



Ecologisch acceptabele afvoerfluctuaties: een norm voor de Grensmaas

PETER SALVERDA (WITTEVEEN+BOS, THANS WATERBEDRIJF GELDERLAND)

FLORIS SCHULZE (WITTEVEEN+BOS)

NOËL GEILEN (RIZA)

SASKIA JANSSEN (RIJKSWATERSTAAT DIRECTIE LIMBURG)

Onnatuurlijke fluctuaties in afvoer kunnen de ecologie van stromende wateren zeer negatief beïnvloeden. In het kader van het ecologische herstelprogramma voor de Grensmaas is een methodiek ontwikkeld waarmee het mogelijk is een kwantitatief onderbouwde ecologische afvoerfluctuatienorm op te stellen. Die geeft belangrijke basisinformatie voor de inrichting en het beheer van rivieren en beken. In dit artikel wordt de ontwikkelde methodiek beschreven en toegelicht aan de hand van de Grensmaas.

De belangrijkste oorzaken voor het verslechteren van de ecologische toestand van veel rivieren en beken in de afgelopen decennia zijn regulatie en vervuiling. Naast deze factoren kan de ecologische toestand worden beïnvloed door afvoerfluctuaties veroorzaakt door waterkrachtcentrales. Het beheer van waterkrachtcentrales kan onnatuurlijke afvoerfluctuaties veroorzaken die vele malen groter zijn dan die in de natuurlijke situatie. Zo blijkt uit veldonderzoek in de Grensmaas dat de afvoerfluctuaties veroorzaakt door de waterkrachtcentrale Lixhe in België een significant negatief effect hebben op de ecologische toestand, met name op het voorkomen van stroomminnende organismen (Klink en Bij de Vaate, 1994).

Bij voorkeur wordt een ecologische afvoerfluctuatienorm afgeleid door voor representatieve stroomminnende organismen de acceptabele afvoerfluctuaties vast te stellen. Momenteel zijn de randvoorwaarden voor deze soorten echter vaak verre van optimaal. De ecologisch acceptabele afvoerfluctuaties zijn daarmee langs deze weg meestal niet expliciet vast te stellen. Daarom is in deze studie gekozen voor een hydrologische benadering door het reconstrueren van het natuurlijk afvoerverloop. Uitgangspunt hierbij is dat afvoerfluctuaties in een natuurlijk afvoerverloop per definitie acceptabel zijn voor de

karakteristieke flora en fauna. Het opstellen van een ecologische afvoerfluctuatienorm bestaat hiermee uit twee onderdelen: het reconstrueren van het natuurlijk afvoerverloop en het uitdrukken van het afvoerverloop in relevante hydrologische parameters.

Voor het afleiden van het natuurlijk afvoerverloop zijn verschillende methoden beschouwd (Salverda *et al.*, 1998). De meest directe methode is het gebruiken van een historisch afvoerverloop (afvoermetingen). Nadeel van deze methode is dat een historisch afvoerverloop vrijwel nooit identiek is aan het natuurlijk afvoerverloop, omdat wijzigingen in het waterbeheer het afvoerverloop tussentijds hebben beïnvloed. Daarnaast zijn uit het verleden vaak geen afvoermetingen beschikbaar, of is het tijdsinterval te groot.

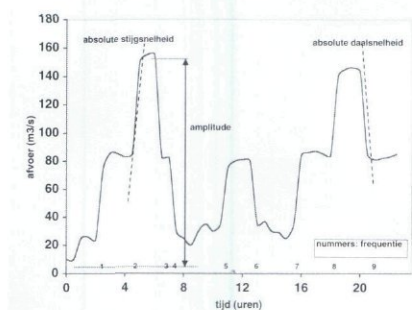
Het natuurlijk afvoerverloop kan ook indirect worden afgeleid uit een vergelijkbaar afvoerverloop van een rivier of beek waar nog wel sprake is van een natuurlijke situatie. Nadeel van deze methode is dat het natuurlijk afvoerverloop van twee rivieren altijd in meer of mindere mate afwijkt, omdat er altijd verschillen zijn in morfologie, hydrologie en klimatologie tussen de stroomgebieden.

