

Vis laten lijden of geleiden?

Kim Beijer

P-UB-2003-06

september 2003

Wetenschapswinkel Biologie
Sectie Natuurwetenschap en Samenleving

Vis laten lijden of geleiden?

Een beoordeling van de effectiviteit van visgeleidingssystemen voor Nederlandse waterkrachtcentrales

Kim Beijer

Wetenschapswinkel Biologie, Universiteit Utrecht

Sectie Natuurwetenschap en Samenleving, Universiteit Utrecht

September 2003

P-UB-2003-06

Colofon

Rapportnummer: P-UB-2003-06

ISBN: 90-5209-133-1

Prijs: € 8,50

Verschenen: september 2003

Druk: tweede

Titel: Vis laten lijden of geleiden?

Een beoordeling van de effectiviteit van visgeleidingssystemen voor Nederlandse waterkrachtcentrales.

Bij dit rapport hoort een achtergronddocument met daarin een samenvatting van de literatuur die is gebruikt in dit onderzoek.

Dit rapport is tevens verschenen als intern rapport van de Sectie Natuurwetenschap en Samenleving, Copernicus Instituut, Universiteit Utrecht, rapportnummer: NW&S-I-2003-9

Auteur: Kim Beijer

Uitgever: Wetenschapswinkel Biologie, Universiteit Utrecht

Begeleider: Dr. P.A. Verweij, Natuurwetenschap en Samenleving, Universiteit Utrecht

Projectcoördinator: Ir. M. Vaal, Wetenschapswinkel Biologie, Universiteit Utrecht

Opdrachtgever: Ir. R. Kuiper, Stichting Reinwater, Amsterdam

Illustratie omslag: Stichting Reinwater

Reproductie: Repro FSB, Universiteit Utrecht

Copyright: Het is niet toegestaan (gedeelten) van deze uitgaven te vermenigvuldigen door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook. Overname van gedeelten van de tekst, mits met bronvermelding, is wel toegestaan. Toezending van een bewijs-exemplaar wordt zeer op prijs gesteld.

Inhoudsopgave

Voorwoord	5
Samenvatting	7
Abstract	9
1 Inleiding	11
1.1 Waterkracht	11
1.2 De situatie in Nederland	12
1.3 Aanleiding van het onderzoek	12
2 Waterkrachtcentrales en visgeleiding	15
2.1 Waterkrachtcentrales	15
2.2 Oorzaken en gevolgen van visbeschadiging	16
2.3 Visgeleidingssystemen	18
2.4 Het belang van een effectief visgeleidingssysteem	20
2.5 Visschade en vismortaliteit door visgeleidingssystemen	20
2.6 Vissoorten die in aanmerking komen voor visgeleiding	20
3 Technische aspecten	22
3.1 Verschillende werking van visgeleidingssystemen	22
3.2 Beschrijving van bestaande visgeleidingssystemen	23
4 Beoordeling visgeleidingssystemen	41
4.1 Waar een goed visgeleidingssysteem aan moet voldoen	41
4.2 Beoordelingsmaat per criterium	44
4.3 Totstandkoming resultaten beoordelingstabel	46
4.4 Beoordeling	48

5	Visgeleiding met betrekking tot Nederland	56
5.1	Stand van zaken	56
5.2	Het Nederlandse beleid ten aanzien van wkc's en visgeleiding	57
5.3	Waterkrachtcentrales in Nederland	58
5.4	Evaluatie van visgeleidingssystemen voor toepassing in Nederland	61
6	Discussie	65
6.1	Beschikbare onderzoeksresultaten	65
6.2	Informatie met betrekking tot de evaluatiecriteria	66
6.3	Visgeleidingssystemen	67
6.4	Onderzoek naar visgeleiding in Nederland	71
7	Conclusie en aanbevelingen	75
	Verklarende woordenlijst	79
	Literatuurlijst	83
	Bijlagen	89
1.	Vissterfte bij waterkrachtcentrales	89
2.	Doelsoorten op grond van wet en beleid	92
3.	Inheemse vissoorten Maas	94
4.	Prioritaire doelsoorten Maas	95
5.	Beoordelingstabel Vriese [1992]	97
6.	Afstanden waterkrachtcentrales NL	98
7.	Informatie vissoorten	99

Voorwoord

In het kader van mijn studie biologie aan de Universiteit Utrecht heb ik gekozen voor een maatschappijgericht afstudeerproject (7,5 maand). Mijn interesse ging vooral uit naar de beleidsmatige en managementgerichte processen die zich afspelen rondom maatschappelijke problemen. Hierdoor kwam ik al snel terecht bij de sectie Natuurwetenschap en Samenleving (NW&S).

Veel maatschappelijke problemen komen uiteindelijk op de politieke agenda. Dit geldt ook voor het probleem van de vissterfte die veroorzaakt wordt door waterkrachtcentrales. Zo worden beheerders van waterkrachtcentrales in de nabije toekomst verplicht maatregelen te treffen ter voorkoming van vissterfte. Een discussie is ontstaan over manieren om deze vissterfte terug te dringen en welke concrete maatregelen daartoe getroffen dienen te worden. Onduidelijk is nog welke maatregelen het meest effectief zijn en het meest geschikt voor toepassing in Nederland.

De Stichting Reinwater heeft deze vragen neergelegd bij de Wetenschapswinkel Biologie Utrecht (WBU). Via de WBU en de sectie Natuurwetenschap en Samenleving kwam dit onderwerp onder mijn aandacht. Het onderwerp sprak mij direct aan waardoor ik met veel enthousiasme mijn stage heb doorlopen. Daarnaast heeft Stichting Reinwater gezorgd voor een stimulerende werkomgeving voor het uitvoeren van mijn onderzoek.

Mede dankzij contacten met externe organisaties zoals de Nederlandse Vereniging Van Sportvissersfederaties (NVVS), de Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij (OVV) en Rijkswaterstaat Limburg heb ik voldoende literatuur kunnen verkrijgen voor het uitvoeren van het onderzoek.

Tijdens mijn stage heb ik met meerdere deskundigen gesproken. Op deze plaats wil ik hen allen bedanken voor hun medewerking. In het bijzonder wil ik Harriët Bakker (RWS-Limburg), Wiel Muyres (OVV) en Franklin Moquette (NVVS) bedanken voor de tijd die ze hebben vrijgemaakt om mijn vragen te beantwoorden.

Daarnaast heb ik zeer veel steun ontvangen van mijn stagebegeleiders Reina Kuiper (Stichting Reinwater), Manon Vaal (WBU) en Pita Verweij (sectie NW&S). Ik wil hen hiervoor bedanken en voor het feit dat ze altijd vertrouwen in mij hebben gehad.

Kim Beijer
September 2003

Samenvatting

Vissterfte bij waterkrachtcentrales is een groot probleem. De cumulatieve sterfte bij passage van meerdere waterkrachtcentrales kan hoog oplopen waardoor het herstel van bedreigde vissoorten in gevaar komt.

Tot op heden zijn beheerders van waterkrachtcentrales in Nederland niet verplicht een visgeleidingssysteem te installeren. In de nabije toekomst komt hier verandering in. In december 2002 is namelijk door de Tweede Kamer een motie aangenomen voor het verplichtstellen van visgeleidingssystemen bij bestaande en nieuw te bouwen waterkrachtcentrales. Onduidelijk is echter nog welk systeem geschikt is voor toepassing in de Nederlandse rivieren.

Terwijl de discussie over visgeleiding in Nederland wordt voortgezet zijn er nog steeds geen visbeschermende maatregelen getroffen bij de waterkrachtcentrales in Nederland. Dagelijks treedt veel vissterfte op bij waterkrachtcentrales, voor aal bedraagt de sterfte bijvoorbeeld 23%. Er moet snel overeenstemming komen: deze situatie zal niet veranderen zolang er geen effectieve visgeleidingssystemen worden geïnstalleerd.

In dit onderzoek is een inventarisatie gemaakt van de visgeleidingssystemen die tot nu toe wereldwijd zijn ontwikkeld. Op grond van biologische, technische en economische criteria zijn deze systemen beoordeeld.

Daarnaast is gekeken welk systeem de meest effectieve oplossing biedt voor visgeleiding in de Nederlandse situatie. Het vermogen van de systemen om zoveel mogelijk vissoorten te beschermen en de vissterfte maximaal te reduceren, is hierbij voorop gesteld.

Uit dit onderzoek blijkt dat er geen enkel visgeleidingssysteem ontwikkeld kan worden dat garant staat voor een geleidingspercentage van 100% voor elke vissoort. Vanwege technische redenen, maar vooral omdat het gedrag van levende organismen niet helemaal voorspelbaar en beïnvloedbaar is, is een percentage van 100% geleiding niet haalbaar voor alle vissoorten. De gevoeligheid voor schade verschilt per vissoort en lengte en anderzijds zijn de maatregelen gericht op het voorkomen van visschade aan vis ook soortafhankelijk. Daarom is het noodzakelijk om prioriteiten te stellen bij het beschermen van vissen, een keuze moet gemaakt worden welke vissoorten men wil beschermen (de zogenaamde doelsoorten). De keuze van een visgeleidingssysteem is afhankelijk van de prioriteiten die worden gesteld bij het beschermen van vissoorten.

Bij het vaststellen van doelsoorten dient rekening gehouden te worden met een eventuele beschermde status op basis van wetgeving en beleid van bepaalde vissoorten. Daarnaast dienen de

gevolgen van de schade op de populatie per vissoort te worden meegenomen bij het selecteren van doelsoorten.

Visgeleidingssystemen waarvan de werking is gebaseerd op het fysiek blokkeren, het verzamelen of het geleiden van vis (de zogenoemde mechanische systemen) zijn effectiever en efficiënter dan systemen waarvan de werking gebaseerd is op het gedrag van vis (de zogenoemde gedragssystemen). Mechanische systemen zoals het *modular inclined screen* en het *inclined plane screen* worden op grond van de evaluatiecriteria, zoals gehanteerd in dit onderzoek, het beste bevonden. Toepassing van gedragssystemen biedt alleen perspectief in situaties waar de behoefte bestaat om slechts één of een paar vissoorten te beschermen zoals bijvoorbeeld zalmachtigen of paling.

Ondanks een aantal bestaande studies naar visgeleiding in Nederland, kan geconcludeerd worden dat deze onvoldoende inzicht opleveren om een adequate keuze te kunnen maken voor een visgeleidingssysteem dat geschikt is voor toepassing in de Nederlandse rivieren. Het ontbreken van veldonderzoek en de concentratie op een te klein aantal doelsoorten zijn hiervan de oorzaak. Gezien de vissoorten waaraan bescherming moet worden geboden op grond van wetgeving en beleid en biologische en ecologische motieven, wordt aangeraden het *modular inclined screen* of het *inclined plane screen* als uitgangspunt te nemen in combinatie met een apart grofvuilrooster. Alvorens over te gaan tot eventuele toepassing van dergelijke systemen, is nader onderzoek naar mogelijke problemen met grofvuil in de Nederlandse rivieren noodzakelijk.

Nederland dient zo snel mogelijk een visgeleidingssysteem te implementeren om de nu optredende vissterfte tegen te gaan. Nader onderzoek naar het functioneren van visgeleidingssystemen in de praktijk is nodig om vooruitgang te boeken bij de definitieve selectie van een geschikt systeem voor toepassing in Nederland.

Daarnaast dient verder onderzoek in de toekomst naar visgeleiding zich te richten op de volgende aspecten:

- Het gedrag van vissen en methoden die daar invloed op kunnen uitoefenen.
- Verbreding van het aandachtsveld van het onderzoek. Het strekt hierbij tot aanbeveling om de effectiviteit van een visgeleidingssysteem te testen op basis van de effecten op een breder scala aan rivier- en trekvissoorten met een beschermde status, in plaats van één of enkele soorten.
- Voor elke vissoort zal een veilige cumulatieve visschadenorm moeten worden vastgesteld die geldt voor het gehele trekgebied van die vissoort. Hierbij is het van belang om de sterfte die optreedt buiten Nederland mee te nemen in de vaststelling van de norm. Tevens dient deze norm voor toelaatbare sterfte gebaseerd te worden op populatiegegevens.
- De invloed van grofvuil in de Nederlandse rivieren op de werking van visgeleidingssystemen.

Abstract

Mortality of fish at coolwater intakes and hydro-electricity plants is a major problem. The cumulative survival-rates can be very low when fish pass through multiple plants, which implies that the recovery of some endangered fish species populations is at risk.

In the Netherlands, energy companies are still not legally obliged to apply fish protection systems. This situation will change in the near future. In December 2002, the Dutch government accepted a resolution, which will oblige owners of hydro-electricity plants to apply fish protection at existing plants and at plants to be build in the future. However, it is obscure which fish protection technology is suitable for application in the Dutch river systems. The technology to be selected for application is topic of the debate at the moment.

While this debate continues, measurements to protect fish are still not operational. Each day, a lot of fish dies when passing hydro-electricity plants. Mortality rates of up to 23% were for example measured for eel. Agreement on this subject should soon be reached: this situation will not change as long as effective fish protected systems are not installed.

In this research, an inventory was made of the fish protecting technologies that have been developed worldwide. These systems were evaluated according to biological, technical, and economic criteria.

It was also investigated, which is the most effective solution to fish protection for the Dutch situation. The systems' capacity to protect as many species as possible and to reduce mortality rates to a maximum, were considered most important in this respect.

From the research it appears, that no fish protecting system can be developed that guarantees a 100% guiding efficiency for each fish species. Due to technical reasons, but in particular because the behaviour of living organisms cannot be predicted nor influenced completely, a 100% guiding efficiency for all fish species is not feasible. The sensitivity to damage differs for each fish species and length, while measurements taken to protect fish against damage are also species dependent. Therefore, it is inevitable to set priorities regarding the fish species to be protected. A choice should be made as to which species deserve protection (the so-called target species). The selection of the fish protection system depends on the priorities set for the protection of fish species.

When determining the target species, the protected status of fish species due to legal measures or policy, should be taken in to account. The consequences of damage on different fish species populations should also be taken in to account, when selecting the target species.

Fish protection systems of which the functioning is based on physical blocking, collecting fish, and guiding fish (the so-called 'mechanical systems') were found to be more effective than those fish protection systems of which the functioning is based on the behaviour of fish (the so-called 'behavioural systems'). According to the evaluation criteria used in this report, mechanical systems such as the *modular inclined screen* en the *inclined plane screen* appeared to be the most effective systems. Application of behavioural systems only provides a solution in situations where the protection of only one or a few fish species is needed, such as salmonids or eel for example.

Despite a number of existing studies on fish protection in The Netherlands, it can be concluded that these do not provide sufficient insight to enable a proper selection of a fish protection system that would be suitable for application in the Dutch rivers. This is due to a lack of field experiments and the focus on too few target species.

Considering the fish species, which deserve protection in relation to legal measures, policy, and ecological and biological grounds, it is recommended to take the *modular inclined screen* or the *inclined plane screen* in combination with a trash-rack as the starting point. Before proceeding to the possible implementation of these systems, further research on potential problems with waste in the Dutch rivers is required.

The Netherlands should implement fish protection systems as soon as possible in order to mitigate the current fish mortality. Further research on the functioning of fish protection systems in practice is needed to make progress towards a final selection of a fish protection system, which is suitable for application in the Netherlands. Furthermore, future research into fish protection should focus on the following aspects:

- The behaviour of fish and methods to influence fish-behaviour.
- The widening of the focus of research. It is recommended to test the effectiveness of fish protection systems on the basis of the impacts on a broader range of river and migrating fish species with a protected status, instead of one or a few fish species.
- For each fish species, a safe standard should be determined for cumulative fish mortality, which considers the entire migration area of that particular fish species. The fish mortality caused by plants outside the Netherlands should also be taken into account when determining safe standards, as well as population data.
- The influence of waste in the Dutch rivers on the effectiveness of fish protection systems.

Inleiding

1.1 waterkracht

Het energieverbruik groeit nog steeds. Dit betekent meer energieproductie in de toekomst. Vanwege de milieuproblematiek wordt gezocht naar duurzame alternatieve energiebronnen. In het kader van een schoner milieu stimuleert de Nederlandse overheid dan ook het opwekken van energie uit natuurlijke energiebronnen, de zogenoemde groene energie. Dit is energie die wordt opgewekt uit natuurlijke bronnen zoals zon, wind, en water. Het voordeel van groene energie is dat er bij de productie geen luchtverontreinigende stoffen en andere afvalstoffen vrijkomen [PDE, 2003]. Energie uit water wordt o.a. opgewekt door middel van een waterkrachtcentrale (wkc). Met het oog op het terugdringen van het broeikas-effect zal waterkrachtenergie een steeds grotere rol gaan spelen in de Europese Unie [Odeh, 1999]. Dit alles betekent dat de tot nu toe gebouwde waterkrachtcentrales maximaal gaan produceren en dat nieuwe centrales gebouwd gaan worden.

De productie van waterkrachtenergie wordt gezien als een goede oplossing voor problemen zoals het broeikas-effect. Er zit echter aan deze milieuvriendelijke wijze van energie opwekking een keerzijde. Naast het oplossen van milieuproblemen wordt een nieuw milieuprobleem gecreëerd. De wkc's zorgen namelijk voor grote problemen wanneer vissen passeren. Om de waterloop van de rivier te kunnen blijven volgen zullen vissen de turbines van een wkc moeten passeren. Hierbij kunnen vissen flinke beschadigingen oplopen en vaak heeft passage door de turbines een fatale afloop. Vissterfte door toedoen van een wkc varieert van 0-100%, afhankelijk van de vissoort. Een ander probleem is dat vissen vaak gedesoriënteerd zijn na passage van een wkc. Daarnaast ondervinden ze een vertraging van hun migratietrek door een obstakel zoals een wkc [Bell, 1991].

Vissterfte en beschadiging van vissen door de wkc's is een serieus probleem op internationaal niveau. Vanwege de hoge vissterfte en verwondingen zijn wkc's op dit moment de bottleneck bij het herstel van bedreigde trekvispopulaties zoals de zalm en de paling. De organisatie ter verbetering van de binnenvisserij (OVB) is van mening dat het zalmherstelproject in de Maas dreigt te mislukken vanwege de wkc's. Ook vermoedt zij dat de ruim tweeduizend wkc's in West Europa een belangrijke oorzaak zijn van de enorme achteruitgang van de palingpopulaties [OVB, 2002 mondeling].

Een visgeleidingssysteem moet uitkomst bieden voor problemen als vissterfte en visbeschadiging. Een visgeleidingssysteem zorgt ervoor dat de vissen om de wkc heen worden geleid zodat ze niet in de turbines terechtkomen.

1.2 de situatie in Nederland

Nederland zelf heeft een gering aantal waterkrachtcentrales waarvan drie grote. Twee hiervan liggen aan de Maas bij Linne (vermogen 11,5 MW) en Lith (vermogen 14 MW). De derde ligt aan de Nederrijn te Maurik (vermogen 10 MW) [PDE, 2003]. Geen van deze centrales heeft een visgeleidingssysteem.

De Minister van Economische Zaken heeft het zogenoemde MEP-plan (Milieukwaliteit elektriciteit productie) aan de Tweede Kamer voorgelegd. In dit plan wordt voorgesteld om het opwekken van groene stroom in Nederland in de toekomst te gaan subsidiëren [Het Visblad, 2003]. Echter zijn er door de overheid nog geen duidelijke verplichtingen gesteld aan de energiemaatschappijen om de schade aan vispopulaties te minimaliseren. In december 2002 is door de Tweede Kamer een motie aangenomen voor het verplichtstellen van visgeleidingssystemen bij bestaande en nieuwe wkc's in Nederland. Er is echter nog geen duidelijke overeenstemming over welk visgeleidingssysteem geschikt is voor toepassing in Nederland. In landen zoals de Verenigde Staten en Engeland is wel al ervaring opgedaan met het toepassen van visgeleidingssystemen.

Met het oog op de toekomst is onderzoek naar het functioneren van visgeleidingssystemen van belang. Het kabinet-Kok I heeft in de Derde Energienota, december 1995, een ambitieuze doelstelling voor duurzame energie geformuleerd: in het jaar 2020 moet 10% van het energiegebruik (duurzame energie is gas, warmte en elektriciteit) in Nederland geleverd worden door energie uit duurzame bronnen. De overheid heeft als doel gesteld dat er ongeveer 100 MW in 2020 opgesteld moet zijn aan waterkracht. In de Uitvoeringsnota Klimaatbeleid wordt bekrachtigd dat in 2000 3% van de energiehuishouding verzorgd moet worden door duurzame energiebronnen, in 2010 5% en in 2020 10%. In het Kyoto-protocol zijn internationale afspraken gemaakt om de CO-2 uitstoot te verminderen (10 december 1997), 10% duurzame energie in 2020 moet hier volgens de Klimaatnota een bijdrage aan leveren [Bakker et al., 2001].

Dit betekent dat er meer wkc's in Nederland gebouwd gaan worden. In het kader van een meerjarig programma heeft het Ministerie van Economische Zaken laten onderzoeken welke locaties de beste mogelijkheden bieden voor een rendabele exploitatie. Verschillende gunstige locaties voor het toepassen van waterkracht naar voren gekomen zoals bijvoorbeeld Borgharen en Roermond [PDE, 2002].

1.3 aanleiding van het onderzoek

De milieuorganisatie Stichting Reinwater zet zich in voor schoon water en natuurlijke watersystemen. Stichting Reinwater vindt dat er op dit moment te weinig gebeurt om schade aan vispopulaties door wkc's te voorkomen en wil graag opheldering over de effectiviteit van visgeleidingssystemen. Zowel de overheid als de energiemaatschappijen nemen een afwachtende houding aan. Stichting Reinwater wil daarom zelf het voortouw nemen. Zij heeft de Wetenschapswinkel Biologie in Utrecht gevraagd een onderzoek te doen naar de werking van de bestaande visgeleidingssystemen.

In samenwerking met de Nederlandse Vereniging Van Sportvisserfederaties (NVVS) is Stichting Reinwater ook in Europees verband bezig om druk uit te oefenen op de Europese Unie om tot een wettelijke regeling te komen waarin schade aan vissen bij wkc's moet worden geminimaliseerd.

1.3.1 doelstelling en onderzoeksvragen

De keuze van een visgeleidingssysteem ligt niet zomaar voor de hand. Wereldwijd zijn diverse visgeleidingssystemen ontwikkeld en toegepast maar van veel systemen is nog weinig bekend over de effectiviteit van hun werking. Evaluatie onderzoek is van groot belang bij het maken van de goede keuze voor de aanschaf van een visgeleidingssysteem voor Nederland. De keuze zal gebaseerd moeten worden op resultaten van de tot nu toe verrichte evaluatieonderzoeken van de verschillende visgeleidingssystemen. Ondanks dat visgeleidingssystemen al jaren worden toegepast bestaat er nog veel onduidelijkheid op het gebied van visgeleiding. Ook is er nog weinig bekend over het gedrag van vissen. Onderzoek naar visgeleiding en het ontwikkelen van nieuwe visgeleidingssystemen is dan ook wereldwijd in volle gang. Op dit moment zijn biologen en ingenieurs in het veld en in het laboratorium, bezig met onderzoek naar het gedrag van vissen en hun reactie op verschillende visgeleidingssystemen. [Bates 1993; Clay 1995; Jungwirth et al. 1998]. Veel nieuw ontwikkelde systemen zijn in het laboratorium getest, maar vaak nog niet goed in de praktijk.

Dit onderzoek heeft alleen betrekking op de visgeleidingssystemen ontwikkeld voor stroomafwaartse geleiding van vis langs wkc's. Daarbinnen richt dit onderzoek zich op het tegenhouden van vis bij een wkc en zal minder uitgebreid ingaan op het omleiden van de vis langs de wkc.

De doelstelling van het onderzoek is het systematiseren van de kennis van de bestaande visgeleidingssystemen en deze te beoordelen op hun functioneren. De volgende onderzoeksvragen worden behandeld:

- Welke visgeleidingssystemen zijn reeds in gebruik?
- Welke evaluatiecriteria kunnen gebruikt worden?
- Wat is op dit moment het volgens deze criteria het beste visgeleidingssysteem?
- Welk visgeleidingssysteem lijkt het meest effectief en het best toepasbaar m.b.t. de Nederlandse situatie?
- Komen deze resultaten overeen met resultaten van al eerder verricht onderzoek m.b.t de Nederlandse situatie?

1.3.2 onderzoeksmethode

Een inventarisatie is opgemaakt van bestaande visgeleidingssystemen. Een vergelijkend literatuuronderzoek is uitgevoerd naar de werking van visgeleidingssystemen aan de hand van internationale wetenschappelijke artikelen en onderzoeksrapporten verzameld over bestaande visgeleidingssystemen. Resultaten van onderzoek naar de werking van visgeleidingssystemen bij wkc's, koelwaterinlaten, dammen en elektriciteitscentrales zijn gebruikt.

Acht evaluatiecriteria zijn gesteld waaraan elk visgeleidingssysteem wordt getoetst. Een overzicht is opgesteld van de beoordeling van de bestaande visgeleidingssystemen. Op basis van dit beoordelingsoverzicht is een selectie gemaakt van de meest effectieve en efficiënte visgeleidingssystemen.

Vervolgens is gekeken welk visgeleidingssysteem het meest in aanmerking komt voor toepassing in Nederland. Door een aantal onderzoeksinstellingen zijn rapporten uitgebracht over visgeleiding bij Nederlandse wkc's. Resultaten van een aantal van deze studies worden geanalyseerd en naast de resultaten van dit onderzoek gelegd.

1.3.3 opbouw van het rapport

In hoofdstuk 2 wordt een uitgebreide probleembeschrijving met achtergrondinformatie gegeven over visgeleiding. De verschillende visgeleidingssystemen komen aan de orde in hoofdstuk 3 waarin ze worden beschreven en toegelicht. In hoofdstuk 4 wordt de keuze van de acht gestelde evaluatiecriteria toegelicht en worden de visgeleidingssystemen beoordeeld. Hoofdstuk 5 geeft een evaluatie van de visgeleidingsproblematiek met betrekking tot Nederland. De discussie volgt in hoofdstuk 6 waarin de resultaten van dit onderzoek en van eerdere studies worden besproken. Ten slotte wordt afgesloten met een aantal conclusies en aanbevelingen in hoofdstuk 7.

Waterkrachtcentrales en visgeleiding

2.1 waterkrachtcentrales

Het opwekken van energie uit water gebeurt o.a. met behulp van een wkc. Het opwekken van energie door middel van wkc's is een methode die wereldwijd wordt gebruikt. Bij dit proces wordt gebruik gemaakt van de kracht van het water. In bergachtig gebied valt water relatief snel naar beneden vanwege het grote verval, daar benutten de wkc's de grote valsnelheid van het water. Daar is dan ook sprake van grootschalige waterkracht. In tegenstelling tot bergachtige gebieden zijn er in Nederland geen gebieden waar waterkrachtenergie te halen is uit een hoogteverschil of de snelheid van het water. In Nederland wordt daarentegen gebruik gemaakt van de enorme watermassa die in een kort tijdsbestek de rivier passeert. In Nederland gaat het dan ook om kleinschalige waterkracht [PDE, 2003].

Waterkrachtcentrales in Nederland bevinden zich altijd bij een stuw, soms is ook een sluis aanwezig (zie figuur 2.1). De stuw zorgt voor voldoende verval en aanvoer van water voor de turbines.



Figuur 2.1:
Waterkrachtcentrale te Linne aan de Maas [foto PDE, 2002]

In Nederland zijn sinds 1990 geen nieuwe waterkrachtcentrales meer in gebruik genomen. In 1999 stond ongeveer 38 MW opgesteld, verdeeld over 5 centrales en enkele kleinere van particulieren. Door variatie in de watertoevoer kan de energieproductie van een wkc per jaar verschillen. Een oorzaak hiervan is bijvoorbeeld het verschil in de hoeveelheid neerslag per jaar [PDE, 2002].

2.2 oorzaken en gevolgen van visbeschadiging

De drie hoofdoorzaken van verwondingen, vissterfte en migratievertraging, bij een waterkrachtcentrale zijn "*turbine entrainment*", "*impingement*" en predatie. Wanneer een vis door het water meegesleurd wordt in de turbine inlaat wordt er gesproken over *entrainment*. *Impingement* vindt plaats wanneer een vis in contact komt met bijvoorbeeld het grofveulrooster of met afval wat zich bij de turbine inlaat bevindt. De vis wordt hier tegen aangeduwd wanneer hij niet de zwemcapaciteit heeft om tegen de kracht van het stromende water in te zwemmen. Kleine en juveniele vissen hebben minder zwemcapaciteit dan grote en volwassen vissen waardoor zij vaker het slachtoffer worden van *impingement*.

Impingement veroorzaakt kneuzingen, verwijdering van de schubben en andere verwondingen. Uiteindelijk kan *impingement* leiden tot oververmoeidheid en sterfte van de vis doordat hij alsnog wordt meegetrokken in de turbine inlaat of aan zijn verwondingen sterft. Wanneer *impingement* herhaaldelijk voorkomt of gebeurt bij hoge stroomsnelheden kan directe sterfte plaatsvinden.

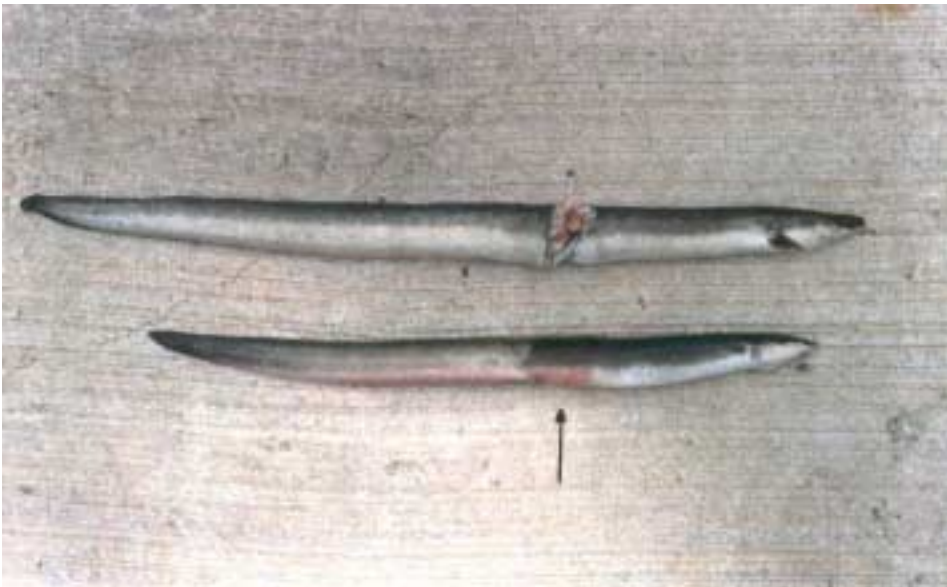
De kans op predatie is aanzienlijk verhoogd bij een wkc. Dit heeft drie oorzaken:

- Doordat vissen oponthoud ondervinden door een wkc en hierdoor niet meteen stroomafwaarts kunnen trekken, verzamelen veel vissen zich voor de turbine-inlaat waardoor ze makkelijker ten prooi vallen;
- Turbine-inlaten vormen vaak een goed habitat voor predators;
- Na het passeren van een wkc zijn veel vissen gestrest en gedesoriënteerd geraakt waardoor ze een makkelijke prooi zijn [NMFS, 1994].

Wanneer een vis terechtkomt in de turbines van een waterkrachtcentrale (*turbine entrainment*) zijn er verschillende oorzaken die kunnen leiden tot visbeschadiging en vissterfte. Davies [1988] onderscheidt vier verschillende categorieën van oorzaken voor beschadiging van vis en vismortaliteit [Holzner, 1999; Congres of the U.S. Office of Technology Assesment, 1995]:

1. Drukveranderingen tijdens passage door de turbine. Verwondingen zoals scheuringen in weefsel en bloedvaten kunnen hier het gevolg van zijn;
2. Turbulentie en schurende krachten door ongelijkheid van stroomsnelheid en/of stroomrichting van het water (*shear forces*). Kneuzingen schaafplekken, inscheuring en doorsnijding van het lichaam kunnen het gevolg zijn;
3. Botsing met de schoepen en/of andere turbine onderdelen. Verwondingen zoals schubbenverlies, kneuzingen, schaafwonden, inscheuring, doorsnijding en verbrijzeling kunnen het gevolg zijn;
4. Cavitatie. Hierbij ontstaan zones van lage druk aan de uiteinden van de rotorbladen. Luchtbellen die bij dit proces ontstaan klappen ineens in zones van hogere druk, resulterend in lokale shockgolven. De krachten die hierbij ontstaan zijn dusdanig zo groot dat metaalfragmenten van turbine onderdelen afbreken. Cavitatie kan bloeditstortingen en schade aan ogen en kieuwen veroorzaken.

Schade aan vis is niet altijd even duidelijk te zien. Davies [1988] beschrijft bloedingen aan de ogen, geplette ogen en bloedingen aan het einde van de staart als uiterlijke kenmerken van drukbeschadigingen door de turbine. Daarnaast kan de vis ook nog voor het oog niet zichtbare innerlijke verwondingen hebben zoals een geplette zwemblaas, interne bloedingen aan organen en in het weefsel zoals directe vleeswonden, voornamelijk voorkomend bij cavitatie-verwondingen. Wanneer de vis in botsing komt met starre of bewegende turbine onderdelen leidt dit in vele gevallen tot het geheel of gedeeltelijk doorsnijden van de vis [Monten, 1985] (zie foto's figuur 2.2 en 2.3).



Figuur 2.2
Foto doorgesneden en verwonde aal



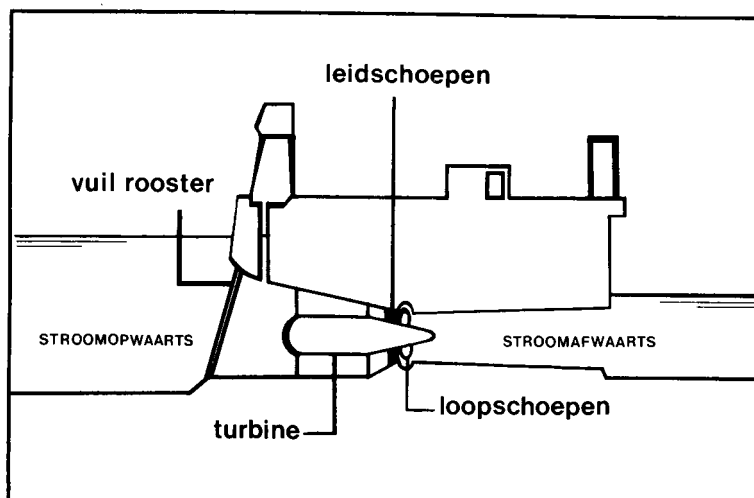
Figuur 2.3
foto verwonde vissen bij wkc te Linne

Hoe groot de schade aan vissen is en hoe hoog de vismortaliteit is, verschilt per vissoort. De vismortaliteit bij de turbines van een waterkrachtcentrale varieert van 0-100 %, afhankelijk van de vissoort (zie Bijlage 1). Het verschil in vissterfte komt doordat niet elke vissoort even kwetsbaar is. Ook hebben kleinere vissen een grotere kans om te overleven dan grotere vissen wanneer ze een turbine passeren omdat de kans minder groot is dat ze met turbine onderdelen in aanraking komen [Congres of the U.S. Office of Technology Assesment, 1995].

