



Advies betreffende de passeerbaarheid voor vissen van sifons en duikers

Nummer: **INBO.A.2010.23**

Datum: **09/02/2010**

Contact: **Johan Coeck** (johan.coeck@inbo.be; 02/558 18 41)

Auteurs: **David Buysse, Niko Boone**

Kenmerk aanvraag: e-mail van 19 januari 2010

Geadresseerden: Waterwegen en Zeekanaal NV – Afdeling Bovenschelde
t.a.v. Nathalie Devaere
Nederkouter 28
9000 Gent
Nathalie.Devaere@WenZ.be

VRAAGSTELLING

In welke mate zijn sifons en duikers passeerbaar voor migrerende vissen?

Waarmee kan rekening gehouden worden bij het bouwen of herstellen van sifons om de vismigratie te bevorderen?

Een concreet voorbeeld is een sifon in Merendree (Schipdonk) (plan in bijlage bij vraag). Deze sifon bevindt zich onder het kanaal Gent-Oostende tussen AKL pand Balgerhoeke-Schipdonk (normaal peil 5,00 m TAW) en AKL pand Schipdonk-Deinze (normaal peil 5,61 m TAW). Er zijn 6 doorstroomopeningen met sectie van 2,54m. Afstand tussen in- en uitstroomopening is bij benadering 64m.

TOELICHTING

Tal van kunstwerken zoals sifons, duikers, stuwen, watermolens, sluizen en bruggen verdelen het waterloppennetwerk in aparte trajecten. Levensgemeenschappen die via het water moeten migreren, worden op die manier belemmerd tijdens hun verplaatsing tussen potentiële leefgebieden. Vele waterlopen in Vlaanderen zijn over een langere afstand ingekokerd. Soms is de stroomsnelheid in deze overwelvingen te hoog voor vissen. Bij een uitvoerige inventarisatie van de knelpunten op prioritaire waterlopen in Vlaanderen is een lijst opgesteld van kunstwerken die vissen tijdens hun migratie kunnen belemmeren. Vervolgens heeft men deze kunstwerken opgedeeld in verschillende groepen naargelang de functie. Daaruit blijkt dat 36% van de knelpunten gecreëerd worden door constructies die verband houden met het wegen- en waternetwerk in Vlaanderen zoals duikers, sluizen en bodemplaten.

Voor wat betreft de passeerbaarheid van sifons en duikers dient er op gewezen te worden dat dit twee verschillende types kunstwerken zijn en dat de passeerbaarheid ervan voor vissen verschillend kan zijn.

Een **sifon (of grondduiker)** verschilt van een duiker doordat hij niet volledig recht is, maar twee of meer knikken vertoont (Colijn & Van Der Hooft, 1968). Daar kan aan toegevoegd worden dat een sifon doorgaans volledig verdronken is, terwijl het waterpeil in een duiker sterk kan variëren. In vergelijking met duikers zijn sifons doorgaans ook dieper gelegen.

Het voorbeeld dat door W&Z werd bijgevoegd bij de adviesaanvraag, met name het kunstwerk in het Schipdonkkanaal in Merendree onder het Kanaal Gent-Oostende, betreft een sifon of grondduiker (Foto 1).



Foto 1: Verdronken toegang tot de sifon in het Schipdonkkanaal in Merendree onder het Kanaal Gent-Oostende.

Een **duiker** is een koker, buis of overwelling (al dan niet met een verval), aangebracht onder een weg, een dijk, een kanaal, een watergang e.d., die tot doel heeft om een verbinding tussen wateren in stand te houden of te herstellen en de afwatering van aangrenzende landerijen mogelijk te maken. Duikers bezitten normaliter een open verbinding tussen boven- en benedenstroomse trajecten in een beek.

1. Onderzoek naar de passeerbaarheid van duikers en sifons

Uit onderzoek blijkt dat de meeste duikers over het algemeen goed passeerbaar zijn voor vis. Ook sifons waarin een knik is aangebracht worden door veel vissoorten nog gepasseerd.

