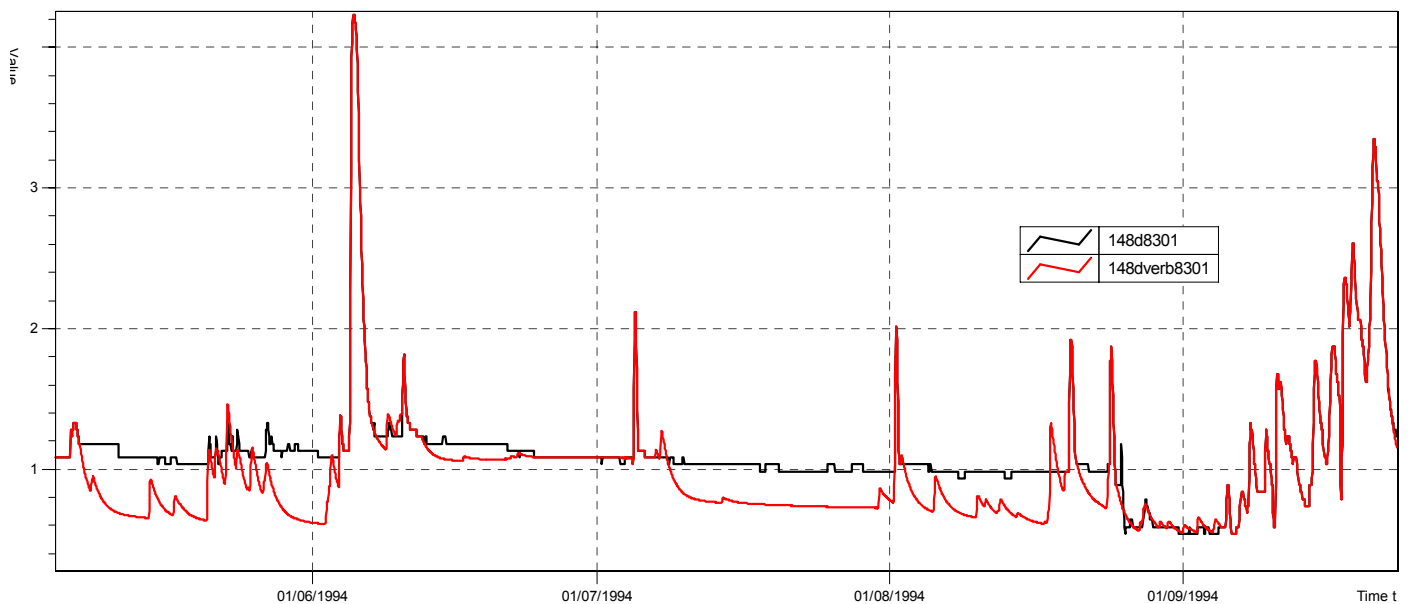


Verbetering van de peil- en debietreeks voor het station op de Zwarte beek te Lummen

Pieter Cabus

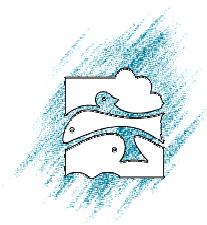
Nota Instituut voor Natuurbehoud
IN.A.2003.223



*Onderzoek uitgevoerd aan het Instituut voor Natuurbehoud
in opdracht van de Afdeling Water van AMINAL*



Instituut voor Natuurbehoud
Kliniekstraat 25, 1070 Brussel



Inleiding

In Vlaanderen worden sinds verschillende decennia peil- en debietmetingen verricht op de onbevaarbare waterlopen. Sinds de oprichting van de Afdeling Water van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap ressorteren de stations onder haar bevoegdheid. Voor de periode 1981-1996 werd de uitlezing en het onderhoud van de stations uitbesteed aan de vakgroep Hydraulica van de Universiteit Gent. Na 1996 werd dit uitgevoerd door het Hydrologisch Informatie Centrum van de afdeling Waterwegen en Zeewezen. Voor deze periode lag de nadruk vooral op het onderhoud en de werking van de stations. Er werd slechts een minimale aandacht besteed aan de data en de kwaliteit ervan. Op initiatief van de Afdeling Water werd door de onderzoeksgroep Landelijk waterbeheer van het Instituut voor Natuurbehoud recent gestart met de doorlichting en validatie van de historische meetreeksen van de limnigrafische stations. In deze nota wordt de verbetering van de reeks van de Zwarte Beek te Lummen toegelicht.

De validatie van de meetreeksen gaat uit van een integrale aanpak. Alle informatie over de reeks, het station en de waterloop worden in de analyse betrokken. Dit omvat alle peildata (oorspronkelijke data), alle debietkrommen, de hydrologische jaarboeken van KMI, RUG en HIC, het verloop van de nulhoogte van de peillat, gegevens over belangrijke werken/ruiming, beeldmateriaal van de meetplaats, ...

Het verloop van de procedure kan als volgt worden samengevat:

- Analyse van de debietkromme(n)
- Analyse van de peilreeks
- PDM-modellering
- Verbetering van de debietreeks

Elk van deze bewerkingen op de reeks van de Zwarte Beek te Lummen zal uitvoerig toegelicht worden in het vervolg van deze nota.