De mate vissterfte en visbeschadiging hangen ook af van de soort turbine die wordt gebruikt en de hoeveelheid rivierwater dat door de turbines passeert. Er zijn verschillende typen turbines waaronder de Francis turbine, de Kaplan turbine en de Ossenberger turbine. De hoogste sterfte percentages worden veroorzaakt door de Ossenberger turbines [Holzner, 1999] (zie Bijlage 1).

Wanneer de turbines van een wkc maximaal werken wordt een groter debiet door de turbines geleid dan wanneer de turbines op halve kracht werken. Bij een groter passerend debiet door de turbines is de kans op vismortaliteit en beschadiging kleiner omdat door de grotere hoeveelheid water de kans op aanraking met turbine onderdelen kleiner wordt [Vriese, 1992]. Daartegenover passeren meer vissen bij een groter debiet de turbines dan wanneer een klein debiet door de wkc wordt geleid.

In Nederland wordt gebruik gemaakt van Kaplan turbines die horizontaal worden toegepast zie figuur 2.4. In vergelijking met andere turbines veroorzaken Kaplan turbines in horizontale toepassing de minste visschade [Davies, 1988]. Toch loopt de sterfte hoog op; 22.8% sterfte bij schieraal van zo'n 50 centimeter lang en tot minimaal 7% voor jonge zalm (zie Bijlage 1).



Figuur 2.4
Dwarsdoorsnede turbine waterkrachtcentrale te Linne [bron: Vriese, 1992]

2.3 visgeleidingssystemen

Maatregelen zijn nodig voor de bescherming en het herstel van populaties van vele bedreigde vissoorten zoals de zalm en de paling. Wkc's, dammen en andere obstructies in de rivier hebben effectieve middelen nodig om de invloed op het aquatische ecosysteem te minimaliseren. Het resultaat van ongunstig

landgebruik en onderbreking van het rivierencontinu betekent een afname en in sommige gevallen een complete verdwijning van bepaalde vissoorten [Jungwirth 1998; Peter 1998].

Een oplossing voor het probleem lijkt gevonden te zijn: het visgeleidingssysteem. Een visgeleidingssysteem zorgt ervoor dat vissen wegblijven uit de turbine-inlaten van een wkc en leidt ze vervolgens naar een vispassage die de vissen zo goed mogelijk om de wkc heen leidt. Hierdoor wordt de vischade en vismortaliteit zoveel mogelijk beperkt.

Een visgeleidingssysteem heeft alleen succes wanneer de vissen, nadat ze zijn weggehouden uit de turbine inlaten, ook daadwerkelijk de aansluiting naar de vispassage vinden. Dit betekent dat de vispassage nauwkeurig afgestemd moet zijn op de werking van het visgeleidingssysteem. Het ontwerpen van een vispassage (vistrap of bypass) is een wetenschapsveld op zich. In dit onderzoeksrapport wordt alleen ingegaan op de werking van de verschillende visgeleidingssystemen, geen aandacht wordt besteed aan de effectiviteit van diverse typen vispassages.

Bij het ontwerpen van een goed visgeleidingssysteem moet er rekening mee worden gehouden dat niet bij elke wkc zich dezelfde riviersituatie voordoet. Elke wkc heeft zijn eigen ontwerp en omstandigheden, zoals bijvoorbeeld de stroomsnelheid en het stromingspatroon, kunnen per locatie verschillen. Ook bevinden zich op elke locatie verschillende vissoorten. Het visgeleidingssysteem moet daarom zo ontworpen worden dat het werkzaam is onder de aanwezige omstandigheden op de locatie van de wkc [Odeh, 1998].

Het ontwerpen van een goed visgeleidingssysteem is niet simpel. Rekening moet gehouden worden met een aantal factoren zoals:

- **De eigenschappen van de te geleiden vissoort.**

Het gedrag, de lengte en de zwemcapaciteit verschillen per vissoort. Niet elke vis reageert hetzelfde op een bepaalde prikkel en elke vissoort heeft zijn eigen habitatvoorkeur. Sommige soorten bevinden zich het meest in de bovenste laag van de waterkolom en sommige leven alleen dicht bij de bodem. Een ander verschil tussen vissoorten is bijvoorbeeld dat de ene soort zich aangetrokken voelt door een hoge stroomsnelheid en de ander tot een lage stroomsnelheid [Odeh, 1999; NMFS, 1994]. Een ander belangrijk punt is dat het tijdstip van de migratietrek verschilt per soort. Zalm migreert in het voorjaar terwijl paling in het najaar migreert. Rivierstandvissen daarentegen bewegen zich het gehele jaar door in de rivier.

- **De hydraulische omstandigheden.**

De riviersituatie op de plek waar het visgeleidingssysteem geplaatst gaat worden kan per locatie verschillen. Het visgeleidingssysteem moet afgestemd zijn op de stroomsnelheid en het stromingspatroon ter plekke.

- **Het ontwerp van de wkc.**

Niet alle wkc's zijn hetzelfde gebouwd en hebben dezelfde ligging ten opzichte van de rivier. Het visgeleidingssysteem kan niet altijd los gezien worden van de bouw en het ontwerp van de wkc. Het visgeleidingssysteem moet zo ontworpen worden dat het aansluit op de bouw van de wkc voor een goede werking en zo een integraal onderdeel wordt van de wkc.

2.4 het belang van een effectief visgeleidingssysteem

Om zich te kunnen voortplanten en om op te groeien trekken trekvissen stroomop- en stroomafwaarts in de rivieren naar hun paai- en leefgebieden. De aanwezigheid van kunstmatige obstakels zoals dammen en waterkrachtcentrales bemoeilijkt deze migratie of maakt deze zelfs onmogelijk voor de vissen waardoor ze hun paaigebieden en voedselgebieden niet meer kunnen bereiken [Odeh, 1999].

De stroomopwaartse trek wordt inmiddels mogelijk gemaakt door de zogenaamde “vistrappen” die zijn aangelegd bij de stuwen en wkc’s. Deze vistrappen hebben uitsluitend een functie bij de opwaartse trek en bieden geen goede mogelijkheid voor een veilige stroomafwaartse terugkeer van de vissen naar zee.

Trekvissen zullen vanwege de grotere afstanden die ze afleggen gemiddeld meer wkc’s passeren dan rivierstandvissen. Vooral de trekvissen worden daarom als de grootste risicogroep gezien voor vissterfte door toedoen van wkc’s.

In het stroomgebied van de Rijn en de Maas bevinden zich meer dan 2000 wkc’s. Voor een trekvis betekent dit dat hij, wanneer hij de zee wil bereiken, hij een behoorlijk aantal wkc’s moet passeren. Wanneer een trekvis per wkc een overlevingspercentage van 80% heeft betekent dit dat na het passeren van vijf wkc’s het overlevingspercentage nog maar 32% is [Odeh, 1999]. Onderzoek door de Zwitserse overheid heeft uitgewezen dat vanuit Zwitserland geen enkele paling meer levend de Noordzee kan bereiken als gevolg van cumulatieve schade door wkc’s, bij afwezigheid van visgeleiding in de Rijn tussen Zwitserland en de Noordzee [NVVS, mondeling, 2003]. Het is daarom van zeer groot belang dat het overlevingspercentage zo hoog mogelijk is bij het passeren van een wkc zodat de cumulatieve vissterfte bij passage van meerdere wkc’s minimaal blijft. Naarmate de migratieafstand langer is wordt de overlevingskans kleiner. Voor een vis die meerdere keren in zijn leven moet migreren om te paaien wordt het risico van sterfte nog groter.

2.5 vis schade en vis mortaliteit door visgeleidingssystemen

Belangrijk is dat vissen die door een visgeleidingssysteem worden weggeleid van de turbine-inlaten zo min mogelijk schade ondervinden van het visgeleidingssysteem zelf. Het visgeleidingssysteem zelf kan namelijk schade toebrengen met vissterfte als gevolg. Het toepassen van een visgeleidingssysteem heeft alleen maar nut wanneer de vis schade en vis mortaliteit hierbij lager is dan wanneer de vissen zonder visgeleidingssysteem de turbines passeren. *Impingement* op het visgeleidingssysteem kan optreden bij hoge stroomsnelheden. Dit kan tot vissterfte leiden. Entrainment komt voor wanneer bijvoorbeeld kleine vissen niet worden tegengehouden door het systeem en alsnog de turbines van de wkc passeren.

Vis schade door toedoen van het visgeleidingssysteem is vaak afhankelijk van de vissoort. Niet elke vissoort is even kwetsbaar. Fysiek sterkere vissoorten lopen minder snel beschadigingen op en overleven vis schade beter.

2.6 vissoorten die in aanmerking komen voor visgeleiding

Het belang van vis migratie mogelijkheden speelt op twee niveaus:

- Het gehele riviersysteem. Enkele vissoorten zijn afhankelijk van een internationaal groot deel van de rivieren zoals zalm, zeeforel en aal. De ontwikkeling op populatieniveau is afhankelijk van de kwaliteit in meerdere deelsystemen en de verbinding ertussen. Om deze reden is de cumulatie van risico's bij verschillende barrières relevant.
- Onderdelen van het systeem. Er zijn populaties van vissoorten die in hun beperktere trekgedrag tegen één of enkele barrières aanlopen. Voor de ontwikkeling op populatieniveau zal dit kritisch zijn.

Wanneer over visgeleiding wordt gesproken betreft het vaak de geleiding van de migratievissen ofwel de trekvissen. Trekvissen zijn de grootste risicogroep omdat ze de grootste afstanden in de rivieren afleggen. Trekvissen zijn onder te verdelen in anadrome trekvissen en catadrome trekvissen. Anadrome trekvissen paaien in zoete wateren en migreren naar de zoute wateren van de zee om daar vervolgens op te groeien. Catadrome trekvissen paaien in de zee en hun juvenielen migreren stroomopwaarts naar het zoete water van de rivieren om daar volwassen te worden. In Nederland hebben we met trekvissoorten zoals de zalm en de paling te maken, respectievelijk een anadrome en een catadrome soort.

Naast trekvissen zijn er ook de rivierstandvissen. Dit zijn vissen die hun hele leven in zoetwater doorbrengen. Rivierstandvissen migreren niet over een grote afstand zoals de trekvissen doen. Ze blijven voornamelijk binnen een bepaald gebied. Voor voedsel, paaigebieden of om beter te kunnen overleven tijdens de verschillende seizoenen vindt wel beperkte migratie plaats over korte en langere afstanden [Odeh, 1999]. Wanneer deze beperkte migratie een groot gebied betreft is de kans groot dat deze rivierstandvissen enkele of meerdere wkc's moeten passeren. De afstand waarover een rivierstandvis beweegt verschilt enorm per soort en zelfs binnen één en dezelfde soort in verschillende wateren [Northcote, 1978] (zie Bijlage 3 en 7).

Naast de typische trekvissen als zalm, elft, fint, rivierprik, zeeforel en paling verplaatsen in feite bijna alle vissoorten in stromend water zich (zie Bijlage 2). Grote afstanden worden afgelegd door de beekprik, beekforel, vlagzalm, barbeel, kopvoorn, serpeling, sneep, spiering, alver, snoek, winde (20-200 km) dit in tegenstelling tot de karper, zeelt, brasem, baars, snoekbaars en blankvoorn die kleine afstanden afleggen (tot 20 km) [Coeck et al, 1991; RIVON, 2003].

Het merendeel van het onderzoek naar visgeleiding is gebaseerd op de ecologische eigenschappen van de trekvissen, niet op die van de rivierstandvissen. Het herstel van populaties van bedreigde trekvissoorten stond altijd voorop. Pas in de laatste drie decennia neemt de visgeleidingstechnologie veel meer soorten in acht dan in het verleden werd gedaan. Niet alleen trekvissen maar ook rivierstandvissen zijn nu doelsoorten voor herstel [Congres of the U.S. Office of Technology Assesment, 1995].

Technische aspecten

3.1 verschillende werking van visgeleidingssystemen

Hoe een visgeleidingssysteem werkt is verschillend per systeem. Het verschil in werking berust op vier verschillende aspecten. Een visgeleidingssysteem fungeert volgens één van de volgende principes:

- een fysieke barrière
- een verzamelsysteem
- een geleidingssysteem
- een gedragsbarrière

In dit rapport wordt gesproken over mechanische systemen en gedragssystemen. De eerste drie werkingsprincipes hebben betrekking op de mechanische systemen.

Voor de gedragssystemen geldt dat voor de beïnvloeding van visgedrag kennis nodig is over de wijze waarop overdracht van informatie plaatsvindt vanuit de omgeving naar de vis. Deze overdracht van informatie vindt plaats via de vier belangrijkste gedragssystemen van de vis:

- het gezichtsvermogen
- het gehoor
- het reukvermogen (en de smaak)
- het zijlijnsysteem

Het zijlijnsysteem stelt vissen in staat om zeer kleine waterbewegingen waar te nemen. Het speelt een belangrijke rol bij het opsporen van prooien, het waarnemen van predatoren, bij schoolgedrag en bij communicatie bij soortgenoten [Vriese, 1992]. Doordat zeer kleine waterbewegingen kunnen worden waargenomen is de vis in staat stationaire en bewegende objecten te lokaliseren. In het algemeen zal vis trachten aanraking met objecten te vermijden. Van dit vermijdingsgedrag wordt gebruik gemaakt bij bepaalde typen visgeleidingssystemen.

Andere zintuigen zoals tast en het vermogen om temperatuur en magnetische velden waar te nemen, hebben in gedragsonderzoek bij vis minder aandacht gehad en zijn deels nog controversieel.

Prikkels die bij visgeleiding worden gebruikt om visgedrag te beïnvloeden hebben met name betrekking op gezichtsvermogen, het gehoor en het zijlijnsysteem. Bij het gebruik van elektriciteit wordt ingegrepen op de fysiologie van de vis, via een directe stimulering van het spierweefsel en het zenuwstelsel.

De gebruikte prikkels kunnen worden onderscheiden in prikkels die het normale gedrag beïnvloeden en sturen zonder daarbij vluchtgedrag te veroorzaken en prikkels die dit laatste wel tot gevolg hebben [Vriese, 1992].

Bij gedragssystemen wordt gebruik gemaakt van licht, geluid, hydromechanische prikkels en elektriciteit om het natuurlijke gedrag van de vis te beïnvloeden [Vriese, 1992].

3.2 beschrijving van bestaande visgeleidingssystemen

Hieronder wordt in tabel 3.1 een overzicht gegeven van de tot nu toe bekende visgeleidingssystemen, ingedeeld naar hun manier van werken.

De meeste benamingen worden in het Engels gehanteerd omdat deze internationaal worden gebruikt. Visgeleidingssystemen waar wel een Nederlandse vertaling voor is staan vermeld in de verklarende woordenlijst.

Het begrip visgeleidingssysteem wordt in dit onderzoek ruim geïnterpreteerd. Systemen met een visgeleidende werking, maar ook systemen die viswerend werken worden hieronder verstaan.

De visgeleidingssystemen die in dit hoofdstuk worden beschreven worden niet alleen bij wkc's toegepast maar ook bij koelwater inlaten en elektriciteitscentrales vind toepassing van sommige systemen plaats.

Tabel 3.1
overzicht visgeleidingssystemen [Bron: Vriese, 1992; EPRI, 1999]

Categorie	Werkingsprincipe berust op:	Visgeleidingssysteem / Middelen
Fysieke barrières	Fysiek blokkeren van vispassage (viswering) (meestal in combinatie met lage stroomsnelheid)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Bar racks</i> • <i>Vertical and horizontal traveling screens</i> • <i>Fixed screens/Stationary Screens</i> • <i>Drum screens</i> • <i>(cylindrical)Wedge-wire screens</i> • <i>Rotary disk screens</i> • <i>Infiltration intakes</i> • <i>Barrier nets</i> • <i>Gunderboom</i> • <i>Porous dikes</i> • <i>Radial wells</i> • <i>Artificial filter beds</i>
Verzamelsystemen	Actief of passief verzamelen van vis om ze vervolgens terug te zetten in hun natuurlijke omgeving	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Modified traveling water screens</i> • <i>Fish pumps</i> • <i>Gatewell collection nets</i>

Vervolg Tabel 3.1

Categorie	Werkingsprincipe berust op:	Visgeleidingssysteem / Middelen
		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Surface Collector</i>
Geleidingssystemen	Geleidt vis (via ingebouwde bypass) terug naar hun natuurlijke omgeving.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Angled screens*</i> • <i>Angled rotary drum screens*</i> • <i>Submerged traveling screens*</i> • <i>Inclined plane screens*</i> • <i>Inclined pressure screen*/ Eicher screen*</i> • <i>Modular inclined screen*</i> • <i>Skimmers</i> • <i>Louvers*</i> • <i>Gulpers</i> • <i>Controlled spills</i>
Gedragsbarrières	Maakt gebruik van natuurlijke gedragspatronen om de vis af te schrikken of aan te trekken.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Electric screens</i> • <i>Electric-mechanic system</i> • <i>Air bubble curtains</i> • <i>Hanging chains</i> • <i>Lights</i> <ul style="list-style-type: none"> – <i>Incandescent lights</i> – <i>Mercury lights</i> – <i>Strobe lights</i> – <i>Other light sources</i> ▪ <i>Sound</i> <ul style="list-style-type: none"> – <i>Acoustic systems</i> – <i>Infrasound</i> – <i>Popper</i> – <i>Fish startle system</i> – <i>Loeffelman soundsystem</i> ▪ <i>Water jet curtains</i> ▪ <i>Hybrid barriers</i> ▪ <i>Chemicals</i> ▪ <i>Visual keys</i>

* Doordat het systeem geplaatst wordt onder een hoek met de stroomrichting ontstaat vlak voor het systeem een stromingspatroon wat de zwemrichting van de vis zodanig beïnvloed dat deze naar de bypass wordt geleid

Niet alle visgeleidingssystemen worden meegenomen in de beoordeling. Dit komt omdat er over bepaalde systemen weinig tot geen bruikbare informatie is gevonden in de literatuur. Het betreft de volgende visgeleidingssystemen:

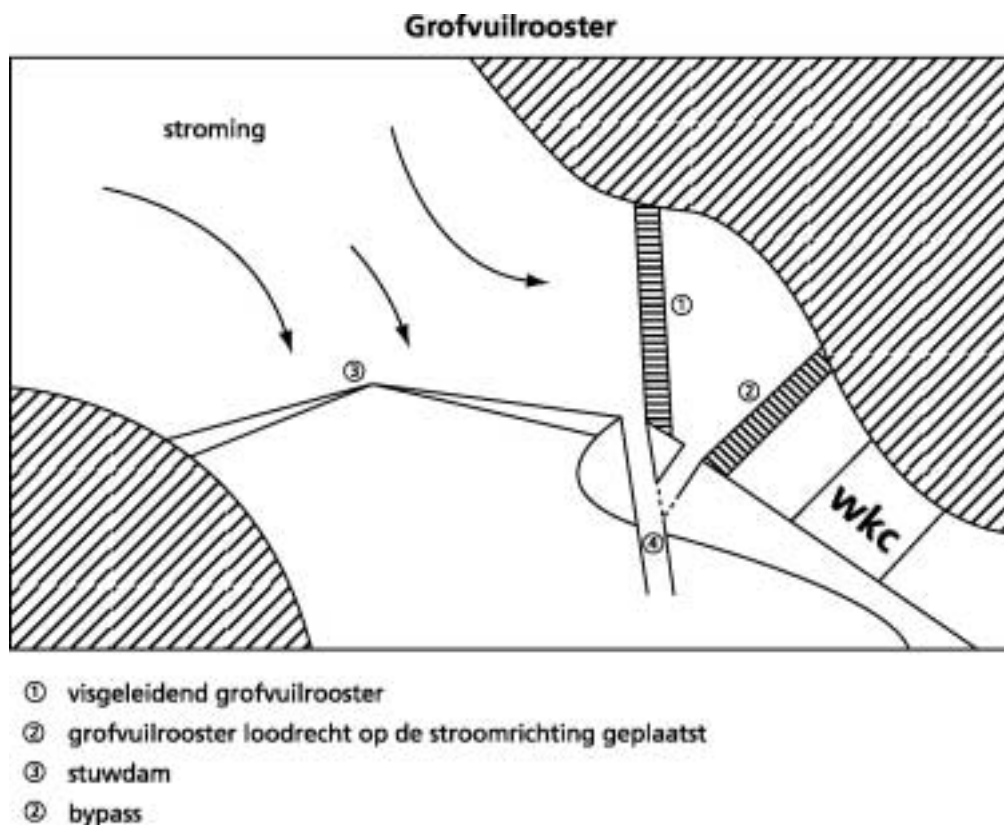
- *Electric-mecanic systems*
- *Orifices in gatewells* (Openingen of overloopsystemen)
- *Gatewell collection nets*
- *Infiltration intakes*
- *Porous Dikes*
- *Artificial Filter Beds*
- *Skimmers*
- *Gulpners*
- *Transportation*
- *Turbulent attraction flows for guiding juvenile salmonids at dams*
- *Integrated multi sensory behavioral guidance systems for fish diversions*
- *Behavioral guidance structure*
- *Visual Keys*
- *Chemicals*
- *Water jet curtains*

grofvuilroosters

Roosters die standaard worden geïnstalleerd om te voorkomen dat de turbines worden beschadigd of verstopt raken door drijvend en zwevend grofvuil, worden grofvuilroosters of grofroosters genoemd. Deze roosters worden bij nagenoeg alle wkc's toegepast. De spijlenafstand verschilt per rooster. In de meeste gevallen is de spijlenafstand relatief groot (7.6-20 cm) Bij deze grote afstand zullen de meeste vissen het rooster passeren. Bij waterinlaten van elektriciteitscentrales worden vaak roosters gebruikt met een geringere afstand tussen de spijlen (2.5-7.6 cm), die ook als doel hebben grotere vissen te weren [Taft, 1986].

Wanneer een grofvuilrooster wordt toegepast onder een bepaalde hoek met de stroomrichting in plaats van loodrecht op de stroomrichting ontstaat een stromingspatroon richting de bypass waardoor de vissen als het ware meegevoerd worden naar de bypass. Hierdoor heeft het rooster niet alleen een viswerende werking maar ook een visgeleidende werking.

Sinds de tachtiger jaren zijn er in de VS veel grofvuilroosters geïnstalleerd onder een hoek met de waterstroom (meestal 45°) in combinatie met een bypass [Winchell et al., 1994]. In veel situaties staan de spijlen loodrecht op het rooster bij een spijlafstand van 25 mm. [Haddingh, 2000]. In figuur 3.1 is een schematische afbeelding te zien van een viswerend en een visgeleidend grofvuilrooster.



Figuur 3.1
 Schematisch bovenaanzicht positie van een viswerend en een visgeleidend grofvuilrooster

barrier nets

Barrier nets zijn netten die, stroomopwaarts t.o.v. de wkc, in het water worden opgehangen ter voorkoming van *entrainment* van vissen. Geen standaard ontwerp bestaat er voor *barrier nets*, de omvang van het net en de grote van de mazen verschillen daarom per locatie.

traveling screens

Traveling screens zijn roterende schermen. Wanneer de rotatie van de schermen verticaal georiënteerd is betreft het een verticaal *traveling screen*. De functie van het scherm is de verwijdering van vuil en vis uit de turbine-inlaten. De grootte van de openingen in het rooster varieert tussen de 0.5-100 mm [Vriese, 1992]. Aan de bovenzijde van het systeem bevinden zich sproeikoppen die de schermen reinigen van vuil en vis.

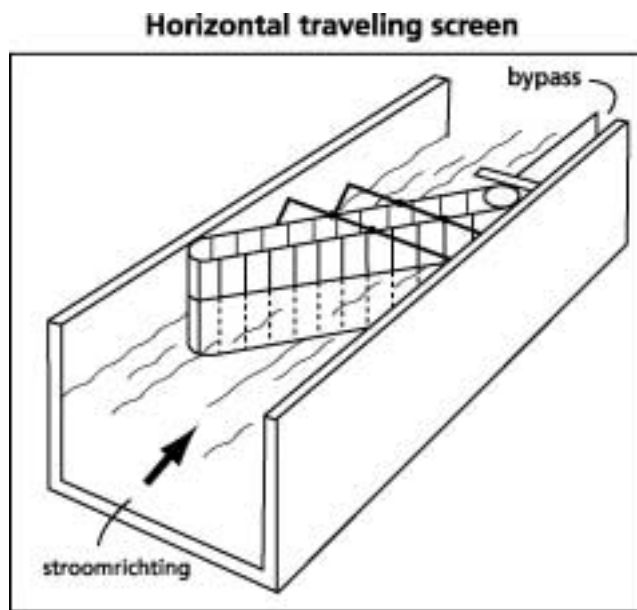
Traveling screens zijn niet constant in werking. *Impingement*-sterfte kan worden verminderd door de schermen vaker en sneller te laten doordraaien. Uit onderzoek bleek dat de draaisnelheid van de schermen van invloed was op de overleving van een aantal soorten. Verder kan de route die door de vis wordt afgelegd, na van het scherm te zijn afgespoeld tot de terugkeer in de natuurlijke omgeving, worden verkort [Vriese, 1992].

Traveling screens zijn er in meerdere ontwerpen. Naast het *vertical traveling screen* bestaan ook *center-flow*, *dual-flow*, *flow-through*, *no well screentype* en *horizontal traveling screens*. Het *center-flow type* wordt veel gebruikt in Europa. Bij dit type zijn de schermen binnenstebuiten gekeerd en staat de constructie niet loodrecht op de stroom maar parallel. Het water stroomt dan via de centrale ruimte door de schermen.

Traveling screens kunnen net zoals een grofvuilrooster onder een hoek met de stroomrichting worden toegepast waarbij de schermen een visgeleidende werking krijgen.

horizontal traveling screens

Dit systeem bestaat uit een verticaal opgehangen band met gazen panelen die onder een hoek in de stroom wordt opgesteld. De draairichting van het systeem is aan de voorzijde in stroomafwaartse richting, waardoor vis en vuil naar een bypass worden geleid (zie figuur 3.2, de bypass bevindt zich rechtsboven in de figuur). Mocht *impingement* optreden dan wordt de vis door het scherm (onder water) naar de bypass getransporteerd, waardoor kleinere krachten op de vis worden uitgeoefend in praktijktoepassingen.



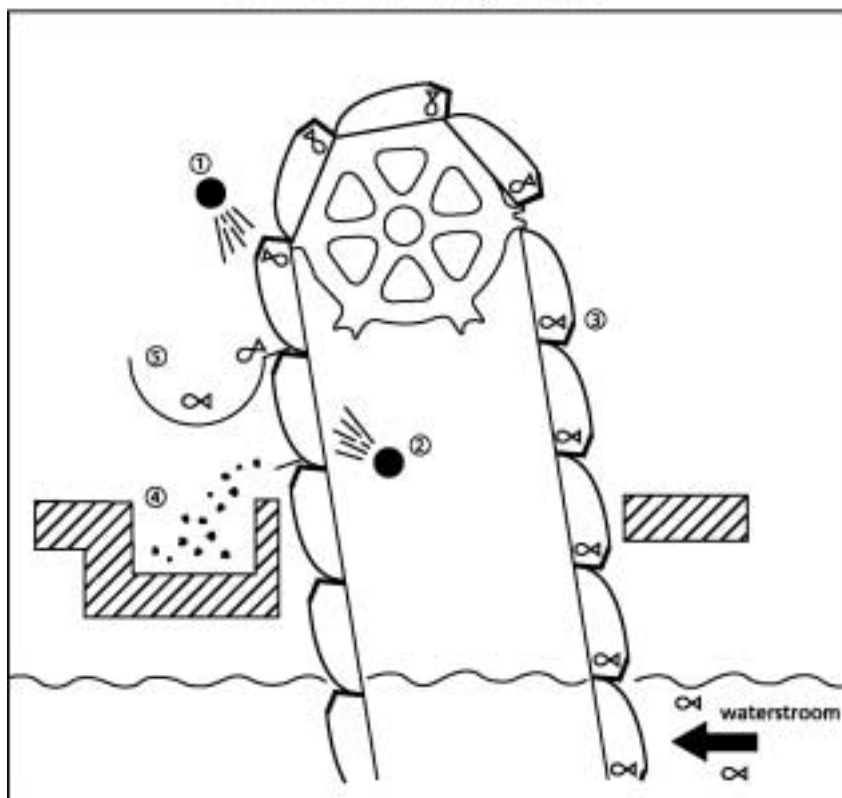
Figuur 3.2
Schematisch overzicht van een *horizontal traveling screen*

modified traveling screens

(Ook wel *traveling waterscreens* genoemd)

Modified traveling screens zijn aangepaste *traveling screens*. Bij dit systeem zijn aan de onderzijde van de schermen transportbakken aangebracht zodat op het moment dat het scherm vrijkomt van het water de vis hierin terecht komt waardoor de kans op *impingement* wordt verkleind. Ook heeft het *modified traveling screen* een aangepast sproeisysteem waardoor in vergelijking met het gewone *traveling screen* wel vuil en vis van elkaar worden gescheiden. Twee sproeisystemen zijn geïnstalleerd waarvan het ene werkt met een lage druk om als eerste de vis uit de transportbakken weg te spoelen en het andere met hoge druk om het vuil te verwijderen. In figuur 3.3 is een deel van een *flow-through traveling water screen* te zien.

Modified Traveling Screen



Schematische doorsnede van een modified traveling screen

- | | |
|-------------------------------|--|
| ① 'low pressure' spraysystem | ④ bak waarin vuil wordt opgevangen en wordt afgevoerd. |
| ② 'high pressure' spraysystem | ⑤ 'Visbypass' |
| ③ 'Fish bucket' | |

Figuur 3.3

Schematisch zijaanzicht van een 'flow-through' modified traveling screen

fixed screens en wedge-wire screens

Eenvoudiger van opzet dan de *traveling screens* zijn de *fixed screens*. *Fixed screens* worden zowel in de Verenigde Staten als in het Verenigd Koninkrijk veel toegepast bij allerlei vormen van wateronttrekking.

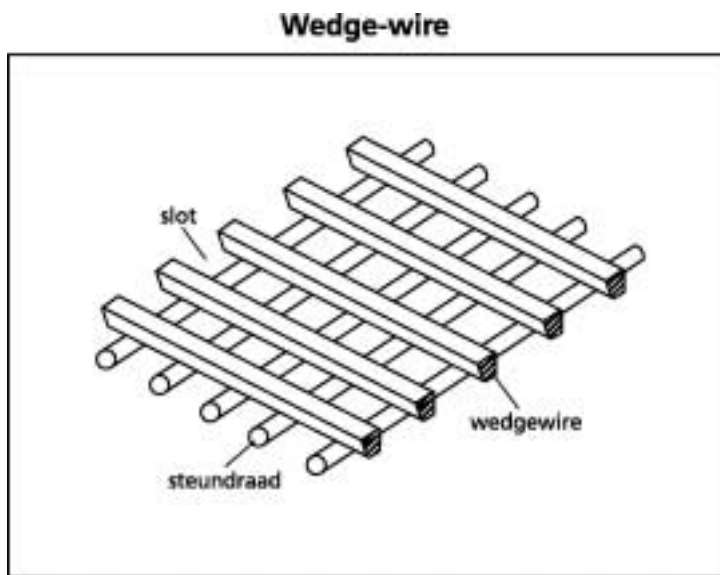
Fixed screens staan meestal parallel aan de stroomrichting van het water ofwel loodrecht, maar dan in een afleidingskanaal. Een *fixed screen* is een stationair rooster, deze schermen worden dan ook wel een *stationary screens* genoemd. De grootte van de openingen in de schermen varieert in dezelfde mate als dat van een *traveling screen*. Vaak is een borstelmechanisme bevestigd op het scherm dat het vuil verwijdert dat op het scherm komt.

De belangrijkste componenten van het systeem zijn de (verwisselbare) panelen en het reinigingsmechanisme (voor zover aanwezig). De panelen kunnen worden gemaakt van een veelheid aan materialen. Gebruikelijk zijn gaas (metaal of kunststof), geperforeerde staalplaat (met ronde, vierkante en rechthoekige openingen) en wigvormig staaldraad.

Fixed screens kunnen net zoals een *traveling screen* onder een hoek met de stroomrichting worden toegepast waardoor de schermen een visgeleidende werking krijgen.

De laatste jaren wordt bij de constructie van *fixed screens* steeds vaker wigvormig (" *wedge-wire*") staaldraad (zie figuur 3.4) toegepast. Het materiaal heeft een aantal voordelen en wordt in andere systemen eveneens gebruikt.

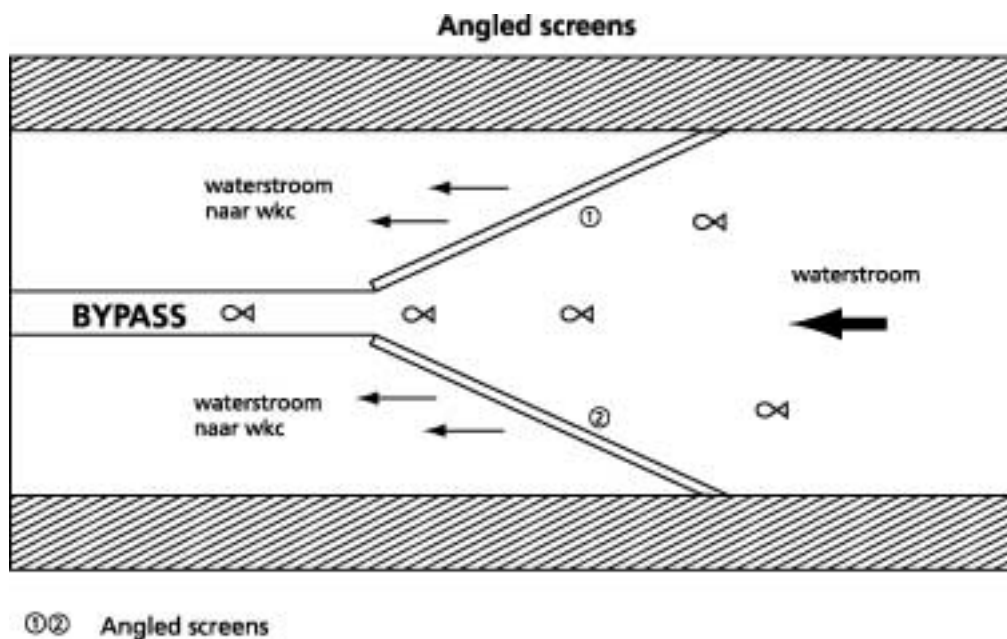
In toepassingen waar de stroomsnelheid langs *wedge-wire screens* groter is dan de stroomsnelheid door de sleuven zijn deze meestal zelfreinigend. Aangroeiing van algen en andere organismen kan voor een groot deel worden voorkomen door het kiezen van de juiste legering. Turnpenny [1988] beschrijft het gebruik van een *wedge-wire screen*, bestaande uit 70% *Cu* en 30% *Ni*, bij het Fawley Power Station. Dit scherm werd eens in de 24 uur door middel van omkeer van de stroomrichting doorgespoeld. Na een periode van 16 maanden trad slechts een reductie van 1.9% van het debiet op.



Figuur 3.4
Scherm van wigvormig staaldraad (*wedge-wire*)

angled screens

Figuur 3.5 toont een schematische afbeelding van een *angled screen*. *Angled screens* zijn schermen die onder een bepaalde hoek t.o.v. elkaar zijn geplaatst en kunnen uit verschillende typen schermen bestaan. De hoek tussen het scherm en de stroomrichting van het water is in principe variabel en afhankelijk van de locale omstandigheden, de stroomsnelheid nabij het scherm en de vissoorten en levensstadia die moeten worden beschermd. In veel toepassingen wordt gebruik gemaakt van een hoek van 25°.