Met het gebruik van een gereconstrueerd afvoerverloop met voortschrijdend middelen wordt de afvoer op een tijdstip berekend door de afvoeren over een omliggende tijdsperiode

te middelen. De achtergrond is dat hiermee de onnatuurlijke afvoerfluctuaties worden afgevlakt (als deze binnen de tijdsperiode vallen). Nadeel van deze methode is dat het resultaat afhankelijk is van de periode waarover wordt gemiddeld: bij een te korte periode worden de onnatuurlijke afvoerfluctuaties niet volledig afgevlakt en bij een te lange periode worden ook natuurlijke afvoerfluctuaties afgevlakt. Het onderscheidend vermogen van deze methode is hiermee gering. Toch geeft deze methode vaak een relatief goed resultaat, omdat sprake is van een relatief groot verschil in frequentie tussen onnatuurlijke en natuurlijke afvoerfluctuaties.

Met een gereconstrueerd afvoerverloop met spectraal-analyse wordt een natuurlijk afvoerverloop gegenereerd met de karakteristiek van een natuurlijke referentierivier. Spectraalanalyse is een methode om waargenomen tijdreeksen op te splitsen in duidelijk herkenbare regelmatige en periodieke signalen, die toe te wijzen zijn aan herkenbare factoren zoals de waterkrachtcentrale Lixhe. Op basis van deze informatie kan een afvoerreeks worden gegenereerd met alleen de natuurlijke periodieke signalen. Bij nadere beschouwing van deze methode blijkt echter dat hierbij informatie verloren gaat, waardoor de extremen gedempt worden teruggevonden. Deze methode is daardoor niet goed bruikbaar.

In het kader van de studie naar een afvoerfluctuatienorm voor de Grensmaas zijn voorgaande methoden op basis van bestaande afvoerreeksen vergeleken (Salverda *et al.*, 1998). Uiteindelijk is gekozen voor het reconstrueren van een natuurlijk afvoerverloop met voortschrijdend middelen, waarbij de tijdsperiode (middlingsstap) wordt bepaald op basis van Marginale Variantie Reductie Functies (MVRF). MVRF is een techniek waarbij steeds twee reeksen van voortschrijdende gemiddelden worden vergeleken: de ene met een halve en de andere met een hele middlingsstap. Met een hele middlingsstap worden de fluctuaties verder 'uitgemiddeld'. Met MVRF wordt het verschil tussen beide reeksen uitgedrukt in het verschil tussen de afvoerfluctuaties (de variantie). Een groot verschil in variantie wordt geïnterpreteerd als het niet wegfilteren van een fluctuatie bij een halve middlingsstap, en het wel wegfilteren van deze fluctuatie bij een hele middlingsstap. De optimale middlingsstap is die waar het verschil in variantie het grootst is: het duidelijkste of grootste verschil tussen een reeks mét en één zonder de fluctuatie. Door het gebruik van de MVRF wordt een eenduidige middlingsstap afgeleid, waarmee de eerder genoemde beperking van voortschrijdend middelen wordt ondervangen. De combinatie van voortschrijdend middelen en MVRF om de middlingsstap af te leiden blijkt een betrouw-



Afb. 1: Weergave representatieve kenmerken afvoerfluctuaties

bare methode om het natuurlijke afvoer-
verloop te reconstrueren (Salverda *et al.*, 1998).

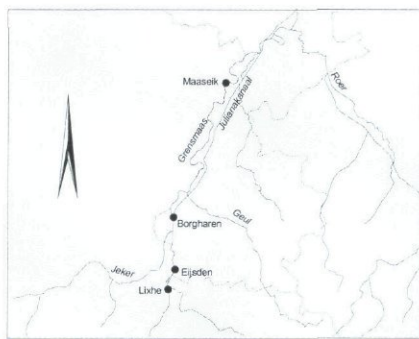
De term afvoerfluctuaties is een algemene benaming voor wijzigingen in de afvoer. Om de afvoerfluctuaties in het natuurlijk afvoer-
verloop te kunnen beschrijven, is eerst een aantal eigenschappen van de afvoerfluctuaties vastgelegd. Hiervoor is een aantal representatieve kenmerken gekozen die bepalend zijn voor de ecologische effecten van afvoerfluctuaties (Semmekrot *et al.*, 1998):

- frequentie: het aantal afvoerfluctuaties in het afvoerverloop per dag (komt in de studie voor de Grensmaas overeen met het aantal in- en uitschakelingen van turbines van de waterkrachtcentrale Lixhe);
- amplitude: het verschil tussen de kleinste en grootste afvoer binnen één dag;
- stijg- en daalsnelheid: de afvoertoeename en afname in een uur uitgedrukt als percentage van de afvoer op dat moment.

