

# Het effect van waterkrachtcentrales op migrerende paling

Jan Kemper

**De vooruitzichten voor de Europese aal zijn somber. Vooral het aanbod van jonge glasaal op de kust neemt jaarlijks af. Het is echter onduidelijk in welke levensfase van de aal de soort het meest wordt bedreigd, zodat op alle niveaus beschermende maatregelen worden genomen. Een belangrijk aspect is de schade die stroomafwaarts migrerende schieralen ondervinden bij gemalen en waterkrachtcentrales (WKC's). Om richting te geven aan regelgeving met betrekking tot de maximaal toegestane schade bij WKC's, is onderzoek uitgevoerd om de overleving van schieralen te bepalen na het passeren van de turbines.**

Sinds de jaren tachtig is er een sterke daling in de hoeveelheid intrekende glasaal en liepen gaandeweg ook de vangsten van volwassen aal terug (Dekker, 2004). Deze trend werd internationaal erkend, zodat in 2007 op Europees niveau maatregelen werden genomen (Quak, 2011). In Nederland resulteerde dit sinds 2009 in een vangstverbod op aal in de najaarsperiode. Deze maatregel is er in het bijzonder op gericht om volwassen schieraal een vrije aftocht te geven naar de paaigronden in het Caribische gebied. In 2010 werd uit onverwachte hoek, de visserij op aal nog verder beperkt. Al lange tijd was bekend dat in bepaalde delen van Nederland de aal verontreinigd is met dioxineachtige stoffen. Maar pas naar aanleiding van de hernieuwde aandacht die de actualiteitenrubriek "Zembla" op deze problematiek vestigde, werd in het kader van de volksgezondheid door Den Haag ingegrepen. Dit resulteerde in een jaarrond vangstverbod in de Maas, Rijn en hiermee verbonden wateren. Deze maatregelen worden door velen gezien als een stap in de goede richting met betrekking tot het



herstel van de aalstand (de Graaf *et al.*, 2011).

Niettemin wordt naast de visserij op aal, vooral de passage van migrerende schieraal bij gemalen en WaterKrachtCentrales (WKC's) gezien als bedreiging voor het voortbestaan van de aal. Passage kan leiden tot acute sterfte als gevolg van ernstige lichamelijke schade (figuur 1, boven), maar ook inwendige breuken (figuur 1, onder), leiden in veel gevallen uiteindelijk tot sterfte van de aal. Vooral de gestrekte lichaamsvorm van de aal maakt de vissoort extra kwetsbaar (Calles *et al.*, 2010). Er wordt daarom naarstig gezocht naar mogelijkheden om de aal middels een visgeleidingssysteem te weren van de fatale turbines van de WKC (Bruijs, 2004). In de afgelopen jaren is een aanzet gedaan om de schade bij de WKC's in kaart te brengen aan de hand van registraties van elektronisch gemerkte vissen (Vis *et al.*, 2011).

## Additionele sterfte

De schade die schieraal bij een WKC ondervindt staat niet op zich. Ook zonder WKC zullen vissen tijdens de migratie sterven door predatie (mens en dier) of ziekte. Er wordt daarom gesproken van een additionele sterfte, bovenop de andere bronnen van sterfte. Het uitgangspunt van Rijkswaterstaat is dat de additionele sterfte over het totale traject waarover de vissen door Nederland trekken, de 10% niet mag overschrijden (Bakker *et al.*, 2001). Het is hierbij van belang dat



(Foto: Jelger Herder)





**Figuur 1. Sterfte als gevolg van de passage door een Waterkrachtcentrale. Boven: ernstige fysieke schade met directe sterfte als gevolg. Onder: Inwendige breuken zullen in de meeste gevallen leiden tot sterfte op korte termijn.**

de resultaten worden afgezet tegen een referentiegroep van dieren die niet via een WKC zijn gepasseerd.