Figuur 3.5
Schematisch bovenaanzicht van *angled screens*

(rotary) drum screens

Al vele jaren worden in de Verenigde Staten *rotary drum screens* toegepast in een loodrechte oriëntatie op de stroominrichting van het water, zowel voor wateronttrekkingen voor irrigatiedoeleinden als bij waterkrachtcentrales. Een *rotary drum screen* is opgebouwd uit tonvormige draaizeven. De afmetingen van de tonvormige elementen is variabel. Zo bestaat een dergelijk systeem bij het Sunnyside canal aan de Yakima River uit 17 elementen, waarbij de elementen afzonderlijk een lengte van 7.5 m. en een diameter van 3.6 m. hebben [Neitzel *et al.*, 1985]. Ook zijn er systemen waarbij de diameter van de elementen groter is dan de lengte [Taft, 1986].

Bij loodrechte toepassing is vaak aan weerszijden een bypass aanwezig, om de vis de kans te geven langs de barrière te komen. De *rotary drums* zijn voor 0.7- tot 0.8-ste deel van hun diameter ondergedompeld. Drijvend vuil wordt in de draaiende beweging meegenomen en aan de andere zijde door de doorstroming weer weggespoeld.

Rotary drum screens kunnen, net als *traveling screens*, onder een hoek ten opzichte van de stroomrichting van het water worden geplaatst. Een dergelijke opstelling wordt gekozen wanneer een relatief groot debiet wordt onttrokken [Taft, 1986].

submerged traveling screens

(ook wel een inclined traveling screen genoemd)

De basis voor de werking van *submerged travelling screens* ligt in de constatering van Long [1961], dat stroomafwaarts migrerende zalmachtigen voor het grootste deel gebruik maken van de bovenste waterlagen. Hieruit werd geconcludeerd, dat een goede visbescherming plaats kon vinden door het bovenste deel van de turbine-inlaat af te schermen. *Submerged traveling screens* worden geïnstalleerd achter het grofvuilrooster onder een hoek aan de bovenkant van het turbine inlaatkanaal.

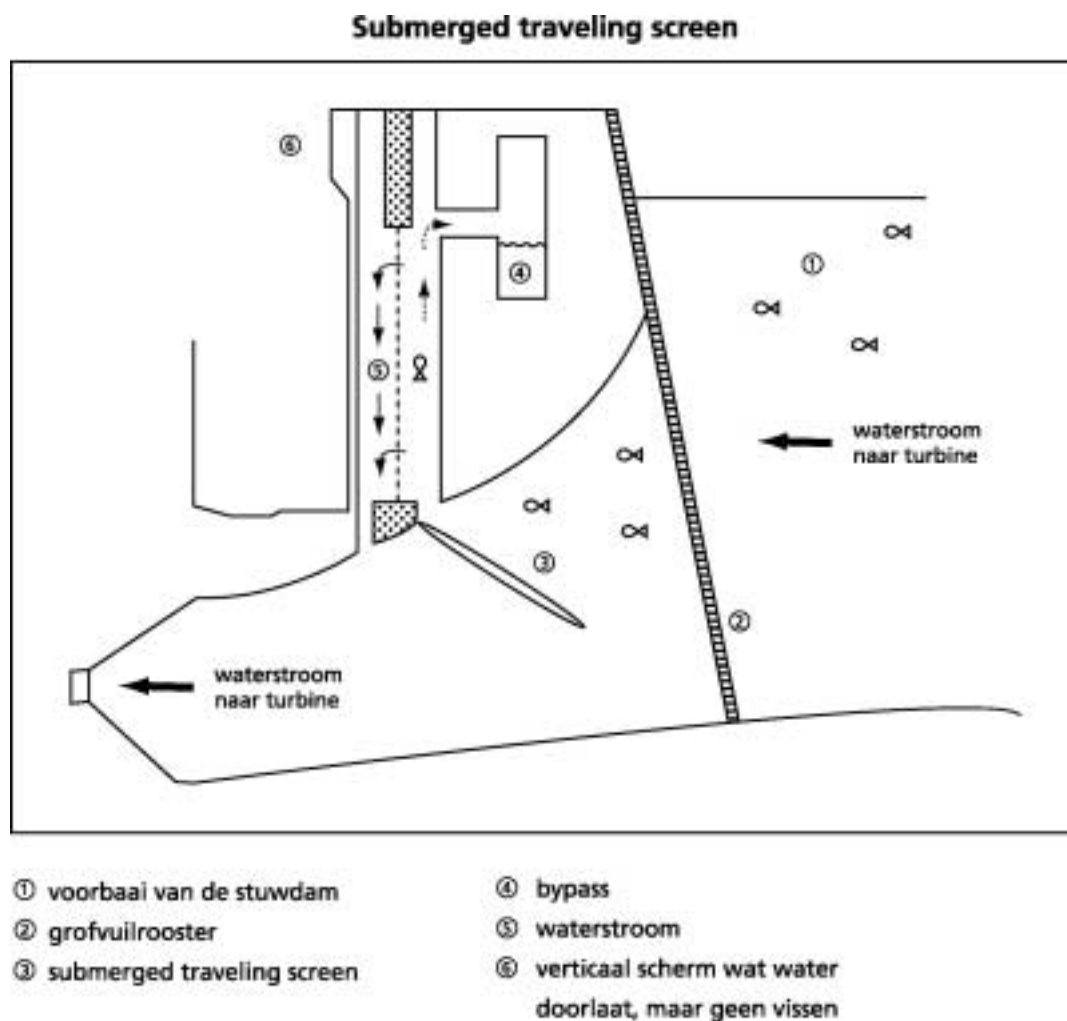
In figuur 3.6 is schematisch een opstelling te zien van een *submerged traveling screen*, zoals die wordt gebruikt bij de waterkrachtcentrales aan de Columbia and Snake Rivers.

Het visgeleidingssysteem bestaat uit een screen (openingen ± 6 mm) dat de vis opwaarts leidt naar de *gatewell* (ruimte bij de sponning van de inlaatpoort). In de *gatewell* zijn schermen aanwezig, waarlangs de vis naar een bypass wordt geleid. Via de bypass komt de vis terecht in een opslagruimte of in het uitstroomkanaal van de turbine (afhankelijk van lokale omstandigheden).

De lengte van de *submerged traveling screens* ligt in de meeste gevallen rond 6 m. De hoek waaronder deze geplaatst worden, is ongeveer 50° en is afhankelijk van de vorm van het plafond van de turbine-inlaat en de aard van het materiaal gebruikt voor het scherm.

De stroomsnelheid in de turbine-inlaat ligt tussen 1.2 en 2.1 m/s, terwijl het debiet (per inlaat) varieert tussen 142 en 180 m³/s. Per turbine zijn er 3 inlaten [Williams, 1990]. Furguson [1992] noemt een gewicht van 35 ton (!) voor één enkel scherm met de standaardafmetingen van 6 bij 6 m. Om één turbine af te schermen zijn dus 3 schermen noodzakelijk.

Williams [1990] stelt dat het stroomsnelheidspatroon in de turbine-inlaat van belang is voor een efficiënte geleiding. Een efficiënte geleiding van zalmachtigen is alleen gewaarborgd bij een ononderbroken stroming langs de schermen. Wanneer de stroomsnelheid vanaf het meest stroomafwaarts gelegen deel van het *submerged traveling screen* naar het plafond van de inlaat toe groter wordt, ontstaan gunstige condities voor geleiding. Neemt de stroomsnelheid af in de richting van het plafond, dan zullen de zalmachtigen dieper in de waterlaag gaan zwemmen en zo het scherm omzeilen waardoor het scherm ineffectief is.



Figuur 3.6

Schematisch zijaanzicht van een *submerged traveling screen* wat is geïnstalleerd in een *penstock*

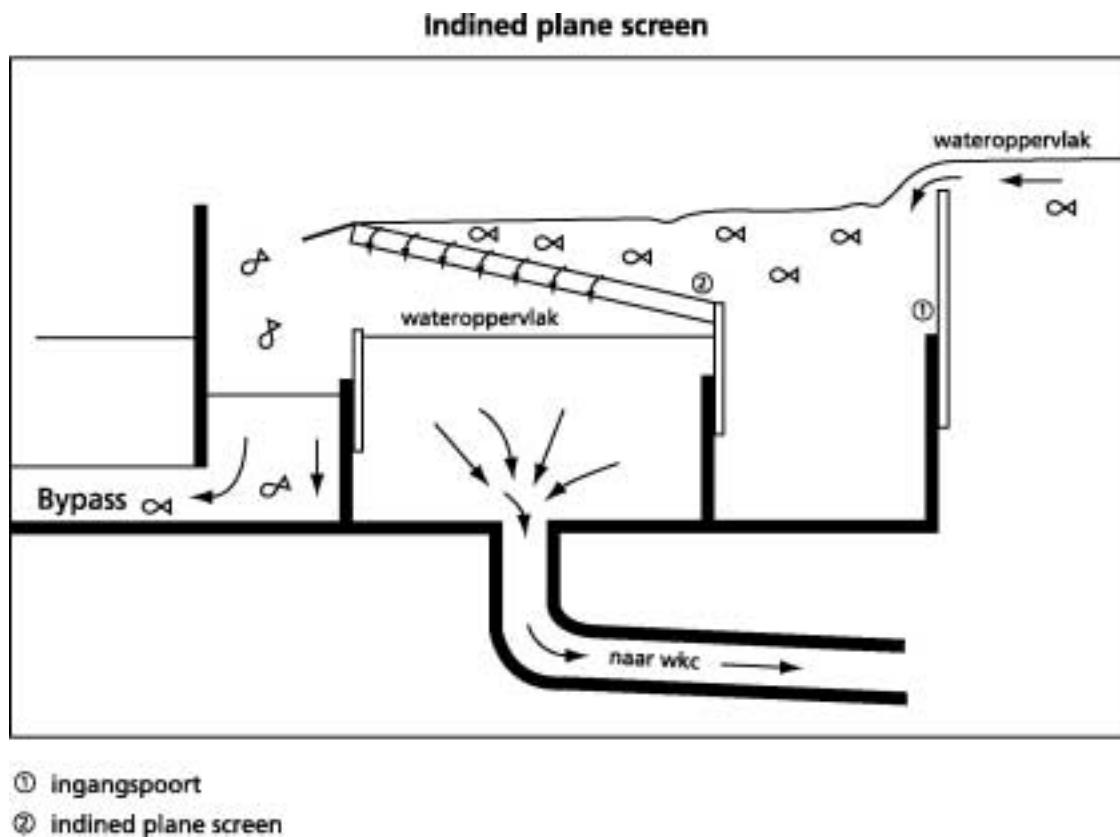
inclined plane screens

Het *inclined plane screen* is een horizontaal scherm, waarmee vis naar boven of naar beneden in de waterkolom richting bypass kan worden geleid. Het scherm is veel toegepast in het westen van de Verenigde Staten en in Canada, in situaties waarbij het gaat om het afschermen van een relatief gering debiet [Wolf, 1950; Ruggles, 1992]. Figuur 3.7 geeft een voorbeeld van een *inclined plane screen*, de Pelton 'skimmer'. Het betreft hier een systeem dat in gebruik was bij het Pelton Hydroelectric project tot in het begin van de jaren '70. Door de 'skimmer' werd de vis geconcentreerd in een relatief klein volume water, waarna transport naar het uitstroomkanaal kon plaatsvinden [Eicher; 1958].

Het scherm kan worden gemaakt van geperforeerde plaat, metaalgaas, houten en metalen staven en *wedge-wire* [Ruggles, 1992].

Een *inclined plane screen* van *wedge-wire* (draaddikte 2 mm, openingsgrootte 2 mm) is in gebruik bij T.W. Sullivan waterkrachtcentrale (Willamette Falls), bij 1 van de 13 turbines. Het betreffende scherm (7 m lang) is geplaatst in de aanvoerpijp ('*penstock*', diameter 3.5 m) naar de turbine, onder een hoek van 19° ten opzichte van de waterstroom.

De gemiddelde stroomsnelheid in de aanvoerpijp is 1.5 m/s. De aanstroomsnelheid van het scherm ligt rond de 0.5 m/s. De stroomsnelheid in de bypass is even groot als de gemiddelde stroomsnelheid in de aanvoerpijp. Hierdoor, en door de geringe hoek van het scherm en door het gladde oppervlak is het scherm zelfreinigend [Taft, 1986].



Figuur 3.7
Schematisch zijaanzicht van een *inclined plane screen*

eicher pressure screen

Het *eicher pressure screen* is in feite een *inclined plane screen* dat is ontworpen voor toepassing bij wkc's met *penstocks*. Het concept van dit '*passive pressure*' screen was gepatenteerd in de Verenigde Staten en Canada door George Eicher. Vaak wordt gesproken van het *eicher screen*.

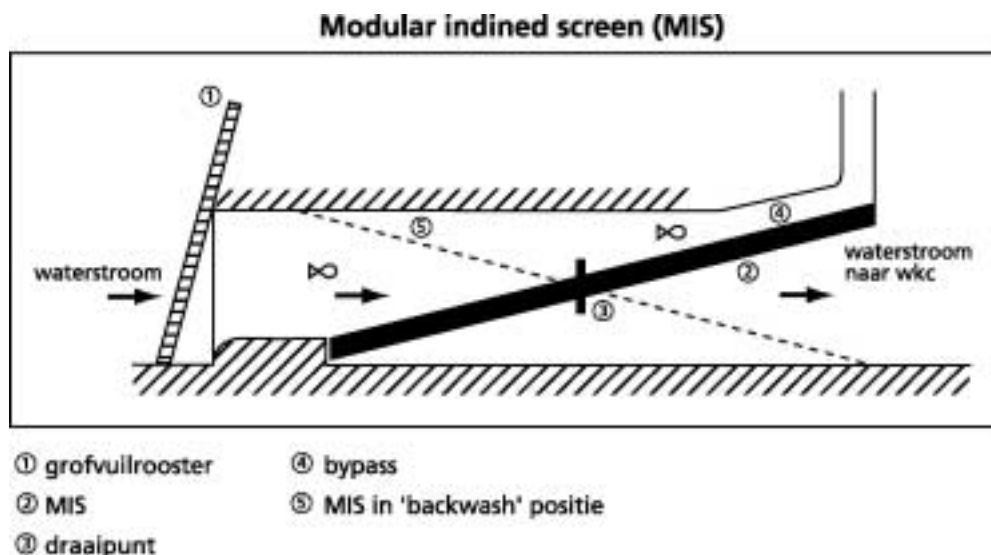
modular inclined screen (MIS)

Het *modular inclined screen* is ontwikkeld door Stone & Webster Environment Services in opdracht van EPRI (Electric Power Research Institute) [Taft et al., 1992].

Het ontwerp is in wezen een verdere ontwikkeling en aanpassing van het *eicher pressure screen*. Bij de ontwikkeling van het *modular inclined screen* stond dan ook voorop dat het toegepast moest kunnen worden bij allerlei vormen van wateronttrekking.

Het *modular inclined screen* (figuur 3.8) heeft aan de voorzijde een grofvuil rooster en is aan de voor- en de achterzijde afsluitbaar. Het bevat een *wedge-wire* scherm, onder een kleine hoek van 10° tot 20° met de stroomrichting van het water (afhankelijk van de te beschermen vissoorten en vislengtes). Hierdoor wordt het transport van de vis over het rooster vergemakkelijkt en wordt visschade voorkomen. Het scherm is draaibaar om een centrale as waardoor doorspoeling in omgekeerde richting plaats kan vinden zodat het verzamelde vuil met de waterstroom automatisch van het scherm wordt gespoeld ("*backwash*" positie). Aan de achterzijde van het geheel bevindt zich een bypass. Het *wedge-wire* scherm heeft een lengte van 8.4 m en een breedte van 3 m.

Een standaard module, met vuilrooster en bypass, heeft een lengte van 13.5 m en een capaciteit van 13.5-27.0 m/s bij een stroomsnelheid van maximaal 3 m/s (afhankelijk van de ingestelde hoek). Een MIS kan per module max. 27 m/s water verwerken [Vriese, 1992].



Figuur 3.8

Vereenvoudigd schematisch zijaanzicht van het *modular inclined screen*

cylindrical wedge-wire screens

Wedge-wire screens bestaan uit "V" of "Wedge-Wire" vormig draad (zie figuur 3.4) dat is vastgelast op een dichte cilindervormige constructie. Deze constructie staat vast op de bodem en heeft alleen een opening naar beneden richting de aanvoerbuizen van een waterkrachtcentrale. Alleen water

kan door de sleuven van het systeem heen naar de aanvoerbuizen. Vissen kunnen niet door de sleuven passeren en blijven achter [EPRI, 1999].

rotary disc screens

Rotary disc screens zijn ronde platte schermen die zijn ontworpen voor toepassing bij lage stroomsnelheden en waar de waterspiegel relatief constant is. Vuil wat wordt verzameld op het systeem wordt doorgespoeld naar het bovenstaande water waar het wordt weggesluisd.

gunderboom

De *Gunderboom* is een relatief nieuw ontwikkeld visgeleidingssysteem. De *Gunderboom* is een systeem dat is vervaardigd door een proces waarbij draden van polyestervezels zijn verwerkt tot een mat. Deze mat is opgerold tot een speciale dikte en vervolgens verder bij elkaar geperst door een proces wat "*needle punching*" heet. In dit proces worden de verschillende vezellagen met elkaar gemixt waardoor de sterkte en de duurzaamheid van de mat wordt verbeterd. Het eindresultaat is een permeabel gordijn wat drijft op het water en kan worden verankerd rondom de inlaat van een koelwater installatie systeem.

elektromechanisch visgeleidingssysteem

Het elektromechanisch visgeleidingssysteem is in Duitsland ontwikkeld door Halsband (Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg) en Marzluf (Geiger GmbH), speciaal voor toepassing bij waterkrachtcentrales. De twee belangrijkste componenten van het systeem zijn een elektrische visbarrière en een mechanisch geleidingssysteem dat de vis naar een bypass voert [Vriese, 1992].

Het mechanische geleidingssysteem bestaat uit een in de lengterichting doorsneden buis met een diameter van 0.5-0.8 m. Afhankelijk van de locale omstandigheden, loopt deze halve buis onder een hoek van 45° met de stroomrichting van het water over de gehele breedte van het aanvoerkanaal richting bypass, ofwel zijn er twee buisdelen, georiënteerd in de vorm van een gelijkzijdige driehoek, die in de richting van de waterkrachtcentrale samenkomen in de bypass. De bypass bestaat uit een buis met een diameter van 0.4-0.6 m., afhankelijk van het totale debiet door de waterkrachtcentrale. De bovenzijde van de halve buis (ofwel van beide buisdelen) dient op dezelfde diepte te liggen als de bodem van een turbine-inlaat. Hiertoe wordt de bodem van het aanvoerkanaal vanaf een afstand van ten minste 15 m. voor het begin van het mechanische geleidingssysteem gelijkmatig verlaagd, zodat een hellend vlak ontstaat in de richting van de halve buis [Vriese, 1992].

De elektrische visbarrière bestaat uit een aantal horizontaal gerangschikte elektroden aan de bovenzijde van de halve buis, op een hoogte van 0.5-1.0 m. De elektrische barrière loopt over de gehele lengte van de halve buis. Stroomafwaarts migrerende vis volgt het hellende vlak en wordt, wanneer de stroomsnelheid langs de halve buis groot genoeg is, vanzelf naar de bypass geleid. Wanneer de vis toch probeert over de halve buis te ontsnappen, komt deze in het elektrische veld en wordt richting bodem afgeweerd [Halsband & Halsband, 1992].

hydro-combine system

Voor de Wells dam aan de Columbia River is een speciaal smolt bypass systeem ontwikkeld. Bij deze dam wordt gebruik gemaakt van een '*hydro-combine*' (de enige in de Verenigde Staten). Bij een *hydro-combine* zijn twee functies, stuwen en energieopwekking, geïntegreerd. Het overlaten van water vindt plaats boven de turbine inlaten. De Wells dam heeft 10 turbines en 11 overlaten. De bodem van de overlaat ('*spill bay floor*') bevindt zich op een diepte van ongeveer 22 m onder het oppervlak. De bodem van de turbine-inlaat bevindt zich op ongeveer 40 m onder het oppervlak. Het bypass systeem maakt gebruik van

de overlaten. Hierbij worden deze als volgt aangepast: de verbinding tussen de overlaat en de turbine-inlaat wordt afgesloten ('*gate slot plug*'); zijwanden worden geïnstalleerd en de voorzijde van de overlaat wordt deels afgesloten met schotten ('*baffles*').

In totaal heeft de Wells dam 5 bypass units. Door het bypass systeem gaat 7% van het totale debiet.

Door het plaatsen van de schotten ontstaat een sterke stroom ('*attractant flow*'), waardoor de smolts van de soorten *Oncorhynchus tshawytscha*, *Oncorhynchus mykiss* en *Oncorhynchus nerka* worden aangetrokken.

surface bypass collectors

Een nieuwe methode om smolts van zalmachtigen veilig langs turbines te leiden is de zogenaamde *surface bypass fish collector*. Deze systemen zijn bij diverse waterkrachtcentrales in grote dammen van de Columbia rivier aangelegd.

Het systeem bestaat uit een lange goot (lengte circa 100 m, hoogte 20 m en breedte 3 m) die voor de bovenrand van een stuwdam gebouwd wordt. Aan de voorzijde van deze goot bevinden zich een aantal verticaal georiënteerde openingen.

De werking van het systeem is gebaseerd op de relatief hoge instroomsnelheid voor de openingen, waardoor de vis wordt aangetrokken en door de situering in de bovenste waterlaag, waar de smolts zich bevinden. Vissen komen via de openingen in het kanaal terecht en worden via een bypasskanaal verder geleid langs de turbine. Dit bypasskanaal kan de vis zowel in de rivier lozen als in een verzamelsysteem, waarna de vis met een boot stroomafwaarts wordt getransporteerd naar het estuarium [Hadderingh, 2000].

louver systemen

Het louver systeem werd ontwikkeld in 1955 [Bates & Visonhaler; 1956] en is sinds die tijd vele malen succesvol toegepast bij allerlei vormen van wateronttrekking. Het louver systeem bestaat uit een rij verticale lamellen onder een bepaalde hoek met de stroomrichting van het water, leidend naar een bypass. De lamellen zelf staan onder een hoek van 90° met de stroomrichting waarbij het water door de verticale spleten heen stroomt. Ter plaatse van de lamellen ontstaat onder andere een verandering van de stroomrichting van het water. Deze verandering wordt door de vis als 'onplezierig' ervaren [Solomon; 1992], waardoor de vis zich in de richting van de bypass laat leiden. Hierbij moet worden bedacht dat de vis met de kop tegen de stroom in stroomafwaarts gaat (zie figuur 3.9). De zwemrichting van de vis is dan ook tegen de stroom in.

De werking van het louver systeem berust op hydromechanische prikkels, het valt daarom eigenlijk onder de categorie gedragssystemen. In dit onderzoek wordt het systeem echter bij de mechanische systemen ingedeeld vanwege de omvang en de opstelling van het systeem.

De effectiviteit van het geleidingssysteem wordt bepaald door de lengte en de zwemcapaciteit van de vis, door de hoek waaronder het louver systeem is opgesteld en door de aanstroomsnelheid van het water.

Het één en ander wordt duidelijk uit figuur 3.10, met een vectoranalyse van geleiding langs louvers. Hierbij is V_a de stroomsnelheid van het water. V_s is de zwemsnelheid van de vis. V is de resulterende verplaatsing van de vis en θ de hoek van het louver systeem ten opzichte van de stroom. Wanneer de hoek θ groter is, dan moet de zwemsnelheid van de vis eveneens groter zijn, wil de verplaatsing van de vis groot genoeg zijn om bij de bypass te komen [Bates *et al.*; 1960].

De onderlinge afstand tussen de lamellen is variabel; aan de stroomopwaartse zijde van het louver systeem is deze vaak groter dan aan de stroomafwaartse zijde. Goede resultaten worden bereikt met een

afstand van 30 cm stroomopwaarts, vernauwend tot een afstand van 5 cm nabij de bypass. Wel is er een verband tussen de maximaal toelaatbare afstand tussen de lamellen en de lengte van de te geleiden vis [Ducharme; 1972]. Voor een evenwichtige doorstroming is de toepassing van 'flow straightners', parallel aan de stroom (de verticale lijntjes getekend bij de lamellen in figuur 3.9) noodzakelijk. Louvers kunnen worden gebruikt in een opstelling zoals in figuur 3.10; diagonaal over het waterlichaam, maar ook in de vorm van een **V**, met de bypass in het punt van samenkomst van de twee armen. Ook worden meerdere **V**-vormige opstellingen naast elkaar gebruikt, afhankelijk van de hoeveelheid ruimte die bij de betreffende locatie beschikbaar is [Vriese, 1992].

Louvers worden stroomopwaarts van grofvuilroosters geplaatst, en zijn niet voorzien van automatische reinigingsinstallaties en lopen daarom kans aanzienlijk te vervuilen [Haddingh, 2000].

drijvend louver systeem

Door Ruggles [1990] is een nieuwe toepassing van het louver systeem bedacht, gebaseerd op het feit dat zalmsmolts en stroomafwaarts migrerende clupeïden eigenlijk alleen gebruik maken van de bovenste waterlagen. Het is geïnstalleerd nabij een waterkrachtcentrale in een kanaal met een breedte van 45 m en een maximaal debiet van 200 m/s. Het louver systeem heeft een lengte van 157 m en is onder een hoek van 14° opgesteld.

fish pumps

Fish pumps zijn oorspronkelijk niet ontworpen om te gebruiken als een visgeleidingssysteem. *Fish pumps* dienen meestal dan ook als hulpmiddel bij visgeleidingssystemen om vissen te transporteren richting de bypass of om ze terug te zetten vanuit de bypass in de rivier stroomafwaarts.

controlled spilling

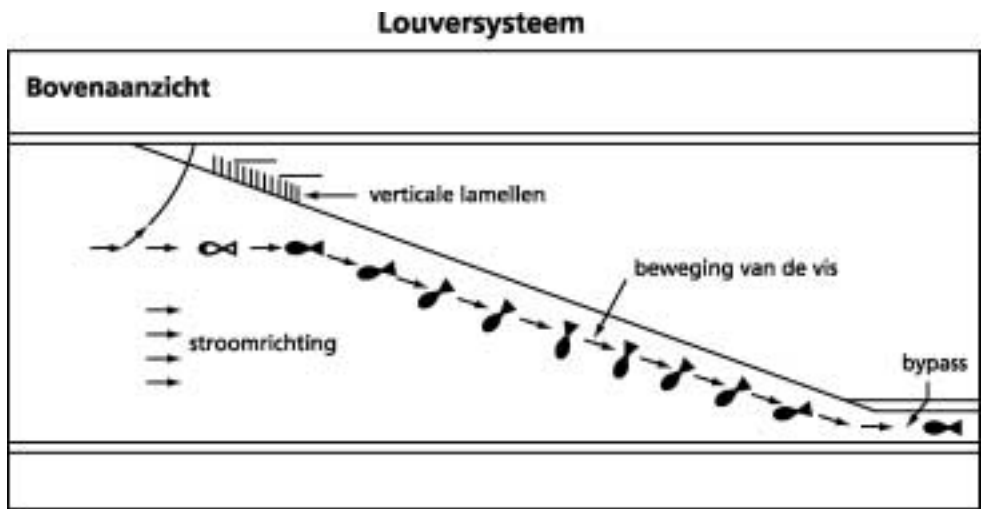
Bij *controlled spilling* wordt op opzettelijke wijze water over de stuw of dam gelaten.

transportation

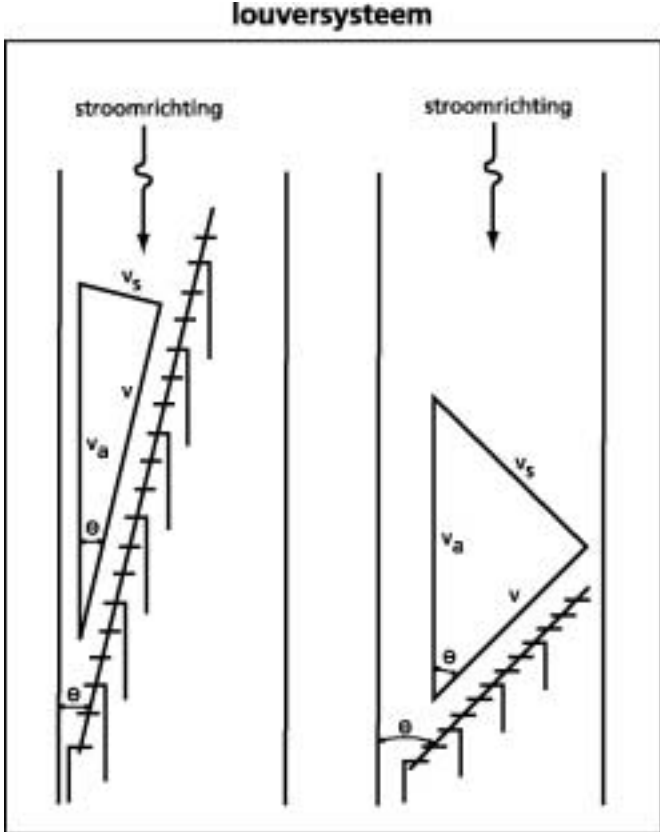
Transportation wordt veel toegepast bij aal. Bij dit proces wordt aal stroomopwaarts uit de rivier gevestigd en opgeslagen in tanks. Deze tanks worden naar stroomafwaarts gelegen rivierdelen getransporteerd waar de aal weer wordt vrijgelaten. Hierdoor hoeft de vis geen wkc of ander obstakel in de rivier te passeren.

andere visgeleidingssystemen

Bij een aantal dammen in de Verenigde Staten bestaan mogelijkheden om stroomafwaarts migrerende vis via openingen (*orifices*) of overloopsystemen naar ijssluzen of andere bypasses te leiden. In de *gatewells* verzamelen zich vaak stroomafwaartse migranten. Om deze naar het water achter de dam te kunnen leiden, worden openingen in de *gatewells* gemaakt, die uitkomen in de ijssluzen. Vele van deze systemen zijn geïncorporeerd in later ontwikkelde visgeleidingssystemen



Figuur 3.9
Schematisch bovenaanzicht van het louversysteem



Figuur 3.10
Schematisch bovenaanzicht van het louversysteem [uit: bates et al., 1960]

toepassingen van licht

Licht kan worden gebruikt als zelfstandige prikkel, waarbij het de bedoeling is dat vis door bepaalde vormen van licht wordt aangetrokken of afgestoten, of ter ondersteuning van de oriëntatie van de vis. Door bijvoorbeeld water-inlaatpunten te verlichten d.m.v. continue verlichting in een donkere situatie, is vis in staat zich te oriënteren ten opzichte van de omgeving, waardoor bijvoorbeeld inzuiging in koelwaterinlaten kan worden vermeden.

Om vis te weren wordt zowel van flitslicht (stroboscooplampen) als van continue verlichting gebruik gemaakt. Voor het aantrekken van vis wordt alleen gebruik gemaakt van continue verlichting zoals kwikdamplampen en gloei lampen.

toepassingen van geluid

Het gebruik van geluid om vis te geleiden of te verjagen, is vele jaren onderwerp van onderzoek geweest. Verschillende geluidssystemen voor toepassing bij visgeleiding zijn ontworpen. Voornamelijk worden *high-frequency*, *low-frequency* en *infrasound generators* gebruikt. Een beschrijving van de andere ontwikkelde geluidssysteem volgt hieronder.

- popper

Een Popper is een gemodificeerd luchtkanon afkomstig van seismologisch onderzoek en produceert een hoge druk luchtbel (geluid met een lage frequentie 50-60Hz en grote amplitude)[Vriese, 1992].

Het apparaat produceert een breedband geluid met frequenties tussen 20 en 1000 Hz, met de meeste energie bij 60 Hz. Het signaal bestaat uit een piek van 2 ms en een sinusoidale nagalm van 150 ms [Haymes & Patrick, 1986].

- fish startle™ systeem

In de periode 1988-1991 heeft Sonalysts Inc. het FishStartle™ systeem ontwikkeld. Het betreft een elektronisch gecontroleerd geluidssysteem waarmee een reeks van frequenties, met verschillende intensiteiten, kan worden opgewekt om visgedrag te beïnvloeden.

Een uitgebreid onderzoek is hieraan voorafgegaan, waarbij in een veldopstelling werd onderzocht of geluid een vermijdingsreactie opleverde en hoe effectief de geluidsprikkel was. Tevens werden de akoestische kenmerken van het gebruikte geluid vastgelegd. Wanneer een geluid effectief bleek, werd aanvullend onderzoek gedaan, waarbij werd bepaald of gewenning van de vis aan het geluid optrad, of licht en temperatuur van invloed waren op de reacties van de vis of de reacties van de vis werden veroorzaakt door het geluidsniveau van het betreffende geluid of door de frequentie [Vriese, 1992].

- Loeffelman systeem

Loeffelman, Klinekt en Van Hassel van de American Electric Power Service Corporation hebben eveneens een geluidssysteem ontwikkeld om vis af te schrikken. De basis voor dit systeem werd gevormd door de ontdekking dat het geluid van de Racine waterkrachtcentrale vis afschrikt. Door dit geluid op te nemen en af te spelen wanneer de centrale niet in werking was, kon worden aangetroond dat vis op het geluid reageerde en niet op andere prikkels [Loeffelman *et al.*, 1991]. Loeffelman c.s. gaan er vanuit dat de geluiden, die door vis bij communicatie worden geproduceerd, moeten worden gebruikt om prikkels te creëren in het geluidsbereik waarvoor de vis het meest gevoelig is. Het gaat dan meestal om geluiden met een frequentie kleiner dan 2000 Hz. Het systeem bestaat uit een geluidsanalyse deel en een deel waarmee signalen kunnen worden geproduceerd.