1.1 Sifons

Uit onderzoek van het INBO (Stevens et al. 2009) en onderzoek waarin het INBO participeerde (De Boeck et al. 2007) blijkt dat twee sifons in de Kleine Nete, respectievelijk onder het Nete- en Albertkanaal, passeerbaar zijn voor migrerende vissen. Dit werd aangetoond door de vangst van vissoorten afkomstig uit de zee in de Kleine Nete onder de stuw in Grobbendonk (i.e. de eerste stuw voor stroomopwaarts migrerende vissen). Daarbij moeten vissen de twee sifons doorzwemmen vooraleer ze de stuw kunnen bereiken. Het betrof twee van zee afkomstige soorten, met name paling en rivierprik (Stevens et al. 2009). Tevens werd er al bot gevangen (INBO, niet gepubliceerde data). Ook voor blankvoorn, baars en riviergrondel werd migratie, zij het beperkt (N= 14), doorheen de sifons vastgesteld. Het betrof hoofdzakelijk stroomafwaartse migratie, maar een blankvoorn migreerde stroomopwaarts door beide sifons. Een andere, meer gedetailleerde, studie toonde de stroomopwaartse migratie van 8 soorten door de sifon aan, het betrof baars, blankvoorn, giebel, bempje, kopvoorn, rietvoorn en zeelt (De Boeck et al. 2007).

In het thesisonderzoek van Geeraerts (2002) werden 4 sifons bestudeerd. Om te onderzoeken of vissen deze sifons konden passeren werd gebruik gemaakt van de merkterugvangstmethode. Hiervoor werden zowel stroomop- als stroomafwaarts van de sifons vissen gevangen en gemerkt, waarna alle vissen stroomafwaarts de sifons werden uitgezet. In totaal werden 30 soorten van een merk voorzien. Hiervan konden in de loop van de bemonsteringen 10 soorten teruggevangen worden. Negen vissoorten passeerden

in stroomopwaartse richting de sifons: driedoornige stekelbaars, baars, berrmpje, blankvoorn, gibel, grondel, paling, rietvoorn en serpeling.

1.2 Mogelijke knelpunten voor de passeerbaarheid van sifons

In de studie van Kemper (1998) werd als voornaamste knelpunt voor een sifon niet zozeer de buisconstructie op zich aangegeven, maar wel de soms extreme stroomsnelheden die kunnen optreden bij piekdebieten. Dergelijke piekdebieten kunnen uitspoeling van vissen veroorzaken. Het ontbreken van licht wordt in dit onderzoek dus niet als knelpunt aangevoerd.

1.3 Duikers

Geeraerts (2002) evalueerde ook 4 duikers. Vijf vissoorten passeerden in stroomopwaartse richting de duikers: driedoornige stekelbaars, beekforel, blankvoorn, gibel en riviergrondel.

Driessen & Van Der Meer (1981) concluderen dat duikers met een diameter van meer dan 25 cm en tot 7 meter lengte (bij een stroomsnelheid van 7-13 cm/s) geen belemmering vormen voor de passage van blankvoorn en graskarper. Gauley et al. (1966) toonden aan dat salmoniden duikers waarin stroomsnelheden van 0,3-0,6 m/s optreden probleemloos passeren. Ook Rogers & Cane (1979) beschrijven een succesvolle passage van salmoniden en forellen door een 2,2 km lange duiker met een lage stroomsnelheid. Clay (1961) adviseert ten aanzien van salmoniden een stroomsnelheid van circa 0,6 m/s.

1.4 Mogelijke knelpunten voor de passeerbaarheid van duikers

Derksen (1980; in: Verdonschot, 1996) kwam tot de conclusie dat een duiker (lengte 27,5 m) met een stroomsnelheid van 1,37-2,04 m/s bijna niet passeerbaar is voor snoek. Snoeken van 30-40 cm lengte passeren nog wel bij stroomsnelheden van 0,6-0,7 m/s en kleine snoekjes passeren alleen bij snelheden van circa 0,25 m/s. Passage door kwabaal werd niet waargenomen. Uit een door Derksen (1980) gegeven literatuuroverzicht blijkt passage door salmoniden bij stroomsnelheden hoger dan 1,22 m/s niet op te treden. Voor andere soorten liggen deze snelheden lager (circa 0,3-0,9 m/s).