In het totale stroomgebied van Rijn en Maas zijn meer dan 2000 WKC's aanwezig. Nederland heeft slechts drie grote WKC's en enkele kleinere. Twee grote centrales liggen in de Maas bij Linne (11,5 Megawatt) en Lith (14 Megawatt) en een derde in de Neder-Rijn bij Maurik (10 Megawatt) (Bruijs, 2004). Voor het onderzoek zijn vissen gebruikt die de WKC bij Linne hebben gepasseerd. De vissen werden over een afstand van ca 120 km gevolgd vanaf de WKC Linne tot de WKC bij Lith (figuur 2). Bij een WKC gaat niet al het water door de turbines. Afhankelijk van de afvoer zal een deel van het water (inclusief schieraal) via een stuw worden afgevoerd (figuur 3). De vissen die over de stuw passeren worden als referentiegroep beschouwd.

#### Telemetrie

Er is in het onderzoek gebruik gemaakt van het NEDAP Trail system® dat door de Waterdienst van Rijkswaterstaat wordt onderhouden. Het systeem bestaat uit een zogenaamde "transponder" en een detectiestation. De transponders worden operatief bij de proefdieren ingebracht en deze worden stroomopwaarts van de WKC uitgezet. De transponders zenden

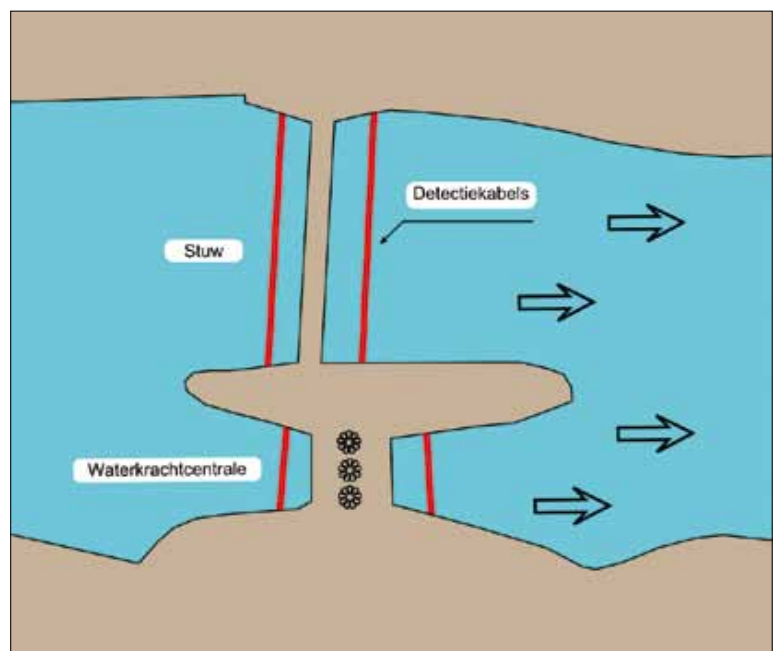
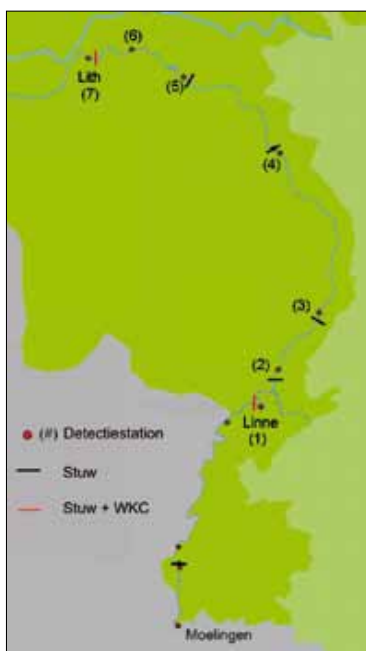
een unieke code uit die tijdens het passeren van een detectiestation wordt ontvangen en geregistreerd. In Nederland zijn ca 58 stations operationeel waarvan zeven stations zijn ingezet voor het onderzoek. In figuur 2 is een overzicht gegeven van het deel van de Maas waarin het onderzoek is uitgevoerd en de stations waar de vissen werden waargenomen. Bij de WKC Linne zijn meerdere antennes geplaatst, zodat kan worden vastgesteld of de vissen over de stuw (referentiegroep), of via de turbines van de WKC passeren). De gemerkte schieralen werden uitgezet bij Moelingen. De schieralen zijn gevolgd tot Lith, om de invloed van de WKC aldaar uit te sluiten. Bovendien is het aantal detectiestations stroomafwaarts van Lith beperkt. Doel van het onderzoek is om niet alleen de acute sterfte door passage van de turbines van de WKC te Linne te meten, maar ook de sterfte die later optreedt in het stroomafwaartse traject tot Lith.