Visgeluiden worden opgenomen in een akoestisch geïsoleerde ruimte. Tegelijkertijd worden video-opnamen van de vis gemaakt, zodat geluiden die niet door de vis worden geproduceerd, later kunnen worden uitgefilterd. Hierna worden de geluiden geanalyseerd en op basis hiervan wordt een signaal gegenereerd met behulp van de frequentiegenerator. De vissen worden daarna in een onderwater

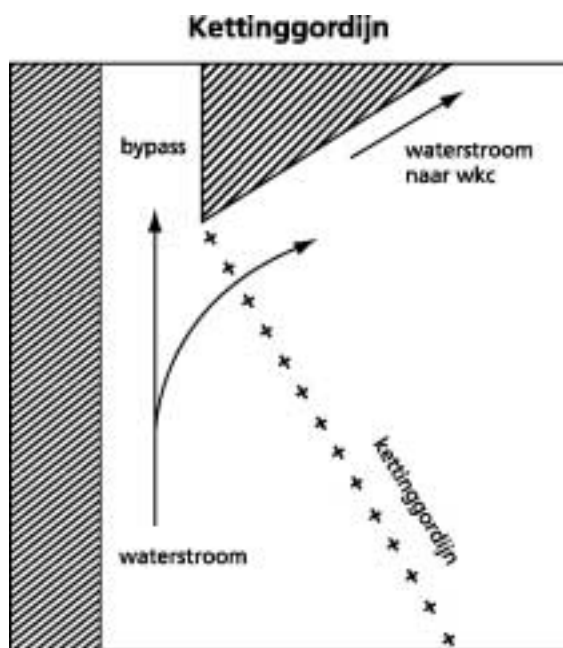
observatie kamer gebracht, die voorzien is van camera's of sonar apparatuur. Door de vis dan bloot te stellen aan het signaal en het gedrag te evalueren, kunnen uitspraken worden gedaan over de effectiviteit van de geluidsprikkel [Loeffelman *et al.*, 1991].

luchtbellen gordijnen

De werking van een luchtbellengordijn is gebaseerd op zijlijnsysteem van de vis. Door middel van compressoren en een systeem van leidingen over de waterbodem wordt een dicht en ononderbroken gordijn van luchtbellen gecreëerd, dat een barrière vormt voor vis. Aspecten van belang voor een effectieve werking zijn: de grootte van, en afstand tussen de luchtbellen (de diameter en de onderlinge afstand van de openingen in de leidingen), de luchtdruk en het volume van de uitgeblazen lucht, de lichtcondities en de stroomsnelheid ter plaatse, evenals de lay-out van de gedragsbarrière (loodrecht of onder een hoek met de stroomrichting van het water) en de aanwezigheid van bypasses. Bij de viswerende werking van luchtbellen gordijnen spelen tactiele, auditieve en visuele prikkels een rol.

ketting gordijnen

Naast het luchtbellengordijn bestaat ook het kettinggordijn. Kettinggordijnen worden onder een hoek met de stroomrichting van het water geïnstalleerd en sluiten aan op de bypass waardoor de vis naar de bypass wordt geleid (figuur 3.11).



Figuur 3.11

Schematisch bovenaanzicht van een opstelling van een kettinggordijn

waterjet curtains

Dit zijn waterstraalgordijnen waarbij doormiddel van een systeem met buizen en pompen een waterstroming wordt gecreëerd onder een hoek ten opzichte van de stroomrichting van het water, waarbij geleiding naar een omleidingkanaal plaatsvindt [Vriese, 1992].

BAFF (bio acoustic fish fence)

Vaak worden gedragssystemen in combinatie met elkaar toegepast. Een voorbeeld hiervan is het BAFF systeem. Het BAFF systeem bestaat uit een rij geluidstransducers en een luchtbellengordijn. In een BAFF systeem wordt het geluid opgesloten in een gordijn van luchtballen, waardoor een "geluidsmuur" ontstaat, waarmee naast een barrièrefunctie ook een geleidingsmogelijkheid wordt gecreëerd [Hadderingh, 2000].

elektrische geleidingssystemen

De toepassing van elektriciteit om vis te geleiden wordt voornamelijk gebruik gemaakt van de vluchtreactie van vis, wanneer deze in een elektrisch veld terechtkomt. De reacties die optreden als gevolg van prikkeling door elektrische stroom (het waarnemen van het elektrisch veld, de vluchtreactie, elektrotaxis en elektronarcose) zijn per vissoort gekoppeld aan een bepaalde lichaamsspanning. Vaak wordt bij toepassing van elektriciteit tussen twee anodes in het water een elektrisch veld opgewekt.

Aantrekking, elektronarcose en tetanus moeten zoveel mogelijk worden vermeden, omdat sterfte en een grotere gevoeligheid voor predators hierdoor in de hand kunnen worden gewerkt [Vriese, 1992].

Beoordeling visgeleidingssystemen

4.1 waar een goed visgeleidingssysteem aan moet voldoen

Het uitgangspunt is om geen negatieve neveneffecten te veroorzaken voor vis bij energieopwekking door waterkracht. Een goed visgeleidingssysteem zal daarom aan verschillende criteria moeten voldoen. De acht evaluatiecriteria op basis waarvan de visgeleidingssystemen worden beoordeeld zijn zowel biologisch als technisch en economisch van aard:

Tabel 4.1

Criteria op basis waarvan een visgeleidingssysteem moet worden beoordeeld

Biologisch	Economisch	Technisch
Soorten vis	De kosten	De toepasbaarheid
Vislengte		Het onderhoud en schoonmaak
Het geleidingspercentage		Ontwikkelingsstatus
De indirecte sterfte		

Hieronder volgt een toelichting bij elk criterium.

1. Soorten vis

In de rivieren leven verschillende rivierstandvissoorten en trekvissoorten naast elkaar. Belangrijk is dat een visgeleidingssysteem dan ook voor elke vissoort werkzaam is. De ecologische eigenschappen van een vis verschillen nogal per soort. Vissoorten zoals zalm, zee- en beekforel, elft en fint migreren in de bovenste lagen van de waterkolom terwijl vissoorten zoals de aal en de barbeel zich vlak langs de bodem voortbewegen [Vriese, 1992]. Bepaalde vissoorten worden juist aangetrokken door plekken in de rivier waar de stroming het sterkst is en andere niet.

De manier waarop een vis reageert op een prikkel van buitenaf verschilt per soort. Niet elke vissoort wordt aangetrokken of afgeschrokken door dezelfde prikkel. Paling bijvoorbeeld mijdt gebieden die zijn verlicht terwijl zalm juist wordt aangetrokken door licht. Een goed visgeleidingssysteem moet daarom zo ontworpen worden dat alle verschillende vissoorten zowel riviervissen als trekvisen zodanig

door het systeem worden beïnvloed dat ze niet door de turbines passeren en hiervan wegzwemmen en via een bypass weer aan de andere kant van de waterkrachtcentrale in de rivier terechtkomen. Het systeem moet daarvoor effectief zijn over de gehele waterkolom. Een goed werkend visgeleidingssysteem houdt rekening met deze soortspecifieke verschillen. Systemen die de geleiding van een of meerdere doelsoorten niet kunnen waarborgen zijn, gezien het uitgangspunt, niet geschikt.

2. Vislengte

De lengte van de vis is een factor die van groot belang is bij de keuze van het visgeleidingssysteem. Vissoorten verschillen in lengte en grootte. Een zalm is breder en groter dan een aal die dun en lang is.

De kleinste lengte heeft een vis als zijn leven begint als eitje. Vervolgens groeit deze uit tot een vislarve. Eenmaal het stadium van een vislarve voorbij spreken we over juveniele vissen (bij zalmachtigen worden deze smolts genoemd), dit zijn onvolwassen vissen die uiteindelijk zullen uitgroeien tot het laatste levensstadium als volwassen vis. De gemiddelde lengte van een levensfase verschilt ook per vissoort. De lengte van een juveniele zalm ligt tussen de 10-20 cm terwijl een juveniele elft een lengte heeft van maar 5 cm. Een volwassen blauwbandgrondel heeft als volwassen vis een maximale lengte van 6 cm terwijl een volwassen paling een lengte kan aannemen van 70 cm.

Ook de gevolgen van passage door turbines verschillen per lengte en levensfase. Zo zijn grote en lange vissen het meest kwetsbaar wanneer ze de turbines van een waterkrachtcentrale passeren doordat zij een grotere kans hebben om met de turbine onderdelen in aanraking te komen. De kans van een vislarve om in aanraking te komen met turbine onderdelen is kleiner maar daarentegen is een vislarve kwetsbaarder voor drukverschillen dan een juveniele of volwassen vis.

De grotere kwetsbaarheid van bepaalde levensfasen kan de werking van een visgeleidingssysteem beïnvloeden. Bij een mechanisch visgeleidingssysteem zoals bijvoorbeeld een grofvuilrooster is de kans op verwondingen groter voor een onvolwassen vis dan voor een volwassen vis. Vanwege zijn minder grote zwemcapaciteit is de kans groot op *impingement*. Ook onbewegelijke levensstadia (eitjes en larven) zijn vaak onderhevig aan *impingement* bij mechanische visgeleidingssystemen zoals *screens*. Het is daarom belangrijk dat een visgeleidingssysteem geen onderscheid maakt tussen grote of kleine vissen. Een goed werkend visgeleidingssysteem waarborgt een veilige geleiding voor alle lengtes.

3. Het geleidingspercentage

Met het geleidingspercentage wordt bedoeld; de kans die een vis heeft om weggeleid te worden door het visgeleidingssysteem en dit te overleven. Is het geleidingspercentage 100% dan betekent dit dus dat alle vissen geheel veilig worden weggeleid van de turbine- inlaat door het visgeleidingssysteem. Als het geleidingspercentage 50% is dan betekent dit dat maar de helft van de vissen veilig weggeleid wordt van de turbines en dat de andere helft of dood gaat doordat ze verwondingen hebben opgelopen door het visgeleidingssysteem of dat ze simpelweg niet worden tegengehouden door het visgeleidingssysteem en toch de turbines passeren.

In de literatuur wordt vaak gesproken over het "overlevingspercentage" van een visgeleidingssysteem. Wanneer hiermee het overlevingspercentage wordt bedoeld dat is gemeten over de groep vissen die weggeleid is door het systeem, wordt dit gezien als het geleidingspercentage zoals hierboven besproken.

Wanneer er wordt gesproken over het geleidingspercentage of het overlevingspercentage van een visgeleidingssysteem heeft dit percentage altijd betrekking op de vissoorten waarvoor het systeem werkzaam is. Belangrijk is dat een systeem maximale geleidingspercentages heeft. Gestreefd wordt naar

een percentage van 100% voor elke vissoort. In het kader van een hoge cumulatieve overleving is een hoog geleidingspercentage per geïnstalleerd visgeleidingssysteem van belang. Wanneer een vis meerdere visgeleidingssystemen passeert tijdens de migratietrek kan de cumulatieve sterfte behoorlijk toenemen als de systemen niet goed werken. Een door een visgeleidingssysteem beschadigde vis heeft een grote kans om bij het volgende systeem weer schade op te lopen. Een goed werkend visgeleidingssysteem is daarom belangrijk zodat oplopende vissterfte en beschadigingen zoveel mogelijk worden voorkomen.

4. Indirecte sterfte

Indirecte sterfte treedt op wanneer een vis die door een visgeleidingssysteem succesvol wordt weggeleid van een waterkrachtcentrale na verloop van tijd toch sterft.

Het kan zijn dat een vis verwondingen oploopt door het visgeleidingssysteem en hier niet meteen aan sterft maar pas een tijd daarna. Predatie kan ook een oorzaak zijn van indirecte sterfte. Doordat de vis geleid wordt door het visgeleidingssysteem en de eventuele vertraging die de vis oploopt in zijn migratie kan de vis gedesorïenteerd raken. Hierdoor wordt de vis een makkelijkere prooi voor predatoren. Belangrijk is dat de indirecte sterfte door toedoen van het systeem zo beperkt mogelijk is.

5. Kosten

Wat een visgeleidingssysteem kost is afhankelijk van het soort visgeleidingssysteem, de omvang van het visgeleidingssysteem en het materiaal waaruit het systeem is gebouwd. Daarnaast zijn de kosten voor het installeren van een visgeleidingssysteem verschillend per systeem en locatie. In sommige gevallen is een verbouwing aan een wkc een vereiste voordat een bepaald visgeleidingssysteem kan worden geïnstalleerd. Wanneer dit het geval is kunnen de kosten aanzienlijk hoger oplopen. Het ideaal beeld is een visgeleidingssysteem wat goed werkt tegen lage kosten. Gezocht wordt daarom naar een redelijk betaalbaar visgeleidingssysteem.

6. Toepasbaarheid

Elk visgeleidingssysteem stelt zijn eigen eisen wat betreft de werking van het systeem. Dit heeft zijn voor- en nadelen. Bepaalde visgeleidingssystemen zijn alleen ontworpen voor locaties met een lage stroomsnelheid en functioneren niet goed bij hoge stroomsnelheden. Ook zijn niet alle visgeleidingssystemen bij elke wkc toepasbaar. Dit hangt af van het ontwerp van de wkc en de ligging ten opzichte van de rivier. Sommige visgeleidingssystemen hebben expliciete installeringseisen zodat ze maar op een enkele locatie toepasbaar zijn.

Het trekken van vissen tussen verschillende locaties vind continu plaats ongeacht dag of nacht of seizoen. Belangrijk is daarom dat de werking van een visgeleidingssysteem overdag en 's nachts gelijk is en dat ook de verschillende omstandigheden van de jaargetijden niet van invloed zijn op het functioneren van het systeem. Eventuele vorst en troebelheid van het water mag geen invloed hebben op de werking van het systeem. Het beste is een visgeleidingssysteem dat 24 uur per dag werkt en dat het hele jaar door effectief is.

Installeringseisen die worden gesteld door een visgeleidingssysteem worden als minder zwaarwegend geacht bij de beoordeling wat betreft de toepasbaarheid van een systeem dan de andere voorwaarden die het systeem stelt voor een goede werking. De reden hiervoor is dat het belang van de vissen voorop staat. De locatie kan immers worden aangepast of indien nodig kan een wkc verbouwd worden wil men perse een bepaald systeem toepassen.

7. Onderhoud en Schoonmaak

Hoe onderhoudsintensief een visgeleidingssysteem is verschilt per visgeleidingssysteem. Een visgeleidingssysteem kan een zelfreinigende werking hebben maar kan ook een arbeidsintensieve reiniging vereisen. Daarnaast zijn er systemen die een automatisch mechanisme hebben dat het systeem reinigt. Hoe vaak een systeem een onderhoudsbeurt nodig heeft is verschillend. Dit kan variëren van dagelijks tot maandelijks.

Meer onderhoud betekent meer kosten. De kosten van een goedkoop systeem kunnen uiteindelijk hoog oplopen doordat het systeem minder duurzaam en onderhoudsbehoefstig is.

8. Ontwikkelingsstatus

Veel van de ontworpen systemen zijn al in gebruik genomen in de praktijk. Er zijn echter ook visgeleidingssystemen ontworpen waarvan de werking tot nu toe alleen experimenteel getest is in een laboratorium of in een veldexperiment. Het kan ook voorkomen dat een nieuw ontwikkeld systeem alleen op papier staat beschreven. In het onderzoek naar visgeleiding zijn drie niveaus van onderzoek te onderscheiden:

- Praktijkonderzoek, waarbij de effectiviteit van een visgeleidingssysteem dat al in gebruik is bij een wkc wordt gemeten.
- Veldonderzoek, waarbij de effectiviteit van een visgeleidingssysteem wordt gemeten onder praktijk condities. Het systeem is hier nog niet op ware grootte geïnstalleerd bij een wkc.
- Laboratorium experimenten, waarbij de effectiviteit van een visgeleidingssysteem wordt gemeten onder nagebootste praktijk condities.

Wanneer de effectiviteit van een systeem herhaaldelijk getest is en onder praktijksituaties effectief bleek te zijn, mag gesteld worden dat het systeem een betrouwbare werking heeft. Goede resultaten behaald door een systeem dat enkel en alleen getest is onder laboratorium condities geven niet automatisch een goede garantie voor goede resultaten in praktijksituaties. Om een goed inzicht te krijgen over de werking van een visgeleidingssysteem is het belangrijk dat een systeem herhaaldelijk in het laboratorium is getest en onder veld- of praktijkcondities.

4.2 de beoordelingsmaat per criterium

Bij elk visgeleidingssysteem wordt er per criteria een beoordeling gegeven in de vorm van een ++, +, +/-, -, --. Wanneer er in de literatuur geen informatie is gevonden betreffende een bepaald criterium of onduidelijkheden bestaan wordt dit in de beoordelingstabel aangegeven met een ?.

1. Soorten vis

- ++ Het systeem is werkzaam voor alle soorten rivierstandvissen *en* trekvissen. Ook is het systeem werkzaam over de gehele waterkolom, vissen die zich in de bovenste delen van de waterkolom bevinden worden tegengehouden als zowel vissen die zich vlakbij de bodem verplaatsen
- + Het systeem is alleen werkzaam voor de belangrijkste doelsoorten trekvissen of rivierstandvissen en het grootste deel van de passerende vissoorten. Het systeem werkt wel over de gehele waterkolom

- +/- Het systeem werkt voor alleen het bovenste deel van de waterkolom of het systeem werkt alleen voor het onderste deel van de waterkolom
- Het systeem is niet werkzaam over de gehele waterkolom en is alleen werkzaam voor de belangrijkste doelsoorten vissen. *Of* het systeem is alleen werkzaam voor trekvisseren of alleen voor riviervissen
- Het systeem is werkzaam voor maar enkele soorten (1 à 2 soorten) en niet werkzaam over de gehele waterkolom.
Of, de werking van het systeem is twijfelachtig doordat er tegenstrijdige resultaten zijn verkregen of doordat er geen herhaalde resultaten zijn verkregen

Onder doelsoorten worden hier de volgende vissoorten verstaan:
Trekvissoorten als zalmachtigen of paling en rivierstandvissoorten die in de betreffende literatuur als prioritaire doelsoorten worden beschouwd

2. Vislengte

- ++ Het visgeleidingssysteem is werkzaam voor alle vislengten en levensfasen
- + Het visgeleidingssysteem is werkzaam voor juveniele vis en volwassen vis van alle lengten
- +/- Het visgeleidingssysteem is werkzaam voor juveniele en volwassen vis
- Het visgeleidingssysteem is werkzaam voor alleen de grotere vissen
- Het visgeleidingssysteem is werkzaam voor alleen één bepaalde lengte en/of levensfase

3. Het overlevingspercentage

- ++ Het visgeleidingssysteem heeft een overlevingspercentage van 98-100%
- + Het visgeleidingssysteem heeft een overlevingspercentage van 95-98%
- +/- Het visgeleidingssysteem heeft een overlevingspercentage van 90-95%
- Het visgeleidingssysteem heeft een overlevingspercentage van 85-90%
- Het visgeleidingssysteem heeft een overlevingspercentage van $\leq 85\%$

4. De indirecte sterfte

- ++ Er is geen indirecte sterfte aanwezig
- + Indirecte sterfte is $< 5\%$
- +/- Indirecte sterfte is $5 \leq 10\%$
- Indirecte sterfte is $10 \leq 15\%$
- Indirecte sterfte is $> 15\%$

5. Kosten

- ++ Kosten in de literatuur aangegeven als "hoog"
- + Kosten van het MIS
- +/- Kosten die in de literatuur worden beschreven als lager dan de kosten van het MIS
- Kosten in de literatuur beschreven als "laag"
- In de literatuur beschreven als "goedkoop". Of beschreven als goedkoop in vergelijking met andere systemen zoals mechanische visgeleidingssystemen

6. Toepasbaarheid

- ++ Het systeem heeft een goede werking bij lage en hoge stroomsnelheden. Het systeem heeft een goede werking zowel overdag als 's nachts. De werking van het systeem wordt niet beïnvloed door het jaargetijde en de troebelheid van het water. Het systeem is overal toe te passen.
- + Het systeem heeft een goede werking bij lage en hoge stroomsnelheden. Het systeem heeft een goede werking zowel overdag als 's nachts. De werking van het systeem wordt niet beïnvloed door het jaargetijde en de troebelheid van het water. Het systeem stelt specifieke eisen waardoor het niet bij elke situatie toe te passen is.
- +/- Het systeem heeft een matig tot redelijke werking bij hoge stroomsnelheden en een goede werking bij lage stroomsnelheden. Het systeem heeft een goede werking zowel overdag als 's nachts. De werking van het systeem wordt niet beïnvloed door het jaargetijde en de troebelheid van het water.
- Het systeem heeft alleen een goede werking bij lage stroomsnelheden. Het systeem heeft een goede werking zowel overdag als 's nachts. De werking van het systeem wordt niet beïnvloed door het jaargetijde en de troebelheid van het water. En het systeem stelt specifieke eisen waardoor het niet bij elke situatie toepasbaar is
- De werking van het systeem verschilt tussen overdag en 's nachts. En/of de en de troebelheid van het water beïnvloedt de werking van het systeem. En/of het systeem is niet toepasbaar het gehele jaar door doordat het jaargetijde van invloed is op de werking. En/of het visgeleidingssysteem stelt hoge eisen waardoor het slechts op een enkel ontwerp van een wkc toepasbaar is.

7. Het onderhoud en schoonmaak

- ++ Het systeem is zelfreinigend, er hoeft geen handwerk aan te pas te komen. Weinig onderhoudsgevoelig.
- +/- Het systeem heeft gemiddeld onderhoud nodig. Zoals een maandelijkse inspectie.
- Het systeem heeft veel onderhoud nodig of is kostbaar, of problematisch of is niet duurzaam.

8. Ontwikkelingsstatus

- ++ Het visgeleidingssysteem is getest in de praktijk en wordt ook al toegepast in de praktijk
- + Het systeem is nog niet toegepast in de praktijk maar uitgebreid getest in het laboratorium en in het veld
- +/- Het visgeleidingssysteem is weinig getest in het laboratorium en in het veld
- Het visgeleidingssysteem is alleen uitgebreid getest in het laboratorium
- Het visgeleidingssysteem is nog nooit getest of enkel in het laboratorium en niet in het veld

4.3 totstandkoming resultaten in beoordelingstabel

Verwerking van de gegevens in de beoordelingstabel

De gegevens die zijn gebruikt voor het samenstellen van Tabel 4.2 zijn in een apart document verwerkt dat is op te vragen bij de Wetenschapswinkel Biologie Utrecht.

De gegevens uit verschillende literatuurbronnen zijn bij elk visgeleidingssysteem geordend per criterium.

Deze gegevens zijn met elkaar vergeleken en aan de hand van de bovenstaande beoordelingsmaat (§4.2) beoordeeld. Wanneer onvoldoende of helemaal geen informatie is gevonden over een systeem betreffende een bepaald criterium staat er een vraagteken in de tabel bij dat criterium. Gegevens waarvan kon worden vastgesteld dat ze onbetrouwbaar waren zijn niet meegenomen in de beoordeling.

Omdat bij bepaalde visgeleidingssystemen de geleidingspercentages en indirecte sterftepercentages nogal uiteenlopen wordt tussen haakjes bij criterium nummer 3 en 4 een range weergegeven. Dit zijn de minimale en maximale percentages gevonden in de literatuur. Deze marges zijn letterlijk afkomstig uit de literatuurgegevens. Niet alleen resultaten uit recente bronnen worden vermeld. Gegevens over geleidings- en indirecte sterfte percentages die in verschillende jaartallen gepubliceerd zijn worden, mits zij hetzelfde systeem betreffen, als gelijk behandeld. Wanneer bekend is dat een grofvuilrooster in 1935 een geleidingspercentage behaalde van 35% en in 1980 een percentage van 80% staat een range vermeld van (35-80%)

Wanneer er 0% wordt aangegeven kan dit drie verschillende redenen hebben. Een geleidingspercentage van 0% wordt aangegeven wanneer er in de literatuur het volgende is gevonden:

1. Een letterlijk beschreven direct of indirect overlevingspercentage van 0% voor soorten waar het systeem werkzaam voor is, zoals bijvoorbeeld een fysieke barrière;
2. Tegenstrijdige resultaten voor dezelfde vissoorten betreffende hetzelfde visgeleidingssysteem zowel in het lab als dat er geen overeenkomstige resultaten zijn behaald in het veld als in het lab. Denk aan situaties waarbij dezelfde vissoort onder laboratorium omstandigheden wel te geleiden is en in het veld niet;
3. Een vermelding dat de werking van het visgeleidingssysteem ineffectief bleek te zijn en wanneer de indruk wordt gewekt dat dit meerdere geteste soorten betreft waarbij tegenstrijdige resultaten zijn behaald.

Wanneer bijvoorbeeld is aangegeven dat het geleidingspercentage van een systeem tussen de 0% en de 100% ligt betekent dit niet altijd dat het systeem inconsequent werkt voor één vissoort maar dat het geleidingspercentage verschillend is voor verschillende vissoorten en levensstadia.

Verskillende meetmethodes voor bepaling geleidingspercentages visgeleidingssysteem

Geleidings- of overlevingspercentages worden op verschillende manieren gemeten. Uit de literatuur zijn drie verschillende methoden te herleiden waarmee de effectiviteit van de verschillende visgeleidingssystemen worden gemeten:

1. Het aantal geleide vissen in de bypass wordt gemeten t.o.v. de vissen die zijn blootgesteld aan het visgeleidingssysteem;
2. Het aantal vissen wordt gemeten dat door het systeem is tegengehouden t.o.v. de vissen die zijn blootgesteld aan het visgeleidingssysteem;
3. Het aantal overlevende vissen wordt gemeten stroomafwaarts van de wkc t.o.v. de vissen die zijn blootgesteld aan het visgeleidingssysteem.

In dit onderzoek zijn alleen de resultaten gebruikt verkregen door meetmethode 1 en 2. Bij meetmethode 3 is het namelijk onmogelijk om de vissen die via de bypass zijn omgeleid te onderscheiden van de vissen die door de turbines zijn gepasseerd. Het overlevingspercentage berekend aan de hand van deze methode zou een vertekend beeld geven over de geleiding van het visgeleidingssysteem.

Een onzekerheid is aanwezig bij meetmethode 1. Ten eerste is dit omdat het overlevingspercentage wordt gemeten in de bypass, hierdoor wordt eventuele schade en sterfte

veroorzaakt door de bypass zelf er niet uitgefilterd. Ten tweede bestaat de kans dat wanneer een visgeleidingssysteem 75% van de vissen weert uit de turbine-inlaten maar 50% van deze vissen de aansluiting met de bypass weet te vinden. Wanneer geleidingspercentages gemeten worden in de bypass zou door het falen van de bypass een geleidingspercentage van maar 25% gemeten worden terwijl de geleiding van het systeem (het aantal vissen wat wordt geweerd) 75% is.

In situaties waarin de vissen enkel en alleen een uitweg hebben via de bypass zoals bij het *modular inclined screen* komt dit probleem niet aan de orde.

4.4 beoordeling

In Tabel 4.2 wordt een beoordeling gegeven van de effectiviteit van mechanische visgeleidings-systemen en gedragssystemen.

Met het oog op de beste bescherming van vissen is een goede beoordeling voor de biologische criteria een voorwaarde voor een goed visgeleidingssysteem. Het welzijn van de vissen staat voorop bij de keuze van het visgeleidingssysteem. De ontwikkelingsstatus van een visgeleidingssysteem is ook erg van belang. Betrouwbaarder is een systeem dat uitgebreid getest is in een laboratoriumsituatie en in de praktijk. Kosten mogen niet doorslaggevend zijn wanneer dit het welzijn van de vissen ten nadele valt. Wanneer een visgeleidingssysteem goed functioneert maar niet op elke locatie toepasbaar is kunnen desnoods aanpassingen verricht worden bij de wkc. Een toelichting wordt hieronder gegeven bij de beoordeling van de verschillende visgeleidingssystemen.

Screens

Bij alle schermen is de grootte van de vissen die worden tegengehouden afhankelijk van de grootte van de openingen in het scherm. De overlevingspercentages behaald door de verschillende schermen is locatiespecifiek en afhankelijk van de vissoort en zijn levensfase. Onbewegelijke levensstadia, kwetsbare vissoorten en vissen met een geringe zwemcapaciteit hebben de meeste kans op *impingement* en sterfte. Ook voor de schermen geldt dat een beter resultaat wordt behaald wanneer de schermen onder een hoek met de stroomrichting worden geplaatst.

- Fixed screens and Traveling screens (horizontal and vertical)

Een voordeel is dat *fixed screens* en *traveling screens* al vele malen zijn getest met riviervissoorten en met trekvissoorten. De schermen werken het best bij lage stroomsnelheden, bij hoge stroomsnelheden treedt veel *impingement* op. Een ander nadeel is dat vis niet van vuil wordt gescheiden wanneer de schermen worden gereinigd waardoor visschade ontstaat door aanraking met vuil. Vanwege ver uiteenliggende overlevings- en indirecte sterftepercentages kunnen deze schermen niet beschouwd worden als een veilig visgeleidingssysteem voor alle vissoorten.

- Modified traveling screens

Modified traveling screens hebben over het algemeen een hoger overlevingspercentage dan de conventionele *stationary-* en *traveling screens*. Een van de nadelen van het scherm is dat de vissen worden opgetild door de "*fish buckets*" waardoor kwetsbare soorten een grote kans hebben op verwondingen. Doordat de vis als het ware wordt getransporteerd en niet zelf voortbeweegt is de kans aanwezig dat een vis bij aanraking met het scherm vlucht en niet in de "*fish bucket*" terechtkomt. Vanwege een te groot verschil in overlevingspercentages zijn deze schermen niet geschikt voor visgeleiding.

Tabel 4.2

Beoordeling mechanische visgeleidingssystemen

VISGEIDINGSSYSTEEM	S	VS	GP (%)	IS (%)	K	T	S&O	O.S.	opmerkingen	
Mechanische systemen										
<i>modular inclined screen</i>	++	+ 1 +	(95-100)	+ (0-2.5)	4	+	++	++	+	Voor <i>Alosa</i> soorten en clupeiden ligt De overleving lager bij hoge stroomsnelheden
<i>inclined plane screens (eicher pressure screen)</i>	++	+ 1 --	(80-99.25)	++ (1-.3)		+	+	++	+	
<i>angled screens</i>	++	+ 1 --	(5.6-100)	-- (0-99.6)		++	-	+/-	++	
<i>modified traveling screens</i>	++	+/- 1 --	(0-100)	-- (0-98.2)		++	-	+/-	++	Wanneer geplaatst onder hoek functioneert het ook als een geleidingssysteem
<i>submerged traveling screens</i>	+/-	+ 1 --	(<25-99)	+/- (4-8)		++	+/-	--	++	
<i>traveling screens</i>	++	+/- 1 --	(0-100)	-- (0-100)		++	-	+/-	++	Wanneer geplaatst onder hoek functioneert het ook als een geleidingssysteem
<i>cylindrical wedge-wire screen</i>	++	++ 1 --		?		?	+/-	++	++	
<i>drum screens</i>	++	+ 1 --	(90-96)	3 ?		++	+	--	++	Wanneer geplaatst onder hoek functioneert het ook als een geleidingssysteem
<i>fish pumps</i>	++	++ --	(6,8-100)	+/- (0-9.9)		?	+/-	?	++	
<i>louvers</i>	+	+/- --	(0-100)	+/- (7)		?	+/-	+/-	++	
fixed screens/Stationary screens	++	+/- 1 --	(14.9-95)	?		++	-	--	++	Wanneer geplaatst onder hoek functioneert het ook als een geleidingssysteem
barrier nets	++	- 1 --	(35-89.8)	?		+/-	x	--	++	
controlled spills	+/-	5 ++	(<14-98)	?		--	?	++	++	Kans op het ontstaan van " Gas bubble trauma" Kostbaar: verlies aan waterkracht
grofvuilrooster	++	+/- 1 --	(20-100)	?		?	+/-	--	++	Wanneer geplaatst onder hoek functioneert het ook als een geleidingssysteem
gunderboom	++	+ --	(82)	?		?	--	+/-	+/-	
surface bypass	-	++ --	(48)	+/- (5)		?	?	?	+	
hydro combine	+/-	++ +/-	(90)	?		?	?	?	++	

Vervolg Tabel 4.2

Beoordelingstabel gedragssystemen

VISGEIDINGSSYSTEEM	S	VS	GP (%)	IS (%)	K	T	S&O	O.S.	opmerkingen
Gedragssystemen									
Mercury light	--	--	-- (0-95)	?	--	--	?	+	Gewenning kan optreden
Strobe light	--	--	-- (0-95)	?	--	--	?	+	Gewenning kan optreden
Geluid:- low/high frequency and particle motion generator and infrasound	--	--	-- (0-100)	?	?	--	?	+	Gewenning kan optreden
-Popper	--	2	-- (71-96.2)	3	?	?	--	+/-	
-Fish startle™ system		2	+/- (91)	?	?	?	++	+/-	
-Loefelman syteem	--	2	-- (60-100)	?	?	?	?	+/-	
Electrisch	--	--	-- (40.2-98)	?	?	--	+/-	+/-	Gevaar voor mens en andere dieren
Luchtbel gordijnen	--	?	-- (0-98)	3	?	--	?	+/-	Gewenning kan optreden
Ketting gordijnen	--	?	-- (71-93)	?	?	--	?	+/-	

S = soortspecificiteit, **VS** = vislengte, **GP** = geleidingspercentage, **IS** = indirecte sterfte, **K** = kosten, **T** = toepassing, **S&O** = schoonmaak en onderhoud en **O.S.** = ontwikkelingsstatus.

1= afhankelijk van de spijlenafstand en stroomsnelheid/ afhankelijk van de grootte van de openingen in het scherm en de stroomsnelheid

2= getest met één vissoort of enkele vissoorten

3= hiertegen over is gevonden in de literatuur dat *drum screens* als ineffectief werden bevonden.

4= de indirecte sterftepercentages gemeten na 72 uur bij *Alosa* soorten liggen bij de testgroepen en de controlegroepen* hoog:

0,6 m/s =>63,2 58,1* = 5,1% indirecte sterfte

1,2 m/s =>39,0 36,4* = 2,6% indirecte sterfte

1,8 m/s =>38,8 32,7* = 6,1% indirecte sterfte

2,4 m/s =>86,9 88,8* = -1,9% indirecte sterfte

5= Wanneer de situatie zo is dat de stuw automatisch kan worden verlaagd of geopend geldt de beoordeling ++

- Submerged traveling screens

Het grootste nadeel van de *submerged traveling screens* is dat ze alleen het bovenste deel van de waterkolom afschermen. Voor een goede werking moet het stromingspatroon uiterst gunstig zijn. Het scherm is vatbaar voor mechanische mankementen. Het *submerged traveling screen* is geen geschikt visgeleidingssysteem vanwege sterk variërende geleidingspercentages en de selectieve werking.

- Drum screens

Drum screens zijn onvoldoende getest op verschillende riviervissoorten en trekvissoorten. De meeste drum screens zijn getest met trekvissoorten zoals zalmachtigen. Overlevingspercentages tot aan 90% zijn gehaald. Gesproken wordt hier over een algehele efficiëntie. Minimale overlevingspercentages staan niet vermeld. Daarentegen staat ook vermeld in de literatuur dat de werking van *drum screens* biologisch ineffectief is bevonden. Daarnaast verloopt het onderhoud en de schoonmaak van een *drum screen* vaak problematisch. Mede hierdoor en door onvoldoende gegevens is de werking van een *drum screen* twijfelachtig te noemen.

- Cylindrical wedge-wire screen

Enmalig wordt er in de literatuur gesproken van een overlevingspercentage rond de 30%. Voldoende informatie om een goed oordeel te geven over dit systeem is niet voorhanden. Het systeem wordt daarom niet gezien als een geschikt systeem voor een goede visgeleiding.

- Angled screens

Ondanks dat *angled screens* meestal worden ingezet bij hogere stroomsnelheden is de werking hierbij niet optimaal. Voor een goede werking van het systeem is de aanwezigheid van een uniform stromingspatroon, een vrijwel constante aanstroomsnelheid en lage stroomsnelheden vereist. *Angled screens* hebben in vergelijking met de andere screens de meeste problemen met vuil in de rivier en met sedimentatie.

De overlevingspercentages van *angled screens* variëren behoorlijk per locatie en lopen behoorlijk voor verschillende vissoorten waardoor toepassing van *angled screens* een onverstandige keuze is.