Analyse van de debietkromme(n) en van de peilreeks

Voor elk van de stations is de debietkromme nagegaan. Hierbij is vooral aandacht besteed aan het bestreken interval van peilen, de spreiding van de calibratiepunten en de verklaring hiervoor, en verschuivingen van peilen in de loop van de tijd.

Simultaan zijn ook de peilreeksen onderzocht op abnormaliteiten en verbanden tussen beide (calibratiepunten en peilreeksen) zijn opgespoord.

QH148

Station in 1967 opgericht (AMWA 878 en AMWA878/2)

De peilschaal van nr. 78/2 en 878/2 had een nulhoogte van 21.074 mTAW en bleef in dienst tot 4/05/83. Daarna was de nulhoogte 21.35mTAW (21.37 mTAW volgens een andere waterpassing in 1990). Alle geregistreerde waterhoogten voor 1 /01/83 moeten met 27.6 cm verminderd worden om dezelfde debietkromme te kunnen gebruiken. De waterhoogten bij de ijkingsmetingen moeten aangepast worden tot 31/12/1979, omdat waarden vanaf 1980 zichtbaar als aangepaste hoogten in de databank opgenomen zijn. Op

25/08/1984 verschuift de peilreeks een 8-centimeter naar lagere peilen, wat in tegenstelling lijkt tot de verschuiving van de debietkrommen naar hogere peilen.

Op 11/09/97 zijn de waarnemingen onderbroken als gevolg van werken aan de brug ter plaatse van de limnigraaf.

In figuur 1 zijn alle beschikbare ijkingen met de originele nulhoogte gegeven. Uit de spreiding van de punten bemerkt men de overgang van de nulhoogte van de schaal in 1983 (1980) en de heropening van de waarnemingen in 1998.

De reeks van debieten van station 148, de Zwarte Beek te Zelem is onderbroken van 1/1/1997 tot 5/4/2001. De limnigraaf werd weggenomen wegens werken aan de brug en werd verplaatst naar een nabijgelegen brug. Voor sommige deelperioden tijdens deze werken zijn door het HIC debieten gegeven, in de hoop dat de nieuwe locatie een betere meetplaats zou opleveren. Deze hoop bleek ijdel en derhalve is de limnigraaf in 2001 naar de oude locatie teruggebracht.

Het stroomgebied van de Zwarte Beek is 100,9 km² groot. De maximaal geregistreerde waterhoogte bedraagt 1,26 m op 07/02/1984. Het gemiddeld jaarlijks hoogwaterdebiet is (met de oude ijkingkromme van de RUG) 4,931 m³/s.

De eerste groep ijkingen tot 1997 geven op figuur 2 nog aanleiding tot volgende opmerking : de meetpunten na 1994 laten bij nader toezien een gewijzigde debietkromme vermoeden, maar er zijn (te) weinig ijkingen om met voldoende zekerheid een nieuwe debietkromme voorop te stellen. Deze ijkingen zijn in figuur 2 met een apart symbool aangeduid. Daarom werd eerst een debietkromme gezocht voor alle ijkingen tot 1993. In figuur 2 is de hoogtecorrectie voor de verandering in nulhoogte toegepast (de ijkingen vóór 1980). Het volledige afvoerbereik is bedekt met ijkingen, en de stabiliteit van de debietkromme is gegarandeerd door de ijkingen vanaf 1967. Op basis van de gegevens 1967-1993, met uitzondering van 2 ijkingpunten uit de zomer van 1975 en 1976, vindt men volgende vergelijking :

$$Q = - 0.2882 + 7.3402 * h - 1.1252 * h * h \text{ (vgl. 1)}$$

De periode 1994-1997 stelt meer problemen (figuur 4), want de ijkingen bij hoogwater vallen duidelijk uit de band. De debietkrommen vóór en na 1993 snijden elkaar, hetgeen wijst op een ingrijpende verandering. De oorzaak van deze verandering zou moeten onderzocht worden. Er zijn te weinig ijkingen om een tweedegraadskromme te rechtvaardigen, een rechte lijn is de meest verantwoorde debietkromme. De ijkingpunten laten volgend verband opstellen :

$$Q = 4.9182 * h, \text{ (vgl. 2) of in tweede instantie}$$

$$Q = 5.6413 * h - 1.2753 * h * h * h \text{ (vgl. 3)}$$

Vanaf 11/09/1997 werd de limnigraaf verplaatst naar een brug verder afwaarts. Het nulpunt van deze nieuwe peilschaal bedroeg 20,680 mTAW. Tengevolge enorme plantengroei en vermoedelijk sterke opstuwing vanuit de Demer is debietmeten op deze locatie onmogelijk gebleken (bron: E. Cornet, HIC). Opstuwing door plantengroei is reeds in de periode 1975-76 gesignaleerd. Ook het HIC omschrijft station 148 als een grasstation. De zomerpeilen dienen dus eerst gecontroleerd te worden vooraleer de debietkromme wordt toegepast. Nochthans blijkt noch uit de ijkingmetingen, noch uit de peilreeksen dat er een aanzienlijke opstuwing voorkomt in de zomermaanden.

In april 2001 werd het station terug verplaatst naar opwaarts, maar ook hier blijkt de sectie weinig stabiel (tengevolge plantengroei en kruidruiming), waardoor de omzetting van peilen naar debieten moeilijk blijft.

