



Onderzoek naar de visveilige axiaalpompe en buisvijzel

Rapport: VA2009_19

Opgesteld in opdracht van:

FishFlow Innovations

Augustus 2009

door:

Auteur(s):

F.T. Vriese (VisAdvies).

Statuspagina

Titel:	Onderzoek naar de visveilige axiaalpompe en buisvizeel
Samenstelling:	VisAdvies BV
Adres:	Twentehaven 5 3433 PT Nieuwegein
Telefoon:	030 285 1066
Homepage:	http://www.VisAdvies.nl
Opdrachtgever:	FishFlow Innovations
Auteur(s):	F.T. Vriese
E-mail adres:	vriese@VisAdvies.nl
Eindverantwoording	F.T. Vriese
Aantal pagina's:	23
Trefwoorden:	gemalen, opvoerwerken, visveilig
Projectnummer:	VA2009_19
Datum:	21 augustus 2009
Versie:	definitief

Bibliografische referentie

F.T. Vriese (VisAdvies), 2009. Onderzoek naar de visveilige axiaalpompe en buisvizeel. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2009_19, 23 pag.

Copyright: © 2009 VisAdvies BV

Behoudens wettelijke uitzonderingen mag niets uit dit document worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaargemaakt, in enige vorm of op enige wijze hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van VisAdvies BV.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
2	Beschrijving van de pompen.....	6
2.1	Axiaalpompen.....	6
2.2	Vijzelpompen.....	7
3	Aanpak van de praktijkproeven.....	9
3.1	Proefdieren.....	9
3.2	Opstelling.....	9
3.3	Uitvoering van de proeven	13
4	Resultaten.....	15
4.1	Axiaalpomp.....	15
4.2	Buisvijzel.....	16
5	Statistische evaluatie	17
5.1	Methoden.....	17
5.2	Resultaten	18
6	Discussie en conclusies.....	21
7	Literatuur.....	23

1 Inleiding

Diverse onderzoeken hebben uitgewezen dat er veel vissen worden beschadigd en/of gedood bij de passage van conventionele gemaalpompen. FishFlow Innovations heeft twee pompconcepten ontwikkeld waarvan het ontwerp erop gericht is om vissen zonder schade te laten passeren. Het eerste concept betreft een visveilige axiaalpompe. Deze axiaalpompe is door FishFlow Innovations ontwikkeld in samenwerking met Nijhuis Pompen. Het tweede concept betreft een visveilige buisvijzel.

FishFlow Innovations had de behoefte om de visveiligheid van de pompconcepten onafhankelijk vast te laten stellen. In deze rapportage worden de pompproeven beschreven. Bij de uitvoering van de pompproeven is een onafhankelijke waarnemer van VisAdvies BV aanwezig geweest om de resultaten vast te stellen en te rapporteren.

De statistische evaluatie is gedaan door Onno van Tongeren van bureau Data Analyse Ecologie (DATANECO) in samenwerking met Tim Vriese.

2 Beschrijving van de pompen

2.1 Axiaalpompen

Axiaal- of schroefpompen hebben een rotor die uit meerdere bladen bestaat die onder een hoek op een centrale as zijn geplaatst. Het water wordt over de lengterichting van de as aan- én afgevoerd. Door de beroering van het water door de rotor ontstaat in de pomp een turbulente stroming. Om te zorgen dat het water weer laminair (evenwijdig) gaat stromen, worden achter de rotor zogenaamde leischoepen geplaatst. Axiaalpompen worden over het algemeen gekenmerkt door een hoog toerental.

Conventionele axiaalpompen

Uit onderzoeken blijkt dat conventionele axiaalpompen van alle pompconcepten het meeste schade en sterfte onder passerende vissen veroorzaken. Deze schade en sterfte komt met name voort uit botsingen met de rotorbladen en/of de leischoepen.