- Inclined plane screens en het Eicher pressure screen

Het *inclined plane screen* en het *eicher pressure screen* zijn schermen die wel bij hogere stroomsnelheden goed werken. Hierdoor is de omvang van het systeem compacter dan bij de andere schermen. De kwetsbaardere vissoorten hebben bij dit systeem wel een hoge overlevingskans en zelfs onder hogere stroomsnelheden. Aan de hand van de tot nu toe beschikte literatuur kunnen *Inclined plane screens* en *Eicher pressure screens* gezien worden als goede visgeleidingssystemen. Vissterfte en visbeschadiging door het systeem kunnen worden gezien als minimaal. Ondanks dat het systeem nog niet uitgebreid is toegepast in de praktijk is het veelbelovend voor toepassing in de toekomst vanwege de hoge overlevingspercentages voor verschillende vissoorten bij hogere stroomsnelheden. Meer onderzoeksresultaten over de indirecte overleving voor vissoorten zijn gewenst zodat hier een duidelijk beeld van kan worden verkregen.

- Modular inclined screen (MIS)

Aan de hand van de tot nu toe beschikte literatuur kan het *modular inclined screen* gezien worden als een goed visgeleidingssysteem. Het *modular inclined screen* haalt goede overlevingspercentages tot stroomsnelheden van 0,6 m/s. Het systeem veroorzaakt minimale vissterfte en visbeschadiging. Over de bescherming van vroege levensstadia door het *modular inclined screen* is nog weinig duidelijk. Door de hoge stroomsnelheden waaronder het systeem kan functioneren zijn onbewegelijke levensstadia waarschijnlijk onderhevig aan *impingement* op scherm. Testen naar de geleiding van vroege levensstadia moeten hierover duidelijkheid geven. Kwetsbare vissoorten die een laag overlevingspercentage hebben en

veel schade ondervinden bij de *low velocity screens* hebben bij het *modular inclined screen* wel een hoge overlevingskans. Behalve voor *alosa* soorten en *clupeiden* die overlevingspercentages halen van hoger dan 97%, liggen de overlevingspercentages i.v.m. andere vissoorten wat lager bij hogere stroomsnelheden maar komen niet onder de 63%.

Fish Pumps

Omdat alleen maximale overlevingspercentages staan vermeld in de literatuur is niet te achterhalen wat de minimale directe sterfte is. Een goede beoordeling wordt bij het criterium vislengte gegeven. Verwacht wordt namelijk dat een *fish pump* voor alle vislengtes goed werkt, maar het is niet helemaal duidelijk of dat ook voor grote en zware vissen geldt. Dit hangt af van in hoeverre een pomp capabel is in het oppompen van grotere en zwaardere vissen. Hierover wordt niets vermeld in de literatuur. Hierdoor ontstaat lichte twijfel of dat een *fish pump* geen beperkingen heeft voor de grotere en zwaardere vissen.

Door gebrek aan informatie worden *fish pumps* niet gezien als een goed geleidend systeem.

Louvers

De geleidingspercentages variëren sterk. De effectiviteit van het louver systeem hangt voornamelijk af van de zwemcapaciteit en het gedrag van de vissoort. Ook de hoek waaronder het louver systeem is opgesteld en de aanstroomsnelheden hebben een grote invloed op de werking van het systeem. Het louver systeem heeft alleen maar een betrouwbare werking voor de grotere volwassen en juveniele vissen. Omdat het Louver systeem een selectieve werking heeft en geen hoge geleidingspercentages haalt wordt het louver systeem beschouwd als een ongeschikt visgeleidingssysteem.

Barrier nets

Hoge geleidingspercentages worden niet behaald. *Barrier nets* bieden het best bescherming voor grote vissen, zwakke en kleine vissen zijn vaak onderhevig aan *impingement*. De beste resultaten worden behaald bij lage stroomsnelheden. Een *barrier net* heeft een aantal grote nadelen; ze niet zijn toe te passen in de winter vanwege het bevriezen van de netten, ze hebben strikte installeringseisen waardoor het gebruik van het systeem onaantrekkelijk wordt en ook het onderhoud en de schoonmaak van een *barrier net* is intensief. Voornamelijk vanwege de selectieve werking en te lage geleidingspercentages is een barrier net geen geschikt visgeleidingssysteem.

Controlled spills

Doordat bij *controlled spilling* al het water van de bovenste waterkolom over de dam of stuw heen stroomt worden automatisch alle vissen ongeacht welke lengte dan ook in de bovenste waterlagen meegevoerd. Over de voorwaarden die worden gesteld voor het uitvoeren van *controlled spilling* is niets gevonden. Aannemelijk is dat de waterspiegel in elk geval ten alle tijden voldoende hoog moet zijn. Voor zover bekend is er geen extra onderhoud nodig omdat er geen extra systeem wordt bijgebouwd wat moet worden onderhouden, het betreft een bestaande constructie. Wanneer het een klein verval betreft zoals bij de stuwen in Nederland (stuwen Maas/Rein hoogste verval 4 meter) is er weinig tot geen visschade bij *spilling* te verwachten. Bij een groot verval bestaat er echter het risico van het optreden van een *Gas-bubble trauma*.

Een ander groot nadeel, en waarschijnlijk ook de reden waarom *controlled spilling* niet vaak wordt toegepast als een vorm van visgeleiding, is dat wanneer er meer water over de stuw wordt geleid, een minder groot debiet de wkc passeert. Dit betekent rendementsverlies voor de wkc omdat minder waterkrachtenergie kan worden geproduceerd.

Grofvuilroosters

Over het algemeen geldt des te kleiner de afstand tussen de spijlen des te kleiner zijn de vissen die worden tegengehouden. Toch is bij een minimale spijlenafstand bescherming niet volledig verzekerd. Kleinere vissen zijn erg vatbaar voor *impingement* op het rooster. Ook bestaat er voor grote vissen nog kans op *impingement*. Bij de toepassing van het rooster zijn daarom lage stroomsnelheden gewenst. Odeh [1999] vermeldt dat 90% van de vissen pauzeert voor het grofvuilrooster en dat dit duidt op een viswerende werking. Dit hoeft niet zo te zijn. Het is namelijk niet met zekerheid te zeggen dat deze 90% geleid zullen worden naar de bypass of wegzwemmen. Het kan dat deze 90% alleen tijdelijk wordt tegengehouden. Mogelijk is dat pauzerende vissen alsnog door het grofvuilrooster heengaan. Dit geldt voornamelijk voor trekvissen waarvoor stroomafwaartse migratie van levensbelang is. Hierdoor hebben ze een enorme migrtatiedrang. Het uiteindelijke geleidingspercentage ligt waarschijnlijk een stuk lager dan 90%. Het grofvuilrooster is geen betrouwbaar visgeleidingssysteem vanwege te sterk variërende geleidingspercentages.

Gunderboom

Alleen een overlevingspercentage van 82% is gevonden in de literatuur. Het betreft hier een gemiddelde waardoor de werking van het systeem niet bekend is bij verschillende vissoorten. Vanwege te weinig informatie over het systeem is de *Gunderboom* vooralsnog geen goede keuze voor een visgeleidingssysteem.

Hydro combine system en de Surface bypass collector

Het *hydro combine system* en de *surface bypass collector* hebben als grootste nadeel dat ze alleen werkzaam zijn voor het bovenste gedeelte van de waterkolom. Doordat er geen mechanische constructie in de vorm van een net, rooster of scherm zich in het water bevindt, zijn het *hydro combine system* en de *surface bypass collector* werkzaam voor alle vissoorten en vislengten. De *surface bypass collector* is een redelijk recent nieuw ontwikkeld visgeleidingssysteem. Uitgebreide praktijktoepassingen zijn voor zover niet bekend. Doordat de werking van dit systeem gebaseerd is op de aantrekking van zalmachtigen door snelle stromingen in de bovenste waterlagen zal het systeem alleen een goede werking hebben wanneer zalmachtigen ook daadwerkelijk deze stroming opmerken. In de literatuur wordt vermeld dat vaak het merendeel van de vissen wel de ingang van de *surface bypass collector* weet te vinden maar zich, door nog onbekende reden niet door de het systeem laat omleiden. Verder onderzoek moet duidelijkheid geven over de oorzaak hiervan zodat het systeem op dit punt kan worden verbeterd. Als het lukt om dit probleem te verhelpen dan heeft de *surface bypass collector* de potentie om veel hogere geleidingspercentages te halen. Het *hydro combine system* en de *surface bypass collector* zijn alleen, mits toekomstige verbeteringen waardoor betere resultaten worden behaald, een geschikt visgeleidingssysteem voor locaties waar het geleiden van zalmachtigen de hoogste prioriteit heeft.

Lichtsystemen: mercury light and strobe light and other light sources

De reactie op *mercury lights* en *strobe lights* verschillen per vissoort en per levensfase waarin de vis zich bevindt. Niet alleen verschilt de reactie op verschillende lichtbronnen maar ook bij verschillende lichtintensiteiten en knipper frequenties. Sommige vissen vertonen een afschrikreactie, andere worden aangetrokken en bij sommige vissen wordt geen reactie waargenomen. Ook onder soorten van dezelfde familie komt de reactie op licht niet overeen. Tegenstrijdige resultaten worden behaald en

geleidingspercentages variëren van 0-100%. Ook hebben de systemen gefaald om goede resultaten, die waren behaald in het laboratorium, te reproduceren in het veld waardoor de effectiviteit van het systeem erg onbetrouwbaar wordt. Te weinig onderzoek is gedaan naar de reactie van andere vissoorten naast zalmachtigen en paling.

Wanneer de toepassing van licht als een manier van visgeleiding wordt gekozen dan zal de keuze gemaakt moeten worden welke doelsoorten men wil beschermen. Het systeem kan maar op één manier worden afgesteld, wil het een constante effectiviteit hebben. Dit betekent automatisch de bescherming van maar één of enkele vissoorten.

Wanneer er gestreefd wordt naar een goede geleiding van vissen waarbij biologische criteria zoals geen soortspecificiteit en geschiktheid voor alle lengten van de vis voorop staan kan licht worden gezien als een ineffectief systeem.

Geluid: acoustic systems, poppers, fish startle system en het Loefelman systeem

Geluid in een medium wordt gekarakteriseerd door twee componenten: de deeltjesbeweging en de geluidsdruk. Wanneer bij experimenten variatie aangebracht werd in een van deze twee bleken verschillende vissoorten hier verschillend op te reageren [Vriese, 1992]. De ene vissoort is gevoelig voor de geluidsdruk terwijl andere soort primair reageert op de deeltjesbeweging. De gevoeligheid voor een van deze twee stimuli is afhankelijk van de aanwezigheid van een zwemblaas. Niet elke vissoort heeft zo'n zwemblaas [Vriese, 1992]. De werking van geluidssystemen is daarom ook soortspecifiek.

Bij het ontwerpen van een geluidssysteem is inzicht in akoestische omstandigheden in het water nabij de wkc van belang. Lawaai van de wkc en van schepen kunnen de werking van het geluidssysteem teniet doen.

Geen gegevens zijn bekend over verschillende uitwerking van geluid op verschillende levensfasen. Aangenomen wordt dat de kans groot is dat er belangrijke verschillen optreden aangezien de gevoeligheid op licht ook verschilt per levensfase.

Bij onderzoek naar geluidssystemen is, net als bij het onderzoek naar licht, ook hier de nadruk gelegd op maar enkele vissoorten. Bij experimenten met *low/high frequency sounds*, de *particle motion generator* en *infrasound* zijn de meest gevarieerde vissoorten gebruikt. Ondanks dat de geleidingspercentages van de popper relatief gezien hoog liggen worden in het veld en in het laboratorium niet dezelfde resultaten behaald bij dezelfde vissoorten. Bij *Oncorhynchus kisutch* werd in het laboratorium een afschrikreactie waargenomen, in het veld echter niet. Geluidssystemen worden om dezelfde redenen als lichtsystemen niet gezien als een goed visgeleidingssysteem.

Elektrische systemen

Elektrische geleidingssystemen zijn het best toepasbaar op locaties waar sprake is van ondiep water en over een smalle breedte. Het systeem heeft een selectieve werking doordat elke vissoort andere eisen stelt aan het systeem. Daarbij moet de stroom op het juiste moment de vis beïnvloeden en mag deze niet te sterk zijn of te lang aanhouden om vissterfte en beschadiging te voorkomen. Naast het tijdsaspect is het van belang dat de vis in het elektrische veld in staat is te achterhalen in welke richting ontsnapping mogelijk is. Uit onderzoek naar elektrische schermen is gebleken dat, wanneer een vis in een elektrisch veld terecht komt, en ontsnappingspoging vooruit of wel achteruit wordt gedaan, waarbij in het eerste geval de werking van de barrière teniet wordt gedaan [Stewart, 1981; Wardle, 1986]. Aangenomen wordt dat elektrische systemen alleen nog maar experimenteel worden toegepast omdat er geen praktijk situaties vermeld staan in de literatuur. Het toepassen van een elektrisch systeem neemt de nodige risico's mee voor

mens en dier. Ook de scheepvaart kan last ondervinden wanneer zich in het water een elektrisch veld bevindt.

Op basis van de selectieve werking van het systeem en de risico's die aan het systeem zijn verbonden kan het elektrische geleidingssysteem als ongeschikt worden gezien.

Luchtbelgordijnen en kettinggordijnen

De geleidingpercentages zijn niet constant over verschillende periodes in het jaar. Doordat de werking voornamelijk afhankelijk is van het zicht van de vis daalt de effectiviteit van het systeem bij troebel water. De werking van luchtbel- en kettinggordijnen is onvoldoende om een eventuele toepassing hiervan te overwegen.

Mechanische systemen blijken over het algemeen effectiever dan gedragssystemen. De grootste nadelen van gedragssystemen zijn de hoge mate van soortspecifiteit en de fluctuaties van effectiviteit bij variërende omgevingsfactoren.

Schermen zijn effectiever dan roosters en netten. Op grond van de biologische criteria worden het *modular inclined screen* en *inclined plane screens* het best bevonden.

Visgeleiding met betrekking tot Nederland

5.1 stand van zaken

Tot op heden zijn beheerders van wkc's in Nederland niet verplicht visbeschermende maatregelen te treffen met het gevolg dat tot nu toe nog geen visgeleidingssystemen zijn geplaatst in Nederland. Pas in december 2002 is in de Tweede Kamer een motie aangenomen voor het wettelijk verplichtstellen van visgeleidingssystemen bij de bestaande en nog te bouwen wkc's.

Dit betekent niet dat in de Nederlandse politiek eerder geen aandacht is besteed aan het onderwerp visgeleiding. Sinds de jaren tachtig is vissterfte door toedoen van wkc's onderwerp van discussie. Er bestaat nog veel onzekerheid op het gebied van visgeleiding in Nederland.

Op dit moment wordt met betrekking tot beleidsvoering een discussie gevoerd over o.a.:

- Welk visgeleidingssysteem eventueel geplaatst zou moeten worden en welke vissoorten in het Nederlandse deel van de rivieren bescherming nodig hebben, de zogenaamde doelsoorten;
- De cumulatieve visschade-norm. Deze norm stelt vast in welke mate vissterfte door toedoen van opeenvolgende wkc's is toegestaan bij wettelijk beschermde en door beleid genoemde doelsoorten;
- Een eventuele vergunningverlening voor het realiseren van nieuwe wkc's.

Deze discussiepunten zijn voor de Maas actueel. Ten eerste is dit omdat er op dit moment plannen zijn om nieuwe wkc's te bouwen in de Maas. Deze plannen liggen er ook voor de Rijn maar zijn op dit moment minder concreet.

Een tweede reden is dat de energieopwekking door wkc's voor de Rijn minder urgent is vanwege een lager verval. Evengoed staat de bouw van nieuwe wkc's op de Rijn wel op de agenda van de energiebedrijven. Betrokkenen aldaar zijn dan ook in afwachting van de resultaten van een beleidsstandpunt c.q. aanpak wat betreft de wkc's voor de Maas [Bakker et al., 2001].

Hieronder wordt allereerst een overzicht gegeven van het huidige Nederlandse beleid ten aanzien van wkc's en visgeleiding. Aansluitend wordt een overzicht gegeven van de wkc's die op dit moment in werking zijn in Nederland en de wkc's die op het programma staan om nog eventueel gerealiseerd te worden. Vervolgens wordt in dit hoofdstuk gekeken naar wat er op dit moment aan kennis is voor toepassing van visgeleiding in Nederland en of dit voldoende is voor het maken van een verantwoorde keuze welk systeem geschikt is voor Nederland. Resultaten van verschillende studies die tot nu toe zijn uitgevoerd op dit gebied worden hierbij kritisch bekeken en geanalyseerd.

5.2 het Nederlandse beleid ten aanzien van wkc's en visgeleiding

Ecologische doelstellingen en beschermde vissoorten

De Nederlandse overheid heeft zich het herstel van ecologische systemen in de rivieren ten doel gesteld. Dit beleid houdt onder meer in het herstellen en bevorderen van:

1. een vrije migratie voor alle waterafhankelijke organismen waaronder in het bijzonder trekvis
2. paai- en opgroeigebieden
3. ecologische gezonde rivieren met een meer natuurlijk stromingsregime.

Naast deze ecologische doelstellingen zijn er op basis van wettelijke regelingen, internationale verdragen en beleid van de rijksoverheid en de sportvissector een aantal vissoorten aangewezen die dienen te worden beschermd. Welke soorten dit zijn staat vermeld in Bijlage 2.

In 1987 kwamen de ministers van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (LNV) en Verkeer & Waterstaat (V&W) overeen dat een gezamenlijke aanpak noodzakelijk is voor het herstel van de trekvis in het Nederlandse deel van de Rijn, Maas en Overijsselse Vecht. Hiertoe werd het Interdepartementaal zalmoverleg in het leven geroepen.

Volgens de Ministeries van LNV en V&W zou visschade, als gevolg van passage door de turbines van wkc's, deze herstelplannen in gevaar kunnen brengen [Haddingh, 2000]. Om mogelijkheden voor schadebeperking te onderzoeken heeft de OVB in opdracht van het Interdepartementaal zalmoverleg een stappenplan opgesteld: het zogenaamde "Stappenplan visgeleiding" [Vriese & Raat, 1993].

Het Stappenplan visgeleiding vormt min of meer de rode draad in het beleidsvormingsproces dat betrekking heeft op visgeleiding in Nederland. Met behulp van dit stappenplan wordt geprobeerd om uiteindelijk te komen tot een besluitvorming over de aanleg van visgeleidingssystemen bij de verschillende wkc's in de rijksrivieren. Het stappenplan Visgeleiding is in 1993 gepubliceerd en bestaat uit drie fasen [Vriese & Raat, 1993]:

Fase I : Heroverweging t.a.v. de doelsoorten: welke vissoorten dienen wel of niet te worden beschermd.

Fase II : Heroverweging van visgeleidingssystemen: nut en effectiviteit.

Fase III : Locatiegericht onderzoek bij de bestaande wkc's van hydraulische, fysische, technische en biologische factoren. Deze fase is nog niet gestart. Wel is door de initiatiefnemers van nieuwe centrales voor verschillende locaties locatieonderzoek uitgevoerd.

Nadat het Stappenplan visgeleiding was ontwikkeld werd onder supervisie van het Interdepartementaal zalmoverleg de werkgroep "Visgeleiding" ingesteld. In deze werkgroep zitten vertegenwoordigers van de Ministeries LNV en Economische zaken (EZ), de visserijsector, de elektriciteitsbedrijven en de KEMA. De werkgroep Visgeleiding houdt zich o.a. bezig met het bepalen van wat eventueel een geschikt visgeleidingssysteem is voor de rivieren in Nederland en adviseert aan het Zalmoverleg [Bakker, 2001].

Cumulatieve norm visschade en inpasbaarheid nieuwe wkc's:

Eind 1999 is een tweede werkgroep opgestart naar aanleiding van bestuurlijk overleg tussen de Ministeries van LNV, Rijks Waterstaat (RWS) en EZ. Dit overleg had betrekking op de relatie tussen de realisering van wkc's voor de opwekking van duurzame energie enerzijds en het herstel van vismigratie mogelijkheden anderzijds.

De werkgroep bestaat uit vertegenwoordigers van RWS-Limburg, de Ministeries LNV en EZ en de OVB. Deze werkgroep houdt zich o.a. bezig met de normstelling van de toegestane cumulatieve vissschade voor de verschillende (bedreigde) vissoorten in de Maas en het beleid m.b.t. eventuele vergunningverlening voor het bouwen van de nieuwe wkc's in de Maas.

De cumulatieve vissschade-norm geeft het maximale visterftepercentage aan dat is toegestaan op, in dit geval, het Nederlandse deel van de Maas. Aan de hand van de cumulatieve vissschade-norm en vissterfte percentages bij wkc's kan worden berekend of een nieuwe wkc op de Maas inpasbaar is en of een eventuele vergunning verlening is toegestaan. Ook de maximale toelaatbare sterftepercentages per wkc kunnen worden afgeleid van de cumulatieve vissschade-norm. Aan de hand van het maximaal toelaatbare sterftepercentage bij een wkc kan bekeken worden welk visgeleidingssysteem moet worden toegepast om dit percentage niet te overschrijden.

Vanwege een gebrek aan goede informatie over het effect van vissterfte op de populaties van verschillende vissoorten is het volgens de werkgroep op dit moment niet mogelijk om tot een goede normstelling te komen. De werkgroep heeft om deze reden de volgende beslissingen genomen [Bakker et al., 2001]:

Waar het gaat om beschermende vissoorten (wettelijk beschermd en door beleid genoemde doelsoorten) heeft de werkgroep de indruk - onder groot voorbehoud - dat voorlopig met een ongedifferentieerde werknorm voor cumulatieve vissschade gewerkt moet worden van 10% (de verplichting om deze schade tot nul te reduceren is hier buiten beschouwing gelaten. Daarbij geldt enerzijds de aanname dat de hoogte van deze norm de populaties niet onverantwoord onder druk zet en anderzijds de zekerheid dat de te plegen natuurcompensatie herstel van deze vissschade zal moeten compenseren) voor de Nederlandse Maas met de volgende basis:

- Het doel is en blijft 0% schade
- Bij de beoordeling van voorgestelde maatregelen geldt een vissschademarge van 10% voor de afzonderlijk beschermde vissoorten en voor het geheel van de gehele Nederlandse Maas (cumulatieve norm). Deze 10% moet in acht worden genomen. Bij hogere schade- verwachtingen kunnen initiatieven voor realisatie van wkc's geen doorgang vinden.
- Waar blijkt dat bij uitvoering van allerlei maatregelen niet voorkomen kan worden dat de schade onder de genoemde 10% blijft, moeten mitigerende en compenserende maatregelen getroffen worden volgens het rijkscompensatiebeginsel, de Natuurbeschermingswet en de Habitatrictlijn;
- De veronderstelling is dat andere, niet beschermde vissoorten in gelijke mate meeprofiteren van de genomen vissschade voorkomende maatregelen.

Deze werknorm is op dit moment niet wetenschappelijk te onderbouwen, het Ministerie van Economische zaken heeft om deze reden bedenkingen bij deze werknorm.

5.3 waterkrachtcentrales in Nederland

In Nederland staan zoals, eerder in hoofdstuk 2 is beschreven, vijf grotere wkc's verspreid over de Rijn, Maas, Roer en de Overijsselse Vecht.

Een overzicht van de Nederlandse situatie met betrekking tot de bestaande wkc's en de nog eventueel te realiseren nieuwe wkc's staat in Tabel 5.1 en 5.2.

Tabel 5.1

Gerealiseerde wkc's met een vermogen groter dan 0.1 kWh in Nederland [bron: Bakker, 2001].

Installatie	Opgesteld vermogen MW	GWh/per jaar	Bijzonderheden
Hagestein	1,8	0	Buiten bedrijf
Maurik	10	24	
Linne	11,5	32	
Haandrik	0,2	0,3	
Alphen/Lith	14	44	

Tabel 5.2

Nog/eventueel te realiseren wkc's in Nederland [bron: Bakker, 2001].

Locatie	GWh/ per jaar	Bijzonderheden m.b.t. realisatie
Driel	4	Rijn, wacht beslissing m.b.t. de Maas af
Borgharen	30	in procedure
Born	28	geen initiatief tot realisatie tot nu toe
Maasbracht	29	geen initiatief tot realisatie tot nu toe
Roermond	21	geen initiatief tot realisatie tot nu toe
Belfeld	19	geen initiatief tot realisatie tot nu toe
Sambeek	22	in procedure
Grave	20	in procedure

Het initiatief voor meer gebruik van waterkrachtenergie, en dus het bouwen van nieuwe wkc's, heeft als achtergrond het terugdringen van de CO₂ uitstoot. Voor de beoordeling van de inpasbaarheid van een nieuwe wkc in het ecologisch systeem moet deze aanleiding onderdeel uitmaken van een integrale milieu-afweging. Dit betekent dat voor een nieuwe wkc een afweging moet worden gemaakt tussen enerzijds milieuschade, waaronder visschade, en anderzijds de milieuwinst door beperking van de uitstoot van luchtmissies. Om deze afweging te kunnen maken moet zeer helder zijn wat de consequenties van elke nieuw geplaatste wkc zijn ten opzichte van het ecosysteem waaronder de visstand. Belangrijk is dat in deze afweging ook de effectiviteit van de verschillende visgeleidingssystemen wordt meegenomen. Van tevoren zal eerst bekeken moeten worden of de eerder genoemde doelstellingen genoemd in §5.1 na realisatie nog haalbaar zijn. Hiervoor moeten o.a. gegevens bekend zijn over de werking van visgeleidingssystemen bij de wkc's in Nederland. Op grond van het functioneren hiervan kan een beslissing worden genomen of het plaatsten van nieuwe wkc's mogelijk is.

Wat betreft de discussie over de inpasbaarheid van nieuwe wkc's op de Nederlandse Maas loopt de kwestie omtrent de wkc Borgharen voorop. De plannen voor een wkc bij Grave en Sambeek bevinden zich nog in het beginstadium.

Op dit moment is nog geen duidelijk standpunt ingenomen over het wel of niet realiseren van de wkc bij Borgharen. Dit komt onder meer doordat er onvoldoende inzicht is in de kwetsbaarheid op populatieniveau van prioritaire trekkende vissoorten. Het is niet mogelijk om op grond van het huidige beleid en de huidige gegevens op operationeel niveau een afweging te maken tussen enerzijds het ecologisch herstel van de rivier (waaronder vismigratie) en anderzijds de doelstelling voor duurzame energie, in de vorm van plaatsing van wkc's in de Maas.

Wel is door de werkgroep uit 1999 (zie §5.1), in afwachting tot het krijgen van meer inzicht, het volgende voorstel opgesteld [Bakker et al., 2001]:

- Een wkc met visgeleidende voorzieningen bij Borgharen wordt pas toegestaan indien vaststaat dat de bestaande wkc's van Linne en Lith tegelijkertijd worden uitgerust met een effectief geleidingssysteem. De inzichten verkregen bij Borgharen moeten daarbij toegepast worden.
- Vooralnog wordt uitgegaan van een gelijke kwetsbaarheid van diverse te beschermen vissoorten.
- Als (werk-)norm voor (rest-)schade aan de prioritaire vissoorten wordt een percentage van 10% voor de gehele Nederlandse Maas gehanteerd.
- Het initiatief voor een wkc bij Borgharen wordt o.a. getoetst op afdoende efficiënte visgeleiding, waarbij de werknorm voor visschade bij Borgharen 3,4% is (Borgharen, Linne en Lith mogen in totaal, wanneer met een cumulatieve visschade norm wordt gewerkt van 10% voor het Nederlandse deel van de Maas, niet meer dan 3.4%¹ visschade veroorzaken).
- De werking van de wkc's met visgeleidingssystemen en aanvullende maatregelen (incl. turbinebeheer) wordt door onderzoek onder de verantwoordelijkheid van de initiatiefnemer nauwlettend gevolgd. Bij de wkc's wordt de mogelijkheid gecreëerd om – tot 5 jaar na aanleg – via afgestemde aanpassingen aan het visgeleidingssysteem aanvullende maatregelen aan te brengen waartoe door de initiatiefnemer / eigenaar gelden worden gereserveerd.
- Rijksoverheid en bedrijfsleven zullen onderzoek verrichten naar populatiedynamica van vissoorten in de Maas en naar het verloop van populatieherstel en daartoe te nemen (andere) maatregelen binnen het stroomgebied.
- In het derde jaar van de werking van de visgeleidingssystemen van de wkc's zal de balans opgemaakt worden waar het gaat om ervaringen en kennis op het gebied van visgeleiding, populatieontwikkeling, normstelling t.a.v. onderscheiden prioritaire vissoorten, cumulatief effect, e.d..

De eventuele introductie van andere nieuwe wkc's op de Nederlandse Maas is afhankelijk van de genoemde evaluatie en onderzoek naar de betreffende visgeleidingssystemen, de optredende visschade en populatiedynamische effecten, evenals internationale ontwikkelingen inzake beleid, normering en onderzoek voor het stroomgebied van de Maas [Bakker et al., 2001]. De uitslag van deze evaluatie kan inhouden dat er ruimte is voor een volgende centrale, maar ook dat de aanleg hiervan niet te verantwoorden is.

¹ De cumulatieve norm ligt vast op 10% vissterfte. Dit betekent dat de cumulatieve overleving minimaal 90% moet zijn. Het percentage toegestane vissterfte per wkc op de Maas kan als volgt worden berekend: $(X)^a = 0.90 \Leftrightarrow X =$ het minimale overlevingspercentage toegestaan per wkc, $a =$ het aantal wkc's en 0.90 geeft aan dat de cumulatieve overleving niet lager dan 90% mag zijn. Wanneer de wkc bij Borgharen is gerealiseerd betekent dit dat er 3 wkc op de Nederlandse Maas staan. Dit houdt in dat $(X) = 96.6\% \Leftrightarrow X = 0.966 \Leftrightarrow X = 96.6\%$. Dit betekent dat 3.4% vissterfte is toegestaan per wkc [Bakker et al., 2001].

5.4 evaluatie visgeleidingssystemen voor toepassing in Nederland

Het ziet er naar uit dat het toepassen van een visgeleidingssysteem bij een wkc in de nabije toekomst verplicht wordt gesteld. Eerst zal uitgezocht moeten worden welk visgeleidingssysteem hiervoor geschikt is. Voorkomen moet worden dat overhaast een beslissing hierover wordt genomen met het risico dat het gekozen systeem niet naar verwachting werkt. Verschillende onderzoeken zijn gedaan naar visgeleiding en doelsoorten in Nederland. Dit zijn voornamelijk literatuurstudies [o.a. Vriese, 1992; Vriese, 1996; Consulmij, 1998; Haddering, 1998; Hadderingh, 2000; Hadderingh en Aerssen (betreft gedeeltelijk een praktijkstudie); Kranenbarg en Bakker, 2002]. De meest recente en de door deskundigen als belangrijkste aangegeven rapporten worden hieronder geanalyseerd. Daarbij is gelet op wat het beste visgeleidingssysteem zou kunnen zijn voor de Nederlandse situatie met betrekking tot ecologische- en fysieke randvoorwaarden.

5.4.1. ecologische randvoorwaarden

De te beschermen vissoort bepaalt welk visgeleidingssysteem het meest geschikt is. Daarom is het belangrijk dat bij het zoeken naar een geschikt visgeleidingssysteem voor toepassing in Nederland eerst de doelsoorten worden vastgesteld waarvoor het systeem effectief moet zijn. In tabel 5.3 wordt een overzicht gegeven welke doelsoorten zijn vastgesteld in de verschillende studies die zijn aangehaald in §5.3. In tabel 5.4 staan de visgeleidingssystemen vermeld die in deze verschillende onderzoeken zijn geselecteerd voor toepassing in Nederland.

Tabel 5.3

Doelsoorten voor visgeleiding in Nederland

Auteur en jaartal rapport	Doelsoorten
Vriese, 1996 (OVV)	Doelsoorten Maas en Nederrijn: zalm, zeeforel en aal
Hadderingh, 1998 (KEMA)	Doelsoorten voor de Grensmaas en de Gestuwde Maas: zalm, zeeforel en aal. Extra bescherming voor barbeel, sneep en kopvoorn zou nodig kunnen zijn wanneer de grootte van hun populaties aanzienlijk toeneemt.
Kranenbarg, 2002	Doelsoorten voor de Maas: aal, alver, barbeel, bot, driedoornige stekelbaars, elft, fint, gestippelde alver, grote modderkruiper, houting, kleine modderkruiper, kopvoorn, kwabaal, meerval, rivierdonderpad, riviergrondel, rivierprik, serpeling, sneep, snoek, spiering, steur, winde, zalm, zeeforel en zeeprik.

Tabel 5.4

Visgeleidingssystemen die geschikt worden bevonden voor toepassing in Nederland. Ook staan de doelsoorten vermeld op grond waarvan deze selectie is gebaseerd.

Auteur en Jaartal rapport	doelsoorten	Visgeleidingssysteem
Vriese, 1992 (OVB)	zalm, zeeforel, beeforel, winde, blankvoorn, kopvoorn, barbeel, elft, fint en aal	- <i>modular inclined screen</i> - <i>inclined plane screen</i> - <i>louver systeem</i>
Consulmij, 1999	zalm en aal	combinatie van licht- en geluidssysteem
Hadderingh en Aerssen, 2000 (KEMA)	zalm en aal	In combinatie met een fijnrooster: - onderwaterlampen & een BAFF systeem - onderwaterlampen - kwiklampen boven water
Hadderingh, 2000 (KEMA)	zalm, zeeforel en aal	- schuingeplaatst rooster - licht- en geluidssystemen

Op basis van wetgeving en beleid zijn er in Nederland 26 vissoorten waarvoor bescherming moet worden geboden bij wkc's (zie Bijlage 2). Uit het rapport van Kranenbarg en Bakker [2002] blijkt dat 18 vissoorten hiervan op grond van biologische en ecologische² aspecten prioritaire soorten zijn voor bescherming bij wkc's (zie Bijlage 4). Belangrijk is daarom dat bij het zoeken naar een geschikt visgeleidingssysteem voor Nederland in eerste instantie deze 26 vissoorten in totaal in acht worden genomen.

In de tabellen 5.3 en 5.4 is af te lezen dat de vastgestelde doelsoorten nogal verschillen per onderzoek. In alle onderzoeken zijn minimaal zalm en aal als doelsoort geselecteerd. Behalve bij het onderzoek van Kranenbarg, komt verder bij geen enkel onderzoek het aantal doelsoorten overeen met het aantal vissoorten waaraan op basis van wet en beleid bescherming moet worden geboden. Opmerkelijk hierbij is dat op basis van verschillende doelsoorten totaal verschillende visgeleidingssystemen worden geselecteerd (zie tabel 5.4). Vriese [1992] selecteert op basis van 10 doelsoorten drie mechanische systemen waaronder het MIS. In het onderzoeksrapport van Hadderingh [2000] en de Consulmij [1999] daarentegen wordt de mening gedragen dat een goede visgeleiding kan worden volstaan met onder meer gedragssystemen gebaseerd op licht en geluid. Hier wordt dan ook met maximaal drie vissoorten rekening gehouden.

Een geschikt visgeleidingssysteem voor toepassing in Nederland zou vanwege de te beschermen vissoorten geen soortspecifieke werking moeten hebben. Wanneer naar de beoordelingstabel in hoofdstuk 4 wordt gekeken is te zien dat alleen mechanische systemen hiervoor in aanmerking komen. Op grond van de biologische criteria wordt het MIS het meest geschikt bevonden voor visgeleiding voor zoveel mogelijk vissoorten.

² Biologische en ecologische aspecten zoals o.a. levenscyclus, trekgedrag, kans op herstel en sterfte en populatiegegevens.