2. Factoren die passeerbaarheid van duikers en sifons beïnvloeden (uit Geeraerts 2002).

Algemeen moet bij de aanleg van duikers en sifons in relatie tot de passeerbaarheid voor vis rekening gehouden worden met de volgende factoren: duikertype, stroomsnelheid, licht-donker werking, hoogteverschillen en verval, waterdiepte, diameter van de duiker (Gebhards & Fisher, 1972; Saltzmann & Koski, 1971; Kay & Lewis, 1970; Lauman, 1976).

2.1 Duikertypes

Voor de aanleg van duikers kan er een keuze gemaakt worden uit verschillende types. Een aantal hiervan worden in 'voorkeursvolgorde' besproken, te beginnen met het meest te verkiezen type.

- **Duikers** waarbij de oorspronkelijke bedding en ook een deel van de oever behouden blijven, veroorzaken na hun installatie heel weinig verstoring in de waterloop. Het snelheidspatroon in de duiker verschilt dan ook niet veel van het natuurlijk patroon

stroomop- en stroomafwaarts van de duiker. Erosieproblemen (ten gevolge van onderspoeling) aan de in- en uitstroomopeningen worden op die manier ook vermeden. Wanneer deze constructie gebouwd wordt met halfcirkelvormige platen (bv. Armcostaal) zal een grotere breedte ook een hogere constructie vereisen (omwille van hun boogvorm). Daardoor zal de toepassing niet overal mogelijk zijn. Een alternatief is misschien een bodemloze koker met rechthoekige sectie, waarvan de zijwanden buiten de waterloop staan. De te overspannen breedte kan hier een belemmerende factor zijn (Viaene et al., 1999).

- **Gesloten buizen** worden best ingebed in de bodem. De overdiepte (die aangeeft hoe diep de buis ingebed moet worden) moet ongeveer 20 % van de buisdiameter bedragen (met een minimum van 0,3 m). Na de aanleg kan de overdiepte opgevuld worden met een grof substraat tot op het niveau van de bodem stroomop- en stroomafwaarts. Door het instromende water zal fijner sediment aangevoerd worden en tussen de stenen worden afgezet. Op die manier zal in de duiker een semi-natuurlijke bedding ontstaan die aansluit op de oorspronkelijke bedding stroomop- en stroomafwaarts van de duiker. Inbedden van de duiker vermindert ook de kans op erosie aan de uitstroomopening (Poulin & Argent, 1998).

- Het gebruik van **gesloten duikers** die niet ingebed worden, is af te raden. De bodem en de wanden zijn te glad om een gediversifieerd stromingspatroon te veroorzaken (Viaene et al., 1999).

2.2 De stroomsnelheid

2.2.1 Duikers

- Om de kans op terugspoelen van vis in een duiker te verminderen, moet de stroomsnelheid in ieder geval lager zijn dan de sprintsnelheid van de vis (Riemersma, 1994). Voor een overzicht van de verschillende vissoorten in Vlaanderen met hun sprintsnelheden verwijzen we naar het handboek 'Vismigratie': pp.163-165 (Kroes & Monden, 2005). De uitstroom moet vindbaar zijn voor vis (lokstroomrichting), niet turbulent en met lagere stroomsnelheden dan de gemiddelde stroomsnelheid van de betreffende beek (afhankelijk van de doelsoorten). Ook in de duiker moet de turbulentie voldoende laag zijn. Bij korte duikers kan van de laagste waarde van de sprintsnelheid worden uitgegaan. Is de lengte > 10 m dan is de maximale stroomsnelheid voor slechte zwemmers circa 0,5-1,0 m/s en voor goede zwemmers circa 1,0-1,5 m/s (Riemersma, 1994).

