

GEMALEN OF VERMALEN WORDEN?



2012
04

COLOFON

Amersfoort, maart 2012

Uitgave Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Postbus 2180, 3800 CD Amersfoort

Projectuitvoering Visadvies BV, Nieuwegein

Opstellen Gemalenwijzer Witteveen+Bos, Deventer

Begeleidingscommissie A. Tomson, M. Beers, J. van Alphen, J. Lammers, H. Maandag, G.J. van Dijk, M. Thanhausser, G. Alkemade, P. Heuts, J. van IJmeren

Expertgroep W. de Wit, M. Klinge, T. Buijse, R. Schreuders, G. Manshanden, N. Brevé

(Eind)redactie Bas van der Wal, Pui Mee Chan, Bert-Jan van Weeren

Fotografie Buiten-Beeld, Hendrik van Kampen (blz. 104), Jelger Herder (blz. 01, 10, 20, 112, 116, 120 en 122), Vildaphoto, Rollin Verlinde (blz. 06 en 46) e.a.

Vormgeving Shapeshifter, Utrecht

Druk Libertas, Bunnik

STOWA 2012-04

ISBN 978.90.5773.540.0

Op stowa.nl kunt u een exemplaar van dit rapport bestellen, of een pdf van het rapport downloaden.

Kijk onder de kop Producten | Publicaties.

Copyright De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor publicaties in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

Disclaimer Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

Dit rapport is CO₂ neutraal geproduceerd.

De Gemalenwijzer kunt u downloaden op:



WWW.

VISVRIENDELIJK

GEMAAL.NL



STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) is het kenniscentrum van regionale waterbeheerders in Nederland. STOWA ontwikkelt, verzamelt en implementeert kennis die nodig is om de opgaven waar de waterbeheerders voor staan, goed uit te voeren. Denk aan goede afvalwaterzuivering, klimaatadaptatie, het halen van waterkwaliteitsdoelstellingen en veilige regionale waterkeringen. De kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch en sociaalwetenschappelijk gebied.

Voor het bepalen van de kennisdoelen stelt STOWA samen met de waterbeheerders periodiek een strategienota op. Hierin worden voor een periode van vijf jaar de hoofdlijnen van kennisontwikkeling vastgesteld. Deze worden uitgewerkt in een aantal kennisprogramma's. Het voor deze programma's benodigde onderzoek laat STOWA uitvoeren door gespecialiseerde instituten en bureaus. Jaarlijks wordt de strategienota op relevantie getoetst en zondig herzien.

Programma- en begeleidingscommissies - bemenst met vertegenwoordigers uit de achterban - spelen binnen STOWA een belangrijke rol. Programmacommissies als medebepalers van kennisprogramma's, begeleidingscommissies als begeleiders van uit te voeren onderzoek. Op deze manier waarborgt de stichting de kwaliteit én toepasbaarheid van de ontwikkelde en bijeengebrachte kennis.

STOWA werkt samen met ministeries en andere kennisinstellingen, maar ook binnen grote kennisprogramma's om onderzoek op elkaar af te stemmen, of gezamenlijk uit te voeren. De redenen voor samenwerking zijn grotere wetenschappelijke slagkracht, synergie en financiële voordelen.

Naast het ontwikkelen en bijeenbrengen van kennis, werkt STOWA actief aan het ontsluiten, verspreiden, delen en verankeren ervan. Dat doen we via het uitgeven van kennisrapporten, handreikingen, modelinstrumenten, stappenplannen, wegwijzers, e.d. Maar ook door publicaties in vakbladen en via onze eigen website, speciale themasites, (digitale) nieuwsbrieven, databases, folders en brochures. We organiseren bijeenkomsten over specifieke kennisonderwerpen. Verder faciliteren we deskundigenplatforms waar STOWA-deelnemers en vertegenwoordigers van

kennisinstituten, universiteiten en andere externe adviseurs kennis en ervaringen kunnen uitwisselen.

Deelnemers aan STOWA zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, provincies en Rijkswaterstaat. Gezamenlijk brengen zij het benodigde geld bijeen voor het werk van de stichting.



DE MISSIE VAN STOWA

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften en kennisleemten op het gebied van het waterbeheer en het voor en met deze beheerders ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen en verankeren van de benodigde kennis.



STOWA

Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

Bezoekadres

Stationsplein 89, vierde etage
3818 LE Amersfoort

t. 033 460 32 00
e. stowa@stowa.nl
i. www.stowa.nl

INHOUDSOPGAVE



	STOWA IN HET KORT	04
--	--------------------------	-----------

	SAMENVATTING	10
--	---------------------	-----------

1	INLEIDING	20
1.1	Algemeen	21
1.2	Fasering van het onderzoek	21
1.3	Doel	22

2	MATERIAAL EN METHODEN	24
2.1	Algemeen	25
2.2	Onderzoeksgebied en opvoerwerken	25
2.3	Periode van monitoring	30
2.4	De gehanteerde bemonsteringsmethode	30
2.4.1	<i>Grote opvoerwerken aan uitstroomzijde</i>	31
2.4.2	<i>Kleine opvoerwerken aan uitstroomzijde</i>	33
2.4.3	<i>Instroomzijde grote en kleine opvoerwerken (visaanbod)</i>	33
2.4.4	<i>Uitgestelde sterfte</i>	35
2.4.5	<i>Experimentele opstelling nieuwe typen opvoerwerktuigen</i>	35
2.4.6	<i>Verwerking van de vangst</i>	37
2.5	Overige factoren m.b.t. passage en vissterfte	38
2.6	Statistische verwerking	41
2.6.1	<i>Betrouwbaarheid sterftepercentage</i>	41
2.6.2	<i>Toetsing van (rang-)correlatie tussen groepen</i>	44
2.7	Inventarisatie overig uitgevoerd gemalenonderzoek	44
2.8	Overzichtstabel onderzochte gemalen	45

3	RESULTATEN	46
3.1	Overzichten totale vangst	47
3.1.1	<i>Visserij-inspanning</i>	47
3.1.2	<i>Waargenomen vissoorten</i>	47
3.1.3	<i>Overige waargenomen fauna</i>	49
3.1.4	<i>Totale vangst per lengtegroep en opvoerwerk</i>	51
3.1.5	<i>Omvang totale vissterfte</i>	59
3.2	Schadeprofielen	60
3.2.1	<i>Sterftepercentage</i>	60
3.2.2	<i>Overzicht schadetypen</i>	66
3.2.3	<i>Uitgestelde sterfte</i>	69
3.2.4	<i>Correlatie groepen op basis van sterftepercentage</i>	69
3.2.5	<i>Verschillen opvoerwerken met hetzelfde type opvoerwerktuig</i>	72
3.2.6	<i>Visfamilie en lengteafhankelijke vissterfte</i>	73
3.3	Verloop in de vangsten bij grote opvoerwerktuigen	76
3.4	Overige factoren m.b.t. passage en vissterfte	78
3.4.1	<i>Toerental, opvoerhoogte en capaciteit</i>	78
3.4.2	<i>Vrije doorgang krooshek</i>	78
3.4.3	<i>Stroomsnelheid</i>	81
3.4.4	<i>Geluid</i>	84
3.4.5	<i>Druk, turbulentie en versnelling</i>	85
3.5	Experimentele opstelling nieuwe opvoerwerktuigen	90
3.5.1	<i>Directe vissterfte</i>	91
3.5.2	<i>Uitgestelde sterfte</i>	91
3.6	Resultaten overig uitgevoerd gemalenonderzoek	92
3.6.1	<i>Overzicht resultaten</i>	92
3.6.2	<i>Andere visschade-projecten</i>	93
3.6.3	<i>Literatuurlijst van overig uitgevoerd onderzoek</i>	102
3.7	Overzichtstabel onderzochte gemalen	103
3.8	Gemalenwijzer	103

4	DISCUSSIE	104
4.1	Planning en realisatie	105
4.2	Bepaling van het visaanbod bij de opvoerwerken	105
4.3	Visfamilie- en lengteafhankelijke sterfte	106
4.4	Uitgestelde sterfte	108
4.5	Factoren van invloed op de passage door opvoerwerktuigen	109
4.5.1	<i>Vispasseerbaarheid</i>	109
4.5.2	<i>Visoverleefbaarheid</i>	110

5	CONCLUSIES	112
----------	-------------------	------------

6	AANBEVELINGEN	116
6.1	Beheer	117
6.2	Vervolgonderzoek	117

7	LITERATUURLIJST	120
----------	------------------------	------------

	BIJLAGEN	122
--	-----------------	------------

SAMENVATTING



WAAROM DIT ONDERZOEK?

De laatste jaren neemt de belangstelling voor vis, het verbeteren van de visstand en vismigratie flink toe. Dat is vooral het gevolg van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW). Deze richtlijn verplicht lidstaten (i.c. waterbeheerders) ecologische doelen voor hun oppervlaktewateren op te stellen en te realiseren. Deze doelen moeten zij formuleren voor algen, waterplanten en macrofauna, maar ook voor soorten en aantallen vissen die horen bij een ecologisch goed functionerend watersysteem. Als de huidige visstand niet voldoet aan de gestelde doelen, moeten waterbeheerders maatregelen nemen.

Het grote aantal waterstaatkundige kunstwerken in Nederland vormt een barrière voor een goede visstand. Een van de mogelijkheden om de visstand te verbeteren is het verbeteren van vismigratie door het veilig passeerbaar maken van stuwen en gemalen. Zodoende kunnen potentiële leefgebieden worden ontsloten. Naast het verbeteren van de migratiemogelijkheden voor vissen, is ook diervriendelijkheid een drijfveer om gemalen aan te passen.

Het passeerbaar maken gebeurt onder meer via het aanleggen van vispassages, waardoor vissen langs stuwen en gemalen worden geleid. Maar ook door het aanpassen van de stuwen en gemalen zelf. STOWA heeft met het oog hierop een groot onderzoek uit laten voeren om een goed beeld te krijgen van de schade die individuele vissen kunnen oplopen bij het stroomafwaarts passeren van de in gemalen aanwezige opvoerwerktuigen: diverse typen vjzels en pompen. Ook is onderzoek gedaan naar de effectiviteit van mogelijke visveilige opvoeralternatieven.

Op basis van de onderzoeksresultaten is een overzichtstabel onderzochte gemalen ontwikkeld: een afwegingskader dat waterbeheerders helpt hoe zij visvriendelijkheid kunnen meenemen bij renovatie of nieuwbouw van gemalen.

Het onderzoek vond plaats in drie fasen:

- 1 het opzetten van een plan van aanpak;
- 2 de uitvoering van een bureaustudie naar de visvriendelijkheid van opvoerwerktuigen;
- 3 de uitvoering van praktijkonderzoek naar de visvriendelijkheid van 26 opvoerwerktuigen, inclusief de ontwikkeling van een overzichtstabel onderzochte gemalen.

Het in dit rapport beschreven praktijkonderzoek vormt het voorlopige sluitstuk van het onderzoek naar de mate waarin gemalen visvriendelijk zijn, dat wil zeggen: in stroomafwaartse richting passeerbaar én overleefbaar.

WAT VERSTAAN WE ONDER... ?

Bij het verbeteren van de vismigratie en het aanpassen van gemalen wordt onderscheid gemaakt tussen de termen viswerend, vispasseerbaar, visoverleefbaar en visvriendelijk/visveilig.

Viswerend betekent het voorkomen dat vissen gemalen inzwemmen, bijvoorbeeld door het plaatsen van stroboscooplicht bij de instroomopening van gemalen.

Een gemaal is *passeerbaar* als vissen het gemaal in stroomafwaartse richting kunnen passeren, maar daarbij kunnen zij wel schade oplopen.

Visvriendelijk of *visveilig* wil zeggen dat de gemalen stroomafwaarts passeerbaar zijn, maar daarbij ook visoverleefbaar.

Tot slot: onder *opvoerwerk* verstaan we het hele gemaal, inclusief de in het gemaal aangebrachte *opvoerwerktuigen*. Hieronder verstaan we de pompen, vijzels, etc.

DE ONDERZOCHE OPVOERWERKEN EN OPVOERWERKTUIGEN

In het praktijkonderzoek zijn visbemonsteringen verricht bij 24 bestaande opvoerwerken met uiteenlopende typen opvoerwerktuigen en capaciteiten. Daarnaast werden twee nieuwe typen opvoerwerktuigen onderzocht in een proefopstelling, met gedwongen blootstelling van vis. Het betrof de volgende opvoertypen: vijzels, open en gesloten schroefpompen, schroefcentrifugaalpompen, hidrostalpompen en een zgn. faunapomp. In [paragraaf 2.2](#) leest u meer over de werking van de verschillende typen opvoerwerktuigen.

Van de onderzochte opvoerwerken brachten de onderzoekers de meest relevant geachte kenmerken en aspecten in beeld om daarmee de verschillen in optredende schadeprofielen te kunnen verklaren. Het ging om pomptype, capaciteit, opvoerhoogte en toerental, de afmetingen van het grofvuilrooster voor de instroomope-

ning, de aanstroomsnelheid en geluidscondities bij het gemaal. Verder werden de druk, de versnelling en de rotaties die een vis tijdens het passeren van een opvoerwerk ondergaat, in kaart gebracht, voor zover mogelijk.

DE VISMETINGEN

Bij de bemonsteringen zijn zowel vóór (instroomzijde) als achter het gemaal (uitstroomzijde) van de opvoerwerken metingen verricht. Via metingen aan de uitstroomzijde van ieder opvoerwerk werd bepaald welke soorten en lengteklassen vissen in stroomafwaartse richting passeren en in welke mate ze daarbij schade oplopen. Er werd daarbij onderscheid gemaakt in lichte schade en dodelijke schade. Er werden ook metingen verricht bij de instroomzijde. Door het combineren van beide typen gegevens, kregen de onderzoekers een beeld van het totale aanbod aan vis en de vis die door het gemaal ging.

De metingen werden uitgevoerd in het najaar van 2009. In het najaar is bij veel vissoorten sprake van een stroomafwaartse migratie richting overwinteringsplaatsen. De paling trekt in de najaarsperiode stroomafwaarts richting zee voor de voortplanting. Omdat migratie van verschillende soorten en lengtegroepen vaak pieksgewijs en niet altijd op hetzelfde tijdstip verloopt, werden per opvoerwerk meerdere metingen verricht, verspreid over het najaar.

De onderzoekers vingden van veel visfamilies te weinig vis om voor die families statistisch gefundeerde uitspraken te doen over alle aspecten van het onderzoek. Naar aanleiding hiervan werd besloten de analyse en de conclusies van het onderzoek te richten op de drie grote visfamilies, namelijk karperachtigen, baarsachtigen en alen, verdeeld over twee lengteklassen: vis >15 cm en vis <15 cm.

BETROUWBAARHEID VAN DE METINGEN

Bij het meten werden in een aantal gevallen weinig vissen van een bepaalde soort of lengteklasse gevangen. Dit beïnvloedt de mate van betrouwbaarheid van de daarop gebaseerde conclusies. Vandaar dat de onderzoekers hebben gewerkt met zogenoemde betrouwbaarheidsintervallen.

Voor alle gemeten schadepercentages aan de vissen berekenden de onderzoekers een 95%-betrouwbaarheidsinterval. Dit is een interval rond het berekende schadepercentage (bijvoorbeeld van plus tot min 10 procent) waar dat schadepercentage

met 95 procent zekerheid binnenvalt. De grootte van het interval is afhankelijk van de omvang van de vangst. Hoe meer gevangen vissen, hoe kleiner het interval en des te betrouwbaarder de berekende schadepercentages.

Als het betrouwbaarheidsinterval groter was dan 50 procent, zijn de gemeten schadepercentages niet meegenomen in de conclusies van het onderzoek.

OVERZICHTSTABEL ONDERZOCHE GEMALEN & GEMALENWIJZER

Op basis van de resultaten van de bureaustudie (fase 2) en het aansluitende praktijkonderzoek (fase 3) is een zogenoemde *Overzichtstabel onderzochte gemalen* samengesteld. Hierbij is voor zover mogelijk ook gebruik gemaakt van overige studies naar en projecten op het gebied van visvriendelijkheid van opvoerwerken, zoals het project 'Vissen zwemmen weer heen en weer' van STOWA.

De overzichtstabel onderzochte gemalen is een tabel waarin per type opvoerwerktuig - onderverdeeld naar pompcapaciteit - de beschikbare technische en ecologische informatie is samengebracht. Het betreft onder meer: capaciteit, opvoerhoogte, toerental, schadepercentages, zowel totaal als onderverdeeld naar lengteklassen en visfamilie (aal, baarsachtigen, karperachtigen) en mate van passeerbaarheid.

Op basis van de resultaten van het onderzoek en de overzichtstabel onderzochte gemalen is ten slotte, na afronding van het onderzoek, een Gemalenwijzer opgesteld. Dit kader - in de vorm van een Excelmodel - biedt waterbeheerders bij renovatie of nieuwbouw van gemalen de mogelijkheid de mate van visvriendelijkheid mee te wegen bij de selectie van geschikte opvoerwerktuigen.

BELANGRIJKSTE RESULTATEN, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

1 Veel kleine, weinig grote vis

[Tabel 1](#) geeft een overzicht van de totale vangst in de aanbodfuiken en de opvangnetten. De aanbodfuiken zijn vóór, d.w.z. aan de instroomzijde/polderzijde van de gemalen geplaatst om in combinatie met de vangsten in de opvangnetten, te bepalen hoeveel vissen in totaal het gemaal naderen. De opvangnetten zijn achter, d.w.z. aan de uitstroomzijde van het gemaal geplaatst om de daadwerkelijke passage via het opvoerwerk vast te stellen. Uit het vangstoverzicht komt naar voren dat er in verhouding veel meer kleine dan grote vis is gevangen tijdens de metingen.

2 Kunnen passeren ≠ willen passeren

[Tabel 1](#) laat zien dat er een groot verschil bestaat tussen het aandeel grote vis in de opvangnetten aan de uitstroomzijde van het gemaal en de aanbodnetten voor de instroomopening: resp. 1 om 15 procent. Vissen groter dan 15 centimeter kunnen de gemalen mogelijk wel passeren, maar willen dat wellicht maar in beperkte mate. Een verklaring daarvoor kan zijn dat zij meer kracht hebben om uit de buurt te blijven van de instroomopening van opvoerwerktuigen, van de gemaalstroming weg kunnen zwemmen en zich beter kunnen oriënteren. Gemalen vormen voor grote vis klaarblijkelijk een serieuze barrière voor stroomafwaartse migratie. Voor kleine vissen lijkt dit minder het geval.

Tabel 1 TOTALE VANGST IN HET ONDERZOEK

Aanbod én passage.

AANBOD	N	%	PASSAGE	N	%
Totaal	11.852		Totaal	265.470	
N<15 cm	10.003	84,40	N<15 cm	262.895	99,03
N>15 cm	1.849	15,60	N>15 cm	2.575	0,97

Het bovenstaande kan leiden tot de conclusie dat een visvriendelijk/visveilig gemaal niet per definitie hetzelfde is als een ‘migratievriendelijk’ gemaal: een gemaal waar (grote) vissen niet alleen doorheen *kunnen*, maar ook doorheen *willen*. Er zijn aanwijzingen dat vissen liever een bypassvoorziening langs een gemaal gebruiken, zoals een vistrap. Dit heeft tevens als voordeel dat de vis op enig moment ook terug kan keren.

3 Grote variatie in schadepercentages

Uit [tabel 2](#) blijkt dat veruit het merendeel van de gepasseerde vis ongeschonden de onderzochte opvoerwerktuigen wist te passeren. Per lengteklasse was dit voor vis <15 cm 88,6 procent, voor vis >15 cm 65,5 procent. De geconstateerde lichte schade bij vis <15 cm bedroeg 0,9 procent en bij vis >15 cm 11,6 procent. Het sterftepercentage bedroeg bij vis <15 cm 10,6 procent en bij >15 cm 22,9 procent.

Er was sprake van een grote variatie in het schadepercentage tussen opvoerwerk-
tuigen onderling, zoals [figuren 3.3](#) en [3.4](#) in dit hoofrapport laten zien (pagina
62 e.v.). Er waren uitschieters bij karperachtigen >15 cm tot boven de 75 procent.
Bij opvoerwerken met een gesloten compacte schroefpomp met een gemiddelde
pompcapaciteit (50-100 m³/minuut) lag het gemeten schadepercentage (met een
klein betrouwbaarheidsinterval) zowel voor grote als kleine karperachtigen boven
de 75 procent.

Door de beperkte vangst aan alen bleef het berekende 95%-betrouwbaarheidsinter-
val bij het gemeten sterftepercentage bij slechts twaalf gemalen binnen de vijftig
procent. Het sterftepercentage varieerde bij deze gemalen tussen de 0 en 50 pro-
cent. Bij vier gemalen werden geen alen gevangen, bij negen was het betrouwbaar-
heidsinterval >50 procent.

Tabel 2 VERDELING VAN DE GEPASSEERDE VIS IN LENGTEKLASSEN

*Verdeling van de door de opvoerwerken gepasseerde vis in lengteklassen, op basis van aantallen
in de verschillende schadecategorieën en de resulterende sterfte in aantallen, percentage en kg.*

PASSAGE	TOTAAL	N<15 CM	N>15 CM
N	265.470	262.895	2.575
Geen (N)	234.501	232.815	1.686
Licht (N)	2.579	2.280	299
Dood (N)	28.390	27.800	590
% Geen	88,3	88,6	65,5
% Licht	1,0	0,9	11,6
% Dood	10,7	10,6	22,9
Levend (kg)	1.574	1.275	299
Dood (kg)	228	87	141

4 Verband schade en type opvoerwerktuig niet eenduidig

Uit het onderzoek blijkt dat je geen eenduidige uitspraken kunt doen over de scha-
delijkheid van één specifiek type opvoerwerktuig. Binnen één type werden grote
verschillen geconstateerd, vaak samenhangend met de capaciteit. Niettemin toont

het onderzoek aan dat de minst visvriendelijke opvoerwerktuigen moeten worden gezocht in de schroefpompen.

5 Optreden van schade vaak lengteafhankelijk

Bij de open en gesloten schroefpompen en bij de conventionele hidrostals blijkt duidelijk een lengteafhankelijkheid van vissterfte. In sommige gevallen loopt de vissterfte in het lengtebereik van 15-30 cm zelfs extreem op, van enkele procenten tot praktisch 100 procent. Voor (schroef)centrifugaalpompen geldt dat er bij een aantal opvoerwerken een lengteafhankelijke sterfte is vastgesteld. Bij de overige typen opvoerwerktuigen kon geen lengteafhankelijke sterfte worden vastgesteld, omdat er onvoldoende gegevens beschikbaar waren.

6 Uitgestelde sterfte is een factor van betekenis

Bij veel vis is na passage van opvoerwerken geen externe schade zichtbaar, maar is mogelijk wel interne schade ontstaan waardoor vis alsnog op langere termijn sterft. Om dit te onderzoeken werden gepasseerde vissen bij een aantal opvoerwerken gedurende minimaal 24 uur vastgehouden in een leefnet om te kijken of er sprake was van zogenoemde uitgestelde sterfte. Daaruit kwam naar voren dat er onder baarsachtigen en vooral karperachtigen <15 cm een substantiële uitgestelde sterfte optreedt. In de bovenstaande getallen is geen rekening gehouden met de uitgestelde sterfte. De daadwerkelijke sterftepercentages vallen in een aantal gevallen hoger uit als hiermee wel rekening wordt gehouden. In het onderzoek is echter onvoldoende vis >15 cm in bewaring gehouden om voor alle gemalen een uitspraak te doen over uitgestelde sterfte.

De uitgestelde sterfte is mogelijk het gevolg van krachten die inwerken op de vissen bij het passeren van het opvoerwerktuig, zoals druk, turbulentie en versnelling. Maar het onderzoek heeft te weinig gegevens opgeleverd om dit met zekerheid te kunnen stellen.

7 Verband tussen toerental van het opvoerwerktuig en schade

Van de onderzochte opvoerwerken brachten de onderzoekers zoals gezegd de meest relevant geachte kenmerken en factoren in beeld, met de bedoeling daarmee zo mogelijk de verschillen in optredende schadeprofielen te kunnen verklaren. Het ging om pomptype, capaciteit, opvoerhoogte en toerental, de afmetingen van het

krooshek voor de instroomopening, de aanstroomsnelheid en geluidscondities bij het gemaal, en de druk, de versnelling en de rotaties die een vis tijdens het passeren van een opvoerwerk ondergaat.

Aangenomen wordt dat het toerental, de opvoerhoogte en de capaciteit van een opvoerwerktuig van invloed zijn op de vissterfte. Er werd in het onderzoek echter alleen een verband aangetoond tussen het toerental van een opvoerwerktuig en de hoogte van de visschade. Mogelijk zijn de uitkomsten sterk beïnvloed door de selectie van de opvoerwerken in het onderzoek (zo gevarieerd mogelijk qua type en capaciteit). Als bijvoorbeeld alleen gekeken wordt naar de gesloten schroefpompen lijkt er wel een relatie te bestaan tussen capaciteit en vissterfte.

Een onderdeel van het onderzoek richtte zich op de mate waarin het krooshek de vismigratie door het opvoerwerk beperkt. Hieruit kwam naar voren (zie [par. 3.4.2](#)) dat de grootte van de vrije doorgang bij het krooshek bij enkele opvoerwerken, de vispasseerbaarheid enigszins beperkt. Ook was sprake van een positief verband tussen aanstroomsnelheid en passerende vis <15 cm. Hoe groter de snelheid, hoe meer vis passeert. Voor geen van de andere onderzochte kenmerken kon in het onderzoek een verband worden aangetoond met het schadepercentage.

8 Visvriendelijke alternatieven bestaan

Het onderzoek toont aan dat er opvoerwerktuigen zijn die vissen veilig kunnen passeren en in veel situaties goed inzetbaar zijn. Voorbeelden zijn de Faunapomp, de visvriendelijke hidrostal en de AmarexKRT(D), voor situaties waar geen grote capaciteit is vereist (kleinere poldergemalen). Een ander alternatief is een visveilige axiaal (schroef)pomp. Deze pomp is eerder onderzocht in een proefopstelling.

Wanneer grotere capaciteiten zijn vereist, bieden vijzels in het algemeen - en buisvijzels en De Witvijzels in het bijzonder - goede mogelijkheden met betrekking tot visveiligheid.

9 Witte vlekken

Hoewel het praktijkonderzoek mede was bedoeld om de kennishiaten in te vullen, blijven er toch nog witte vlekken bestaan. De overzichtstabel onderzochte gemalen geeft een beeld van de nog ontbrekende informatie en kan richtinggevend zijn bij eventueel vervolgonderzoek.

.....

H1 INLEIDING



1.1 ALGEMEEN

In 2008 is de Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) onderzoek gestart naar de mate van visvriendelijkheid van opvoerwerktuigen. Dit onderzoek is een stap naar vrije vismigratie, zoals dat is vastgelegd in onder meer de Europese Kaderrichtlijn Water, de Europese Aalverordening en in de Benelux-beschikking vrije vismigratie. Het onderzoek heeft als doel de actuele situatie met betrekking tot schade aan vis door opvoerwerktuigen in gemalen in kaart te brengen, en inzicht te verschaffen in eventuele visvriendelijke alternatieve opvoerwerktuigen.

De visvriendelijkheid van een opvoerwerk wordt gedefinieerd in twee dimensies (Kunst *et al.*, 2008), namelijk: *vispasseerbaarheid* (in welke mate is migratie van vis door het opvoerwerk mogelijk); *visoverleefbaarheid* (in welke mate treedt schade en sterfte op aan vis bij passage door het opvoerwerk).

Een opvoerwerk is in principe alleen volledig visvriendelijk wanneer wordt voldaan aan volledige vispasseerbaarheid en visoverleefbaarheid.

Terminologie

Benamingen voor onderdelen en functionaliteiten in het waterbeheer, zijn niet altijd eensluidend. In het voorliggende rapport is zo veel mogelijk de technische terminologie aangehouden die gangbaar is in de waterwereld. In dit rapport is gebruik gemaakt van de term *opvoerwerk* als het geheel van gebouw en pompinstallatie. De term *gemaal* is hier synoniem aan. Een uitzondering is gemaakt voor de overzichtstabel waarin alle informatie per opvoerwerk is samengevat. Met de term *opvoerwerktuig* wordt in dit rapport de combinatie van pomp, pomphuis en leidingen bedoeld.

1.2 FASERING VAN HET ONDERZOEK

Het totale onderzoek is uitgevoerd in drie fasen.

Fase 1 betreft een plan van aanpak, waarin de onderzoeksopzet werd opgesteld. In het voorjaar van 2008 is deze fase afgerond.

Fase 2 betreft een bureaustudie naar de visvriendelijkheid van opvoerwerken (Kunst *et al.*, 2008). In deze fase is een afwegingskader opgesteld waarbij de wa-

terbeheerder een stappenplan kan volgen om te komen tot een visvriendelijke situatie. In deze fase van het onderzoek bleek dat er nog kennishiaten waren, waardoor het niet mogelijk bleek een uitspraak te doen over de schade van conventionele opvoerwerken en de effectiviteit van visvriendelijke alternatieven.

Fase 3 is gestart met een vooronderzoek om invulling te geven aan de onderzoeksvragen die uit bovenstaande kennishiaten naar voren zijn gekomen en waarin de aanpak voor een praktijkonderzoek nader werd gedefinieerd (Kroes *et al.*, 2009). Deze studie is in de zomer van 2009 afgerond.

Dit rapport bevat de resultaten van het uitgevoerde praktijkonderzoek. Het onderzoek richtte zich voornamelijk op de schadeprofielen bij opvoerwerken van verschillend type en capaciteit. Er is ook ingegaan op mogelijke factoren die invloed kunnen hebben op het gedrag van vissen nabij de opvoerwerken.

In deze fase is een overzichtstabel opgesteld waarin per type opvoerwerktuig - onderverdeeld naar pompcapaciteit - de beschikbare technische en ecologische informatie is samengebracht. Het betreft onder meer: capaciteit, opvoerhoogte, toerental, schadepercentages, zowel totaal als onderverdeeld naar lengteklassen en visfamilie (aal, baarsachtigen, karperachtigen) en mate van passeerbaarheid.

Voor deze overzichtstabel is gebruik gemaakt van:

- de resultaten van het onderzoek uit fase 3;
- alle informatie die in fase 2 beschikbaar is gekomen;
- de resultaten uit overige studies naar visvriendelijkheid van opvoerwerken die in de afgelopen jaren zijn uitgevoerd.

1.3 DOEL

Het uiteindelijke doel van het onderzoek is om waterbeheerders een leidraad te bieden als zij bij bestaande of nieuwe opvoerwerken een visvriendelijke situatie willen creëren. Het onderzoek levert objectieve informatie over het effect van opvoerwerken op stroomafwaarts passerende vis, verdeeld naar type opvoerwerktuig en type vis. Het praktijkonderzoek van fase 3 dient antwoord te geven op de volgende vragen:

-
- a In welke mate is stroomafwaartse migratie van vis door het opvoerwerk mogelijk?
 - b In welke mate treedt schade en sterfte op aan vis bij passage door het opvoerwerk: wat is het schadeprofiel van het opvoerwerk en welke rol spelen aspecten als capaciteit, opvoerhoogte, toerental en drukverloop daarbij?
 - c Welke visvriendelijke opvoerwerktuigen staan waterbeheerders ter beschikking?

