (PROVINCIE LIMBURG,

1991). Hiervan wordt ruim een kwart onttrokken door middel van grondwaterwinning en komt ruim een kwart tot afvoer in natuurlijke waterbronnen.

Afvoermetingen van bronnen of bronbeken betreffen veelal incidentele metingen die in het kader van (grondwater)onderzoek zijn verricht. JONGMANS *et al.* (1941) rapporteren afvoeren van een aantal bronnen die in de jaren twintig en dertig van de vorige eeuw zijn gemeten. Ze berekenden de afvoervariabiliteit in de tijd op basis van de minimale en maximale afvoer (zie ook tabel 1). Dit is een goede maat voor de afvoerfluctuaties. Ligt de waarde van de afvoervariabiliteit bij één, dan zijn er weinig schommelingen in de hoeveelheid water die de bemeten bron geeft. Afvoermetingen van twee bronnen met een verschillend karakter geven enig inzicht in de schommelingen van de hoeveelheid water die ze geven en trends hierin. Het betreft een bron op de Putberg bij Ubachsberg, gevoed uit de kalksteen, en een bron in de Maasberg te Elsloo, die water uit grinden en zanden ontvangt (figuur 1).

De afvoermetingen van de Putbergbron (figuur 2) geven een afvoervariabiliteit van 2,0. Dit betekent dat in de genoemde meetperiode de maximaal gemeten afvoer twee keer zo groot is dan de minimaal gemeten afvoer. Een redelijk grote afvoervariabiliteit dus die in dezelfde orde van grootte ligt als die van de kalksteenbronnen bij kasteel Neuburg, van de Nutbron en van de bron van de Landeius gemeten in de periode voor 1940 (tabel 1). De afvoermetingen van de Maasbergbron te Elsloo zijn weergegeven in figuur 3. De afvoervariabiliteit van deze bron bedraagt voor de gemeten periode 1,8 en is in dit opzicht vergelijkbaar met de Putbergbron. Dit ondanks het verschillend karakter van de watervoerende lagen waaruit deze bronnen wor-

den gevoed: kalksteen versus grinden en zanden. De afvoermetingen van de Putbergbron en de Maasbergbron in 2005 geven geen aanwijzing voor een trend in de vermindering van de waterafvoer van deze bronnen in de tijd. Hierbij moet worden aangetekend dat in de voedings- of infiltratiegebieden van beide bronnen geen grondwater wordt onttrokken. Het aantal metingen is beperkt, maar wellicht dat toekomstige afvoermetingen van deze bronnen deze eerste bevindingen zullen bevestigen.

In de jaren tachtig werd een achttal Zuid-Limburgse bronnen en bronbeken over een meerjarige periode maandelijks bemonsterd en bemeten door het toenmalige Zuiveringsschap Limburg. In figuur 4 zijn de afvoerlopen van twee van deze bronnen weergegeven, namelijk de Schoonbron en de Brigidabron. Beide bronnen worden gevoed uit de kalksteen. De afvoervariabiliteit van de Schoonbron bedraagt 49 en van de Brigidabron 28, op basis waarvan de afvoerfluctuaties dus zeer groot te noemen zijn. Opmerkelijk in het afvoerloop van de Schoonbron is de periodieke terugval van de afvoer in 1984, die niet verklaard kan worden. De Brigidabron vertoont eveneens een tijdelijke teruggang in watervoering, maar dan iets vroeger in de tijd dan de Schoonbron. Helaas is niet bekend op welke wijze de afvoeren werden gemeten. Een aantal bijzonder hoge afvoeren op het meetpunt Schoonbron is in de grafiek van het afvoerloop buiten beschouwing gelaten. Deze hoge afvoeren zijn namelijk een gevolg van tijdelijke toevoer van water uit het instromende droogdal Scheumergrub, die alleen bij langdurige of extreme neerslag water voert.

In het kader van een grondwaterecologisch onderzoek (NOTENBOOM *et al.*, 1996) is de afvoer van een bron van de Spoorbeek (bron

FIGUUR 6

De regelmatig droogvallende Zonput in Stein (2004; zie ook figuur 1 en 7) (foto: W. Hendrix).

