

## De effecten van stroombaanmaaien proefondervindelijk onderzocht in de Eefse Beek

*Koen Berends, Ellis Penning (Deltares), John Lenssen (waterschap Rijn en IJssel), Jonas Schoelynck, Rosanne Reitsema (Universiteit Antwerpen)*

**Hoewel er rekenmethoden bestaan om bij stroombaanmaaien de breedte van de stroombaan te berekenen, ontbreekt goede velddata voor validatie. In dit onderzoek zijn onder gecontroleerde omstandigheden stroomproeven uitgevoerd in de Eefse Beek (Waterschap Rijn en IJssel) waarbij een steeds bredere stroombaan is gemaaid. Het blijkt dat er een maximale breedte bestaat waarbij maaien effect heeft, dat goed maaien niet hoeft te leiden tot problemen met de waterkwaliteit en dat voorspellen van de benodigde breedte een uitdaging blijft. Modelberekeningen met de hier bepaalde relaties tussen ruwheid en opstuwung suggereren bovendien dat beperking van slibophoping voor peilbeheersing effectiever is dan maaien.**

Stroombaanmaaien wordt steeds vaker toegepast als alternatief voor het intensief maaien van watergangen. De wens om extensief te maaien komt vooral voort uit ecologische overwegingen, omdat het regelmatig maaien van waterplanten negatieve gevolgen kan hebben voor flora en fauna [1], [2]. Door het maaien te beperken tot een stroombaan, hoopt men het effect van minder maaien op de peilen te verkleinen, en hiermee ecologische en waterveiligheidsdoelen met elkaar te combineren. Met rekenmodellen kan worden ingeschat hoe breed de stroombaan moet zijn om de peildoelen te halen [3], maar het is onduidelijk hoe nauwkeurig deze voorspellingen zijn.

Omdat de meerwaarde van stroombaanmaaien nog niet proefondervindelijk is vastgesteld, zijn de afgelopen jaren proeven uitgevoerd in geselecteerde beken. In de Lage Raam in Noord-Brabant is een verkennend onderzoek uitgevoerd naar het effect van stroombaanmaaien op de ecologie [4]. Uit deze proef bleek dat bij stroombaanmaaien de soortenrijkdom in zowel flora als macrofauna veel groter is door het ontstaan van een verlandingszone. Het effect op de stroming was echter niet goed te meten door de lage afvoer.

Een ander onbekend aspect van stroombaanmaaien is hoe het de waterkwaliteit beïnvloedt. Bij het maaien van waterplanten wordt vaak een deel van het slib meegenomen. Het opwervelen van slib in de waterkolom kan leiden tot plotselinge daling van de zuurstofconcentratie in het water. Deze daling kan leiden tot sterfte van macrofauna en vis en is daarom onwenselijk.

Omdat de relatie tussen stroombaanmaaien, peilen en waterkwaliteit nog niet goed bekend is, is binnen het project 'aangepast beheer' van het Kennisnetwerk Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit (OBN) een veldproef uitgevoerd in de Eefse Beek.

### Methode

De Eefse Beek is een langzaam stromende beek op zandgrond ten noorden van het Twentekanaal, die ontstaat door het samenstromen van de Molenbeek en de Huurner beek. De beek ligt in een oorspronkelijk beekdal, maar is volledig gestuwd. Daardoor zijn de flora en fauna vooral kenmerkend voor stilstaande wateren. Doordat ook een dikke sliblaag aanwezig is bestaat de watervegetatie voornamelijk uit de productieve soorten Smalle waterpest (*Elodea nuttallii*) en Stomphoekig

sterrekroos (*Callitriche obtusangula*). Deze soorten worden productief genoemd omdat ze relatief veel biomassa per m<sup>2</sup> produceren. Het proeftraject is gelegen tussen Lochem en Zutphen, op het pand Termeulen-Pelgrim (zie afbeelding 1). Dit traject is bij uitstek geschikt voor een stroomproef: bovenstrooms van stuw Termeulen kan water worden ingelaten vanuit het Twentekanaal. Hiermee kan het peil in het bovenstroomse pand worden verhoogd om tijdens de proef de afvoer te controleren.



