

Effecten van watermolens op de visfauna in Zuid-Limburgse beken

R.E.M.B. Gubbels, Waterschap Roer en Overmaas, Postbus 185, 6130 AD Sittard

Watermolens behoren tot het culturele erfgoed van Limburg. Ze zijn in het Limburgse beekdallandschap reeds vele eeuwen prominent aanwezig. Ook tegenwoordig spreken de vaak idyllisch gelegen oude bouwwerken nog tot de verbeelding. Watermolens hebben in het verleden een behoorlijke stempel gedrukt op de ontwikkeling van natuurwaarden langs beken. Door opstuwung van het beekwater zijn watermolens in diverse Limburgse beekdalen medebepalend geweest voor het ontstaan van moerasachtige situaties. Een illustratief voorbeeld zijn de vroegere natte, bloemrijke hooilanden in het dal van de ooit grotendeels gestuwde Jeker (DE MARS & VERMULST, 2005). Er is echter ook een ecologische schaduwzijde. De natuurwaarden in de beek kunnen sterk nadelig beïnvloed worden door watermolens. Een bekend en actueel probleem is de belemmering van de migratie van aquatische organismen ter plaatse van een watermolen. Er zijn echter meer effecten op het beekecosysteem te onderscheiden, effecten die vaak onderbelicht blijven. Omdat tegenwoordig in het kader van cultuurhistorisch herstel, vaak in combinatie met het opwekken van groene energie, reactivering van watermolens steeds meer opgang vindt, is het zaak om naast de positieve effecten van gestuwd beekwater ook de negatieve effecten voor de natuur te (onder)kennen. In dit artikel wordt getracht om op basis van literatuurgegevens en visstandbemonsteringen in het beheergebied van het Waterschap Roer en Overmaas meer inzicht te geven in de effecten die watermolens kunnen hebben op de visfauna. Gezien de aard en hoeveelheid beschikbare informatie ligt de focus op de visfauna in de relatief snel stromende beken van het Zuid-Limburgse heuvelland.

WATERMOLENS IN ZUID-LIMBURG

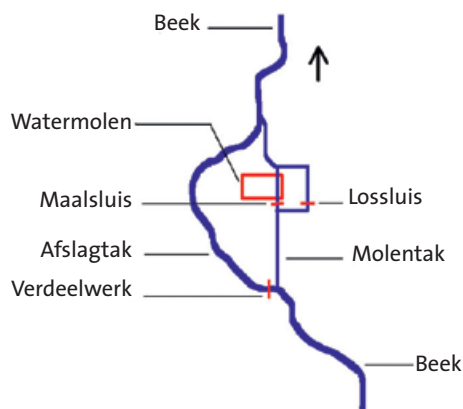
Inleiding

Het Zuid-Limburgse heuvelland met zijn karakteristieke snelstromende beken is een ideale omgeving voor watermolens [figuur 1]. Op redelijk eenvoudige wijze kan het voor watermolens essentiële grote verval van het beekwater gerealiseerd worden. De beken in het heuvelland zijn in het verleden bezaaid geweest met watermolens. Rond 1850 waren ten zuiden van Sittard bijna honderd watermolens actief (VAN BUSSEL, 1991). Beken met veel watermolens waren onder andere de Jeker, de Geul en de Geleenbeek. De watermolens op deze beken lagen er vaak al vele eeuwen. Bekende oude watermolens, waarvan de eerste schriftelijke vermeldingen dateren uit de Middeleeuwen, zijn de Bisschopsmolen te Maastricht (1099, Jeker), de Commandeursmolen te Mechelen (vóór 1215, Geul) en de Weltermolen te Welten-Heerlen (1381, Geleenbeek) (VAN BUSSEL, 1991). Tegenwoordig zijn veel watermolens verdwenen of buiten bedrijf geraakt. Op de Geleenbeek bijvoorbeeld resteren er van de 21 watermolens rond 1900 momenteel nog slechts drie.



FIGUUR 1

De watermolen van Wijlre, één van de vele watermolens op de Geul (foto: R. Gubbels).



FIGUUR 2
Principeschets
van een aflag-
tak, molentak
en bijbehorende
sluiswerken ter
plaatse van een
fictieve water-
molen in een
heuvellandbeek.

De Geul is wat dit betreft een positieve uitzondering. Vrijwel alle in 1850 actieve watermolens tussen Meerssen en Epen zijn nog aanwezig (VAN BUSSEL, 1991). De meeste zijn nog min of meer intact. Verschillende molens zijn zelfs nog in functie en malen graan en/of wekken energie op.

Principe van een watermolen

De meeste watermolens in Zuid-Limburg worden of werden gevoed door een molentak. In kleine beken of bovenlopen van grotere beken, met een geringe watertoevoer, werd vaak gebruik gemaakt van spaarbekens, de zogenaamde molenvijvers. Een molentak is een gegraven afsplitsing van de beek, die bovenstrooms van de molen begint en min of meer parallel loopt aan de oorspronkelijke beek (doorgaans aflagtak genoemd). Benedenstrooms van de molen voegen molentak en aflagtak zich weer bij elkaar tot beek. Op het splitspunt tussen molen- en aflagtak staat in de aflagtak een verdeelwerk dat het beekwater de molentak in stuurt [figuur 2]. In de molentak staat soms een sluiswerk ter afsluiting van deze watergang. Direct voor de molen bevinden zich in de molentak een of meerdere maal- en lossluizen. Hiermee wordt het water gestuurd. Tevens kan water via de maalsluis naar het waterrad geleid worden of geloosd worden via de lossluis.