Axiaalpomp van FishFlow Innovations/Nijhuis Pompen

Het principe van de axiaalpomp van FishFlow Innovations en Nijhuis Pompen berust op een aanpassing van de vorm van zowel de rotor als de leischoepen. De vormgeving van de visveilige waaier is afgeleid van de buisvizel van FishFlow Innovations (zie § 2.2) en berust daarmee op dezelfde principes. Opvallend is dat de waaier een grotere kogeldoorlaat heeft dan een conventionele waaier. Dit wil zeggen dat er meer ruimte tussen de diverse rotorbladen is om voorwerpen te laten passeren. De waaier vorm stuurt water (en vis) door het midden van de waaier en weg van de wanden. Daarnaast zijn de randen van de waaier en leischoepen afgerond om sneden tegen te gaan. In figuur 2.1 zijn de conventionele en visvriendelijke waaier vorm weergegeven.



figuur 2.1 Conventionele waaier vorm (links) en waaier vorm van FFI (rechts)

2.2 Vijzelpompen

Een vijzelpomp, ook wel schroef van Archimedes genoemd, bestaat uit één of meerdere windingen die over de lengte van de vijzel om een centrale as gedraaid zijn. Het begin van deze windingen slaat door het water waardoor water wordt opgepakt. Door het draaien van de vijzel wordt het water geleidelijk omhoog getransporteerd.

Conventionele vijzelpompen

Bij conventionele vijzels loopt de schroef over de volle breedte van de vijzel door tot aan het uiteinde van de vijzel. Het begin van de windingen bestaat daardoor uit rechte vlakken die bij elke omwenteling van de vijzel door het water slaan. Een tik van deze eerste windingen kan vissen ernstig verwonden.

De meeste Nederlandse vijzelpompen zijn uitgevoerd als open vijzels. Hierbij draait de vijzel in een betonnen of metalen goot, de opleider. Hoewel de vijzel voor een optimaal rendement zoveel mogelijk op de opleider moet aansluiten, is er altijd sprake van water dat tussen de vijzel en de opleider terugloopt. Vissen lopen het risico om beschadigd te raken door in de spleet tussen de vijzel en de opleider beklemd te raken. In figuur 2.2 wordt een conventioneel vijzelgemaal weergegeven evenals een detail van het begin van een winding.



figuur 2.2 Voorbeeld van een conventioneel vijzelgemaal met rechts detail van de winding

Buisvijzel van FishFlow Innovations

Fishflow Innovations heeft een aantal aanpassingen gemaakt om schade aan vissen te voorkomen. De eerste aanpassing aan de vijzel is dat de vijzel over de gehele lengte omhuld wordt ('de buis'). Deze omhulling vormt één geheel met de vijzel en draait daardoor mee. Zodoende kan vis niet langer tussen de vijzel en de opleider beklemd raken.

De tweede aanpassing betreft de vormgeving van de vijzellinten. In het vijzelgemaal neemt de breedte van de vijzellinten gedurende de laatste windingen aan de

uiteinden van de vijzel geleidelijk af. Daardoor lopen de bladen terug naar de buitenkant van de vijzel tot ze uiteindelijk op lijken te gaan in de buis rond de vijzel. In figuur 2.3 wordt de buisvijzel van FishFlow Innovations weergegeven.



figuur 2.3 *Buisvijzel van FishFlow Innovations*

3 Aanpak van de praktijkproeven

3.1 Proefdieren

Voor de uitvoering van de proeven zijn schubvissen en alen gebruikt.

De schubvissen zijn tijdens zegenvisserijen in de haven van Medemblik gevangen. De gevangen vis is vervolgens met behulp van een kraan het ruim van een bunschip binnen gesluisd. Tijdens de visserij bleek er weinig vis aanwezig te zijn. De vangst bestond daardoor uit een relatief klein aantal vissen met een diverse soorten- en lengtesamenstelling.

De alen zijn via een beroepsvisser betrokken. Deze alen zijn in een beluchte tank opgeslagen.