Afbeelding 1. De Eefse Beek ligt ten noorden van het Twentekanaal nabij Zutphen, ten oosten van de IJssel. De twee afwateringen zijn verwaarloosbaar. Op de voetgangersbrug zijn extra metingen uitgevoerd. Stuw Termeulen ligt bovenstrooms; stuw Pelgrim ligt stroomafwaarts

Op 24 mei 2019 is een eerste pilotproef uitgevoerd, om te zien hoe goed de afvoer gecontroleerd kon worden. Hieruit bleek dat gedurende twee uur een afvoer van 1 m<sup>3</sup>/s kon worden gerealiseerd. Vervolgens is een tweede, langere proef uitgevoerd van 3 tot en met 12 juni 2019, volgens de volgende methode:

- Op dag 1 werd 's ochtends gemaaid en werd het maaisel 's middags afgedreven door een handmatig verhoogde afvoer (de 'maaijolf'), en benedenstrooms uit het water geschept om gewogen te worden.
- Op dag 2 werd 's middags gedurende twee uur een gecontroleerde afvoer van 1 m<sup>3</sup>/s aangehouden.

Het maaien werd in alle gevallen uitgevoerd met een maaiboot. Deze aanpak is drie keer herhaald. De eerste keer is een stroombaan van 2 meter gemaaid, daarna van 4 meter, en tot slot een stroombaan van 6 meter. De maximale breedte van de Eefse Beek is ongeveer 12 meter.

Er zijn metingen uitgevoerd van de waterstanden, afvoer, stroomsnelheid, slibdikte, waterkwaliteit en biomassa van het maaisel. De waterkwaliteit is bij stuw Termeulen en bij de voetgangersbrug gemeten met een sonde (continue meting) en via handmatige metingen. Het zuurstofgehalte, de conductiviteit (geleidingsvermogen), turbiditeit (troebelheid), nutriëntenconcentratie, zwevende stof, opgelost organisch materiaal (DOC), pH en temperatuur van het water zijn gemeten voor en tijdens de eerste maaidag. De metingen aan de slibdikte en stroomsnelheid vonden plaats vanaf de voetgangersbrug (zie afbeelding 1). Het maaisel is benedenstrooms uit de beek geschept en het totale natgewicht werd gewogen. Van dit maaisel is ook van een vijftal monsters het natgewicht bepaald. Daarna is het

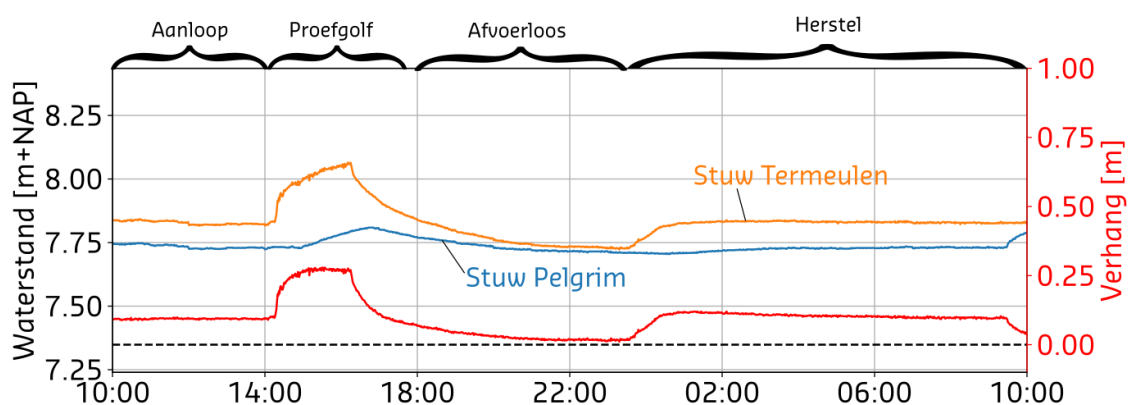
gedroogd bij 70 graden Celsius in een droogstoof en is het resulterende drooggewicht bepaald. Het verschil tussen natgewicht en drooggewicht van deze monsters werd representatief geacht en gebruikt om de hele hoeveelheid natgewicht-biomassa om te rekenen naar drooggewicht.