H2 MATERIAAL EN METHODEN

2.1 ALGEMEEN

Ter voorbereiding op het praktijkonderzoek is een vooronderzoek uitgevoerd (Kroes *et al.*, 2009) waarbij opvoerwerken zijn geselecteerd op basis van type opvoerwerktuig en capaciteit. De opvoerwerktuigen zijn te verdelen in conventionele en als visvriendelijk getypeerde opvoerwerktuigen. De conventionele opvoerwerktuigen zijn allemaal toegepast in bestaande opvoerwerken.

2.2 ONDERZOEKSGBIED EN OPVOERWERKEN

In totaal zijn er 26 bestaande opvoerwerktuigen geselecteerd ten behoeve van het onderzoek. Van deze opvoerwerktuigen behoren er twintig tot de conventionele opvoerwerktuigen en zijn vier gekarakteriseerd als visvriendelijk. Van de 26 onderzochte opvoerwerktuigen zijn twee visvriendelijke opvoerwerktuigen onderzocht in een proefopstelling, omdat deze nog niet in de praktijk zijn toegepast. De opvoerwerktuigen zijn in acht categorieën onderverdeeld:

- Centrifugaalpompen;
- Open schroefpompen;
- Gesloten schroefpompen;
- Gesloten schroefpompen (compact);
- Hidrostaalpompen;
- Schroefcentrifugaalpompen;
- Vijzels;
- Rest (Faunapomp).

Binnen de categorieën zijn opvoerwerken onderzocht met verschillende capaciteiten, oplopend tot circa 500 m³/min. De opvoerwerken werden ingedeeld in twee groepen in verband met de monitoringmethode: kleine opvoerwerken met een capaciteit tot ± 100 m³/min en grote opvoerwerken met een capaciteit groter dan ± 100 m³/min.

In het kort wordt ingegaan op de onderzochte opvoerwerktuigen, alsmede op de opvoerwerken die als visvriendelijk bekend staan.

De opvoerwerktuigen worden in typen onderverdeeld, op basis van de manier waarop, dan wel de richting waaronder het water door het opvoerwerktuig stroomt. Afhankelijk daarvan kan een indeling worden gemaakt.

Fig 2.1 LIGGING ONDERZOCHE OPVOERWERKEN



Tabel
2.1

IN HET ONDERZOEK ONDERZOCHE OPVOERWERKTUIGEN

REF nr.	CATEGORIE	CAPACITEIT Klasse	CAP. (m ³ /min)	TOEREN (/min)	OPVOERWERK
1	Centrifugaal pomp	25-50	38	368	Duifpolder
2		200-500	400	205	Boreel
3	Open schroefpomp	0-25	24		Thabor
4		25-50	40	580	Nijverheid
5		100-200	120		Tilburg
6	Gesloten schroefpomp	0-25	26		Makkumermar
7		50-100	60	355	Kortenhoef
8	Gesloten schroefpomp	25-50	45	592	Meerpolder
9	(compact)	50-100	90	364	HZ polder
10		100-200	135	307	Antlia
11		100-200	105	291	Berkel
12	Hidrostaalpom	0-25	21	577	Ypenburg
13		25-50	42,5	552	Wogmeer
14	Schroef-	0-25	24		B.B. polder
15	centrifugaalpom	0-25	12,5	480	AmarexKRT(D) ^{1,2}
16		0-25	26,4	400	Visvriendelijke Hidrostaal ^{1,2}
17		25-50	25	1000	De Zilk (omgekeerde stroming) ²
18		50-100	85	416	Willem-Alexander
19		100-200	170		Tonnekreek
20		200-500	350	115	Schilthuis
21	Vijzel	0-25	23		Sudhoeke
22		0-25	10	42	Zwanburgerpolder (Buisvijzel) ²
23		25-50	42	42	Vleuterweide (De Witvijzel) ²
24		100-200	120	29	De Wenden
25		200-500	500	17	Overwaard
26	Rest	0-25	5	n.v.t.	Faunapomp ²

¹ Opvoerwerktuigen die in een proefopstelling zijn onderzocht.

² Opvoerwerktuigen die als visvriendelijk zijn gekwalificeerd.

Centrifugaalpom

Deze pomp maakt gebruik van middelpuntvliedende of centrifugaalkracht om water te verplaatsen. Het water komt evenwijdig aan de pompas de pomp binnen waarna een waaier het water radiaal ‘wegslingert’.

Schroef- of axiaalpom

Dit type is het meest gangbare type opvoerwerktuig in Nederland. Een schroefpom bestaat uit een buis waarin een waaier draait die er uitziet als een scheepsschroef. Door het ontstane drukverschil komt het water in beweging. Meestal is de schroefas verticaal opgesteld en maakt de buis een bocht van 90 graden. De schroefas steekt dan in de bocht in een afdichting door de buis heen. Op deze manier kan de schroef door een boven of naast de pomp geplaatste motor worden aangedreven.

Open en gesloten schroefpom

Het verschil zit in het gebruik van een persleiding. Bij een open schroefpom wordt geen persleiding gebruikt. Qua waaier is het dezelfde pom.

Schroefcentrifugaalpom

Deze pom is een combinatie van centrifugaalpom en schroefpom. In het opvoerwerk *De Zilk* van Rijnland is een schroefpom geplaatst die omgekeerd kan draaien bij het opstarten. Het doel van de omgekeerde waterstroming is het verjagen van de vissen die in de pompkelder zitten, bij het opstarten van het opvoerwerktuig. In het onderzoek werd de visvriendelijkheid van deze pom onderzocht.

Er bestaan twee visvriendelijke varianten van de schroefcentrifugaalpom. De eerste is de visvriendelijke hidrostalpom, de tweede de AmarexKRT (type D) met een éénbladige waaier. Beide pompen, die in de praktijk nog nauwelijks zijn ingezet in Nederland, werden tijdens het onderzoek onderzocht in een proefopstelling met gedwongen blootstelling van vis.

Hidrostalpom

Dit is een speciaal type schroefcentrifugaalpom. De pom ziet eruit als een conus waaraan waaierbladen zijn bevestigd. Hidrostalpompen worden vaak toegepast als vuilwaterpompen en afvalwaterpompen, omdat de pom ongevoelig is voor verontreiniging.

Vijzel

Bij de vijzels kan onderscheid worden gemaakt tussen conventionele vijzels, De-Witvijzels en buisvijzels.

Conventionele vijzels worden veelvuldig toegepast in Nederland, vooral vanwege hun robuustheid en het feit dat ze over het algemeen weinig onderhoud vergen. Een vijzel is een onder een hoek opgestelde buis die is voorzien van schroefwindingen, het wormwiel. De buis draait rond in een behuizing, waarbij het water door de windingen naar een hoger niveau wordt getransporteerd.

Bij conventionele vijzels lopen de schroefwindingen over de volle breedte door tot aan het uiteinde van de vijzel. Hierdoor slaan de eerste windingen bij elke draai door het water. Een tik van de winding kan vissen ernstig verwonden.

Bij een De-Witvijzel neemt de breedte van de vijzelbladen gedurende de laatste windingen af, zodat de bladen teruglopen naar de as van de vijzel. Het onderzochte opvoerwerk *Vleuterweide* van Stichtse Rijnlanden heeft een dergelijke vijzel.

Bij een buisvijzel zit het vijzelblad vast aan de behuizing, waardoor er geen ruimte meer bestaat tussen de vijzel en de vijzelwand. Hierdoor kan vis niet meer beklemd raken. Een buisvijzel kan verder visvriendelijk worden gemaakt door de eerste winding bij deze vijzel langzaam af te laten lopen in de buiswand. Het onderzochte opvoerwerk *Zwanburgerpolder* van Rijnland heeft een dergelijke buisvijzel.

Faunapomp

Een faunapomp is een pomp zonder draaiende delen. Het principe is gebaseerd op dat van een zogenoemde air-lift pomp. Door in één van de buizen van een U-bocht lucht te injecteren, stijgt door verlaging van de soortelijke massa het water/luchtmengsel (en vis) naar het hoger gelegen gebied. De *faunapomp* - geplaatst bij Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier - is meegenomen in het onderzoek.

Een uitgebreide beschrijving van alle typen opvoerwerktuigen is te vinden in het rapport 'Gemalen of vermalen worden' (Kunst, *et al.*, 2008). Detailinformatie over de opvoerwerktuigen is bovendien te vinden in bijlagenrapport 1.

2.3 PERIODE VAN MONITORING

De monitoring van de bestaande opvoerwerken is uitgevoerd in het najaar van 2009 (1 oktober 2009 tot en met 10 december 2009). In het najaar is er bij veel vissoorten sprake van stroomafwaartse migratie richting overwinteringsplaatsen. Schieraal begint aan het einde van de zomer met de (stroomafwaartse) trek naar de paaigronden in de Sargassozee.

Door in het najaar te monitoren is er een hoger aanbod van vis aan de instroomzijde van het opvoerwerk, waarbij het aannemelijk is dat meer vissen het opvoerwerk passeren dan in andere perioden van het jaar. Bijkomend aspect is dat de opvoerwerken in het najaar relatief veel draaien als gevolg van toenemende neerslag.

Afhankelijk van de mogelijkheden tot monitoren (zie [par. 2.4](#)) is er 6 keer 2x24 uur gemeten (bij kleine opvoerwerktuigen) of (bij grote opvoerwerktuigen) 8 keer vanaf het begin van de avond tot in de nacht. Bij het invallen van de duisternis is er veelal sprake van een verhoogde migratieactiviteit.

Omdat migratie van verschillende soorten en lengtegroepen vaak pieksgewijs en niet altijd op het zelfde tijdstip verloopt, zijn er per opvoerwerk meerdere metingen uitgevoerd, evenwichtig verspreid over het gehele najaar.

2.4 DE GEHANTEERDE BEMONSTERINGSMETHODE

De passage door de opvoerwerken is bepaald door vis op te vangen in een trechtersvormig opvangnet, verder aangeduid als passagenet. Dit net werd via een visdicht frame aan de uitstroomopening van het opvoerwerk gehangen.

De tijdsduur die vis met een aanvaardbaar risico op beschadiging in het net kan verblijven, is afhankelijk van een aantal factoren zoals debiet, hoeveelheid meegevoerd vuil, vangstomvang en de afmetingen van het passagenet dat geplaatst kan worden.

Bij de monitoring van de bestaande opvoerwerken kan er derhalve onderscheid gemaakt worden tussen grote opvoerwerken (groter dan $\pm 100 \text{ m}^3/\text{min}$) en kleine opvoerwerken (tot $\pm 100 \text{ m}^3/\text{min}$). De gevolgde methode wordt in navolgende paragrafen besproken.

2.4.1 Grote opvoerwerken aan uitstroomzijde

Bij grote opvoerwerken werd vis en vuil ongeveer elk uur verwijderd om te voorkomen dat de vis werd beschadigd door het netwerk en het vuil. Het netwerk had een maaswijdte afnemend van 60 mm (gestrekte maas) in de bek, via 40 mm in het middenstuk tot 20 mm in de punt. Deze toegepaste maaswijdte is het resultaat van twee tegengestelde argumenten.

Om alle gepasseerde vis op te vangen zou een fijnmazig net de voorkeur hebben. Dit geeft echter problemen wanneer veel vuil (waterplanten, bladeren, kroos) wordt meegevoerd. Een te grofmazig net leidt echter tot verlies van vangst of het inzwemmen van vis via de grote voorste mazen. Dit kan een nadelig effect hebben als vooral onbeschadigde vissen door de mazen ontsnappen. Hierdoor zal het percentage beschadigde vissen te hoog worden ingeschat. De tijdens het onderzoek toegepaste maaswijdte is gebaseerd op ervaringen bij eerder uitgevoerd onderzoek (Hop, 2009).

Fig 2.2 PLAATSING VAN HET PASSAGENET BIJ OPVOERWERK SCHILTHUIS



Na passage van het opvoerwerk en het trechtervormige net is de vis opgevangen in een fuik (baknet van 4x4 meter) of een bun. Hierdoor kon vuil tussentijds worden verwijderd. Bij het plaatsen van het net in de sponning is expres lawaai gemaakt, om vis die zich voor de terugslagkleppen van het opvoerwerk bevond te verjagen.

Fig 2.3 PASSAGENET BIJ OPVOERWERK KORTENHOEF



2.4.2 Kleine opvoerwerken aan uitstroomzijde

Bij kleine opvoerwerktuigen, met relatief weinig water, vis en vuil, is een eenvoudigere werkwijze toegepast. In deze gevallen werd een aalfuik achter de uitstroomopening geplaatst. Het eerste hok van de fuik sluit wederom de volledige opening af. Het netwerk had een maaswijdte afnemend van 26 tot 12 mm in de kub (het achterste deel van het net). Op locaties waar geen sponning aanwezig was, werd de fuik aan twee palen geplaatst. Hierbij werd de onderzijde aan de bodem gehouden door middel van kettingen. De bovenzijde werd boven het water gehangen tussen de twee palen.

Bij elk opvoerwerk zijn zes meetcycli uitgevoerd. Eén meetcyclus bestaat uit het plaatsen en daarna legen van de fuik, gedurende 48 uur tweemaal (om het etmaal). Deze methode is gevolgd omdat kleine opvoerwerken zijn geautomatiseerd en derhalve niet of slechts ten dele op afroep kunnen draaien. In [figuur 2.3](#) is de opstelling van het passagenet bij opvoerwerk *Kortenhoef* weergegeven.

2.4.3 Instroomzijde grote en kleine opvoerwerken (visaanbod)

Ook aan de instroomzijde van het opvoerwerk zijn bemonsteringen uitgevoerd. De intentie was om hiermee te onderzoeken hoeveel vis zich bij het opvoerwerk aanmeldt (visaanbod). Op basis van deze gegevens is bij benadering vastgesteld in hoeverre bepaalde soorten / lengteklassen het opvoerwerk daadwerkelijk passeren of juist vermijden.

De bemonstering aan de instroomzijde van de opvoerwerken was gericht op de migrerende populaties. Hiervoor zijn twee type fuiken ingezet, verder aangeduid als *aanbodnet*:

- Visfuiken. Deze fuiken zijn ingezet om grotere schubvis te vangen en hebben dan ook een grotere maaswijdte.
- Aalfuiken. Aalfuiken hebben juist een kleinere maaswijdte om effectief aal en kleine vis te vangen.

Per opvoerwerk werden, afhankelijk van de beschikbare ruimte, één of twee fuiken ingezet. In geval van één fuik werd een fijnmazige aalfuik ingezet gezien het belang van de aal als belangrijke doelsoort van het onderzoek. De fuiken werden ca. tien meter vóór het opvoerwerk geplaatst met de ingang naar het opvoerwerk. Hiermee werd voorkomen dat de fuiken snel vol zouden stromen met drijfvuil.

Op deze wijze werden vissen gevangen, die zich aanvankelijk met de stroom mee naar het opvoerwerk hebben verplaatst, maar uiteindelijk voor het opvoerwerk zijn teruggezwoomen.

Fig 2.4 AANBODNETTEN AAN DE INSTROOMOPENING BIJ OPVOERWERK KORTENHOEF



Het is van belang om te benadrukken dat het 'visaanbod' niet alle vis betreft die zich bij het opvoerwerk aanmeldt. Een onbekend deel zal, tussen de fuiken door, het gebied weer ongezien verlaten. Bovendien is het visaanbod niet altijd gelijktijdig en gelijkdurend met de bemonstering van de vispassage door het opvoerwerk bemonsterd. Dit wil zeggen dat het visaanbod zowel bij draaiend als bij niet-draaiend opvoerwerk is uitgevoerd.

In de bijlagenrapporten is het aantal fuiken en het gebruikte type vistuig per opvoerwerk aangegeven.

2.4.4 Uitgestelde sterfte

Vissen die een opvoerwerk levend en zonder enig waarneembare schade passeren, kunnen na enige tijd alsnog sterven als gevolg van interne beschadigingen. Om inzicht te krijgen in de mate waarin dit gebeurt bij verschillende opvoerwerktuigen, is onderzoek gedaan naar uitgestelde sterfte. Bij 7 van de 24 opvoerwerken is hierbij eenmalig voor een periode van 24 uur de uitgestelde sterfte bepaald. Een deel van de vangst (of de totale vangst) is hierbij in een leefnet gezet (knooploos netwerk, diameter 1 meter en 2 hoepels), dat vervolgens is afgezonken. Oorspronkelijk was het de bedoeling de uitgestelde sterfte te bepalen bij meer opvoerwerken. Omdat hiervoor niet altijd voldoende vis beschikbaar was, moest worden volstaan met minder bepalingen.

Fig 2.5 OPSLAGNETTEN MET VIS TER BEPALING VAN DE UITGESTELDE STERFTE

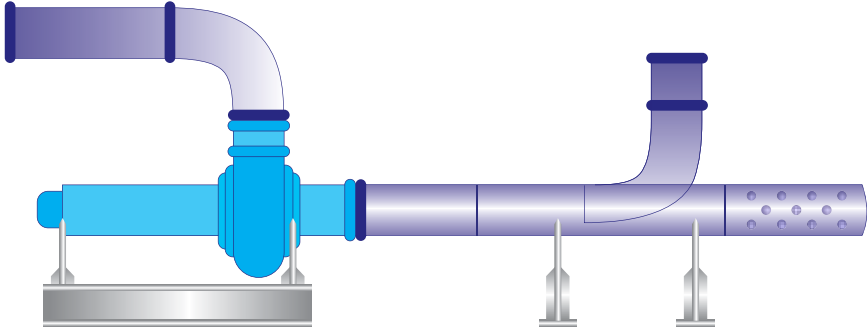


2.4.5 Experimentele opstelling nieuwe typen opvoerwerktuigen

Er bestaan twee als visvriendelijk aangeduide opvoerwerktuigen (*AmarexKRT(D)* en een *visvriendelijke hidrostal*), die op het moment van het onderzoek nog niet waren toegepast in bestaande opvoerwerken. Om die reden is de visvriendelijkheid van deze opvoerwerktuigen getest door middel van een proefopstelling waarbij de vis gedwongen aan de pomp is blootgesteld. Omdat dit experiment onder de Wet op de Dierproeven valt, is een proefplan opgesteld dat is goedgekeurd door de Dier Experimenten Commissie (DEC ASG ID-Lelystad).

Fig 2.6 PROEFOPSTELLING VOOR GEDWONGEN BLOOTSTELLING VAN VIS

Pomp is lichtblauw.



De proefopstelling bestond uit een pomp in een frame met een buizenstelsel. Aan de pomp was een toevoerleiding met een aanzuigkorf gemonteerd, waarlangs water naar de pomp kon stromen. Min of meer haaks op de toevoerleiding werd een buis gelast die diende om vis gedoseerd naar de pomp toe te voeren. Bovenop de pomp bevond zich een andere buis waarlangs water en vis werden afgevoerd, na de pomp te hebben gepasseerd. De proefopstelling is in een deel van een wetering, dat zich bevond tussen een vijzelgemaal en een duiker, geplaatst. Omdat zowel de bodem als de wanden van de wetering waren bedekt met betonnen platen, was de plaatsing eenvoudig en kon het geheel stabiel genoeg staan zonder verdere bevestigingen.

De vis werd opgevangen in een Noors leefnet (4x4 meter), waarna de schade aan de vis is bepaald. Net als bij reeds toegepaste opvoerwerktuigen is ook voor deze twee opvoerwerktuigen de uitgestelde sterfte bepaald, overeenkomstig de methode beschreven in [par. 2.4.4](#). De vissoorten die in de proef zijn ingezet, betreffen karperachtigen (voornamelijk brasem en blankvoorn) en aal in twee lengteklassen (karperachtigen van rond 15 cm en 20-30 cm, aal van rond 30 cm en 50-60 cm).

Van dit onderdeel van het onderzoek is een apart bijlagenrapport gemaakt, waarin het geheel in detail is beschreven. (Vis & Vriese, 2010).

2.4.6 Verwerking van de vangst

De verwerking van de vangst was voor grote en kleine opvoerwerken gelijk. Eerst werden de dode vissen gesorteerd, geteld en gemeten. De nog levende vissen werden vervolgens gesorteerd in soort- en lengtegroepen, gemeten en geteld. Hierbij werden de vissen onderzocht op eventuele schade als gevolg van passage door het opvoerwerk. De vissen die het opvoerwerk waren gepasseerd, werden opgedeeld in drie categorieën:

- 1 onbeschadigde vissen;
- 2 licht beschadigde vissen. Dit zijn vissen die naar verwachting niet ten gevolge van de beschadiging (ontschubbing, gerafelde vinnen) zullen sterven;
- 3 dode of terminaal beschadigde vissen.

Categorie 3 is onderverdeeld in de volgende typen schade;

- insnijding of doorsnijding;
- breuken/fracturen;
- schade aan (of ontbrekende) ogen;
- beschadiging aan (of omgeklapte) kieuwdeksels/bogen;
- abnormale zwembewegingen (zonder uiterlijke beschadigingen).

Fig 2.7 PROEFOPSTELLING MET PASSAGENET (NOORS LEEFNET)



De uitwerking van het onderzoek is vrijwel geheel gericht op de categorie 3: dode of terminaal beschadigde vissen. Er zal daarom in het vervolg van dit rapport worden gesproken over ‘sterftepercentage’ en ‘vissterfte’.

Bij grote vangsten werd, na sortering in functionele lengtegroepen, op gewichtbasis een representatief monster genomen. Dit monster werd vervolgens verwerkt. De lengtemetingen zijn uitgedrukt in centimeter totaallengte met een nauwkeurigheid van één centimeter.

2.5 OVERIGE FACTOREN M.B.T. PASSAGE EN VISSTERFTE

De passage en eventuele vissterfte kunnen beïnvloed worden door diverse factoren. Om eventuele verschillen in de resultaten met betrekking tot de geconstateerde schadeprofielen van de verschillende opvoerwerktuigen beter te kunnen verklaren, zijn in het onderzoek de meest relevant geachte invloedsfactoren nader onderzocht. Het betreft hierbij om te beginnen algemene kenmerken van het opvoerwerktuig:

- 1 *Pomptype*
- 2 *Capaciteit*
- 3 *Opvoerhoogte*
- 4 *Toerental*

Van elk opvoerwerk is een overzicht gemaakt met daarbij de meest relevante kenmerken. Deze kenmerken zijn verkregen op basis van aangeleverde data (van de gemaalbeheerders) en via metingen in het veld. Relevante kenmerken zijn: type opvoerwerk, locatie (aanvoer/afvoer wateren), functie, typering qua visvriendelijkheid, aantal pompen, type pomp, opvoerhoogte, toeren/min, capaciteit (per pomp), lay-out aanvoerszijde en inlaatzijde.

Verder is een aantal specifieke kenmerken tijdens het veldonderzoek apart geïnventariseerd, te weten:

5 *Vrije doorgang krooshek*

Het krooshek bij opvoerwerken dient voornamelijk om drijvend en zwevend afval uit het opvoerwerktuig te houden. Daarnaast heeft het een functie in het kader van de veiligheid. De vrije doorgang van het krooshek wordt onder meer afgestemd

op de kogeldoorlaat van het opvoerwerk. De kogeldoorlaat is hierbij de diameter van een kogelvormig object dat ongehinderd door het opvoerwerk kan passeren. Krooshekken worden soms handmatig gereinigd, veelal is er een automatische reinigingsinstallatie aanwezig. Om het schoonmaken te vergemakkelijken is een krooshek meestal onder een geringe hellingshoek opgesteld.

Het ligt voor de hand dat krooshekken een fysieke barrière vormen voor de passage van grote vis, afhankelijk van de vrije doorgang en de lichaamsbouw van de vis. Daarnaast speelt het gedrag van de vis hierbij een rol. Vlak voor het krooshek treden veranderingen op in het stromingspatroon en de stroomsnelheid. Deze veranderingen kunnen door vissen (o.m. met het zijlijnorgaan) worden waargenomen.

Veelal zullen ze daarop reageren door tegen de stroming in weg te zwemmen. Het krooshek werkt daarmee als een gedragsbarrière en vormt een potentiële oplossing voor het voorkomen van visschade. Voorwaarde is wel dat er een alternatieve migratieroute aanwezig is om het opvoerwerk te passeren.

Om bij nadere beschouwing van de gegevens de invloed van het krooshek te kunnen bepalen, is bij elk opvoerwerk het type rooster vastgelegd, evenals het aantal spijlen. Daarnaast zijn de dimensies van het rooster bepaald, dat wil zeggen de hoogte en breedte, evenals de afstand tussen de spijlen (doorzweembreedte). De dimensies zijn uitgedrukt in centimeters.

6 Stroomsnelheden voor het opvoerwerk

Stroming in water is een belangrijk aspect als het gaat om oriëntatie van vis in zijn omgeving. Het dient als richtinggevend criterium bij migratie. Voor veel vissoorten is de paaimigratie stroomopwaarts gericht om kleinschalige, al dan niet begroeide wateren te bereiken die snel opwarmen en een goed habitat bieden aan de nakomelingen. Voor andere soorten, zoals de aal, is de paaimigratie juist stroomafwaarts, richting zee. De reactie van vis op stroming verschilt al naar gelang soort en levensstadium.

Een goede visuele oriëntatie is van belang voor een vis om de effecten van stroming te kunnen compenseren, zodat hij niet weggevoerd wordt uit zijn habitat. Bekend zijn experimenten waarbij vis in een cilindrisch aquarium wordt geplaatst

en de omgeving wordt gesimuleerd door een tekening van een onderwaterland-
schap rondom het aquarium. Op het moment dat deze tekening wordt voortbewo-
gen, reageert de vis hierop door met de tekening mee te gaan zwemmen, tegen de
imaginaire stroming in.

Als vis zich niet of minder goed kan oriënteren (bijvoorbeeld in het donker), zeker
wanneer het juveniele vis betreft, kan deze eenvoudig uit zijn habitat worden weg-
gevoerd. Tevens geldt: des te kleiner de vis, des te minder goed deze kan compen-
seren voor stroming.

Met het oog hierop worden bij koelwateronttrekkingen regels gesteld ten aanzien
van stroomsnelheid om het inzuigen van vooral kleine vis te verminderen. Hoe
lager deze stroomsnelheid is, hoe minder vis wordt ingezogen. In de VS is hier
uitgebreid onderzoek naar verricht en wordt als vuistregel gehanteerd dat ont-
trekkingen veilig zijn voor kleine vis wanneer de stroomsnelheid beneden de 15
cm/s ligt (EPRI, 1999; 2002).

Bij elk opvoerwerk is de stroomsnelheid aan de voorzijde van het krooshek be-
paald, volgens een vast rooster. De eerste (en belangrijkste) meting is hierbij net
voor het krooshek uitgevoerd, de overige op respectievelijk 0,25, 0,5, 0,75, 1 en 2
meter afstand van het rooster. De stroomsnelheid is vastgelegd in cm/s met een
elektronische stroomsnelheidsmeter. Wanneer de aanstroomsnelheid beperkt
was, maar ook als het technisch niet mogelijk was om het meetpunt te bereiken,
zijn minder metingen uitgevoerd.

7 Geluidscondities voor het krooshek

Vissen zijn in staat om onder water geluid te horen. Ze zijn daarbij in te delen
in drie categorieën: hoorspecialisten (60 dB), niet-gespecialiseerde soorten met
zwemblaas (80-100 dB) en soorten zonder zwemblaas (110 dB).

Vissen hebben, net als mensen, een frequentieafhankelijk gehoorbereik. Dit ge-
hoorbereik is per vissoort verschillend. Geluid onder water kan een afschrikkende
werking hebben op vissen die het opvoerwerk benaderen.

Om een relatie te kunnen leggen tussen de passage van vis en de eventuele we-
rende werking van het opvoerwerk, zijn onder water geluidsopnames gemaakt.

Drie aspecten spelen hierbij een rol:

- de geluidsintensiteit;
- de waargenomen geluidsfrequenties;
- de gevoeligheid van vis voor geluid.

De metingen zijn standaard op twee meter van het krooshek uitgevoerd, op één meter onder het wateroppervlak. Daarnaast is een aantal metingen in een straal van ca. 10 meter rond dit punt uitgevoerd om na te gaan of hier afwijkende resultaten werden waargenomen. Op alle meetpunten werden gedurende 120 seconden opnamen gemaakt.

Een uitgebreide beschrijving van de methodiek is te vinden in par. 2.3 tot en met par. 2.4.2 van bijlagenrapport nr. 2 (Kemper, Vis & Spierts, 2010).

8 *Druk*

9 *Versnelling*

10 *Turbulentie*

Het verloop in de druk, de versnelling en de turbulentie tijdens de passage via het opvoerwerk is gemeten met behulp van de zogenoemde Sensor Fish. Dit is een meetinstrument dat met een frequentie van 2000 keer per seconde een meting uitvoert gedurende maximaal 4 minuten.

De Sensor Fish is gewichtsluus in water ('neutrally buoyant') en stroomt eenvoudig mee door pompen en leidingen. Voordat de Sensor Fish is ingezet, zijn 10 tot 15 dummy's door het opvoerwerk geleid. Op basis van de resultaten hiervan werd besloten of de Sensor Fish wel of niet ingezet kon worden.

Een uitgebreide beschrijving van de methodiek is te vinden in par. 2.1 tot en met par. 2.3.2 van bijlagenrapport nr. 2 (Kemper, Vis & Spierts, 2010).

2.6 STATISTISCHE VERWERKING

2.6.1 Betrouwbaarheid sterftepercentage

Aan de hand van de omvang van de vangst in de passagenetten en het sterftepercentage is het schadeprofiel van het opvoerwerk bepaald. Hierbij zijn de vissen ingedeeld in:

- taxonomische groepen (visfamilies);
- lengteklassen: <15 cm en >15 cm.

Voor het bepalen van het schadeprofiel is uitgegaan van de vissen die na passage door het opvoerwerk in de categorie 'dood' zijn ingedeeld, waarbij:

$$\text{Sterftepercentage (\%)} = 100 \times \text{aantal dode vissen} / \text{totaal aantal gepasseerde vissen}$$

Naast het sterftepercentage is de betrouwbaarheid van de bepaling berekend met behulp van het betrouwbaarheidsinterval voor binomiaal verdeelde datasets (Clopper & Pearson, 1934). Het betrouwbaarheidsinterval is een interval rond het sterftepercentage, waarbinnen met 95 procent zekerheid kan worden gesteld dat het sterftepercentage daar daadwerkelijk binnenvalt. Een voorbeeld van de resultaten is gepresenteerd in [par. 2.6.1](#) voor drie algemene families en twee lengteklassen.

Fig 2.8 FICTIEF VOORBEELD VAN HET STERFTEPERCENTAGE

Voor de drie visfamilies en vissen >15 cm en <15 cm.