Uit tabel 5.4 kan dan ook worden geconstateerd dat tot nu toe te weinig aandacht wordt besteed aan de te beschermen prioritaire doelsoorten. De bestudeerde onderzoeken hebben de neiging om zich alleen te concentreren op trekvissoorten en niet op riviervissoorten ondanks het feit dat velen hiervan ook bescherming nodig hebben. Het gevolg hiervan is dat de analyse zich beperkt tot de trekvissoorten die op dit moment, vanwege de herstelplannen, veel aandacht krijgen in het nationale en internationale beleid. Dit geldt met name voor trekvissoorten als de zalm en de aal. Riviervissoorten krijgen daarbij onvoldoende aandacht en worden uiteindelijk mogelijk over het hoofd gezien. Doordat de Haddering [2000], Aerssen [2000] en de Consulmij [1999] de hoogste prioriteit geven aan zalm, zeeforel en aal komen ook visgeleidingssystemen in aanmerking die niet effectief zijn over de gehele waterkolom maar enkel effectief zijn op één of enkele soorten³. Het nadelige gevolg is dat uiteindelijk een visgeleidingssysteem wordt geselecteerd dat niet werkzaam is voor de overige doelsoorten.

Het zwaartepunt van het onderzoek in Nederland ligt hierdoor bij de gedragssystemen waardoor vrijwel geen experimenteel onderzoek wordt gedaan naar het functioneren van de mechanische systemen die, zoals uit hoofdstuk 4 blijkt, wel degelijk geschikt lijken te zijn.

5.4.2. operationele en rivierkundige randvoorwaarden

Naast ecologische randvoorwaarden zijn er ook operationele en rivierkundige randvoorwaarden waaraan een visgeleidingssysteem voor Nederland moet voldoen. Het Interdepartementaal zalmoverleg stelt de volgende randvoorwaarden aan een visgeleidingssysteem:

- . geen verstoring voor de werking van de wkc
- . geen verstoring voor het scheepvaartverkeer
- . 24 uur per dag operationeel
- . toegespitst op rivierkundige randvoorwaarden van de Rijn en Maas

Met deze voorwaarden is dan ook rekening gehouden bij studie naar visgeleiding in Nederland. Zo wordt in het Fase II rapport van het Stappenplan Visgeleiding het MIS op basis van de hoge geleidingspercentages voor verschillende vissoorten, gezien als het beste visgeleidingssysteem. Desondanks wordt het MIS in het rapport van de KEMA [Hadderingh, 2000] niet geselecteerd vanwege problemen die zijn te verwachten met vuil dat aanwezig is in de Nederlandse rivieren. Aanleiding voor dit besluit is dat in de VS, waar het systeem is getest en goed werkt, de rivieren lang niet zo bevuild zijn als hier in Nederland. Verwacht wordt dat bij toepassing van het MIS in de Nederlandse rivieren het systeem de grote hoeveelheid grofvuil niet kan verwerken en uiteindelijk door verstopping of beschadiging niet meer voldoende effectief is of defect raakt.

Tot nu toe is echter nog geen enkel mechanisch visgeleidingssysteem, behalve het grofvuilrooster, getest in de Nederlandse rivieren. Hoe groot de eventuele problemen met het vuil zouden zijn en hoe dit de werking van mechanische systemen zoals het MIS, zou beïnvloeden is daarom niet bekend. Desondanks sluit Hadderingh [2000] op voorhand het toepassen van een MIS uit. Hadderingh [2000] concludeert dat schuingeplaatste roosters en licht- en geluidssystemen de beste systemen zijn voor toepassing in Nederland.

Ook de Consulmij concludeert dat licht- en geluidssystemen de beste oplossing zijn voor visgeleiding in Nederland (zie Tabel 5.4).

Wanneer er naar de randvoorwaarden wordt gekeken die door het Interdepartementaal zalmoverleg worden gesteld moet het visgeleidingssysteem o.a. 24 uur per dag operationeel zijn. Uit de literatuur die is geraadpleegd bij dit onderzoek blijkt dat de effectiviteit van lichtsystemen overdag kan

³ Zalm en zeeforel migreren in het bovenste gedeelte van de waterkolom en aal migreert over de bodem.

afnemen vanwege contrastvermindering door het daglicht. Ook de troebelheid van het water kan de effectiviteit verminderen. De effectiviteit van deze systemen zou eerst getest moeten worden onder verschillende condities in Nederland voordat kan worden geconcludeerd of deze systemen 24 uur per dag operationeel zijn.

Mechanische systemen hebben daarentegen het voordeel dat de werking niet wordt beïnvloed door factoren als troebelheid, hoeveelheid daglicht en het gedrag van de vis. Verwacht wordt daarom dat deze systemen 24 uur per dag operationeel kunnen zijn.

Met betrekking tot de ecologische en operationele randvoorwaarden kan over het algemeen worden geconcludeerd dat er op dit moment nog onvoldoende inzicht is in de effectiviteit van visgeleidingssystemen in de Nederlandse rivieren om een adequate keuze te maken welk visgeleidingssysteem geschikt is voor toepassing in Nederland. Het gebrek aan kennis over het functioneren van de visgeleidingssystemen in de Nederlandse rivieren is groot doordat vrijwel niet in de praktijk is geëxperimenteerd. Ook wordt te weinig aandacht besteed aan riviervissoorten.

Daarnaast is de circulatie van bepaalde literatuurbronnen in de rapporten opvallend. Weinig rapporten dragen nieuwe informatie aan die afkomstig is van onafhankelijke bronnen. Voornamelijk wordt informatie overgenomen en voortgeborduurd op resultaten van eerdere onderzoeken waardoor er weinig nieuwe kennis en informatie wordt aangeleverd en weinig vooruitgang wordt geboekt.

Discussie

6.1 beschikbare onderzoeksresultaten

Een goede interpretatie en beoordeling van literatuurgegevens waren niet altijd makkelijk. Daar zijn verschillende redenen voor:

- Voor bepaalde visgeleidingssystemen wordt meer dan één benaming gebruikt. In verschillende artikelen wordt met een andere naam naar hetzelfde visgeleidingssysteem verwezen. Niet altijd was duidelijk wanneer het over hetzelfde visgeleidingssysteem ging.
- Het is niet altijd duidelijk hoe de onderzoeksresultaten zijn verkregen. Dit schept onduidelikheden over de betrouwbaarheid van bepaalde onderzoeksresultaten. In dit onderzoek wordt de nadruk gelegd op testen met een grote testgroep en controlegroep en resultaten verkregen door experimenten uitgevoerd in het lab en veld.
- Vaak worden alleen de hoogst behaalde geleidingspercentages van een visgeleidingssysteem vermeld. Zo ontstaat een vertekend beeld van de werking van een bepaald visgeleidingssysteem omdat de minimale geleidings- en overlevingspercentages niet worden vermeld. Wanneer in een artikel geleidingspercentages tot boven de 90% aan een visgeleidingssysteem worden toegekend wil dit niet zeggen dat dit geleidingspercentage voor elke geteste vissoort geldt. Het kan zijn dat het geleidingspercentage toch nog varieert van 25% tot boven de 90%.
- Vaak staat niet vermeld of de testresultaten statistisch zijn getoetst waardoor de betrouwbaarheid van sommige testresultaten in twijfel kan worden getrokken. Daarnaast is bij veel experimenten geen controlegroep aanwezig waardoor de vissterfte door toedoen van het systeem niet goed kan worden weergegeven. In testen waar wel een controlegroep aanwezig was bleek namelijk vaak dat bij de controle groep sprake was van een hoog sterfte percentage.
- De effectiviteit van een visgeleidingssysteem is sterk afhankelijk van lokale omstandigheden. Deze zijn vrijwel nooit constant. Daarnaast is er nauwelijks sprake van een visgeleidingssysteem met een vaste configuratie [Vriese, 1992]. Dit maakt het vergelijken van resultaten moeilijk en soms ook onbetrouwbaar.

Om deze reden zijn de onderzoeksresultaten nauwkeurig vermeld in een apart document wat opvraagbaar is bij de Wetenschapswinkel Biologie Utrecht.

6.2 informatie met betrekking tot de evaluatiecriteria

Biologische criteria

Op basis van de beschikbare literatuur is een redelijk tot goed oordeel over de visgeleidingssystemen te geven wat over de biologische criteria zoals soortspecificiteit, vislengte en geleidingspercentages.

Wanneer gekeken wordt naar de soortspecificiteit van een systeem is niet altijd te achterhalen welke vissoorten en hoeveel vissoorten er zijn getest. Het aantal geteste vissoorten loopt sterk uiteen van één soort tot wel veertig vissoorten. De beste manier om de effectiviteit van een visgeleidingssysteem te bepalen is door te testen met zoveel mogelijk rivier- en trekvissoorten zodat een goede uitspraak kan worden gedaan over de mate van soortspecificiteit van het systeem.

De criteria die zijn gehandhaafd bij vislengte kunnen reden geven voor discussie. Het visgeleidingssysteem wordt in dit onderzoek als goed beoordeeld als het beschermend werkt voor alle vislengtes en levensfasen. Hier kan nog wel een opmerking bij worden geplaatst. De groep die het minst wordt beschermd door visgeleidingssystemen zijn de onbewegelijke levensstadia. Viseitjes en vislarve zijn onderhevig aan *impingement* en sterfte op mechanische systemen zoals schermen. Ook worden deze niet beschermd door gedragsbarrières. Het is niet duidelijk in hoeverre viseitjes en vislarve bescherming nodig hebben van een visgeleidingssysteem. De meeste eitjes van riviervissen worden vastgelegd op een bepaalde plek in de rivier of in een beek of meer. Het is zeldzaam dat de eitjes gaan drijven over de rivier. Ook Cada [1990] geeft een beschrijving van studies waaruit blijkt dat de mortaliteit van vislarven bij passage door wkc turbines erg gering is.

Een tweede reden waarom viseitjes en vislarven geen bescherming nodig zouden hebben is dat van de vele duizenden eitjes die een vis legt er maar een tiental uitgroeien tot juveniele vissen (0,6-1,2%) [Mills, 1989; Shooner, 1990; Beland, 1990].

Viseitjes en vislarve zijn waarschijnlijk beter af met schermen waarvan de gaten groot genoeg zijn om viseitjes en vislarven vrije doorgang te geven in plaats van schermen met minuscule openingen van 1 mm.

Wat betreft de gegevens van geleidingspercentages zijn een paar kanttekeningen te plaatsen:

Ten eerste lopen de geleidingspercentages van verschillende vissoorten bij bepaalde visgeleidingssystemen sterk uiteen. Vaak worden hierbij ook gemiddelde geleidingspercentages vermeld. Deze gemiddelden geven geen duidelijk beeld over de geleidingspercentages van de verschillende vissoorten; een gemiddeld berekend geleidingspercentage is voor geen enkele geteste vissoort representatief. Om deze reden zijn deze ook niet meegenomen in de beoordeling.

Ten tweede komt het vaak voor dat resultaten van verschillende testen uit hetzelfde jaar met elkaar worden gemiddeld per vissoort. Een paling die in september 35% kans heeft om omgeleid te worden en in juni een kans heeft van 85% heeft een gemiddelde kans van 60%. Hieruit is niet af te leiden dat de werking van het systeem in september aanzienlijk minder is dan in juni. Niet altijd is duidelijk of seizoensvariatie een rol speelt in de effectiviteit van het visgeleidingssysteem, het kan daarom zijn dat deze jaarlijkse gemiddelden in sommige gevallen toch zijn meegenomen in dit onderzoek.

Ten derde is een kleine onzekerheid aan te tonen in de nauwkeurigheid van de overlevingspercentages die gebruikt worden voor dit onderzoek. Het is namelijk niet altijd duidelijk hoe deze worden berekend. Haddingh [1998] beschrijft dat de vissterfte wordt gemeten door alle dode vissen

te tellen maar ook de potentiële mortaliteit, afgeleid van het aantal vissen die zwaargewond zijn. In dit onderzoek is geen onderscheid gemaakt in eventuele verschillende manieren van meten.

Over de indirecte sterfte is weinig bekend. Onderzoek naar indirecte sterfte is slechts bij enkele systemen verricht. Indirecte sterfte wordt in verschillende onderzoeken op verschillende tijdstippen gemeten. In het ene onderzoek wordt de indirecte sterfte uitvoerig onderzocht door op meerdere tijdstippen te meten; na 48, 96 en 120 minuten terwijl in andere onderzoeken de indirecte sterfte op één enkel tijdstip wordt gemeten; na 48 of 72 minuten. Hierdoor is het moeilijk om een goed beeld te krijgen van de indirecte sterfte bij een bepaald systeem. Dit komt doordat de kwetsbaarheid van een vis verschilt per soort. Een kwetsbare vis zal al na 48 uur sterfte vertonen terwijl een minder kwetsbare vis pas sterfte vertoont na 72 uur. Wanneer alleen na 48 uur wordt gemeten wordt een aantal potentiële doden niet meegeteld. Hierdoor is waarschijnlijk de indirecte sterfte die wordt aangegeven in de beoordelingstabel in sommige gevallen te laag.

Economische- en technische criteria

Met betrekking tot de kosten van een visgeleidingssysteem worden meestal geen bedragen genoemd maar worden termen gebruikt zoals "duur", "goedkoop" en "minder duur". De kosten van een visgeleidingssysteem hangen van meerdere omgevingsfactoren af waardoor niet meer dan een ruime indicatie van de kosten mogelijk is.

Ook de eventuele noodzaak van onderhoud wordt in de literatuur onnauwkeurig vermeld. Termen zoals "vaak", "regelmatig" of "weinig" worden meestal gebruikt. Vrijwel nooit wordt aangegeven of onderhoud dagelijks, wekelijks of maandelijks nodig is. Ook hier kan in veel gevallen alleen een ruime indicatie worden gegeven.

6.3 visgeleidingssystemen

6.3.1. gedragssystemen

In tegenstelling tot mechanische visgeleidingssystemen veroorzaken gedragsbarrières geen verlies aan verval of problemen met vuilafvoer. Voor zover bekend treedt er, behalve bij elektrische systemen, geen directe- en indirecte sterfte of visbeschadiging op bij gedragsbarrières. Negatieve effecten op populaties door toedoen van gedragssystemen komen niet of nauwelijks voor [Taft, 1986; Ruggels, 1992; Solomon, 1992]. Verwacht wordt dat dit ook niet het geval is.

Tegenover deze voordelen staan grote nadelen. Gedragssystemen blijken vaak alleen maar effectief te zijn voor één of enkele vissoorten. Hetzelfde systeem levert verschillende reacties op bij verschillende vissoorten. Zelfs individuen van dezelfde vissoort tonen verschillende reacties op dezelfde prikkel van een bepaald systeem.

Gedragssystemen zijn behalve soortspecifiek ook selectief op de levensfase van de vis. Een juveniele vis neemt signalen uit zijn omgeving op een andere manier waar dan een volwassen vis. Hierdoor bestaat de kans dat ze anders reageren dan een volwassen vis op dezelfde prikkel. Ten tweede berust de werking van een gedragsbarrière op de reactie van de vis zelf. Hiervoor moet de vis in staat zijn om te reageren op een prikkel. Alleen bewegelijke levensstadia zijn hiertoe in staat. Een gedragsbarrière is dus niet effectief voor onbewegelijke levensstadia zoals vis eitjes en vislarven.

Vanwege deze soortspecifieke- en levensfasespecifieke werking is het onmogelijk om met gedragssystemen meerdere verschillende vissoorten goed te beschermen. Toepassing van gedragssystemen kan dan ook alleen maar op plaatsen waar de prioriteit uitgaat naar het beschermen van één of enkele vissoorten.

Een ander groot nadeel van gedragsbarrières zoals geluid en licht, is de kans op het optreden van gewenning. Gewenning kan optreden doordat de vis meerdere malen aan dezelfde prikkel wordt blootgesteld waardoor zijn reactie op deze prikkel verzwakt en uiteindelijk helemaal kan uitblijven. De werking van het systeem op lange termijn is hierdoor erg onbetrouwbaar.

Ook de effectiviteit van gedragssysteem wordt beïnvloed door verschillende omgevingsfactoren waardoor de werking niet constant is. De effectiviteit vermindert vaak bij hoge stroomsnelheden en bij troebel water. De effectiviteit van lichtsystemen is overdag minder dan 's nachts vanwege contrastvermindering overdag.

Op dit moment is nog weinig bekend in welke mate gewenning optreedt bij licht- en geluidssystemen bij verschillende vissoorten en hoe groot het effect van de omgevingsfactoren op de werking van het systeem is. Zolang hier nog veel onduidelijkheid over blijft is het niet verstandig om een gedragssysteem te installeren vanwege de kans op vermindering van de effectiviteit.

Bij de wijze waarop de effectiviteit van sommige systemen is getest kunnen enkele kantekeningen worden geplaatst.

Bij het ontwikkelen van een gedragsbarrière wordt vaak alleen rekening gehouden met vissoorten zoals de paling en de zalm(achtigen). Weinig, en soms helemaal geen aandacht wordt besteed aan andere trekvis- en riviervissoorten. Tot nu toe zijn dan ook te weinig uitgebreide laboratorium experimenten gedaan met een groot aantal verschillende vissoorten waardoor het effect van de gedragssystemen op andere soorten onzeker blijft. Een goed inzicht in de werking van een systeem kan pas worden verkregen wanneer het systeem wordt getest in het veld. Goede resultaten in het laboratorium staan niet garant voor goede resultaten in het veld. De popper is hier een voorbeeld van maar ook licht- en geluidssystemen. Het is daarom belangrijk dat naast labexperimenten elk systeem uitvoerig in het veld wordt getest voordat een uitspraak wordt gedaan over de werking van dat bepaalde visgeleidingssysteem.

Ook kan kritiek worden gegeven op de wijze waarop de reactie op een prikkel zoals bijvoorbeeld licht wordt gemeten. Naar aanleiding van sommige onderzoeksresultaten kan geconcludeerd worden dat te snel wordt aangenomen dat een systeem een visgeleidende werking heeft. Naast de reacties zoals het wegzwemmen of aangetrokken worden door licht of geluid, wordt er in de literatuur ook gesproken over een "*startle response*". Bij een *startle response* maakt de vis een spartelende, soms draaiende beweging op vrijwel dezelfde plek in het water. Geen daadwerkelijk vluchtgedrag of duidelijke vluchtrichting kan van dit gedrag worden afgeleid. Desondanks wordt herhaaldelijk in de literatuur een visgeleidende werking toegeschreven aan verschillende lichtbronnen die enkel en alleen een *startle response* teweeg brengen. De reden hiervoor is dat de vis toch enigszins een reactie geeft in tegenstelling tot helemaal geen reactie zoals bij de andere geteste vissoorten.

Een gedragsbeïnvloedende prikkel zoals licht of geluid mag pas met recht een visgeleidende prikkel worden genoemd als die ook daadwerkelijk een duidelijke afschrikkende of aantrekkende werking heeft op vissen en vissen goed wegleidt richting een bypass. Wanneer er niet meer dan een *startle response* wordt uitgelokt is de werking van deze prikkels niet visgeleidend te noemen.

Ook aan de betrouwbaarheid van deze experimenten mag worden getwijfeld. In sommige gevallen bestaat de test groep uit niet meer dan 5 individuen [Coutant, 1999], wat een te klein aantal is om een goed beeld te krijgen over de effectiviteit van een systeem.

Gedragsystemen krijgen een slechte beoordeling (zie Tabel 4.2). De effectiviteit van gedragssystemen ligt gemiddeld, op grond van de criteria gesteld in dit onderzoek, zeer laag. Gedragssystemen werken dan ook het beste wanneer ze in combinatie met elkaar worden toegepast. Dan nog laat het geleidingspercentage vaak te wensen over.

Ondanks de vele studies en experimenten die zijn gedaan met gedragssystemen bevinden deze systemen zich nog in de experimentele fase. Echte grote permanente toepassingen worden niet beschreven in de literatuur. Aan de prestaties van gedragssystemen kleeft nog een grote onzekerheid. Om deze reden is het extra van belang om te wachten op resultaten van verder onderzoek naar de effectiviteit vordert een beslissing wordt genomen over het toepassen van gedragssystemen.

6.3.2 mechanische visgeleidingssystemen

In tegenstelling tot gedragssystemen hebben mechanische systemen geen soortspecifieke werking. Ook wordt de effectiviteit van mechanische systemen niet beïnvloed door daglicht en troebelheid waardoor de werking constant te noemen is.

Mechanische systemen halen over het algemeen hogere geleidingspercentages dan de gedragssystemen. Het zijn voornamelijk de *screens* die in staat zijn om veel verschillende vissoorten te beschermen. Dit geldt vooral bij lage stroomsnelheden. Echter ook onder hoge stroomsnelheden zijn schermen zoals het *MIS, inclined plane screen* en het *eicher pressure screen* in staat om zelfs kwetsbare vissoorten en jonge vissen een goede bescherming te bieden. Voorwaarde voor het functioneren van mechanische systemen is wel dat ze voldoende onderwater staan.

Toch is de werking van mechanische systemen deels selectief te noemen. De levensfase waarin de vis zich bevindt, de zwemcapaciteit en de mate van kwetsbaarheid van de vis bepalen vaak de effectiviteit van een mechanisch visgeleidingssysteem. Niet elke vissoort en elk levensstadium zijn even kwetsbaar waardoor er bij mechanische systemen ook grote verschillen in geleidingspercentages kunnen ontstaan tussen verschillende vissoorten. Daarnaast is de mate van *entrainment* afhankelijk van de grootte van de openingen in de roosters, schermen of netten. De openingen moeten daarom zo klein mogelijk worden gekozen zodat aan elke vislengte bescherming kan worden geboden.

Schuingeplaatste roosters kunnen naast hun visgeleidende werking ook uitkomst bieden voor de vissen die door *impingement* zijn blijven vastzitten op het rooster, waaronder viseitjes en vislarven. Als de tangentiële stroming sterk genoeg is zullen deze vissen worden weggespoeld richting de bypass waardoor ze alsnog een kans hebben op overleving. Het strekt daarom tot aanbeveling om altijd roosters en schermen onder een hoek met de stroomrichting te installeren.

Mechanische systemen houden niet alleen vissen tegen maar ook vuil dat wordt meegevoerd in de rivier en wat niet door het rooster of scherm kan passeren. Wanneer grote hoeveelheden vuil aanwezig zijn kan dit voor grote problemen zorgen. Een opeenhoping van vuil voor het systeem kan ontstaan waardoor het systeem uiteindelijk kan dichtslibben. Doordat de doorstroming door het scherm, net of rooster deels is afgesloten ontstaat er een stroomversnelling voor het systeem waardoor de vissen een grotere kans hebben op visbeschadiging en op *impingement* op het aanwezige vuil. Ook het visgeleidingssysteem zelf kan hierbij beschadigingen oplopen.

Bij toepassing in water met veel vuil is het daarom noodzaak maatregelen te treffen die er voor zorgen dat het systeem vuilvrij wordt gehouden. De systemen dienen regelmatig schoongemaakt te worden. Als het systeem geen zelfreinigende werking heeft kan een automatisch reinigingssysteem hiervoor gebruikt worden maar ook een grofvuilrooster dat ten opzichte van het visgeleidingssysteem stroomopwaarts wordt geplaatst zou een oplossing voor dit probleem kunnen zijn. Ook een tangentiële stromingscomponent is niet sterk genoeg om eventueel aanwezig grofvuil weg te spoelen van het scherm of rooster. Een goede reiniging door middel van een automatisch systeem of een rooster stroomopwaarts blijft noodzakelijk.

In de literatuur wordt vaak aangegeven dat mechanische visgeleidingssystemen de toestroom van water naar de wkc hinderen. Voor veel bedrijven is dit een reden om uit te wijken naar gedragssystemen. Een mogelijkheid zou zijn om de mechanische systemen verder stroomopwaarts te plaatsen waardoor de toestroom naar de wkc minder wordt gehinderd.

6.3.3 conclusie

Ten eerste kan worden geconcludeerd dat geen enkel visgeleidingssysteem een volledig veilige visgeleiding waarborgt voor elke vissoort. De potentiële biologische effectiviteit en toepassing van een visgeleidingssysteem zijn afhankelijk van de hydraulische omstandigheden ter plekke en wordt sterk bepaald door de (eigenschappen van de) te beschermen vissoorten en verschillende levensstadia. Ook is de toepassing van een visgeleidingssysteem afhankelijk van het ontwerp van de wkc en de ligging van de wkc ten opzichte van de rivier.

Met het oog op een zo hoog mogelijke effectiviteit van een visgeleidingssysteem, en indirect dus ook een zo hoog mogelijke cumulatieve overleving, zijn de biologische criteria een voorwaarde.

Wanneer alle systemen met elkaar worden vergeleken komen de mechanische systemen als beste naar voren. Systemen zoals het *modular inclined screen* en *inclined plane screens* kunnen beschouwd worden als de meest effectieve en veilige systemen tot nu toe volgens de criteria gehanteerd in dit onderzoek. Wanneer een visgeleidingssysteem wordt gezocht voor een locatie met een lage stroomsnelheid en waar de prioriteit uitgaat naar enkele niet-zwakke doelsoorten (zwakke kwetsbare vissoorten zijn bijvoorbeeld *Alosa* soorten en clupeïden) dan kan volstaan worden met een *modified traveling screen*. Hoge overlevingspercentages tot aan 100% voor bepaalde vissoorten kunnen bij dit systeem gehaald worden.

De directe overleving is niet noodzakelijkerwijs een goede indicator voor de overleving op de lange termijn. Het vaststellen van de indirecte sterfte is daarom van belang. Indirecte sterfte is vrijwel niet meetbaar in praktijk situaties omdat niet met zekerheid vast te stellen is of er een andere factor in het veld verantwoordelijk is voor de ontstane visschade of vissterfte.

Bij toepassing van een mechanisch systeem moet er altijd voor gezorgd worden dat er zo weinig mogelijk vuil het systeem passeert vanwege het eventueel defect raken wanneer het in aanraking komt met veel vuil. Stroomopwaarts ten opzichte van het visgeleidingssysteem moet een constructie komen die het vuil weg vangt en afvoert.

Over de effectiviteit van gedragssystemen bestaat nog veel onduidelijkheid en onzekerheid. De werking van gedragsbarrières is soortspecifiek waardoor de toepassing hiervan niet effectief is wanneer er naar gestreefd wordt zoveel mogelijk vissoorten te beschermen tegen turbine *entrainment*. Met de

informatie die nu bekend is over gedragssystemen lijkt het in de toekomst onwaarschijnlijk dat gedragsbarrières dezelfde geleidingspercentages zullen halen als de mechanische barrières gezien onder verschillende hydraulische omstandigheden en verschillende vissoorten [Congress of the United States Office of Technology Assessment, 1995].

Desondanks wordt er op dit moment veel aandacht geschonken aan de ontwikkeling van gedragssystemen. De voornaamste reden hiervoor is dat het toepassen van gedragssystemen goedkoper is dan de toepassing van een mechanisch systeem. De relatief lage prijs van een gedragsbarrière maakt verder onderzoek naar de werking ervan aantrekkelijk voor energiemaatschappijen. Wanneer in de toekomst eventuele toepassing van gedragssystemen wordt overwogen is meer onderzoek naar de effectiviteit hiervan op verschillende trekvissoorten en riviervissoorten een vereiste. Nieuw onderzoek naar het gedrag van vissen moet zijn bijdragen leveren aan het verbeteren van de werking van gedragsbarrières zodat de effectiviteit van gedragsbarrières op een redelijk niveau komt.

Meer aandacht moet uitgaan naar de prestaties van de systemen in de praktijk. Het komt nog te vaak voor dat een systeem niet goed werkt in de praktijk ondanks het feit dat het goede resultaten heeft behaald onder experimentele omstandigheden.

Over het algemeen kan worden gesteld dat meer onderzoek nodig is naar bestaande en nieuw te ontwikkelen visgeleidingssystemen waarbij meer aandacht wordt gegeven aan verschillende trekvissoorten en riviervissoorten.

6.4 onderzoek naar visgeleiding in Nederland

In hoofdstuk 5 is naar voren gekomen dat er op dit moment te weinig onderzoek is gedaan om een verantwoorde keuze te kunnen maken welk visgeleidingssysteem geschikt is voor toepassing in Nederland. Aangegeven is dat het stappenplan visgeleiding de leidraad is in de beleidsvorming. Aan dit stappenplan wordt dan ook vastgehouden terwijl het ondertussen op sommige punten achterhaalt te noemen is. Aanleiding hiervoor is dat er een groot tijdsbestek zit tussen de uitvoering van de opeenvolgende fasen. Het Fase II rapport werd pas uitgebracht in 2000 terwijl het Fase I rapport al is gepubliceerd in 1996. De mogelijkheid bestaat dat in vier jaar tijd een verandering heeft plaatsgevonden in de visstand of het beleid. Dit zou kunnen betekenen dat de potentiële doelsoorten van 1996 in 2000 niet meer hetzelfde zijn. Een herziening van de potentiële doelsoorten voor 2000 was daarom wenselijk geweest.

Ook zijn in hoofdstuk 5 een aantal studies in het kader van visgeleiding in Nederland aan bod gekomen. Naar aanleiding van deze studies wordt hier op de volgende punten dieper ingegaan:

- De criteria die worden gehanteerd bij het vaststellen van doelsoorten en het selecteren van een eventueel geschikt visgeleidingssysteem voor toepassing in Nederland.
- De afwijzing van het gebruik van het *modular inclined screen* op grond van de te verwachten problemen met grofvuil in de Nederlandse rivieren
- De cumulatieve norm voor vissterfte

6.4.1 doelsoorten en visgeleidingssystemen

In hoofdstuk 5 is duidelijk geworden dat bij verschillende studies naar visgeleiding in Nederland niet genoeg rekening wordt gehouden met bepaalde doelsoorten. In totaliteit wordt aan niet meer dan tien doelsoorten aandacht gegeven. Onderzoek van Bakker en Kranenbarg [2000] toont echter aan dat wanneer naar de inheemse vissoorten van de Maas wordt gekeken (Bijlage 3) er op basis van wettelijke regelingen, internationale verdragen en beleid van de rijksoverheid en de sportvissector, er 26 soorten zijn die in aanmerking komen voor bescherming bij wkc's. Gezien de huidige situatie (twee wkc's op de Maas) hebben op grond van ecologische en biologische aspecten elf soorten hiervan een relatieve hoge prioriteit, vijf soorten een tweede prioriteit en vier soorten een relatief lage prioriteit voor bescherming (zie Bijlagen 4). Dit geeft aan dat het belangrijk is dat niet alleen naar de status van een vissoort op basis van wet en beleid wordt gekeken maar ook naar de ecologische en biologische aspecten. Daarnaast moet er niet automatisch van uitgegaan worden dat er geen rekening gehouden hoeft te worden met niet-bedreigde vissoorten. De status van deze soorten kan in de toekomst veranderen wat inhoudt dat andere eisen aan het visgeleidingssysteem worden gesteld. De aanschaf van een visgeleidingssysteem is een dure aangelegenheid en eenmaal geïnstalleerd zal het niet snel vervangen worden. Wanneer op voorhand wordt gekozen voor een systeem dat zoveel mogelijk soorten beschermd is dit probleem niet aan de orde.

Hadderingh [2000] vermeldt dat de kosten van een schuingeplaatst rooster ruim een factor 10 meer zijn dan van licht- en geluidssystemen. Al deze drie systemen worden door Hadderingh [2000] geschikt bevonden (zie tabel 5.4) voor toepassing in Nederland. Vanuit financieel oogpunt wordt voor het licht- en geluidssysteem gekozen terwijl men bewust is van het feit dat schuingeplaatste roosters meerdere soorten dan alleen de doelsoorten beschermen.

Het feit dat 26 doelsoorten dienen te worden beschermd [Bakker en Kranenbarg, 2002] sluit het toepassen van gedragssystemen in Nederland daardoor uit. Ook op grond van tabel 4.3 en de redenen aangehaald in § 6.3.2 wordt dan ook de toepassing van o.a. licht- en geluidssystemen sterk afgeraden.

6.4.2. cumulatieve visschade norm

Niet alleen een beperkt aantal gekozen doelsoorten maar ook minder hoge gestelde eisen aan geleidingspercentages maakt het de KEMA [2000] en de Consulmij [1999] rapporten het toepassen van licht- en geluidssystemen⁴ voorstellen. In tegenstelling met dit onderzoek wordt een percentage van 80% in de rapporten van de KEMA [2000], de Consulmij [1999] en de OVB [1992] gezien als voldoende (zie Bijlage 5) [Vriese, 1992; Hadderingh en Aerssen, 2000; Hadderingh, 2000; Consulmij, 1999].

Met betrekking tot de wkc Borgharen neemt de KEMA zelfs genoegen met geleidingspercentages tussen de 60% en 80%⁵. De KEMA vermeldt hierbij dat de uiteindelijk te bereiken effectiviteit zal afhangen van de locatie, de technische uitvoering, de bypass condities en evenzeer de heersende rivieromstandigheden [Hadderingh, en Aerssen, 2000]. Er moet van worden uitgegaan dat het voor kan vallen dat de systemen hierdoor minimaal werken. Zolang niet duidelijk is in welke mate de effectiviteit van de visgeleidingssystemen door deze omgevingsfactoren wordt beïnvloed moet uitgegaan worden van

⁴ Voor een definitieve beslissing voor het toepassen van een van deze configuraties en de locatie van het systeem bij Borgharen zijn nadere studies nodig naar onder andere:

- constructie van het licht/geluidssysteem, effect stromingspatroon op het luchtbellen scherm
- Constructie additionele systemen en aansluiting op hoofdsystemen en bypass.
- Hydraulische studie m.b.t. de mogelijke bypasses [Hadderingh en Aerssen, 2000].

⁵ Door de KEMA wordt gesteld, indien aan de gestelde voorwaarden wordt voldaan inclusief de aanleg van een surface en bottom bypass welke aansluiten op het grofvuilrooster voor de turbines dat de verwachte effectiviteit van de gecombineerde licht/geluidssysteem als volgt is: aal: 65-80%; smolts:

de hoogste sterftepercentages en moet worden gekeken of deze wel binnen de cumulatieve schadenorm vallen. De kans bestaat dat de uiteindelijke effectiviteit zelfs lager ligt dan de verwachte 60% en 65%. Praktijk onderzoek is nodig om te kijken wat de daadwerkelijke geleidingsefficiëntie van het systeem is al deze gegevens berusten immers op een schatting.

Uitgaande van een aan het debiet gerelateerde effectiviteit (de effectiviteit van het visgeleidingssysteem kan variëren van 65-80% afhankelijk van het debiet) wordt door de KEMA een aalsterfte verwacht van 1,9% en 2,6% in de periode van 15 augustus t/m 8 december en 24 oktober t/m 8 december respectievelijk. Deze percentages zijn gebaseerd op de sterftepercentages berekend bij 65% en 80% effectiviteit.

Het KEMA rapport [Haddering, 2000] geeft aan dat in de eerst genoemde periode de turbines minder gedraaid hebben vanwege een laag Maasdebiet in augustus en september. Hierdoor is minder aalschade aangericht. In de normale situatie waar de turbines gewoon kunnen draaien zal de sterfte uiteindelijk hoger liggen. De KEMA berekend een aalsterftepercentage van 4,19% bij 65% effectiviteit in de periode van 24 oktober t/m 8 december. Gezien de toegestane cumulatieve visschade norm van 10% (zie voetnoot 1 in hoofdstuk 5) is dit een te hoog sterftepercentage.