De metingen aan de stroming en waterpeilen werden met een SOBEK-stromingsmodel omgezet naar ruwheid. Hierdoor werd het effect van maaien op de weerstand van de beek berekend en kon een vertaalslag worden gemaakt naar beheeropties.

## Resultaten

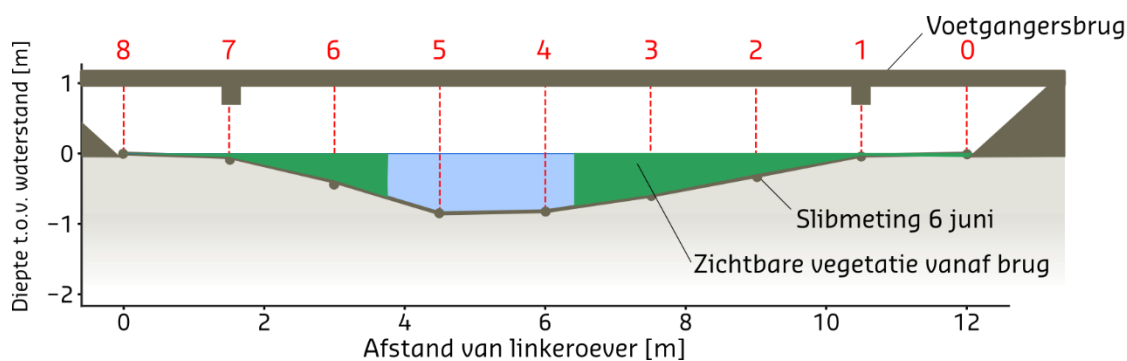
### Waterpeil en stroomsnelheid

Tijdens de proef zijn de waterstanden nauwkeurig gemeten. Afbeelding 2 laat zien hoe de waterstanden zich gedragen tijdens de proef. Er werden vier fasen herkend: in de aanloofase varieerde de basisafvoer tussen 0.19 en 0.30 m<sup>3</sup>/s. Tijdens de proefgolf, die twee uur duurde, steeg de afvoer meteen naar 1 m<sup>3</sup>/s. De peilen reageerden hierop. Het verhang steeg hierdoor plotseling met ongeveer 20 cm. Na de proefgolf was er een periode geen afvoer. Tijdens deze periode werd het peil in het bovenstroomse pand weer opgezet. Dit duurde ongeveer acht uur, waarna de peilen in het proeftraject zich weer herstelden en de basisafvoer hervat werd.



Afbeelding 2. Het verloop van de peilen tijdens de proef (12 juni, stroombaan van 6 meter)

Het dwarsprofiel werd met een slibschijf gemeten vanaf de voetgangersbrug. Uit dit opgemeten profiel (zie afbeelding 3) bleek een sliblaag te bestaan met een dikte van ongeveer 40 cm. In het bij waterschap Rijn en IJssel bekende profiel (waarbij door de sliblaag heen is gemeten) is deze sliblaag niet aanwezig. Uit stroomsnelheidsmetingen bleek dat de hoogste snelheden in het midden van de stroombaan optraden (tot 0.35 m/s aan het wateroppervlak).



Afbeelding 3. Het dwarsprofiel ter hoogte van de voetgangersbrug. De rode gestreepte lijnen en cijfers zijn getekend ter plaatse van de spijlen van de brugleuning

Het verhang over het stuwband was 38 cm, bij een stroombaan van 2 meter en afvoer van  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dit verhang nam af tot 26 cm bij een stroombaan van 4 meter. Verdere verbreding tot 6 meter leidde niet tot een nog lager verhang. De effectieve ruwheid van het systeem is berekend door tijdens de drie proefgolven, maar ook de drie aanloopfasen bij basisafvoer, de Manning- $n$ -coëfficiënt te berekenen. Deze bleek bij een stroombaan van 2 meter  $0.045 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$  te zijn. Na het maaien van een stroombaan van 4 meter nam de ruwheid af tot  $0.035 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$ . Het verder verbreden van de stroombaan tot 6 meter leidde niet tot verdere verlaging van de ruwheid.