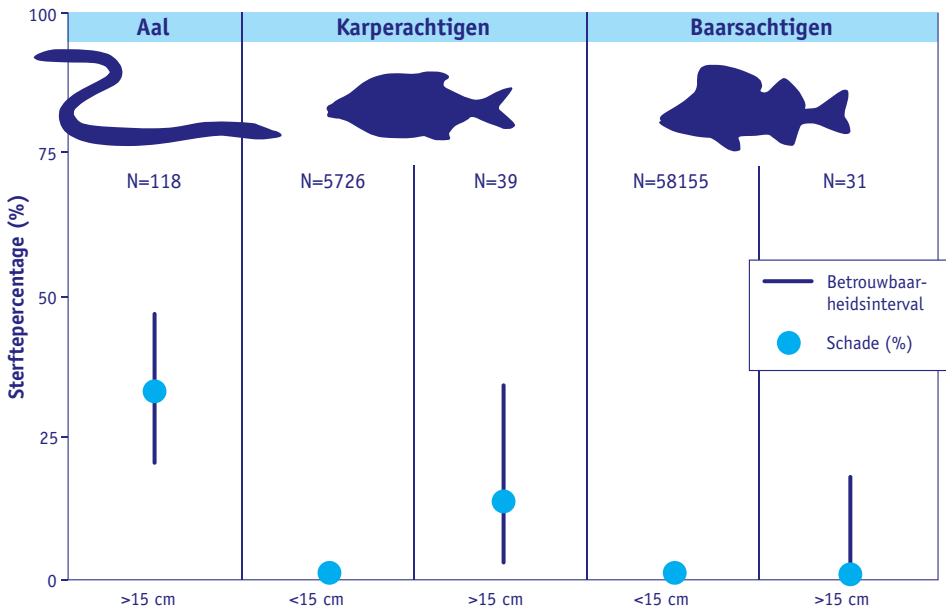
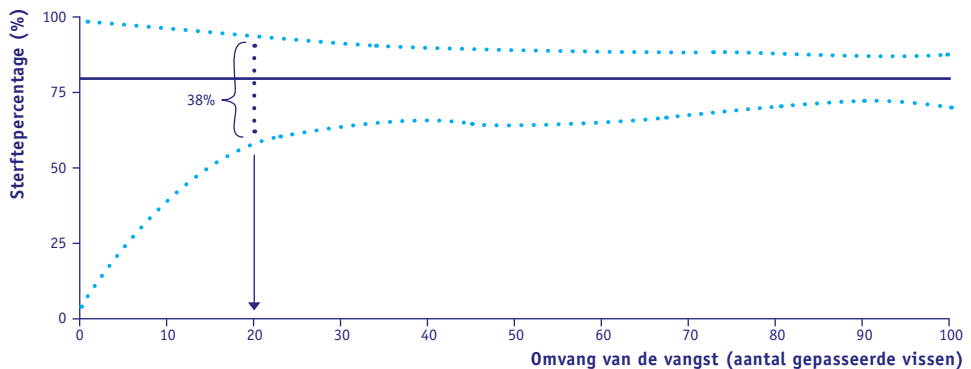
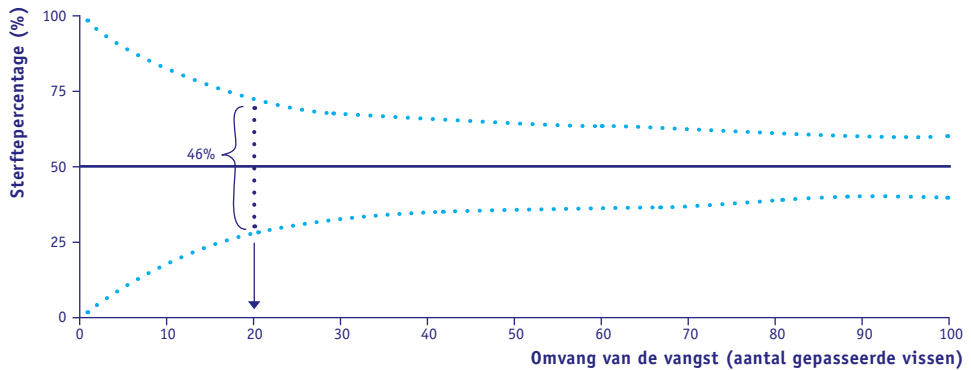


Fig 2.9 RELATIE TUSSEN DE DE VANGST EN HET TROUWBAARHEIDSINTERVAL

Relatie tussen de omvang van de vangst in de passagenetten en het betrouwbaarheidsinterval rond het geschatte sterftepercentage. Zie tekst voor nadere toelichting.



Het betrouwbaarheidsinterval is sterk afhankelijk van de omvang van de vangst. In [figuur 2.9](#) is te zien dat het betrouwbaarheidsinterval kleiner wordt (het resultaat betrouwbaarder) naarmate het aantal gevangen vissen toeneemt. Bij een sterftepercentage van 50 procent is het betrouwbaarheidsinterval gelijk verdeeld rond het gemiddelde. Bij percentages hoger of lager dan 50 procent is de verdeling scheef en wordt het totale interval kleiner.

Duidelijk is dat het aantal gepasseerde vissen bij voorkeur zo groot mogelijk moet zijn om een zo hoog mogelijke betrouwbaarheid te bereiken. Voor veel opvoerwerken werden echter geringe hoeveelheden vis >15 cm gevangen, zodat niet voor elk opvoerwerk voor elke groep vissen een betrouwbare schatting kan worden gemaakt. Uitgegaan wordt van een betrouwbaarheidsinterval van maximaal 50 procent. Bij een groter interval is het vrijwel uitgesloten dat er een betekenisvol verschil kan worden aangetoond tussen het sterftepercentage van dit opvoerwerk en andere opvoerwerken. In het geval dat het verband wordt onderzocht tussen visfamilies op basis van sterftepercentages, is een voorselectie uitgevoerd.

2.6.2 Toetsing van (rang-)correlatie tussen groepen

Om de statistische betekenis te toetsen van het verband tussen twee reeksen is gebruik gemaakt van de rang-correlatietoets van Spearman (Sokal & Rohlf, 1969). Deze toets komt er in het kort op neer dat opvoerwerken van groep A. en groep B. worden gesorteerd op basis van het sterftepercentage. Afhankelijk van de mate waarin de volgorde van beide groepen met elkaar overeenstemmen, kan een uitspraak worden gedaan over de correlatie tussen beide groepen met betrekking tot het sterftepercentage. Onderzocht is in welke mate het sterftepercentage van de ene visfamilie overeenkomt met het sterftepercentage van een andere visfamilie. Er is onderscheid gemaakt tussen de twee lengteklassen: <15 cm en >15 cm.

Niet alle opvoerwerken komen voor deze toets in aanmerking. In de eerste plaats moeten voor beide groepen gegevens beschikbaar zijn. Indien er bij een opvoerwerk bijvoorbeeld wel karperachtigen >15 cm maar geen baarsachtigen >15 cm zijn gevangen, valt het desbetreffende opvoerwerk voor deze specifieke combinatie af. In de tweede plaats moet rekening worden gehouden met de betrouwbaarheid van het sterftepercentage (zie [par. 2.6.1](#)). Is het betrouwbaarheidsinterval voor één van de groepen groter dan 50 procent dan valt het opvoerwerk ook af voor wat betreft de desbetreffende combinatie. Dit is van groot belang, omdat de Spearman rang-correlatietoets zelf geen rekening houdt met de onbetrouwbaarheid van de sterftepercentages. Vergelijkingen tussen verschillende opvoerwerken zijn gemaakt met behulp van de Chi-kwadraat-toets voor r^2 tabellen (Sokal & Rohlf, 1969).

2.7 INVENTARISATIE OVERIG UITGEVOERD GEMALENONDERZOEK

Ten tijde van het hier beschreven gemalenonderzoek, zijn ook andere onderzoeken uitgevoerd naar vissterfte bij opvoerwerken. Een omvangrijk onderzoek

heeft plaatsgevonden binnen het project 'Vissen zwemmen weer heen en weer' waarbij het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, het Hoogheemraadschap van Delfland, Waterschap Hunze en Aa's, Waterschap Zeeuwse eilanden en STOWA samenwerken. Daarnaast heeft een aantal individuele waterschappen en pompproducenten onderzoek verricht. De resultaten hiervan vormen een belangrijke aanvulling op het voorliggende onderzoek. Alle rapporten zijn beoordeeld en bruikbare gegevens zijn opgenomen in de Overzichtstabel onderzochte gemalen. Per opvoerwerk is een korte beschrijving gegeven van de methode en de resultaten.

2.8 OVERZICHTSTABEL ONDERZOCHE GEMALEN

Als onderdeel van het onderzoek uit fase 3 is, zoals al gememoreerd, een overzichtstabel van alle onderzochte opvoerwerktuigen samengesteld. Deze tabel is een belangrijk onderdeel van de Gemalenwijzer die waterbeheerders moet begeleiden bij hun keuze voor een geschikt opvoerwerktuig. In de tabel is per type opvoerwerktuig en capaciteitsklasse alle beschikbare informatie verzameld. De indeling zoals deze in onderzoeksfase 2 (Kunst *et al.*, 2008) is voorgesteld, is zoveel mogelijk gevolgd. In de tabel is onderscheid gemaakt in een technisch en ecologisch deel. De tabel beoogt geen uitspraak te doen met betrekking tot het 'beste' opvoerwerk. De keuze van het meest geschikte opvoerwerk, is afhankelijk van veel factoren en kan daarom per locatie sterk verschillen.

H3 RESULTATEN



3.1 OVERZICHTEN TOTALE VANGST

3.1.1 Visserij-inspanning

In [tabel 3.1](#) is de visserij-inspanning weergegeven in etmalen voor zowel de aanbod-bemonstering als voor de passage-bemonstering. Bij elf kleine opvoerwerken (in de tabel aangeduid met n.v.t) was er onvoldoende ruimte in de toevoerende watergang om een visfuike te plaatsen. De aanbod-bemonstering is op die plaatsen alleen uitgevoerd met een aalfuik. Door de grotere lengteselectiviteit van de aalfuik is het waarschijnlijk dat hier minder grote vis is gevangen.

De visserij-inspanning is voor beide bemonsteringen wisselend geweest. Dit is veroorzaakt door het wateraanbod en de mate waarin de fuiken vervuilden met drijfvuil. Vooral in het begin van het najaar was het wateraanbod door geringe neerslag beperkt. Bij opvoerwerk *Boreel* (ref. 2) kon beperkt worden gemalen in verband met het gevaar van indringing van zout water. Bij opvoerwerk *Tilburg* (ref. 5) waren de mogelijkheden beperkt door problemen bij de bediening. Over het geheel zijn de bemonsteringen goed verlopen. De grote bereidwilligheid van de gemalenbeheerders heeft hieraan bijgedragen.

3.1.2 Waargenomen vissoorten

In het onderzoek zijn 32 vissoorten aangetroffen, behorende tot 11 visfamilies ([tabel 3.2](#)). Volgens verwachting behoorden de meeste vissoorten tot de karperachtigen, aangezien de meeste vissoorten in Nederland onder deze visfamilie vallen.

Opmerkelijk was de vangst van een zalm in zowel de passage- als de aanbodnetten (65 en 63 cm) en twee zeeforellen van 65 en 71 cm in de aanbodnetten bij opvoerwerk *Overwaard* (ref.25). Er werden regionale verschillen waargenomen in de presentie van visfamilies en soorten. Bot wordt aangetroffen bij opvoerwerken die een directe associatie met de rivier hebben en/of relatief dicht bij de kust liggen (*Schilthuis* (ref.20) en *Tonnekreek* (ref.19)). Dit geldt ook voor de brakwatergrondel die gevangen is bij opvoerwerk *Boreel* (ref.2).

Er werden drie exoten aangetroffen en wel de roofblei, de zwartbekgrondel en de marmergroundel. Van deze soorten heeft de roofblei de grootste verspreiding. De soort is aangetroffen bij de volgende zeven opvoerwerken: *De Wenden* (ref. 24), *Antlia* (ref. 10), *Berkel* (ref.11), *Vleuterweide* (ref. 23), *Overwaard* (ref. 25), *Schilthuis* (ref. 20) en *Tonnekreek* (ref. 19).

**Tabel
3.1**

VISSERIJ-INSPANNING IN ETMALEN

OPVOERWERK	AANBODNETTEN		PASSAGENETTEN
	AALFUUK ETMALEN	VISFUUK ETMALEN	UREN
Zwanburgerpolder	8	n.v.t	126
Faunapomp	6	n.v.t	97
Vleuterweide	10	10	63
De Zilk	4	n.v.t	87
Overwaard	35	35	40
De Wenden	40	40	43
Sudhoeke	12	n.v.t	105
Boreel	27	27	17
Duifpolder	6	4	12
Schilthuis	63	63	59
Tonnekreek	26	26	43
Willem-Alexander	10	10	35
B.B. polder	7	n.v.t	161
Wogmeer	10	n.v.t	84
Ypenburg	5	n.v.t	35
Berkel	50	36	54
HZ polder	6	6	44
Meerpolder	3	n.v.t	57
Antlia	40	40	24
Kortenhoef	10	10	120
Makkumermar	12	n.v.t	28
Tilburg	8	7	28
Nijverheid	10	n.v.t	30
Thabor	13	n.v.t	40
Totaal	420	314	1 430

[Figuur 3.1](#) geeft een overzicht van het aandeel individuen per vissoort. Brasem was met 100.914 individuen de meest talrijke vissoort (36 procent) met daarna de baars (31 procent). De vangsten van blankvoorn en pos lopen in de tiendu-

zenden individuen. Deze vier soorten samen vormen bijna 90 procent van de totale vangst.

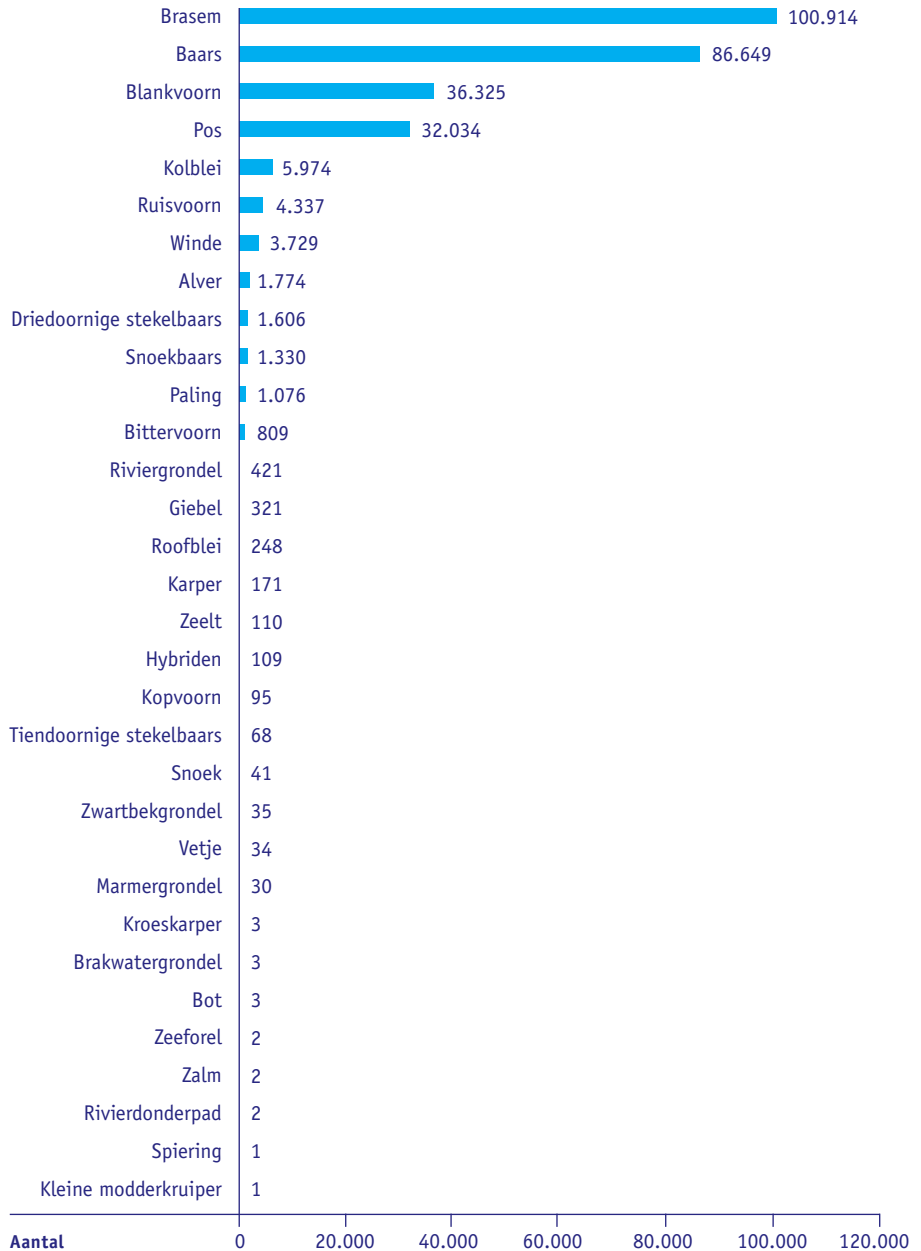
3.1.3 Overige waargenomen fauna

In [tabel 3.3](#) is een overzicht gegeven van aangetroffen fauna in de aanbod- en passagenetten. Bij negen van de totaal 24 opvoerwerken zijn rivierkreeften aangetroffen. Wolhandkrabben zijn bij tien opvoerwerken aangetroffen en bij vier opvoerwerken zijn kikkers aangetroffen. Bij de gemalen *Overwaard* en *Tonnekreek* zijn enkele honderden wolhandkrabben aangetroffen. Bij de opvoerwerken *Antlia* en *De Wenden* werden in beide gevallen ruim honderd rivierkreeften gevangen. Schade als gevolg van het passeren van het opvoerwerk is niet consequent vastgelegd waardoor er geen uitspraak mogelijk is over sterftepercentages.

Tabel 3.2 AANGETROFFEN VISSOORTEN EN FAMILIES

FAMILIE	SOORT	FAMILIE	SOORT
1 Alen	1 Paling	5 Snoeken	20 Snoek
2 Modderkruipers	2 Kleine modderkruiper	6 Stekelbaarzen	21 Dried. stekelbaars
3 Donderpadden	3 Rivierdonderpad		22 Tiend. stekelbaars
4 Karperachtigen	4 Alver	7 Grondels	23 Brakwatergrondel
	5 Bittervoorn		24 Marm grondel
	6 Blankvoorn		25 Zwartbekgrondel
	7 Brasem	8 Spieringen	26 Spiering
	8 Giebel	9 Baarsachtigen	27 Baars
	9 (Hybriden)		28 Pos
	10 Karper		29 Snoekbaars
	11 Kolblei	10 Platvissen	30 Bot
	12 Kopvoorn	11 Zalmen & forellen	31 Zalm
	13 Kroeskarper		32 Zeeforel
	14 Riviergrondel		
	15 Roofblei		
	16 Ruisvoorn		
	17 Vetje		
	18 Winde		
	19 Zeelt		

Fig 3.1 GEVANGEN AANTALLEN VAN AANGETROFFEN SOORTEN IN HET ONDERZOEK



**Tabel
3.3**

OVERIGE WAARGENOMEN FAUNA

OPVOERWERK	SOORT	AANBOD	PASSAGE
Antlia	Rivierkreeft	104	55
BB Polder	Rivierkreeft	1	9
	Wolhandkrab	9	1
Berkel	Wolhandkrab	-	6
De Wenden	Rivierkreeft	63	59
Faunapomp	Kikker	2	3
Kortenhoef	Rivierkreeft	10	45
	Wolhandkrab	-	6
Makkumermar	Wolhandkrab	-	3
	Kikker	-	1
Nijverheid	Wolhandkrab	-	1
Overwaard	Rivierkreeft	7	5
	Wolhandkrab	40	316
Schilthuis	Rivierkreeft	-	15
	Wolhandkrab	-	68
Sudhoeke	Wolhandkrab	1	-
	Kikker	18	40
Thabor	Kikker	0	1
Tonnekreek	Rivierkreeft	5	1
	Wolhandkrab	217	76
Vleuterweide	Rivierkreeft	5	-
Zwanburgerpolder	Rivierkreeft	7	-
	Wolhandkrab	-	1
Totaal	Rivierkreeft	202	189
Totaal	Wolhandkrab	267	478
Totaal	Kikker	20	45

3.1.4 Totale vangst per lengtegroep en opvoerwerk

In totaal zijn er 277.322 vissen gevangen, waarvan 265.470 in de passagenetten en 11.852 vissen in de aanbodnetten (tabel 3.4). Van de 265.470 vissen in de passagenetten waren er 262.895 <15 cm (99,03 procent) en 2.575 vissen >15 cm (0,97 procent). In de aanbodnetten was het aandeel vis <15 cm iets kleiner (84,4 procent).

Het aandeel vis >15 cm in de aanbodnetten was bij alle opvoerwerken veel groter dan dat in de passagenetten ([tabel 3.4](#)).

Tabel 3.4 TOTALE VANGST IN DE AANBODNETTEN EN PASSAGENETTEN

Vangst opgesplitst naar lengteklassen (<15 cm en >15 cm)

AANBOD	N	%	PASSAGE	N	%
Totaal	11.852		Totaal	265.470	
N<15 cm	10.003	84,40	N<15 cm	262.895	99,03
N>15 cm	1.849	15,60	N>15 cm	2.575	0,97

In grote lijnen kan worden gesteld dat de grootste vangsten in aantal en gewicht zijn gedaan bij de grote opvoerwerken ([tabel 3.5](#)). De grote vijzels gaan hierbij voorop met 82.303 vissen (476 kg) bij *Overwaard* (ref. 25) en 63.963 vissen (363 kg) bij *De Wenden* (ref. 24). Daarop volgt opvoerwerk *Antlia* (ref. 10) met 24.882 vissen en 151 kg. Opvoerwerk *HZ polder* (ref. 9) (een klein opvoerwerk) scoort daarna het hoogst met 31.743 vissen en 108 kg.

Bij opvoerwerk *Tonnekreek* (ref. 19) (een groot opvoerwerk) is 108 kg gevangen. De gevangen aantallen bij opvoerwerk *Tonnekreek* (ref. 19) zijn echter ongeveer de helft van wat bij *HZ polder* (ref. 9) is gevangen, duidend op een ongeveer 2 maal zo hoog gemiddeld gewicht van de vis.

Bij opvoerwerk *Kortenhoef* (ref. 7) (klein opvoerwerk) is ook nog een aanzienlijke biomassa gevangen (101 kg), waarbij de gevangen aantallen relatief laag zijn (4.556 vissen), ongeveer vergelijkbaar met de vangst bij opvoerwerk *Schilthuis* (ref. 20) (een groot opvoerwerk) en wel 96 kg en 3.944 vissen. De vangst bij opvoerwerk *Tilburg* (ref. 5) (eveneens een groot opvoerwerk) ligt in dezelfde orde van grootte (95 kg en 6.028 vissen).

De grote opvoerwerken *Boreel* (ref. 2) en *Berkel* (ref. 11) blijven enigszins achter qua omvang van de vangsten. Bij opvoerwerk *Boreel* is dit met name een gevolg van de beperkte bemonsteringsduur. Bij de overige kleine opvoerwerken zijn hooguit enkele kilo's tot maximaal tientallen kilogrammen gevangen.

Tabel 3.5 VANGSTEN IN DE AANBODNETTEN EN PASSAGENETTEN

3.5

Vangsten in de aanbodnetten en passagenetten in aantal, gewicht, gemiddeld gewicht en verdeeld naar lengteklasse (<15 cm en >15 cm), uitgedrukt in percentage. (namen met een * betreffen opvoerwerken waarbij alleen gevist is met de aalfuik om het aanbod te bepalen).

AANBODNETTEN

OPVOERWERK	AANTAL	GEW. (kg)	GEM. GEW. (kg)	% <15 CM	% >15 CM
Zwanburgerpolder *	599	7,4	0,01	97,2	2,8
Faunapomp *	39	0,4	0,01	100,0	0,0
Vleuterweide	37	1,2	0,03	67,6	32,4
De Zilk *	95	1,6	0,02	98,9	1,1
Overwaard	3885	177,7	0,05	93,4	6,6
De Wenden	97	17,5	0,18	44,3	55,7
Sudhoeke *	34	2,8	0,08	82,4	17,6
Boreel	277	99,9	0,36	11,9	88,1
Duifpolder	70	8,8	0,13	70,0	30,0
Schilthuis	255	120,3	0,47	22,7	77,3
Tonnekreek	455	58,9	0,13	77,1	22,9
Willem-Alexander	194	15,9	0,08	46,4	53,6
B.B.polder *	188	33,8	0,18	69,7	30,3
Wogmeer *	40	0,3	0,01	97,5	2,5
Ypenburg *	13	0,2	0,01	100,0	0,0
Berkel	307	103,3	0,34	67,4	32,6
HZ polder	1727	41,2	0,02	93,0	7,0
Meerpolder *	59	17,9	0,30	88,1	11,9
Antlia	1586	40,1	0,03	96,2	3,8
Kortenhoef	333	74,2	0,22	29,4	70,6
Makkumermar *	74	15,6	0,21	68,9	31,1
Tilburg	1227	46,9	0,04	87,5	12,5
Nijverheid *	10	1,3	0,13	70,0	30,0
Thabor *	251	20,2	0,08	70,5	29,5
Totaal	11852	907,3	0,08	84,4	16,0

Vervolg op volgende pagina >>

Vervolg
tabel

PASSAGENETTEN

3.5

OPVOERWERK	AANTAL	GEW. (kg)	GEM. GEW. (kg)	% <15 CM	% >15 CM
Zwanburgerpolder *	2292	13,5	0,01	99,5	0,5
Faunapomp *	1562	7,5	0,01	98,3	1,7
Vleuterweide	4002	38,3	0,01	98,4	1,6
De Zilk *	1832	15,1	0,01	98,6	1,4
Overwaard	82303	476,2	0,01	99	1
De Wenden	63963	362,6	0,01	99,9	0,1
Sudhoeke *	102	3,1	0,03	85,3	14,7
Boreel	1652	41,3	0,03	96,5	3,5
Duifpolder	1982	35,1	0,02	93,7	6,3
Schilthuis	3944	96,9	0,03	96,9	3,1
Tonnekreek	16510	108,4	0,01	99,6	0,4
Willem-Alexander	4911	46,3	0,01	98,1	1,9
B.B.polder *	6313	30,3	0,01	99,9	0,1
Wogmeer *	694	16	0,02	94,8	5,2
Ypenburg *	405	4,1	0,01	96,8	3,2
Berkel	4714	33,2	0,01	99,5	0,5
HZ polder	31743	108,6	0	99,2	0,8
Meerpolder *	325	5,7	0,02	96,3	3,7
Antlia	24882	151,5	0,01	99,8	0,2
Kortenhoef	4556	101,7	0,02	96	4
Makkumermar *	244	1,6	0,01	97,1	2,9
Tilburg	6028	95	0,02	92,4	7,6
Nijverheid *	345	4,2	0,01	97,7	2,3
Thabor *	203	5,5	0,03	87,2	12,8
Totaal	265470	1801,7	0,01	99	1

In [tabel 3.6](#) staat de uitkomst van enkele toetsen waarbij is gekeken naar de statistische significantie van de verschillen in vangsten. Onderstaande significante verschillen kunnen worden aangetoond:

- Het aandeel vis >15 cm is groter op de locaties waar met zowel aal- als visfuk is gevist dan op locaties waar uitsluitend met aalfuk is gevist.

- Het aandeel vis >15 cm in de passagenetten is kleiner dan in de aanbodnetten.

Het verschil in lengteklassen komt eveneens tot uitdrukking bij het gemiddelde gewicht van de vissen in de vangst (tabel 3.5). Het gemiddeld gewicht van de vissen in de aanbodnetten was 0,077 kg ten opzichte van 0,007 kg in de passagenetten. Het totale gewicht in de aanbodnetten was 907 kg tegen 1.801 kg in de passagenetten.

Tabel TOETSING VAN DE VERSCHILLEN TUSSEN CATEGORIEËN

3.6 Toetsing van de verschillen tussen de categorieën uit par. 3.1.4. (zie toelichting in de tekst).

	AANBODNETTEN		SIGNIFICANTIE
	AALFUIK	AALFUIK + VISFUIK	
Aandeel vis >15 cm	14%	38%	t-test statistic = - 2,51, DF = 22, 2-tailed p = 0,02

	PASSAGENETTEN	AANBODNETTEN	
	Aandeel vis >15 cm	3%	
Aandeel vis <15 cm	97%	14%	t-test statistic = -4,51, DF = 22, 2-tailed p <0,0001

Om meer inzicht in de vangsten per opvoerwerk te krijgen, is het noodzakelijk deze te corrigeren voor de maalduur van de bemonsteringen en de capaciteit van de opvoerwerken (tabel 3.7). De vangst is omgerekend naar aantal en gewicht (kg) per 1000 m³. Opvoerwerk *De Wenden* (ref. 24) scoorde het hoogst qua aantal en bij opvoerwerk *Duifpolder* (ref. 1) passeerde de hoogste biomassa. Opvoerwerk *HZ polder* (ref. 9) staat op plaats 2 wat betreft gepasseerde aantallen. Op plaats 3 staat opvoerwerk *Antlia* (ref. 10), zowel qua aantallen als gepasseerde biomassa. In de gepasseerde aantallen is er een factor 209 verschil tussen maximale en minimale score. Met betrekking tot gepasseerde biomassa is er een factor 60 verschil.

Het aantal gepasseerde vissen wordt bepaald door het aanbod bij de opvoerwerken en door de mate waarin een opvoerwerk kan worden gepasseerd. Beide factoren kunnen niet los van elkaar worden gezien.

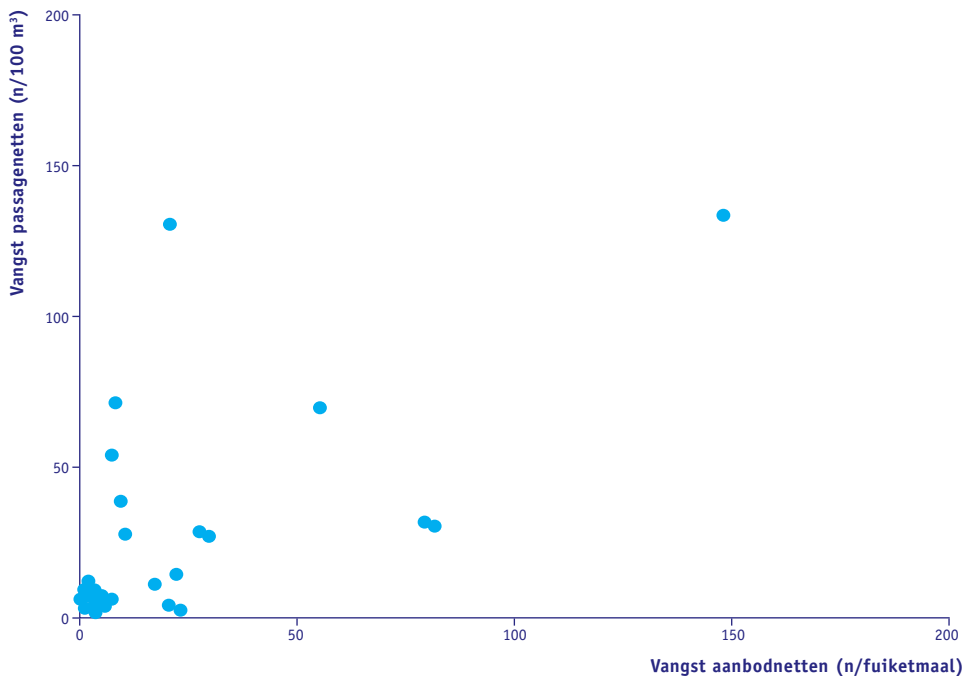
Tabel 3.7 VANGST IN AANBOD- EN PASSAGENETTEN BIJ OPVOERWERKEN

Op basis van gewicht en aantallen.