Voor het gebruik van de proefdieren is toestemming verkregen van de Dierexperimentencommissie (DEC) van de Centraal Veterinair Instituut van de Wageningen UR (brief d.d. 29 mei 2009, zie bijlage II). De dierproef is uitgevoerd door ir. F.T. Vriese van VisAdvies BV (bevoegd functionaris cf. artikel 9 WOD) onder begeleiding van drs. P.S. Kroon van het Centraal Veterinair Instituut (bevoegd functionaris cf. artikel 14 WOD) en in aanwezigheid van dr. G. Kruitwagen van FishFlow Innovations (eveneens bevoegd functionaris cf. artikel 9 WOD).

3.2 Opstelling

Axiaalpomp

Bij de uitvoering van de proef is gebruik gemaakt van een pomp met een open waaier, een capaciteit van 81,1 m³/min en een doorsnede van 800 mm. De pomp is voorzien van een frequentieregelaar en draaide tijdens de proef met 333 omwentelingen per minuut. De opvoerhoogte bedroeg 1 meter.

De proef is uitgevoerd in een insteekhaven op de jachtwerf Jongert te Wieringerwerf.

Voor de proef waren twee stalen balken over de breedte van de insteekhaven geplaatst. De axiaalpompe is met behulp van een kraanwagen op de balken geplaatst, waarbij de aanzuigmond recht naar beneden in het water stak. Aan de uitstroom was een bochtstuk bevestigd, waardoor het uitgemalen water naar het wateroppervlak werd teruggevoerd. De pomp was over de lengterichting van de insteekhaven opgesteld, waardoor het water werd uitgemalen op de bredere voorhaven.

Onder de aanzuigmond was een metalen kooi met een lengte en breedte van 1 meter en een hoogte van 1,5 meter geplaatst. Het gaas op de metalen kooi had een maaswijdte van 28 x 28 mm hele maas. Deze kooi was voorzien van drijvers waardoor de randen van de kooi aan het wateroppervlak bleven.

Rond de uitstroom van de pomp was een net met een maaswijdte van 22 mm hele maas geplaatst. Dit net was met behulp van lijnen in de breedte van de voorhaven opgespannen, zodat voldoende ruimte gegeven werd om contact van vis met het net

zoveel mogelijk te voorkomen. Figuur 3.1 geeft een beeld van de axiaalpompe in de testopstelling. Figuur 3.2 laat de kooi voor aanvoer van de vis zien. Figuur 3.3 geeft het aanzicht van de axiaalpompe in de aanvoerkooi.



figuur 3.1 Axiaalpompe in de testopstelling



figuur 3.2 Kooi voor de aanvoer van vissen



figuur 3.3 *Aanzicht van de pomp in de kooi*

Voor aanvang van de eigenlijke proef werd proefgedraaid met de pomp zonder dat er vissen in de aanvoerkooi aanwezig waren. Hierbij werd een grote hoeveelheid slib opgewerveld, waaruit kon worden afgeleid dat het onder de uitstroomopening van de pomp relatief ondiep was. Door de waterstraal werd lokaal slib weggeblazen, zodat de condities voor de uitvoering van de proef verbeterden.

Buisvijzel

Voor de proef met de buisvijzel is gebruik gemaakt van een tweegangige vijzel met doorsnede van 700 mm en een capaciteit van 35 m³ per uur. De vijzel draaide tijdens de proef met 57 omwentelingen per minuut.

De proef met de buisvijzel is uitgevoerd op de oever van een stadgracht in Medemblik. De buisvijzel was zodanig opgesteld dat de aanzuigmond van de vijzel tot boven de centrale as in het water van de gracht stond. Onder de uitstroomzijde van de vijzel was een gelamineerde houten opvangbak geplaatst waarmee het uitgemalen water werd teruggevoerd naar de stadgracht.