Wanneer aan bovenstroomse zijde van de molen het water gestuurd wordt, zakt benedenstrooms het waterpeil. Het op deze wijze gecreëerde hoogteverschil in waterpeil tussen de boven- en benedenstroomse zijde van de watermolen is essentieel voor het

draaien van het waterrad en het te leveren vermogen. Het water uit de molentak kan op verschillende hoogtes naar het molenrad gevoerd worden. Afhankelijk van de hoogte waarop het water in het rad terecht komt, wordt gesproken van een onder-, midden- of bovenslagmolen.

HEUVELLANDBEKEN EN VISFAUNA

De meeste beken in Zuid-Limburg, met name de beken binnen het stroomgebied van de Geul, behoren tot de beken van het Geul-type en de heuvellandbeken. De beken van het Geul-type zijn de grotere, snelstromende beken zoals de Geul en de Gulp [figuur 3]. Tot de heuvellandbeken behoren de kleinere, snelstromende beken zoals onder andere de Selzerbeek, de Eyserbeek, de Zieversbeek en de Mechelderbeek (PAARLBERG, 1990).

Tegenwoordig worden beken van het Geul-type en heuvellandbeken vaak als één type beschouwd en in het algemeen aangeduid als heuvellandbeken (CROMBAGHS *et al.*, 2000). Ook in dit artikel wordt gemakshalve deze typologie aangehouden. Heuvellandbeken worden gekenmerkt door een relatief groot verhang (0,3 - 2,5%), een grote gemiddelde stroomsnelheid (0,5 - 1,5 m/s) en een geringe gemiddelde waterdiepte, variërend tussen 0,1 en 1 meter (PAARLBERG, 1990; CROMBAGHS *et al.*, 2000). Het zijn de snelst stromende beken van Nederland. De grindrijke heuvellandbeken herbergen door hun bijzondere abiotische kenmerken een karakteristieke visfauna. In de grotere beken komen van nature zo'n twintig vissoorten voor. Deze visfauna bestaat voor ongeveer zeventig procent uit rheofielen [voor uitleg zie kader]. Hiertoe behoren enkele voor Nederland zeer zeldzame soorten, namelijk de Beekdonderpad (*Cottus rhenanus*) [figuur 4] en de Gestippelde alver (*Alburnoides bipunctatus*) [figuur 5]. Samen met soorten als Beekprik (*Lampetra planeri*), Rivierprik (*Lampetra fluviatilis*), Elrits (*Phoxinus phoxinus*), Beekforel (*Salmo trutta fario*), Zeeforel (*Salmo trutta trutta*), Barbeel (*Barbus barbus*), Sneep (*Chondrostoma nasus*), Kopvoorn (*Squalius cephalus*) en Serpeling (*Leuciscus leuciscus*) kan het rheofiele soortenaandeel in een grotere heuvellandbeek betiteld worden als uniek voor Nederland. Eurytope soorten nemen de overige dertig procent van de visfauna voor hun rekening. Het betreft vooral Blankvoorn (*Rutilus rutilus*), Baars (*Perca fluviatilis*),

Driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*) en Paling (*Anguilla anguilla*). Limnofiele vissoorten komen slechts zeer sporadisch voor. Ze maken, met uitzondering van de Snoek (*Esox lucius*), niet of nauwelijks deel uit van de vislevensgemeenschap in een grotere heuvellandbeek (VRIESE *et al.*, 1994; CROMBAGHS *et al.*, 2000).

In de kleinere heuvellandbeken zoals de Selzerbeek, de Eyserbeek en de Zievers-



FIGUUR 3

De Geul nabij Camerig, de grootste heuvellandbeek in Zuid-Limburg. Kenmerkend is de enorme verscheidenheid aan abiotische omstandigheden op een relatief beperkt oppervlakte (foto: R. Gubbels).

FIGUUR 4

De Beekdonderpad (Cottus rhenanus), een karakteristieke, voor Nederland zeer zeldzame vissoort in heuvellandbeken (foto: B. Crombaghs).



beek, overigens allemaal beken met (voormalige) watermolens, komen van nature ongeveer tien à vijftien vissoorten voor. De vislevensgemeenschap bestaat er voor meer dan negentig procent uit rheofiele soorten. Naast de grotere Beekforel gaat het voornamelijk om kleinere beekvisen als BERPJE (*Barbatula barbatula*), Elrits, Gestippelde Alver, Beekdonderpad en Beekprik. Eurytope soorten, vooral Driedoornige stekelbaars en Paling, komen in lagere dichtheden voor. Limnofiele soorten ontbreken volledig (VRIESE *et al.*, 1994; CROMBAGHS *et al.*, 2000). De actuele visstand in de heuvellandbeken benadert qua soortenspectrum de potentieel natuurlijke visstand. Dit geldt vooral voor de kleinere, grotendeels vrij afstromende beken. In de Geul daarentegen is de soortenrijkdom groter dan de potentieel natuurlijke situatie. Het aandeel eurytope en limnofiele soorten is onnatuurlijk groot. Bovendien is er in slechts beperkte mate sprake van een natuurlijke abundantie, verdeling en spreiding van soorten over de beek (GUBBELS, 1999). Genoemde afwijkingen van de natuurlijke situatie zijn in belangrijke mate gerelateerd aan de aanwezigheid van watermolens.

