



Beekherstel door kleinschalige maatregelen

beekherstel
kleinschalige maat-
regelen
adaptief beheer
Building with Nature
ecologische kwaliteit

Om ecologische kwaliteitsdoelen te halen zijn in veel stromende wateren herstelprojecten uitgevoerd. Grootschalige herinrichtingsprojecten waren lange tijd de norm, maar de laatste jaren wordt steeds meer ingezet op kleinschalige ingrepen. In dit artikel beschrijven we welke kleinschalige maatregelen worden toegepast in Nederland en gaan we in op aandachtspunten en uitdagingen voor het optimaal inzetten ervan. Aan de hand van het herstel van de Leuvenumse Beek wordt geïllustreerd hoe deze nieuwe aanpak kan leiden tot integraal beekherstel.

Herinrichting, in de vorm van hermeanderen van de loop en het herprofilen van de oevers, is lange tijd de standaardaanpak geweest voor ecologisch herstel van beken (Didderen et al., 2008). Inmiddels is duidelijk dat de effectiviteit van dit type ingrepen, uitgedrukt in een toename van indicatorsoorten van ongewervelde waterdieren, vis en waterplanten, vaak veel minder groot is dan vooraf ingeschat (Didderen & Verdonschot, 2009; Palmer et al., 2010). Belangrijke oorzaken zijn: het niet creëren van de juiste milieu- en habitatomstandigheden, verstoring die van de maatregel zelf uitgaat, het niet wegnemen van alle stressoren of een gebrek aan bronpopulaties van doelsoorten (Roni et al., 2008; Hering et al., 2015).

Een alternatieve aanpak voor het vergraven en verleggen van beken heeft de laatste jaren aan populariteit gewonnen, namelijk het uitvoeren van kleinschalige ingrepen of aanpassingen in het beheer. Voorbeelden zijn het inbrengen van doodhoutpakketten in de beek, extensief maaibeheer, waarbij delen van de vegetatie gespaard worden, of het suppleren van zand (Verdonschot et al., 2016a). Dat de natuur prima zelf haar werk kan doen is – naast het kostenaspect (goedkoop) of een gebrek aan ruimte voor grootschalige ingrepen in het beekdal (bijvoorbeeld buiten natuurgebieden) – een belangrijke reden voor deze aanpak. Kleinschalige maatregelen gebruiken zoveel mogelijk natuurlijke processen of zetten deze in gang om ecologische verbeteringen te bewerkstelligen (Brugmans et al., 2017). Door de kleinschalige

en geleidelijke aanpak kan de levensgemeenschap gemakkelijker mee ontwikkelen dan dat bij grootschaligere vergravingen van de beek het geval zou zijn. Dat is de aanname, maar die kan momenteel nog niet hard gemaakt worden. Er is nog onvoldoende gedocumenteerd wat de effecten zijn van het uitvoeren van kleinschalige maatregelen op de ecologische kwaliteit van beken. Dat is één van de oorzaken dat het belang van deze aanpak nog niet breed gedragen wordt. In dit artikel geven we daarom een overzicht van de tot nu toe geleerde lessen en gaan we in op manieren om de toepassing van kleinschalige maatregelen te optimaliseren. Het herstelproject in de Leuvenumse Beek op de Veluwe dient hierbij als voorbeeld.

Overzicht kleinschalige maatregelen

Kleinschalige maatregelen zijn gestoeld op de volgende ecologische principes (Townsend, 1989; Lake, 2000; Sabo et al., 2005):

- habitatheterogeniteit in ruimte en tijd. Dit leidt tot verhoging van biodiversiteit, wat weer leidt tot een grotere veerkracht en weerstand van het beekstelsel bij verstoringen;
- temporele stabiliteit (lagere verstoringsdynamiek zoals lagere maaifrequentie en gedempte afvoer). In de beekhabitat leidt dit tot hogere biodiversiteit;
- lange, geleidelijke gradiënten van water naar land. Deze bieden ruimte aan meer, waaronder unieke, soorten.

Dr. R.C.M. (Ralf) Verdonschot

Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Droevendaalsesteeg 3, 6708 PB Wageningen
ralf.verdonschot@wur.nl

Ir. B.T.M.J. (Bart) Brugmans

Waterschap Aa en Maas, 's-Hertogenbosch

Ing. M. (Maarten) Veldhuis

Waterschap Vallei en Veluwe, Apeldoorn

Prof. Dr. Ir. P.F.M. (Piet) Verdonschot

Wageningen Environmental Research, Wageningen UR en Instituut voor Biodiversiteit en Ecosysteemdynamica, Universiteit van Amsterdam

Foto **Jerry van Dijk** jerryvandijk.com. Bij de Leuvenumse Beek zijn doodhoutpakketten ingebracht.