Ecologische afvoerfluctuatienorm Grensmaas

Het stroomgebied van de Maas beslaat een gebied van circa 33.000 vierkante kilometer in Frankrijk, België en Nederland. De huidige toestand van de Maas is sterk bepaald door regulatie. Om scheepvaart mogelijk te maken bij lage afvoeren is een systeem van sluizen, stuwen en lateraalkanalen zoals het Juliana-kanaal aangelegd.

De onnatuurlijke afvoerfluctuaties op de Grensmaas worden hoofdzakelijk veroorzaakt door de waterkrachtcentrale Lixhe (België). De waterkrachtcentrale Lixhe genereert elektriciteit met vier niet-regelbare turbines met ieder een capaciteit van circa 80 kubieke meter per seconde. Bij afvoeren groter dan 320 kubieke meter per seconde kan continu elektriciteit worden gegenereerd. Bij lagere afvoeren worden de turbines frequent in- en uitgeschakeld, omdat de afvoer de beperkende factor is. Het veelvuldig in- en uitschakelen van de turbines resulteert in een blokvormig afvoer-
verloop in de Maas bij Eijsden direct beneden-



Afb. 2: Overzicht stroomgebied van de Maas.

strooms van de waterkrachtcentrale Lixhe (afbeelding 3). Het verschil tussen de minimale en de maximale dagafvoer is meestal circa 80 of 160 kubieke meter per seconde, afhankelijk van het aantal turbines dat bij de waterkrachtcentrale Lixhe wordt gebruikt. Het effect van het beheer van andere kunstwerken als de sluizen bij Ternaaien, Julianakanaal, Zuid-Willemsvaart en de stuw Borgharen is in het algemeen klein tot zeer klein ten opzichte van de afvoerfluctuaties die de waterkrachtcentrale Lixhe veroorzaakt.

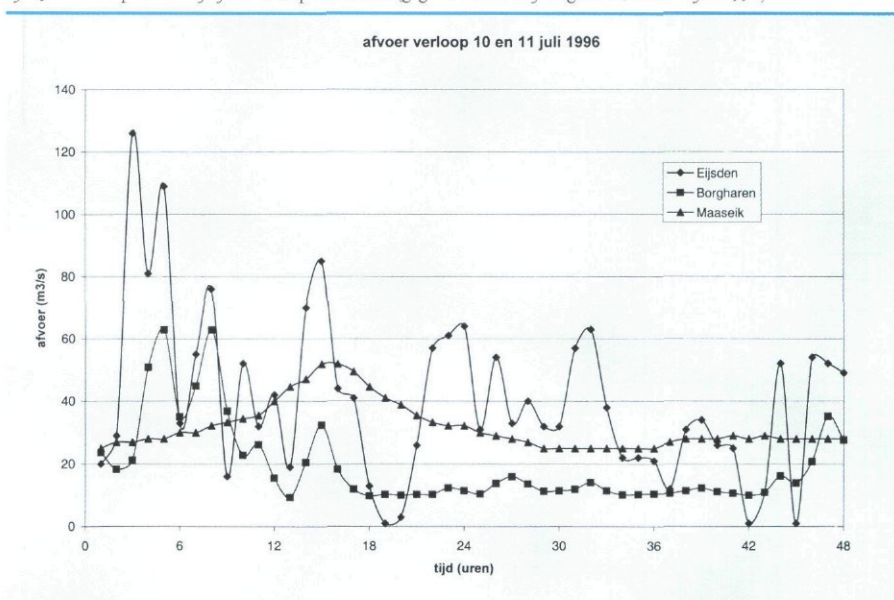
De stuw bij Borgharen verdeelt de afvoer van de Maas over de Grensmaas en het Julianakanaal. Met het stuwbeheer wordt gestreefd naar het op peil houden van het stuwpannd Borgharen voor de scheepvaart.