EFFECTEN VAN WATERMOLENS OP DE VISFAUNA IN HEUVELLANDBEKEN

Effecten op vismigratie

Algemeen

Alle vissoorten in een heuvellandbeek migreren. De momenten waarop, de mate waarin, de afstand waarover en de richting waarin migratie plaatsvindt is soort-, populatie- en meestal ook jaarklasse-afhankelijk. Bovendien spelen diverse abiotische parameters een rol in het triggeren van migratie. Er zijn vele vormen van migratie: dagelijkse fourageermigratie, paaïmigratie, migratie van zomer- naar winterhabitat, compensatie-migratie (LUCAS & BARAS, 2001; ZITEK, 2006). Migratie kan plaatsvinden in stroomopwaartse, stroomafwaartse en zijwaartse richting. Ook treden bij sommige soorten gerichte verticale verplaatsingen in de waterkolom op. Migraties geschieden doorgaans stootsgewijs en strekken zich dientengevolge uit over een langere periode. Er is niet, zoals wel vaker gedacht wordt, één kortdurende, afgebakende periode te onderscheiden waarin alle individuen van een soort die geprikkeld zijn om te migreren dat ook daadwerkelijk doen. Wanneer in een heuvellandbeek alle longitudinale migraties voor het totale spectrum aan soorten in oenschouw worden genomen, kan gesteld worden dat stroomopwaartse en stroomafwaartse migraties het gehele jaar door plaatsvinden (GUBBELS, 1999; KROES & MONDEN, 2005). Dit wordt geheel bevestigd door de systematische, dagelijkse monitoring van de stroomopwaartse en stroomafwaartse migraties in de Roer en de Jeker (GUBBELS, 2010; GUBBELS & VAN SCHAİK,

2010) alsmede door de inmiddels tientallen visbemonsteringen in heuvellandbeken tussen 1995 en 2010 (onder andere CROMBAGHS *et al.*, 2000; CROMBAGHS & HOOGERWERF, 2005; GUBBELS, 2008).

Belemmering stroomopwaartse migratie

Wanneer vissen stroomopwaarts zwemmen kan dat, afhankelijk van de soort, op verschillende hoogten in de waterkolom geschieden, variërend van net boven het bodemoppervlak tot net onder de waterlijn. Vissen beschikken niet allemaal over dezelfde zwemcapaciteit. De kruis- en sprintsnelheid alsmede de sprongkracht is soortspecifiek. Een BERPJE zal wat dit betreft minimaal scoren, de zwem- en springprestaties van een Beekforel zijn daarentegen indrukwekkend. Wanneer stroomopwaarts zwemmende vissen een watermolen naderen, kunnen ze óf voor de molentak óf voor de afslagtak kiezen. De uiteindelijke keuze wordt in belangrijke mate bepaald door de debietverdeling tussen beide takken. De tak met de grootste afvoer heeft in principe de grootste aan-

Begrippen

Rheofiele vissoorten:	vissoorten die hun gehele, dan wel een deel van hun leven afhankelijk zijn van stromend water.
Eurytope vissoorten:	vissoorten die zowel in stromend als in stilstaand water hun levenscyclus kunnen voltooien.
Limnofiele vissoorten:	vissoorten die een sterke voorkeur hebben voor langzaam stromende en vooral stilstaande wateren.
Diadrome vissoorten:	vissoorten die tussen zout en zoet water migreren.
Potamodrome vissoorten:	vissoorten die binnen zoet water migreren.
Benthische vissoorten:	op de bodem levende vissoorten.



FIGUUR 5

Gestippelde alver (Alburnoides bipunctatus)
(foto: B. Crombaghs).

trekkingskracht. Aangezien bij een actieve watermolen meestal het merendeel van het beekwater door de molentak stroomt en een afslagtak vaak alleen bij hogere waterafvoeren stroomvoerend is, zal de keuze vaak op de molentak vallen. De route door de molentak eindigt direct benedenstrooms van de watermolen. Het aanwezige verval, bij Zuid-Limburgse watermolens doorgaans variërend tussen één en tweeënhalve meter, is voor vrijwel alle vissoorten in een heuvellandbeek niet passeerbaar. Alleen Beekforellen zouden wellicht een hoogte van maximaal een meter kunnen overwinnen. Ook via de aanwezige lossluizen is stroomopwaartse migratie vrijwel altijd onmogelijk. Hiervoor is de drempelhoogte meestal te hoog en/of is er sprake van loswater met een zeer hoge stroomsnelheid, vaak naar beneden schietend over een glad, hellend oppervlak [figuur 6].

Wanneer de afslagtak watervoerend is kunnen vissen in principe via deze watergang in bovenstroomse richting zwemmen. Deze route eindigt bij het verdeelwerk. Dit verdeelwerk is soms een vaste constructie en is dan een absolute barrière [figuur 7].

Een verdeelwerk kan ook zijn uitgevoerd in de vorm van een stuw. Wanneer de stuw onder lossend is en bij hoge afvoeren ter bescherming van de watermolen getrokken wordt, is er in principe een open verbinding met het bovenliggende beektraject. Ook hier geldt echter, net als bij de losluizen, dat de snelheid van het water meestal veel te hoog is en het verdeelwerk daardoor niet passeerbaar is voor het merendeel van de vissoorten.