De debietkromme van het HIC is als volgt :

$$Q = a_0 + a_1.H + a_2.H^2 + a_3.H^3$$

a_0	a_1	a_2	a_3	$H_{min} - H_{max}$
-0.59901	-0.07537	1.83956	0.00000	0.300 3.000

(vgl.4)

Deze ligt bij veel hogere peilen dan de kromme(n) van voor de verplaatsing. Een verklaring hiervoor is niet terug te vinden, behalve de onstabiele van de meetsectie, welke volgens het HIC voornamelijk aan kruidruiming e.d. te wijten is.

Concluderend kunnen we stellen dat het aangewezen lijkt om de volgende krommen te hanteren:

Voor de periode 1987-1993 lijkt vgl. 1 aangewezen. Voor de periode 1994-1997 stellen we vgl.2 voor. Voor de omzetting van de weinige betrouwbare peilmetingen bij de verplaatsing van het station na 1997 kan de HIC-vergelijking gehanteerd worden.

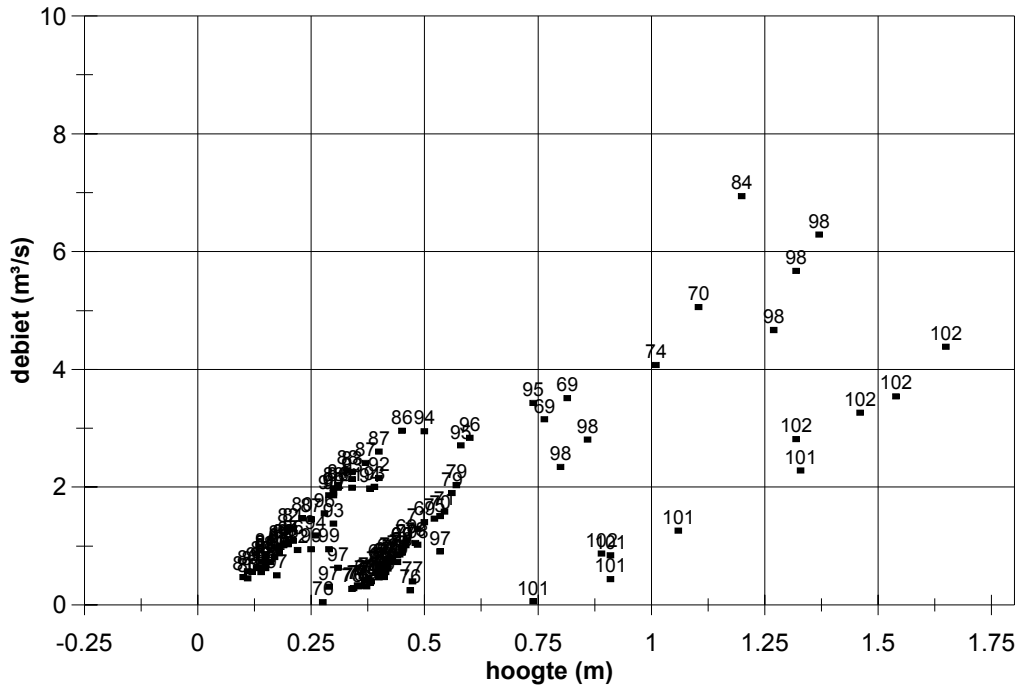
Beschikbare ijkingen

DATUM	Q1	H
2/10/1967	0.429	0.37
23/11/1967	0.726	0.42
9/04/1968	0.624	0.40
14/11/1968	0.678	0.40
13/01/1969	0.783	0.42
7/05/1969	0.695	0.41
19/05/1969	1.103	0.46
6/08/1969	0.981	0.45
19/09/1969	0.982	0.45
16/10/1969	1.409	0.50
3/12/1969	3.151	0.77
4/12/1969	3.514	0.82
20/02/1970	5.061	1.11
27/10/1970	1.513	0.54
13/01/1971	0.561	0.40
28/01/1971	1.587	0.55
29/05/1971	1.292	0.49
10/12/1971	0.801	0.43
22/03/1972	0.381	0.38
18/09/1972	0.589	0.41
13/03/1973	0.631	0.41
7/06/1973	0.272	0.34
24/10/1973	0.886	0.45
19/02/1974	0.861	0.45
23/04/1974	0.415	0.38
16/07/1974	0.318	0.36
23/10/1974	4.078	1.01
11/02/1975	0.846	0.44
10/04/1975	1.467	0.52
16/06/1975	0.694	0.42
30/09/1975	0.473	0.41
18/11/1975	0.764	0.43