Habitatheterogeniteit, stabiliteit en lange gradiënten kunnen op verschillende manieren bereikt worden. Vooral landgebruik en de daaruit voortvloeiende eisen aan het watersysteem zijn leidend bij de keuze voor bepaalde maatregelen. Daarom is de omvang van de effecten zeer belangrijk. De vier belangrijkste kleinschalige maatregelen worden hieronder beschreven (Verdonschot et al., 2016a):

Aangepast maaibeheer

Bij laaglandbeken die open en bloot (geen schaduw) door landbouwgebieden stromen leidt de combinatie van veel licht en voedingsstoffen bij lage stroomsnelheden tot massale waterplantenontwikkeling (Dawson, 1988). Een hoge onderhoudsfrequentie is het gevolg, waardoor heterogeniteit, stabiliteit en gradiënten in de vegetatie verdwijnen. Dit gaat weer ten koste van de biodiversiteit, waarmee de ecologische doelen onder druk komen te staan. Extensievere vormen van maaionderhoud, waarbij delen van de vegetatie gespaard worden, worden daarom steeds vaker toegepast als de afvoer dit toelaat. Er is veel variatie in de manier waarop deze maatregel wordt ingezet bij de verschillende waterschappen, zowel wat betreft type onderhoud (niet maaien, eenzijdig alternerend maaien, alleen een stroombaan maaien of verspreid blokken vegetatie laten staan) als de timing, frequentie en duur van het niet maaien. De balans tussen te veel en te weinig maaien is echter nog niet goed in beeld. Wanneer watergangen sterk dichtgroeien leidt dit immers tot sterke opstuwing en aanslibbing. In natuurgebieden kan dit de natte moerasen beekdalnatuur versterken en, wanneer toegepast in de haarvaten van het watersysteem, verdroging tegen gaan door water te bergen en geleidelijk af te geven (Verdonschot et al., 2017a). In het agrarisch gebied is het juist een zoektocht naar het optimum wat betreft eco-

logische winst binnen de hydrologische randvoorwaarden die de landbouw stelt. De gebruiksfunctie is bij het vinden van een balans leidend.

Beschaduwden van de watergang

Wanneer er ruimte langs de beek is, dan is minimaliseren van de hoeveelheid beschikbaar licht – door het toestaan van boom- en struikopslag – het beste middel om de groei van waterplanten te verminderen. De aanwezigheid van bomen en struiken heeft daarnaast ook positieve effecten op de ecologie, waterkwaliteit en morfologie en kan worden gezien als een randvoorwaarde voor een natuurlijk beekecosysteem (Malanson, 1993). Beschaduwning wordt op dit moment in verschillende beken succesvol toegepast, met name op plekken waar de zone langs de beek een natuurbestemming heeft en het systeem permanent stromend is (Verdonschot et al., 2016b). Dat deze maatregel niet breder wordt toegepast heeft verschillende oorzaken. In de overgangsfase van onbeschaduwd naar beschaduwd wordt het machinale onderhoud van de watergang moeilijker, wat lokaal tot waterveiligheidsvraagstukken leidt. Als er weinig ruimte langs de beek is, zijn er soms ook problemen met overhangend hout, schaduwwerking en bladval op aanliggende percelen. En ten slotte speelt in sommige regio's een esthetische discussie over open versus gesloten beekdallandschappen.

Inbrengen van dood hout

Doodhoutpakketten vormen 3-dimensionale structuren in het water, creëren poelen, stroomversnellingen en substraatmozaïeken en vergroten zo de habitatheterogeniteit (Harmon et al., 1986). Nadat lange tijd al het hout uit beken werd verwijderd, wordt sinds het begin van deze eeuw in sommige beken, bijna uitsluitend in natuurgebieden, hout niet meer weggehaald of actief

ingebracht. De ecologische effecten hiervan zijn positief en deze maatregel is dan ook een passend vervolg op het laten beschaduen van een beek (Verdonschot et al., 2012). In beken in open gebied kan beter gekozen worden voor vegetatie als structuurvormer; houtpakketten leiden daar snel tot verstopping van de watergang door ophoping van en verlanding door ingevangen planten.