- Het verdient aanbeveling om een 'natuurlijke diversiteit' aan stroomsnelheden te ontwikkelen in de duiker. Op deze manier wordt de buis passeerbaar gemaakt voor een waaier aan soorten en leeftijdsklassen. Deze diversiteit kan bekomen worden door in de buis een substraat te voorzien dat een uniform snelheidspatroon doorbreekt. De duiker moet voldoende inwendige ruwheid te bezitten (oriëntatiepunten, luwteplekken) en er moet substraat in aanwezig te zijn. Eventueel kunnen stenen ingevoegd worden zodat de waterdiepte en stroomsnelheid toenemen en de duiker rendabeler wordt voor vispassage, maar de duiker mag niet dichtgroeien (Ministerie van Landbouw en Visserij, 1990). Gladde duikers zonder obstakels met een hoge stroomsnelheid zijn moeilijk passeerbaar. Bij lagere stroomsnelheden zijn dieren ook actiever, ze komen achter obstakels vandaan en gaan tegen de stroming in zwemmen (positieve rheotaxis). Pechlaner (1986) adviseert dan ook om duikers te voorzien van grof sediment van natuurlijke oorsprong (geërodeerd) waarover en waardoor dieren stroomopwaarts kunnen migreren.

- De duiker mag geen overstort bezitten (Ministerie van landbouw en Visserij, 1990).

2.2.2 Sifons

- Om sifons passeerbaar te maken, wordt in de literatuur o.a. voorgesteld om in de buis snelheidsremmende structuren aan te brengen. Kemper (1998) raadt aan om in de buis overlagen te plaatsen onder een helling (in de richting van de stroming), waarachter vissen stromingsluwe plaatsen vinden om uit te rusten. Poulin & Argent (1998) stellen voor om in sifons verticale overlagen te plaatsen. Volgens deze auteurs zijn hieraan wel een aantal nadelen verbonden: er kan gemakkelijk sedimentatie optreden in de sifon en het is moeilijk om aanslibbing te verwijderen. Wanneer één van de overlagen op één of andere manier loskomt, kan dit de sifon ernstig beschadigen. Dure herstelmaatregelen zijn dan nodig. Dit maakt dat het bij sifons uitermate belangrijk is om de natte sectie af te stemmen op de gewenste stroomsnelheden, omdat bijkomende maatregelen moeilijk haalbaar zijn.

Er is aangetoond dat het voor veel vissoorten mogelijk is om sifons in stroomopwaartse richting te passeren bij een stroomsnelheid van < 15 cm/s (Kemper, 1998).

Voor de passeerbaarheid van sifons is het dus van belang dat de stroomsnelheden in het kunstwerk de zwemcapaciteiten van de verschillende vissoorten niet overtreffen. Duikers kunnen een beperkte lengte hebben waardoor ze eventueel wel nog in sprintsnelheid passeerbaar zijn. Sifons daarentegen kunnen lange kunstwerken zijn onder bijvoorbeeld kanalen, waarbij vissen moeten gebruik maken van hun kruissnelheid i.p.v. hun sprintsnelheid (< 15 seconden vol te houden). De kruissnelheid is de snelheid die een vis langdurig kan aanhouden zonder uitgeput te raken (> 200 minuten vol te houden). De stroomsnelheden in de sifons mogen de zwemcapaciteiten van de verschillende vissoorten op kruissnelheid niet overtreffen. De kruissnelheden liggen bijgevolg een stuk lager dan de sprintsnelheden die voor de verschillende vissoorten in Kroes & Monden (2005) worden vermeld. Daarenboven zijn de feitelijke zwemcapaciteiten sterk afhankelijk van het levensstadium, de conditie en de lengte van de vis alsook de watertemperatuur. De gegevens moeten dus met enige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd.

2.3 Hoogteverschillen

2.3.1 Duikers

- Het verval is bij voorkeur lager dan het verval in de beek zelf.
- Een luwtezone bij de uitstroomopening is een randvoorwaarde bij de aanleg van een passeerbare duiker (Kay & Lewis 1970).
- In de duiker moet bij voorkeur de natuurlijke rivierbedding behouden blijven (Riemersma, 1994).
- Bij voorkeur mag er geen hoogteverschil bestaan tussen instroom- en uitstroomopening van de duiker en de beek zelf (Figuur 1).