20/01/1976	0.737	0.43
7/04/1976	0.415	0.37
11/05/1976	0.324	0.36
8/06/1976	0.290	0.34
12/07/1976	0.049	0.28
1/09/1976	0.248	0.47
31/01/1977	0.620	0.42
14/04/1977	1.018	0.46
2/08/1977	0.402	0.47
26/09/1977	0.459	0.38
1/02/1978	1.051	0.48
23/05/1978	0.336	0.35
25/10/1978	0.559	0.41
12/01/1979	2.037	0.57
23/03/1979	1.901	0.56
22/05/1979	0.576	0.40
24/09/1979	0.321	0.37
22/10/1979	0.400	0.38
14/11/1979	0.731	0.44
26/11/1979	0.558	0.42
27/02/1980	0.729	0.16
25/04/1980	0.739	0.14
11/06/1980	0.454	0.11
10/09/1980	0.843	0.15
26/11/1980	0.573	0.11
23/12/1980	1.471	0.23
29/01/1981	1.299	0.21
25/02/1981	0.847	0.15
15/04/1981	0.866	0.15
11/06/1981	0.559	0.14
31/08/1981	0.568	0.12
9/11/1981	0.476	0.1
21/01/1982	0.932	0.22
22/02/1982	0.956	0.18
15/04/1982	1.014	0.19
14/06/1982	0.813	0.17
26/08/1982	1.304	0.2
5/11/1982	1.008	0.18
30/05/1983	2.263	0.34
24/06/1983	0.688	0.15
7/02/1984	6.945	1.2
24/05/1984	2.035	0.31
12/06/1984	1.070	0.2
28/05/1985	0.782	0.15
5/09/1985	0.881	0.18
20/01/1986	2.961	0.45
6/03/1986	1.994	0.31
15/05/1986	1.089	0.21
18/06/1986	0.764	0.15
23/02/1987	1.457	0.25
24/11/1987	2.605	0.4
27/11/1987	2.410	0.37
3/03/1988	1.985	0.3
18/03/1988	2.287	0.33
6/06/1988	0.931	0.18
5/02/1990	1.022	0.19
16/02/1990	1.911	0.3
10/06/1991	0.625	0.13

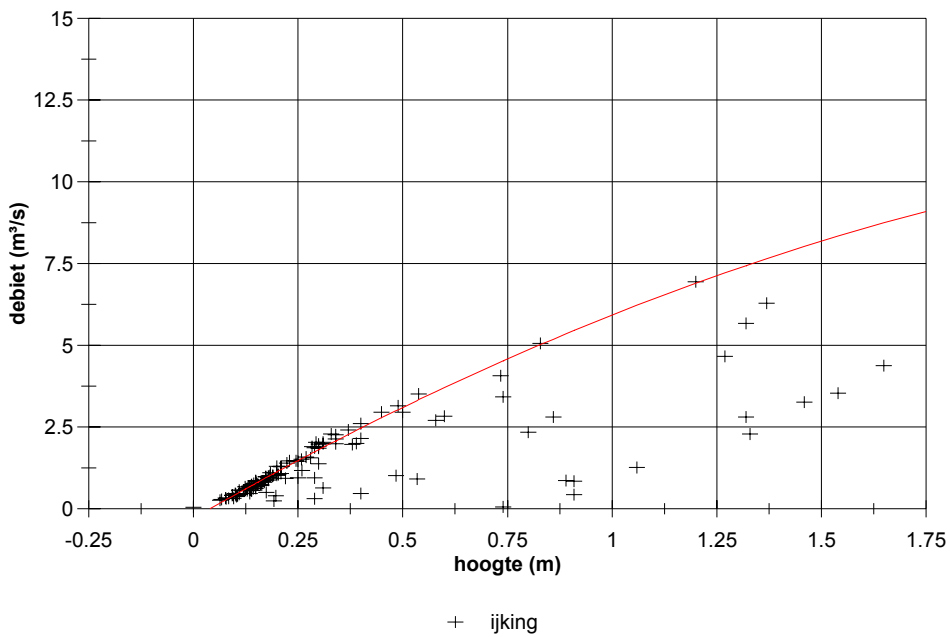
12/11/1991	1.867	0.29
18/12/1991	1.993	0.34
24/03/1992	1.863	0.3
5/06/1992	0.645	0.14
2/09/1992	2.156	0.4
13/01/1993	2.141	0.34
16/09/1993	1.381	0.3
16/11/1993	2.007	0.39
5/01/1994	2.955	0.5
6/06/1994	1.973	0.38
18/11/1994	1.179	0.26
23/01/1995	3.429	0.74
16/02/1995	2.712	0.58
28/11/1995	0.626	0.15
31/08/1996	2.837	0.60
2/10/1996	1.032	0.20
21/11/1996	1.560	0.28
10/06/1997	0.470	0.40
4/08/1997	0.504	0.18
7/10/1997	0.315	0.29
16/10/1997	0.914	0.54
8/12/1997	0.637	0.31
21/01/1998	1.021	0.49
16/09/1998	6.291	1.37
17/09/1998	5.677	1.32
18/09/1998	4.670	1.27
26/10/1998	2.343	0.80
29/10/1998	2.808	0.86
20/04/1999	0.951	0.25
12/08/1999	0.948	0.29
22/05/2001	0.061	0.74
17/07/2001	0.438	0.91
13/11/2001	1.264	1.06
26/11/2001	2.287	1.33
13/12/2001	0.841	0.91
15/01/2002	0.871	0.89
27/01/2002	3.544	1.54
13/02/2002	3.268	1.46
26/02/2002	5.726	1.88
28/02/2002	4.386	1.65
21/03/2002	2.815	1.32