Ten behoeve van de proef werd een net in een rechthoek rond de instroomopening van de vijzel geplaatst. Aan de uitstroomzijde werd een fijnmazig net onder het uiteinde van de opvangbak geplaatst. Dit net werd over de breedte van de stadgracht gespannen om uitgemalen vissen de mogelijkheid te geven om zich in relatief rustig water op te houden. Beide netten hadden een maaswijdte van 22 mm hele maas.

De testopstelling met de buisvijzel is weergegeven in figuur 3.4. Ffiguur 3.5 geeft een beeld van de netconstructie voor de aanvoer van vis naar de buisvijzel. In figuur 3.6 is de netconstructie voor de opvang van uitgemalen vissen te zien.



figuur 3.4 Testopstelling met buisvizel



figuur 3.5 Netconstructie voor aanvoer van vissen naar de buisvizel



figuur 3.6 Netconstructie voor opvang van uitgemalen vissen

3.3 Uitvoering van de proeven

De praktijkproeven met de axiaalpompe en de buisvijzel zijn uitgevoerd op 15 juni 2009.

Axiaalpompe

Voor aanvang van de proef met de axiaalpompe is met behulp van een schepnet een aantal schubvissen uit het ruim van het bunschip geschept en in een ton met water geplaatst. De inhoud van de ton is vervolgens in de kooi onder de aanzuigmond van de axiaalpompe geplaatst. Na het plaatsen van de schubvissen is een aantal alen met behulp van een net vanuit de opslagtank overgebracht naar de kooi.

Korte tijd na het plaatsen van de vis werd de pompe opgestart. Nadat het ingestelde toerental was bereikt is gedurende 5 minuten gemalen. Vervolgens is de pompe weer uitgeschakeld. Het net achter de uitstroom van de pompe is binnengehaald op een vlet, waar de vis vanuit het net in een plastic ton met water werd geplaatst. Eén voor één zijn de vissen uit de ton gehaald waarna de totale lengte per individu werd bepaald en werd vastgesteld of er sprake was van schade en/of sterfte als gevolg van de passage door de pompe. Na inspectie zijn de vissen in een tweede ton met water geplaatst. Nadat alle vissen doorgemeten en bekeken waren zijn de vissen uitgezet in het water van de haven.

Buisvijzel

Na uitvoering van de proef met de axiaalpompe is het restant aan schubvissen uit het ruim van het bunschip geschept en in een opslagtank op een truck geplaatst voor

vervoer naar de locatie waar de buisvijzel stond opgesteld. De schubvissen en alen zijn vervolgens met een schepnet uit de opslagtank in een plastic ton geschept en overgebracht naar het net dat rond de instroomopening van de buisvijzel was geplaatst.

Korte tijd na het plaatsen van de vis werd de buisvijzel opgestart. Nadat het ingestelde toerental was bereikt is gedurende 5 minuten gemalen. Vervolgens is de pomp weer uitgeschakeld. Het net achter de opvangbak werd binnengehaald, waarna de vis met een schepnet in een plastic ton met water werd geplaatst. Eén voor één zijn de vissen uit de ton gehaald waarna de totale lengte per individu werd bepaald en werd vastgesteld of er sprake was van schade en/of sterfte als gevolg van de passage door de pomp. Na inspectie zijn de vissen in een tweede ton met water geplaatst. Nadat alle vissen doorgemeten en bekeken waren zijn de vissen uitgezet in het water van de stadsgracht.