Voor de overige riviertreksoorten stelt de KEMA het minimale geleidingspercentage van 60%. Te verwachten is dat hierdoor de sterftepercentages hoger zullen liggen dan de aalsterftepercentages. Verwacht wordt dat deze dan ook niet binnen de cumulatieve schadenorm vallen.

In de beleidsnotitie Interdepartementaal zalmoverleg [Bakker et al., 2001] wordt een norm gesteld van 10% voor cumulatieve visschade voor het Nederlandse deel van de Maas.

Twee redenen kunnen worden gegeven waarom deze norm eventueel verlaagd moet worden. Ten eerste zwemmen veel trekvisseren verder dan alleen het Nederlandse deel de Maas op waardoor ze ook met wkc's in het buitenland te maken krijgen [Kranenbarg en Bakker, 2002]. De KEMA [1997] geeft aan dat circa 33% van de smolts (15-20 cm, zalm en zeeforel) sterft bij passage door zeven turbines tussen de Ourthe en de Noordzee. De vissterfte op het internationale deel van de Maas is niet meegenomen bij de normstelling waardoor de vissterfte uiteindelijk boven de 10% kan komen en dit is bedreigend voor het voortbestaan van bepaalde vissoorten. Wanneer de berekening uit hoofdstuk vijf (zie voetnoot 1) wordt gehanteerd, zou bij een passage van deze zeven waterkrachtcentrales een maximale vissterfte van 1,5 % zijn toegestaan, wil aan de cumulatieve visschadenorm van 10% worden voldaan.

Ten tweede gaat de technologie van vistrappen vooruit waardoor de stroomopwaartse trek in de toekomst steeds beter mogelijk wordt. Veel meer vissen zullen kans zien om internationaal de rivieren op te trekken. Dit betekent dat de afstand die stroomafwaarts wordt afgelegd bij terugkeer naar de zee ook groter wordt waardoor steeds meer vissen krijgen te maken met meer cumulatieve sterfte.

De cumulatieve visschadenorm voor Nederland geeft daarom geen garantie voor het herstel van een vissoort. Om een juiste cumulatieve norm vast te stellen moet worden gekeken naar de gehele Maas. Internationale afspraken over een toelaatbare norm van cumulatieve sterfte kunnen hierbij een uitkomst bieden. Voor elke vissoort zal een cumulatieve visschadenorm moeten worden vastgesteld die geldt voor het gehele trekgebied van die vissoort. Deze norm voor toelaatbare sterfte dient bepaald te worden middels populatiegegevens.

Vervolgens zal alvorens een beslissing wordt genomen over de vergunningverlening voor een nieuwe wkc per locatie afgewogen moeten worden hoe groot de gevolgen zijn van dit initiatief voor de vissoorten die hun migratieroute geheel of ten dele via de desbetreffende rivieren hebben.

65-80%; riviertrekvis: 60-75%.

Met betrekking tot handhaving van de cumulatieve vissschadenorm zullen de maximaal toelaatbare sterftepercentages per wkc lager worden naarmate er meer wkc's komen te staan in de Maas. Het risico dat de inpasbaarheid van nieuwe wkc's in de toekomst niet mogelijk is vanwege overschrijding van de cumulatieve vissschadenorm kan op voorhand worden beperkt door het hanteren van het volgende voorzorgsprincipe: hoe lager de vissterfte bij een wkc des te meer wkc's zijn toegestaan in de Maas. Dit pleit voor het toepassen van visgeleidingssystemen met hoge geleidingspercentages zoals het *modular inclined screen* en *inclined plane screens*.

6.4.3 het grofvuil in de Nederlandse rivieren

Eerder is in hoofdstuk 5 aangegeven dat het *modular inclined screen* (MIS) in het Fase II rapport als het meest geschikte systeem wordt bevonden ten aanzien van de geleidingspercentages voor alle vissoorten. Desondanks wordt de toepassing van het systeem in Nederland vaak afgeraden vanwege problemen die zijn te verwachten met grofvuil. De hoge effectiviteit van het MIS in de Amerikaanse wateren wordt door de KEMA toegeschreven aan de minder bevuilde rivieren in vergelijking met de rivieren in Nederland.

Het MIS is tot nu toe echter alleen getest in Amerikaanse wateren. Nog geen praktisch onderzoek is gedaan naar wat daadwerkelijk de te verwachten problemen zijn met vuil in Nederland en hoe eventuele problemen met vuil zich uiten in de effectiviteit van het MIS.

EPRI [1999] beschrijft de ontlading van vuil in de bypass door het MIS als nadelig - wanneer het in geroeteerde stand staat (*backwash positioning*). Door EPRI wordt aangeraden om ten opzichte van het MIS stroomafwaarts *traveling screens* te plaatsen die het vuil dat uit de bypass komt verwijderen. Door EPRI wordt dus wel enige mate van vervuiling aangegeven waartegen het MIS bestand is. Op dit gebied is daarom nog te veel onzekerheid om de toepassing van een MIS in Nederland op voorhand uit te sluiten.

Een onderzoek naar het functioneren van mechanische systemen zoals het MIS en het *Inclined plane screen* in Nederland, is vereist om een duidelijke uitspraak te kunnen doen over de effectiviteit van het toepassen van deze systemen in de Nederlandse rivieren. Uitgezocht moet worden onder welke omstandigheden deze visgeleidingssystemen nog naar behoren kunnen werken en waar de grenzen liggen met betrekking tot vuil.

Op dit moment zijn bij de wkc's Linne, Lith en Maurik grofvuilroosters aanwezig. Uitgezocht moet worden of de hoeveelheid vuil, die ondanks het grofvuilrooster alsnog de turbines weet te bereiken, voor problemen zorgt bij de toepassing van mechanische systemen. Als dit inderdaad het geval blijkt te zijn kan vervolgens worden gekeken of dit vuilprobleem te verhelpen is met eventuele aanpassingen in de bestaande grofvuilroosters, of door het plaatsten van nieuwe grofvuilroosters met een kleinere afstand tussen de spijlen.

Vanwege de kans op vermindering van de watertoestroom (verval), doordat in principe twee mechanische systemen achtereenvolgens staan opgesteld, kunnen de grofvuilroosters eventueel meer stroomopwaarts geplaatst worden.

Conclusies en aanbevelingen

Visgeleidingssystemen

Tot op heden is nog geen visgeleidingssysteem ontwikkeld dat garant staat voor een geleidingspercentage van 100% voor elke vissoort. Vanwege technische redenen, maar vooral omdat het gedrag van levende organismen niet helemaal voorspelbaar en beïnvloedbaar is, is een percentage van 100% geleiding nooit haalbaar voor alle vissoorten; de een blijft kwetsbaarder dan de ander. Omdat enerzijds de gevoeligheid voor schade per soort en lengte verschilt en anderzijds maatregelen gericht op het voorkomen van schade aan vis ook soortafhankelijk zijn en elkaar beïnvloeden is het dus noodzakelijk om prioriteiten te stellen aan de te beschermen soorten. De gevolgen van de schade aan populatiebehoud en populatieontwikkeling per vissoort dienen bij de keuze van doelsoorten voor bescherming te worden meegenomen.

Uit de literatuur blijkt dat op dit moment mechanische systemen, op grond van de evaluatiecriteria gehanteerd in dit onderzoek, de meest effectieve visgeleidingssystemen zijn. Het *modular inclined screen* en *Inclined plane screen* worden voor het beschermen van veel verschillende vissoorten als enige geschikt bevonden en bieden het meeste perspectief vanwege het aantal verschillende vissoorten dat ze beschermen met een hoog overlevingspercentage.

Toepassing van gedragssystemen biedt alleen perspectief in situaties waar enkel de behoefte is om één vissoort te beschermen zoals zalmachtigen of paling.

Het onderzoek naar de effectiviteit en ontwikkeling van gedragssystemen heeft nog een lange ontwikkelingsweg te gaan voordat deze op hetzelfde niveau kunnen presteren als de mechanische systemen.

Bescherming prioritaire doelsoorten

De keuze van het visgeleidingssysteem is afhankelijk van de prioriteiten voor het beschermen van vissoorten. Met betrekking tot Nederlandse Maas zijn op basis van wetgeving en beleid in totaal 26 doelsoorten aangewezen die in aanmerking komen voor bescherming bij wkc's. Hiervan komen 18 soorten naast wetgeving en beleid ook op basis van ecologische en biologische aspecten in aanmerking voor bescherming. Op grond van de biologische criteria gehanteerd in dit onderzoek worden voor het beschermen van deze doelsoorten in Nederland alleen *het modular inclined screen* en het *inclined plane screen* geschikt bevonden.

Visgeleiding in Nederland

Ondanks een aantal bestaande studies naar visgeleiding in Nederland, kan geconcludeerd worden dat deze onvoldoende inzicht opleveren om een adequate keuze te kunnen maken voor een visgeleidingssysteem dat geschikt is voor toepassing in de Nederlandse rivieren. Het ontbreken van veldonderzoek en de concentratie op een te klein aantal doelsoorten zijn hiervan de oorzaak. Gezien de vissoorten waaraan bescherming moet worden geboden op grond van wetgeving en beleid en biologische en ecologische motieven, wordt aangeraden het *modular inclined screen* of het *inclined plane screen* als uitgangspunt te nemen in combinatie met een apart grofvuilrooster. Alvorens over te gaan tot eventuele toepassing van dergelijke systemen, is nader onderzoek naar mogelijke problemen met grofvuil in de Nederlandse rivieren noodzakelijk.

Nader onderzoek in de toekomst naar visgeleiding in Nederland dient op twee aspecten te worden verbeterd:

- De door Kranenbarg en Bakker [2001] vastgestelde doelsoorten dienen als uitgangspunt te worden genomen voor de selectie van een visgeleidingssysteem voor de Nederlandse Maas. De studies naar
- de visgeleidingssystemen die tot nu toe zijn voorgesteld leveren geen goede bijdrage aan het maken van een keuze voor Nederland vanwege het onvoldoende aantal doelsoorten waarop deze studies zijn gebaseerd.
- De cumulatieve norm voor vissterfte dient in acht te worden genomen. Gekeken moet worden of met het desbetreffende visgeleidingssysteem aan deze norm kan worden voldaan. Daarnaast moeten bij de selectie van een visgeleidingssysteem hogere eisen aan het systeem worden gesteld wat betreft het geleidingspercentage. In een aantal studies wordt een geleidingspercentage van 80% als voldoende beschouwd maar dit is te laag gezien de cumulatieve vissterfte die optreedt.

Aanbevelingen beleid

- Het strekt tot aanbeveling een cumulatieve visschadenorm in te stellen voor de Nederlandse rivieren op basis van wetgeving en beleid. In internationaal kader dient te worden beken op welke hoogte deze norm moet worden vastgesteld. Met betrekking tot de inpasbaarheid van nieuwe wkc's ten opzichte van deze cumulatieve visschadenorm moet het voorzorgsprincipe gelden: hoe lager de vissterfte die optreedt bij een wkc des te meer ruimte wordt gecreëerd voor nieuwe wkc's.
- Voor elke vissoort zal een cumulatieve visschadenorm moeten worden vastgesteld die geldt voor het gehele trekgebied van die vissoort. Deze norm voor toelaatbare sterfte dient bepaald te worden middels populatiegegevens.
- Het strekt tot aanbeveling een beslissing te nemen over het visgeleidingssysteem dat moet worden toegepast in Nederland, een evaluatie uit te voeren op basis van vergelijkbare criteria als die worden gehanteerd in dit onderzoek.
- Terwijl de discussie over visgeleiding in Nederland wordt voortgezet zijn er nog steeds geen visbeschermende maatregelen getroffen bij de wkc's in Nederland. Er moet snel overeenstemming komen. Dagelijks treedt veel vissterfte op bij wkc's, voor aal loopt de vissterfte op tot bijna 23%. Zolang de knoop niet wordt doorgehakt zal deze situatie niet veranderen.

Er zijn een aantal mogelijkheden om de invloed van de wkc's op de visstand intussen te beperken:

- Het strekt tot aanbeveling om aangepast turbinebeheer toe te passen. Dit houdt in dat de centrale een paar uur wordt stilgelegd, bijvoorbeeld als er een grote trek paling doorheen komt.

- Een voorlopig alternatief is het wegvangen van schieraal voor de turbines met een combinatie van netten en licht en deze stroomafwaarts van de wkc weer vrij te laten. Dit is alleen interessant als voorlopige tussenoplossing.
- Met betrekking tot de toekomst strekt het tot aanbeveling visvriendelijke turbines te gebruiken. Op dit moment wordt er gewerkt aan een nieuw turbineontwerp waarbij de vissterfte wordt gereduceerd.

Aanbevelingen voor verder onderzoek

Het streven is naar 100% visgeleiding voor zoveel mogelijk vissoorten. Hiervoor is meer onderzoek nodig waarbij aandacht besteed moet worden aan de volgende punten:

- Beter en meer onderzoek is nodig naar de indirecte sterfte en verwondingen van vissen door toedoen van het visgeleidingssysteem en de bypass. Testen waarbij vis, na passage of *impingement* op het visgeleidingssysteem, gedurende langere tijd (42-92 uur) in opslag wordt gehouden, moeten onderdeel van het onderzoek zijn. Voor elke vissoort zal een cumulatieve vischadenorm moeten worden vastgesteld die geldt voor het gehele trekgebied van die vissoort. Deze norm voor toelaatbare sterfte dient bepaald te worden middels populatiegegevens.
- Onderzoek moet uitgevoerd worden in de aanwezigheid van controlegroepen. De sterfte ondercontrolegroepen kan dan gemeten worden, zodat de mate van sterfte onder de testvissen door toedoen van het visgeleidingssysteem met meer zekerheid kan worden vastgesteld.
- Een visgeleidingssysteem dat effectief blijkt bij de ene wkc is niet altijd even werkzaam bij een andere wkc, zelfs onder overeenkomende hydraulische omstandigheden. Uitgezocht moet worden welke factoren hiervan de oorzaak zijn.
- Onzeker is of aan onbeweeglijke levensstadia bescherming moet worden geboden bij wkc's. De effecten van turbinepassage op larven en visseitjes zijn niet duidelijk. Onderzocht moet worden of het noodzakelijk is om deze te beschermen of vrije doorgang te bieden.
- Onderzoek is nodig naar de effectiviteit van gedragssystemen bij meerdere riviervissoorten en trekvissoorten. Gestandaardiseerde experimenten zijn daarbij gewenst zodat de uitkomsten van verschillende experimenten op verschillende locaties op een goede manier met elkaar kunnen worden vergeleken.
- Naast meer onderzoek naar de effectiviteit van gedragssystemen is ook meer onderzoek gewenst naar de biologische aspecten van verschillende vissoorten. Voor het ontwikkelen van een goede gedragsbarrière zal duidelijk moeten zijn hoe een vis signalen uit zijn omgeving opneemt en verwerkt en hoe en op welke zintuigen van de vis het beste kan worden ingespeeld. Ook is meer informatie nodig over de migratiepatronen van veel vissoorten. De drang om stroomafwaarts te migreren is groter bij een trekvissoorten dan bij riviervissoorten. Het effect hiervan op de effectiviteit van visgeleidingssystemen dient nader te worden onderzocht.
- Gewenning kan optreden bij vissen wanneer dezelfde gedragsbeïnvloedende prikkel meerdere keren wordt aangeboden. Achterhaald moet worden hoe groot de kans is dat gewenning optreedt bij een gedragsbarrière en wat het effect hiervan is op de effectiviteit van het systeem.
- Onderzoek naar methoden voor het wegvangen van vuil uit de Nederlandse rivieren is nodig. Met name de Maas is erg vervuild. In het belang van een goed werkend mechanisch visgeleidingssysteem is onderzoek hiernaar noodzakelijk. Verdere ontwikkeling van functionele geautomatiseerde reinigingssystemen is noodzakelijk.

- Ten bate van een gunstigere wateraanvoer naar de wkc dient de mogelijkheid onderzocht te worden om mechanische systemen meer stroomopwaarts te plaatsen. Het effect hiervan en de praktische randvoorwaarden dienen te worden onderzocht.
- Het strekt tot aanbeveling de effectiviteit van visgeleidingssystemen in de Nederlandse rivieren te testen voordat een definitieve beslissing wordt genomen welk systeem toe te passen. Op dit moment is door gebrek aan praktijkexperimenten onvoldoende informatie beschikbaar om tot een goede keuze te komen.

Verklarende woordenlijst

Acoustic systems	Geluidssystemen.
Air bubble curtains	Luchtbelgordijnen.
Angled screens	Schermen die onder een hoek ten opzichte van elkaar staan opgesteld.
Angled rotary drum screens	Roterende tonvormige draaizeven die ten opzichte van elkaar onder een hoek zijn geplaatst.
Attractant flow	Snelle waterstroom die bepaalde vissoorten aantrekt.
Bar racks	Spijnenrooster.
Barrier net	Net dat wordt opgehangen voor een waterkrachtcentrale en dient als een fysieke barrière voor vissen.
Beneluxverdrag inzake vismigratie	Dit verdrag verzekert vrije vismigratie van alle vissoorten in het Maasstroomgebied, maar met voorrang de grote anadrome en katadrome vissoorten.
Biofouling	Bevuiling / verstopt raken van het visgeleidingssysteem door biologisch materiaal, vb algengroei of mosselzaad.
Bypass systeem / vispassage	Een constructie bij een stuwcomplex met waterkrachtcentrale die de stroomafwaartse passage van door een visgeleidingssysteem afgeleide vis voorbij het complex zonder beschadiging en/of sterfte voor de betreffende vis mogelijk maakt. Een vistrap kan ook als bypass worden gebruikt.
Chemicals	Chemicaliën.
Clupeiden	Haringachtigen.
Controlled spills	Het bewust lozen van water over de stuwdam.
Cylindrical wedge-wire screens	Cylindrische schermen bestaand uit wigvormig staaldraad.
Diverslon	Afleiding.
Doelsoorten Ecologisch Herstel Grote Rivieren (RWS)	Soorten waarvan in het kader van het ecologisch streefbeeld van de Maas voor de natuur is vastgesteld dat ze moeten toenemen in aantal.
Drum screens	Tonvormige draaizeven.
Eicher screen	Zie <i>inclined pressure screen</i> .
Electric screens	Elektrische schermen.
Electric-mechanic system	Elektromechanisch systeem.

Entrainment	Meesleuring / inzuiging in de turbines van de waterkrachtcentrale.
Europese Habitat Richtlijn	Deze richtlijn richt zich op het behoud van biodiversiteit door bescherming van (half)-natuurlijke landschappen (habitats) en soorten van Europees belang.
Eurytrope vissoorten	Levensstadia in zowel stromend als stilstaand water.
Fine-mesh screens	Fijnmazige schermen (denk aan gaas of netten).
Fine-tunning	Hierbij wordt de werking van de turbines afgestemd op de migratietrek van trekvissoorten. Dit kan inhouden dat de turbines tijdelijk stil worden gezet of minimaal werken.
Fish bucket	Visemmer / visbak, wordt gebruikt bij modified traveling screens.
Fish pumps	Vispompen.
Fixed screens	Vaststaande schermen.
Gas bubble trauma	Wanneer water over de stuwdam heengaat en in het diepe stort wordt door de hydrostatische druk nitrogeen gas meegevoerd in de waterstroom. De druk die aanwezig is in het waterbasin dat zich beneden de dam bevindt, zorgt ervoor dat het gas wordt opgelost in het water waardoor verzadiging ontstaat. De lage stroomsnelheden onder aan de dam vertragen de ontsnapping van het opgeloste gas terug in de atmosfeer. Wanneer vissen dit gas absorberen is er kans op het ontstaan van gasbellen in de bloedstroom. Dit effect, in combinatie met de drukverandering die plaatsvindt wanneer de vis met de waterstroom meeduikt naar het diepe en vervolgens weer terug keert naar het oppervlak, veroorzaakt traumatische effecten en kan leiden tot vissterfte.
Gunderboom	Permeabel gordijn dat op het water drijft.
Hanging chains	Kettinggordijnen.
High velocity screens	Schermen die goed toepasbaar zijn bij hoge stroomsnelheden zoals het MIS en het inclined plane screen.
Horizontal traveling screens	Horizontaal opgestelde roterende schermen.
Hybrid barriers	Hybride barrières.
ICBM	Internationale Commissie ter bescherming van de Maas.
Immobilie lifestages	Dit zijn levensstadia zoals vis eitjes en vislarven.
Impingement	Botsing van de vis met het visgeleidingssysteem of vuil dat op zich op het systeem bevindt.
Incandescent light	Gloeilampen.
Inclined plane screen	Schuin afhellend scherm.
Inclined pressure screen	Eicher screen.
Infiltration intake	Infiltratie waterinlaat.
Infrasound	Infrageluid.
Interdepartementaal Zalmoverleg (project "Zalm terug in onze rivieren")	Gezamenlijk project van de Ministeries van LNV en V&W. Komt voort uit overleg tussen deze Ministeries in 1987. Doelstelling van dit project: "de bevordering van een zichzelf instandhoudende visstand, waarvan ook trekvissoorten deel uitmaken, in het stroomgebied van de Maas, de Rijn en de Overijsselse Vecht,

	alsmede andere daarvoor in aanmerking komende stromende wateren".
Light	Licht.
Louvers	Systeem dat bestaat uit verticale lamellen die zijn opgehangen in het water.
Low velocity screens	Schermen die alleen goed toepasbaar zijn bij lage stroomsnelheden.
Mercury light	Kwikdampampen.
MIS	<i>Modular inclined screen.</i>
Modular inclined screen	Modulair afhellend scherm.
Modified traveling screens	Aangepaste schermen waar vuil wordt verwijderd via een hogedruk watersysteem aan de voor- of achterkant van het scherm.
Natuurbeschermingswet	Wettelijke bescherming genieten de soorten die opgenomen zijn in deze wet. Het vangen of doden van deze soorten vereist een ontheffing van LNV. In dit kader kunnen beschermende maatregelen worden getroffen.
Onbewegelijke levensstadia	Dit zijn levensstadia zoals vis eitjes en vislarven.
Restschade	Visschade door toedoen van waterkrachtcentrales.
Risotroph screens	Aangepaste schermen waar vuil wordt verwijderd via een hogedruk watersysteem aan de voor of achterkant van het scherm.
Rode lijst voor Nederlandse zoetwatervissen	Hierin staan o.a. doelsoorten van natuurbeleid LNV. De rode lijst is een soortbeschermingsproject uit het Natuurbeleidsplan (LNV, 1990) en is gestoeld op de Conventie van Bern (1979). In de Rode lijst staan soorten vermeld die zeldzaam zijn en/of achteruitgaan in aantallen.
Rotary disk screens	Roterende schijfvormige schermen.
Salmoniden	Zalmachtigen.
Screens	Schermen.
Sound	Geluid.
Soundsystem	Geluidstelsel.
Standard or conventional screens	<i>Traveling screens</i> en <i>stationairy screens.</i>
Stationary screens	Vaststaande schermen.
Strobe light	Flitslicht.
Stroominnende vissoorten	Vissoorten die zich meestal bevinden in het snelstromende gedeelte van de rivier. Deze vissoorten worden aangetrokken door snelle stroming.
Submerged traveling screen	Scherf dat onder het wateroppervlak staat opgesteld ter bescherming van vissen.
Surface collector	Systeem dat vissen verzamelt die zich in de bovenste waterkolom bevinden.
Tailrace	Het stroomafwaartse gedeelte van de rivier.
Tangentiële stroming	Stromingsrichting die langs het scherm of rooster loopt wanneer deze onder een hoek met de waterstroom zijn geplaatst .

Turbidity	Troebelheid van het water.
Vertical travelling screens	Verticaal opgestelde roterende schermen.
Visgeleiding	Het weggeleiden van vis van de waterkrachtcentrale, eventueel naar een bypass.
Visgeleidingssysteem	Een constructie bij een waterkrachtcentrale die tot doel heeft de stroomafwaartse passage van vis door de turbines van de centrale te verhinderen.
Vistrap	Constructie die is aangelegd bij een stuw in de rivier die stroomopwaartse migratie mogelijk maakt.
Visual keys	Herkenningspunten.
Viswering	Het fysiek blokkeren van vispassage.
Water Jet curtains	Waterstraalgordijnen.
Wedge-wire screens	Schermen van wigvormig staaldraad.
WKC	Waterkrachtcentrale.

Literatuurlijst

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- Voorstel ten behoeve van interdepartementale meningsvorming 2- Achtergrondnotitie met bijlagen.

RWS-Limburg.

Bates, D.W., O. Logan and E. Pesonen (1960)

Efficiency evaluation, Tracy fish collecting facility, Central Valley Project. In: 'Visgeleidingssystemen bij waterkrachtcentrales'. OVB (Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij), Nieuwegein.

Bates, D.W. and R. Vinsonhaler (1956)

Use of louvers for guiding fish. Trans. Am. Fish. Soc. 86: 39-57. Bethesda, USA

Bates, K. (1993)

Fish passage policy and technology.

American Fisheries Society, Bioengineering Section, Bethesda, Maryland, USA.

Beland, K.F. (1990)

St. Croix river Atlantic salmon program.

In: Proceedings of the 1988 Northeast Salmon Workshop, Bielak (ed.)

Special Publication Series No. 16, Atlantic Salmon Federation, St. Andrews. N.B., Canada, 7-13.

Bell, Milo C., (1991)

Revised Compendium on the Successes of Passage of Small Fish Through Turbines.

Report for U.S. Army Corps of Engineers, North Pacific Division, Contract No. DACW-57-88-C-0070. Portland, OR, USA.

Cada, G.F. (1990)

A review of studies relating to the effects of propeller-type turbine passage on fish early life-stages. North American Journal of Fishery Management 10: 418-426.

Cada, G.F. (1998)

Fish passage mitigation at hydroelectric power projects in the U.S.

In: Fish Migration and Fish Bypasses, Jungwirth et al., (eds.), Fishing News Books, Oxford, UK, p. 208-219.

Clay, C.H. (1990)

Suggestions for future research on fishways and fish facilities.

In: Proceedings of the international symposium on fishways '90 in Gifu, Yagido, Japan, pages 1-9.

Coeck J., A. Vandelannoote en R.Yseboodt , (1991)

Visdoorgangen voor laaglandbeken, Werking, bouw, evaluatie.

Rapport I.N.A.91.28, Instituut voor Natuurbehoud, België.

<http://vismigratie.instnat.be/info/methodologie.htm>. Oktober 2002.

Congres of the United States Office of Technology Assesment (1995)

Fish passage technologies: Protection at hydropower facilities, OTA-ENV-641. US Government Printing Office,

Washington DC.

Consulmij (1999)

Onderzoek naar visgeleiding bij waterkrachtcentrale Borgharen, eindrapport.

Rapport nummer: CB.98.069/OV4, februari 1999. Consulmij BV, Kampen, Nederland

Davies, J.K (1988)

A review of information relating to fish passage through turbines: implications to tidal power schemes. J. Fish Biol. (1988) 33 (supplement A): 111-126.

Ducharme, L.J.A. (1972)

An application of louver deflectors for guiding Atlantic salmon (*salmon salar*) smolts from power turbines. J. Fish. Res. Bd. Can., 29(10): 1397-1404.

Eicher, G.J. (1958)

PGE pioneers new approach to fish passage at Pelton project.

Electric Light & Power, 15 , p. 56.

Electric Power Research Institute (EPRI) (1999)

Fish Protection at cooling water intakes. Palo Alto, California, USA.

Ferguson, J.W. (1992)

Analyzing turbine bypass systems at hydro facilities. Hydro Review, June 1992, p. 46-56.

Hadderingh, R.H. (2000)

Definitief 2e concept versie van het rapport "Potentieel geschikte visgeleidingssystemen voor doelsoorten", Stappenplan Visgeleiding Fase II. KEMA Power Generation & Sustainables, Arnhem. Nederland.

Hadderingh, R.H., en G.H.F.M. van Aerssen (2000)

Visgeleiding WKC Borgharen . KEMA Power Generation & Sustainables , Arnhem, Nederland.

Hadderingh, R.H. (1998)

Visstand, vispassage en visdetectie in verband met nieuwe waterkrachtcentrales in de Maas.

KEMA Power Generation, Arnhem, Nederland.

Hadderingh, R.H. (1997)

Relatie nieuwe waterkrachtcentrales en visstand in de Maas

Rapport nr. 65075-KPG/CET 97-3126. KEMA, Arnhem, Nederland.

Halsband, E., I. Halsband (1992)

Die Entwicklung der Elektrofischereinlagen von den Anfängen bis zur Hightech der Gegenwart und ihr Einsatz in der Praxis. Fischer & Teichwirt 8: 302-304.

Hayes, D. (1995)

California Department of Water Resources. Personal communication. August 1995

In: Fish passage technologies: Protection at hydropower facilities. US Government Printing Office, Washington DC. USA.

Haymes, G.T. and P.H. Patrick (1986)

Exclusion of adult alewife, *Alosa pseudoharengus*, using low-frequency sound for application at water intakes. Canadian Journal of fisheries and Aquatic Sciences 43(4): 855-862.

Hét Visblad (2003)

Uitgave van Januari 2003

Nederlandse Vereniging Sportvisserfederaties (NVVS), Amersfoort, Nederland.

Hocutt, C.H., J.E. Edinger (1980)

Fish behaviour in flow fields. In: Power plants, Academic Press.

Holzner, M. (1999)

Vermeidung von Fishschaden im Kraftwerksbereich.

Bericht für den Untersuchungszeitraum von 1996 bis 1998. Bayerns Fischerei + Gewässer, Landes Fischerei Verbandes, LFV- Bayern, München, Duitsland.

Jungwirth, M. (1998)

River continuum and fish migration- going beyond the longitudinal river corridor in understanding ecological integraty. In: Behavioral Technologies for Fish Guidance American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA.

Kranenbarg J. en H. Bakker (2002)

Waterkrachtcentrales versus vis in de Nederlandse Maas: Prioritaire soorten voor bescherming tegen mortaliteit door turbine passage. Werkdocument (2002.217x) Ministerie van Verkeer en waterstaat. RIZA, Lelystad, Nederland.

Loeffelman, P.H., D.A. Klinect and J.H. van Hassel (1991)

Fish protection at water intakes using a new signal development proces and sound system. In: Waterpower '91, Proceedings of the International Conference on Hydropower./American Society of Civil Engineers. Denver, Colorado, USA. p. 355-365.

Loeffelman, P.H., J.H. Van Hassell and D.A. Klinect (1991)

Using Sound to Divert Fish From Turbine Intakes. Hydro Review, October 1991

Long, C.W. (1961)

Proposal for research on fingerling passage problems at low-head dams./Bureau of commercial Fisheries, Fish Passage Research Program. Seattle, Washington, USA.

Long, C.W., W.M. Marquette and F.J. Ossiander (1972)

Survival of fingerlings passing through a perforated bulkhead and modified spillway at Lower Monumental Dam, April through May 1972. Progress report to the National Marine Fisheries Service, Seattle, Washington, USA.

Mills, D. (1989)

Ecology and management of Atlantic salmon./Chapman & Hall, London.

Monten, E. (1985)

Fish and turbines. Stockholm, Norstedts Tryckeri; 109 S.

National Marine Fisheries Service (1994)

NMFS Southwest Region Position paper on Experimental Technology for Managing Downstream salmonid Passage. <http://swr.nmfs.noaa.gov/hcd/expert.htm> Januari, 2003

Neitzel, D.A., C.S. Abernathy, E.W. Lusty and L.A. Prohammer (1985)

A fisheries evaluation of the Sunnyside Canal fish screen facility, spring 1985.

Prepared by Pacific Northwest Laboratory for Bonneville Power Administration. In: Fish protection at cooling waterintakes. EPRI, Palo Alto, California, USA.

Northcote, T.G. (1978)

Migratory strategies and production

in Freshwater Fisheries. Ecology of freshwater fish production, S.D. Gerking (ed.) New York, NY, USA, Halsted Press, 1978)

Odeh, M. (1999)

Innovations in fish passage technology . American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.

Odeh, M. (1998)

Downstream fish passage design considerations and development at hydroelectric projects in the North-east USA. In: Behavioral Technologies for Fish Guidance American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA.

PDE (Project Bureau Duurzame Energie) (2002 / 2003)

http://www.pde.nl/de/wk/wk_beleid.html, januari, 2003.

<http://www.microhydropower.net/nl/linne.php>.

<http://www.duurzame-energie.nl>, oktober, 2002.

Peter, A. (1998)

Interruption of the river Continuum by barriers and the consequences for migratory fish.

Pages 99-112 in Jungwirth et al. 1998.

RIVON, (2002)

www.RIVON.nl

Ruggles, C.P. (1990)

A critical review of fish exclusion systems for turbine intakes with particular reference to a site on the Connecticut River, U.S.A. In: Fishways '90. S. Komura [Ed.].

Proceedings of the international symposium on fishways '90. Gifu, Japan.

Ruggles, C.P. (1992)

What's new in downstream fish passage?

Fourth International Atlantic Salmon Symposium. St. Andrews, New Brunswick, Canada.

Shooner, G. (1990)

Angers River: a new habitat for Cascapedia salmon.

In: Bielak (ed.) Proceedings of the 1988 Northeast Salmon Workshop. Special Publication Series No. 16, Atlantic Salmon Federation, St. Andrews. N.B., Canada., 119-122.

Solomon, D.J. (1992)

Diversion and entrapment of a fish at water intakes and outfalls.

National Rivers Authority, Bristol, R&D Report 1. In: Visgeleidingssystemen bij waterkrachtcentrales. OVB (Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij), Nieuwegein.

Stewart, P.A.M. (1981)

An investigation into the reaction to electrified barriers and bubble curtains.

Fisheries Research 1: 135-144.

Taft, E.P. (Stone & Webster Engineering Corporation) (1986)

Assessment of downstream migrant fish protection technologies for hydroelectric application.

EPRI Report AP-4771, Research Project 2694-1, Electric Power Research Institute.

Palo Alto, California, USA.

Turnpenny, A.W.H. (1988)

The behavioural basis of fish exclusion from coastal power station cooling water intakes. CEGB Research report nr: RD/L/3301/R88. In: Visgeleidingssystemen bij waterkrachtcentrales. OVB (Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij), Nieuwegein.

Vriese, F.T. (1996)

Biologische argumenten voor de keuze van doelsoorten voor visgeleiding.

Stappenplan Visgeleiding, Fase I. OVB- onderzoeksrapport 1996-11 nr: OR/OVB 1994-01. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein.

Vriese F.T. (1992)

Visgeleidingssystemen bij waterkrachtcentrales. OVB (Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij), Nieuwegein.

Vriese, F.T. en A.J.P. Raat (1993)

Stappenplan visgeleiding. OVB onderzoeksrapport 1993-24, OVB, Nieuwegein.

Wardle, C.S. (1986)

Fish behaviour and fishing gears.

In: The behaviour of teleost fishes. Pitcher, T.J. [Ed.]. Croom Helm Ltd. Kent, p. 488-489.

Williams, J.G. (1990)

Water velocities in relation to fish behavior in the design of screens for diversion of juvenile salmonids from turbines at hydroelectric dams on the Columbia River, U.S.A. In: Fishways '90. S. Komura [Ed.]. Proceedings of the international symposium on fishways '90 in Gifu, Japan.

Winchell, F.C., E.P. Taft, S.V. Amaral, L. Everhart, D. Michaud, and C.W. Sullivan (1997).