4) bij Elsloo gedurende een jaar regelmatig gemeten. In figuur 5 is het afvoerterloop van deze bron weergegeven en geconstateerd kan worden dat de afvoer gedurende deze jaarcyclus behoorlijk constant is. In de vermelde periode bedraagt de afvoer variabiliteit van deze Spoorbeekbron 1,1, dus een zeer constante afvoer in de tijd. Er vindt een continue aanvoer van grondwater plaats vanuit een relatief groot infiltratiegebied. Het grondwater stroomt hier voornamelijk door tertiaire zanden en deels door kwartaire zanden en grinden.

Op enkele plaatsen in Zuid-Limburg zijn intermitterende bronnen aanwezig. Dit type bron kan van nature tijdelijk droogvallen omdat bijvoorbeeld in droge perioden het grondwaterreservoir onvoldoende wordt aangevuld. Een mooi voorbeeld hiervan is de Zonput te Stein (figuur 6). In figuur 7 is het afvoergedrag van deze bron weergegeven. Geconstateerd kan worden dat in de periode 1979 tot en met 2005 deze bron slechts de helft van de tijd water gaf met een onregelmatig patroon in haar watervoering. De Zonput ligt relatief hoog ten opzichte van andere bronnen van de Ur, die meer naar het noorden liggen. Nadere analyse van het infiltratiegebied, het neerslagverloop en het karakter van het voedende grondwaterreservoir is nodig ter verklaring van dit verschijnsel.

Interessant in dit verband is het oude verhaal van de Dorrenbron aan de Dorrenweg tussen Cadier & Keer en Gronsveld. VAN DEN BOORN (1886) schrijft dat deze bron of fontein in 1805 onder struikgewas ontdekt werd en in het jaar daarna veel water gaf. Dit vond men in die tijd al een vreemd verschijnsel want men kende de geologische gesteldheid van het terrein, namelijk droge mergelgrond. Aan het water werd een geneeskundige werking toegekend maar op basis van een onderzoek door Joannes Evangelista, bisschop van Luik, werd deze bovennatuurlijke kracht in 'herderlijk schrijven' van 17 oktober 1806 verworpen. De bron viel droog en gaf tot 1867 enkel incidenteel water. In 1867 ver-



grootte men de bronkop, waarbij slecht doorlatende lagen werden doorbroken waardoor de bron ophield water te geven (VAN DEN BOORN, 1886). Momenteel geeft deze bron echter weer water.

Bij de beoordeling van verdrogingseffecten aan de hand van waterafvoerterlopen van bronnen moet het natuurlijk afvoer karakter van de bron dus voldoende bekend zijn. Dit natuurlijk afvoergedrag kan per brontype of zelf per bron verschillend zijn.

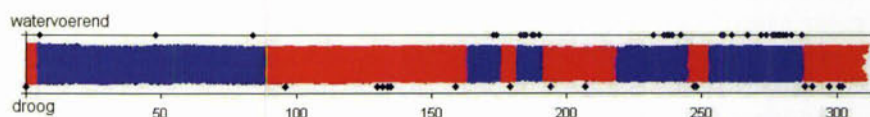
DIRECTE VERDROGING

Verdrogingseffecten gaan uit van de aanleg van ont- en afwateringsystemen aan het maaiveld zoals begreppeling en verbuizing. Het betreft hier dus de inrichting van het watersysteem. Een landschappelijk en ecologisch negatief effect heeft de verbuizing van vele bronnen en bronbeken in het landelijke Zuid-Limburg (figuur 8). Vaak wordt de bronbeek vanaf de bron in buizen geleid die even onder het maaiveld liggen. De beekjes zijn in het terrein niet meer zichtbaar en zijn vrijwel onbereikbaar geworden voor vele planten en dieren. De graszode ligt geheel over de verbuiste beek heen, vaak zonder waarneembaar verschil. MEERMAN (1975) vermeldt diverse bovenloopjes in het Geulstelsel die verbuist zijn. Vergelijkbare beschrijvingen die de omvang van dit verschijnsel aangeven zijn te