### Biomassa

Na iedere maaibeurt is de gemaaide biomassa afgedreven, uit het water geschept en gewogen. Na de eerste maaibeurt is er 1650 kg natgewicht gewogen. De tweede en derde maaibeurt leverden respectievelijk 2600 kg en 1840 kg. De gemaaide oppervlakte was in alle drie de gevallen  $6200 \text{ m}^2$ . Met behulp van vegetatiemonsters is het natgewicht omgezet naar het verwachte drooggewicht. Het opgehaalde drooggewicht per  $\text{m}^2$  was  $16 \text{ g}/\text{m}^2$  (2 meter maaien),  $26 \text{ g}/\text{m}^2$  (4 meter maaien) en  $18 \text{ g}/\text{m}^2$  (6 meter maaien).

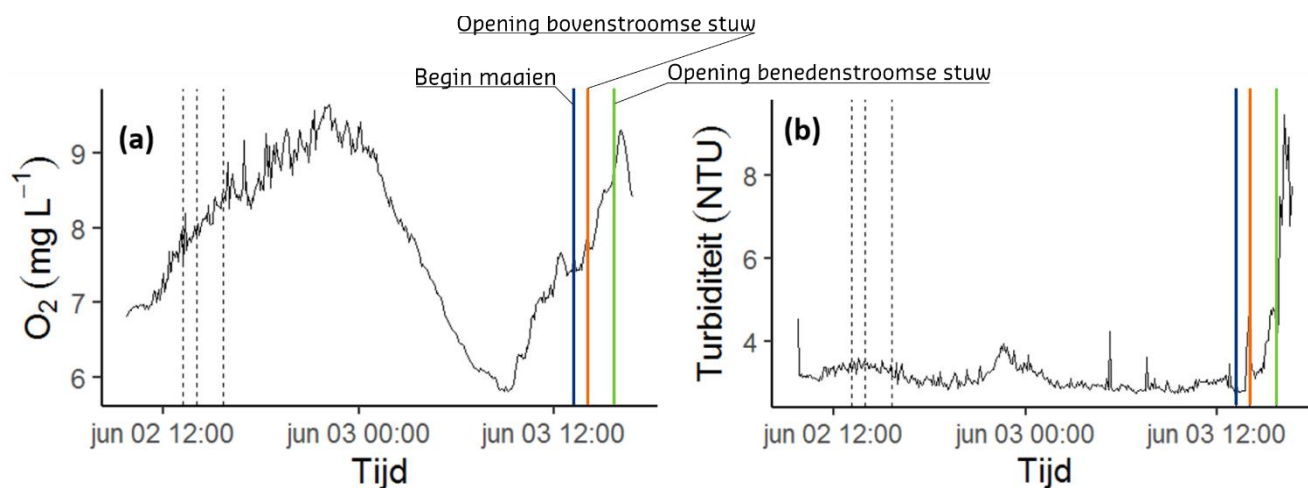
De verwachting was dat bij iedere maaibeurt meer biomassa uit het systeem zou worden gehaald, omdat de vegetatie richting de oever productiever wordt vanwege afname in waterdiepte en stroomsnelheid. Uit metingen bleek dat de derde (laatste) maaibeurt minder biomassa opleverde dan de tweede. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de maaiboot minder geschikt is om de vegetatie uit de ondiepe delen langs de oever te verwijderen.

### Waterkwaliteitsmetingen

De verwachting was dat maaien de waterkwaliteit op de volgende manieren beïnvloedt: (1) door beschadiging van de planten en het opwoelen van slib komt er meer opgelost organisch materiaal (DOC) en zwevende stof in de waterkolom terecht, (2) wat tot een lager zuurstofgehalte door oxidatie, en (3) een hogere troebelheid en meer opgeloste nutriënten kan leiden.

Metingen aan zuurstof, conductiviteit, turbiditeit, nutriënten, zwevende stof, DOC, pH en temperatuur laten nauwelijks een effect zien van maaien. De zuurstofconcentratie volgde een normaal verloop door de dag, met een lage concentratie in de ochtend die door fotosynthese in het water steeg tot de avond; er is geen effect van maaien te zien (zie afbeelding 4a). De andere parameters wijzigden nauwelijks tijdens het maaien. Voor, tijdens en na het maaien waren de parameters vrij constant: pH ( $7.63 \pm 0.09$ ), conductiviteit ( $725 \pm 9.5 \mu\text{S cm}^{-1}$ ), temperatuur ( $21 \pm 0.7$