De aanwezigheid van migratiebarrières in een beekstelsel kan diverse gevolgen hebben. Diadrome vissoorten waarvan het opgroei- en paaihabitat ver uit elkaar gelegen zijn lopen kans op termijn geheel of gedeeltelijk uit het beekstelsel te verdwijnen. Een Rivierprik die in zee is opgegroeid en vervolgens via een heuvellandbeek naar bovenstrooms gesitueerde paaigronden wil om zich voort te planten bereikt deze niet of nauwelijks meer. De geschetste situatie doet zich voor in de Geul, waar Rivierprikken opzwemmen tot aan de eerste niet-passeerbare stuw van de Grote Molen in Meerssen. Ongeveer tachtig procent van het potentiële geschikt paaihabitat is door het betreffende obstakel voor Rivierprikken niet meer toegankelijk. Potamodrome vissoorten die binnen het systeem van een heuvellandbeek migreren tussen de verschillende deelhabitats kunnen deze niet of nauwelijks meer bereiken als deze habitats door een barrière fysiek gescheiden

worden. Deze soorten moeten een stabiele populatie proberen te vormen binnen een stuwpand. In principe dienen dan alle voor een bepaalde vissoort relevante deelhabitats in zo'n min of meer geïsoleerd stuwpand aanwezig te zijn. Kleinere soorten als de Elrits en het Bermpje hebben een redelijke kans om er hun levenscyclus te voltooien (GUBBELS & VAN SCHAİK, 2010). Grote stromingsminnende soorten als Barbeel en Kopvoorn, die doorgaans behoefte hebben aan kilometers beeklengte, lopen gevaar niet alle essentiële deelhabitats in een stuwpand aan te treffen. Een opmerkelijk

voorbeeld in dit verband is het enorme verschil in aantallen Barbelen tussen twee morfologisch vergelijkbare, elkaar opvolgende beekpanden in de zuidelijke Geul. In het lange stuwpand tussen de watermolen van Wijlre en de Commandeursmolen te Mechelen (ongeveer zeven kilometer) komen op een onderzoekstraject van 300 m gemiddeld veel meer Barbelen (factor vijf à tien) voor dan op een hydromorfologisch vergelijkbaar 300 m traject in het korte stuwpand (850 m) tussen de Commandeursmolen en de Bovenste Molen te Mechelen (CROMBAGHS & HOOGERWERF, 2005; HOP, 2010). Het in onvoldoende mate aanwezig zijn van geschikt paaihabitat kan worden versterkt door de opstuwning in een stuwpand. Hierdoor kan van het relatief beperkte aanbod aan geschikt paaihabitat nog eens een substantieel percentage verloren gaan. Een nadere uitleg wordt in de volgende paragraaf gegeven. Wanneer om welke reden dan ook soorten bovenstrooms van een migratiebarrière verdwijnen, bestaat de kans dat ze er op eigen kracht niet meer kunnen terugkeren. Een voorbeeld is het voorkomen van de Beekprik en het Bermpje in de benedenloop van de Zieversbeek. Deze soorten zijn uitsluitend aanwezig in de laatste 150 m van de beek, benedenstrooms van een meer dan een meter hoog verdeelwerk [figuur 7] behorende bij de voormalige Oude Molen van Lemiers (GUBBELS, 1996; GUBBELS, 2007). Kilometers geschikt habitat in de Zieversbeek kunnen hierdoor niet meer gerekoloniseerd worden. De opdeling van een beekstelsel in fysiek gescheiden beekpanden veroorzaakt een onnatuurlijke spreiding van soorten over de beek. Bovendien komen soorten vaak in onnatuurlijk hoge of juist in onnatuurlijk lage dichtheden voor.

Overigens ondervinden niet alleen vissen grote hinder van watermolens bij de stroomopwaartse migratie. Ook van vlokreeften bijvoorbeeld, organismen die een regelmatige cyclus kennen van stroomafwaartse drift en stroomopwaartse migratie, is bekend dat barrières in de watergang een sterk negatief effect kunnen hebben op de populatie (MEIJERING, 1972; MEIJERING & PIEPER, 1982).

Mogelijke schade bij stroomafwaartse migratie

Vissen die stroomafwaarts migreren, komen vrijwel altijd uit in de molentak. Zowel via de lossluizen als via de maalsluizen (en vervolgens het waterrad) is in principe stroomafwaartse migratie mogelijk. De kans is echter reëel dat hierbij vissen beschadigd raken, zeker wanneer migratie plaatsvindt via de maalsluis en het

FIGUUR 6

Lossluis van de Bovenste molen te Mechelen, onpasseerbaar voor stroomopwaarts zwemmende vissen (foto: R. Gubbels).

waterrad en bovenal als het waterrad vervangen is door een turbine. Vooral grotere, langgerekte vissen als Palingen lopen dan gevaar. Een vergelijkbare situatie op grotere schaal doet zich voor bij waterkrachtcentrales. Vele publicaties maken gewag van de door deze centrales veroorzaakte visschade (onder andere VRIESE, 1994; VRIESE & HADDERINGH, 1998). Voor zover bij de auteur bekend zijn visschades veroorzaakt door watermolens nooit bepaald. Aangezien in het najaar binnen het stroomgebied van de Geul waarschijnlijk honderden schieralen stroomafwaarts migreren, is de kans op schade niet uit te sluiten.

Wanneer water over het verdeelwerk stroomt, is via de afslagtak in principe ook stroomafwaartse migratie mogelijk.