Het suppleren van zand

Zandsuppletie is een relatief nieuwe beekherstelmaatregel, die tot nu toe slechts in twee projecten op de Veluwe en in Twente is toegepast en daar succesvol was. Ook in het buitenland is nog maar weinig ervaring met deze beekherstelmaatregel. Diep ingesneden trajecten worden ondieper gemaakt door er lokaal zand in te storten. Het aanbrengen van houtpakketten en drempels die het zand op hun plek houden, moet voorkomen dat de beek zich opnieuw insnijdt. Beek en beekdal worden zo weer met elkaar verbonden. Door het omhoog brengen van de beekbodem of het opstuwen van het beekpeil worden beekdalen weer natter en kan de beek weer gaan overstromen bij hoge afvoeren. Dit heeft een verrijkend en zelfversterkend effect op de ecologie. Snellere inundatie betekent het tegengaan van nieuwe insnijding van de beek, leidt tot afstervende bomen en een vergrootte aanvoer van dood hout. Hierdoor worden ecologisch waardevolle droog-natgradiënten langs de beek hersteld, in de vorm van bijvoorbeeld overstromingszones en beekmoerassen (Verdonschot et al., 2017a). Voor deze maatregel is ruimte in het beekdal een vereiste, waardoor vooral beken in natuurgebieden hiervoor in aanmerking komen.

Beekherstel Leuvenumse Beek

De interactie tussen kleinschalige maatregelen kan leiden tot een verhoogde effectiviteit, omdat zichzelf ver-

sterkende processen in gang gezet worden. Een mooi voorbeeld hiervan is te vinden op de Veluwe, waar Waterschap Vallei en Veluwe en Natuurmonumenten naar een zo natuurlijk mogelijk functionerend beeksysteem voor de Leuvenumse Beek streven. Ondanks extensief beheer en de aanwezigheid van een grote oppervlakte aan bos- en natuurgebieden zijn er knelpunten die dit doel in de weg staan. De beek heeft zich diep ingesneden als gevolg van een verhoogde afvoerdynamiek en kanalisatie. Daarnaast is er sprake van belasting met nutriënten vanuit bovenstrooms gelegen landbouwgronden. Om deze knelpunten aan te pakken is een serie maatregelen genomen op het gebied van inrichting van de beek en het beekdal, onderhoud en de hydrologie.

In 1994 werd begonnen met herinrichtingsprojecten, waarbij verschillende oude meanders zijn aangetakt om kanalisatie teniet te doen en retentiebekkens zijn aangelegd om piekafvoeren af te vlakken. De ecologische winst van deze maatregelen bleek beperkt. Daarna werd met meer kleinschalige maatregelen ingezet op een zogenaamde *building-with-nature-aanpak*: het gebruik maken van of aansluiten bij natuurlijke processen in de beek. Herstel richtte zich meer op het functioneren van het beekecosysteem en een beekdalbreed herstel. In 2011 is daarom dood hout in de beek ingebracht en liet men tegelijkertijd hout dat op natuurlijke wijze in de beek was beland, zoveel mogelijk liggen. Hierdoor nam de stromings- en substraatvariatie in de beek toe (Verdonschot et al., 2012).

Ondanks het positieve effect op de beekecologie werd het doel om beekdalbreed herstel te bewerkstelligen niet gehaald; de verwachte aanzanding en daarmee bodemophoging bij de houtpakketten trad niet op, waarschijnlijk door een te geringe aanvoer van sediment. Om dit proces te versnellen is in 2014 gestart met het plekgewijs inbrengen van zand dat vrijgekomen was bij het

Figuur 1 zandsuppletie: (a) zand wordt gestort in ingesneden beektrajecten, (b) het zand wordt door het water getransporteerd waardoor de beekbodem omhoog komt, (c) de beek weer kan overstromen en (d) de vegetatieontwikkeling in het voorheen droge bos weer op gang is gekomen. Foto's (a,b,c) **M. Veldhuis** en (d) **R. Verdonshot**.

Figure 1 supplying sand: (a) sand is deposited in an incised stream, (b) the sand is transported by the water, elevating the stream bed, (c) the stream starts inundating again and (d) vegetation develops in the formerly dry woodlands. Photo's (a,b,c) **M. Veldhuis** and (d) **R. Verdonshot**.



(a)



(b)



(c)



(d)

plaggen van het naastgelegen Hulshorsterzand (figuur 1a). In verschillende rondes is in drie jaar circa 6.000 m³ zand in de beek gebracht. Na suppletie verspreidde het zand zich benedenstrooms (figuur 1b) en traden tijdens hoge afvoeren in beekbegeleidende laagtes inundaties op (figuur 1c).