#### Resultaten

De experimenten zijn uitgevoerd in het najaar van 2009 en 2010. In

**Figuur 3. Bovenaanzicht van het stuwcomplex Linne dat door vissen over de stuw of door de turbines van de waterkrachtcentrale gepasseerd kan worden.**

**Figuur 2. Overzicht van het proefgebied. De proefdieren zijn uitgezet in Moelingen en werden vanaf de WKC bij Linne over een afstand van ca 120 km gevolgd tot aan het detectiestation bij Lith.**



beide jaren zijn 200 vissen gemerkt en in Moelingen (figuur 2) uitgezet. Niet alle vissen hebben meegedaan aan de stroomafwaartse migratie, zodat in 2009 slechts 74 schieralen in Linne werden waargenomen. Hiervan gingen er 49 via de turbines van de WKC (verder: WKC-alen) en 25 over de stuw (verder: stuw-alen) (tabel 1). In 2010 werden 98 van de 200 gemerkte schieralen, bij Linne waargenomen. Hiervan gingen 58 vissen via de WKC en 40 over de stuw. In 2009 is vastgesteld dat 48% van de schieralen die via de WKC passeerden in de eerste vijf dagen, stierf in het traject tussen Linne en Lith. In 2010 trof 19% dit lot. Van de schieralen die over de stuw bij Linne passeerden, stierf in 2009 24% en in 2010 10%. In totaal stierf in 2009 en 2010 respectievelijk 32 en 15% van de alen die Linne passeerden.

De migratie wordt gestuurd door de afvoer (pieken) in de Maas. Bij een toename van de afvoer, passeren er meer alen. Bovendien wordt de verdeling van de aal over de WKC en de stuw bepaald door de verdeling van het water. Wanneer er veel meer water via de stuw wordt afgevoerd zoals in de periode van 8-13 december 2009, passeren er meer alen over de stuw dan via de WKC. Wanneer bij een afvoerpiek het grootste deel van het water via de WKC wordt afgevoerd, zoals in de periode 10-20 december 2010, passeren er meer alen via de turbines van de WKC.

Het verloop van het sterftepercentage gedurende de eerste vijf dagen na het passeren van het stuwcomplex Linne, is weergegeven in figuur 5a. Het aandeel alen dat het proefgebied binnen de eerste vijf dagen bij Lith levend verlaat staat in figuur 5b. Reeds na één dag verlaten de eerste vissen bij Lith het proefgebied. Omdat deze vissen niet meer verder worden gevolgd kan niet worden nagegaan of er alsnog (uitgestelde) sterfte optreedt. Na de eerste dag gaat een vergelijking met de vissen die nog wel in beeld blijven steeds meer mank omdat het sterftepercentage in toenemende mate onbetrouwbaar wordt. Na vijf dagen hebben zoveel vissen het proefgebied

	Passage	Aantal passanten	Sterfte Linne-Lith (aantal)	Sterfte Linne-Lith (% van totaal)
2009	via WKC	25	12	48%
	over stuw	49	12	24%
2010	via WKC	58	11	19%
	over stuw	40	4	10%