Effecten op het habitat

Bovenstrooms van de watermolen

Als een watermolen stuwt, gaat dit gepaard met grote hydrologische veranderingen in het oorspronkelijk vrij afstromende bovenstroomse beekpand. De effecten zijn groter en strekken zich uit over een groter stuk beeklengte naarmate het verhang kleiner en het stuwpeil hoger is. Doordat het water gestuwd wordt, neemt de stroomsnelheid af en wordt de waterdiepte groter. Dit effect is maximaal dichtbij de watermolen en neemt geleidelijk in bovenstroomse richting af. De afname van de stroomsnelheid bewerkstelligt sedimentatie van zand en slib op het oorspronkelijke, vaak grindrijke bodemsubstraat. In feite verandert het dynamische beektraject met zijn gevarieerde patroon van waterdiepten en stroomsnelheden en zijn mozaïekvormige substraatverdeling in een uniforme relatief diepe bak langzaam stromend of zelfs nagenoeg stilstaand water met een slibrijke bodem [figuur 8]. Naast hydrologische veranderingen kunnen wijzigingen optreden in de fysisch-chemische waterkwaliteit, waaronder afname van het zuurstofgehalte (DUMONT *et al.*, 2005; GIESECKE & MOSONYI, 2005). Reeds in 1960 gaf Broeder Arnaud in een van de maandelijkse vergaderingen van het Natuurhistorisch Genootschap aan dat de Geul bovenstrooms van een watermolen op een sloot lijkt en pas verder bovenstrooms het typische karakter van een bergbeek heeft. Behalve andere stroomsnelheden constateerde hij tussen de gestuwde en ongestuwde Geultrajecten verschillen in bodemsubstraat en soorten waterplanten (ANONYMUS, 1960).

Berekeningen en metingen die uitgevoerd



werden ter bepaling van het te verwachten stuwefect van nog bestaande watermolens in de Geul, Jeker en Geleenbeek laten zien dat de veranderingen in de hydrologische omstandigheden tot vele honderden meters, en in verschillende gevallen zelfs tot meer dan een kilometer, merkbaar zijn in het beekstelsel (GUBBELS & VAN SCHAİK, 2010). In een naar verhouding snel stromende, ondiepe heuvellandbeek met een grindrijk bodemsubstraat zijn de hy-



FIGUUR 7

Betonnen constructie ten behoeve van de waterverdeling tussen de afslagtak (Zieversbeek) en de niet meer functionerende molentak van de Oude Molen (Lemiers). Het verdeelwerk met een verval van meer dan een meter is volstrekt onpasseerbaar voor (kleine) beekvissen (foto: R. Gubbels).



drologische effecten ingrijpender dan bijvoorbeeld in een reeds langzaam stromende laaglandbeek. De lengte van het aangetaste beektraject in een heuvellandbeek is daarentegen beperkter dan in een laaglandbeek als gevolg van het grotere verhang.

Benedenstrooms van de watermolen

Direct benedenstrooms van een watermolen is vaak als gevolg van uitspoeling een kolk aanwezig. Deze uitgespoelde laagte in de beekbedding kan, afhankelijk van de mate waarin het benedenstroomse beektraject ter bescherming tegen afkalving en uitspoeling is vastgelegd, vrij forse afmetingen aannemen. Een illustratief voorbeeld is de poelvormige waterpartij benedenstrooms van de watermolen van Wijlre [figuur 9]. Op kleinere schaal zijn dergelijke poelvormige uitspoelingen soms ook aanwezig direct benedenstrooms van verdeelwerken. Voorbeelden zijn de kolken ter plaatse van de verdeelwerken in de afslagtak Zieversbeek (Oude Molen, Lemiers), in de afslagtak Geul (Grote Molen, Meerssen) en in de afslagtak Geul (Volmolen, Epen).

Wijziging samenstelling van de vislevensgemeenschap

Dat opstuwning van water in een stromend watersysteem effecten heeft op de oorspronkelijke visfauna is al langer bekend. Vooral de veranderingen in de riviervisfauna na aanleg van een stuwmeer zijn uitgebreid onderzocht (ELVIRA *et al.*, 1995; HORVÁTH & TOLEDO MUNICIO, 1998; RODRIGUEZ-RUIZ, 1998). Dat echter ook kleinschalige stuwwerken effecten kunnen hebben op de visfauna in

FIGUUR 8

De gestuwde Geul, ongeveer 250 m bovenstrooms van de watermolen van Wylré. De snelstromende beek heeft over een lengte van honderden meters het karakter van een langgerekte vijver (foto: R. Gubbels).