Om de effecten van zandsuppletie op de ecologie en morfologie in kaart te brengen en eventueel bij te kunnen sturen (adaptief beheer) worden de biologische (aquatische en semi-terrestrische fauna, vegetatie) hydrolo-

gische en morfologische effecten structureel gemonitord. Een belangrijk inzicht van dit onderzoek is dat het mogelijk blijkt met zandsuppletie een ingesneden gekanaliseerde beek om te vormen naar een veel natuurlijke beek waarbij de laagtes in het beekdal in verbinding staan met de beekloop. Hierdoor is ruimte ontstaan voor nat-drooggradiënten met de bijbehorende flora en fauna (figuur 1d). Daarnaast leidt het buiten haar oevers treden van de beek tot een demping van de afvoerpieken benedenstrooms. Ten slotte leidt het suppleren van zand

tot het ontstaan van een meer gevarieerde beekbodem met een mozaïek van habitattypen en stroomsnelheden, waarvan de voor dit beektype kenmerkende soorten profiteren (Verdonschot et al., 2016c, 2017b).

Aandachtspunten bij inzet

De casestudie illustreert dat het begrip ‘kleinschalige maatregelen’ niet willen zeggen dat de schaal van de beoogde effecten klein is. Juist het zelfversterkend effect dat de maatregelen in zich hebben door het in gang zetten van natuurlijke processen in de beek werkt schaalvergroterend, niet alleen in stroomop- en -afwaartse richting, maar ook dwars op de beek in het beekdal. Maatregelen moeten daarom altijd in de context van het hele stroomgebied bekeken worden, zowel in termen van randvoorwaarden (landgebruik, waterveiligheid) als van toekomstige scenario's. Dat voorkomt dat ineffektieve of minder passende maatregelen lokaal worden genomen. Ook helpt het bij het optimaal combineren van maatregelen, parallel op verschillende plekken binnen het stroomgebied of in serie in de tijd.

Omdat met veel van de kleinschalige maatregelen nog weinig ervaring is opgedaan, zeker buiten natuurgebieden, en niet alle processen tot in detail vooraf te voorspellen zijn, vergroot een adaptieve aanpak de kans op succes. Door ontwikkelingen in de beek stapsgewijs uit te voeren en de effecten doorlopend te monitoren kan indien nodig worden bijgestuurd. De opzet van dit soort monitoringsprogramma's wordt elders in dit nummer besproken (Verdonschot et al., dit nummer). Het is wel belangrijk haalbare en meetbare doelen te stellen om te toetsen of de ingezette maatregel effectief is. Voor de ecologie is de effectiviteit gewoonlijk uitgedrukt in een toename van bepaalde indicatorsoorten of een hogere score op de KRW-maatlat. Hierbij wordt voorbijgaan aan het probleem van verspreidingsbarrières voor indicator-

soorten (Tonkin et al., 2014). De kans dat kolonisten vanuit relictpopulaties in staat zijn herstelde trajecten te bereiken is voor veel Nederlandse beken gering door grootschalige degradatie van zowel de beken als het omliggende landschap (Verdonschot & Verdonschot, 2017). In deze gevallen kan beter gekozen worden voor andere parameters, die indiceren dat de richting die is ingeslagen in ieder geval de juiste is. Hiervoor kan de effectmonitoring zich bijvoorbeeld richten op veranderingen in processen in de beek.

Omgaan met onzekerheden wat betreft effecten van maatregelen start bij een goede samenwerking tussen alle betrokken partijen inclusief de omgeving. In de casestudie waren dit Waterschap Vallei en Veluwe en Natuurmonumenten, ondersteund door onderzoekers van Wageningen Environmental Research. Investeren in deze relatie was belangrijk, want in een dergelijk onzeker en adaptief proces, waarin maatregelen zo veel mogelijk gecontroleerd worden uitgevoerd, maar anderzijds natuurlijke processen ook voldoende ruimte en tijd krijgen, is het onmogelijk alles vooraf te voorzien en vast te leggen. Het is belangrijk juist de onverwachte ontwikkelingen te begrijpen, zodat deze in de toekomst beter uitgelegd kunnen worden en hier beter op gestuurd kan worden. Tegelijkertijd is gekozen voor een transparante en eerlijke benadering van de maatschappelijke omgeving, met name wat betreft de onzekerheden rondom de effecten van het project. Toen tijdens een natte periode een bovenstrooms liggend landgoed wateroverlast ervoer, werd door de omgeving direct gewezen naar de beekherstelmaatregelen. Hier kwam het belang van een goed opgezet monitoringprogramma naar voren; op basis van debietmetingen, grondwaterstanden, neerslaggegevens en een oppervlaktewatermodel kon het waterschap deze stakeholder uitleggen dat de wateroverlast een andere oorzaak had. Dit werd geaccepteerd, omdat (1) vol-