OPVOERWERK	AANBOD- NETTEN (kg/fuiketm.)	PASSAGE- NETTEN (kg/1000 m ³)	OPVOERWERK	AANBOD- NETTEN (n/fuiketm.)	PASSAGE- NETTEN (n/1000 m ³)
Duifpolder	0,90	1,250	De Wenden	1	209
De Wenden	0,22	1,185	HZ polder	149	133
Antlia	0,50	0,789	Antlia	20	130
Tilburg	3,10	0,478	Duifpolder	7	71
HZ polder	3,55	0,454	Overwaard	55	69
Overwaard	2,52	0,399	Faunapomp	6	54
Willem-Alexander	0,81	0,262	Tonnekreek	9	38
Faunapomp	0,07	0,259	Tilburg	81	30
Tonnekreek	1,12	0,247	Zwanburgerpolder	80	30
Kortenhoef	3,71	0,236	Willem-Alexander	10	28
Vleuterweide	0,06	0,241	B.B. polder	28	27
Zwanburgerpolder	0,99	0,178	Vleuterweide	2	22
B.B. polder	5,12	0,131	De Zilk	22	14
De Zilk	0,35	0,117	Berkel	4	14
Boreel	1,85	0,102	Kortenhoef	17	11
Thabor	1,59	0,097	Ypenburg	3	9
Berkel	1,20	0,096	Makkumermar	6	6
Ypenburg	0,03	0,092	Nijverheid	1	5
Schilthuis	0,96	0,079	Boreel	5	4
Wogmeer	0,03	0,074	Thabor	20	4
Nijverheid	0,14	0,059	Wogmeer	4	3
Meerpolder	6,87	0,037	Schilthuis	2	3
Makkumermar	1,27	0,037	Meerpolder	23	2
Sudhoeke	0,23	0,021	Sudhoeke	3	1

Bij toetsing blijkt er geen verband te bestaan tussen het aantal vissen in de aanbodnetten (gecorrigeerd voor aantal fuiketmalen) en de vangst in de passagenetten. (Spearman rangcorrelatie r_s statistic = 0,37, t-statistic = 1,88, DF = 22, 2-tailed $p = 0,0726$). Hetzelfde geldt voor de resultaten op basis van gewicht (Spearman rangcorrelatie r_s statistic = 0,10, t-statistic = 0,46, DF = 22, 2-tailed $p = 0,6478$).

Fig 3.2 SPREIDINGSGRAFIEK VAN VANGST IN DE PASSAGENETTEN VERSUS AANBODNETTEN



In [figuur 3.2](#) zijn de resultaten nog eens in een spreidingsgrafiek gezet, waarbij duidelijk is dat er geen verband bestaat tussen vangst in de passagenetten en de aanbodnetten.

In de [tabel 3.7](#) staat de vangst in de aanbodnetten en de passagenetten weergegeven op basis van aantallen en gewicht, gerangschikt naar de vangst in de passagenetten (van hoog naar laag).

Tabel

INDEX VOOR VISPASSAGE DOOR DE OPVOERWERKEN

3.8

Index op basis van aantallen en gewicht.

OPVOERWERK	V/A INDEX (aantal)	OPVOERWERK	V/A INDEX (gewicht)
De Wenden	171,53	De Wenden	5,41
Duifpolder	9,89	Faunapomp	3,89
Faunapomp	8,67	Ypenburg	2,93
Antlia	6,54	Wogmeer	2,48
Vleuterweide	5,72	Vleuterweide	1,68
Nijverheid	4,63	Antlia	1,57
Tonnekreek	4,35	Duifpolder	1,39
Ypenburg	3,57	Nijverheid	0,42
Willem-Alexander	2,81	De Zilk	0,33
Berkel	1,93	Willem-Alexander	0,32
Schilthuis	1,59	Tonnekreek	0,22
Overwaard	1,25	Zwanburgerpolder	0,18
B.B. polder	0,96	Overwaard	0,16
Makkumermar	0,93	Tilburg	0,15
HZ polder	0,89	HZ polder	0,13
Wogmeer	0,81	Sudhoeke	0,09
Boreel	0,79	Schilthuis	0,08
De Zilk	0,65	Kortenhoef	0,06
Kortenhoef	0,63	Thabor	0,06
Zwanburgerpolder	0,38	Boreel	0,06
Tilburg	0,37	Berkel	0,04
Sudhoeke	0,25	Makkumermar	0,03
Thabor	0,18	B.B. polder	0,03
Meerpolder	0,09	Meerpolder	0,01

De vangst in de passagenetten (in kg per 1000 m³ of in aantallen per 1000 m³) zou kunnen worden gezien als een maat voor het gemak van passage door een opvoerwerk. Punt is dat daarbij geen rekening wordt gehouden met het aanbod voor het opvoerwerk. Om hiervoor te corrigeren zou ook een index

kunnen worden berekend waarbij de vangst in de passagenetten (in gewicht of aantallen) wordt gedeeld door de vangst in de aanbodnetten (in gewicht of aantallen). In [tabel 3.8](#) zijn deze indices (op basis van aantallen en gewicht) weergegeven.

De vangst in de passagenetten (in kg per 1000 m³ of in aantallen per 1000 m³), als ook de hierboven weergegeven index (op basis van aantallen en gewicht) voor passage zal in een later stadium worden gebruikt om te toetsen aan factoren (zoals geluid, vrije doorgang van het krooshek etc.) die van invloed worden geacht op de passagemogelijkheden voor vis bij de opvoerwerken.

Tabel

VERDELING VAN DE GEPASSEERDE VIS IN LENGTEKLASSEN

3.9

Verdeling van de door de opvoerwerken gepasseerde vis in lengteklassen, op basis van aantallen in de verschillende schadecategorieën en de resulterende sterfte in aantallen, percentage en kg.

PASSAGE	TOTAAL	N<15 CM	N>15 CM
N	265.470	262.895	2.575
Geen (N)	234.500	232.814	1.686
Licht (N)	2.579	2.280	299
Dood (N)	28.390	27.800	590
% Geen	88,3	88,6	65,5
% Licht	1,0	0,9	11,6
% Dood	10,7	10,6	22,9
Levend (kg)	1.574	1.275	299
Dood (kg)	228	87	141

3.1.5 Omvang totale vissterfte

Op basis van de hoeveelheid gepasseerde vis bij de opvoerwerken en de daarbij geconstateerde sterfte en de verdeling in lengteklassen, kan de omvang van de sterfte van vis bij de opvoerwerken in beeld worden gebracht. Een en ander is weergegeven in [tabel 3.9](#).

Veruit het merendeel van de gepasseerde vis had geen vissterfte. Per lengteklasse was dit respectievelijk voor vis <15 cm 88,6%, voor vis >15 cm 65,5 procent.

De lichte schade die werd geconstateerd bij vis <15 cm bedroeg 0,87 procent en bij vis >15 cm 11,6 procent.

Het sterftepercentage bedroeg bij vis <15 cm 10,6 procent en bij >15 cm 22,9 procent. Uitgedrukt in kg bedroeg de sterfte voor vis <15 cm 87 kg en voor vis >15 cm 141 kg.

In totaal was 1.574 kg vis levend na passage en 228 kg dood.

3.2 SCHADEPROFIELEN

3.2.1 Sterftepercentage

In de volgende paragrafen zijn de resultaten samengevat met het oog op de overzichtstabel en de Gemalenwijzer. Een belangrijk criterium bij de selectie van relevante informatie is de betrouwbaarheid van de gegevens.

Zoals in [par. 2.6.1](#) is beschreven, wordt een betrouwbaarheidsinterval (BI) van maximaal 50 procent aangehouden als nog betrouwbaar. Dit heeft consequenties voor de beschikbare resultaten wat betreft vissoorten en visfamilies.

Duidelijk is dat slechts voor een beperkt aantal vissoorten voldoende vissen zijn gevangen om een goede vergelijking te maken tussen de verschillende opvoerwerken. Dit geldt vooral voor de groep vissen >15 cm. Daarom is besloten om voor de bepaling van het schadeprofiel uit te gaan van drie visfamilies: baarsachtigen, karperachtigen en alen. Hierdoor nemen de aantallen toe.

Aan de hand van de baarsachtigen en karperachtigen kan voor de meeste opvoerwerken een schadeprofiel worden opgesteld. De derde groep behoort tot de alen en bevat maar één vissoort, de paling. Op basis van deze visfamilie/vissoort kan voor tien opvoerwerken een betekenisvolle uitspraak worden gedaan.

In [figuur 3.3](#) is voor alle vissen >15 cm het sterftepercentage weergegeven. De drie visfamilies zijn in een aparte grafiek afgebeeld met in elke grafiek een onderverdeling naar type opvoerwerktuig en capaciteit.

In [figuur 3.4](#) zijn de resultaten te vinden van de vissen <15 cm. De rood gekleurde bolletjes geven een sterftepercentage weer met een BI van minder dan 50 procent.

Wanneer het BI van het sterftepercentage 50 procent of meer bedraagt, zijn de bolletjes in lichtblauw weergegeven en wordt het sterftepercentage als onbetrouwbaar beschouwd. De referentienummers van de opvoerwerken zijn in de beschrijving tussen haakjes weergegeven. Aanvullende informatie over de opvoerwerken is terug te vinden in [tabel 2.1](#).

Detailinformatie is terug te vinden in de bijlagenrapporten waar voor alle visfamilies schadeprofielen zijn bepaald, ongeacht de statistische betekenis van de resultaten.

Alen

Het aantal gepasseerde alen is over het algemeen erg gering geweest en komt alleen bij opvoerwerk *Kortenhoef* (ref.7) uit boven de honderd. Dan zijn er nog een aantal opvoerwerken waarbij er enkele tientallen alen zijn gepasseerd. Het betreft de opvoerwerken *Overwaard* (ref. 25), *Duifpolder* (ref. 1), *Boreel* (ref. 2), *Tonnekreek* (ref. 19), *Schilthuis* (ref.20) en *Thabor* (ref. 3).

Voor het overige zijn er minder dan tien, of in het geheel geen alen gepasseerd (dit laatste bij de opvoerwerken *Faunapomp* (ref. 26), *Zwanburgerpolder* (ref. 22), *Vleuterweide* (ref. 23), *De Wenden* (ref. 24) en *Meerpolder* (ref. 8)).

Bij opvoerwerk *HZ polder* (ref. 9) moet de kanttekening worden gemaakt dat enkele alen zich tijdens het plaatsen van het passagenet mogelijk in de koker hebben bevonden en zodoende het opvoerwerk niet hebben gepasseerd.

De opvoerwerken *Boreel* (ref. 2), *Thabor* (ref. 3), *Kortenhoef* (ref. 7) en *Schilthuis* (ref. 20) vertonen de meeste sterfte. Bij een aantal opvoerwerken is het sterftepercentage wel veel hoger, maar is de betrouwbaarheid zeer gering (lichtblauwe bolletjes).

Karperachtigen >15 cm

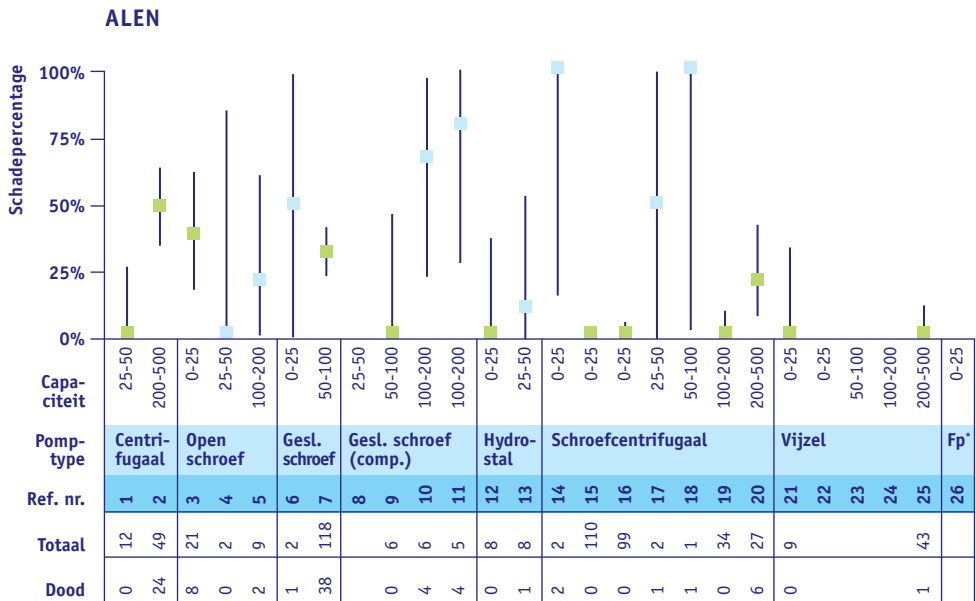
De aantallen gevangen karperachtigen >15 cm zijn gering. Slechts bij vier opvoerwerken (*Overwaard* (ref. 25), *Duifpolder* (ref. 1), *HZ polder* (ref. 9) en *Tilburg* (ref. 5)) werden meer dan 100 exemplaren gevangen.

De opvoerwerken *Willem-Alexander* (ref. 18) en *Vleuterweide* (ref. 23) scoren verhoudingsgewijs hoog met 84 en 49 exemplaren. Bij 18 opvoerwerken liggen de gevangen aantallen onder de 26 exemplaren.

De passage van grotere karperachtigen door de opvoerwerken is van een geringe omvang bij de meeste opvoerwerken in het onderzoek. De opvoerwerken *HZ polder* (ref. 9) en de *Zilk* (ref. 17) scoren slecht, waarbij de betrouwbaarheid groter is dan 50 procent.

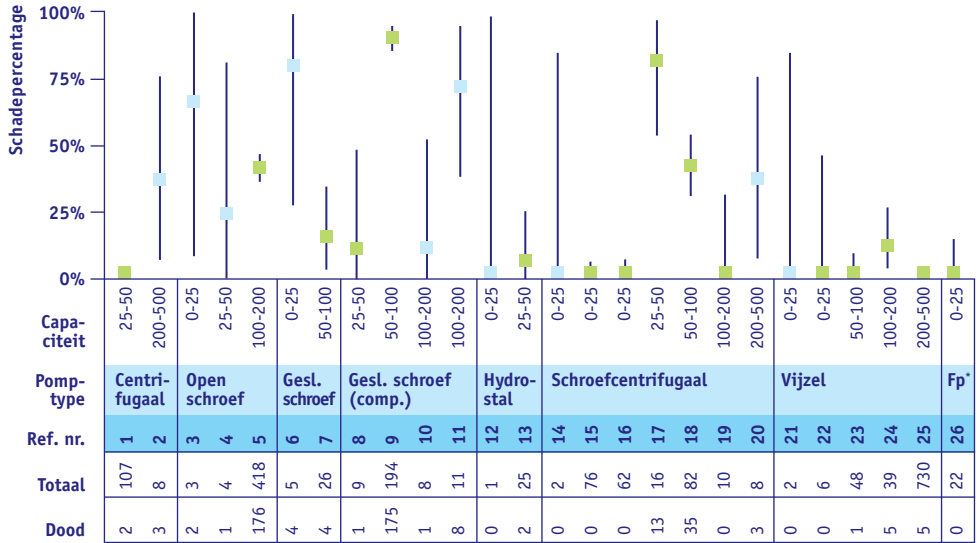
Fig 3.3 SCHADEPROFIEL VAN VIS >15 CM

Ingedeeld naar type opvoerwerktuig in oplopende capaciteit. In de figuur is af te lezen wat de totale vangst en het aantal dode vissen is. Het ref nr. verwijst naar het onderzochte opvoerwerk (2.2.). Een lichtblauwe datapunt in de grafiek geeft aan dat het BI >50 procent ligt en het sterftepercentage derhalve als onbetrouwbaar wordt beschouwd.



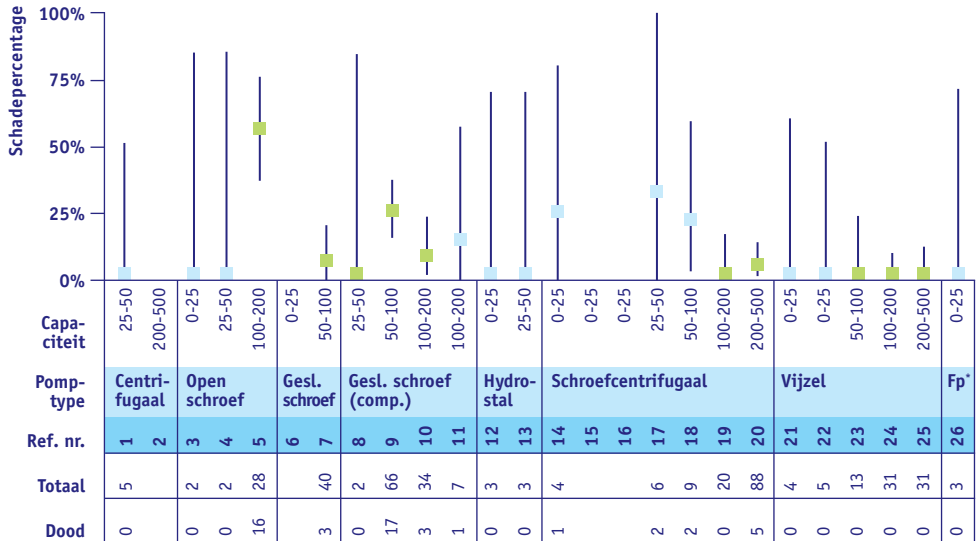
* Faunapomp

KARPERACHTIGEN >15 CM



* Faunapomp

BAARSACHTIGEN >15 CM



* Faunapomp

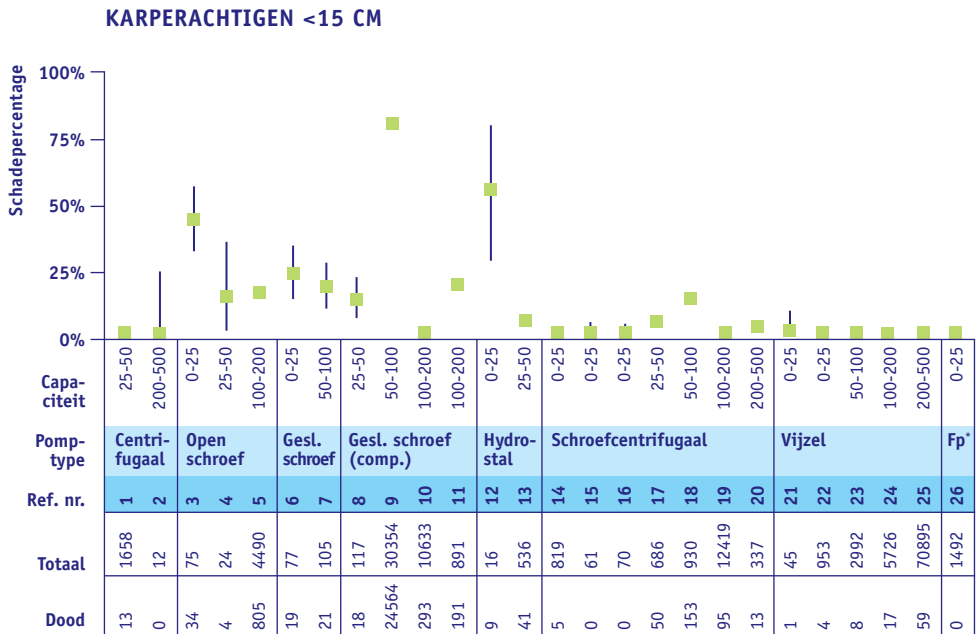
Baarsachtigen >15 cm

De vangsten waren lager dan bij de karperachtigen >15 cm. Het maximum lag op 90 exemplaren bij opvoerwerk *Schilthuis* (ref. 20). In zeven gevallen betrof het aantal gevangen individuen enkele tientallen. Bij veertien opvoerwerken werden tussen 1-13 exemplaren gevangen, waardoor de betrouwbaarheid van het sterftepercentage 50 procent of lager is (lichtblauwe bolletjes). Bij de opvoerwerken *Boreel* (ref. 2) en *Nijverheid* (ref. 4) werden in het geheel geen vissen uit deze groep gevangen.

Voor de opvoerwerken *Faunapomp* (ref. 26), *Zwanburgerpolder* (ref. 22), *Vleuterweide* (ref. 23), *Sudhoeke* (ref. 21), *De Wenden* (ref. 24), *Overwaard* (ref. 25), *Ypenburg* (ref. 12), *Wogmeer* (ref. 13), *Duifpolder* (ref. 1), *Tonnekreek* (ref. 19), *Meerpolder* (ref. 8), *Thabor* (ref. 3) en *Nijverheid* (ref. 4) was de vissterfte 0 procent. Voor de opvoerwerken *Kortenhoef* (ref. 7), *Schilthuis* (ref. 20) en *Antlia* (ref. 10) lag de vissterfte onder de 10 procent. Bij de overige opvoerwerken was de vissterfte groter en varieerde deze van 15-57 procent.

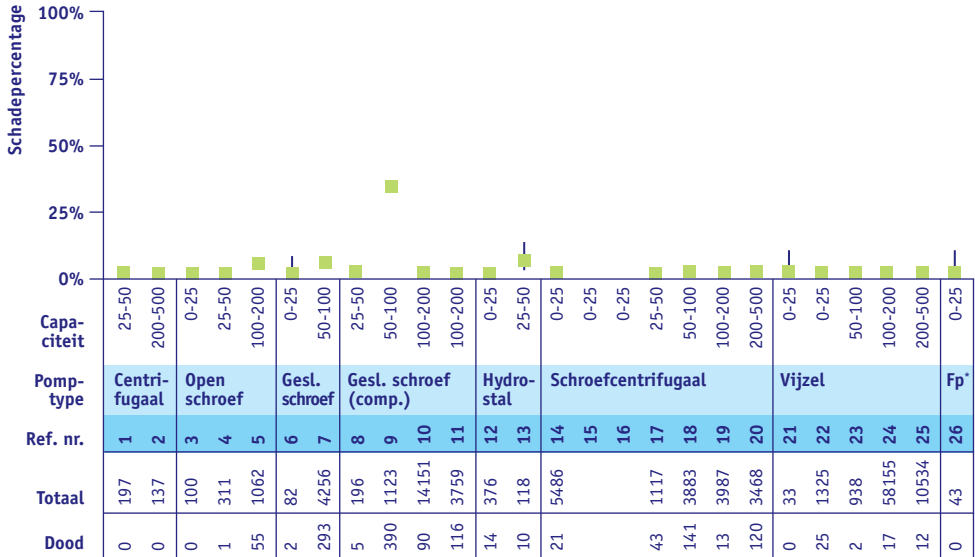
Fig 3.4 SCHADEPROFIEL VAN VIS <15 CM

Ingedeeld naar type opvoerwerktuig in oplopende capaciteit.



* Faunapomp

BAARSACHTIGEN <15 CM



* Faunapomp

Karperachtigen <15 cm

Van deze groep zijn veruit de grootste aantallen de opvoerwerken gepasseerd. Bij de opvoerwerken *Ypenburg* (ref. 12), *Boreel* (ref. 2), *Makkumermar* (ref. 6), *Thabor* (ref. 3) en *Nijverheid* (ref. 4) zijn de kleinste aantallen gevangen (<100 stuks). Voor alle opvoerwerken geldt dat er voldoende individuen zijn gevangen voor een sterftepercentage met een betrouwbaarheid van meer dan 50 procent. Bij de opvoerwerken *HZ polder* (ref. 9), *Ypenburg* (ref. 12) en *Thabor* (ref. 3) is het sterftepercentage het grootst.

Baarsachtigen <15 cm

Ook van de baarsachtigen <15 cm zijn grote aantallen de opvoerwerken gepasseerd. Voor alle opvoerwerken geldt dat er voldoende individuen zijn gevangen voor een sterftepercentage met een betrouwbaarheid van meer dan 50 procent. Slechts in enkele gevallen lag het gepasseerde aantal onder de 100 exemplaren. Dit geldt voor de opvoerwerken *Faunapomp* (ref. 26), *Sudhoeke* (ref. 21) en *Makkumermar* (ref. 6) (hoewel bij deze opvoerwerken de gevangen aantallen altijd nog in de tientallen lopen).

De gepasseerde aantallen baarsachtigen <15 cm zijn minder variabel dan bij de karperachtigen <15 cm het geval is. Het betreft meestal vele honderdtallen tot duizendtallen en in één geval zelfs meer dan 50.000 exemplaren.

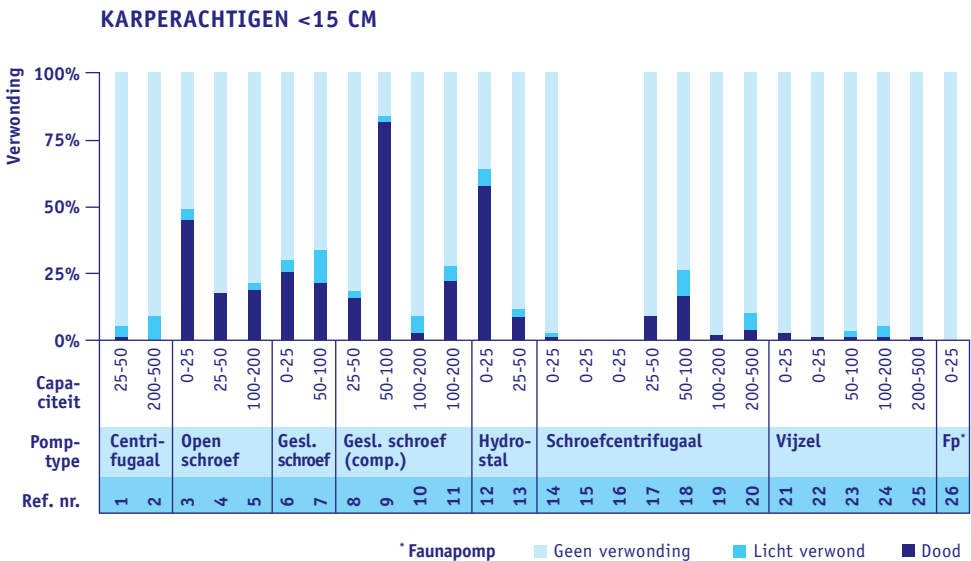
Over het algemeen kan gesteld worden dat de vissterftebepaling bij baarsachtigen <15 cm hierdoor zeer nauwkeurig heeft plaats gevonden. De geconstateerde vissterfte bij baarsachtigen <15 cm is slechts in geringe mate variabel. Het grootste sterftepercentage is geconstateerd bij opvoerwerk HZ polder (ref. 9).

3.2.2 Overzicht schade typen

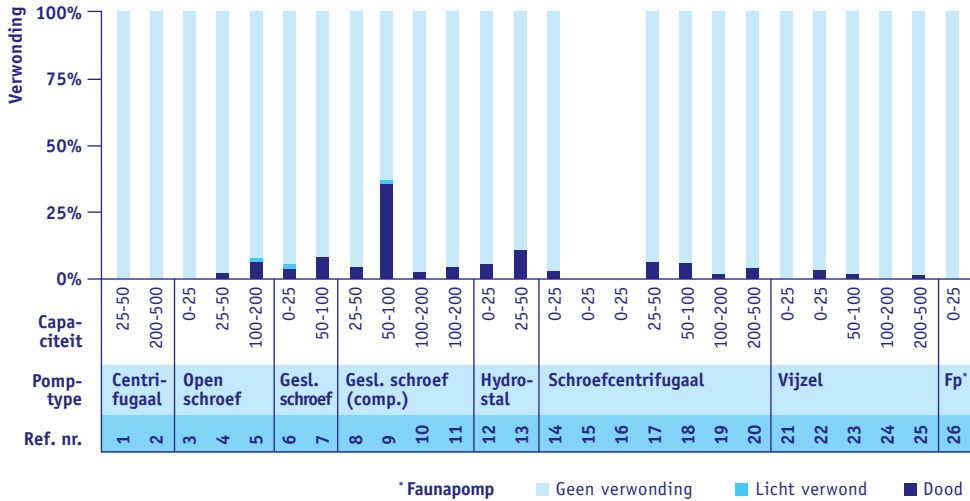
In [figuur 3.5](#) en [figuur 3.6](#) is een nadere onderverdeling gegeven van het schade type per type opvoerwerktuig, naar toenemende capaciteit. Voor de desbetreffende opvoerwerken wordt verwezen naar [tabel 2.1](#) In deze tabel staan de opvoerwerken (1 t/m 26) in de volgorde, zoals deze in de figuren van links naar rechts zijn gepresenteerd.

Fig 3.5 SCHADETYPE VOOR VIS <15 CM

Ingedeeld naar type opvoerwerktuig in oplopende capaciteit.



BAARSACHTIGEN <15 CM



Vis <15 cm

Er is een duidelijk verschil in het schadebeeld tussen baarsachtigen en karperachtigen <15 cm (figuur 3.5). Bij de karperachtigen is zowel het aandeel lichte schade als dodelijke schade groter. Dit is verklaarbaar doordat baarsachtigen dankzij de taaiere huid minder gevoelig zijn voor schade.

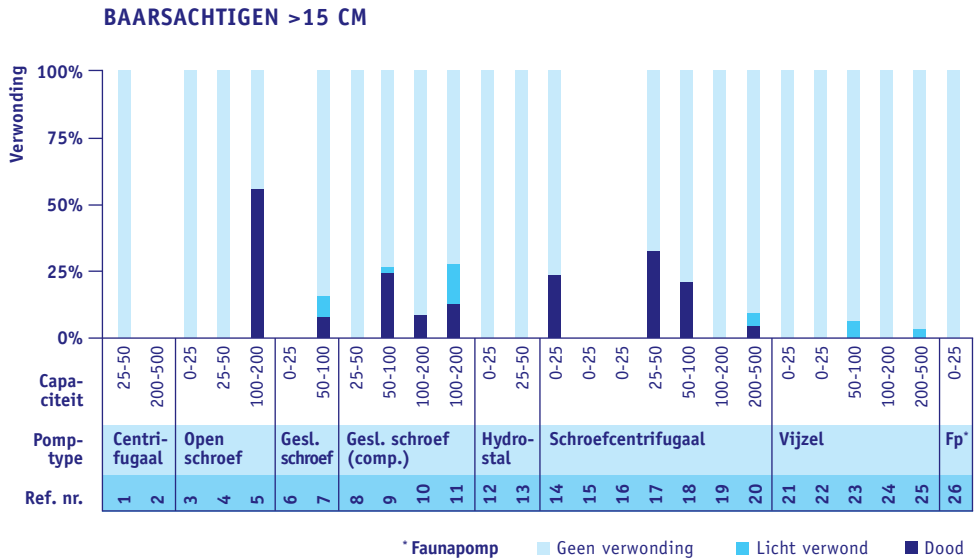
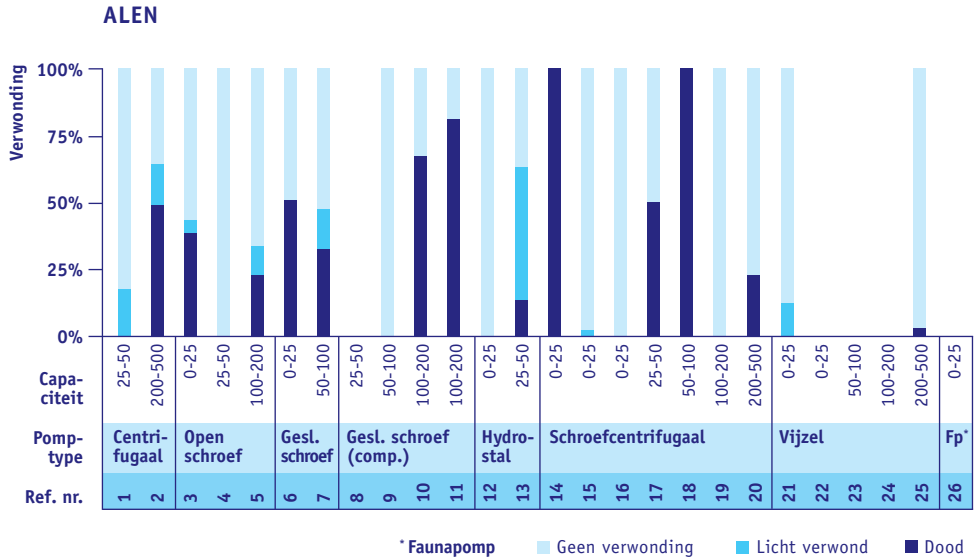
Alen en vis >15 cm

Het aandeel alen met lichte verwonding (figuur 3.6) varieert sterk. Daarnaast valt op dat bij opvoerwerken met een hoog percentage dodelijke schade er geen lichte schade is geconstateerd. Net zoals bij de karperachtigen en baarsachtigen <15 cm is er ook een verschil in lichte en dodelijke schade onder beide groepen >15 cm.