Daarnaast wordt getracht een minimale afvoer naar de Grensmaas te garanderen, en afvoerfluctuaties veroorzaakt door de waterkrachtcentrale Lixhe te dempen. Het dempen van de afvoerfluctuaties in de Grensmaas is ondanks de grote inspanningen maar ten dele succesvol, omdat het handhaven van een waterpeil voor de scheepvaart prioriteit heeft bij het stuwbeheer.

Voor het huidige afvoer-
verloop zijn de eerder genoemde hydrologische parameters vastgesteld (zie ook tabel 1). Hierbij vallen drie zaken op. Allereerst varieert de frequentie van de afvoerfluctuaties en de tijdsduur tussen het in- en uitschakelen van turbines van de waterkrachtcentrale Lixhe sterk. Het aantal afvoerfluctuaties varieert van 0 tot meer dan 20 per dag, gemiddeld wordt 8 à 9 maal per dag een turbine in- of uitgeschakeld. Ten tweede komt de gemiddelde waarde voor de amplitude bij Eijsden globaal overeen met de capaciteit van één of twee turbines. Tot slot is het effect van demping op de Grensmaas duidelijk zichtbaar. Door deze demping is de stijg- en daalsnelheid in Borgharen respectievelijk 19 en 28 procent lager dan in Eijsden. Bij Maaseik zijn de gemiddelde stijg- en daalsnelheid met respectievelijk 69 en 92 procent gedaald ten opzichte van Eijsden. Het blokvormig afvoer-
patroon dat door de waterkrachtcentrale Lixhe wordt veroorzaakt, is in Maaseik uit het afvoerpatroon verdwenen (afbeelding 3).

Voor het bepalen van het natuurlijke afvoer-
verloop voor de Grensmaas is uitgegaan van de afvoerreeks over de periode 1994-1998 voor de locatie Borgharen, omdat deze periode representatief is voor het huidige waterbeheer. Met de techniek van MVRF zijn de middelingstappen afgeleid. Hierbij bleek dat de middelingstap afhankelijk is van het afvoerniveau. Vervolgens is op basis van de middelingstap met voortschrijdend middelen het natuurlijke afvoer-
verloop gereconstrueerd. Op deze wijze zijn de onnatuurlijke afvoerfluctuaties uit het gemeten afvoer-
verloop gefilterd. Vervolgens zijn voor het gegenereerde natuurlijke afvoer-
verloop de amplitude, de stijg- en de daalsnelheid bepaald. In afbeelding 4 is de afvoerfluc-

Afb. 3: Representatief afvoer-
verloop Grensmaas (gegevens van vier jaar geleden, 10 en 11 juli 1996).



tuatienorm weergegeven, waarbij tevens de afvoerfluctuaties in de huidige situatie zijn weergegeven. Ook de afvoerfluctuatienorm is afhankelijk van het afvoerniveau.

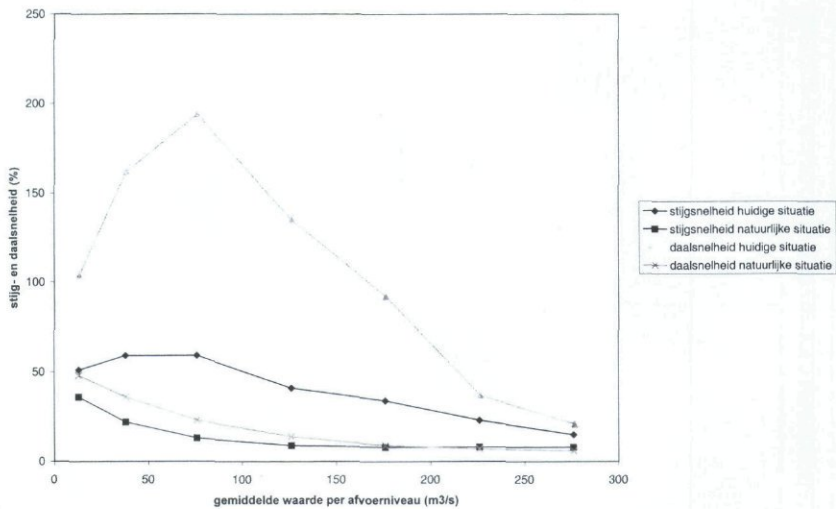
De frequentie van afvoerfluctuaties veroorzaakt door de waterkrachtcentrale Lixhe van gemiddeld 8,5 maal per dag is veel hoger dan de frequentie in het natuurlijk afvoerverloop welke minder dan éénmaal per dag bedraagt. Ook de gemiddelde waarde van de amplitude en stijgsnelheid in het huidige afvoerverloop liggen veel hoger dan die van het natuurlijk afvoerverloop (tabel 2).