2.4 Waterdiepte

2.4.1 Duikers

- Het gehele jaar door moet er water doorheen de **duiker** stromen ten behoeve van het bieden van passagemogelijkheden voor alle relevante soorten. De waterdiepte moet minimaal de hoogte van de grootste vis bedragen. Is dit niet mogelijk dan moet

afgestemd worden op migratiewijze en –periode van de karakteristieke soorten (Riemersma, 1994). Als redelijke minimale diepte moet 20-25 cm worden nagestreefd.

2.5 Diameter van de duiker

2.5.1 Duikers

- De **duiker** moet zoveel mogelijk de natuurlijke omstandigheden in de beekmonding nabootsen zodat vissen niet beperkt worden bij passage. Dit betekent feitelijk streven naar maximale dimensies (vergelijk beekmonding), waarmee ook de volledige diepte en breedte en daarmee ook alle posities van in- en uitbewegingen van vis gegarandeerd worden. Is dit niet haalbaar dan moet de bodem naar de in- en uitstroomopening oplopen en moet voldoende diepte en omvang in de duiker aanwezig zijn (Ministerie van Landbouw en Visserij, 1990).
- Komen de dimensies van de **duiker** niet overeen met de dimensies van de betrokken beek dan dienen de afmetingen van de duiker gerelateerd te worden aan de capaciteit zodat piekstromen kunnen worden opgevangen. Daarvoor is het noodzakelijk om een hydrologische en hydraulische analyse te maken zodat de juiste afmetingen berekend kunnen worden. De hydrologische analyse is noodzakelijk om de piekstromen te berekenen en de hydraulische analyse wordt gebruikt om de capaciteit van de duiker in relatie tot piekstromen te bekijken (Riemersma, 1994).

2.6 Lichtintensiteit

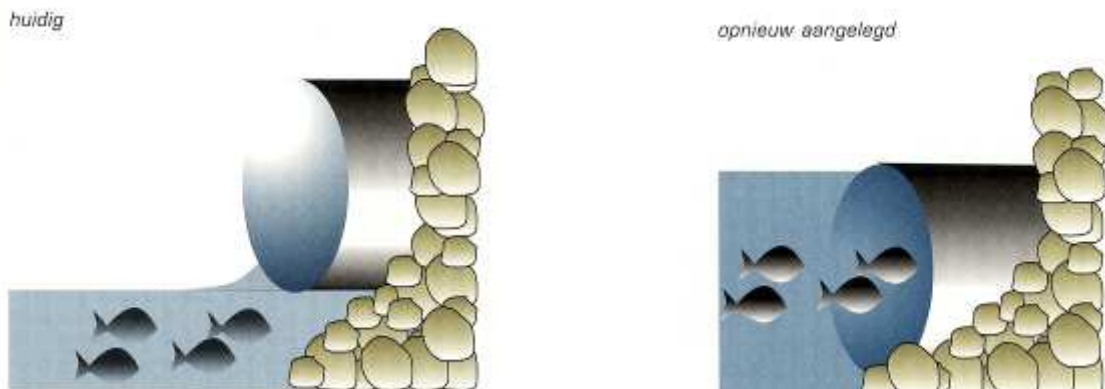
In Noorwegen werden heel wat “tunnelfishways” gebouwd op rivieren. Dit zijn vispassages aangelegd in een **duiker**. Uit onderzoek naar passeerbaarheid in relatie tot lichtintensiteit in deze tunnelfishways is gebleken dat er geen significant verschil is of er al dan niet licht aanwezig is in de tunnel. Zelfs een tunnel van 1600 m lengte zonder licht, bleek geen barrière voor vispassage (Grande, 2001).