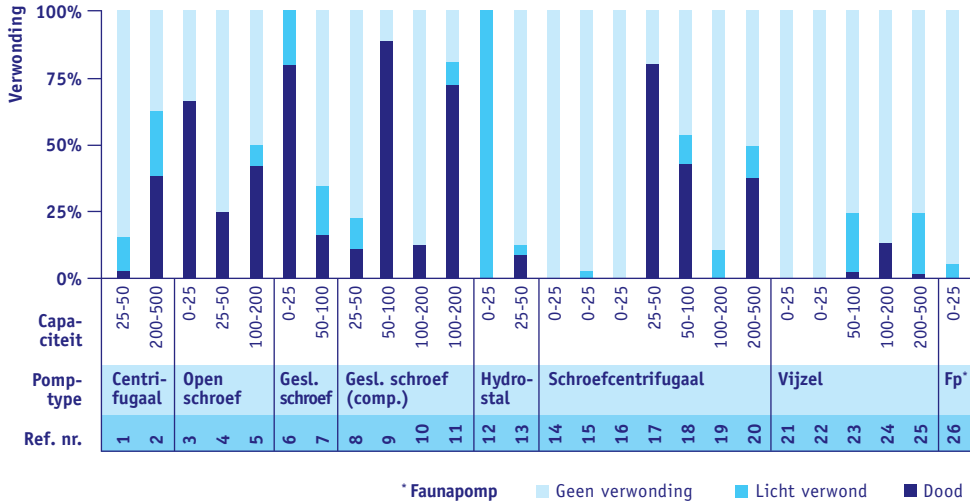
Ook hier geldt dat vanwege de stuggere huid de baarsachtigen minder gevoelig zijn voor schade in vergelijking tot de karperachtigen. Dit is overigens niet de enige oorzaak van de verschillen tussen beide families. Het verschil in (dodelijk) schade tussen beide families varieert sterk. Waarschijnlijk liggen de verschillen tussen de opvoerwerken (waaier, toerental, etc.) hieraan ten grondslag.

Fig 3.6 SCHADETYPE VOOR VIS >15 CM

Ingedeeld naar type opvoerwerktuig in oplopende capaciteit.



KARPERACHTIGEN >15 CM



* Faunapomp Geen verwording Licht verword Dood

3.2.3 Uitgestelde sterfte

In [tabel 3.10](#) is een overzicht gegeven van de uitgestelde sterfte onder vissen na passage door het opvoerwerk. In de tabel is het aantal vissen (N) te vinden dat per opvoerwerk is ingezet, het deel dat tijdens de opslag is doodgegaan (†) in aantal en in procenten. In de laatste kolom staat het aantal uur dat de vissen in opslag zijn geweest.

3.2.4 Correlatie groepen op basis van sterftepercentage

Per visfamilie en lengteklasse is onderzocht of er een verband bestaat tussen opvoerwerken op basis van het geconstateerde sterftepercentage. Met andere woorden: leidt een hoog (resp. laag) sterftepercentage voor groep A, ook tot een hoog (resp. laag) sterftepercentage bij groep B, en is dit beeld consistent voor alle onderzochte opvoerwerken? Hiervoor is gebruik gemaakt van de rang-correlatietoets van Spearman ([tabel 3.11](#)).

In grote lijnen geeft dit het beeld dat er een positieve correlatie bestaat voor baarsachtigen en karperachtigen van alle lengteklassen onderling. Deze relatie kan niet worden aangetoond voor de alen en de andere groepen. Dit kan het gevolg zijn van het beperkte aantal opvoerwerken dat in aanmerking komt voor de toets.

Tabel

OVERZICHT VAN HET AANTAL INGEZETTE VISSEN VOOR ONDERZOEK

3.10

Overzicht uitgestelde sterfte (N), en van de resultaten van uitgestelde sterfte in aantal (†) en % na passage door het opvoerwerk. *=beperkte betrouwbaarheid (betrouwbaarheidsinterval > 50%)

REF nr.	OPVOER- WERKTUIG	CAPACITEIT	VIS <15 CM					
			KARPERACHTIGEN			BAARSACHTIGEN		
			(N)	†	%	(N)	†	%
1	Centrifugaal	25-50						
2		200-500						
3	Open schroef	0-25	13	4	31	8	0	0
4		25-50						
5		100-200						
6	Gesl. schroef	0-25						
7		50-100	33	0	0	80	6	8
8	Gesl. schroef	25-50	1	1	100*	6	0	0
9	(compact)	50-100						
10		100-200	18	8	44	93	14	15
11		100-200	15	9	60	68	16	24
12	Hidrostal	0-25						
13		25-50						
14	Schroefcen-	0-25						
15	trifugaal	0-25	61	0	0			
16		0-25	70	0	0			
17		25-50						
18		50-100						
19		100-200						
20		200-500				130	0	0
21	Vijzel	0-25						
22		0-25						
23		50-100						
24		100-200	3	1	33*	103	1	1
25		200-500	233	74	32	41	6	15
26	Faunapomp	0-25						

	VIS >15 CM									DUUR (uur)
	ALEN			KARPERACHTIGEN			BAARSACHTIGEN			
	(N)	†	%	(N)	†	%	(N)	†	%	
	3	1	33*							24
	12	0	0	4	0	0*	3	0	0*	106
							1	0	0*	48
										40
										48
	110	6	5	76	0	0				24
	99	2	2	62	0	0				24
							7	0	0	24
										64
										96

Niettemin wijzen de beperkte gegevens erop dat er geen eenduidige relatie bestaat tussen de vissterfte bij aal en andere groepen. Als voorbeeld is het sterftepercentage bij tien opvoerwerken voor alen uitgezet tegen het sterftepercentage voor karperachtigen <15 cm. Uit de grafiek valt op te maken dat er geen verband bestaat tussen beide groepen ([figuur 3.7](#)).

Tabel 3.11 RESULTATEN RANG-CORRELATIETOETS VAN SPEARMAN

Groen: significant; rood: niet significant.

	Karperachtigen <15 cm	Baarsachtigen <15 cm	Baarsachtigen >15 cm	Alen
Karperachtigen >15 cm	r =0,75 DF = 12 p =0,002	r =0,67 DF = 12 p =0,009	r =0,87 DF = 5 p =0,012	r =0,37 DF = 5 p =0,414
Karperachtigen <15 cm		r =0,62 DF =22 p =0,001	r =0,84 DF = 7 p =0,005	r =-0,23 DF = 8 p =0,52
Baarsachtigen <15 cm			r =0,84 DF = 7 p =0,005	r =-0,23 DF = 8 p =0,529
Baarsachtigen >15 cm				r =-0,13 DF = 3 p =0,833

3.2.5 Verschillen opvoerwerken met hetzelfde type opvoerwerktuig

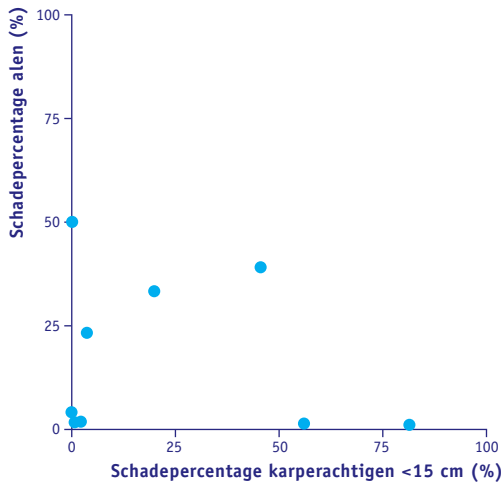
Onderzocht is in welke mate opvoerwerken van één type opvoerwerktuig met elkaar overeenstemmen op basis van het waargenomen sterftepercentage. Het sterftepercentage is berekend zoals eerder is beschreven in [par. 2.6.1](#), met het verschil dat hier geen gebruik wordt gemaakt van het betrouwbaarheidsinterval. Voor dit onderdeel zijn alle vissen (lengteklassen en vissoorten) bijeengenomen.

Uit het onderzoek kwam naar voren dat er binnen alle opvoertypen een significant

verschil is tussen de opvoerwerken onderling. De verschillen waren overigens te verwachten, omdat binnen de opvoertypen juist verschillende opvoerwerken zijn geselecteerd op basis van verschillen in capaciteit. Capaciteit is in het bijzonder een factor die het schadeprofiel kan beïnvloeden.

Fig 3.7 VERBAND TUSSEN HET STERFTEPERCENTAGE KARPERACHTIGEN EN ALEN

Verband bij tien opvoerwerken.



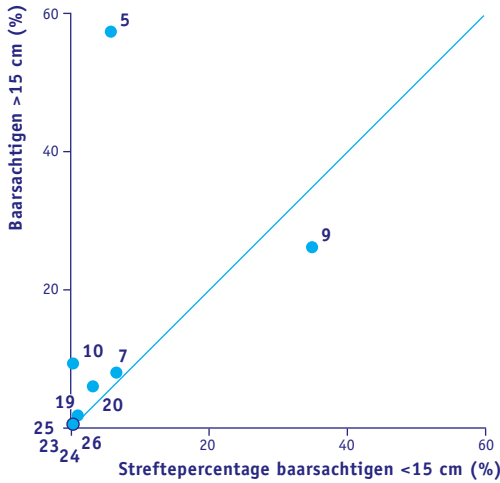
3.2.6 Visfamilie en lengteafhankelijke vissterfte

Aan de hand van een splitsing van alle vis in kleine (<15 cm) en grote (>15 cm) exemplaren is de lengteafhankelijke vissterfte onderzocht.

In [figuur 3.8](#) en [figuur 3.9](#) is de vissterfte van grote en kleine vis per opvoerwerk en visfamilie tegen elkaar afgezet. In de figuur is de lijn $X=Y$ getekend. Op deze lijn is de vissterfte voor kleine vis gelijk aan die voor grote vis. Voor opvoerwerken die boven deze lijn liggen, geldt dat er meer vissterfte is bij grote dan bij kleine vis.

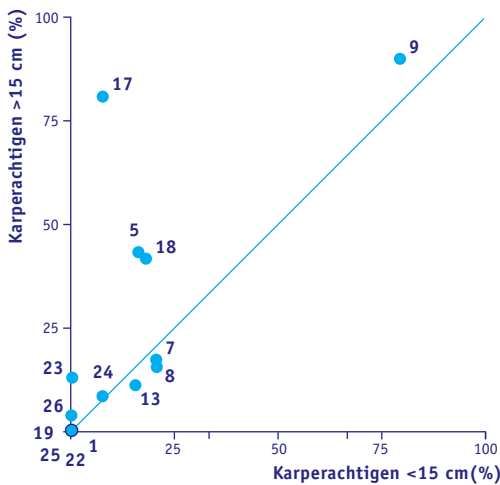
Naast deze aanpak is ook in detail gekeken naar de lengteafhankelijke vissterfte per opvoerwerk en per visfamilie. In [figuur 3.10](#) is een voorbeeld gegeven van

Fig 3.8 STERFTEPERCENTAGE BAARSACHTIGEN



NR.	CATEGORIE	CAP
5	Open schroef	100-200
7	Gesloten schroef	50-100
9	Gesl. Schroef	50-100
10	(compact)	100-200
19	Schroefcentri-	100-200
20	fugaal	200-500
23	Vijzel	50-100
24		100-200
25		200-500

Fig 3.9 STERFTEPERCENTAGE KARPERACHTIGEN

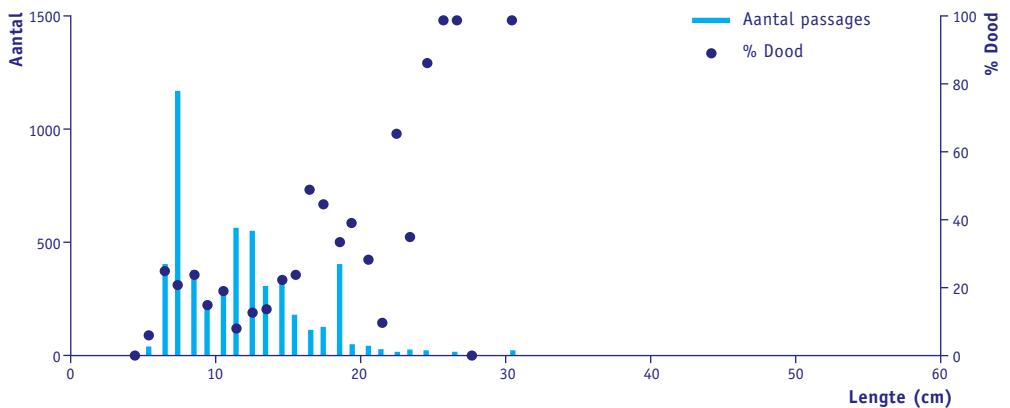


NR.	CATEGORIE	CAP
1	Centrifugaal	25-50
5	Open schroef	100-200
7	Gesloten schroef	50-100
8	Gesl. Schroef	25-50
9	(compact)	50-100
13	Hidrostaal	25-50
17	Schroefcentri-	25-50
18	fugaal	50-100
19		100-200
22	Vijzel	0-25
23		50-100
24		100-200
25		200-500
26	Faunapomp	0-25

de vissterfte bij karperachtigen per centimeterklasse bij het opvoerwerk *Willem-Alexander*. In het voorbeeld is het verloop van de vissterfte met toenemende lengte volgens de verwachting. Dit is echter niet het geval bij de meeste resultaten, als gevolg van het beperkte aantal grote vissen dat is gevangen.

In de bijlagenrapporten zijn per opvoerwerk de resultaten te vinden voor de baarsachtigen, karperachtigen, alen en voor alle schubvis samen.

Fig 3.10 FICTIEF VOORBEELD VAN DE LENGTEFREQUENTIE VERDELING EN STERFTE
Lengtefrequentie verdeling van karperachtigen en sterfte in de passagenetten (aantallen en percentage).



Aan de hand van alle resultaten wordt in [tabel 3.12](#) een samenvatting gepresenteerd met betrekking tot de lengteafhankelijke vissterfte. Bij de gesloten schroefpompen (gewoon en compact), open schroefpompen en de conventionele hidrotals blijkt duidelijk een lengteafhankelijkheid van vissterfte. In sommige gevallen is dit extreem, waarbij de vissterfte in het lengtebereik van 15-30 cm oploopt van enkele procenten tot praktisch 100 procent. Voor (schroef) centrifugaalpompen geldt dat er bij een aantal opvoerwerken een lengteafhankelijke sterfte is vastgesteld. Bij de overige type opvoerwerktuigen kon geen lengteafhankelijke sterfte worden vastgesteld.

Tabel

OVERZICHT VAN OPVOERWERKEN

3.12

Opvoerwerken waar wel en geen lengteafhankelijke sterfte kon worden vastgesteld.

REF nr.	OPVOERWERK	CATEGORIE	LENGTEAFHANKELIJKE STERFTE	
			NEE	JA
1	Centrifugaal pomp	25-50	Duifpolder	
2		200-500		Boreel
3	Open schroefpomp	0-25		Thabor
4		25-50		Nijverheid
5		100-200		Tilburg
6	Gesloten schroefpomp	0-25		Makkumermar
7		50-100		Kortenhoef
8	Gesloten schroefpomp	25-50		Meerpolder
9	(compact)	50-100		HZ polder
10		100-200		Antlia
11		100-200		Berkel
12	Hidrostaalpom	0-25		Ypenburg
13		25-50		Wogmeer
14	Schroef-	0-25		B.B. Polder
15	centrifugaalpom	0-25	AmarexKRT	
16		0-25	Visvriendelijke Hidrostaal	
17		25-50		De Zilk
18		50-100		Willem-Alexander
19		100-200	Tonnekreek	
20		200-500	Schilthuis	
21	Vijzel	0-25	Sudhoeke	
22		0-25	Zwanburgerpolder	
23		25-50	Vleuterweide	
24		100-200	De Wenden	
25		200-500	Overwaard	
26	Rest	0-25	Faunapomp	

3.3

VERLOOP IN DE VANGSTEN BIJ GROTE OPVOERWERKTUIGEN

In veel gevallen was bij de grote opvoerwerken de vangst in het eerste monster het

grootst van omvang. Maar naarmate het eerste monster vroeger in de avond (of eind van middag) was verzameld, was de omvang van het tweede monster juist groter. Ook leek het zo te zijn dat de aantallen karperachtigen vroeger op de avond piekten dan de aantallen baarsachtigen.

Drie aspecten spelen hierbij wellicht een rol:

- A** Op het moment dat de opvoerwerken voor het eerste keer worden aangezet, is er mogelijk een concentratie vis vlak voor de opvoerwerken of in de pompkelder aanwezig. Deze worden min of meer verrast en snel met het water mee door het opvoerwerk heen gevoerd. Als het opvoerwerk enige tijd gedraaid heeft, is er in de toevoerende watergang een stroming tot stand gekomen als gevolg waarvan de vis zich mogelijk van het opvoerwerk af beweegt tegen de stroming in (m.u.v. aal) en de netto passage door het opvoerwerk minder wordt.
- B** Het verschil in timing qua piek tussen karperachtigen en baarsachtigen kan mogelijk worden verklaard door een grotere lichtgevoeligheid van soorten als pos en snoekbaars. Bij passage door de opvoerwerken spelen stroomsnelheid en mogelijkheid tot oriëntatie een rol van betekenis. Het is mogelijk dat karperachtigen, eerder dan de baarsachtigen, zich in het begin van de avond makkelijker mee laten voeren dan de meer lichtgevoelige baarsachtigen. Deze verliezen mogelijk bij een grotere duisternis hun mogelijkheden tot oriëntatie als gevolg waarvan ze zich laten meevoeren met het water.
- C** Zoals gezegd is het aantal gepasseerde vissen niet altijd het grootst bij aanvang van de maalperiode. Naast de invallende duisternis zal ook de migratiedrang om uiteindelijk toch het opvoerwerk te passeren een rol spelen. Dit gaat in het bijzonder op voor schieraal die voor de voortplanting het opvoerwerk altijd moet passeren. Dit zou het effect van de omgekeerde stroming bij het opvoerwerk *De Zilk* ref. (17) deels teniet doen. Bij dit kleine opvoerwerk zijn bovendien geen tijdseries uitgevoerd, zodat niet nader kan worden ingegaan op dit aspect.

Het aantalverloop in de tijd is niet onderzocht bij kleine opvoerwerken. Maar aan de hand van recent uitgevoerd onderzoek bij opvoerwerk Offerhaus (Vriese, 2010) wordt aangenomen dat hiervoor hetzelfde geldt.

3.4 OVERIGE FACTOREN M.B.T. PASSAGE EN VISSTERFTE

3.4.1 Toerental, opvoerhoogte en capaciteit

Aangenomen wordt dat het toerental, de opvoerhoogte en de capaciteit van een opvoerwerktuig van invloed zijn op de vissterfte. Wanneer gekeken wordt naar de correlaties tussen vissterfte en de drie bovengenoemde kenmerken van de opvoerwerken in het onderzoek (rang-correlatie toets van Spearman) valt het volgende te zien:

- Er is een positieve significante correlatie tussen toerental en vissterfte (*rs-statistic* = 0,71, *t-statistic* = 4,44, *DF* = 19, *2-tailed p* = 0,0003).
- Er is een positieve (net) significante correlatie tussen toerental en opvoerhoogte (*rs-statistic* = 0,45, *t-statistic* = 2,12, *DF* = 18, *2-tailed p* = 0,0481).
- Er is geen significante correlatie tussen opvoerhoogte en vissterfte (*rs-statistic* = 0,25, *t-statistic* = 1,16, *DF* = 21, *2-tailed p* = 0,2584).
- Er is geen significante correlatie tussen capaciteit en vissterfte (*rs-statistic* = -0,02, *t-statistic* = -0,07, *DF* = 22, *2-tailed p* = 0,9421).
- De overige factoren blijken eveneens geen significante relatie te hebben: opvoerhoogte en capaciteit (*rs-statistic* = 0,06, *t-statistic* = 0,27, *DF* = 21, *2-tailed p* = 0,7888), capaciteit en toerental (*rs-statistic* = -0,31, *t-statistic* = -1,41, *DF* = 19, *2-tailed p* = 0,1755).

Een hoog toerental gaat gepaard met hoge vissterfte en vice versa. Bij uitvoering van een lineaire regressie van toerental op vissterfte, blijkt dat de correlatie klein is ($R^2 = 0,05$) en daarom de voorspellende waarde van toerental op vissterfte laag is.

Let op: de hierboven weergegeven uitkomsten worden in sterke mate bepaald door de selectie van de opvoerwerken in het onderzoek (zo gevarieerd mogelijk qua type en capaciteit). Een andere selectie zou andere resultaten opleveren. Als bijvoorbeeld alleen gekeken wordt naar de gesloten schroefpompen lijkt er wel een relatie te bestaan tussen capaciteit en vissterfte.

3.4.2 Vrije doorgang krooshek

Om vast te stellen of de krooshekken voor een opvoerwerk invloed hebben op de passage van vis, zijn deze opgemeten en geïnventariseerd. In [tabel 3.13](#) is een over-

zicht gegeven van de afmetingen van de krooshekken. Bij Zwanburgerpolder (ref. 22) konden geen metingen worden verricht door werkzaamheden aan het opvoerwerk.

Tabel 3.13 KARAKTERISTIEKEN VAN DE KROOSHEKKEN

REF nr.	CATEGORIE	CAPACITEIT	AANTAL	HOOGTE (m)	BREEDTE (m)	VRIJE DOOR- GANG (m)	HELLINGSHOEK
1	Centrifugaal pomp	25-50	1	3,2	3	0,05	20°
2		200-500	1	4	18	0,08	10°
3	Open schroefpomp	0-25	1	3,7	2	0,19	20°
4		25-50	1	3,5	3	0,1	10°
5		100-200	1	4,8	2,2	0,08	0°
6	Gesloten schroefpomp	0-25	2	2,4	9	0,06	10°
7		50-100	1	2	4,8	0	0°
8	Gesloten schroefpomp	25-50	1	3	2	0,05	20°
9	(compact)	50-100	2	4	2,68	0,06	20°
10		100-200	2	4,2	8,5	0,06	10°
11		100-200	2	2	3	0,08	10°
12	Hidrostalpom	0-25	1	3	4	0,06	10°
13		25-50	2	2,8	3	0,1	15°
14	Schroef-	0-25	1	1,5	3	0,02	0°
15	centrifugaalpom	0-25	-	-	-	-	-
16		0-25	-	-	-	-	-
17		25-50	1	2	1,5	0,08	10°
18		50-100	2	3,5	2	0,12	10°
19		100-200	1	3,5	3,5	0,08	20°
20		200-500	3	3,4	5,2	0,12	10°
21	Vijzel	0-25	2	1,7	4,5	0,08	10°
22		0-25	1	0	2	0,08	10°
23		25-50	1	3,4	7	0,15	10°
24		100-200	1	1,5	0,17	0,15	10°
25		200-500	-	-	-	-	-
26	Faunapomp	0-25	-	-	-	-	-

Er is veel variatie in de vrije doorgang van de krooshekken. De kleinste vrije doorgang was 2 cm (B.B. Polder, ref. 14), de grootste 19 cm (Thabor, ref. 3). De grote vijzels *Overwaard* (ref. 25) en *De Wenden* (ref. 24) hebben eveneens een grote vrije doorgang.

Bij de *Faunapomp* (ref. 26) is geen krooshek aanwezig in verband met de speciale constructie van het opvoerwerk. Dit opvoerwerk heeft een geheel andere constructie dan de overige opvoerwerken. Het water wordt hierbij opgevoerd via een stijgbuis waarin lucht wordt geïnjecteerd. Toevoer van water vindt plaats via een eveneens verticaal opgestelde buis met een ingang enigszins onder het wateroppervlak. Hierover heen is een afdekplaat geplaatst. De afstand tussen deze plaat en de buis is ongeveer 10 cm. Hierdoor moeten vissen passeren, dus deze afstand is aangehouden bij de analyse.

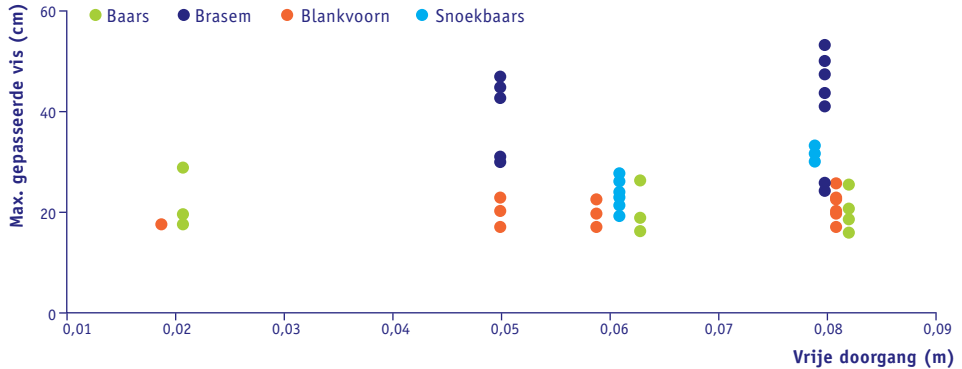
Het is duidelijk dat de vrije doorgang van een krooshek een fysieke barrière kan vormen voor vissen van een bepaalde afmeting, waarbij de dikte van de vis de beperkende factor is. De lengte van de vis die nog kan passeren is bovendien afhankelijk van de vissoort. Zo zal een paling met een grote verhouding tussen lengte en breedte, eerder kunnen passeren dan een gedrongen karper met een lage lengte:breedte verhouding. Gemiddeld is deze verhouding 4:1. Op basis van [tabel 3.13](#) is de gemiddelde vrije doorgang 9 cm. Vissen met een lengte van ca. 36 cm zouden hier theoretisch nog net kunnen passeren.

Aan de hand van de veldgegevens is nagegaan wat in de praktijk de maximale afmeting is van vissoorten die kunnen passeren bij een bepaalde vrije doorgang. Hiervoor zijn steeds ongeveer vijf van de grootste vissen per vrije doorgang geselecteerd. De resultaten zijn in [figuur 3.11](#) gepresenteerd. Er is bovendien onderscheid gemaakt tussen vier talrijke vissoorten. Hoewel de resultaten beperkt zijn, is duidelijk dat vis maar een beperkte doorgang nodig heeft om te passeren.

Vooralsnog blijkt de adem goed in te kunnen houden bij het passeren van een doorgang van 5 cm. Ook de passage van baars en blankvoorn door een opening van 2 cm, is illustratief voor de geringe beperking die de roosters opleggen. Bij een vrije doorgang van 8 cm, wordt zelfs brasem tot 60 cm aangetroffen aan de andere zijde van het opvoerwerk. De voorzichtige conclusie mag worden getrokken dat bij de meest gangbare vrije doorgang van 8 cm, het rooster niet of nauwelijks een barrière vormt.

Fig DE GROOTSTE VISSEN DIE ZIJN WAARGENOMEN IN DE PASSAGENETTEN

3.11 Na passage door een krooshekken met vrije doorgang van resp. 2, 5, 6 en 8 cm.



3.4.3 Stroomsnelheid

Stroomsnelheidmetingen zijn verricht bij de aanstroomzijde van de opvoerwerken. Deze zijn verricht op verschillende afstanden van het krooshek. Hierbij is de meting vlak voor het krooshek het meest belangrijk, omdat deze mogelijk mede bepalend is of vis met het water meegevoerd zal worden. In [tabel 3.14](#) wordt een overzicht gegeven van de uitgevoerde metingen. Bij opvoerwerk *Zwanburgerpolder* (ref. 22) konden geen metingen worden verricht, omdat dit opvoerwerk ten tijde van de metingen werd aangepast. Naar verwachting zal de stroomsnelheid vlak voor het krooshek van het opvoerwerk het grootste effect hebben en dan specifiek op kleinere vis, omdat deze fysiek minder in staat is weerstand te bieden en (zeker in het donker) minder in staat is zich te oriënteren.

Vervolgens is getoetst of er een correlatie was tussen de stroomsnelheid (in m/s) en het aandeel vis <15 cm dat door het opvoerwerk is gepasseerd (rangcorrelatietoets van Spearman met t-benadering). Hieruit bleek een licht positieve maar significante correlatie (rs-statistic = 0,46, t-statistic = 2,25, DF = 19, 2-tailed p = 0,036).

Nadat het aandeel vis <15 cm was gecorrigeerd voor het visaanbod bij het opvoerwerk (in aantallen per fuiknacht) is opnieuw getoetst. Hieruit bleek een sterkere positieve correlatie ((rs-statistic = 0,58, t-statistic = 3,10, DF = 19, 2-tailed p = 0,006).

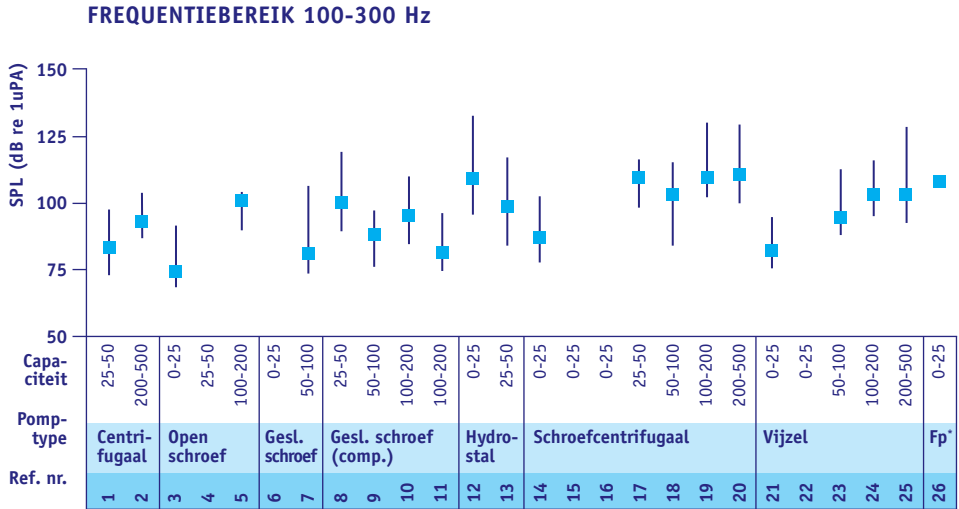
Er lijkt een verband tussen de sterkte van de stroming voor het krooshek en de hoeveelheid kleine vis die via het opvoerwerk passeert.