Conclusies en aanbevelingen

Met de ontwikkelde methodiek is het goed mogelijk om de onnatuurlijke afvoerfluctuaties weg te filteren om hiermee een goed onderbouwde ecologisch acceptabele afvoerfluctuatienorm af te leiden voor rivieren en beken op basis van afvoermetingen. Dit vormt belangrijke basisinformatie bij inrichting en beheer van rivieren, bijvoorbeeld bij de behandeling van in de toekomst aan te leggen waterkrachtcentrales. In deze studie is niet gekeken hoe groot de bandbreedte ten opzichte van de natuurlijke afvoer is voordat negatieve ecologische effecten optreden.

Om het gereconstrueerde natuurlijk afvoerverloop in de Grensmaas zoveel mogelijk te benaderen, is extra berging voor het dempen van de onnatuurlijke afvoerfluctuaties nodig. Deze berging kan worden gevonden in verbreding van het Julianakanaal, verbreding van de Grensmaas en aanpassen van het stuwbeheer te Borgharen. Hierbij kan worden aangesloten op het lopende Grensmaas-project (Maaswerken) om een zo groot mogelijk effect te bereiken op de demping van de afvoerfluctuaties.

Tot slot dient voortdurend aandacht



Afb. 4: Ecologische afvoerfluctuatienorm.

besteed te worden aan de mogelijkheden om via internationaal overleg het beheer van de waterkrachtcentrale Lixhe te verbeteren.

Door middel van het sinds 1992 lopende biologisch monitoringprogramma voor de Maas (Kerkhofs en Prins, 1995), waarbij onder andere de dichtheid en soortensamenstelling van aquatische macrofauna gevolgd worden, kunnen de effecten van dergelijke maatregelen op de ecologie gevolgd worden.

Witteveen+Bos heeft de methodiek ter bepaling van de afvoerfluctuatienorm ontwikkeld in opdracht van het RIZA en Rijkswaterstaat directie Limburg. De studie is tot een goed einde gebracht dankzij de bijdragen van M. Meulenberg en S. Bastings (Rijkswaterstaat directie Limburg), R. van der Veen (RIZA) en mevr. Beaulen (Vlaamse hydrologische dienst). Behalve de vier genoemde auteurs hebben ook nog Stan Kerkhofs (RIZA, thans Rijkswaterstaat directie Zuid-Holland) en Jaap Klein (Witteveen+Bos) een bijdrage geleverd aan dit artikel.

LITERATUUR

Kerkhofs M. en K. Prins (1995). Biologische monitoring zoete rijkswateren: watersysteemrapportage Maas 1992. RIZA-nota nr. 95.001.

Klink en Bij de Vaate (1994). Effecten van kunstmatige afvoerfluctuaties op de drift van macro-evertebraten in La Moyenne Meuse (Lotharingse Maas). Rapporten en mededelingen Hydrobiologische Adviesbureau Klink nr. 47.

Klink en Bij de Vaate (1994). De Grensmaas en haar problemen zoals blijkt uit hydrobiologisch onderzoek aan macro-evertebraten. Rapporten en mededelingen Hydrobiologische Adviesbureau Klink nr. 53.

Salverda A., J. Klein en F. Schulze (1998). Afvoerfluctuaties Grensmaas. EHM-rapport nr. 31.

Semmeekrot et al. (1998). Ecologische effecten van lage afvoeren en afvoerfluctuaties. EHM-rapport nr 30.

Tabel 1: Karakterisering afvoerfluctuaties huidige situatie (gemiddeld).

	frequentie (per dag)	amplitude (m³/s)	stijgsnelheid (%)	daalsnelheid (%)
Eijsden	8,5	120	52	134
Borgharen	8,5	100	42	96
Maaseik		60	16	11

Tabel 2: Karakterisering afvoerfluctuaties in natuurlijk en huidig afvoerverloop (gemiddeld).

	frequentie (per dag)	amplitude (m³/s)	stijgsnelheid (%)
natuurlijk afvoerverloop	minder dan 1	25	15
huidige afvoerverloop	8,5	120	52