2.7 Noot

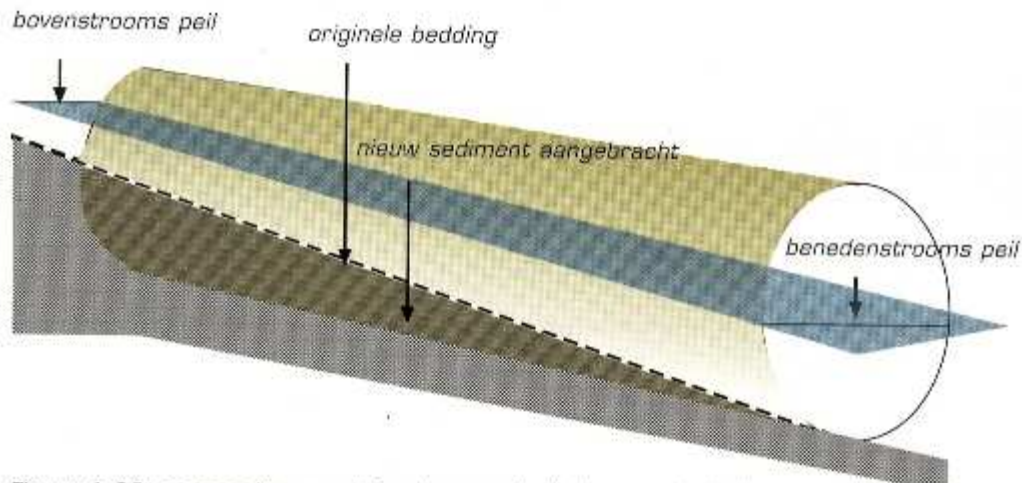
Voor een volledige passeerbaarheidsanalyse voor duikers en sifons verwijzen we naar paragraaf 2.2 in Geeraerts (2002). **(zie begeleidende email met pdf in bijlage: pagina’s 21 t.e.m. 35).**

3. Aanpassingen van duikers en sifons (uit Kroes & Monden, 2005)

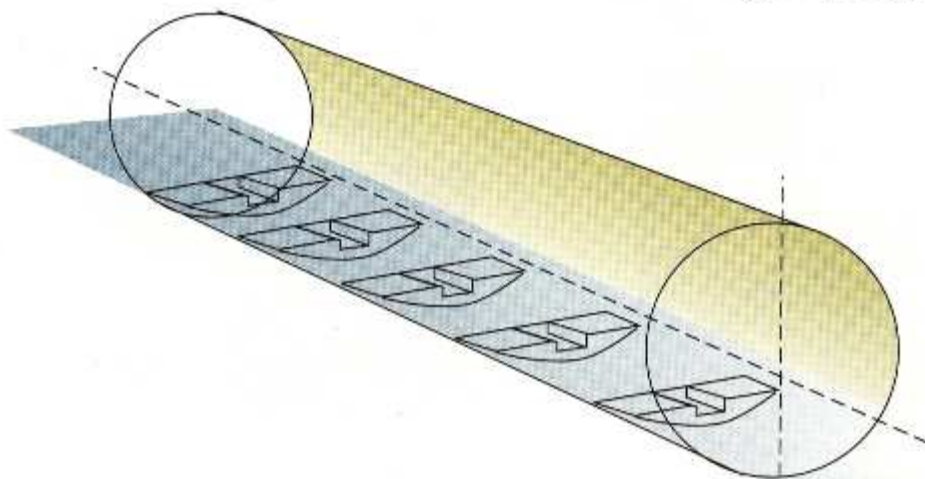
Het is mogelijk om de problemen op te lossen door de duiker aan te passen. Voor andere duikers is heraanleg de enige optie. Bij de (her)aanleg van duikers moet men al in de ontwerpfase rekening houden met de mogelijkheden voor vismigratie.



Figuur 1: Principeschets van een oplossing bij een te hoge ligging van de duiker (uit Kroes & Monden, 2005).



Figuur 1.29: aanpassing van de bodem van de duiker aan de helling van de waterloop.



Figuur 1.29: principeschets. De plaatsing van de schotten vergroot de waterdiepte in de duiker.

Figuur 2: Schetsen van mogelijke aanpassingen aan duikers (en sifons) (uit Kroes & Monden, 2005).

