



Daniël Coenen, Waterschap Peel en Maasvallei
Jacques Peerboom, Waterschap Peel en Maasvallei

Inspelen op weerstand

Door waterhoogte- en afvoermetingen slim te combineren met een hydraulisch model is de weerstand door begroeiing in waterlopen snel en eenvoudig te bepalen. Uit onderzoek door Waterschap Peel en Maasvallei blijkt de hydraulische weerstand van extensief onderhouden beken hoger te liggen dan verwacht. De vraag is of deze hoge weerstanden ook op lange termijn zullen aanhouden. Gezien vanuit de WB21-normen pleiten de resultaten in ieder geval voor een weerstandgericht onderhoud.

Sinds de jaren '90 voert Waterschap Peel en Maasvallei tientallen kilometers aan beekherstel uit. Naast hermeandering en het verwijderen van stuwten is het extensiveren van onderhoud één van de maatregelen om het ecologisch functioneren van de beken te bevorderen. Daarom verricht het waterschap pas onderhoud als de ontwerppeilen worden overschreden én dit hinder oplevert voor de omgeving.

Bij het ontwerp streeft het waterschap in principe naar een onderhoudsvrije beek, maar als dit niet haalbaar blijkt, is één of twee keer per jaar onderhoud acceptabel. Bij een aantal herinrichtingsprojecten, vooral in boven- en middenlopen, blijkt echter dat een aantal jaar na aanleg aanzienlijk meer onderhoud nodig is om wateroverlast in de omgeving te voorkomen. Vermoed werd dat de begroeiingsgraad hoger is dan aangenomen bij het ontwerp van de beek. Mede daarom is in 2007 een meetnet opgezet om de hydraulische weerstand op 24 locaties in het beheergebied van Waterschap Peel en Maasvallei te bepalen. Naast heringerichte beken zijn ook genormaliseerde beken en betegelde waterlopen onderzocht voor de ontwikkeling van een gebiedsdekkend grond- en oppervlaktewatermodel IBRAHYM.

Met de resultaten van dit onderzoek kan een betere inschatting van de hydraulische weerstand na herinrichting of bij wijziging van het maaibeheer worden gemaakt, waardoor beekontwerpen in de toekomst beter kunnen aansluiten op de praktijk.

Meetnet

Op iedere meetlocatie is op één punt de afvoer gemeten en is door middel van twee meetpunten het verhang bepaald. Op zes momenten in 2007 zijn deze metingen uitgevoerd. De profielafmetingen ter plaatse van het meetnet zijn bekend. Voor iedere

locatie is het oppervlaktewatermodel IBRAHYM beschikbaar. Door het model per locatie te kalibreren met behulp van het verhang is de begroeiingsweerstand bepaald. Op deze wijze is een gemiddelde begroeiingsweerstand voor het doorstroomd profiel verkregen. In dit onderzoek is uit praktische overwegingen geen onderscheid gemaakt tussen een overwegend watervoerend en overwegend waterbergend deel van het profiel, zoals Querner¹⁾ aanbeveelt.

De waterloop moet bij de meetpunten én op het benedenstrooms gelegen traject ongestuwd zijn om de hydraulische weerstand nauwkeurig te kunnen bepalen. Daarnaast is bovenstrooms van het meettraject bij voorkeur een stuw aanwezig om snel, nauwkeurig en eenvoudig de afvoer te bepalen uit de overstortende straal. De meetpunten liggen bij voorkeur ook niet te ver uit elkaar, waardoor het tussenliggende traject uniform is wat betreft inrichting en begroeiingsgraad. Op trajecten met weinig verval is het moeilijk de begroeiingsweerstand nauwkeurig in te schatten. Het hoogteverschil tussen twee meetpunten moet daarom minimaal tien tot 20 cm bedragen.

Tenslotte zijn de hoogtemarkeringen van het meetnet uitsluitend op vaste kunstwerken aangebracht. Door deze randvoorwaarden

is het aantal geschikte meetlocaties beperkt tot 24 stuks.