Tabel OVERZICHT VAN DE STROOMSNELHEDEN

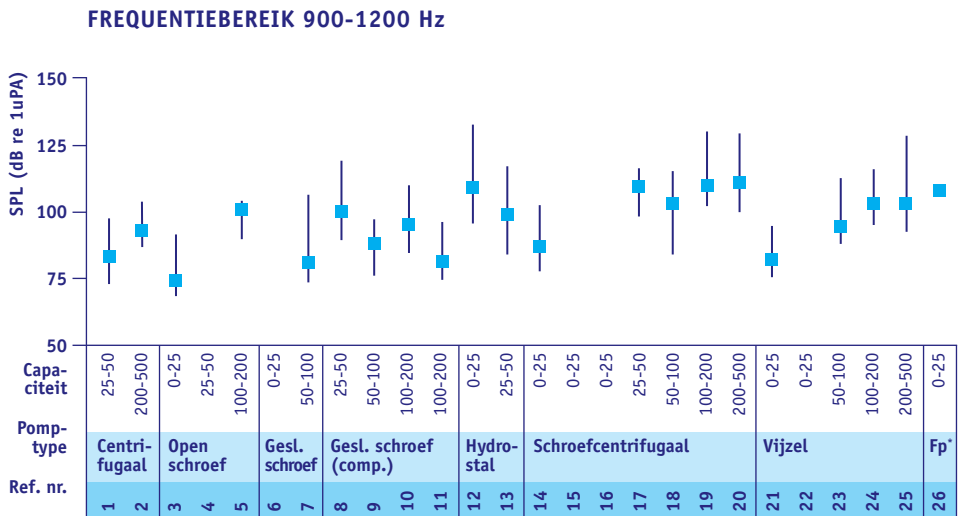
3.14 Overzicht van de stroomsnelheden (m/sec) op verschillende afstanden van het krooshek van diverse typen opvoerwerken.

REF nr.	CATEGORIE	CAPACITEIT	0	0,25	0,5	0,75	1	2	
1	Centrifugaal pomp	25-50	0,08						
2		200-500	0,47						
3	Open schroefpomp	0-25	0,10		0,07				
4		25-50	0,21		0,19		0,15		
5		100-200	0,17	0,18		0,17		0,17	
6		Gesloten schroefpomp	0-25	0,04	0,03				
7			50-100	0,26		0,22		0,20	
8	Gesloten schroefpomp (compact)	25-50	0,16		0,19				
9		50-100	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	
10		100-200	0,18		0,17				
11		100-200	0,28						
12	Hidrostalpom	0-25	0,08		0,07		0,06		
13		25-50	0,09						
14	Schroef- centrifugaalpom	0-25	0,20	0,20	0,20	0,19	0,18		
15		0-25							
16		0-25							
17		25-50	0,11						
18		50-100	0,40		0,36		0,20	0,15	
19		100-200	0,07		0,06				
20	Vijzel	200-500	0,50		0,45		0,42	0,74	
21		0-25	0,10		0,08		0,06		
22		0-25							
23		25-50							
24		100-200	0,58						
25	Faunapomp	200-500	0,37	0,34	0,27				
26		0-25	0,06	0,05	0,03	0,02	0,01		

Fig 3.12 **GELUIDSINTENSITEIT ONDER WATER BIJ DE ONDERZOCHE OPVOERWERKEN**
Er is onderscheid gemaakt tussen het frequentiebereik van 100-300 Hz en 900-1200 Hz.



* Faunapomp



* Faunapomp

3.4.4 Geluid

In [figuur 3.12](#) zijn de resultaten van de geluidsmetingen weergegeven. Er is onderscheid gemaakt tussen twee frequentiegebieden (laag en hoog) waarvoor vissen gevoelig zijn. De metingen geven inzicht in de geluidsintensiteit (Sound Pressure Level (dB re 1uPA)) onder water in de betreffende frequentiegebieden. De metingen zijn binnen het aangegeven frequentiegebied en in de tijd enigszins variabel, zodat naast de gemiddelde geluidsintensiteit ook het minimum en maximum is aangegeven. Bij opvoerwerk *Zwanburgerpolder* (ref. 22) konden geen metingen worden verricht omdat dit opvoerwerk ten tijde van de metingen werd aangepast. Daarnaast konden bij de opvoerwerken *Nijverheid* (ref. 4) en *Makkumermar* (ref. 6) geen goede metingen worden verkregen door een onbekende bron van interferentie gedurende de metingen.

Tabel TOETSINGSUITKOMSTEN VOOR FREQUENTIEGEBIED 100-300 Hz

3.15 De relatie heeft statistische betekenis als de waarde van $p < 0,05$.

MAXIMALE GELUIDSINTENSITEIT VERSUS	RS STATISTIC	T STATISTIC	DF	2-TAILED P
Vangst (n) per 1000 m ³	0,03	0,12	19	0,9022
Vangst (g) per m ³	-0,03	-0,15	19	0,8845
V/A (n)	0,25	1,15	19	0,2655
V/A (g)	0,39	1,87	19	0,0776
Aantal vissen >15 cm	0,09	0,37	19	0,7137
% Vissen >15 cm	-0,40	-1,89	19	0,0738
Aantal vissen >15 cm/Debiet	-0,11	-0,50	19	0,6258
Aantal vissen >15 cm/Aanbod	0,22	1,00	19	0,3304

De maximale geluidsintensiteit in beide frequentiegebieden is afgezet tegen de vangst in aantal (n) en gewicht (kg) per 1000 m³, V/A (n), V/A (gewicht), het aantal vissen >15 cm, het percentage vissen >15 cm, het aantal vissen >15 cm gecorrigeerd voor het debiet en het aantal vissen >15 cm gecorrigeerd voor het aanbod (rang-correlatietoets van Spearman). De reden voor het toetsen van deze laatste 4 variabelen is gelegen in de gedachte dat grote vis zich beter dan kleine vis kan verzetten tegen de stroomsnelheid ter plaatse en daarom mogelijk een beter verband zou laten zien met de aanwezige geluidsdruk. In onderstaande tabellen zijn de

resultaten van de toetsing voor beide frequentiegebieden weergegeven.

Tabel 3.16 TOETSINGSUITKOMSTEN VOOR FREQUENTIEBEREIK 900-1200 Hz

MAXIMALE GELUIDSINTENSITEIT VERSUS	RS STATISTIC	T STATISTIC	DF	2-TAILED P
Vangst (n) per 1000 m ³	0,01	0,05	19	0,9599
Vangst (g) per m ³	0,05	0,22	19	0,8274
V/A (n)	0,07	0,29	19	0,7755
V/A (g)	0,20	0,90	19	0,3816
Aantal vissen >15 cm	0,28	1,26	19	0,2245
% Vissen >15 cm	0,03	1,12	19	0,9043
Aantal vissen >15 cm/Debiet	0,11	0,50	19	0,6218
Aantal vissen >15 cm/Aanbod	0,12	0,51	19	0,6139

Er blijkt voor beide frequentiegebieden geen significante correlatie te bestaan tussen maximale geluidsdruk en het passeren van vis door de opvoerwerken (uitgedrukt in diverse variabelen).

3.4.5 Druk, turbulentie en versnelling

In deze paragraaf worden de belangrijkste resultaten weergegeven van het onderzoek naar mogelijke verbanden tussen druk, turbulentie en versnelling enerzijds en optredende vissterfte aan de andere kant. Al eerder is aangegeven dat voor dit onderzoek het toepassen van de Sensor Fish niet bij alle opvoerwerken mogelijk of zinvol was. Voorafgaand aan de toepassing van de Sensor Fish is eerst een experiment uitgevoerd waarbij Sensor Fish dummy's (qua kenmerken exact gelijk aan de Sensor Fish) door de opvoerwerken werden gevoerd. Wanneer het merendeel van deze kapot uit de opvoerwerken kwamen of niet teruggevonden konden worden, is de echte Sensor Fish niet toegepast omdat de kans op het verkrijgen van resultaten dan zeer gering was. In [figuur 3.13](#) en [tabel 3.17](#) is een overzicht gegeven van het experiment met de dummy's bij de opvoerwerken.

Er blijkt geen significante correlatie te bestaan tussen de overleving van vis en de 'overleving' van dummy's ((rs-statistic = -0,34, t-statistic = -1,64, DF = 20, 2-tailed p = 0,117). Op

zich is dit ook niet verwonderlijk; dummy's kunnen de weg kwijt raken, blijven hangen achter fysieke obstructies (terugslagkleppen) of in neren in duikers etc. Vis zal in die gevallen uiteindelijk met de stroom mee zwemmen en terecht komen in het passagenet.

Tabel **OVERZICHT VAN HET PERCENTAGE DUMMY'S**

3.17 *Overzicht van het percentage dummy's dat onbeschadigd opvoerwerken passeerde.*

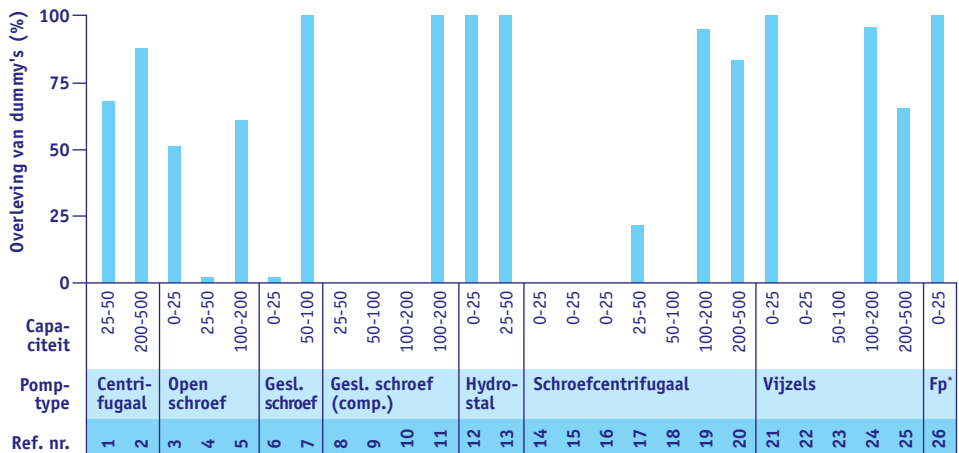
REF nr.	CATEGORIE	CAPACITEIT	N	ONBESCHADIGD	
1	Centrifugaal pomp	25-50	15	67%	Vijf van de 15 werden niet teruggevonden.
2		200-500	14	86%	Twee dummy's zijn wellicht blijven hangen in de uitstroomklep, aan het einde van het lange uitstroomkanaal.
3	Open schroefpomp	0-25	6	33%	Van de zes zijn er twee heel en één stuk gevonden.
4		25-50	6	0%	Alle zes dummy's die zijn ingezet zijn beschadigd teruggevonden.
5		100-200	10	60%	Van de tien dummy's zijn er zes heel, twee kapot en twee niet meer waargenomen.
6	Gesloten schroefpomp	0-25	7	0%	Van de zeven dummy's waren er vier verdwenen, twee beschadigd en één kapot.
7		50-100	8	100%	Alles onbeschadigd.
8	Gesloten schroefpomp (compact)	25-50	5	20%	Van de vijf dummy's die werden ingezet kwam er één heel terug, één zwaar beschadigd en één gehalveerd.
9		50-100	10	40%	Vier werden heel teruggevonden, drie kapot geslagen en drie dummy's zijn nooit teruggevonden.
10		100-200	16	75%	Er werden 14 van de 16 dummy's teruggevonden, waarvan twee met een barst in het materiaal. De overige twee zijn niet teruggevonden.
11		100-200	9	90%	Ondanks het grote peilverschil, de hoge stroomsnelheid en turbulentie werden niettemin negen van de tien dummy's ongeschonden teruggevonden.

REF nr. : CATEGORIE	CAPACITEIT	N	ONBESCHADIGD		
12	Hidrostopomp	0-25	10	100%	Alles onbeschadigd.
13		25-50	10	100%	Alles onbeschadigd.
14	Schroef-centrifugaalpomp	0-25	12	33%	Vier van de twaalf kwamen heel terug, drie kapot.
15		0-25	18	100%	Alles onbeschadigd.
16		0-25	8	100%	Alles onbeschadigd.
17		25-50	10	20%	Hier zijn 10 dummy's door het opvoerwerk gegaan waarvan er twee zijn teruggevonden.
18		50-100	13	23%	Er zijn in totaal 13 dummy's door het opvoerwerk gegaan, waarvan er twee niet meer werden gezien, vier zwaar zijn beschadigd, vier met barsten en drie in goede staat terug gevonden.
19		100-200	14	93%	De afstand tussen het krooshek en de pomp was met ongeveer acht meter, vrij groot. Bovendien liep de aanvoerkoker naar de pomp onder een hoek naar beneden. Tweemaal zeven dummy's ingezet waarvan één exemplaar verloren is gegaan.
20		200-500	16	81%	Dit opvoerwerk heeft een uitstroombkanaal van enkele honderden meters lang. Eerste test met zes dummy's waarvan vier teruggevonden. Vervolgens tien dummy's ingezet, waarvan er negen werden teruggevonden.
21	Vijzel	0-25	14	100%	Alles onbeschadigd.
22		0-25	n.v.t.	n.v.t.	Niet uitgevoerd omdat het opvoerwerk voor lange tijd in onderhoud is gegaan.
23		25-50	6	0%	Van de zes dummy's werd er geen een teruggevonden. Dit kwam zeker door de ingewikkelde ondergrondse constructie van het opvoerwerk, waardoor de dummy's in veel gevallen in een hoek kunnen blijven drijven.
24		100-200	15	93%	14 Exemplaren zijn onbeschadigd teruggevonden.
25		200-500	11	64%	Tussen het krooshek en het begin van de vijzel is een schot aanwezig waar de SF de uitstroombklep mogelijk blijven hangen.
26	Rest	0-25	10	100%	Alles onbeschadigd.

De proef met de Sensor Fish bleek een zinvol experiment, omdat het een beeld geeft van de overleving van de Sensor Fish, maar ook omdat het inzicht geeft in de mogelijkheden om dummy's toe te passen (in plaats van vis) bij de evaluatie van vissterfte aan vis door opvoerwerken. Uiteindelijk kon de echte Sensor Fish worden toegepast bij 13 opvoerwerken.

In [figuur 3.14](#) op zijn de resultaten weergegeven van de maximale turbulentie, versnelling en druk die optreden bij passage door het opvoerwerk. In [figuur 3.15](#) is de maximale druktoename en drukafname weergegeven.

Fig 3.13 **PERCENTAGE VAN HET AANTAL ONBESCHADIGDE DUMMY'S**
 Percentage van het aantal dummy's dat onbeschadigd het opvoerwerk passeerde.



* Faunapomp

Met betrekking tot de maximale turbulentie (uitgedrukt in rotaties per seconde) kan gesteld worden dat er geen grote verschillen zijn tussen de opvoerwerken. Het verschil tussen laagste en hoogste is ongeveer 50 procent.

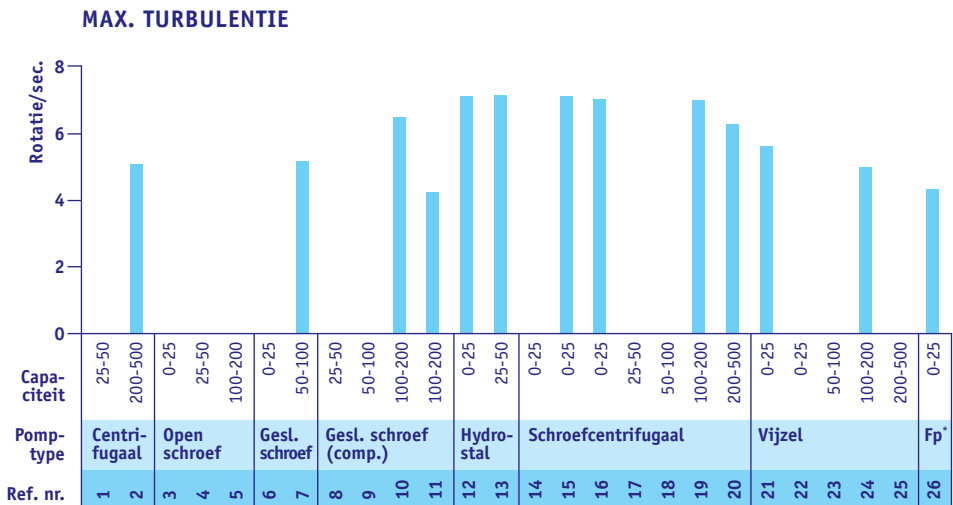
De verschillen met betrekking tot de optredende versnelling tijdens passage zijn aanmerkelijk groter (factor 10-15), maar niet duidelijk is of dit van groot

belang is. Juist de *visvriendelijke hidrostal* (ref. 16) en de Amarex KRT (ref. 15) scoren hoog, terwijl gebleken is dat genoemde opvoerwerken geen vissterfte veroorzaken.

De verschillen in maximale druk bij passage zijn gering. Eveneens zijn de toename in druk en de afname in druk weergegeven. Druktoename hoeft voor vis niet schadelijk te zijn, maar vis is wel gevoelig voor drukafname. Normaal worden schadelijke effecten verondersteld bij een afname van 0,6 bar. Echter, hierbij is de blootstellingsduur wel relevant. Wanneer een dergelijk verschil slechts heel kort duurt, kunnen schadelijke gevolgen beperkt blijven.

In [tabel 3.18](#) staan de resultaten van de toetsing waarbij de relatie tussen visschade en fysieke omstandigheden in het opvoerwerk is onderzocht. Bij een waarde van $p < 0,05$ mag worden aangenomen dat de relatie met de visschade een statistische betekenis heeft. Bij geen van de getoetste relaties blijkt dit het geval te zijn.

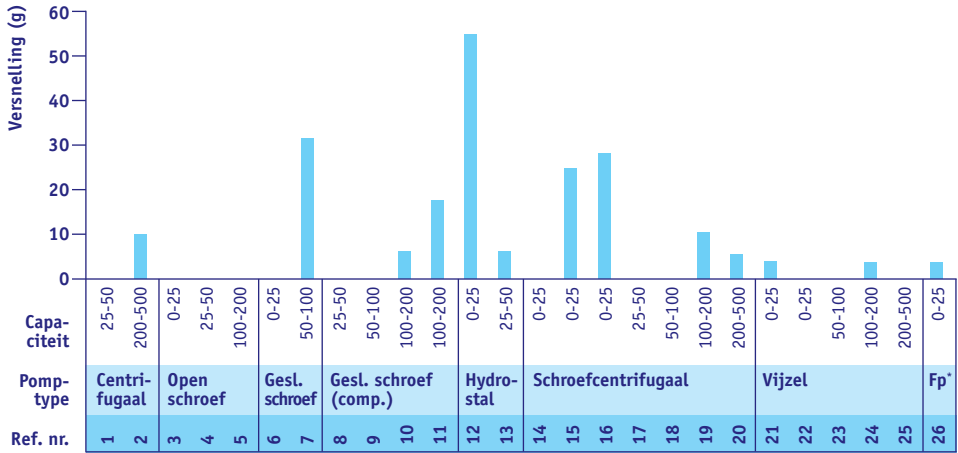
Fig 3.14 MAXIMALE TURBULENTIE, VERSNELLING EN DRUK
Tijdens passage door de opvoerwerken.



* Faunapomp

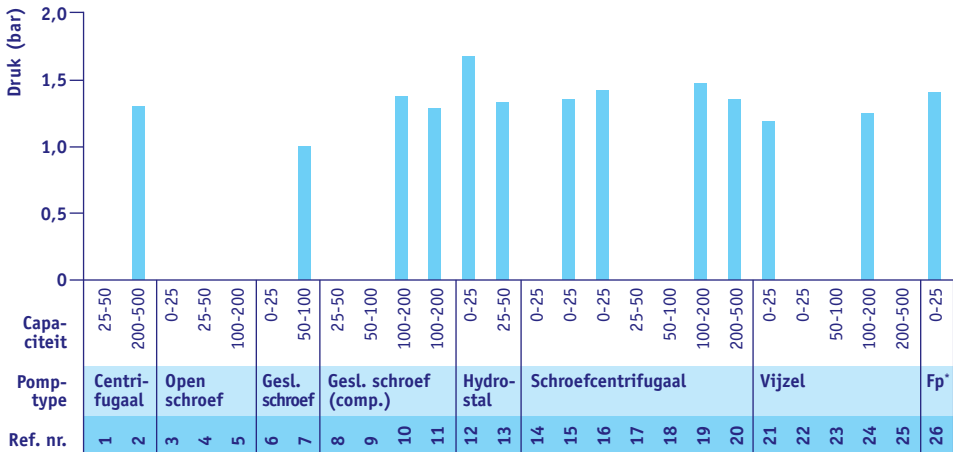
[Vervolg op volgende pagina >>](#)

MAX. VERSNELLING



* Faunapomp

MAX. DRUK



* Faunapomp

3.5 EXPERIMENTELE OPSTELLING NIEUWE OPVOERWERKTUIGEN

Twee nieuwe opvoerwerktuigen zijn onderzocht op visvriendelijkheid. Het onderzoek is in een experimentele opstelling uitgevoerd, waarbij een bekende

hoeveelheid vis gedwongen werd blootgesteld aan het opvoerwerktuig. Het betrof ten eerste de *Hidrostal schroef centrifugaalpomp* (ref. 16). Het geteste opvoerwerktuig heeft een capaciteit van 16,6 m³/min bij een opvoerhoogte van 10 m. Het tweede opvoerwerktuig is de *AmarexKRT(D) pomp* (ref. 15). Deze heeft een maximale pompcapaciteit van 12,5 m³/min en een maximale opvoerhoogte van 8,32 meter.

3.5.1 Directe vissterfte

Hidrostal

De proefdieren in het onderzoek waren karperachtigen (vnl. brasem) en aal, beide in twee lengteklassen. Voor de aal zijn dit jonge vissen met een lengte tot 35 cm (rode aal) en volwassen vissen met een lengte van 50 tot 60 cm.

Voor de karperachtigen is uitgegaan van de lengteklassen 10-15 cm en 20-30 cm. Per soort per lengteklasse zijn ongeveer vijftig individuen gebruikt. Geen enkele vis is beschadigd uit de pomp gekomen. In totaal passeerden 232 vissen de pomp.

Amarex KRT(D)

Bij de proef met de *AmarexKRT(D)* zijn in totaal 244 vissen gepasseerd, waaronder 110 alen. Twee zwartbekgrondels en een tiendoornige stekelbaars kwamen met het aangezogen water mee. Geen enkele vis werd tijdens de passage van de pomp gedood. Eén aal (33 cm) was licht beschadigd. Daarnaast waren drie brasems (25-29 cm) licht beschadigd, waarbij bij één brasem een omgeklapt kieuwdeksel kon worden vastgesteld. Een presentatie van het sterftepercentage met de betrouwbaarheidsintervallen is te vinden in [figuur 3.16](#).

3.5.2 Uitgestelde sterfte

Hidrostal

Alle proefdieren werden na passage 24 uur opgeslagen in een leefnet. De 133 schubvissen overleefden allemaal. Van de 99 opgeslagen alen bleken er twee dood te zijn. Beide vissen (38, 54 cm) hadden geen uiterlijke schade. Na een inwendig onderzoek bleek dat bij beide alen geen breuken, bloeduitstortingen of andere inwendige schade aanwezig was. Zeer waarschijnlijk is deze mortaliteit opgetreden als gevolg van factoren die niet in verband staan met de passage door de pomp. Dit wordt onderbouwd door het feit dat er een gelijkwaardige mortaliteit optrad bij het deel van de partij alen dat niet gebruikt was voor de proef.

Amarex KRT(D)

Alle proefdieren werden na passage 24 uur opgeslagen in een leefnet. Alle 140 schubvissen overleefden de proef. Van de 110 opgeslagen alen bleken er 6 dood te zijn (34-40cm). Na een inwendig onderzoek bleek dat bij alle 6 alen er geen breuken, bloedingstoringen of andere inwendige schade aanwezig was. Zeer waarschijnlijk is deze mortaliteit opgetreden als gevolg van factoren die niet in verband staan met de passage door de pomp. Dit wordt onderbouwd door het feit dat er een gelijkwaardige mortaliteit optrad bij het deel van de partij alen dat niet gebruikt was voor de proef.

Voor dit onderdeel wordt nogmaals verwezen naar het bijlagenrapport waarin het onderzoek in detail staat beschreven (Vis & Vriese, 2010).

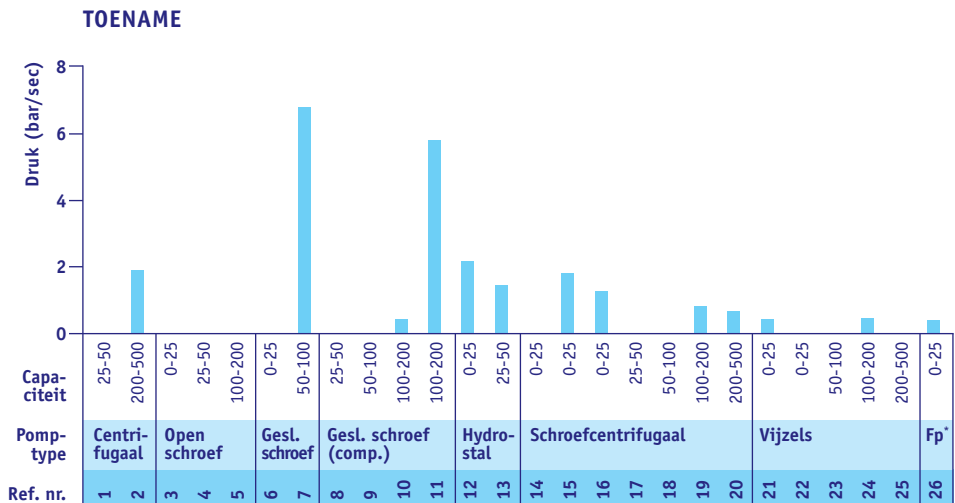
3.6 RESULTATEN OVERIG UITGEVOERD GEMALENONDERZOEK

3.6.1 Overzicht resultaten

Naast het STOWA gemalenonderzoek (fase 3) zijn er andere onderzoeken uitgevoerd naar de schade aan vis bij opvoerwerken. Zo is voor het project 'Vissen zwemmen weer heen en weer' een aantal opvoerwerken onderzocht op visvrien-

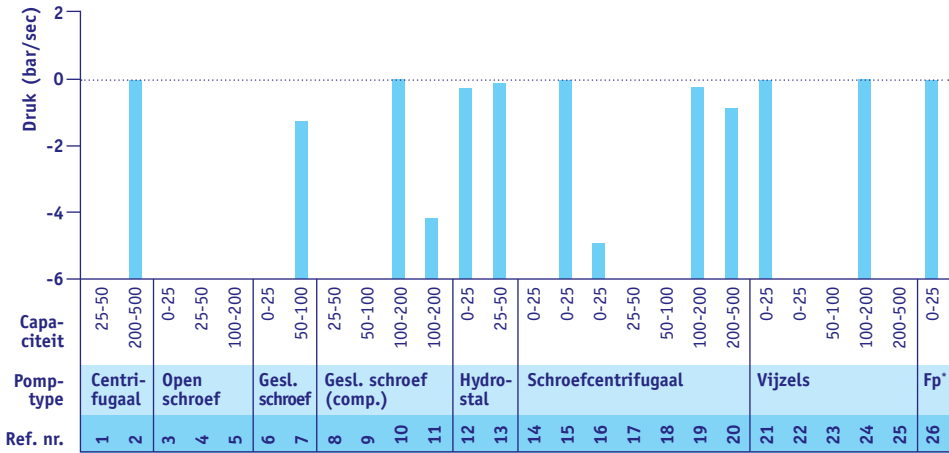
Fig MAXIMALE DRUKTOENAME EN DRUKAFNAME

3.15 Tijdens passage door de opvoerwerken.



* Faunapomp

AFNAME



* Faunapomp

delijkheid. Daarnaast zijn door een aantal waterschappen en pompproducenten zelfstandig onderzoeken verricht. De resultaten hiervan vormen een aanvulling op de bevindingen uit dit praktijkonderzoek (fase 3) en het voorafgaande literatuuronderzoek (fase 2).

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de technische eigenschappen van opvoerwerktuigen in relatie tot visschade. Deze gegevens zijn opgenomen in de overzichtstabel van onderzochte gemalen. In [par. 3.6.2](#) worden de resultaten per opvoerwerk besproken.

3.6.2 Andere visschade-projecten

3.6.2.1 Project 'Vissen zwemmen weer heen en weer'

In het praktijkproject 'Vissen zwemmen weer heen en weer' is gewerkt aan een betere ontsluiting van de leefgebieden van vissen. Dat gebeurt via het realiseren en evalueren van innovatieve vismigratievoorzieningen en pompconcepten bij een aantal Nederlandse opvoerwerken, onder verschillende praktijkcondities. In het project werken het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, het Hoogheemraadschap van Delfland, Waterschap Hunze en Aa's, Waterschap Zeeuwse eilanden en STOWA samen.

Tabel**RESULTATEN TOETSING****3.18**

Resultaten toetsing visschade, schade bij karperachtigen <15 cm, karperachtigen >15 cm bij turbulentie, versnelling en druk.

VISSCHADE	RS STATISTIC	T STATISTIC	DF	2-TAILED P
Maximale rotatie (omwt/s)	-0,06	-0,21	11	0,8392
Maximale versnelling (g/s)	0,23	0,79	11	0,4455
Maximale druk (bar/s)	-0,40	-1,45	11	0,1743
Druktoename (bar/s)	0,54	2,11	11	0,0591
Drukafname (bar/s)	-0,43	-1,56	11	0,1473

SCHADE KARPERACHTIGEN <15 CM	RS STATISTIC	T STATISTIC	DF	2-TAILED P
Maximale rotatie (omwt/s)	0,02	0,06	11	0,9555
Maximale versnelling (g/s)	0,26	0,91	11	0,3822
Maximale druk (bar/s)	-0,21	-0,70	11	0,4957
Druktoename (bar/s)	0,41	1,48	11	0,1678
Drukafname (bar/s)	-0,48	-1,81	11	0,0976

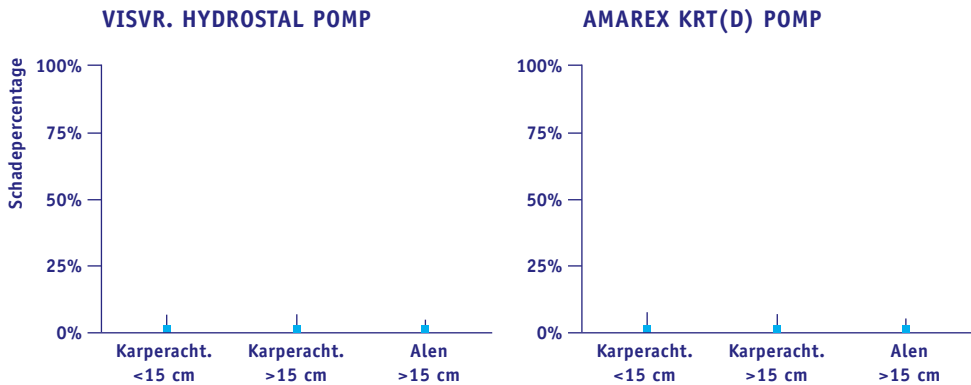
SCHADE KARPERACHTIGEN >15 CM	RS STATISTIC	T STATISTIC	DF	2-TAILED P
Maximale rotatie (omwt/s)	-0,54	-2,12	11	0,0574
Maximale versnelling (g/s)	-0,12	-0,39	11	0,7065
Maximale druk (bar/s)	-0,51	-1,99	11	0,0721
Druktoename (bar/s)	0,16	0,55	11	0,5902
Drukafname (bar/s)	-0,17	-0,56	11	0,5836

In het project komen onder meer de volgende vragen aan bod:

- Welk aandeel van de vis passeert de onderzochte opvoerwerktuigen?
- Wat is het schade- en sterftepercentage onder de passerende vis?
- Vermindert de barrièrewerking van opvoerwerken door stillere opvoerwerktuigen?
- Is een hevelstrap geschikt voor opvoerwerken?
- Kunnen visveiligheid en vispasseerbaarheid worden vergroot door toepassing van visveilige axiaalpompen of vizzels?