doende meetgegevens beschikbaar waren om overtuigend bewijs te overleggen, (2) is aangegeven dat de omgeving bij problemen altijd gehoord wordt en omdat (3) is uitgelegd dat bepaalde onzekerheden deel zijn van lopend onderzoek en dat het waterschap bereid is aanpassingen te doen (zowel in de ingrepen als in de monitoring) mocht dit nodig blijken. Bij het creëren van draagvlak voor kleinschalige maatregelen zijn communicatie, samenwerking, transparantie en aanpassingsbereidheid de sleutel tot succes.

Tot slot

De casestudie in de Leuvenumse Beek laat zien dat met innovatieve kleinschalige (en daarmee kostenefficiënte) ingrepen en aanpassingen in het beheer en onderhoud een ecologische verbetering bewerkstelligd kan worden.

Omdat het hier nieuwe technieken betreft, is het opbouwen van kennis nodig – over de uitvoering, effecten en mogelijkheden tot sturing – om dit type maatregelen breed gedragen te krijgen. Hierbij is het nu vooral van belang de ervaringen opgedaan in natuurgebieden te gaan vertalen naar beeksystemen waar de voorwaarden vanuit het landgebruik en de waterveiligheid strikter zijn.

Dank

We willen de leden van de projectgroepen ‘Impuls Hierdense beek’ en ‘Kleinschalige maatregelen’ bedanken voor hun inbreng bij de projecten waarop dit artikel is gebaseerd en de referenten voor hun constructieve commentaar. Dit artikel is tot stand gekomen met ondersteuning van het ‘Innovatielab Building with Nature voor regionale wateren’ (KB-24-001-007).

Summary

Stream restoration by means of small-scale measures

Ralf Verdonshot, Bart Brugmans, Maarten Veldhuis & Piet Verdonshot

stream restoration, in stream measures, adaptive management, Building with Nature, ecological quality

The last decade stream restoration in the Netherlands shifted from primarily hydromorphological restoration practices, such as bed widening or remeandering of the stream channel, to the application of small-scale in-stream measures. These measures re-establish or stimulate natural stream ecosystem processes or functions and the related biological, chemical, and physical conditions. In this article we describe which measures are currently applied, assess their effectiveness and give recommendations for improvement. Decreasing the instream

vegetation mowing frequency is the most commonly applied measure throughout the Netherlands, although the exact application of this measure varies among the different water boards. Riparian forest development and the addition of dead woody debris to streams is applied on a local scale. Recently experiments started with artificially supplying sand to incised streams, creating sand slugs which elevate the streambed and reconnect the stream to its riparian zone. Only extensive mowing is applied in agricultural areas, the application of other measures is limited to nature reserves. At the moment, uncertainties about the hydrological impacts of the measures hamper large scale application. Adaptive management, based on well-designed monitoring programs, in combination with clearly informing stakeholders might pave the road for larger-scale application of these restoration measures in the future.