Qh_148
Zwarte Beek te Lummen

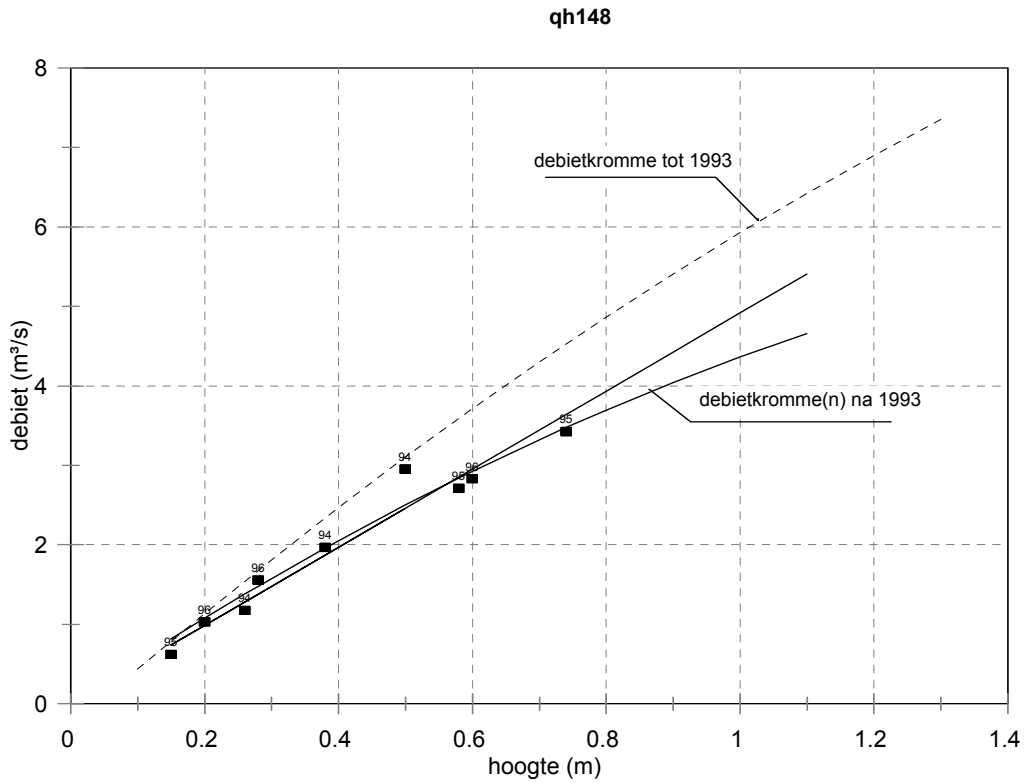


Figuur 1 : Alle ijkingen zonder uniforme nulhoogte (de labels verwijzen naar het jaartal van de meting)

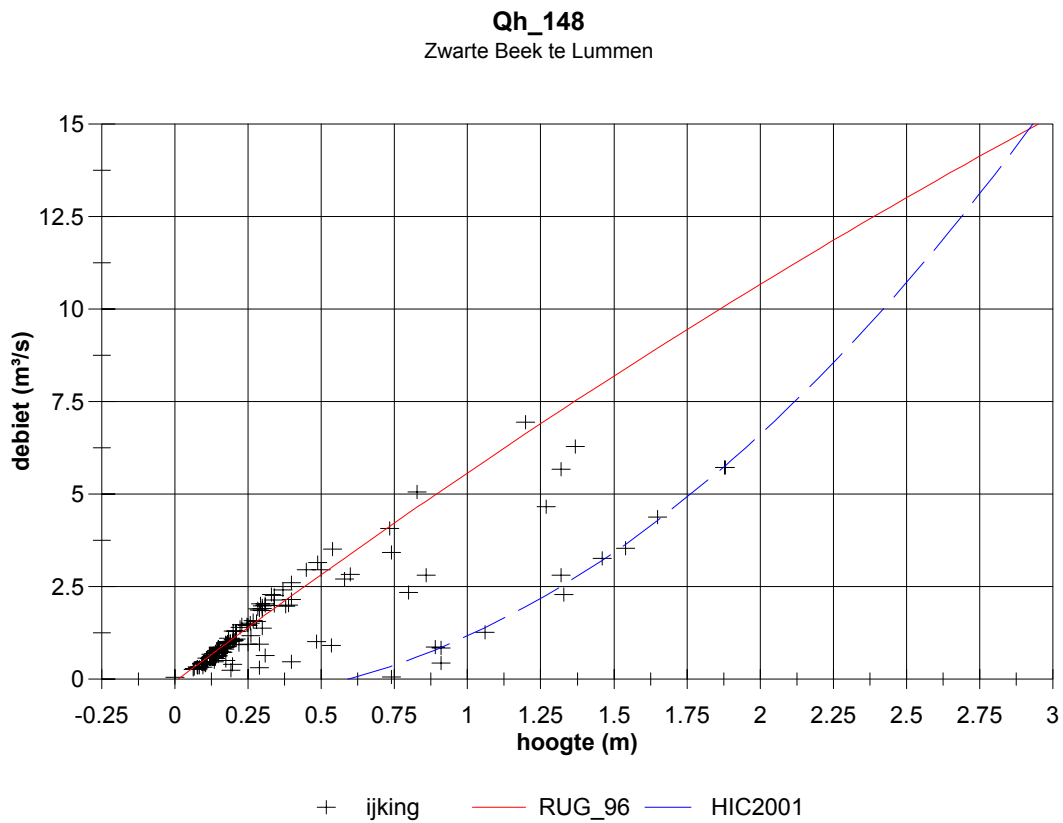
Qh_148
Zwarte Beek te Lummen



Figuur 2 : Debietkromme tot 1993 (alle ijkingen met verbeterde hoogte zijn getekend, labels verwijzen naar het jaartal van de metingen)