Het project startte met een nulmeting, waarbij de visveiligheid, vispasseerbaarheid en geluidsproductie van de onderzochte opvoerwerken in beeld zijn gebracht. STOWA borgt de kwaliteit van de nulmetingen en voert evaluerend onderzoek uit nadat de opvoerwerken zijn aangepast.

Fig 3.16 KANS OP STERFTE EN BETROUWBAARHEIDINTERVAL HIDROSTAL EN AMAREX KRT(D)



De volgende opvoerwerken zijn bij dit project betrokken:

1 *Krimpenerwaard*

In het najaar van 2009 werd een studie verricht naar mogelijke schade aan vis bij het passeren van opvoerwerk Krimpenerwaard (Kruitwagen & Klinge, 2010 (2)). De bemonsteringen werden uitgevoerd met een fuik waarvan de maaswijdte terugliep van 40 naar 30 en uiteindelijk 20 mm hele maas. Dit is vergelijkbaar met de gebruikte passagenetten in dit onderzoek, waar bij de grote opvoerwerken gebruik gemaakt werd van een passagenet met een maaswijdte van 60 naar 40 en uiteindelijk 20 mm in het uiteinde.

In totaal werden er 19 schieralen en 127 schubvissen gevangen. Alle schieralen waren tijdens de passage dodelijk beschadigd. Het sterftepercentage onder de 9 verschillende soorten schubvis bedroeg 52 procent. De auteurs concluderen dat vanaf een lengte van circa 12 cm meer dan 50 procent van de vis beschadigd wordt.

Vanaf een lengte van circa 22 cm wordt alle vis dodelijk beschadigd. De resultaten van het onderzoek zijn voor wat betreft vis > 15 cm goed vergelijkbaar met dit STOWA-onderzoek.

2 *Verdoold*

Bij dit opvoerwerk werd in 2007 een onderzoek uitgevoerd naar de schade aan vis via gedwongen blootstelling (Arcadis, 2007). Hieruit bleek dat er bij 59 procent van de proefdieren schade optrad en dat 10 procent dodelijk was beschadigd.

3 *Kralingse Plas*

In het najaar van 2009 werd gemaal Kralingse Plas onderzocht op mogelijke vischade (Kruitwagen & Klinge, 2010 (2)). De bemonsteringen werden uitgevoerd met een aalfuik. Tijdens het onderzoek passeerden in totaal 1484 schubvissen en 19 alen het opvoerwerk. Het schadepercentage voor het totale bestand bedroeg 29 procent. Bij paling lag het percentage voor alle lengteklassen op 100 procent.

De resultaten van dit onderzoek zijn lastig te vergelijken met het STOWA gemalen-onderzoek, vanwege het feit dat er in het onderzoek bij opvoerwerk Kralingse Plas geen onderscheid is gemaakt tussen licht beschadigde en dodelijk beschadigde vis. Wel blijkt uit foto's dat er dodelijk beschadigde vis is aangetroffen.

4 *Abraham Kroes poldergemaal*

In het najaar van 2009 werd het poldergemaal Abraham Kroes onderzocht op mogelijke visschade (Kruitwagen & Klinge, 2010 (2)). De bemonsteringen werden uitgevoerd met een fuik, waarvan de maaswijdte terugliep van 80 naar 30 en uiteindelijk 20 mm hele maas. Van de 27 vissen die de pomp van het poldergemaal passeerden, waren er twee beschadigd, hetgeen overeenkomt met 7 procent. De aantallen zijn te laag om uitspraken te kunnen doen over visschade en om een vergelijking te maken met andere pompen.

5 *Abraham Kroes boezemgemaal*

In het najaar van 2009 werd tevens het boezemgemaal onderzocht op mogelijke visschade (Kruitwagen & Klinge, 2010 (2)). De bemonsteringen werden uitgevoerd met een fuik waarvan de maaswijdte terugliep van 80 naar 30 en uiteindelijk 20 mm hele maas. Van de vissen die achter de ringvaartpompen van opvoerwerk

Abraham Kroes werden gevangen, was 21 procent beschadigd. Voor de paling lag dit percentage op 63 procent. Dit percentage is echter gebaseerd op een totale vangst van slechts 8 individuen en geeft daardoor geen betrouwbare informatie.

Er blijkt bij het boezemgemaal Abraham Kroes een relatie te zijn tussen de lengteklasse en het sterftepercentage. Vanaf een lengte van 5 tot 10 cm neemt het sterftepercentage toe. Van de schubvissen met een lengte van 18 cm raakt circa 50 procent beschadigd. Net als bij opvoerwerk Kralingse Plas is een vergelijking met dit STOWA-onderzoek niet eenvoudig omdat er geen onderscheid is gemaakt tussen beschadigde en dodelijk beschadigde vis.

6 *Aalkeet buitenpolder*

Door Witteveen+Bos werd in het najaar van 2009 het gemaal Aalkeet buitenpolder onderzocht op visvriendelijkheid (Kruitwagen & Klinge, 2010 (3)). Het passage-net had een maaswijdte die terugliep van 30 mm naar 25 mm gestrekte maas, waarmee vissen van ten minste 9 cm worden gevangen. Het leefnet, dat aan het uiteinde van het passagenet was gekoppeld, bestond uit knooploos netwerk met een maaswijdte van 15 mm gestrekte maas.

Van de totaal 335 vissen (> 9 cm) die achter het opvoerwerk werden gevangen, was 27 procent dodelijk beschadigd. Van de vissen met een lengte tot en met 15 cm was 26 procent beschadigd. Van de vissen met een lengte groter dan 15 cm was 100 procent beschadigd. In vrijwel alle gevallen waren deze vissen aan stukken geslagen. Er werd één aal gevangen, die was onbeschadigd het opvoerwerk gepasseerd. Uiteraard kunnen hieraan geen conclusies worden verbonden. De resultaten zijn goed vergelijkbaar met de resultaten van dit onderzoek.

7 *Hoekpolder*

In het late najaar van 2009 werd gemaal Hoekpolder onderzocht (Kruitwagen & Klinge, 2010 (3)). Het gebruikte netwerk was identiek aan het netwerk dat bij opvoerwerk Aalkeet buitenpolder werd gebruikt. Er werden 57 vissen (>9 cm) gevangen waarvan er 12 dodelijk waren beschadigd, hetgeen overeenkomt met 21 procent. Er werd één aal gevangen, die was onbeschadigd het opvoerwerk gepasseerd. Uiteraard kunnen hieraan geen conclusies worden verbonden. Het aantal gevangen vissen is beperkt, waardoor de betrouwbaarheid van de conclusies beperkt is.

**Tabel
3.19**

TECHNISCHE EIGENSCHAPPEN IN RELATIE TOT VISSCHADE

* = dodelijke + overige schade

NAAM GEMAAL	TYPE OPVOER- WERKTUIG	CAPACITEIT (m ³ /min)	TOEREN (rpm)	OPVOER HOOGTE (m)
Krimpenerwaard	Schroef	400	-	4,5
Kralingse Plas	Schroef	30	900	1,35
Abraham Kroes (Polder)	Onbekend	271	365	9
Abraham Kroes (Ringvaart)	Schroefcentrifugaal	250	165	5,5
Visvriendelijke Axiaalpompe	Schroefcentrifugaal	81	333	1
Visvriendelijke Buisvijzel	Vijzel	0,6	57	1
Offerhaus	Open schroef	76	-	-
Hoekpolder	Centrifugaal	28	-	0,55-1,05
Aalkeet buitenpolder	Axiaal schroef	42	-	2,4 - 3,1
Gemaal J.H. Hoogland	Gesloten schroef	1500	50	-
IJmuiden 2007	Open schroef	3000	64	variabel
IJmuiden 2008	Open schroef	3000	64	variabel
IJmuiden 2009	Open schroef	3000	64	variabel
Maelstede	Schroefcentrifugaal	266	121	-
Hongerige Wolf	Schroefcentrifugaal	240	158	4
Verdoold	Centrifugaalpompe	157	78,5	2,8
Meerweg	Schroefcentrifugaal	22	735	1,15
Meerweg met gemaalvispas.	Schroefcentrifugaal	22	735	1,15

8 Ennemaborgh

Bij het Groningse gemaal Ennemaborgh werden twee visvriendelijke vijzels geïnstalleerd. Allereerst werden onderzoeken uitgevoerd om te kijken of er voldoende vis aanwezig was voor het uitvoeren van een visschade-experiment. In 2009 bleek dat er nog heel weinig vis aanwezig was. In september van 2010 werden de metingen herhaald en het visaanbod was aanzienlijk toegenomen. Daarop werd besloten de nieuwe vijzels te gaan testen op visvriendelijkheid. Deze resultaten waren niet op tijd beschikbaar voor integratie in dit onderzoek.

TOTAAL			CYPRINIDEN		PERCIDEN		AAL		SCHUBVIS TOTAAL	
N pas.	N dood	%dood	N pas.	%dood	N pas.	%dood	N pas.	%dood	N pas.	%dood
146	85	58	107	49	12	50	19	100	127	52
1503	442*	29*	0	-	1484	29*	19	100*	1484	29
27	2*	7*	21	10*	6	0	0	-	27	7
427	88*	21*	349	22*	68	7*	8	63*	419	20
91	0	0	64	0	2	0	25	0	66	0
99	0	0	71	0	4	0	23	0	76	0
542	3	1	69	3	460	0	10	0	532	1
57	12	21	29	38	26	4	1	0	56	21
335	91	27	237	27	96	26	1	0	334	27
35470	294	1	18656	1	16073	1	77	5	35396	1
875	25	3	-	-	-	-	35	71	840	0
2595	48	2	1	0	14	7	114	36	2481	0
4.794	139	3	0		19	11	251	41	4333	1
30	7	23	19	0	7	0	3	67*	27	0
227	5	2	134	4	92	0	1	0	226	2
-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-
1047	162*	16*	-	-	-	-	9	33*	1038	15*
8332	50	1*	-	-	-	-	150	0	8182	1*

9 Maelstede

Gemaal Maelstede in Zeeland werd in het najaar van 2008 onderzocht op mogelijke schade aan vissen (Jasper & Aragon, 2009). Hiervoor werd gebruik gemaakt van een 10 meter lang passagenet met een maaswijdte van ongeveer 15 mm. In totaal werden 30 vissen gevangen, waaronder drie alen. Van de totale vangst was 23 procent dood en nog eens 13 procent beschadigd. Twee van de drie gepasseerde alen waren dodelijk beschadigd. Het aantal gevangen vissen is beperkt, waardoor de conclusies in mindere mate betrouwbaar zijn.

3.6.2.2 Overige projecten

Offerhaus

In het najaar van 2009 werd door VisAdvies onderzoek verricht naar de mogelijke schade aan vis bij het Friese gemaal Offerhaus (Vriese, 2010). De methode en het gebruikte materiaal waren conform het STOWA gemalenonderzoek. In totaal werden 532 schubvissen en 10 alen gevangen. De directe sterfte van vis was gering. Van alle gepasseerde individuen werden drie vissen dood in het passagenet aangetroffen, wat overeenkomt met 0,6 procent. Alle gevangen alen hadden het opvoerwerk ongeschonden gepasseerd.

Ijmuiden

Bij het gemaal Ijmuiden wordt sinds 2007 elk najaar onderzoek uitgevoerd naar schade aan passerende schieraal en overige vis. De resultaten van onderzoeksjaar 2007 zijn reeds besproken in fase 2 van het gemalenonderzoek. Hier wordt ingegaan op de resultaten van de onderzoeksjaren 2008 en 2009 (Kruitwagen & Klinge, 2008, 2009).

De passage van vissen via het opvoerwerk wordt bij dit onderzoek bepaald door aan de Noordzeezijde van één van de gemaalgangen (achter pomp nummer 5, de op één na noordelijkste) een visdichte vangstconstructie te plaatsen. De vangstconstructie bestaat uit een groot net dat aan een metalen frame bevestigd is. Het net heeft een maaswijdte die terugloopt van 60 mm gestrekte maas voorin naar 30 mm achterin.

In 2008 werden in totaal 2709 vissen gevangen, waarvan er 12 dodelijk beschadigd waren (minder dan 1 procent). Van de 114 schieralen raakten er 5 direct dodelijk beschadigd (4 procent). Bij nog eens 36 exemplaren trad mortaliteit op binnen 24 uur na de passage. Hiermee komt het sterftepercentage op 36 procent.

In 2009 werd het onderzoek herhaald. Er werden in totaal 4794 vissen gevangen, waarvan er 139 dodelijk beschadigd waren (3 procent). Van de 251 alen raakten er 102 dodelijk beschadigd (41 procent).

J.L. Hoogland

Het boezemgemaal Hoogland bij Stavoren werd in het najaar van 2009 onderzocht op mogelijke schade aan vis (Kruitwagen & Klinge, 2010 (1)). Bij de bemonsteringen

werd gebruik gemaakt van een net met een lengte van 20 meter en een maaswijdte die terugloopt van 80 via 40 en 30 naar 20 mm hele maas. Na het eerste deel van het want zat een inkeel waardoor terugkeer van vissen niet mogelijk was. Met het deel van het net vanaf de inkeel worden vissen met een lengte groter dan 12 cm met zekerheid gevangen.

In totaal werden 35473 vissen gevangen, waaronder 68 schieralen. Van de totale vangst waren 294 vissen dodelijk beschadigd, hetgeen overeenkomt met 0,8 procent. Van de gepasseerde schieralen raakte 5,9 procent dodelijk beschadigd. Door het grote aantal gevangen vissen zijn de sterftepercentages betrouwbaar.

Buisvizel en axiaalpompe met aangepaste waaier (gedwongen blootstelling)

VisAdvies heeft in opdracht van Fishflow Innovations een buisvizel en een axiaalpompe met aangepaste waaier getest op mogelijke visschade (Vriese, 2009). Dit is gebeurd in een proefopstelling waarbij de vissen gedwongen door de pompe werden gevoerd.

Er werden 91 vissen door de axiaalpompe gevoerd, waaronder 25 alen. De lengte van de proefdieren varieerde van 13 tot 50 cm voor schubvis, en van 55 tot 83 cm voor aal. Geen van de vissen raakte dodelijk beschadigd. Bij twee vissen ontstond schubschade als gevolg van passage door de pompe.

Bij de proef met de buisvizel werden 99 vissen doorgevoerd, waaronder 23 alen. De lengte van de proefdieren varieerde van 10 tot 50 cm voor schubvis, en van 55 tot 82 cm voor aal. Geen van de proefdieren raakte beschadigd.

Hongerige Wolf

Bonhof & Wolters, (2010) onderzochten in het najaar van 2010 het Groningse ge-
maal Hongerige Wolf. Van het totaal aantal van 227 gevangen exemplaren raakte 30 procent in meer of mindere mate beschadigd door het opvoerwerk. Ruim 2 procent van de vangst was dodelijk beschadigd. Deze percentages liggen in werke-
lijkheid mogelijk hoger, omdat een deel van de gevangen (kleine) vis in de eerste dagen van het onderzoek het opvoerwerk mogelijk niet daadwerkelijk heeft gepas-
seerd. Deze vis wordt echter wel meegenomen in de categorie onbeschadigd. Er
passeerde één aal het opvoerwerk, deze raakte daarbij zwaar beschadigd. Uiter-
aard kunnen hier geen betrouwbare conclusies aan worden verbonden.

Meerweg

Gemaal Meerweg is voorzien van een gemaalvispassage. Dit is een vismigratievoorziening die inspelt op het natuurlijke gedrag van vissen. De passage is tweeledig: stroboscooplichten houden vissen weg bij de opvoerwerken en omloopkanalen bieden een alternatieve route om de opvoerwerken heen.

Vissen die het opvoerwerk aan de polderzijde benaderen, worden er door de felle lichten van de stroboscoop van weerhouden om de opvoerwerken binnen te zwemmen. In plaats daarvan gaan vissen in het toeleidingskanaal op zoek naar alternatieve passageroutes. Langs beide oevers treffen vissen donkere inzwemkamers aan die zijn verbonden met de zijkanalen. Door een lokstroom die als gevolg van de waterbeweging in de zijkanalen ontstaat, worden de vissen aangetrokken waarna ze via de leidingen voorbij de opvoerwerken worden gevoerd.

Het systeem werd in 2008 geëvalueerd door Witteveen+Bos (Klinge, 2008). Er werd eerst gemeten in de situatie waarbij de gemaalvispassage niet in werking was. In deze situatie bedroeg de schade aan de totale vangst 18,3 procent. Van alle gevangen schubvissen raakte 18,1 procent beschadigd. Twee van de vier passerende alen raakten beschadigd. Dit aantal is onvoldoende om statistische uitspraken te doen.

Vervolgens werd de combinatie met de omloopkanalen en stroboscooplampen getest op vis schade. Het sterftepercentage aan schubvissen bedroeg 0,6 procent. Alle 150 tijdens de testperiode passerende alen waren onbeschadigd. Van de totale vangst was 0,6 procent beschadigd. Er werd in beide situaties geen onderscheid gemaakt tussen beschadigde en dode vissen.

3.6.3 Literatuurlijst van overig uitgevoerd onderzoek

- Arcadis, 2007. Onderzoek vismigratie gemaal Verdoold. Rapport Arcadis i.o.v. Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard.
- Arntz J. & M. Aragon, 2009. Monitoring van visaanbod, beschadiging en sterfte in relatie tot stroomafwaartse vismigratie bij gemaal Maelstede, Tauw, 4548106.
- Bonhof, G.H. & G. Wolters. 2010. Onderzoek vis schade gemaal Hongerige Wolf. Rapport 2010-010, Koeman en Bijkerk bv, Haren i.o.v. Waterschap Hunze en Aa's.
- Klinge, M., 2008. Evaluatie van de gemaalvispassage in gemaal Meerweg te Haren. Rapport Witteveen+Bos i.o.v. Waterschap Hunze en Aa's.

-
- Kruitwagen, G., Klinge, M., 2010 (1).** Monitoring van vismigratie bij gemaal J.L. Hoogland en de Johan Friso-sluis. Rapport Witteveen+Bos i.o.v. Wetterskip Fryslân.
- Kruitwagen, G., Klinge, M., 2010 (2).** Monitoring van vismigratie bij 4 potentiële migratiekelpunten, voor- en najaarsonderzoek 2009. Rapport Witteveen+Bos i.o.v. Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard.
- Kruitwagen, G., Klinge, M., 2010 (3).** Monitoring van vismigratie bij de gemalen Hoekpolder en Aalkeet buitenpolder. Najaarsonderzoek 2009. Rapport Witteveen+Bos i.o.v. Hoogheemraadschap van Delfland.
- Kruitwagen, G., Klinge, M., 2008.** Sterfte van schieraal door gemaal Ijmuiden, onderzoeksjaar 2008. Rapport Witteveen+Bos i.o.v. Rijkswaterstaat Noord-Holland.
- Kruitwagen, G., Klinge, M., 2009.** Sterfte van schieraal door gemaal Ijmuiden, onderzoeksjaar 2009. Rapport Witteveen+Bos i.o.v. Rijkswaterstaat Noord-Holland.
- Vriese, F.T., 2009.** Onderzoek naar de visveilige axiaalpompe en buisvijzel. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2009_19.
- Vriese, F.T., 2010.** Nulmeting schadeprofiel gemaal Offerhaus. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2009_45.

3.7 OVERZICHTSTABEL ONDERZOCHE GEMALEN

Op basis van de resultaten van het onderzoek is een 'Overzichtstabel onderzochte gemalen' opgesteld. De Overzichtstabel onderzochte gemalen is een tabel waarin per type opvoerwerktuig - onderverdeeld naar pompcapaciteit - de beschikbare technische en ecologische informatie is samengebracht. Het betreft onder meer: capaciteit, opvoerhoogte, toerental, schadepercentages, zowel totaal als onderverdeeld naar lengteklassen en visfamilie (aal, baarsachtigen, karperachtigen) en mate van passeerbaarheid. De Overzichtstabel onderzochte gemalen is opgenomen in [bijlage 2](#).

3.8 GEMALENWIJZER

De Gemalenwijzer, opgesteld na afronding van dit onderzoek, gaat nog een stap verder dan de Overzichtstabel onderzochte gemalen. Het biedt waterbeheerders bij renovatie of nieuwbouw van gemalen de mogelijkheid de mate van visvriendelijkheid mee te wegen bij de selectie van opvoerwerktuigen. De Gemalenwijzer biedt een richtinggevend advies dat gebaseerd is op de uitkomsten van het gemalenonderzoek, waaronder de Overzichtstabel onderzochte gemalen. Het advies wordt gegeven op basis van belangrijke kenmerken als gewenste opvoerhoogte, capaciteit en visvriendelijkheid.

H4 DISCUSSIE

4.1 PLANNING EN REALISATIE

Bij de opzet van het fase 3 praktijkonderzoek (Kroes *et al.*, 2009) werd ingezet op standaardisatie van het veldwerk, wat betreft methodiek, te gebruiken netten en te leveren inspanning. Door het beperkte wateraanbod bleek vooral het laatste niet in alle gevallen uitvoerbaar. Hierdoor liep de bemonsteringsduur bij de verschillende opvoerwerken sterk uiteen. Zo kon de totale duur van de bemonstering bij kleine opvoerwerken verschillen met meer dan een factor 10 en bij de grote opvoerwerken met een factor 4.

Hoewel de resultaten zijn gestandaardiseerd naar vangst per tijdseenheid, heeft dit gegeven toch extra variatie in de gegevens geïntroduceerd. Uiteindelijk komt het er op neer dat de mogelijkheden om statistische uitspraken te doen, worden beperkt. Naast deze extra variatie is er de natuurlijke variatie als gevolg van het verschil in aanbod en passagemogelijkheden bij het opvoerwerk.

4.2 BEPALING VAN HET VISAANBOD BIJ DE OPVOERWERKEN

In het onderzoek is getracht een beeld te krijgen van het visaanbod voor het opvoerwerk. Dit geeft een idee van de totale hoeveelheid vis die bij een opvoerwerk aankomt en van het aandeel dat een opvoerwerk ook passeert. Hierbij moet worden opgemerkt dat de omstandigheden voor de instroomzijde van het opvoerwerk het niet toelieten om alle vis op te vangen, zoals aan de uitstroomzijde.

Vervuiling van de fuiken aan de instroomzijde maakte het noodzakelijk dat de fuiken met de opening naar het opvoerwerk werden geplaatst. De gevangen vis betrof hierdoor individuen die van het opvoerwerk weer in stroomopwaartse richting wegzwommen.

De vangsten in de passage- en aanbodnetten (gecorrigeerd voor de visserij-inspanning) bleken niet aan elkaar te zijn gecorreleerd. De vraag is of dit uiteindelijk te verwachten was. Zowel de passagenetten, als de aanbodnetten kunnen worden gezien als vangtuigen met een geheel eigen selectiviteit, waarmee een ander beeld van de visstand ter plaatse tot stand komt. Zo verschilden de vangsten in de aalfuiken en de visfuiken significant van elkaar als het ging om de verhouding tussen kleine vis (<15 cm) en grotere vis (>15 cm). In de visfuiken werd bijna drie keer zoveel grotere vis gevangen dan in de aalfuiken.

Niettemin kan er aan de hand van het verschil in vangsten tussen aanbod- en passagenetten toch een belangrijke conclusie worden getrokken. Er bleek een verschil wat betreft de verhouding grote en kleine vis. In de *aanbodnetten* werd een significant groter aandeel (27 procent) grote vis aangetroffen dan bij de *passagenetten* (3 procent). Dit wijst er op dat vis >15 cm maar in beperkte mate kan of wil passeren en opvoerwerken daarmee een barrière vormen voor (stroomafwaartse) migratie.

4.3 VISFAMILIE- EN LENGTEAFHANKELIJKE STERFTE

De vangsten werden, zowel qua aantal als biomassa, sterk gedomineerd door kleine vis. Dit heeft gevolgen voor de reikwijdte van de conclusies die getrokken kunnen worden per vissoort, visfamilie en lengteklasse. Voor een nauwkeurige bepaling van het sterftepercentage zijn voor de meest voorkomende groepen, te weten: karperachtigen <15 cm en baarsachtigen <15 cm, voldoende exemplaren gevangen. Voor de categorie vis >15 cm is dit slechts beperkt mogelijk gebleken. Dit gaat zeker op voor de aal waarvan voor slechts 10 opvoerwerken voldoende aantallen werden gevangen.

Van de opvoerwerken die wel in aanmerking kwamen voor statistische toetsing, werd het onderlinge verband, met betrekking tot het sterftepercentage, onderzocht tussen visfamilies van verschillende lengteklassen (vis >15 cm en vis <15 cm). Hieruit bleek dat er een positieve correlatie is voor het sterftepercentage tussen alle visfamilies en lengtegroepen, met uitzondering van de alen. Dit wil zeggen dat als de sterfte bij kleine karperachtigen of baarsachtigen hoog is, deze ook hoog is bij grote karperachtigen of baarsachtigen.

Dat het sterftepercentage bij aal geen correlatie heeft met het sterftepercentage van de andere visfamilies is wellicht te wijten aan het kleine aantal opvoerwerken waar voldoende aal is gevangen. Hieruit zou kunnen worden geconcludeerd dat kan worden volstaan met het bepalen van één sterftepercentage voor alle vissen, omdat de sterfte van de diverse soortgroepen en lengteklassen in dezelfde richting varieert. Over de mate waarin de sterfte toeneemt, is hiermee echter nog niets gezegd. Bovendien doen we hier een uitspraak op basis van het resultaat van meerdere opvoerwerken. Zoals uit de data blijkt, kan een individueel opvoerwerk hier significant van afwijken, zodat elk opvoerwerk ook op individueel niveau zal moeten worden beoordeeld.

Het ligt verder voor de hand dat vissterfte bij opvoerwerken lengteafhankelijk is. Immers, hoe groter de vis, hoe groter de kans op botsing met bewegende delen bij het passeren van het opvoerwerk. De resultaten zijn echter niet eenduidig voor alle opvoerwerken.

Bij de visvriendelijke opvoerwerken komt lengteafhankelijkheid van vissterfte niet tot uitdrukking. In belangrijke mate heeft dit te maken met de aard van de constructie. Zo heeft de *Faunapomp* (ref. 26) in het geheel geen bewegende delen, waarmee botsing dan ook is uitgesloten.

De *visvriendelijke Hidrostaal* (ref. 16) en de *AmarexKRT(D)* (ref. 15) hebben een zogenaamde eenkanaalswaaier waarvan de punt achter de rand van de toevoerleiding draait. Dit geeft een minimale kans op botsing, waarbij bovendien een aaneengesloten doorgang door het opvoerwerk wordt geboden. Zelfs grote alen van 60 cm kunnen hierdoor ongeschonden passeren.

In meer of mindere mate geldt dit ook voor de buisvijzel *Zwanburgerpolder* (ref. 22) en de De Witvijzel *Vleuterweide* (ref. 23). Ook hier reduceren specifieke aanpassingen aan de opvoerwerken de botsingskans, met als gevolg minder vissterfte. Ook de grote vijzels *Overwaard* (ref. 25) en *De Wenden* (ref. 24) laten geen lengteafhankelijkheid van vissterfte zien. Hoewel deze vijzels geen specifieke aanpassingen hebben voor visvriendelijkheid, leiden de grote capaciteit en dus grote dimensies tot veel vrije ruimte voor vis in het opvoerwerk, waardoor de kans op (lengteafhankelijke) vissterfte vermindert.

Bij opvoerwerk *De Zilk* (ref. 17) is de vissterfte wel lengteafhankelijk, maar dit betreft dan ook eigenlijk een schroefpomp met een aanpassing voor visvriendelijkheid gebaseerd op een heel ander principe, namelijk de omgekeerde waterstroming (wegjagen van vis voordat het opvoerwerk vol in bedrijf gaat). Het opvoerwerk zelf wordt daardoor echter niet veiliger.

Voor centrifugaal- en schroefcentrifugaalpompn geldt dat er in het onderzoek soms wel lengteafhankelijkheid van vissterfte werd geconstateerd en soms niet. Een en ander is terug te voeren op de capaciteit. Bij opvoerwerken met een grote capaciteit (*Schilthuis* (ref. 20) en *Tonnekreek* (ref. 19)) komt de lengteafhankelijkheid niet tot uitdrukking. Bij de kleine opvoerwerken wel (*Willem-Alexander* (ref. 18) en

B.B. Polder (ref. 14)). Ook speelt de constructie een rol. Zo bleek bij gemaal *Duifpolder* (ref. 1), een oud opvoerwerk, geen lengteafhankelijkheid. De waaier van de pomp heeft slechts twee bladen, waardoor de botsingskans wellicht aanzienlijk wordt gereduceerd.

Voor de overige typen opvoerwerktuigen, de gesloten schroefpompen (gewoon en compact) en de open schroefpompen bleek in het onderzoek duidelijk een lengteafhankelijkheid van vissterfte. In sommige gevallen was dit extreem, waarbij de vissterfte in het lengtebereik van 15-30 cm oploopt van enkele procenten tot praktisch 100 procent. Het belang van deze constatering zit in het feit dat, mocht het zo zijn dat bijvoorbeeld slechts een gering aantal alen is gepasseerd (met een hoge vissterfte) en het sterftepercentage met geringe nauwkeurigheid kon worden vastgesteld, er toch vanuit kan worden gegaan dat de betreffende opvoerwerken erg schadelijk zijn voor deze soort (en overige grote vis).

Bij de conventionele hidrostals (ref. 12, 13) werd geen goed beeld van lengteafhankelijkheid van vissterfte verkregen (in de zin van grotere lengte gepaard met grotere vissterfte). Het lijkt bij dit type opvoerwerk juist zo dat in de kleinere lengteklasse meer vissterfte optreedt.

Verder mag worden geconstateerd dat de geringe bereidheid van grotere vis om door de opvoerwerken te zwemmen (of de beperkte mogelijkheden daartoe) in aanzienlijke mate bijdraagt aan de relatief geringe vissterfte (in biomassa) in het onderzoek. Zou grotere vis veel makkelijker passeren dan nu is gebleken, dan zou zeker voor de typen opvoerwerktuigen met lengteafhankelijke vissterfte het sterftepercentage hoger uitvallen. Er moet in dit verband rekening mee gehouden worden dat grote vis tijdens de paaitijd meer gemotiveerd is om te passeren.

4.4 UITGESTELDE STERFTE

De resultaten van het onderzoek geven aan dat uitgestelde sterfte voor vis <15 cm, een niet te onderschatten aspect is. Vooral bij de karperachtigen <15 cm trad bij een aantal opvoerwerken substantiële uitgestelde sterfte op. Hoewel er weinig grote vis werd ingezet in het experiment met uitgestelde sterfte, mag ook voor vis >15 cm worden aangenomen dat uitgestelde sterfte hier een rol speelt. Er zijn echter te weinig opvoerwerken onderzocht om een uitspraak te doen over de onderlinge verschillen tussen de opvoerwerken.

4.5 FACTOREN VAN INVLOED OP DE PASSAGE DOOR OPVOERWERKTUIGEN

4.5.1 Vispasseerbaarheid

De factoren die mogelijk van invloed zijn op de omvang van de passage van vis door de opvoerwerken, zijn stroomsnelheid, dimensies van het krooshek en het geluid dat wordt geproduceerd door de opvoerwerken.