vinden in CUPPEN & MOLLET-PILLOT (1978). Het verbuizen van grotere beken, zoals de Keutelbeek tussen Beek en Geleen en de Caumerbeek te Heerlen, dateert uit het midden van de vorige eeuw. In eerste instantie is dit gedaan om milieuhygiënische redenen wegens het mede-afvoeren van afval- en rioolwater. Maar nu het afvalwater is afgekoppeld en naar zuiveringsinstallaties wordt geleid, voeren ze weer water van redelijke kwaliteit en mogen ze in principe het daglicht weer zien. In diverse brongebieden treft men begreppeling aan ter vergroting van de ontwatering en voor de versnelling van de afvoer. Meestal is dit gedaan om boomteelt (hoofdzakelijk populieren) mogelijk te maken. De combinatie van veraarding van organisch bodemmateriaal door ontwatering en de bladval van populieren heeft vaak een begroeiing van Grote brandnetel (*Urtica dioica*) en Kleefkruid (*Galium aparine*) tot gevolg, een daarmee een ecologische verarming. Drainage, veelal door middel van gebakken buizen, is op diverse plaatsen aanwezig, onder andere in het Geleenbeekdal in de omgeving van Wijnandsrade en Spaubeek. Plaatselijk zijn drainagebuizen gelegd zoals in het Seekendal te Elsloo, waar een stervormig drainagesysteem een natte kwelplek op een akker drooglegt. De afvoer van dit systeem is overigens niet continu en waarschijnlijk betreft het hier een schijngrondwaterspiegel. Dichten van brongebieden met bodemmateriaal of zelfs met

FIGUUR 7

Verloop van de watervoering van de Zonput in Stein, over de periode 1979 tot en met 2005 en uitgedrukt in maanden (zie figuur 1 en 6).





FIGUUR 8

De gecapteerde Belletbron in het Geuldal (februari 2005; zie figuur 1) (foto: W. Hendrix).

vuilnis is een verschijnsel dat ook veel voorkomt. Ook bij de aanleg of verbetering van wegen worden bronbeekjes in afvoerbuizen geleid, bijvoorbeeld bij Krekelbosch (Koulen) en op de Biesenbergh bij Humcoven. Voor de bouw van huizen worden brongebiedjes met bodemmateriaal opgehoogd en zijn de bronnen verdwenen, bijvoorbeeld in het dal van het Hoogbeekskan te Spaubeek.

In 1989 is een inventarisatie verricht van de algehele toestand van de Zuid-Limburgse bronnen in het Mergelland (PROVINCIE LIMBURG, 1991). Geconstateerd werd dat in meer dan 20 % van de onderzochte brongebieden en kwelzones de oorspronkelijke morfologie volledig is vernietigd door fysische ingrepen, zoals vergraving, drainage, vertrapping door vee en storten van afval. Het ondergronds brengen van bronbeekjes in buis- of rioolsystemen kan men eveneens beschouwen als een verdrogingsverschijnsel. In de omgeving van Klimmen en Walem wordt bronwater vrijwel direct na uittreden in een buizensysteem opgevangen en naar diverse aftappunten voor veedrenking in lageregelegen weilanden geleid. De bronbeekjes op de Schaelsberg, en ook van de Goudsberg en het Heekerbosch in het dal van de Heekerbeek, worden in buissystemen onder de landbouwgronden in de hellingen geleid en zijn aan het maaiveld niet meer waar te nemen. HEIJNENS & HEIJSTEE (1985) geven aanbevelingen voor de inrichting van natuurlijke bronnen in het Mergelland ter verbetering van de ecologische omstandigheden. Een bijzonder gebied in Zuid-Limburg dat in het kader van verdroging nog moet worden vermeld is het Leiffenderven, gelegen ten noorden van Schinveld (figuur 1). Dit gebied

vormde in het begin van de twintigste eeuw een voor Zuid-Limburgse begrippen omvangrijk moeras in het dal van de Rode Beek, op de grens tussen Nederland en Duitsland. Door ont- en afwateringswerken is dit gebied momenteel relatief droog en wordt deels gebruikt als zweefvliegveld.