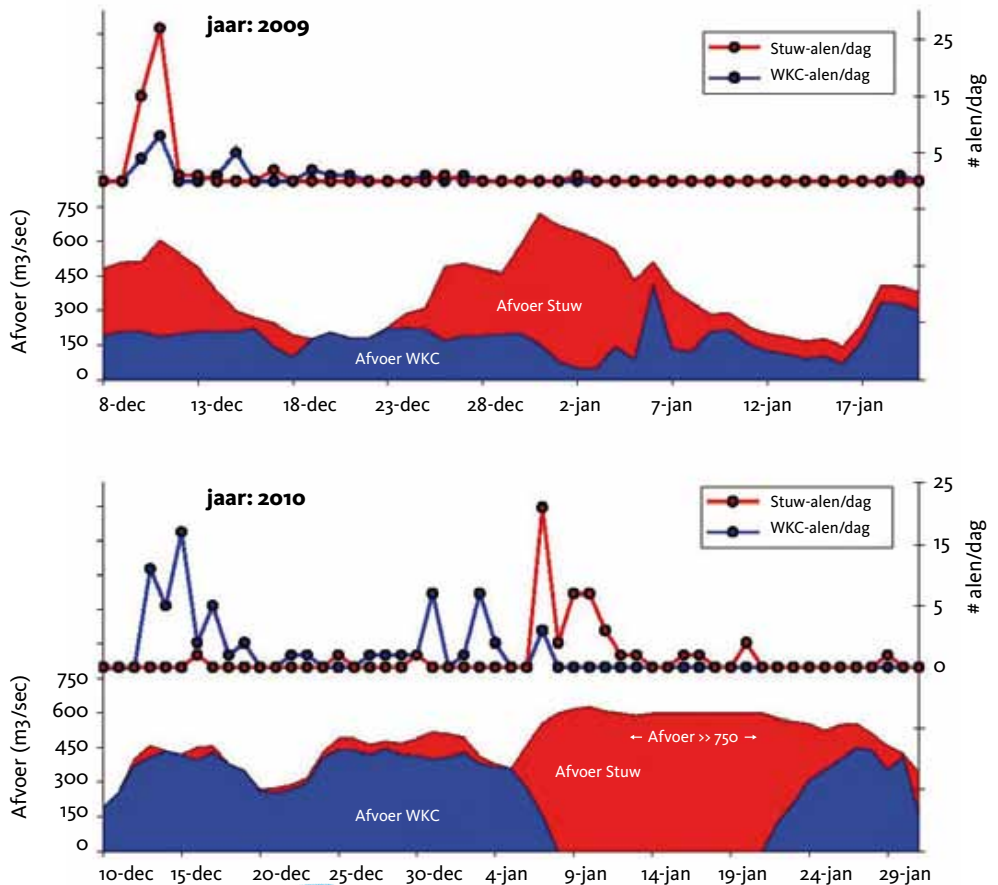
**Sterfte van schieraal in de eerste vijf dagen na passage van de WKC of stuw bij Linne**

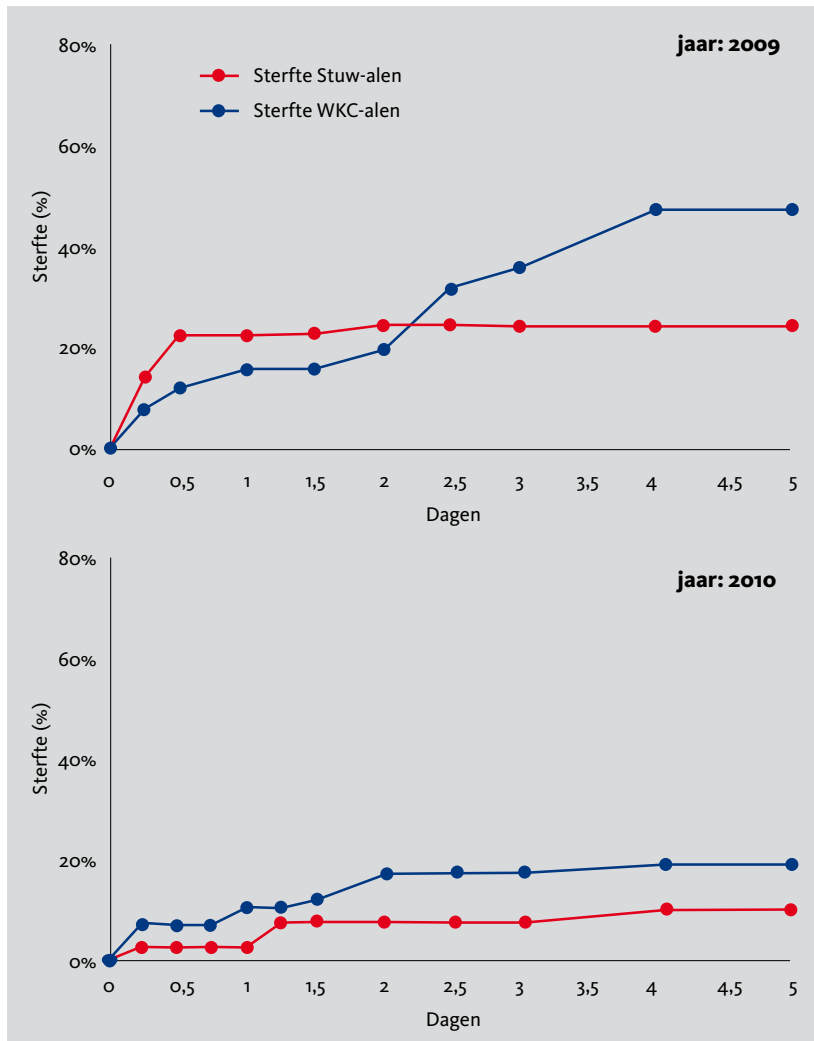
verlaten dat een verdere onderlinge vergelijking geen zin meer heeft. Hoewel sommige alen het 120 km lange traject binnen één dag afleggen, moeten we ons bedenken dat dit resultaat is van hoge afvoer en de zwemsnelheid nauwelijks een rol van betekenis heeft.