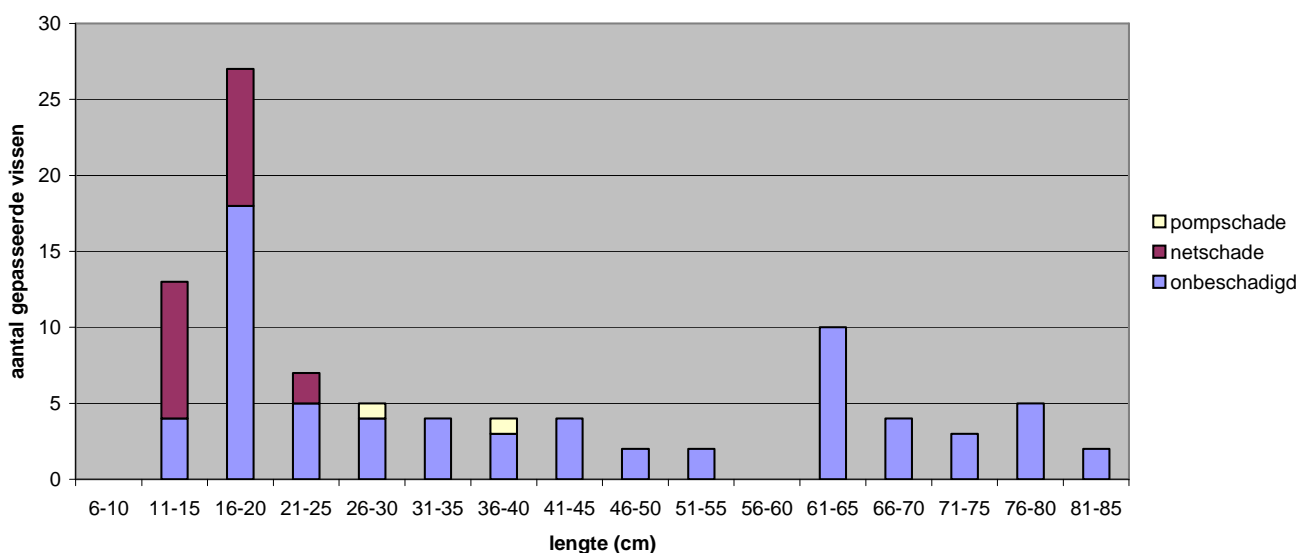
4 Resultaten

4.1 Axiaalpompe

Tijdens de proef met de axiaalpompe zijn alle 91 vissen de pompe levend gepasseerd (zie tabel 4.1). Onder deze vissen bevonden zich 25 alen. Deze alen zijn allemaal onbeschadigd gepasseerd. Van de schubvissen vertoonden 2 brasems schade die het gevolg is van contact met de waaier en/of de leischoppen. Daarnaast waren er 20 schubvissen die schubschade vertoonden. Deze schade houdt zeer waarschijnlijk geen verband met de eigenlijke pomppassage, maar is vermoedelijk het gevolg van contact met het net. Aangezien bij het proefdraaien met de pompe een grote hoeveelheid bodemmateriaal werd weggeblazen, is het aannemelijk dat de schubschade is ontstaan doordat de kleine vissen door de kracht van de uitstroom tegen het netwerk zijn gedrukt. Deze hypothese wordt ondersteund door het feit dat van diverse vissen beide flanken gedeeltelijk waren ontschubt, als gevolg van het 'rollen' over het netwerk.

Tabel 4.1 Door de axiaalpompe gepasseerde vissen en schade

Vissoort	Lengte (cm)	Geen schade	Schubschade		Totaal aantal
			door pompe	door netwerk	
Blankvoorn	13-23	16		16	32
Brasem	14-50	23	2	3	28
Kolblei	14-24	3		1	4
Baars	17-18	2			2
Aal	55-82	25			25
Totaal		69	2	20	91