Figuur 3 : debietkrommen tot 1993 en 1994 – ‘96



Figuur 4 : debietkrommen na 1996

PDM-modellering

Aan de hand van de verbeterde debietkrommen werden de peilgegevens getransformeerd tot een debietreeks. Deze reeks werd gebruikt als input voor een eenvoudig PDM-model. Het resultaat van dit model kan dienen als hulpmiddel bij de verbetering van de gegevensreeks. Bij de opmaak en de calibratie van het model werd daarom vooral aandacht besteed aan een goede simulatie van de basisafvoer. In de modelleringstudies kunnen andere parametersets naar voor komen, omdat hier het accent ligt op de piekafvoeren. Hoewel beiden niet los kunnen gezien worden kunnen de twee benaderingswijzen toch tot verschillende resultaten leiden. Voor de calibratie werd de methodologie gehanteerd zoals ze voorgeschreven is in het bestek voor de modelleringstudies van de afdeling Water.

Voor de bepaling van de parameters k_1 en k_2 werd gebruik gemaakt van de regressie tussen de stroomgebiedoppervlakte en de parameters die konden getrokken worden met behulp van de modelparameters uit de modelleringstudies 1999.

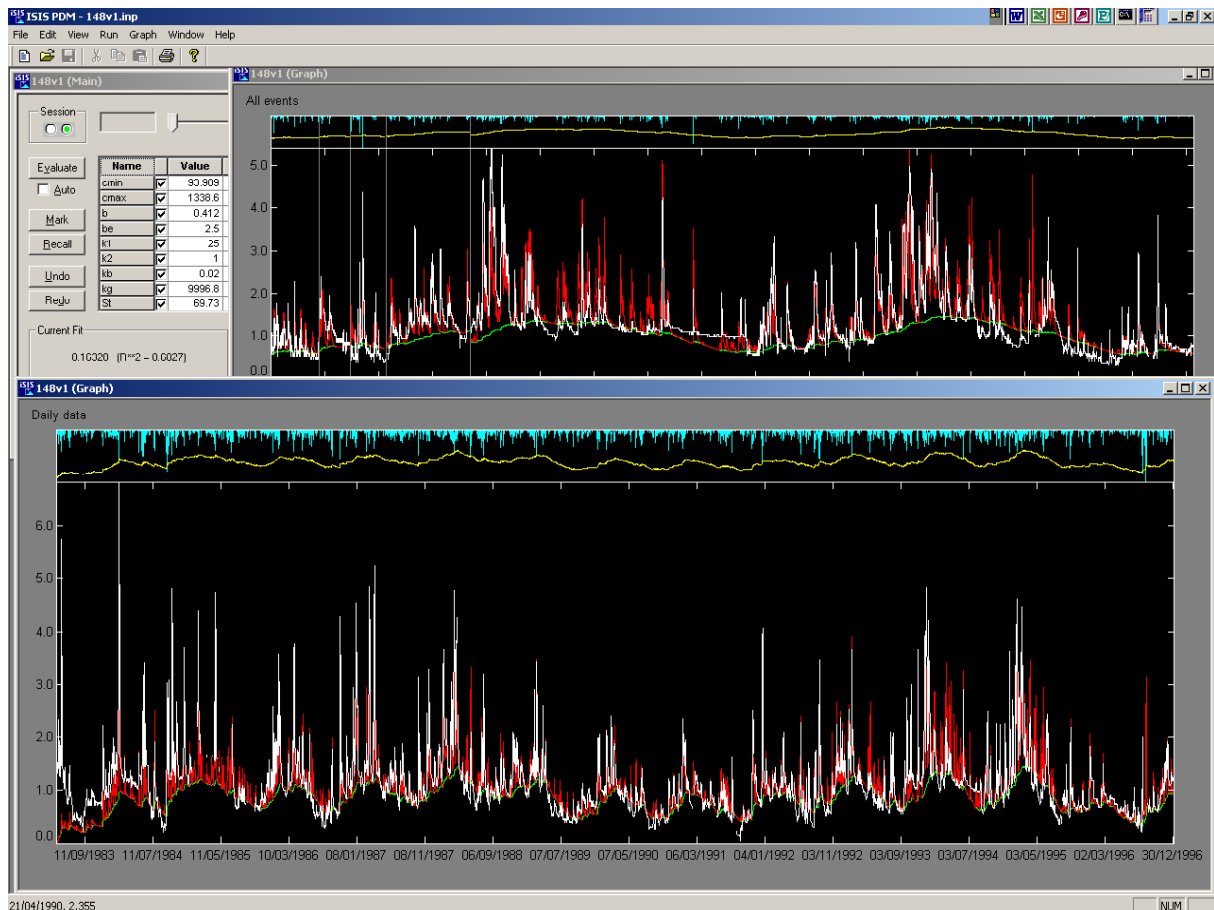
Als optimale parameterset werden de volgende parameters weerhouden:

Tabel 2: Optimale parameterset van het PDM-model voor de Zwarte Beek te Lummen

Cmin	93
Cmax	1340
B	0.4
Be	2.5
k_1	25
k_2	1
Kb	1
Kg	9996
St	69.7
Qconst	-0.015

Dit zijn identiek dezelfde parameters als voor de optimale simulatie van de nabijgelegen Mangelbeek te Lummen. Deze beide stroomgebieden reageren blijkbaar hydrologisch zeer sterk gelijkend. Voor deze simulaties werd gestart met de parameters van de Mangelbeek, maar veranderingen konden moeilijk aangebracht worden zonder de kwaliteit en/of correlatie van de simulatie te verslechteren.