Evaluation of behavioral devices for attracting/repelling fishes commonly entrained at midwest hydro projects. In: Fish Passage Workshop, Milwaukee, WI, May 6-8, 1997.

Wolf, P. (1950)

A trap for the capture of fish and other organisms moving downstream.

Trans. Am. Fish. Soc. 80: 41-45.

Bijlage 1

Vissterfte bij waterkrachtcentrales

Tabel b1.1

Vissterfte bij wkc's met horizontale Kaplan turbines [bron: Vriese (OVb), 1992]

Type turbine en locatie	Vissoort	Mortaliteit (%)	Auteur
Kaplan (horizontaal)			
Rock Island, V.S.	<i>Oncorhynchus kisutch</i> (17 cm)	7	Olson & Kaczynski (1980)
	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (12 cm)	3.1	
Essex plant, V.S.	<i>Salmo salar</i> (23-35 cm)	2	Knight & Kuzmeskus (1982)
Craggy project, V.S.			Mathur & Heisey (1992)
turbinebladen 13°	<i>Ictalurus punctatus</i> (15-35 cm)		
	juveniel	10	
	adult	21	
turbinebladen 28°	<i>Ictalurus punctatus</i> (11-32 cm)	7	
turbinebladen 13°	<i>Lepomis macrochirus</i> (8-20 cm)		
	juveniel	6	
	adult	14	
Linne, NI.	<i>Anguilla anguilla</i> (najaar 1990)		KEMA (1992b)*
debiet 30 m ³ /s	(48.9 cm)	22.8	
debiet 50 m ³ /s	(59.1 cm)	9.9	
debiet 100 m ³ /s	(59.8 cm)	5.5	
	<i>Anguilla anguilla</i> (voorjaar 1991)		
debiet 30 m ³ /s	(43.3 cm)	8.6	
debiet 50 m ³ /s	(32.6 cm)	0.7	
Linne, NI.	<i>Rutilus rutilus</i> (najaar 1990)		KEMA (1992c)**
	(10-20 cm)	2.9	
	(> 20 cm)	10.8	
	<i>Abramis brama/Blicca bjoerkna</i>		
	(10-30 cm)	3.8	
	(> 30 cm)	19.5	
	<i>Stizostedion lucioperca</i>		
	(10-40 cm)	6.1	
	(> 40 cm)	5.4	
	<i>Rutilus rutilus</i> (voorjaar 1991)		
	(10-20 cm)	2.8	
	(> 20 cm)	3.8	
	<i>Abramis brama</i>		
	(10-30 cm)	3.0	
	(> 30 cm)	1.8	
	<i>Stizostedion lucioperca</i>		
	(10-40 cm)	0.4	
	(> 40 cm)	0.5	

Tabel b1.2

vissterfte bij wkc's. [bron: Holzner, 1999]

Autor (Jahr)	Turbinentyp (Leistung)	Fischart (Länge in cm)	Mortalität (in %)
ANDREW & GEEN (1958)	Francis (43 MW)	Sockeye Salmon (8,6)	9,2
Department of Fisheries/ Canada (1958)	Francis (??)	Steelhead Trout (12,4) Kamloops Trout (6,8) Kamloops Trout (4,6) Lachsbrütlinge (3,5)	41,9 27,5 28,8 36,6
COLLINS & RUGGLES (1982)	Francis (11 MW)	Atlantischer Lachs, Bachsaibling	15,1–75,6
CRAMER & OLIGHER (1960)	Francis (27,6 MW)	Chinook und Coho Salmon, Steelhead Trout, Rainbow Trout	22,7–55,4
CRAMER & OLIGHER (1961)	Francis (27,6 MW)	Coho Salmon (7,6) Steelhead Trout (15,2)	28–65,5 48,1–66,2
CRAMER & OLIGHER (1964)	Francis (75,8 MW)	Chinook Salmon (10) Steelhead Trout (15) Rainbow Trout (25)	15,5–42,4 10,7–49,5 9,5–60,4
GUNSOLUS & EICHER (1970)	Francis (25,4 MW)	Coho Salmon (??)	25,5–31,6
HAMILTON & ANDREW (1954)	Francis (19,9 MW)	Sockeye Salmon (Smolt) Coho Salmon (Smolt)	34 28
HAMILTON & ANDREW (1954)	Francis (34,6 MW)	Sockeye Salmon (8,6)	10,5
LISTON (1979)	Francis (??)	Chinook und Coho Salmon, Steelhead Trout, Bachforellen	44,9
MASSEY (1967)	Francis (1,1 MW)	Steelhead Trout Chinook Salmon	30,4 28,4
MASSEY (1967)	Francis (1,8 MW)	Steelhead Trout Chinook Salmon	20,0 18,8
MASSEY (1967)	Francis (0,4MW)	Steelhead Trout Chinook Salmon	12,1–12,9 12,6–15,5
MASSEY (1967)	Francis (1 MW)	Steelhead Trout Chinook Salmon	25,9 14,3
Oregon Dept. of Fish and Wild- life (1984)	Francis (??)	Chinook Salmon (Jährlinge)	28,1
Oregon Game Commiss. (1958)	Francis (??)	Regenbogenforelle (Sömmerlin- ge)	4,8
RUGGLES & COLLINS (1981)	Francis (11 MW)	Salmo salar (Smolt)	40–50
SCHOENEMAN & JUNGE (1954)	Francis (4,1 MW)	Chinook Salmon (Sömmerling) Coho Salmon (Jährling)	0,0 33
SCHOENEMAN, MEEKIN & JUNGE (1955)	Francis (6,6 MW)	Chinook Salmon (Sömmerling)	16–43
SEILER (1985)	Francis (6,6 MW)	Coho Salmon (Smolt)	68,9–87,6
WUNDERLICH (1983)	Francis (4,1 MW) Francis (16,6 MW)	Coho Salmon (14,4) Coho Salmon (14,4)	37 38
WUNDERLICH (1985)	Francis (4,1 MW)	Coho Salmon (Smolt)	12–29
MONTEN et al. (1964)	Francis (0,5 MW) Francis (0,5 MW) Francis (0,4 MW) Francis (0,4 MW) Francis (0,2 MW) Francis (0,2 MW)	Salmo salar (12-13)	16,6 26 25,8 27,6 3,7 2,5
MONTEN et al. (1967–71)	Francis (143 MW) Francis (111 MW) Francis (62 MW)	Salmo salar (durchschnittlich 15,2)	8,5 7,7 4,3
LARINIER & DARTIGUELONGUE (1989)	Francis (8,4 MW)	Bach- und Regenbogenforellen (durchschnittlich 16,2)	35,5–48,0
LARINIER & DARTIGUELONGUE (1989)	Francis (0,3 MW)	Forellen (2,9) Forellen (10,2) Forellen (16,7)	28,6–42,4 45,0–70,6 55,6–90,0
LARINIER & DARTIGUELONGUE (1989)	Francis (2,8 MW)	Bachforellen (durchschnittlich 19,5)	5,3–5,4

Vervolg Tabel b1.2

Autor (Jahr)	Turbinentyp (Leistung)	Fischart (Länge in cm)	Mortalität (in %)
MONTEN et al. (1960/61)	Kaplan (0,6 MW) Kaplan (??)	Salmo salar (14,5)	13 19,5
MONTEN et al. (1960)	Kaplan (1,6 MW) Kaplan (2,1 MW) Kaplan (3,1 MW)	Salmo salar (14,5)	8 1,3 8
LARINIER & DARTIGUELONGUE (1989)	Kaplan (0,9 MW)	Bachforellen (14,8-18,5)	4–11,5
LARINIER & DARTIGUELONGUE (1989)	Kaplan (4,7 MW)	Bachforellen (durchschnittlich 19,5)	mind. 8,3–17
BELL & BRUYA (1981)	Kaplan (10,2 MW)	Chinook Salmon (12)	11,2
HOLMES (1952)	Kaplan (54,5 MW)	Chinook Salmon (8-12)	11–15
KYNARD et al. (1982)	Kaplan (8,8 MW)	Salmo salar (??)	4,9
MASSEY (1967)	Kaplan (1,3MW)	Steelhead Trout (??) Chinook Salmon (??)	7,7–9,9 10,5–11,8
OLIGHER & DONALDSON (1965)	Kaplan (19,5 MW)	Chinook Salmon (10)	4,5–22
OLIGHER & DONALDSON (1966)	Kaplan (19,5 MW)	Chinook Salmon (10)	5,5–10,3
OLSON & KACZYNSKI (1980)	Kaplan (52,7 MW)	Coho Salmon (11,3–11,9) Steelhead Trout (16,5)	7 3,1
Oregon Dept. of Fish and Wildlife (1984)	Kaplan (??)	Chinook Salmon (13,5)	13,0
PREMPRIDI (1964)	Kaplan (??)	Pink, Chum und Coho Salmon (jeweils 3,8)	34–42
SCHOENEMAN et al. (1961)	Kaplan (??)	Chinook Salmon (4,5–6)	11
STIER (1983)	Kaplan (8,8 MW)	Salmo salar (Smolt)	12,8–13,1
WEITKAMP et al. (1985)	Kaplan (55,2 MW)	Steelhead Trout (Smolt)	16
LARINIER & DARTIGUELONGUE (1989)	Ossberger (0,8 MW)	Forellen (2,9) Forellen (5,6) Forellen (10,2)	59,3–68,0 74,4–85,2 92,9–100
GLOSS & WAHL (1983)	Ossberger (0,7 MW) Ossberger (0,9 MW)	Salmo salar (16,5–28) Steelhead Trout (15–15,5) Regenbogenf. (9–23,5) Salmo salar (16,5–28) Steelhead Trout (14,5–17) Regenbogenf. (8,5-18,5)	37–72 34–40 10–55 30–53 12–27 8–32

Bijlage 2

Doelsoorten op grond van wetgeving en beleid

Tabel b2.1

Selectie vissoorten die in aanmerking komt voor in ieder geval meer bescherming bij wkc's verdienen dan andere, algemenere soorten die geen specifieke aandacht van het beleid hebben, op basis van wettelijke regelingen, internationale verdragen en beleid van de rijksoverheid en de sportvissector. Al deze soorten hebben hun habitat en / of trekroute in de Maas [bron: beleidsnotitie "wkc versus en vismigratie in de Maas" , Bakker et al., 2001].

X = geeft aan of vissoort is opgenomen is desbetreffend beleid

Soort	Rode lijst	NB wet	Habitat-richtlijn (nr = bijdrage)	Doelsoorten LNV (= rode lijst excl. "gevoelig")	Doelsoorten RWS (= voorlopig alleen reaofilen)	Doelsoorten Benelux verdrag	Doelsoorten Internat. Maascom-misie	Soorten die moeten toemenen volgens Visstand-Beheerplan Gestuwde Maas & Grensmaas
Zeeprík	bedreigd		2	X	X	X	X	
Rivierprík	Kwetsbaar	X	2,5	X	X	X	X	X
Steur	Verdwenen	X	2,4	X	X	X	X	X
Paling	Gevoelig					X	X	
Elft	Verdwenen		2,5	X	X	X	X	X
Fint	Verdwenen		2,5	X	X	X	X	X
Alver					X			X
Gestippelde Alver	Gevoelig	X			X			
Barbeel	Bedreigd		5	X	X		X	X
Sneep	Bedreigd			X	X		X	
Riviergrondel					X			
Kopvoorn	Kwetsbaar			X	X		X	
Winde	Gevoelig				X		X	

Vervolg Tabel b2.1

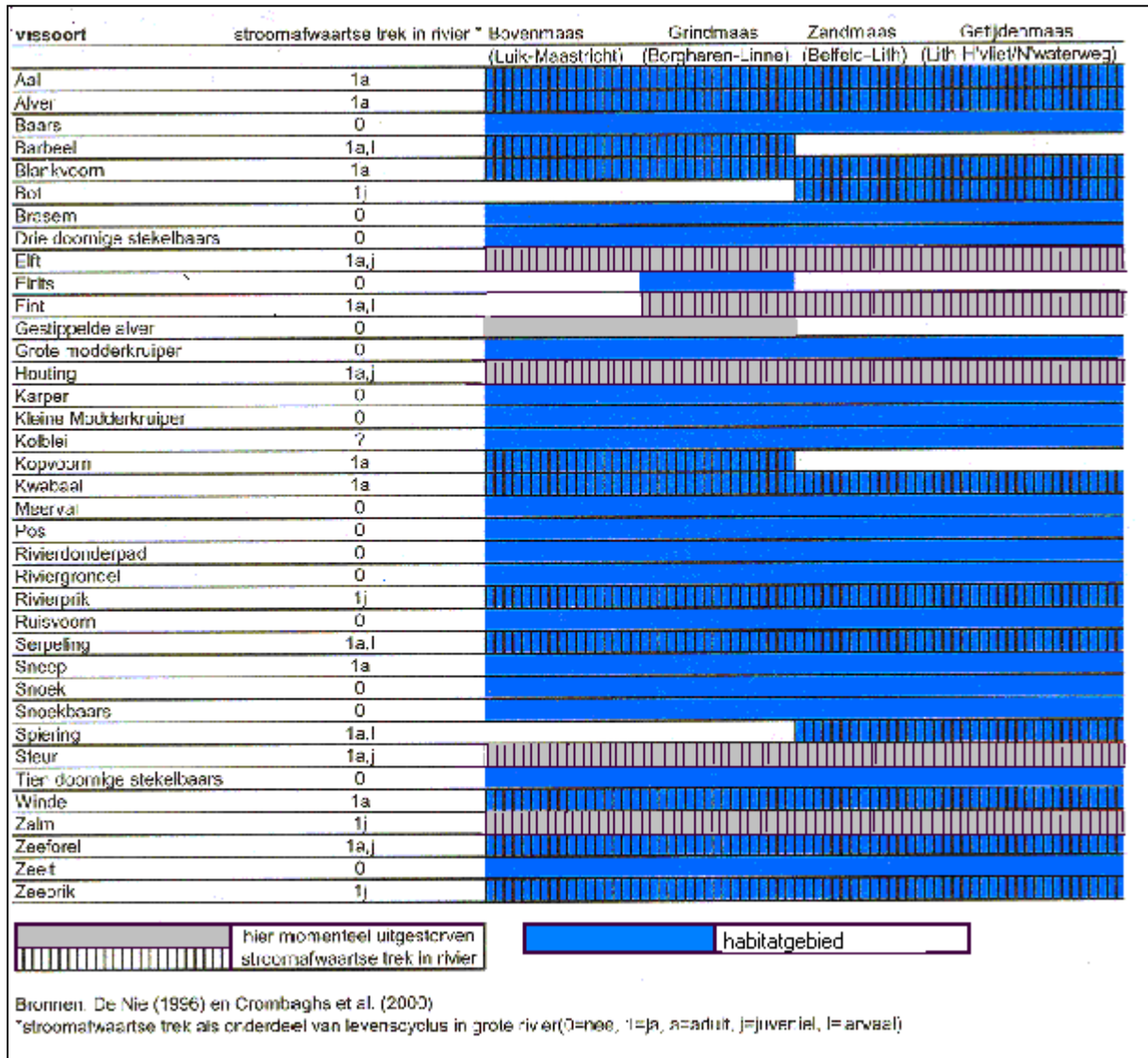
Soort	Rode lijst	NB wet	Habitat-richtlijn (nr = bijdrage)	Doelsoorten LNV (= rode lijst excl. "gevoelig")	Doelsoorten RWS (= voorlopig alleen reaofilen)	Doelsoorten Benelux verdrag	Doelsoorten Internat. Maascom-misie	Soorten die moeten toenemen volgens Visstand-Beheerplan Gestuwde Maas & Grensmaas
Serpeling	Kwetsbaar			X	X		X	
Kl. Modderkruiper		X	2					X
Gr. Modderkruiper	Kwetsbaar	X	2	X				X
Meerval		X						
Snoek								X
Spiering					X		X	
Houting	Verdwenen	X	2,4,5	X	X	X	X	X
Zeeforel	Kwetsbaar			X	X	X	X	X
Zalm	verdwenen		2,5	X	X	X	X	X
Kwabaal	bedreigd			X	X			X
Dried. Stekelbaars					X			
Rivierdonderpad		x			X			X
bot					X		X	X

Bijlage 3

Inheemse vissoorten Maas

Figuur b3.1

Stroomafwaartse trek en habitatgebied van de inheemse vissoorten in de Maas [bron: Bakker en Kranenbarg,, 2002]



Bijlage 4

Prioritaire doelsoorten Nederlandse Maas

Tabel b4.1

Prioriteit van vissoorten voor bescherming bij wkc's bij verschillende scenario's met wkc-lokaties op basis van biologische en ecologische aspecten van vissoorten. Scenario 0 is de huidige situatie.

[bron: Bakker en Kranenbarg, 2002].

scenario 0	scenario 1	senario 2	scenario 3	Afstand tussen WKC- lokaties
Lith	Lith	Lith	Lith	
		Grave	Grave	25 km
			Sambeek	28 km
Linne	Linne	Linne	Linne	104 km
	Borgharen	Borgharen	Borgharen	25 km
<ul style="list-style-type: none"> • Elft ^{*a} (19%) • Fint ^a (19%) • Houting ^{*a} (19%) • Steur ^{*a} (94%) • Aal ^a (24%) • Barbeel ^a (10%) • Kwabaal^a (19%) • Steur ^{*j} (8%) • Winde ^a (10%) • Zalm ^{*j} (8%) • Zeeforel ^a (36%) 	<ul style="list-style-type: none"> • Elft ^{*a} (27%) • Fint ^a (27%) • Houting ^{*a} (27%) • Kwabaal^a (19%) • Steur ^{*a} (98%) • Winde ^a (19%) • Zalm ^{*j} (12%) • Aal ^a (34%) • Barbeel ^a (10%) • Sneep ^a (19%) • Steur ^{*j} (12%) 	<ul style="list-style-type: none"> • Elft ^{*a} (34%) • Fint ^a (34%) • Houting ^{*a} (34%) • Kwabaal^a (19%) • Steur ^{*a} (100%) • Steur ^{*j} (15%) • Winde ^a (19%) • Zalm ^{*j} (15%) • Aal ^a (43%) • Barbeel ^a (10%) • Sneep ^a (19%) 	<ul style="list-style-type: none"> • Elft ^{*a} (41%) • Fint ^a (41%) • Houting ^{*a} (41%) • Kwabaal^a (19%) • Steur ^{*a} (100%) • Steur ^{*j} (18%) • Winde ^a (19%) • Zalm ^{*j} (18%) • Aal ^a (50%) • Barbeel ^a (10%) • Bot ^j (12%) 	

Vervolg b4.1

scenario 0	scenario 1	scenario 2	scenario 3	Afstand tussen WKC- lokaties
Lith	Lith	Lith	Lith	
		Grave	Grave	25 km
			Sambeek	28 km
Linne	Linne	Linne	Linne	104 km
	Borgharen	Borgharen	Borgharen	25 km
<input type="checkbox"/> Kopvoorn ^a (10%) <input type="checkbox"/> Serpeling ^a (4%) <input type="checkbox"/> Sneep ^a (10%) <input type="checkbox"/> Spiering ^a (4%) <input type="checkbox"/> Zeeforel ^j (8%) <input checked="" type="checkbox"/> Bot ^j (4%) <input checked="" type="checkbox"/> Rivierprik ^j (2%) <input checked="" type="checkbox"/> Zeeprik ^j (2%) <input checked="" type="checkbox"/> Alver ^a (1%)	<input checked="" type="checkbox"/> Zeeforel ^a (49%) <input checked="" type="checkbox"/> Zeeforel ^j (12%) <input type="checkbox"/> Kopvoorn ^a (10%) <input type="checkbox"/> Serpeling ^a (4%) <input type="checkbox"/> Spiering ^a (4%) <input checked="" type="checkbox"/> Bot ^j (4%) <input checked="" type="checkbox"/> Rivierprik ^j (3%) <input checked="" type="checkbox"/> Zeeprik ^j (3%) <input checked="" type="checkbox"/> Alver ^a (1%)	<input checked="" type="checkbox"/> Zeeforel ^a (59%) <input checked="" type="checkbox"/> Zeeforel ^j (15%) <input type="checkbox"/> Bot ^j (8%) <input type="checkbox"/> Kopvoorn ^a (10%) <input type="checkbox"/> Serpeling ^a (4%) <input type="checkbox"/> Spiering ^a (8%) <input checked="" type="checkbox"/> Rivierprik ^j (4%) <input checked="" type="checkbox"/> Zeeprik ^j (4%) <input checked="" type="checkbox"/> Alver ^a (1%)	<input checked="" type="checkbox"/> Sneep ^a (19%) <input checked="" type="checkbox"/> Spiering ^a (12%) <input checked="" type="checkbox"/> Zeeforel ^a (67%) <input checked="" type="checkbox"/> Zeeforel ^j (18%) <input type="checkbox"/> Kopvoorn ^a (10%) <input type="checkbox"/> Serpeling ^a (4%) <input checked="" type="checkbox"/> Rivierprik ^j (5%) <input checked="" type="checkbox"/> Zeeprik ^j (5%) <input checked="" type="checkbox"/> Alver ^a (1%)	

- = hoge prioriteit
- = tweede prioriteit
- ▶ = lage prioriteit
- * = uitgestorven in de Maas
- ^a = adult stadium
- ^j = juveniel stadium
- (..%) = sterftepercentage

- In het rapport van Bakker en Kranenborg is er van uitgegaan dat 10% vissterfte een ontoelaatbare impact op de populatieomvang van een soort kan hebben. Deze 10% is een inschatting en niet gebaseerd op populatiegegevens. In werkelijkheid zal de toelaatbare sterfte als gevolg van wkc's samenhangen met de duurzaamheid van een populatie.
- In deze studie is het larvale stadium dat zich middels drift stroomafwaarts verplaatst buiten beschouwing gelaten.
- Vissoorten waarvan populaties momenteel niet meer in de Maas voorkomen zijn ook meegenomen, mochten verdwenen soorten terug keren in de Maas dan moet ook van deze soorten duidelijk zijn in welke mate de wkc's een belemmering vormen voor de populaties van deze soorten.

Bijlage 5

Beoordelingstabel Vriese [1992]

Tabel b5.1

Resultaten scores per visgeleidingssysteem op basis van selectiecriteria [bron: Vriese (OVB), 1992]

Systeem	Geleidingsefficiëntie			Schade aan vis	Toepasbaarheid	Onderhoud & betrouwbaarheid	Kosten van toepassing	Kosten van onderhoud	Redementsverlies
	Salm	aal	overig						
STS	+	-	+/-	-	?	-	-	-	+/-
IPS	+	?	?	+/-	?	+/-	-	-	-
MIS	+	+	+	+/-	?	?	-	-	-
LVS	+	?	+	+	?	+/-	-	-	-
TVL	-	+	+	+	+	+/-	+	+/-	+
FSS	+	-	+	+	+	+	+	+/-	+
LMS	+	-	+	+	+	+	+	+/-	+

STS= submerged traveling screen,

LVS= loever systeem

IPS= inclined plane screens,

TVL= toepassing van licht

MIS= modular inclined screen,

FSS= fish startle system,

LMS= Loeffelman-systeem.

Geleidingsefficiëntie: + = 80-100%; +/- = 60-80% en - = <60%

Schade aan vis: + = geen schade; +/- = 0-5% schade en - = >5% schade

Toepasbaarheid (in de Maas): + = goed toepasbaar en +/- = redelijk toepasbaar

Onderhoud & Betrouwbaarheid: + = grote betrouwbaarheid/geringe onderhoudsbehoefte; +/- = redelijke betrouwbaarheid/matige onderhoudsbehoefte en - = matige betrouwbaarheid/ grote onderhoudsbehoefte


Kosten/rendementsverlies: - = hoog; +/- = gemiddeld en + = laag

Bijlage 6

Afstanden waterkrachtcentrales Nederland

Tabel b6.1

Afstanden tussen huidige wkc's, toekomstige wkc's en de zee

WKC	huidige situatie afstand tot stroomafwaartse WKC	WKC	toekomstige situatie afstand tot stroomafwaartse WKC	afstand tot zee (Haringvliet dam)	
Lith	 130 km	Lith		100 km	
		Grave	↑ 25 km	125 km	
		Sambeek	↑ 28 km	153 km	
Linne			Linne	77 km	230 km
		Borgharen	↑ 50 km	280 km	

Bijlage 7

Informatie vissoorten

Paaitijd, habitat, trekperiode, stroomafwaartse trekafstand, trekperiode en bijbehorende vislengte van vissoorten in de Maas (Tabel b7.1 121)

Benaming vissoorten (Tabel b7.2 122)

Nederlandse bijnamen vissoorten (Tabel b7.3 125)

Tabel b7.1

paaitijd, habitat, trekperiode, stroomafwaartse trekafstand, trekperiode en bijbehorende vislengte van vissoorten in de Maas [bron: Bakker en Kranenbarg, 2002].

Vissoort	Paaitijd	Paaigebied	Opgroeigebied	Leefgebied	Trekperiode Stroomafwaarts	Stroomafwaartse trekafstand binnen NL deel Maas	Vislengte bij stroom- afwaartse trek
Aal	?	Sargassozee	zoet water	zoet water	herfst en vroege winter	gehele NL deel	a: 30-100 cm
Alver	april-juni	rivier/beek	rivier	rivier	april-juni	tot 20 km	a: 5-20 cm
Barbeel	mei-juli	grindbedden in rivier/zijrivier	rivier/zijrivier	rivier	a: najaar l: voorjaar	tot 20 km	a: 13-80 cm
Bot	jan.-april	zee	rivier/zee	zee	sep.-nov.	tot 200 km	j: circa 20 cm
Elft	mei-juni	rivier	rivier/estuarium/ zee	estuarium/zee	a: einde voorjaar j: herfst	a: gehele NL deel j: gehele NL deel	a: 50-60 cm j: 5 cm
Fint	mei-juni	rivier met getijdeninvloed	rivier/estuarium/ zee	zee	a: juni-juli j: juli-nov.	a: gehele NL deel j: vanaf einde intergetijde zone	a: 30-50 cm j: 8 cm
Houting	najaar	rivier	estuarium	estuarium	a: najaar j: voorjaar	a: gehele NL deel j: gehele NL deel	a: circa 30-50 cm j: 12 cm
Kopvoorn	april-mei	rivier	daar waar het minmaal stroomt	rivier	najaar	tot 20 km	a: 16-60 cm
Kwabaal	nov.-maart	beek/rivier	rivier/diepe plas	rivier/diepe plas	einde winter	tot 100 km	a: 30-60 cm
Rivierprik	feb.-april	rivier	rivier/zee	rivier/zee	mei-okt.	100-200 km	l: 15 cm
Serpeling	maart-mei	rivier/beek	rivier/beek	rivier/beek	april-juni	tot 20 km	a: 15-30 cm
Sneep	maart-mei	rivier/beek	rivier/beek	rivieren	mei-juni	tot 50 km	a: 30-50 cm
Spiering	feb.-april	rivier	rivier/zee	zee	a: maart-mei j: herfst	a: tot 200 km j: tot 200 km	a: 15-30 cm j: 5-10 cm
Steur	april-mei	rivier	rivier/estuarium	zee	a: mei-juni j: juli-aug.	a: gehele NL deel j: gehele NL deel	a: 110-300 cm j: 20 cm
Winde	april-juni	rivier	rivier/meer	rivier/meer	april-juni	tot 50 km	a: 30-50 cm
Zalm	nov.-dec.	rivier/beek	rivier/beek/zee	zee	voorjaar	gehele NL deel	s: 15 cm
Zeeforel	nov.-dec.	rivier/beek	rivier/beek/zee	zee	a: einde winter s: voorjaar	a: gehele NL deel j: gehele NL deel	a: 50-80 cm s: 15 cm
Zeeprik	feb.-april	rivier	rivier/zee	rivier/zee	mei-okt.	gehele NL deel	

Tabel b7.2

Benaming vissoorten [bron; RIVON]

Vissoort	Rivier- of trekvissoort	Latijnse benaming	Familie naam	Engelse benaming	Duitse benaming
Aal	Trekvissen	Anguilla Anguilla	Anguillidae	Eel	Aal
Alver	Riviervissen	Alburnes Alburnus	Cyprinidae	Bleak	Ukelei
Amerikaanse Hondsvi	Riviervissen	Umbra Pygmaea	Umbridae	Striped Mudminnow	
Baars	Riviervissen	Perca Fluviatilis	Percidae	Perch	Barsch
Barbeel	Riviervissen	Barbus Barbus	Cyprinidae	Barbel	Barbe
Beekforel	Trekvissen	Salmo Metta Fario	Salmonid	Brown Trout	Bachforelle
Beekprik	Riviervissen	Lampetra Planeri	Petromyzon.	Brook Lamprey	Bachneunauge
Berpmpje	Riviervissen	Barbatula Barbatulus	Fobitidae	Stone Loach	Schmerle
Bittervoorn	Riviervissen	Rhodeus Sericeus Amanis	Cyprinidae	Bitterling	Bitterling
Blankvoorn	Riviervissen	Rutilus Rutilus	Cyprinidae	Roach Minnow	Roch
Blauwband	Riviervissen	Pseudoras Bora Para	Cyprinidae		
Blauwneus	Riviervissen	Rimba Rimba	Cyprinidae		
Bot	Riviervissen	Pleuronectes Flesus	Pleuronecli.	Flounder	Flunder
Brasem	Riviervissen	Abramis Brama	Ciprinidae	Bream	Brachsen
Bronforel	Riviervissen	Salvelines Fontinalis	Salmonidae	Brook Trout	Bachsaibling
Diklipharder	Riviervissen	Chelon Labrosus	Mugilidae	Thick-Lipped Grey Mullet	Meeräsche
Driedoornige Stekelbaars	Trekvissen	Gasterosteus Aculeatus	Percidae	Stickleback	Stichling
Dunlipharder	Riviervissen	Liza Ramada	Mugilidae	Thin-Lipped Grey Mullet	Grosskopfmeeräsche
Elft		Alosa Alosa	Clupeidae		
Elrits	Riviervissen	Phoxinus Phoxinus	Cyprinidae	Minnow	Elnitze
Fint		Alosa Fallax	Clupeidae		
Gestippelde Alver	Riviervissen	Alburnoïdes Bipunctatus	Ciprinidae	Schneider	Schneider
Giebel	Riviervissen	Carrassius Auratus Gibelio	Cyprinidae	Gibel Carp	Giebel

Vervolg Tabel b7.2

Vissoort	Rivier-of trekvissoort	Latijnse benaming	Familie naam	Engelse benaming	Duitse benaming
Graskarper	Riviervissen	Chenopharyngodon Idella	Cyprinidae	Grass Carp	Grasfisch
Grote Modderkruiper		Misgunus Fessilis			
Grote Marene		Coregonus Lavaretus			
Gup		Lebistes Reticulatis			
Houting		Coregarus Oxirynchus			
Karper	Riviervissen	Cypnirus Carpio	Carp	Carp	Karpfen
Kleine Modderkruiper	Riviervissen	Cobitis Taenia	Cobitus Taenia	Spined Loach	Steinbeisser
Kopvoorn	Riviervissen	Leuciscus Cephalus	Cyprinidae	Chub	Döbel
Kroeskarper	Riviervissen	Carassius Carrassius	Cyprinidae	Cnician Carp	
Kwabaal	Riviervissen	Lota Lota	Gadidae	Burbot	Quappe
Meerval	Riviervissen	Silunis Glanis	Siluidae	Catfish/Wels	Wells/Waler
Paling		Anguilla Anguilla			
Pos	Riviervissen	Gymnocephalus Cernua	Percidae	Rufle	Kaulbarsch
Regenboogforel	Riviervissen	Onchorhynchus Miliss	Salmonidae	Rainbow Trout	Regenboogforelle
Rietvoorn		Ritulus Erythrophthalmus			
Rivierdonderpad		Cottus Gobio			
Riviergrondel		Gobio Gobio			
Rivierprik	Treksoorten	Lampetra Fluvialis	Petromyzon.	Lampern	Flussenneunauge
Roofblei	Riviervissen	Aspius Aspius	Cyprinidae	Asp	Rapfen
Ruisvoorn	Riviervissen	Rutilus Rythrophthalmus	Cyprinidae	Rudd	Rotfeder
Serpeling	Riviervissen	Leuciscus Leuciscus	Cyprinidae	Pace	Hasel
Sneep	Riviervissen	Chondrostarna Nasus	Cyprinidae	Nose Carp	Nase
Snoek	Riviervissen	Esox Lucius	Esocidae	Pike	Hecht
Snoekbaars	Riviervissen	Stizostedion Lucoperca	Percidae	Zander/Pike Perch	Zander

Vervolg Tabel b7.2

Vissoort	Rivier-of trekvissoort	Latijnse benaming	Familie naam	Engelse benaming	Duitse benaming
Spiering	Riviervissen	Osmerus Eperlanu	Osmeridae	Smelt	Stint
Steur	(Trek-)/Riviervissen	Acipenser Sturio	Acipens.	Sturgeon	Stör
Tiendornige Stekelbaars	Riviervissen	Pungitius Pungitius	Gasterosteid.	Ten Spined Stickleback	
Vetje	Riviervissen	Leucaspius Pelineatus	Cyprinidae	Moderlieshen	Moderlieschen
Vlagzalm		Thymallus Thymallus	Salmonidae	Grayling	Äsche
Winde	Riviervissen	Leuciscus Idus	Cyprinidae	Ide	Aland
Zeelt	Riviervissen	Tinca Tinca	Cyprinidae	Tench	Schleie
Zonnebaars	Riviervissen	Lepomis Gibbosus	Centraschi.	Pumplainseed	Sonnenbarsch
Zwarte Dwergmeerval		Ameiurus Melas			
Zeeprik		Petromyzon Marinus			
Zee- en Beekforel		Salmo Metta			
Zalm		Salmo Salar			

Tabel b7.3

Nederlandse bijnamen vissoorten [bron: RIVON]

Vissoort	Bijnamen
Aal	Paling/Zilverpaling/Tochtaal/Schieraal/Grofaal
Alver	Moertje/Alvenaar/Panharing/Nestling
Baars	Zwarte Baars/Zwartbaars/Amerikaanse Baars
Barbeel	Jodervis/Berp/Barf
Beekforel	Rivierforel
Bermpje	Hoogkijker/Gebaarde Modderkruiper
Bittervoorn	Steen Karpertje
Blankvoorn	Rots/Ruts
Bot	Rivierschol/But
Brasem	Platte/Vloermat/Scheerblik
Bronforel	Bruine Dwergmeerval
Driedoornige Stekelbaars	Stekeltje/Kraavis
Giebel	Wilde Goudvis/Steenkarper
Graskarper	Grazer
Karper	Knol
Kleine Modderkruiper	Steenbijter/Smeerling
Kopvoorn	Meun/Hesseling/Dikkop
Kroeskarper	Steenkarper/Kruiskarper/Kroes
Kwabaal	Weeraal/Aalkwab/Puitaal
Meerval	Visduivel
Pos	Schele Pos
Regenboogforel	Zalmforel
Ruisvoorn	Rietvoorn/Rode Rijer
Serpeling	Springer Gruisch
Sneep	Schoorsteenveger/Neusvis/Tabaksrok
Snoek	Mossnoek
Snoekbaars	Pieterman
Spiering	Komkommervis
Vetje	Gerrit/Groenrug
Winde	Windvoorn/Wind

Wetenschapswinkel Biologie, Padualaan 8 / Z 402, 3584 CH Utrecht, (030) 253 73 63