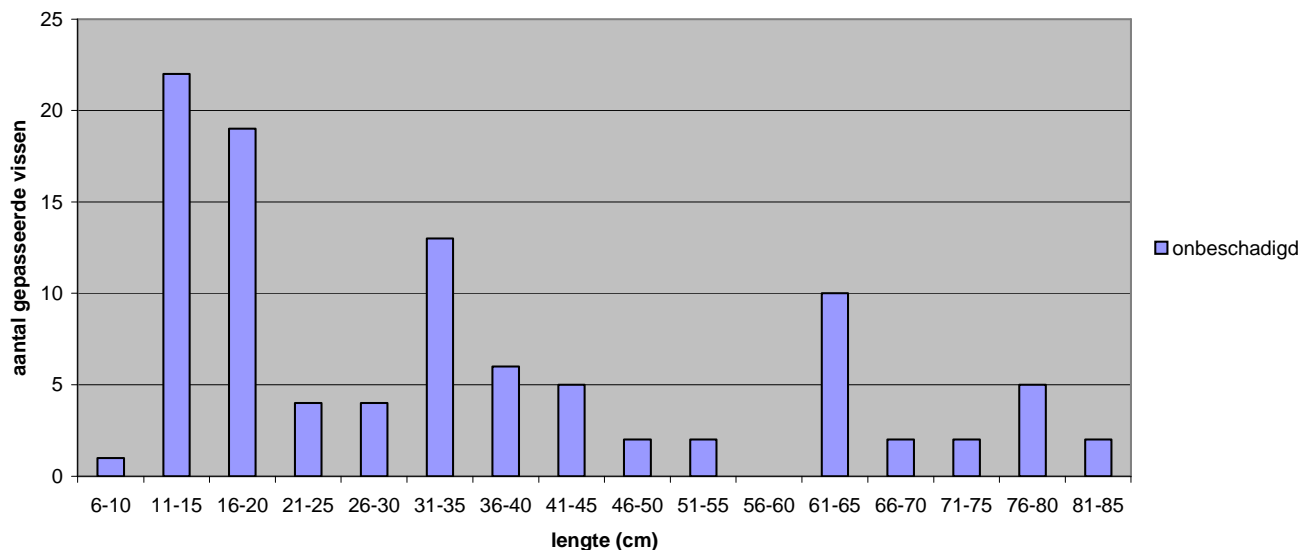
figuur 4.1 Door de axiaalpompe gepasseerde vissen naar lengte en schade

4.2 Buisvijzel

Bij de proef met de buisvijzel zijn in totaal 99 vissen de vijzel gepasseerd, waaronder 23 alen. Alle 99 vissen waren na de passage levend en onbeschadigd.

Tabel 4.2 Door de buisvijzel gepasseerde vissen en schade

Vissoort	Lengte (cm)	Geen schade	Beschadigd	Totaal aantal
Blankvoorn	13-24	33		33
Brasem	10-50	33		33
Kolblei	15-32	5		5
Baars	15-18	3		3
Aal	55-82	23		23
Pos	13	1		1
Snoek	44	1		1
Totaal		99	0	99



figuur 4.2 Door de buisvijzel gepasseerde vissen naar lengte en schade

5 Statistische evaluatie

5.1 Methoden

Eenzijds kan men de resultaten van het experiment met de twee visveilige pompen beschouwen als enkelvoudige waarnemingen, waaruit af te leiden valt hoe groot de kans op vis schade is bij gebruik van dergelijke pompen onder vergelijkbare condities, anderzijds is het mogelijk de resultaten van dit experiment te vergelijken met waarnemingen bij gemalen. In het laatste geval kan, mits voldaan is aan voorwaarden betreffende vergelijkbaarheid (opvoerhoogte, capaciteit, diameter pomp etc.), met statistische methoden geconcludeerd worden of de visveilige pompen inderdaad minder schade veroorzaken.

Uit de resultaten kan niet alleen een schatting gemaakt worden van de kans op schade aan de vissen, maar kan ook geschat worden tussen welke grenzen deze kans ligt, het zogenaamde betrouwbaarheidsinterval. De geschatte kans op een bepaald type schade is gelijk aan het aantal beschadigde vissen gedeeld door het totaal aantal vissen dat de pomp gepasseerd is. De variantie in het aantal beschadigde vissen wordt dan geschat met:

$$s^2(n) = N\hat{p}(1 - \hat{p})$$

Waarin $s^2(n)$ de geschatte variantie in het aantal beschadigde vissen, n en $N\hat{p}$ het aantal beschadigde vissen, N het totaal aantal vissen en \hat{p} de geschatte kans op beschadiging.