Resultaten

Bij het verwerken van de resultaten van het meetnet is getracht de gevonden hydraulische weerstanden te verklaren door parameters als inrichtingstype, onderhoudsintensiteit en gemiddelde afvoer²⁾. Hierbij kan onderscheid gemaakt worden tussen heringerichte boven- en middenlopen zonder onderhoud, heringerichte boven- en middenlopen met onderhoud, genormaliseerde waterlopen en betegelde waterlopen (zie tabel 1). In dit onderzoek is de hydraulische geleidbaarheid uitgedrukt in de eenheid van Manning-Strickler ($m^{1/3}/s$), hieronder aangeduid als K_s . Dit betekent dat hoe lager de waarde van K_s is, des te hoger de hydraulische weerstand is. Uit de tabel blijkt in ieder geval dat de hydraulische geleidbaarheid in heringerichte waterlopen aanzienlijk lager kan zijn dan de geleidbaarheid van $15 m^{1/3}/s$ die in het verleden vaak bij het ontwerp werd aangehouden.

De heringerichte waterlopen zonder onderhoud kennen een zeer hoge hydraulische weerstand met een beperkte fluctuatie. In de praktijk zijn deze trajecten 's zomers geheel dichtgegroeid met bijvoorbeeld liesgras, dat 's winters ook nog

Tabel 1: Hydraulische weerstand ($m^{1/3}/s$) bij verschillende typen boven- en middenlopen van beken binnen het beheergebied van Waterschap Peel en Maasvallei.

type waterloop	aantal meetpunten	minimum K_s	gemiddelde K_s	maximum K_s
heringerichte waterloop zonder onderhoud	4	1,5	5	15
heringerichte waterloop met ecologisch onderhoud	5	2,5	14	22
genormaliseerde waterloop met onderhoud	9	5	23	40
betegelde waterloop met onderhoud	6	35	47	50



De bovenloop van de Grootte Molenbeek is op plaatsen zonder onderhoud vrijwel geheel dichtgegroeid. De hydraulische weerstand bedraagt hier ongeveer $2 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

zichtbaar boven de waterspiegel uitkomt. De beek oogt hierdoor plaatselijk meer als een doorstroommoeras. De heringerichte waterlopen met ecologisch onderhoud (één- of tweemaal per jaar tot 80 procent van het profiel) kunnen 's zomers ook dichtgroeien, maar kennen mede door het onderhoud 's winters een lagere weerstand. De genormaliseerde watergangen kennen de grootste variatie in hydraulische weerstand. Enerzijds wordt dit veroorzaakt doordat deze categorie de grootste variatie in afmetingen kent, anderzijds omdat sommige genormaliseerde waterlopen intensief onderhouden worden. Als een genormaliseerde waterloop intensief onderhouden wordt, wil dat echter niet zeggen dat de hydraulische weerstand laag is. Van sommige waterlopen is bekend dat zij snel dichtgroeien en dus een hoge weerstand kennen, waardoor deze waterlopen juist intensief onderhouden worden. Een relatie tussen onderhoudsintensiteit van genormaliseerde watergangen en hydraulische weerstand is daarom niet direct te leggen. De intensief onderhouden betegelde watergangen kennen een zeer lage hydraulische weerstand, die alleen 's zomers enigszins oploopt door algengroei.