zowel bij de stuw-alen als de WKC-alen veel sterfte optreedt (15-20%), direct na het passeren van het stuwcomplex. Bij de WKC-alen loopt de sterfte in 2009 in de eerste vijf dagen nog verder op tot 48%. Bij de stuw-alen zien we na het passeren van de stuw nog nauwelijks sterfte optreden. Minder dan 10% van de alen die in 2009 via de WKC Linne passeerden, verlaten binnen vijf dagen

De resultaten laten zien dat in 2009,

**Figuur 4. Verloop in de tijd van het aantal gepasseerde schieralen per dag bij Linne. Het gestapelde vlakdiagram geeft het verloop van het debiet weer in de tijd. N.B. in de periode 8-21 januari 2011 was de afvoer hoger dan 750 m3/sec (meetgegevens ontbreken).**





Figuur 5a. Verloop van het aandeel vissen dat sterft na de passage van het stuwcomplex Linne.

levend het proefgebied. De overleving van de stuw-alen is veel groter (>40%). In 2010 blijkt de directe sterfte na passage van WKC of stuw duidelijk lager dan in het voorgaande jaar. In 2010 is er geen sterke toename van sterfte bij zowel de WKC-alen als de stuw-alen. In 2010 verliet 35% van de WKC-alen levend het proefgebied binnen vijf dagen. De overleving van de stuw-alen is met 75% opnieuw duidelijk hoger. Het verloop in 2010 vertoont een opmerkelijk verschil met dat van het voorgaande onderzoeksjaar. In de eerste plaats blijft het sterftepercentage voor beide groepen veel lager. Niet alleen de totale sterfte, na vijf dagen, is lager dan in 2009, maar ook blijkt dat de sterfte op langere termijn, veel minder is. Met betrekking

tot de WKC-alen kan hiervoor een verklaring worden gegeven, welke is gelegen in het beheer van de turbines van de WKC. Een groot debiet door de WKC levert aanzienlijk minder schade op bij alen dan bij een laag debiet. De oorzaak hiervan is te herleiden naar de leidschoepen waarmee het debiet wordt geregeld. Als de leidschoepen de toevoer van water beperken is de kans dat aal beschadigd groter (Haddingh & Bakker, 1998).

Voor de hoge (directe) sterfte bij de stuw-alen in 2009 is geen directe verklaring te geven. Mogelijk speelt de hoogte, die alen moeten overbruggen bij hun val over de stuw, een rol. Een grote valhoogte zou er toe kunnen leiden dat vissen hard in

aanraking komen met de betonbodem onder de stuw met beschadiging tot gevolg.