VERDROGEN(-)DE BRONGEBIEDEN(?)

Het water dat aan de grondwatervoorraad in Zuid-Limburg wordt onttrokken komt niet meer ter beschikking voor natte natuurgebieden, zoals brongebieden. Een beperkt aantal capteringen van bronnen en winningen in brongebieden voor de drinkwatervoorziening hebben echter duidelijke verdrogingseffecten. De verdrogingseffecten treden dus lokaal op en voor het overige zijn de effecten op de natte natuur beperkt. Omvangrijker zijn de verdrogingseffecten die uitgaan van inrichtingsmaatregelen in de natte natuurlijke gebieden zelf, met name de ont- en afwateringsmaatregelen. Door herinrichting is veel winst te behalen in de bestrijding van verdroging in deze natte natuurterreinen in Zuid-Limburg.

SUMMARY

SPRINGS: BETWEEN SPRINGS: BETWEEN GROUNDWATER AND SURFACE WATER

Water tables in the south of the province of Limburg have dropped as a result of

groundwater extraction for public water supply. This has affected the average water tables as well as reducing the discharge of several natural springs. Some springs have even dried up completely. The most deleterious process is the capture of water directly from the spring head, which started in the beginning of the 20th century.

The water of many springs and spring rivulets is now being discharged through underground ducts. In addition, drainage trenches have been dug and springs have been filled up with earth, or even refuse, to improve the drainage of nearby meadows and to avoid maintenance. These measures have severely damaged the valuable natural ecosystem, which in some cases has disappeared completely.

LITERATUUR

- BOORN, VAN DEN, 1886. De Fontein in de Dorte Gronsfield. De Maasgouw 8: 102-103.
- BROUWER, G.K., P.K.M. VAN DER HEIJDE & H. UIL, 1978. Grondwaterstandsfluctuaties in relatie tot de geohydrologische gesteldheid van het plateau van Margraten. Rapport 78-3. DGV-TNO, Delft.
- CUPPEN, H.P.J.J. & H.K.M. MOLLER PILLOT, 1978. Voorlopige inventarisatie van de bronnen en bronbeken in het toekomstige N.L.P. Mergelland. Bijlage II Werkrapport Mergelland. Rijksinstituut voor Natuurbeheer (RIN), Leersum.
- HEIJNENS, F. & J. HEIJSTEE, 1985. Inrichting natuurlijke bronnen Mergelland. Landinrichtingsdienst, afdeling Onderzoek, Roermond.
- HENDRIX, W.P.A.M., 1984. Geomorfogenetische processen in Zuid-Limburg. Natuurhistorisch Maandblad 73(2): 35-44.
- HENDRIX, W.P.A.M., 1985. Het grondwater van het Centraal Plateau. Geografisch Instituut, Rijksuniversiteit Utrecht, Utrecht.
- HENDRIX, W.P.A.M., 1990. Bronnen in Zuid-Limburg. Natuurhistorisch Maandblad 79 (3/4): 50-63.
- HENDRIX, W.P.A.M. & C.R. MEINARDI, 2004. Bronnen en bronbeken van Zuid-Limburg. Kwaliteit van grondwater, bronwater en beekwater. RIVM-rapport 500003003/2004. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Bilthoven.
- JONGMANS, W.J. & F.H. VAN RUMMELEN, 1935. Grondwaterschommelingen in Zuid-Limburg. Water (9/10).
- JONGMANS, W.J., W.F.J.M. KRUL & J.J.H. VOS, 1941. Waterwinning in Zuid-Limburg. Waterleidingmaatschappij Limburg, Maastricht.
- MEERMAN, M., 1975. De Geul zij-rivier van de Maas. Meerman, Kerkrade.
- NOTENBOOM, J. W. HENDRIX & A.-J. FOLKERTS, 1996. Meiofauna assemblages discharged by springs from a phreatic aquifer system in The Netherlands. Netherlands journal of aquatic ecology 30(1): 1-13.
- PROVINCIE LIMBURG, 1991. De fysische, chemische en biologische kwaliteit van bronnen en kwelzones in relatie tot ruimtegebruik. Provincie Limburg, Maastricht.