Literatuur

- Brugmans, B., R. Verdonshot, M. van Kempen, I. Barten & S. Roovers, 2017.** Grote ecologische winst door kleinschalige maatregelen? *Water Matters* 5: 12-15.
- Dawson, J.H., 1988.** Water flow and the vegetation of running waters. In: J.J. Symoens (ed.). *Vegetation of inland waters*. Dordrecht. Kluwer Academic Publishers: 283-309.
- Didderen, K. & P. Verdonshot, 2009.** De actuele toestand van beekherstel in Nederland. *H2O* 8: 4-5.
- Didderen, K., P. Verdonshot, B. Knegt & A. Besse-Lototskaya, 2008.** Enquête beek(dal)herstelprojecten 2004-2008; evaluatie van beekherstel over de periode 1960-2008 en analyse van effecten van 9 voorbeeldprojecten. *Alterra-rapport 1858*. Wageningen, Alterra.
- Harmon, M.E., J.F. Franklin, F.J. Swanson, P. Sollins, S.V. Gregory, J.D. Lattin, N.H. Anderson, S.P. Cline, N.G. Aumen, J.R. Sedell, G.W. Lienkaemper, K. Cromack Jr. & K.W. Cummins, 1986.** Ecology of Coarse Woody Debris in Temperate Ecosystems. *Advances in Ecological Research* 15: 133-302.
- Hering, D., J. Aroviita, A. Baatrup-Pedersen, K. Brabec, T. Buijse, F. Ecke, N. Friberg, M. Gielczewski, K. Januschke, J. Köhler, B. Kupilas, A.W. Lorenz, S. Muhar, A. Paillex, M. Poppe, T. Schmidt, S. Schmutz, J. Vermaat, P.F.M. Verdonshot, R.C.M. Verdonshot, C. Wolter & J. Kail, 2015.** Contrasting the roles of section length and instream habitat enhancement for river restoration success: a field study of 20 European restoration projects. *Journal of Applied Ecology* 52: 1518-1527.
- Lake, P.S., 2000.** Disturbance, patchiness, and diversity in streams. *Journal of the North American Benthological Society* 19: 573-592.
- Malanson, G.P., 1993.** *Riparian Landscapes*. Cambridge. Cambridge University Press.
- Palmer, M.A., H.L. Menninger & E. Bernhardt, 2010.** River restoration, habitat heterogeneity and biodiversity: a failure of theory or practice? *Freshwater Biology* 55: 205-222.
- Roni, P., K. Hanson & T. Beechie, 2008.** Global review of the physical and biological effectiveness of stream habitat rehabilitation techniques. *North American Journal of Fisheries Management* 28: 856-890.
- Sabo, J.L., R. Sponseller, M. Dixon, K. Gade, T. Harms, J. Heffernan, A. Jani, G. Katz, C. Soykan, J. Watts & J. Welter, 2005.** Riparian zones increase regional species richness by harboring different, not more, species. *Ecology* 86: 56-62.
- Tonkin, J.D., S. Stoll, A. Sundermann & P. Haase, 2014.** Dispersal distance and the pool of taxa, but not barriers, determine the colonization of restored river reaches by benthic invertebrates. *Freshwater Biology* 59: 1843-1855.
- Townsend, C.R., 1989.** The patch dynamics concept of stream community ecology. *Journal of the North American Benthological Society* 8: 36-50.
- Verdonshot, P., A. Besse, J. de Brouwer, J. Eekhout & R. Fraaije, 2012.** Beekdalbreed hermeanderen. *STOWA rapport 2012-36*. Amersfoort, STOWA.
- Verdonshot, P., R. Verdonshot, J. Bauwens, B. Brugmans, A. Dees, M. Kits, M. Moeleker, J. de Hoog, M. Scheepens, I. Barten, D. Coenen, A. van Vught & S. Roovers, 2016a.** Kennisoverzicht kleinschalige maatregelen in Brabantse beken. *STOWA rapport 2017-16*, Amersfoort, STOWA.
- Verdonshot, R., B. Brugmans, M. Scheepens, D. Coenen & P. Verdonshot, 2016b.** Invloed van beekbegeleidende bomen op de ecologische kwaliteit van Noord-Brabantse beken. *H2O online* 28 juli 2016.
- Verdonshot, R.C.M., D.D. Dekkers, A.A. Besse-Lotoskaya & P.F.M. Verdonshot, 2016c.** Zandsuppletie in de Leuvenumse beek: monitoring van de fysische en biologische effecten 2014-2015. *Zoetwatersystemen*. Wageningen. Alterra Wageningen UR.
- Verdonshot, R.C.M. & P.F.M. Verdonshot, 2017.** Relatie KRW-doelen en macrofauna in beken in Noord-Brabant. *Notitie Zoetwater-ecosystemen*. Wageningen. Wageningen Environmental Research.
- Verdonshot, P.F.M., H. Runhaar, D. Hendriks & R.C.M. Verdonshot, 2017a.** Integraal natuurherstel in beekdalen. Ontwikkeling van diffuse afvoersystemen, gedempte afvoerdynamiek en beekprofielherstel. *Rapport 2017/OBN215-BE*. Driebergen. Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren.
- Verdonshot, R.C.M., T.B.M. Dekkers & P.F.M. Verdonshot, 2017b.** Monitoring effecten zandsuppletie Leuvenumse beek 2016. *Notitie Zoetwatersystemen*. Wageningen. Wageningen Environmental Research, Wageningen UR.
- Verdonshot, P.F.M., R.C.M. Verdonshot, G.H. van der Lee & M.L. de Baat, 2018.** Adaptief monitoren. Versterking kennisbasis en verijning waterbeheer. *Landschap* 35/1: 59-65.