°C), DOC ( $5.7 \pm 0.5 \text{ mg C L}^{-1}$ ), ammonium ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ) ( $0.08 \pm 0.01 \text{ mg L}^{-1}$ ), fosfaat ( $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ ) ( $0.01 \pm 0.002 \text{ mg L}^{-1}$ ), nitraat ( $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ) ( $0.56 \pm 0.11 \text{ mg L}^{-1}$ ). Na het openen van de stuw is er echter een korte piek te zien in turbiditeit, maar deze bereikt geen hoge waarde: pas vanaf 15 NTU is er het water te troebel voor de groei van waterplanten (zie afbeelding 4b). Dit duidt erop dat maaien nauwelijks slib heeft opgewoeld, de bodem is bij deze maaibeurt ‘niet meegemaaid’. Hierdoor heeft er geen plotselinge daling van de zuurstofgraad plaatsgevonden en bleven de directe gevolgen van deze maaibeurt voor de waterkwaliteit beperkt.



Afbeelding 4. Opgeloste zuurstofconcentratie ( $\text{mg L}^{-1}$ ) (a) en turbiditeit in nephelometric turbidity units (NTU) (b) vanaf de dag voor het maaien tot na het maaien, stroomafwaarts gemeten. De belangrijke tijden tijdens het maaien zijn weergegeven met verticale lijnen. De verticale stippellijnen tonen hetzelfde moment op de dag, een dag eerder (toen niet werd gemaaid), ter vergelijking

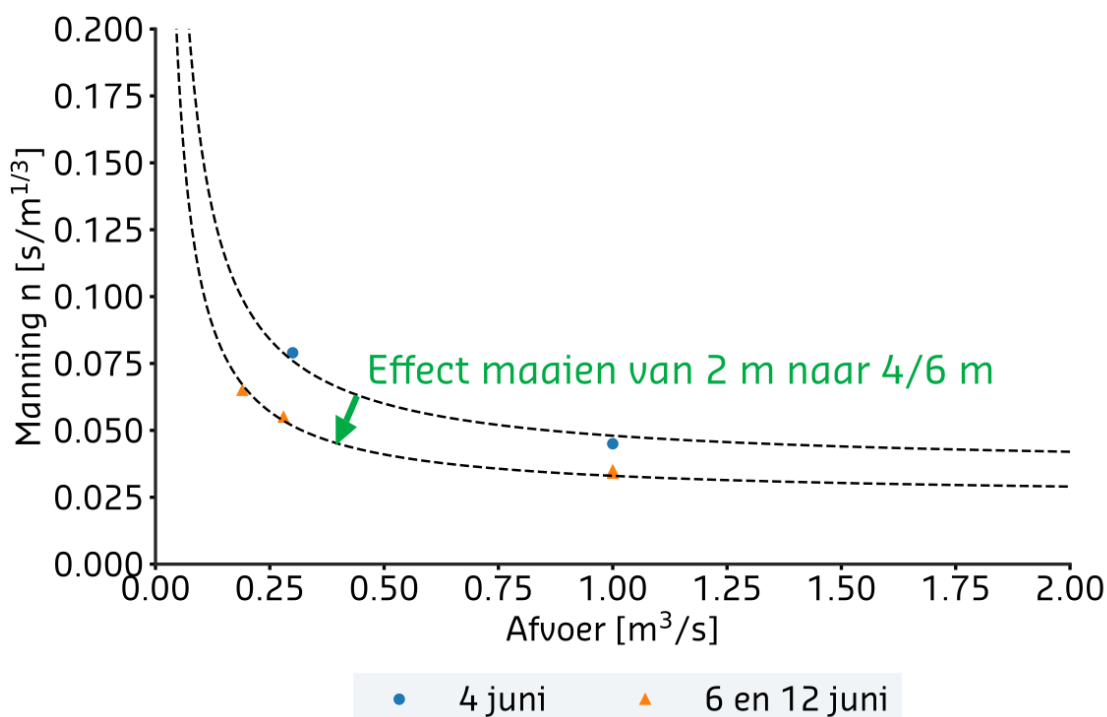
## Discussie

Het onderzoeken van het effect van stroombaanmaaien op zowel de waterkwantiteit (peilen) als waterkwaliteit in het veld is erg vernieuwend. Dit onderzoek draagt bij aan het uiteindelijke doel: om te komen tot een bewezen effectieve en praktisch uitvoerbare vorm van aangepast beheer, waarin zowel ecologische als waterveiligheidsdoelen worden gewaarborgd. De veldproef die is uitgevoerd in de Eefse Beek is hiervoor uitermate geschikt, doordat het peil en de afvoer op dit traject gecontroleerd kunnen worden. Dit is uitzonderlijk voor een veldproef op deze schaal.