een beek- of riviersysteem wordt de laatste tien jaar steeds duidelijker (NEMITZ & MOLLS, 1999; DE CHARLEROY *et al.*, 2000; MELDGAARD *et al.*, 2004; GIESECKE & MOSONYI, 2005; DUMONT *et al.*, 2005; POULET, 2007; ADAM *et al.*, 2010; HOP, 2010). Als een vrij afstromend beektraject door opstuwning van het water gewijzigd wordt in een langzaam stromend of zelfs stilstaand beektraject, valt op termijn een verschuiving te constateren in de samenstelling van de aanwezige visfauna, ten koste van rheofiele soorten en ten voordele van eurytope en limnofiele soorten. Het grindrijke paaihabitat met snel stromend water, van cruciaal belang voor het instandhouden van populaties van rheofiele vissoorten, gaat hierbij (deels) verloren. Langzaam stromend water, geschikt als opgroei- en wellicht winterhabitat neemt daarentegen voor deze soorten in oppervlakte toe. Voor limnofiele soorten wordt in principe zowel het beschikbare oppervlakte paai-, opgroei- als winterhabitat groter. Op langere termijn kunnen dan de grotere rheofiele vissoorten geheel of gedeeltelijk verdwijnen en nemen eurytope en limnofiele vissoorten toe. Een sprekend voorbeeld vormt het zuidelijk Geuldal. Hier staan diverse nog stuwende watermolens achter elkaar. In dit deel van de snel stromende Geul weten limnofiele soorten als Zeelt (*Tinca tinca*), Rietvoorn (*Scardinius erythrophthalmus*), Snoek en Gibel (*Carassius gibelio*), soorten die in het zuidelijke Geultraject absoluut niet thuishoren, zich te handhaven in de gestuwde panden bovenstrooms van de molens alsook in de benedenstrooms gesitueerde kolken. Benedenstrooms in de vrij afstromende beektrajecten ontbreken ze volledig (CROMBAGHS & HOOGERWERF, 2005; HOP, 2010). De limnofiele vissoorten die in een heuvellandbeek van nature niet voorkomen zijn afkomstig uit langs de beken gelegen waterpartijen als visvijvers, kasteelvijvers en kasteelgrachten met een overloop naar de beek. Soms worden soorten ook bewust in de gestuwde beektrajecten uitgezet. Zo nam de auteur enkele jaren geleden waar dat karpers uitgezet werden in een stuwpand direct bovenstrooms van een watermolen in het Geuldal. "Een prima stek voor karpers" aldus een fanatieke hengelaar. Een veelzeggende uitspraak! In Nordrhein-Westfalen zijn door het Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz richtlijnen opgesteld die aangeven hoe en onder welke voorwaarden de benutting van waterkracht in stromende wateren te combineren is met de instandhouding en verdere ontwikkeling van rheofiele flora en fauna (DUMONT *et al.*, 2005). Met betrekking tot het instandhouden van een rheofiele vislevensgemeenschap wordt gesteld dat bij opstuwning van water door bijvoorbeeld een watermolen minimaal 75% van het gecreëerde stuwpand gevrijwaard moet blijven van veranderende hydrologische omstandigheden.

Verhoogde predatie

In heuvellandbeken vinden zowel door adulte dieren als door jongere jaarklassen stroomafwaartse migraties plaats. Het betreft bijvoorbeeld verplaatsingen van het zomer- naar het winterhabitat door adulten en/of jongere jaarklassen in het najaar of verplaatsingen van het paai- naar het opgroeihabitat door juvenielen in de vroege zomer. Onder natuurlijke omstandigheden vindt

FIGUUR 9

Kolkvorming benedenstrooms van de watermolen van Wijlre (foto: R. Gubbels)

er een verdeling plaats over de beschikbare stromingsluwe delen binnen een beekstelsel. Dit kunnen diepere stroomkolken zijn maar ook oeverzones. In het geval van gestuwde beekpanden vinden er accumulaties plaats in het langzaam stromende dan wel stagnante beekwater. De natuurlijke stroomafwaartse migratie wordt verstoord en vertraagd. De accumulatie en vaak ook desoriëntatie van rheofiele vissen in een gestuwd water kan leiden tot een onnatuurlijk hoge predatie (DUMONT *et al.*, 2005). In de Roer is dit fenomeen ook vastgesteld. In het gestuwde pand bovenstrooms van de ECI waterkrachtcentrale blijken ten tijde van stroomafwaartse migratie concentraties van grote Snoeken, Snoekbaarzen en Baarzen aanwezig te zijn (GUBBELS, 2009). Ongetwijfeld worden vele jonge stroomafwaarts migrerende vissen verorberd.



schap van een heuvellandbeek kan dan (op termijn) voor een belangrijk deel verloren gaan.

Habitatverlies in afslagtak

Bij gemiddelde afvoeren gaat het meeste, zo niet alle, beekwater door de molentak. Bij hogere afvoeren wordt het surplus aan water afgevoerd via de afslagtak. Dit impliceert dat de afslagtak een groot deel van het jaar niet optrekbaar is en dat dan bovendien potentieel leefgebied niet beschikbaar is. Als na hogere afvoeren de afslagtak watervoerend is geweest en gekoloniseerd is door vissen en vervolgens bij lagere debieten maandenlang nauwelijks water voert, leidt dit naar eigen waarneming vooral 's zomers bij hogere watertemperaturen tot sterfte onder de achtergebleven kleinere benthische vissoorten.

Positief effect

Naast de geschetste negatieve effecten op de beekhabitat voor rheofiele vissoorten is er wellicht ook een positieve kant aan de aanwezigheid van stuwende watermolens. De stromingsluwe stuwpannen kunnen mogelijk de functie vervullen van opgroei-habitat voor rheofiele vissoorten. Bij verschillende watermolens in het zuidelijk Geuldal worden 's zomers in verhouding tot de vrij afstromende trajecten betrekkelijk grote aantallen juveniele en subadulte Elritsen, Bermpjes en Kopvoorns waargenomen (CROMBAGHS & HOOGERWERF, 2005; HOP, 2010). Natuurlijk is een dergelijk opgroei-habitat uiteraard niet.