Om het verband tussen de hydraulische weerstand en de hoeveelheid afvoer te onderzoeken, is het interessant enkele meetpunten naast elkaar te zetten (zie tabel 2). Uit deze vergelijking blijkt dat met name de kleine bovenlopen jaarrond zeer hoge hydraulische weerstanden kunnen bereiken. Dit lijkt ook af te hangen van het soort vegetatie. De vegetatie in de heringerichte bovenloop van de Grootte Molenbeek (met zeer hoge weerstanden) wordt gedomineerd door liesgras, terwijl de vegetatie in de heringerichte middenloop van de Grootte Molenbeek (met lagere weerstanden) voornamelijk bestaat uit sterrekroos en ondergedoken kleine egelskop. Uit de vergelijking van de middenloop van de Grootte Molenbeek met de middenloop van de Uffelsebeek valt vooral de lagere hydraulische weerstand in de winter op door het ecologisch onderhoud dat in de Uffelsebeek plaatsvindt. De begroeiingsweerstand in de Niers bevestigt de trend dat grotere waterlopen over het algemeen lagere hydraulische weerstanden kennen.

In de Uffelsebeek is na herinrichting een

akoestisch meetpunt geïnstalleerd, waar continu zowel afvoer als waterhoogte ongestuurd wordt gemeten. Daardoor is het eenvoudig de waterhoogte tegen de afvoer uit te zetten en zo een Q/h-relatie op te stellen (zie afbeelding 1). Door met een oppervlaktewatermodel Q/h-relaties op te stellen bij verschillende hydraulische weerstanden, is de variatie in weerstand door het jaar heen inzichtelijk gemaakt. In de winterperiode is er weinig begroeiing in de beek aanwezig, waardoor de K_s 20-25 $\text{m}^{1/3}/\text{s}$ bedraagt. Vanaf half maart begint de vegetatie zich te ontwikkelen en neemt de K_s globaal af van 20 naar 15 $\text{m}^{1/3}/\text{s}$. Vanaf begin mei neemt de vegetatie sterk toe, waardoor de K_s in drie weken afneemt van 15 tot 2,5 $\text{m}^{1/3}/\text{s}$ (zwarte pijl). Begin juni is er vervolgens gemaaid en is de begroeiing waarschijnlijk beïnvloed door een aantal piekafvoeren, waardoor een spreiding in de hydraulische geleidbaarheid ontstaat van 2,5 tot 10 $\text{m}^{1/3}/\text{s}$.