#### Conclusies

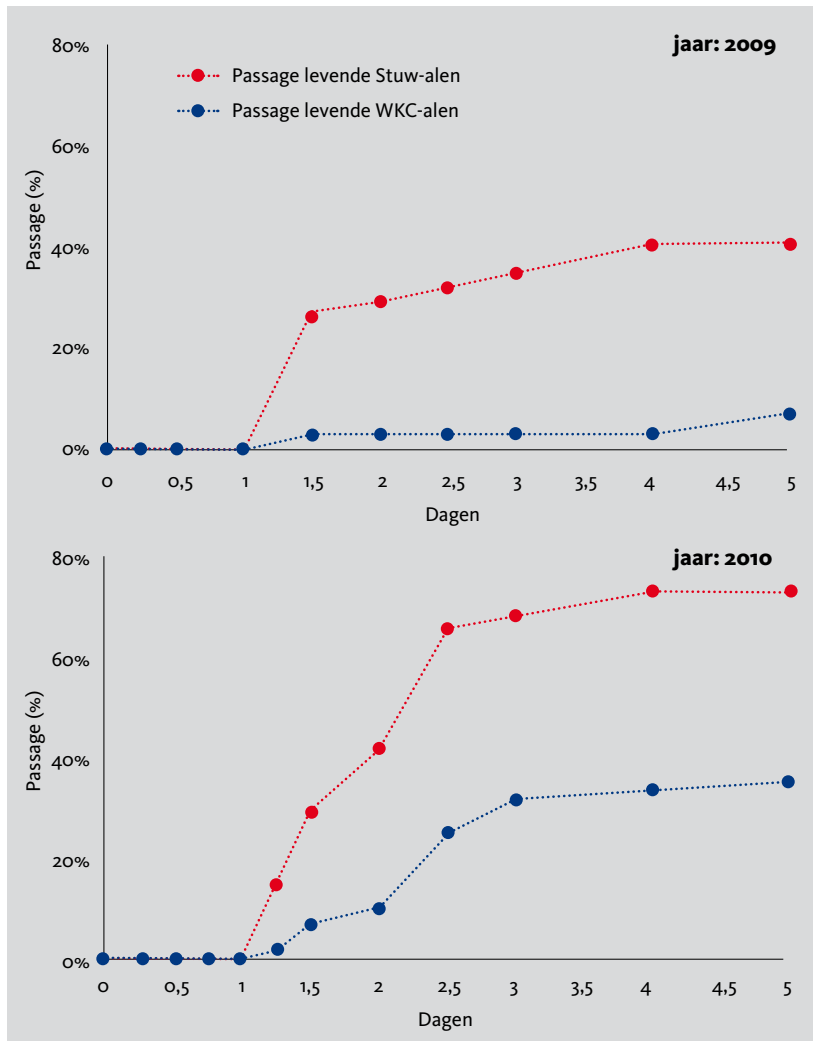
Het onderzoek toont aan dat het van groot belang is om de alen gedurende langere tijd te volgen. Bij veel alen, die een WKC passeren, is de schade inwendig. Sterfte treedt vaak pas veel later op. Een directe beoordeling van de schade aan de hand van een fuikbemonstering zou daarom leiden tot een overschatting van het percentage alen dat de passage door de WKC overleeft. Uitgaande van de directe plus de uitgestelde sterfte, na het passeren van het stuwcomplex, wordt duidelijk dat de WKC-alen slechter af zijn dan de stuw-alen. Maar hoewel de meeste aandacht op de WKC's is gericht, blijkt dat passage over een stuw ook niet zonder gevaar is. Naar de oorzaak hiervan kan vooralsnog alleen worden gegist, maar het heeft mogelijk te maken met de val op de bodem achter de stuw. Het is aan te bevelen om ook aan deze bron van schade aandacht te besteden.

Aan de hand van de resultaten mag worden geconcludeerd dat alleen de WKC in Linne al meer dan 10% additionele schade toebrengt aan de migrerende aalpopulatie ten opzichte van aal die de alternatieve route over de stuw volgt. Met nog een WKC in de Maas bij Lith te gaan, mag er van worden uitgegaan dat de 10% norm nog verder wordt overschreden voordat de schieralen de Noordzee hebben bereikt.