Cumulatief effect

Alle beschreven negatieve effecten van watermolens op de visfauna nemen uiteraard toe naarmate meer watermolens in een heuvellandbeekstelsel actief zijn of worden. Dit geldt zeker als de molens niet verspreid over verschillende beken gesitueerd zijn, maar als er sprake is van een serie elkaar opvolgende watermolens in één beek, zoals in het zuidelijk Geuldal. Een substantieel deel van het stromende habitat gaat dan verloren, een substantieel deel van de beek krijgt sterk gewijzigde hydrologische omstandigheden en een belangrijk deel van de beek wordt gefragmenteerd in fysiek gescheiden beekpanden. De typische vislevensgemeen-

TOT SLOT

Watermolens kunnen naast de positieve, vernattende effecten in beekdalen negatieve effecten sorteren op de aquatische levensgemeenschap in zijn algemeenheid en de visfauna in het bijzonder. Buitenlands onderzoek, maar vooral ook de visstandsmonitoringen en de jaarrond monitoringsonderzoeken bij verschillende vispassages in het beheergebied van het Waterschap Roer en Overmaas, geven steeds meer inzicht in de watermolenproblematiek. Dit betekent overigens niet dat het waterschap voorstander is van het buiten bedrijf stellen van watermolens. In tegendeel, ook het waterschap heeft oog voor het cultuurhistorisch belang van deze bouwwerken en voor de botanische waarde die natte beekdalgronden kunnen hebben. Het waterschap heeft echter ook de door Europa opgelegde verplichting, in de lijn van de Kader Richtlijn Water (KRW), om de aquatische ecosystemen in haar beken in de zogenaamde goede ecologische toestand te brengen. Bovendien bestaat de nationale verplichting om uiterst omzichtig om te gaan met een aantal bij wet streng beschermde soorten en hun habitats. In het kader van de KRW is aan de Geul het streefbeeld 'snelstromende middenloop op kalkrijke bodem' toegekend. De na te streven vislevensgemeenschap bestaat voor een groot deel uit rheofiele soorten. Vrije doorgang en vrije afstroming van het water zijn essentiële factoren om het streefbeeld te verwezenlijken. Watermolens, met de beschreven negatieve effecten op de visfauna, kunnen de KRW-doelstelling voor de Geul aanzienlijk frustreren. Desondanks is het waterschap van mening dat de combinatie van watermolens en een (relatief) natuurlijke rheofiele aquatische levensgemeenschap (vissen maar ook waterplanten en macrofauna) mogelijk is.

Een volledig vrij afstromend beekstelsel zonder migratieknelpunten, met andere woorden een beekstelsel zonder watermolens, is niet reëel. Een beekstelsel met een aantal actieve watermolens op rij die zeven dagen per week en vierentwintig uur per dag stuwden, is dat evenmin. Zoals zo vaak ligt de oplossing ergens in het midden. De migratieproblematiek is door middel van

de aanleg van vispassages oplosbaar en in het stuwregime is met de nodige creativiteit een gulden middenweg denkbaar. Het zal echter onontbeerlijk zijn dat alle belanghebbenden – met name

de waterbeheerder, watermoleneigenaren, natuurbeherende instanties, technici en ecologen – op constructieve wijze met elkaar in overleg gaan en oog hebben voor elkaars belangen.

Summary

EFFECTS OF WATERMILLS ON THE FISH COMMUNITY IN RAPIDLY FLOWING BROOKS IN THE SOUTHERN PART OF LIMBURG

The hilly landscape of the southern part of the Dutch province of Limburg with its rapidly flowing brooks lends itself very well to the construction of watermills. From a historical point of view, these watermills are valuable landscape elements in brook valleys.

The type of fish community in the brooks in these hilly areas is found nowhere else in the Netherlands and mainly consists of rheophilic species. This rare fish community is unfavourably affected by watermills. Watermills impede the upstream and downstream migration processes, and the weirs and sluices associated with the mills cause stagnation of the water discharge. Rapidly flowing water turns into almost stagnant water, and the gravelly sediment, which is essential for the spawning of rheophilic fish, becomes covered by sand and silt. This results in a gradual change in the structure of the fish community, as rheophilic fish species decrease and limnophilic species increase. In the opinion of the Roer and Overmaas water board, it should be possible to combine active watermills and a rheophilic fish community. The problems of migration and weirs can be solved, provided all those involved help to achieve a solution that is acceptable to all parties.