Om de resultaten die hier gevonden zijn te vertalen naar de beheerpraktijk, zijn de gevonden ruwheidswaarden vergeleken met die in de literatuur. Uit eerder onderzoek blijkt dat de relatie tussen ruwheid en afvoer in kleine stromen ongeveer omgekeerd evenredig is. Wiskundig kan dit beschreven worden met de ‘wet van Rhee’ [5], een relatie die overigens ook werd gevonden in onderzoeken aan de Grote Raam [6] en Leigraaf (beide in beheer bij waterschap Aa en Maas). Dit betekent dat de ruwheid snel toeneemt bij afnemende afvoer, maar bij hoge afvoer een constante waarde zal aannemen. Dit gedrag kan verklaard worden doordat waterplanten zich makkelijk laten stroomlijnen, waardoor ze bij toenemende stroomsnelheid minder weerstand geven – in tegenstelling tot houtige vegetatie die men op oevers en in uiterwaarden vindt [7].

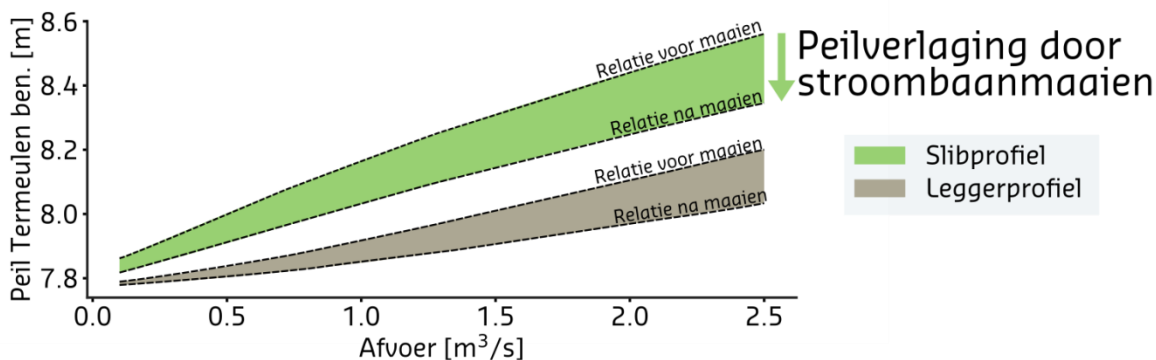
Op basis van deze proef kan deze omgekeerde evenredige relatie ook worden afgeleid – hoewel dit voor slechts een zeer beperkt aantal datapunten is gebeurd. Daarom moet de lezer dit deel van de discussie vooral interpreteren als een conceptuele extrapolatie, in lijn met de eerder genoemde

referenties. Afbeelding 5 toont hoe de afname in ruwheid geïnterpreteerd kan worden, op basis van een omgekeerd evenredig verband. Hieruit kan men opmaken dat het effect van maaien kleiner wordt, naarmate de afvoer hoger wordt.



Afbeelding 5. De omgekeerd evenredige relatie tussen afvoer (m<sup>3</sup>/s) en ruwheid (Manning-n) op basis van de paar datapunten uit deze proef. Let op dat hoewel de verwachting is dat de relatie deze algemene vorm volgt, de echte vorm niet betrouwbaar af te leiden is uit de beperkte datapunten die voorhanden zijn