Met deze optimale parameterset en een td_{ely} -parameter van 0,9 uur (tijdsverschuiving) werd een correlatie van 68 % teruggevonden voor de calibratie-events. De hele reeks (uurwaarden) wordt dan gemodelleerd met een correlatie van 73 %. Dit zijn aanvaardbare correlaties. In figuur 5 worden de simulatieresultaten weergegeven.



Figuur 5: Simulatieresultaten voor de Zwarte Beek te Lummen

Verbetering van de debietreeksen

Met behulp van de opmerkingen uit de visuele inspectie, opmerkingen uit de analyse van de debietkromme, de reeks van Thiessenneerslag voor het stroomgebied, de gemodelleerde reeks en de ‘ongekuiste’ reeksen van naburige stations werd de reeks van de Zwarte Beek te Lummen grondig doorgelicht en opgekuist. Dit gebeurde met behulp van het programma WISKI-TV.

De reeks van de Zwarte beek te Lummen is een moeilijk te beoordelen reeks, waardoor de verbetering beperkt bleef. Enkele jaren werden wel opvallende zomeropstuwingen verbeterd.

De metingen van 2001 tonen dat de peilen geen “normaal” verloop kennen, zo treden er bijvoorbeeld plotse peilschommelingen op en liggen de peilen van september tot einde december op een abnormaal hoge waarde (20 – 30 cm hoger dan de waarden in mei of juli). Mondelinge toelichting van het HIC (E. Cornet) bevestigt dat ook voor 2002 de Zwarte Beek in de huidige toestand een uiterst moeilijk station is en dat men bijna het hele jaar moet “corrigeren” om aanvaardbare waarden voor de debieten te bekomen. Deze correctie is tijdrovend en lastig omdat het HIC niet op de hoogte gebracht wordt van maaibeurten enz. In een goed meetnet is dit een slechte situatie : men verwacht gemeten debieten te krijgen en geen “verbeterde” of van een ander station afgeleide debieten (waarbij de verbetering gebeurt

op basis van een station waarvan de debieten betrouwbaar zouden zijn). Als de verbeterde periode te lang wordt, houdt het station op te functioneren als meetpunt. Daarom zou de bouw van een vaste sectie kunnen overwogen worden : aan de oorzaak van de verbeteringen, invloed van plantengroei over meer dan de helft van een jaar, wordt dan een oplossing gegeven.

Voor de verbeterde reeks van station 148 zijn geen debieten van de tijdelijke locatie (vanaf 01/01/1997) opgenomen, men kan niet verwachten dat er voldoende ijkingen in een korte periode gebeuren om een goede debietkromme te bekomen indien de problemen van plantengroei zich over langere tijd voordoen , en bovendien zijn er ook in de tijdelijke locatie perioden met ontbrekende waarden. Voor de modellering kan men aannemen dat de meer homogene reeks van 1983 tot december 1996 beter geschikt is dan een samengestelde reeks van de 2 locaties.

Effecten reeksverbetering

Om een eerste indruk van het belang van de ‘verbetering’ te geven zijn hieronder enkele karakteristieken van de oude en nieuwe reeks getoond.