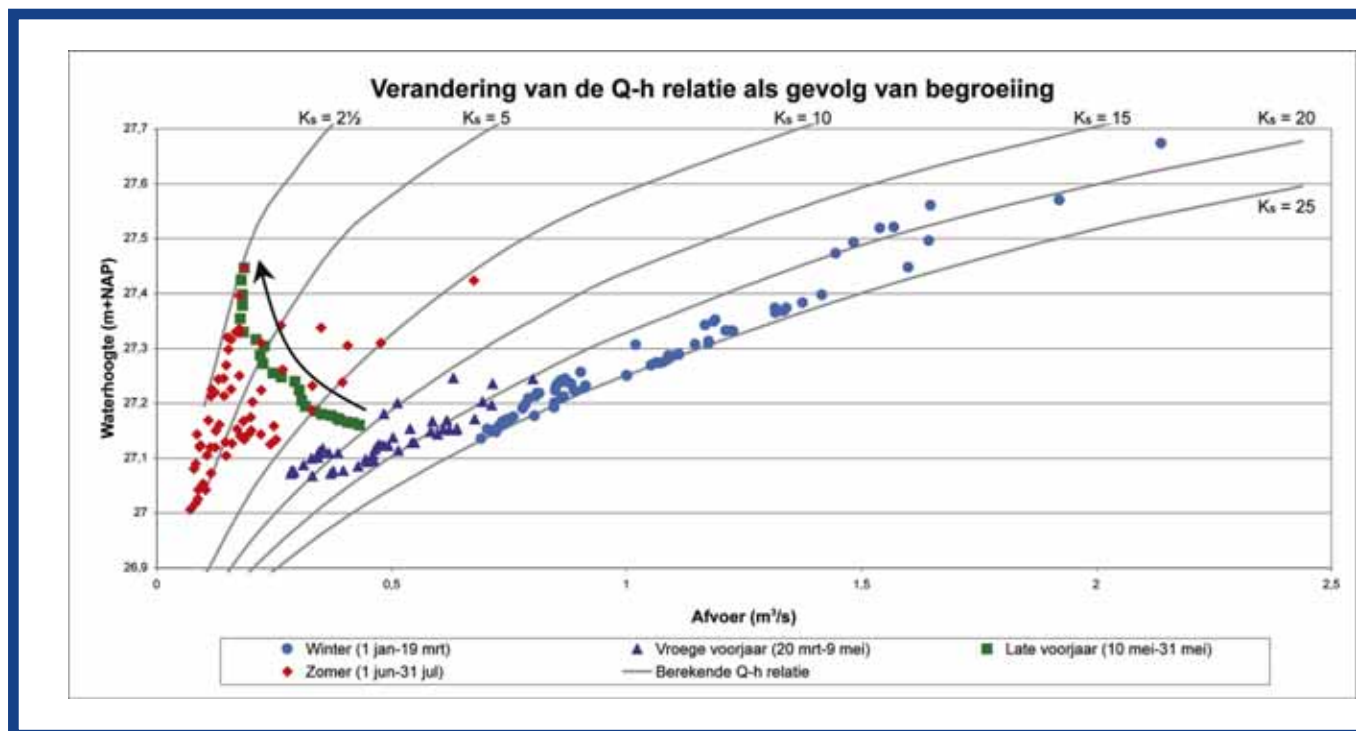
Discussie

Gezien het verschil tussen de ontwerpuitgangspunten die in het verleden zijn toegepast en de gemeten hydraulische weerstanden, ligt het voor de hand om bij toekomstige herinrichtingen nadrukkelijk rekening te houden met een hogere hydraulische weerstand. Zeker voor herinrichtingen waarbij uitgegaan wordt van het ontbreken van onderhoud, betekent dit dat de K_s aanzienlijk lager ingeschat moet worden dan tot nu toe gebruikelijk was. Dit resulteert in een groter heringericht profiel, indien dezelfde hydrologische randvoorwaarden van kracht blijven. Dit heeft weer tot gevolg dat een groter ruimtebeslag gevraagd wordt, de kosten hoger worden en dat de stroomsnelheid afneemt. Dat laatste is vanuit aquatisch-ecologisch oogpunt vaak niet wenselijk. Daarnaast is het de vraag hoe structureel deze hoge weerstanden zijn. In de meeste herinrichtingsplannen is voorzien in de aanplant van beekbegeleidende vegetatie. Door de schaduwwerking hiervan zou de begroeiing in de beek op termijn moeten afnemen. Ook is sprake van een onnatuurlijk nutriëntenoverschot in de van oudsher landbouwkundig belaste beken, waardoor de vegetatiegroei ook gestimuleerd wordt. Het is echter onzeker hoe lang dit effect zal aanhouden.

Een belangrijke vraag is dan ook of bij het ontwerp uitgegaan moet worden van de hoge aangetroffen weerstanden of dat deze sterk begroeide situatie als (tijdelijk) onnatuurlijk gezien moet worden. Dat laatste zou betekenen dat in afwachting van een meer natuurlijke ontwikkeling voorlopig landbouwkundige schade of extra onderhoud voor lief genomen moet worden. Van de andere kant vindt een aantal herinrichtingen plaats in gebieden met weinig verhang in combinatie met een venige beekbodem. Het is daarbij de vraag of een meanderende beek met enige stroomsnelheid wel in een dergelijk landschapsbeeld thuishoort. Vaak kwamen op dit soort locaties met name doorstroommoerassen voor met uitbundige vegetatieontwikkeling en weinig stroomsnelheid. In dat soort situaties past wellicht beter een brede beek

Tabel 2: Hydraulische weerstand ($\text{m}^{1/3}/\text{s}$) van enkele heringerichte beken en het riviertje de Niers. Ter indicatie van de grootte van de beken is de voorjaarsafvoer (Q_{25}) aangegeven.