CONCLUSIE

In welke mate zijn sifons en duikers passeerbaar voor migrerende vissen?

De passeerbaarheid van sifons en duikers hangt enerzijds af van de biologische eigenschappen van de aanwezige vissoorten en anderzijds ook van de fysisch/hydraulische toestand aan de in- en uitstroomopening van het kunstwerk en in het kunstwerk zelf. Al deze gegevens zijn bepalend voor het al dan niet kunnen passeren van een bepaald kunstwerk. Een passeerbaarheidsanalyse voor duikers en sifons werd gemaakt door Geeraerts (2002) en wordt als bijlage bij dit advies gevoegd.

Onderzoek van o.a. het INBO toont dat twee sifons in de Kleine Nete, respectievelijk onder het Nete- en Albertkanaal, passeerbaar zijn voor verschillende vissoorten.

Waarmee kan rekening gehouden worden bij het bouwen of herstellen van sifons om de vismigratie te bevorderen?

In deze adviesnota worden een aantal voorbeelden gegeven van mogelijke aanpassingen aan duikers en sifons. Verder verwijzen we ook naar het handboek 'Vismigratie' (Kroes & Monden, 2005), naar de 'Evaluatie van vismigratiemogelijkheden doorheen een aantal duikers en sifons op waterlopen in het Vlaamse Gewest' (Geeraerts, 2002) en naar het 'Onderzoek naar de passeerbaarheid van sifons' (Kemper, 1998).

In welke mate is de sifon in het Schipdonkkanaal (Merendree) onder het Kanaal Gent-Oostende passeerbaar voor migrerende vissen?

Voor wat de sifon in het Schipdonkkanaal in Merendree betreft kunnen we stellen dat de stroomsnelheden die in deze sifon optreden bepalen of dit kunstwerk al dan niet passeerbaar is voor stroomopwaarts migrerende vissen. De stroomsnelheid dient aldus gemeten en/of berekend te worden. Indien uit de metingen en/of berekeningen blijkt dat de stroomsnelheden niet kritisch zijn voor de in het stroomgebied aanwezige (en potentieel toekomstig aanwezige) vissoorten dan mag aangenomen worden dat dit kunstwerk passeerbaar is voor stroomopwaartse vismigratie. Als we ons baseren op het literatuuroverzicht van Derksen (1980) dan blijkt passage voor sommige soorten bij stroomsnelheden hoger dan 0,3-0,9 m/s limiterend. Er is aangetoond dat het voor veel vissoorten mogelijk is om de sifons in stroomopwaartse richting te passeren bij een stroomsnelheid van < 15 cm/sec (Kemper, 1998). We adviseren dat stroomsnelheden in sifons best niet hoger zijn dan 15 cm/s gelet op de afstand (> 60 m) die door vissen in de sifon moet worden afgelegd.

Voor wat betreft de stroomafwaartse vismigratie door dit kunstwerk kunnen we stellen dat er geen probleem is indien er zich geen obstakels (vb. roosters, vervallen, ...) voor of in de sifon bevinden.

REFERENTIES

Clay, C.H., (1961). Fishways and other Fish Facilities, The department of Fisheries of Canada, Ottawa, Canada.

Colijn, P.J., Van Der Hooft W.H.J. (1968). Duikers, sluizen, kanalen en havenwerken, L.J. Veen's uitgeverij n.v., Amsterdam (Nederland).

De Boeck, G., Baret, P., Belpaire, C., Blust, R., Buysse, D., Coeck, J., Cornille, I., Geeraerts, C., Mostaert, F., Ovidio, M., Phillipart, J.C., Raeymakers, J., Tige, J., Pourtois, C., Tudorache, C., Van Houdt, J., Verbiest, H., Vereecken, H., Viaene, P., Volckaert, F., (2007). Impact assessment and remediation of anthropogenic interventions on fish populations - (FISHGUARD). Belgian Science Policy: Brussels, Belgium. 98 pp.

Derksen, (1980). In: Verdonschot, P.F.M, (1996). Migratie van beekmacrofauna en beekvissen, Migreerbaarheid van een open of gesloten afleiding van de Schuivenbeek, IBN-DLO, IBNrapport 237, ISSN: 0928-6888.