Stroomsnelheid

Er is een significante correlatie tussen de stroomsnelheid voor het krooshek en het aandeel vis <15 cm dat het opvoerwerk passeert. Deze correlatie werd niet gevonden bij vis >15 cm. Op zich kan dit worden verklaard uit het zwemvermogen van de vis. Kleine vis is minder in staat zich te onttrekken aan stroming dan grotere vis. Aan de andere kant, de gevonden stroomsnelheden zijn niet bijzonder hoog. Ook kleinere vis zou (weliswaar in mindere mate) zich hier tegen moeten kunnen verzetten.

Het is aannemelijk dat vooral in troebel water en 's nachts, het gebrek aan visuele oriëntatie een rol speelt. Grotere vis heeft vaker een bodemgebonden levenswijze en maakt daarbij gebruik van tactiele prikkels (het met de vinnen voelen van de bodem) voor de oriëntatie.

Vrije doorgang krooshek

De afmeting van de vrije doorgang van een krooshek is bepalend voor de mogelijkheid om als vis het opvoerwerk te passeren. Op basis van de gevonden resultaten van het onderzoek, mag worden aangenomen dat het krooshek alleen voor de allergrootste (dikste) vissen een barrière kan vormen. Een voorzichtige conclusie is dat de barrièrewerking vrijwel nihil is voor de meest algemene vrije doorgang van 8 cm en groter.

Onderwatergeluid

De geluidsintensiteit bij de opvoerwerken laat geen correlatie zien met de passage van vis. Het verschil in geluidsintensiteit bij de opvoerwerken was maximaal ongeveer 40 procent voor beide frequentiegebieden. Onduidelijk is of dat voldoende is om een duidelijke reactie van de vis op het geluid op te wekken. Daarnaast kan het zo zijn dat er wel een reactie is, maar dat deze niet uit de resultaten blijkt omdat doortrek als gevolg van verschillen in het aanbod van vis voor de opvoerwerken een grotere variatie vertoont (er bleek tenslotte ook geen correlatie tussen aanbod en doortrek). Daarmee zou het geluidseffect gemaskeerd kunnen worden.

4.5.2 Visoverleefbaarheid

Factoren die mogelijk van invloed zijn op de visoverleefbaarheid, zijn toerental, opvoerhoogte, capaciteit, drukverloop, turbulentie en versnelling.

Toerental & opvoerhoogte

Het toerental van een opvoerwerk bleek een significante correlatie te vertonen met de omvang van de vissterfte. Het toerental vertoonde eveneens een significante (maar geringere) correlatie met de opvoerhoogte. Hoe meer druk overwonnen moet worden, hoe meer toeren gemaakt moeten worden om dit te bewerkstelligen, waarbij het gekozen toerental een resultante is van de specifieke situatie waarbij water moet worden verpompt. Opvoerhoogte en capaciteit bleken niet gecorreleerd met de omvang van de vissterfte.

Deels hebben deze uitkomsten te maken met de selectie van opvoerwerken die zijn gekozen en de specifieke karakteristieken van de betreffende pompen (die min of meer los staan van de indeling van de opvoerwerken in typen). In algemene termen kan echter wel geconstateerd worden dat keuze van een zo laag mogelijk toerental bij een zo groot mogelijke capaciteit van het opvoerwerk leidt tot een geringere kans op vissterfte.

Druk, turbulentie en versnelling

Voor wat betreft het drukverloop, de optredende versnelling en turbulentie bij passage door het opvoerwerk kon er geen correlatie met vissterfte worden gevonden. Hier spelen twee aspecten een rol.

In de eerste plaats was het aantal opvoerwerktuigen waar metingen konden worden uitgevoerd, beperkt. De opvoerwerken met de meest extreme condities voor passage konden hierdoor niet worden getest. In de tweede plaats zullen zaken als druk en turbulentie zich niet direct laten vertalen in zichtbare vissterfte. Druk kan inwendige schade veroorzaken, die pas later tot de dood van de vis kan leiden.

Effecten hadden tot uitdrukking kunnen komen bij het onderzoek naar uitgestelde sterfte. Deze experimenten zijn echter maar bij een paar opvoerwerken uitgevoerd waarbij ook drukgegevens zijn gemeten, zodat daar verder geen uitspraak over kan worden gedaan. Turbulentie heeft in het bijzonder invloed op de oriën-

tatie van de vis en kan leiden tot verhoogde predatie door vogels en roofvis. Ook dit aspect is niet nader bestudeerd, zodat voor de factoren druk, versnelling en turbulentie voorsnog geldt dat het theoretische schadefactoren zijn.

H5 CONCLUSIES



1 WEINIG GROTE, VEEL KLEINE VIS GEVANGEN

In totaal zijn er meer dan een kwart miljoen vissen gevangen. Ondanks dit grote aantal, werden voor veel categorieën te weinig vissen gevangen om een statistisch gefundeerde uitspraak te doen over alle aspecten van het onderzoek. Zo werden voor categorie 'vissen >15 cm' slechts een kleine 3000 vissen gevangen. Naar aanleiding hiervan is besloten de analyse en de conclusies van het onderzoek te richten op een beperkt aantal visfamilies, verdeeld over twee lengteklassen (vis >15 cm en vis <15 cm): karperachtigen, baarsachtigen en alen. De paling is, ondanks de lage vangstaantallen (<1100 stuks) meegenomen in de analyses in verband met de ecologische en economische waarde van de vissoort.

Ondanks deze groepering kon alsnog niet bij alle opvoerwerken en elke groep een uitspraak worden gedaan met betrekking tot het sterftepercentage.

2 AANBOD EN PASSAGE GEMETEN

In het onderzoek is zowel de *passage* door het opvoerwerk, als het *aanbod* bij de aanstroomzijde van het opvoerwerk gemeten. Hierbij moet worden aangetekend dat de passage een scherp beeld geeft van alle doorgevoerde vis, aangezien voor deze bemonstering een hermetisch gesloten vangconstructie is gebruikt. Bij de bemonstering van het aanbod was dit niet het geval, zodat hiervan een onvolledig beeld is gevormd.

3 GEMIDDELDE STERFTEPERCENTAGE EN AFZONDERLIJKE STERFTEPERCENTAGES

Het gemiddelde sterftepercentage over alle opvoerwerken was ca.11 procent voor vis <15 cm en 35 procent voor vis >15 cm. Er was echter sprake van een grote variatie in het sterftepercentage tussen opvoerwerken onderling. In beide lengteklassen waren baarsachtigen het minst kwetsbaar, gevolgd door de karperachtigen. Door de beperkte vangst aan alen, was het sterftepercentage slechts bij 10 opvoerwerken vast te stellen. Het sterftepercentage varieerde tussen de 10 procent en 50 procent, met het zwaartepunt tussen de 10 procent en 25 procent.

4 LENGTEAFHANKELIJKHEID EN VISSTERFTE

Een relatie tussen lengteafhankelijkheid en vissterfte ligt voor de hand, omdat de kans op botsing met bewegende delen voor grote vis groter is dan voor kleine vis. Maar de resultaten waren niet eenduidig voor alle opvoerwerken. Bij de gesloten schroefpompen (gewoon en compact), open schroefpompen en conventionele

hidrostals was sprake van een lengteafhankelijkheid van vissterfte. In sommige gevallen was dit extreem, waarbij de vissterfte in het lengtebereik van 15-30 cm opliep van enkele procenten tot praktisch 100 procent. Voor (schroef)centrifugaalpompen werd bij een aantal opvoerwerken een lengteafhankelijke sterfte vastgesteld. Bij de overige typen opvoerwerktuigen kon geen lengteafhankelijke sterfte worden vastgesteld.

5 UITGESTELDE VISSTERFTE

Uitgestelde vissterfte is een niet te onderschatten aspect, bleek uit het onderzoek. De sterftepercentages kunnen in werkelijkheid dan ook hoger uitvallen dan de in dit onderzoek gemeten directe schade. Aangenomen mag worden dat onder baarsachtigen en vooral karperachtigen <15 cm een substantiële uitgestelde sterfte optreedt. In het onderzoek is onvoldoende vis >15 cm in bewaring gehouden om een uitspraak te doen over uitgestelde sterfte.

6 RELATIE TYPE OPVOERWERKTUIG EN VISSTERFTE

Duidelijk is geworden dat niet bij voorbaat een uitspraak kan worden gedaan over de schadelijkheid van één specifiek opvoerwerktuig. Binnen één type opvoerwerktuig werden grote verschillen geconstateerd tussen opvoerwerktuigen met verschillende capaciteit. Niettemin kon worden aangetoond dat de minst visvriendelijke typen opvoerwerktuigen moeten worden gezocht in de categorieën open en gesloten en gesloten (compacte) schroefpompen, zoals werd aangenomen. Aan de hand van het sterftepercentage is een nieuwe indeling gemaakt.

7 VISPASSEERBAARHEID EN KROOSHEK

Met betrekking tot de vispasseerbaarheid in relatie tot de vrije doorgang bij het krooshek, kan worden geconcludeerd dat er in het onderzoek nauwelijks sprake was van een barrièrewerking. Bij de meest gangbare doorgang van 8 cm, was brasm tot ruim 55 cm in staat het krooshek te passeren.

8 VISPASSEERBAARHEID EN INDIVIDUELE OPVOERWERKEN

Met betrekking tot de vispasseerbaarheid kon geen uitspraak worden gedaan over individuele opvoerwerken. Aangenomen mag worden dat de variatie ten gevolge van de bemonsteringstechniek, de variatie in het lokale visaanbod overtrof. Een duidelijke aanwijzing hiervoor was dat er geen enkel verband kon worden aangetoond tussen de vangsten in de passagenetten en de aanbodnetten.

Niettemin kon uit het verschil tussen de vangsten in de passagenetten en de aanbodnetten, worden afgeleid dat opvoerwerken een barrière vormen voor grote visen. Het percentage grote vis (t.o.v. kleine vis) was in de aanbodnetten het hoogst, zodat minder grote vis passeerde dan werd verwacht op basis van de vangst in de aanbodnetten. De gevangen aantallen per opvoerwerk waren echter weer te klein om op basis van dit kwalitatieve verschil onderling onderscheid te maken tussen opvoerwerken.

9 TOERENTAL OPVOERWERKTUIGEN

Een aantal factoren kan van invloed zijn op de visoverleefbaarheid. Met uitzondering van het toerental kon voor geen van de onderzochte factoren verband worden gelegd met het sterftepercentage. Toerental moet dan ook worden gezien als de meest bepalende factor.

10 DRUK EN VERSNELLING BIJ VISPASSAGE OPVOERWERKTUIG

Factoren zoals druk en versnelling binnen in een opvoerwerktuig, kunnen op langere termijn sterfte veroorzaken. De experimenten waarbij met de Sensor Fish deze druk en versnelling werden gemeten, werden echter maar bij enkele opvoerwerken uitgevoerd om te voorkomen dat er teveel van deze meetinstrumenten beschadigd of zoek zouden raken. De vermeende dodelijke effecten van druk en versnelling konden daarom niet nader worden getoetst.

11 VISVEILIGE OPVOERWERKTUIGEN

Het onderzoek heeft duidelijk gemaakt dat er echt visveilige opvoerwerktuigen bestaan die in veel situaties goed inzetbaar zijn. Voorbeelden zijn faunapomp, de visvriendelijke hidrostal en de AmarexKRT(D) voor situaties waarin geen grote capaciteit is vereist (kleinere poldergemalen). Een ander alternatief is een visveilige axiaal (schroef)pomp. Deze pomp is eerder onderzocht in een proefopstelling.

Wanneer grotere capaciteiten zijn vereist, lijken vijzels in het algemeen en buisvijzels en De Witvijzels in het bijzonder, goede mogelijkheden te bieden met betrekking tot visveiligheid. Meer recent is de gemaalvispassage ontwikkeld. Hierbij wordt een opvoerwerk, naast de conventionele opvoerwerktuigen, voorzien van een alternatieve passagemogelijkheid. Met stroboscooplampen wordt de vis bij de conventionele opvoerwerken vandaan gehouden.

H6 AANBEVELINGEN

6.1 BEHEER

Het onderzoek heeft, zoals in [hoofdstuk 5](#) al is aangegeven, duidelijk gemaakt dat er visveilige opvoerwerktuigen bestaan die in veel situaties goed ingezet zouden kunnen worden. Denk hierbij aan de faunapomp, de visvriendelijke hidrostal en de AmarexKRT(D) pomp voor situaties waarin geen grote capaciteit is vereist (kleinere poldergemalen). Wanneer grotere capaciteiten zijn vereist, lijken buisvizels en De Witvizels goede mogelijkheden te bieden met betrekking tot visveiligheid. Ook conventionele vizels blijken op grond van het onderzoek veilig, wanneer deze een grote capaciteit hebben.

Over het algemeen kan worden gesteld dat de meeste vissen het opvoerwerk passeren als het opvoerwerk net wordt opgestart. Vis verzamelt zich vaak in de beschutting van het opvoerwerk of bevindt zich in de pompkelder. Bij de start van de bemaling worden de vissen verrast door de stroming en door de pomp opgezogen. In het algemeen is het daarom raadzaam minder vaak op te starten en langer te malen. Dit is mogelijk indien grotere peilschommelingen in een gebied zijn toegestaan.

Er zijn aanwijzingen dat invallende duisternis ertoe leidt dat veel vis juist enige tijd na de start van het opvoerwerk passeert. Afnemende oriëntatie zou hiervoor een verklaring kunnen zijn. Maar ook moet rekening worden gehouden met de onstuitbare migratiedrang van vooral schieraal. Kortstondig omgekeerd malen is deels een oplossing om schade aan vis te voorkomen. Met name aan vissen zonder migratiedrang die zich bij het opvoerwerk ophouden en na het opstarten plots ongewild worden ingezogen. Het opvoerwerk zelf wordt daardoor echter niet visveiliger en vissen, met name soorten met een grote migratiedrang (o.a. aal), zullen uiteindelijk toch het opvoerwerk willen passeren.

6.2 VERVOLGONDERZOEK

Hoewel het onderzoek uit fase 3 was bedoeld om de kennishiaten in te vullen, blijven er witte vlekken bestaan. De Overzichtstabel onderzochte gemalen geeft een goed beeld van de nog ontbrekende informatie en kan richtinggevend zijn bij eventueel vervolgonderzoek.

a Focus op grotere vissen

Duidelijk is dat bij uitbreiding of herhaling van het onderzoek naar het sterfteper-

centage de focus meer moet komen te liggen op grote vissen. Aangeraden wordt om niettemin wel de verhouding tussen vis <15 cm en vis >15 cm vast te stellen.

b Aandacht voor uitgestelde sterfte

De resultaten in [tabel 3.10](#) geven aan dat uitgestelde sterfte voor vis <15 cm een niet te onderschatten aspect is. Voor vis >15 cm kan deze conclusie niet worden getrokken, omdat er te weinig resultaten zijn om dit te onderbouwen. Gezien de relatief hoge directe schade aan vis >15 cm mag aangenomen worden dat de uitgestelde bij deze groep minimaal hetzelfde zal zijn als bij vis <15 cm. Uitgestelde sterfte zal daarom meer aandacht moeten krijgen bij herhaling of uitbreiding van het onderzoek.

De resultaten zijn vooral van belang, omdat een aantal kenmerken van het opvoerwerk tot verborgen en op langere termijn dodelijke, schade kan leiden. Voorbeelden zijn het verloop in druk en versnelling tijdens de passage door het opvoerwerk. Maar ook het effect van opvoerhoogte of capaciteit van het opvoerwerk hoeft zich niet per se te vertalen in zichtbare schade en directe sterfte.

c Inzet van Sensor Fish en dummy's

De Sensor Fish is een waardevol meetinstrument, mits daarbij ook uitgestelde schade wordt bepaald. Door de Sensor Fish gemeten factoren als druk(verschillen) en versnelling, kunnen op langere termijn namelijk sterfte veroorzaken. Maar om dat te kunnen bepalen en mogelijk te kwantificeren, is de tijdelijke opslag van gepasseerde vis essentieel.

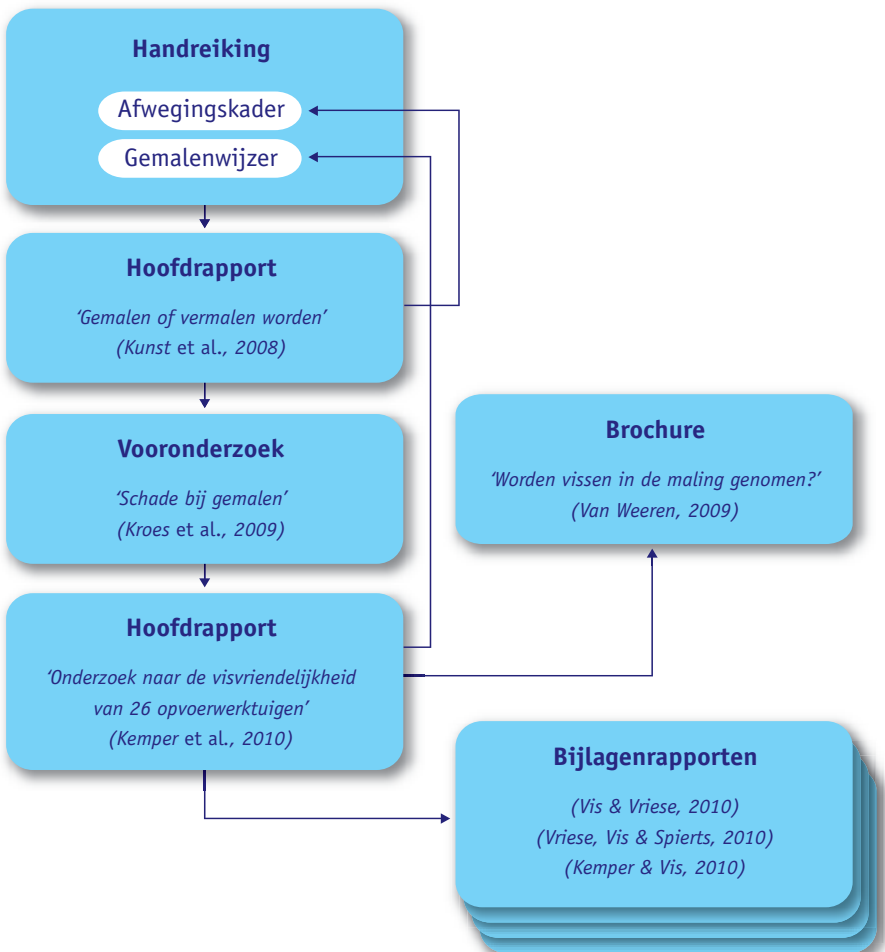
Ondanks het feit dat er geen significant verband is aangetoond tussen de schade aan dummy's en het sterftepercentage, is het evident dat schade aan dummy's iets zegt over de visoverleefbaarheid van een opvoerwerk. De inzet van dummy's lijkt dan ook een bruikbaar alternatief voor het bepalen van schadeprofielen. Wel is belangrijk te realiseren dat het schadepercentage sterk afhankelijk is van de afmetingen van de dummy's.

d Ontwikkeling standaard bepaling sterftepercentage

Uit het onderzoek is naar voren gekomen dat de mate van visvriendelijkheid van opvoerwerken afhankelijk is van veel (individuele) aspecten. Belangrijk onderdeel van de beoordeling is vooral de bepaling van het sterftepercentage bij het desbe-

treffende opvoerwerk. Aangeraden wordt om hiervoor een standaard te ontwikkelen, zodat alle toekomstige monitoringen op dezelfde wijze worden uitgevoerd. Bijzondere aandacht moet worden besteed aan de bepaling van het aanbod voor het opvoerwerk. De gehanteerde methode in dit onderzoek moet worden aangescherpt. Hierbij kan worden gedacht aan het volledig afsluiten van de toevoerleiding aan de stroomopwaartse zijde van het opvoerwerk.

Fig 6.1 OVERZICHT INDELING RAPPORTEN



H7 LITERATUURLIJST



-
- **Clopper, C.J. and E.S. Pearson, 1934.** The use of confidence or fiducial limits illustrated in the case of the binomial. *Biometrika* **26**: 404-413.
 - **Dekker W., 2009.** De toestand van de Nederlandse aalstand en aalvisserij in 2009. IMARES rapport C098/09.
 - **EPRI, 1999.** Electric Power Research Institute. 1999. Fish Protection at Cooling Water Intakes: Status Report, EPRI TR-114013.
 - **EPRI, 2002.** Evaluating the Effects of Power Plant Operations on Aquatic Communities. An Ecological Risk Assessment Framework for Clean Water Act §316(b) Determinations. 1005337. Final Report, July 2002.
 - **Hop, J., 2009.** Visonderzoek migratiekelpunten. Fase I Najaarsonderzoek. Projectnummer 20080894. In opdracht van Waterschap Zuiderzeeland. ATKB, Geldermalsen.
 - **Kemper J.H., I.L.Y. Spierts & H. Vis, 2010.** Fysische omstandigheden bij opvoerwerken in relatie tot vis. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2009_33.
 - **Kroes, M.J., F.T. Vriese & J. Kampen, 2009.** Schade bij gemalen Fase 3 Vooronderzoek. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2009_11.
 - **Kunst, J.M., B. Spaargaren, F.T. Vriese, M.J. Kroes, C. Rutjes, E. van der Pouw Kraan, & R.R. Jonker, 2008.** Gemalen of vermalen worden. Onderzoek naar visvriendelijkheid van gemalen. Projectnummer: 253293, Referentienummer: I&M-99065369-MK. Grontmij BV en VisAdvies BV. i.o.v. STOWA.
 - **Sokal, Robert R. & F. James Rohlf, 1969.** Biometry. W.H. Freeman and Company, New York. ISBN 0-7167-1254-7.
 - **Weeren, B.J. van, 2010.** Worden vissen in de maling genomen? Samenvatting van het STOWA-onderzoek naar de mogelijke schade aan vissen bij het passeren van gemalen. STOWA-rapportnummer 2010-21. ISBN 978.90.5773.480.9.
 - **Vis, H. & F.T. Vriese, 2010.** Bijlagenrapport 10 Visvriendelijke hidrostal en Amarex KRT. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2009_33(9).
 - **Vriese, F.T., 2010.** Nulmeting schadeprofiel gemaal Offerhaus. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2009_45.

BIJLAGEN



BIJLAGE I

BIJLAGENRAPPORTEN

In het kader van fase 3 van het onderzoek zijn, naast dit hoofd rapport, de volgende bijlagenrapporten opgesteld:

Bijlagenrapport 1	Algemene informatie onderzochte opvoerwerken
Bijlagenrapport 2	Fysische omstandigheden bij opvoerwerktuigen in relatie tot vis
Bijlagenrapport 3	Vijzels & Faunapomp
Bijlagenrapport 4	Centrifugaalpomp
Bijlagenrapport 5	Schroefcentrifugaalpomp
Bijlagenrapport 6	Hidrostaalpompen
Bijlagenrapport 7	Gesloten schroefpompen (compact)
Bijlagenrapport 8	Gesloten schroefpompen
Bijlagenrapport 9	Open schroefpompen
Bijlagenrapport 10	Visvriendelijke Hidrostaal en AmarexKRT(D)

De bijlagenrapporten zijn als pdf te downloaden vanaf stowa.nl | [Producten](#), of te bestellen als POD-document.

BIJLAGE II

DE OVERZICHTSTABEL ONDERZOCHE GEMALEN

De Overzichtstabel onderzochte gemalen is een tabel waarin per type opvoerwerktuig - onderverdeeld naar pompcapaciteit - de beschikbare technische en ecologische informatie is samengebracht. Het betreft onder meer: capaciteit, opvoerhoogte, toerental, schadepercentages, zowel totaal als onderverdeeld naar lengteklassen en visfamilie (aal, baarsachtigen, karperachtigen) en mate van passeerbaarheid.

Hieronder een korte toelichting.

a Sterftepercentages

Voor het bepalen van de sterftepercentages per opvoerwerk is gebruik gemaakt van *alle* beschikbare informatie. Het betreft informatie die in fase 2 van het onderzoek is geïnventariseerd (Kunst *et al.*, 2008), informatie uit het onderzoek dat in het kader van fase 3 is uitgevoerd én informatie uit de studies die gelijktijdig met fase 3 zijn uitgevoerd.

Een beperking bij het opstellen van de Overzichtstabel onderzochte gemalen was dat niet alle informatie op dezelfde wijze is verzameld. Zo is in het ene geval alleen onderscheid gemaakt tussen aal en schubvis, terwijl in ander onderzoek de schubvis verder is onderverdeeld in taxonomische families en lengteklassen. Dit heeft ertoe geleid dat er extra kolommen in de tabel zijn opgenomen om alle relevante data een plaats te geven.

De volgende indeling is aangehouden:

- alen;
- overige vissen (alles behalve aal);
- de totale vangst (aal en schubvis);
- schubvis (<15 cm en >15 cm);
- baarsachtigen (<15 cm en >15 cm);
- karperachtigen (<15 cm en >15 cm).

Tabel

OPVOERWERKEN

Het referentienummer van de opvoerwerken correspondeert met de in het rapport gebruikte nummering.





REF nr.	OPVOERWERK	CATEGORIE	CAP. klasse	CAP. (m ³ /min)	OPVOER (m)	TOEREN (/min)
1	Duifpolder	Centrifugaal pomp	25-50	38	3,5	368
2	Boreel		200-500	400	0,9	205
3	Thabor	Open schroefpomp	0-25	24	0,98	
4	Nijverheid		25-50	40	1,67	580
5	Tilburg		100-200	120	0,1	
6	Makkumermar	Gesloten schroefpomp	0-25	26	3,08	
7	Kortenhoef		50-100	60	0,8	355
8	Meerpolder	Gesloten schroefpomp	25-50	45	2,54	592
9	HZ polder	(compact)	50-100	90	2,7	364
10	Antlia		100-200	135	0,5-1	307
11	Berkel		100-200	105	2,2	291
12	Ypenburg	Hidrostaalpom	0-25	21	3,6	577
13	Wogmeer		25-50	42,5	3,5	552
14	B.B. polder	Schroef-	0-25	24	1,15	
15	AmarexKRT(D) ^{1,2}	centrifugaalpom	0-25	12,5	1,5	480
16	Visvr. Hidrostaal ^{1,2}		0-25	26,4	1,5	400
17	De Zilk (omgek. stroming) ²		25-50	25	0,15	1000
18	Willem-Alexander		50-100	85		416
19	Tonnekreek		100-200	170	1,52	
20	Schilthuis		200-500	350	2,8	115
21	Sudhoeke	Vijzel	0-25	23	0,73	
22	Zwanburgerpolder (Buisvijzel) ²		0-25	10	1,05	42
23	Vleuterweide (De Witvijzel) ²		25-50	42	0,7	42
24	De Wenden		100-200	120	0,3-1,5	29
25	Overwaard		200-500	500	2,2	17
26	Faunapomp ²	Rest	0-25	5		n.v.t.

¹ Opvoerwerktuigen die in een proefopstelling zijn onderzocht.

² Opvoerwerktuigen die als visvriendelijk zijn gekwalificeerd.

b Betrouwbaarheid schatting sterftepercentage

In de tabel is de betrouwbaarheid van de sterftepercentages weergegeven met kleuren.

	Groen:	Het betrouwbaarheidsinterval (BI) rond de schatting is kleiner dan 25 procent (meest betrouwbaar).
	Blauw:	Het betrouwbaarheidsinterval ligt tussen de 25 procent - 50 procent.
	Wit zonder percentage:	Het betrouwbaarheidsinterval is groter dan 50 procent. De schatting is in hoge mate onbetrouwbaar en derhalve niet gepresenteerd. Wanneer de betrouwbaarheid lager is dan 50 procent is deze niet weergegeven in de 'Overzichtstabel onderzochte gemalen'.
	Wit met percentage:	Er is wel een schatting, maar er is geen betrouwbaarheidsinterval bekend.

c Scores Geluid en Sensor Fish

De resultaten van de geluidsmetingen, de testen met de dummy Sensor Fish en de metingen met de Sensor Fish zijn in de Overzichtstabel onderzochte gemalen weergegeven door middel van een score. Hierbij is een onderscheid gemaakt in vijf categorieën, variërend van $\sqrt{\quad}$ (negatief) tot $\sqrt{\sqrt{\sqrt{\sqrt{\sqrt{\quad}}}}$ (positief).

d Geluid

In de rapportage is onderscheid gemaakt tussen de frequentie categorieën 100-300 Hz en 900-1200 Hz. De geluidsscores zijn gebaseerd op een verdeling binnen de hoogste en de laagste geluidsterkte die binnen het onderzoek zijn gemeten. Een hoge geluidsterkte is negatief voor de passeerbaarheid en een lage sterkte is positief. Gezien het feit dat de scores in elk frequentiebereik per gemaal weinig verschillen, is besloten beide samen te voegen tot één score.

e Druk, turbulentie, versnelling

Voor alle drie metingen zijn de scores berekend op basis van de hoogste en laagste score binnen het onderzoek. Een hoge waarde is negatief, een lage waarde is positief.

Turbulentie is gemeten in omwentelingen, versnelling is gemeten in G-krachten. De drukmetingen bestaan uit een weergave van de maximale druk (bar), de drukafname (bar/sec) en de druktoename (bar/sec). Deze drie resultaten zijn samengevoegd tot één score waarin de drie genoemde meetresultaten gelijkwaardig wegen. Door het geven van één score is de beoordeling van de druk gebruiksvriendelijker.

f Dummy Sensor Fish

Alvorens een meting uit te voeren met de Sensor Fish is eerst de passeerbaarheid getest met behulp van een dummy. De resultaten hiervan geven aanvullende informatie over de passeerbaarheid van het opvoerwerk. De scores zijn gebaseerd op een evenredige verdeling waarbij onderscheid is gemaakt in vijf categorieën:

% ONBESCHADIGD	SCORE
0-20	√
20-40	√√
40-60	√√√
60-80	√√√√
80-100	√√√√√

g Voetnoten

- ¹ Opvoerhoogte is variabel, van -1,0 m (negatieve opvoerhoogte) tot +3,80 m (positieve opvoerhoogte). Er is uitgegaan van een gemiddelde.
- ² Opvoerhoogte is variabel, van 0,12 m tot 2,3 m. Er is uitgegaan van een gemiddelde van 0,7 m (database).
- ³ Opvoerhoogte is variabel, van - 0,10 m tot 4,2 m. Er is uitgegaan van een gemiddelde van 1,7 m.
- ⁴ Voorafgaand aan het onderzoek aangemerkt als zijnde visvriendelijk.
- ⁵ Zie toelichting d. Geluid.
- ⁶ Zie toelichting e. Druk, turbulentie en versnelling.
- ⁷ Directe schade, dit betreft de proef met de dummy Sensor Fish.
- ⁸ Energieverbruik op jaarbasis.
- ⁹ Schadepercentage (schade plus dodelijke schade).
- ¹⁰ Omgekeerde stroming (VOPO).
- ¹¹ Inclusief uitgestelde sterfte.
- ¹² Opmoerwerk in combinatie met venturi systeem en stroboscooplampen.
- ¹³ Resultaten nog niet beschikbaar.



**OVERZICHTSTABEL
ONDERZOCHE GEMALEN**

stowa

STICHTING
TOEGEPAST ONDERZOEK WATERBEHEER

stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 033 460 32 00 FAX 033 460 32 01
Stationsplein 89 3818 LE AMERSFOORT
POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