Het onderzoek bevestigt het schadelijke effect van de leidschoepen waarmee het debiet langs de turbines wordt geregeld. Het debietbeheer zou er op gericht moeten zijn om de afvoer per turbine hoog te houden door volgende turbines pas in te schakelen als reeds draaiende turbines op volle capaciteit zijn ingezet. Fatale botsingen met leidschoepen en turbineschoepen kunnen hierdoor worden beperkt.

Gebleken is dat de omstandigheden bij de uitvoering van veldexperimenten niet altijd in de hand zijn te houden.





**Figuur 5b.** Verloop van het aandeel vissen dat het proefgebied levend verlaat bij stuwcomplex Lith.

Door de onregelmatige afvoer door de Maas verlieten vooral de stuw-alen het proefgebied sneller dan verwacht. Dit bemoeilijkt de vergelijking tussen de twee groepen. Het is daarom aan te bevelen om toekomstige uitzettingen beter af te stemmen op de voorspellingen van de afvoer door de Maas.

#### Summary

##### Effect of impingment at a hydropower plant on silver eel migration.

The prospects for the European eel (*Anguilla anguilla*) population are gloomy. In particular, the supply of young eels (elvers) from the sea is decreasing by about 10% each year. It is not clear at which life stage the eel is threatened most; protective measures are thus taken at various levels. The

damage that mature adults (silver eels) suffer at hydropower plants has proved to be important. With respect to making regulations, it is important to quantify the damage and find out the maximum damage acceptable.

At a hydropower plant in the River Meuse, damage to migrating silver eel was studied by telemetric tagging. A comparison was made between the eels migrating over a weir next to the power plant and eels that travelled through the power plant (figure 3). In this way, the course taken by the fish is known, as well as their fate. Death may be immediate although it mostly occurs later through internal damage sustained in the plant; the passage through the power plant is clearly fatal to more fish than the passage over the weir.

#### Literatuur

- Bakker H., R. Kwanten, W. Muyres, G. van der Sar, M. van Steenhoven en C. Verheijen, 2001. Concept beleidsnotitie "Waterkrachtcentrales en vismigratie in de Maas: 1- Voorstellen behoeve van interdepartementale meningsvorming 2- Achtergrondnotitie met bijlagen. RWS-Limburg.
- Brujns, M.C.M., 2004. Effectiviteit visgeleidingssystemen bij de bestaande waterkrachtcentrales Linne en Alphen. KEMA Power Generation & Sustainables, Arnhem, 50351962-KPS/MEC 04-7019. 140 p.
- Calles, O., I.C. Olsson, C. Comoglio, P.S. Kemp, L. Blunden, M. Schmitz & L.A. Greenberg, 2010. Size-dependent mortality of migratory silver eels at a hydropower plant, and implications for escapement to the sea. *Freshwater Biology* 55, 10 2167–2180.
- Dekker, W., 2004. Monitoring van de intrek van glasaal in Nederland: evaluatie van de huidige en alternatieve methodieken. RIVO Rapport. Nummer: Coo6/04.
- Graaf M. de, S.M. Bierman en K.E. van de Wolfshaar, 2011. Uittrek schieraal gesloten gebieden. Rapport C121/11. IMARES, IJmuiden.
- Haddingh, R.H. & H.D. Bakker, 1998. Fish mortality due to passage through hy-droelectric power stations on the Meuse and Vecht rivers. In: M. Jungwirth, S. Schmutz & S. Weiss (eds.). *Fish migration and fish bypasses*. Fishing News Books, Blackwell Science Ltd.: Oxford, UK.
- Quak, J., 2011. De aal: portret van een uitstervende globetrotter. *RAVON* 39: 1-6.
- Vis, H., I.L.Y. Spierts & J.H. Kemper, 2011. Migratiegedrag van schieraal in de Maas: najaar 2010. *VisAdvies BV, Nieuwegein*. Projectnummer VA2010\_10, 34 pag.

#### Jan Kemper

Visadvies  
Twentehaven 5  
3433 PT Nieuwegein  
kemper@visadvies.nl