Driessen, G., Van der Meer, M., (1981). Passage van Blankvoorn (*Rutilus rutilus*) en Graskarper (*Ctenophary nigodon idella*) door duikers, Rijksinstituut voor Visserij Onderzoek, ZS 81-04: 1-19.

Gauley, J.A., Weaver, C.R., Thompson, C.S., (1966). Research on fishery problems, May 1960-April 1965, US Fish and Wildlife Service, Report to Army Corps of Engineers, North Pacific Division.

Gebhards, S., Fisher, J., (1972). Fish passage and culvert installations, Idaho, Department of Fish and Game Boise, ID (Verenigde Staten): IFGD 12.

Geeraerts, C., (2002). Evaluatie van vismigratiemogelijkheden doorheen een aantal duikers en sifons op waterlopen in het vlaamse gewest. Katholieke Universiteit: Leuven : Belgium. 129 pp.

Grande R., (2001). Ten different fishways in Norway, Paper for The second International Symposium on: Freshwater Fish Migration and Fish Passage-Evaluation and Development. September 20-22 - Reykjavik, Iceland, 18p.

Kay, A.R., Lewis, R.B., (1970). Passage of anadromous fish through highway drainage structures, In: Highway research report, State of California Sacramento, CA (Verenigde Staten): California. Div. of Highways: 15p.

Kemper, J., (1998). Onderzoek naar de passeerbaarheid van sifons, Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein, Rapport nr. W-DWW-98-016, 41pKemper (1998).

Kroes, M., Monden, S., (2005). Vismigratie, Een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, AMINAL, afdeling Water, Brussel, D/2004/3241/328.

Lauman, J.E., (1976). Salmonis passage at stream-road crossings: A report with department standards for passage of salmonids, Oregon Department of Fish and Wildlife Portland, OR (Verenigde Staten): ODFW78.

Ministerie van Landbouw en Visserij, (1990). Vormgeving en inrichting van viswater, Ministerie van Landbouw en Visserij 's Gravenhage, 185p.

Pechlaner, R., (1986). Traps for drift and barriers for the upward migration of invertebrates in the rhithral zone of running waters, (G.E) Wass. Abwass., 30: 421-63.

Poulin, V.A., Argent, H.W., (1998). Stream Crossing Guidebook for Fish Streams, A working draft for 1997/1998, Ministry of Forests, British Columbia, Canada, (URL: <http://www.for.gov.bc.ca/tasb/legsregs/fpc/fpcguide/stream/str-toc.htm>).

Riemersma, P., (1994). Biologische aspecten bij het ontwerp van vispassages, In: Vismigratie, visgeleiding en vispassages in Nederland, Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, OVB-rapport, Nieuwegein, p 1-279.

Rogers, A., Cane, A., (1979). Upstream passage of adult salmon through an unlit tunnel, Fish. Mgmt, 10-2: 87-92.

Stevens, M., Van den Neucker, T., Mouton, A., Buysse, D., Martens, S., Baeyens, R., Jacobs, Y., Gelaude, E., Coeck, J. (2009). Onderzoek naar de trekvissoorten in het stroomgebied van de Schelde. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2009 (INBO.R.2009.9). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Saltzman, W., Koski, R.O., (1971). Fish passage through culverts, Oregon State Game Commission Portland, OR (Verenigde Staten): OSGC3.

Verdonschot, P.F.M, (1996). Migratie van beekmacrofauna en beekvissen, Migreerbaarheid van een open of gesloten afleiding van de Schuivenbeek, IBN-DLO, IBN-rapport 237, ISSN: 0928-6888.

Viaene, P., Verbiest, H., Wens, F., De Charleroy, D., Vandenabeele, P., Van Slycken, J., Departement Leefmilieu en Infrastructuur, Administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer, Afdeling Bos en Groen, (1999). Onderzoek van enkele specifieke knelpunten voor vismigratie. Rapport 2, IBW.Wb.V.R.99.68-MOD.564, 50p.