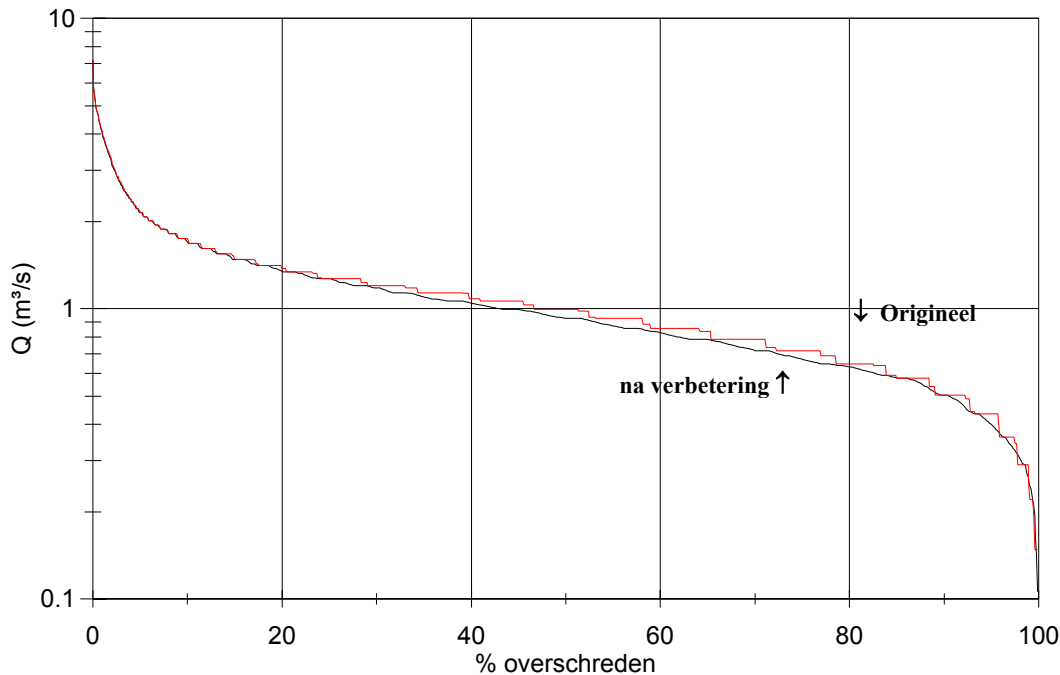
1. frequentieverdeling

In figuur 6 worden de overschrijdingspercenten van de afvoeren voor de Zwarte Beek voorgesteld (frequentieduurlijnen) . In Tabel 3 worden de respectievelijke overschrijdingspercentages getoond.

Voor de Zwarte beek wijzigt de frequentieverdeling nagenoeg niet. De verbeteringen waren blijkbaar van die aard dat enkel het getrapte verloop van het voorkomen van debietwaarden afgezwakt werd zonder de verdeling ingrijpend te veranderen.

Tabel 3 : Overschrijdingsdebieten voor de Zwarte beek

%	Debiet verb	Debiet onverbeterd	verhouding (verb/onverb)
max	7.174	7.174	1
5	2.142	2.142	1
10	1.678	1.72	0.98
25	1.272	1.272	1
50	0.926	0.996	0.93
75	0.668	0.716	0.93
90	0.504	0.504	1
95	0.396	0.434	0.91
98	0.302	0.29	1.04



Figuur 6: Duurlijnen voor de Zwarte beek: in het rood de originele, in het zwart de verbeterde reeks

2. volume's

In Tabel 4 worden de gemiddelde afgevoerde volume's uitgezet (mm/jaar) van zowel de totale afvoer als basisafvoer en snelle afvoer. Ook worden de verhoudingen tussen deze waarden voor de verbeterde en onverbeterde reeks gegeven. Voor de bepaling van de basisafvoer werd de 'eenvoudige' methode gebruikt die voorgesteld werd door het *Institute of Hydrology*:

- De methode maakt gebruik van de gemiddelde dagafvoeren.
- Er worden n niet overlappende blokken van 5 dagen gevormd. De minimumwaarden voor de afvoer in deze blokken noemt men Q_1, Q_2, \dots, Q_n .
- Per drie blokken worden de minimumwaarden vergeleken: $(Q_1, Q_2, Q_3), (Q_2, Q_3, Q_4), \dots, (Q_{n-2}, Q_{n-1}, Q_n)$. Als voor een groep de buitenste waarden Q_{i-1} en Q_{i+1} beide groter zijn dan 90 % van de centrale waarde Q_i dan is de waarde Q_i een deel van de basisafvoerkromme. Op die manier bekomt men een non-equidistante reeks van basisafvoerwaarden.
- Deze reeks wordt lineair geïnterpoleerd om terug een equidistant reeks te krijgen met basisafvoerwaarden. Steeds wordt gecontroleerd of de basisafvoer bij deze interpolatie niet hoger komt te liggen dan de werkelijke afvoer.

Voor de Zwarte beek bedraagt de daling van het afgevoerde volume tengevolge de verbeteringen 1 %. Deze is te wijten aan een daling van de basisafvoer met 7,5 mm/jaar (2,8 %). Deze daling zal voornamelijk het gevolg zijn van de aanpassing van debieten tijdens perioden van opstuwning. De snelle afvoer stijgt met gemiddeld 4,2 mm/jaar (5,2 %). De globale runoffcoëfficiënt stijgt evenredig en bedraagt ongeveer 9 %.

Tabel 4: Volume's en verhoudingen voor de Zwarte beek te Lummen

	Totale runoff (mm/jaar)	Basis- afvoer (mm/jaar)	Snelle afvoer (mm/jaar)	RC globaal (%)	Neerslag (mm/jaar)
Verbeterd	340.4	254.5	85.1	9.6	887.7
Onverbeterd	343.7	262.0	80.9	9.1	
Verhouding (%)	99.0	97.2	105.2		

BESLUIT OPTIMALISATIE

Het station 449, op de Steenbeek te Merkem vertoont is een vrij “propere” reeks, waardoor er niet veel verbetering behoefde. Voornamelijk het onderzoek van de debietkromme leverde belangrijke aanpassingen.

De aanpak van zowel debietkrommen als de reeks zelf garandeert een ‘integrale’ benadering en een zo volledig mogelijke verbetering. Het onderzoek van de debietkromme heeft een invloed op alle gegevens, zowel hoog- als laagwater, waar de reeksverbetering zich voornamelijk concentreert op aanpassingen van laagwater, gezien de grote onnauwkeurigheid en de vele fouten die hier optreden. De modellering met behulp van PDM geeft aanvaardbare resultaten die als basis kunnen gebruikt worden voor de verbetering.

Zowel de ruwe debietwaarden (na omzetting met de ‘beste’ debietkromme), als de ‘verbeterde’ debietreeks kunnen, samen met dit verslag gedownload worden van <ftp://ftp.instnat.be/users/pcabus/data>.