Deze relaties kunnen vervolgens in een stromingsmodel (hier: SOBEK 3) voor de betreffende beek geladen worden, om het verwachte effect van maaien bij hogere afvoeren te voorspellen. Deze berekening werd gedaan voor twee scenario's: het 'slibprofiel', zoals opgemeten tijdens dit veldonderzoek, en een hypothetisch 'leggerprofiel', waarbij al het slib is verwijderd. Als de relaties tussen afvoer en ruwheden uit afbeelding 5 gebruikt worden in dit model, kunnen de verwachte waterstanden voor en na het maaien berekend worden voor het bovenstroomse peilpunt. De gekleurde vlakken in afbeelding 6 geven de bandbreedte aan van het te behalen effect van het maaien op het bovenstroomse peil dat de beheerder kan behalen door een stroombaan te maaien in dit pand van de Eefse Beek. Ook is duidelijk te zien dat in de situatie waarin het slib niet aanwezig is, het peilbereik en de invloed van maaien kleiner is. Hiermee is ook het voorspelde effect van baggeren versus maaien voor dit systeem in beeld gebracht.



Afbeelding 6. Toepassing van de ruwheidsrelaties van afbeelding 5 in een SOBEK 3-model, om de afvoerpeilrelatie te berekenen voor het slibprofiel en het leggerprofiel, laat zien dat de verwachte peilverlaging door baggeren aanzienlijk groter is dan peilverlaging door maaien

### Conclusie

De resultaten laten zien dat de beheerruimte door middel van maaien in dit pand van de Eefse Beek relatief beperkt was: zo'n 20 centimeter. Als deze ruimte onvoldoende is om de kritische peilen te handhaven, kan naar verwachting een veel groter effect behaald worden door te baggeren. Het effect van stroombaanmaaien op de waterkwaliteit was in dit geval verwaarloosbaar. Dit komt waarschijnlijk door de gebruikte maaimethode (maaiboot) en doordat er voorzichtig gemaaid is, zodat de bodem 'niet is meegemaaid'.

Dit onderzoek draagt bij aan een beter begrip van het effect van stroombaanmaaien op het hele systeem. Het is een stap in de richting van integraal beheer van beken, waarbij zowel waterkwantiteitsdoelen als ecologische doelen kunnen worden gewogen en vergeleken.

### Dankwoord

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het project OBN-Aangepast beheer (OBN-2016-83 BE) en is een samenwerking tussen waterschap Rijn en IJssel, Deltares en de Universiteit Antwerpen. De auteurs zijn dankbaar voor de bijdrage van waterschap Rijn en IJssel, met name Felix Bokkers, Alfons Duis, Gert van den Houten, Jaap Jongeneel en Peter Kloosterman, voor hun onmisbare bijdrage aan de praktische uitvoering van deze proef. Een volledige rapportage van deze proef wordt eind 2020 verwacht als een OBN-rapport binnen project OBN-2016-83 BE.

### Referenties

1. Vowles, A.S., Kemp, P.S. (2019). 'The importance of seasonal macrophyte cover for the behaviour and performance of brown trout (*Salmo trutta*) in a groundwater-fed river'. *Freshwater Biology* 64(10), 1787-1796. doi: 10.1111/fwb.1337
2. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (2017). *Kennisoverzicht kleinschalige maatregelen in Brabantse beken*. STOWA-rapport 2017-16. ISBN 978.90.5773.739.8
3. Griffioen, C. (2017), *Peilverloop begroeide watergangen berekenen met het model volgens Pitlo en Griffioen*. STOWA 2017-43. ISBN: 978.90.5773.767.1

4. Verdonschot, R. C. M., Brugmans, B., Kits, M., & Moeleker, M. (2017). 'Effect van stroombaanmaaien op de ecologische kwaliteit van de Lage Raam: een verkennend onderzoek'. *H2O-online*, 12 september 2017.
5. Rhee, D.S., Woo, H., Kwon, B.A., Ahn, H.K. (2008). 'Hydraulic resistance of some selected vegetation in open channel flows'. *River research and applications* 24: 673-687. DOI: 10.1002/rra.1143
6. Linneman, R. (2017). *Risicogestuurd maaibeheer: toetsing van maaistrategieën in beken met het dottermodel*. Bachelor thesis, Universiteit Twente, Enschede. <https://edepot.wur.nl/446738>
7. Verschoren V et al. (2016). 'Resistance and reconfiguration of natural flexible submerged vegetation in hydrodynamic river modelling'. *Environmental Fluid Mechanics*. 16(1): 245-265