Literatuur

- ADAM, B., R. BOSSE, U. DUMONT, CH. GÖHL, J. GÖRLACH, S. HEIMERL, B. KALUSA, F. KRÜGER, M. REDEKER, U. SCHWEVERS & P. SELLEHEIM, 2010. Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke: Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, Hennef.
- ANONYMUS, 1960. Verslag van de maandvergaderingen te Heerlen op 15 juni 1960. *Natuurhistorisch Maandblad* 49 (7/8): 70.
- BUSSEL, P.W.E.A. VAN, 1991. De molens van Limburg. Molenstichting Limburg, Roermond.
- CHARLEROY, D. DE, J. COECK & W. HUYBRECHTS, 2000. Hoe "groen" is hydro-elektriciteit? Nota betreffende de ecologische effecten van de productie van hydro-elektriciteit op waterlopen in het Vlaamse Gewest. Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer en Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.
- CROMBAGHS, B.H.J.M., R.W. AKKERMANS, R.E.M.B. GUBBELS & G. HOOGERWERF, 2000. Vissen in Limburgse beken. De verspreiding en ecologie van vissen in stromende wateren in Limburg. Stichting Natuurpublicaties Limburg, Maastricht.
- CROMBAGHS, B. & G. HOOGERWERF, 2005. Vissen in het paradijs. Visstandbemonstering en visstandbeoordeling in het stroomgebied van de Geul in 2005. Bureau Natuurbalans – Limes Divergens BV, Nijmegen.
- DUMONT, U., P. ANDERER & U. SCHWEVERS, 2005. Handbuch Querbauwerke. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf.
- ELVIRA, B., G. NICOLA, A. ALMODÓVAR, I. DOADRIO, A. PERDICES & J. VELASCO, 1995. Impacto de las obras hidráulicas en la ictiofauna. Universidad Madrid, Madrid.
- GIESECKE, J. & E. MOSONYI, 2005. Wasserkraftanlagen. Planung, Bau und Betrieb. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- GUBBELS, R.E.M.B., 1996. Visfauna van de Zieversbeek. *Natuurhistorisch Maandblad* 85 (2): 27-30.
- GUBBELS, R.E.M.B., 1999. Herstel vismigratie binnen het stroomgebied van de Geul: knelpunten en kansen. *Natuurhistorisch Maandblad* 88 (7/8): 181-186.
- GUBBELS, R.E.M.B., 2007. Bijzondere visvangsten in het stroomgebied van de Geul. *Natuurhistorisch Maandblad* 96 (5): 135-136.
- GUBBELS, R.E.M.B., 2008. Ad hoc bevissingen in de Geul en Vloedgraaf in 2007 en 2008. Intern rapport. Waterschap Roer en Overmaas, Sittard.
- GUBBELS, R.E.M.B., 2010. Monitoring vismigratie Roer ECI. Resultaten 2009. Intern rapport. Waterschap Roer en Overmaas, Sittard.
- GUBBELS, R.E.M.B. & V.A. VAN SCHAIK, 2010. Ontwikkeling van de visstand in het Nederlandse deel van de Jeker gedurende de periode 1920 – 2010. Met bijzondere aandacht voor de verspreidingshistorie van de Elrits (*Phoxinus phoxinus* L. 1758). *Natuurhistorisch Maandblad* 99 (3): 41-53.
- HOP, J., 2010. Onderzoek visfauna nabij watermolens Geul (winter-voorjaar-zomer 2010). Aqua Terra & Kuiper en Burger, Geldermalsen.
- HORVÁTH, E. & M.A. TOLEDO MUNICIO, 1998. Impact of dams on fish fauna. Second International PhD Symposium in Civil Engineering, Budapest.
- KROES, M.J. & S. MONDEN, 2005. Vismigratie. Een handboek voor herstel van vismigratie in Vlaanderen en Nederland. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, AMINAL, Afdeling Water, Brussel.
- LUCAS, M.C. & E. BARAS, 2001. Migration of fresh water fishes. Blackwell Science Ltd, Oxford.
- MARS, H. DE & H. VERMULST, 2005. Een eeuw verdroging in het Jekerdal. De betekenis van watermolens voor een nat beekdallandschap. *Natuurhistorisch Maandblad* 94 (11): 227-231.
- MEIJERING, M.P.D., 1972. Experimentelle Untersuchungen zur Drift und Aufwanderung von Gammarien in Fließgewässern. *Archiv für Hydrobiologie* 70 (2): 133-205.
- MEIJERING, M.P.D. & H.G. PIEPER, 1982. Die Indikatorbedeutung der Gattung *Gammarus* in Fließgewässern. *Dechenia-Beihefte (Bonn)* 26: 111-113.
- MELDGAARD, T., E.E. NIELSEN & V. LOESCHKE, 2004. Fragmentation by weirs in a riverine system: a study of genetic variation in time and space among populations of European grayling (*Thymallus thymallus*) in a Danish River system. *Conservation Genetics* 4(6): 735-747.
- NEMITZ, A. & F. MOLLS, 1999. Anleitung zur Kartierung Fließstrecken im Hinblick auf ihre Eignung als Besatzorte für Lachse (*Salmo salar* L.). Beiträge aus den Fischereidezernaten, Heft 4, LOBF, Recklinghausen.
- PAARLBERG, A., 1990. Zuidlimburgse beken en beekdalen: karakteristieken, processen en patronen. *Natuurhistorisch Maandblad* 79 (3/4): 42-49.
- POULET, N., 2007. Impact of weirs on fish communities in a Piedmont stream. *River Research and Applications* 23(9): 1038-1047.
- RODRIGUEZ-RUIZ, A., 1998. Fish species composition before and after construction of a reservoir on the Guadelete River (SW Spain). *Archiv für Hydrobiologie* 142(3): 353-369.
- VRIESE, F.T., 1994. Stroomafwaartse visgeleiding bij waterkrachtcentrales. In: Raat, A.J.P. (red.). Vismigratie, Visgeleiding en Vispassages in Nederland. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein.
- VRIESE, F.T., G.A.J. DE LAAK & S.A.W. JANSEN, 1994. Analyse van de visfauna in de Limburgse beken. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein.
- VRIESE, F.T. & R.H. HADDERINGH, 1998. Vismigratie en visgeleiding in relatie tot de ECI centrale te Roermond. Deelrapport 1: fase 1 en 2a. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein.
- ZITEK, A., 2006. Migration processes of riverine fish: assessment, patterns of downstream migration & restoration. Dissertation. Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement, Department Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Universität für Bodenkultur, Wien.