type waterloop	K_s zomer	K_s winter
heringerichte bovenloop Grootte Molenbeek zonder onderhoud ($Q_{25} \approx 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$)	1,5 - 4	2-7
heringerichte middenloop Grootte Molenbeek zonder onderhoud ($Q_{25} \approx 0,7 \text{ m}^3/\text{s}$)	4-7	12-15
heringerichte middenloop Uffelsebeek met ecologisch onderhoud ($Q_{25} \approx 0,7 \text{ m}^3/\text{s}$)	2,5 - 10	15-25
meanderend riviertje de Niers met ecologisch onderhoud ($Q_{25} \approx 7 \text{ m}^3/\text{s}$)	15-20	40-45



Afb. 1: Verandering van de gemeten Q/h-relatie (punten) per periode als gevolg van veranderingen in de begroeiingsgraad van de Uffelsebeek. Met een oppervlaktewatermodel is bij verschillende hydraulische weerstanden ($m^{1/3}/s$) een Q/h-relatie berekend (getrokken lijnen).

met weinig stroomsnelheid en een hoge begroeiingsweerstand.

Wat deze metingen zeker duidelijk gemaakt hebben, is dat de begroeiingsweerstand een sterke variatie laat zien in de tijd, tussen situaties met een verschillende inrichting en ander onderhoudsregime maar ook tussen situaties met een soortgelijke inrichting en onderhoudsregime. De relatie tussen de afvoer en de waterhoogte en dus ook de relatie tussen afvoer en wateroverlast en daarmee de kans op het optreden van wateroverlast, is voor iedere situatie in tijd en plaats uniek.

Routinematig onderhoud of onderhoud op basis van optredende peilen is niet meer van deze tijd. Met name de strikte WB21-normering van wateroverlast op basis van herhalingsstijden dwingt de waterbeheerder om continu een beeld te hebben van de hoeveelheid water die nog probleemloos kan worden afgevoerd. Niet het meten van alleen afvoeren of van alleen (ongestuwde) peilen op één plaats, wat gebruikelijk is bij veel waterschappen, biedt hierbij soelaas. Alleen de combinatie van peilen en afvoeren zou maatgevend moeten zijn voor het onderhoud. Dat dit geen onmogelijke opgave is, laat dit onderzoek zien.

Conclusies

Uit metingen van de afvoer in combinatie met waterhoogtemetingen, blijken heringerichte watergangen een grote variatie te vertonen in de hydraulische begroeiingsweerstand. Het blijkt met name dat de herinrichtingen waarbij geen onderhoud plaats vindt, hogere weerstanden opleveren dan tot op heden voorzien.

De vraag is of de zeer hoge weerstanden tijdelijk of structureel van aard zijn, gezien de beoogde ontwikkeling van met name beekbegeleidende begroeiing en een mogelijke afname van de nutriëntentoevoer naar de beek. Het is dan ook de vraag of hiermee rekening gehouden moet worden bij het ontwerp. Van de andere kant hoort uitbundige begroeiing en lage stroomsnelheden bij bepaalde beektypen. Dit onderzoek laat ook zien dat de hydraulische weerstand goed vast te stellen is met gerichte metingen en het gebruik van een hydraulisch model. Deze benadering is voor de toekomst ook hard nodig, omdat onderhoud niet routinematig of alleen peilgericht moet zijn maar vooral gericht moet zijn op de WB21-inundatiefrequentie. Onderhoud moet dan ook 'weerstandsggericht' zijn.

LITERATUUR

- 1) Querner E. (1993). Aquatic weed control within an integrated water management framework. Rapport 67. DLO Winand Staring Centre.
- 2) Jansen J. en Koenders J. (2008). Optimalisatie van een oppervlaktewatermodel binnen het IBRAHYM kader. Bachelor Thesis. Hogeschool Van Hall Larenstein.



De metingen zijn uitgevoerd door de buitendienst van het waterschap.