Een ruwe schatting van het 95% betrouwbaarheidsinterval van het aantal beschadigde vissen wordt gegeven door $n \pm 2s(n)$. Door deze waarden te delen door het aantal waarnemingen verkrijgen we het betrouwbaarheidsinterval van de kans.

Het betrouwbaarheidsinterval kan nauwkeuriger bepaald worden, waarbij het meest conservatieve resultaat wordt bereikt met de zogenaamde exacte methode, die direct gebruik maakt van de eigenschappen van de binomiale verdeling (Wikipedia). De betrouwbaarheidsintervallen in de sectie resultaten zijn berekend met behulp van een confidence interval calculator op het internet:

<http://statpages.org/confint.html#Binomial>

Vergelijkingen tussen verschillende gemalen en de visveilige pompen zijn gemaakt met behulp van de Chi-kwadraat-toets voor $r \times k$ tabellen. De waarde van Chi-kwadraat wordt berekend uit de geobserveerde en de verwachte waarden voor het aantal beschadigde of gedode vissen. De nulhypothese is dat er geen verschil is tussen de verschillende pomptypen. Het verwachte aantal dode of beschadigde vissen is dus voor elk type pomp gelijk aan het totaal aantal gedode of beschadigde vissen (berekend over alle pompen) gedeeld door het totaal aantal vissen dat door de pompen gepasseerd is en vervolgens vermenigvuldigd met het aantal vissen dat de desbetreffende pomp gepasseerd is. Chi-kwadraat wordt vervolgens berekend als de som van de gekwadrateerde verschillen tussen waargenomen aantallen en verwachte aantallen gedeeld door de verwachte aantallen. Hoe groter de gevonden

waarde voor Chi-kwadraat, hoe kleiner de kans dat er geen verschil is tussen de pompen. Deze kans wordt gevonden door de gevonden Chi-kwadraat te evalueren tegen het aantal vrijheidsgraden (in dit geval het aantal pompen of pomptypen verminderd met 1)

5.2 Resultaten

Onderstaande tabel 5.1 geeft een overzicht van waarnemingen uit eerdere rapporten over visschade bij gemalen die min of meer vergelijkbaar zijn met de voor dit experiment gebruikte opvoerwerken (Kunst *et al.*, 2008). Hierbij dienen twee opmerkingen gemaakt te worden. De betreffende gemalen waar de vergelijking mee wordt gemaakt betreffen conventionele gemalen, d.w.z. gemalen die niet ontworpen zijn met als uitgangspunt visvriendelijkheid. Daarnaast betreffen de genoemde onderzoeken deels natuurlijke doortrek van vis door gemalen en deels gedwongen blootstelling van vis aan de opvoerwerken. Ook geldt dat de wijze van karakterisering van de optredende visschade in de onderzoeken verschillend was, waarbij diverse schadecategorieën (oppervlakkige schade, insnijdingen, decapitatie etc.) werden gehanteerd. Ten behoeve van de vergelijking in dit onderzoek zijn de gegevens over schade aan vis verdeeld in schade die uiteindelijk zou leiden tot de dood van de vis en oppervlakkige schade waarbij de vis waarschijnlijk zou overleven.

tabel 5.1 Visschade bij een selectie van gemalen

Referentie	Naam	Cap. (m ³ /h)	Opv.h. (m)	Vissoorten	Lengte (cm)	N	N-n levend	n dood	% dood
VIJZELS									
1	Denayer & Belpaire, 1992	35	3.6	Div. cypriniden	6-15	138	103	35	25
				Aal	27-45	52	33	19	37
2	Germonpré et al., 1994	30	2.9	Div. cypriniden	6-32	517	300	217	42
				Aal	15-37	57	49	8	14
3	Lange & Merckx, 2005	100	2	Div. schubvis	3-29	1009	868	141	14
SCHROEFPOMPEN									
4	Germonpré et al., 1994	60	2.7	Div. cypriniden	?	20	0	20	100
				Aal	?	4	0	4	100
5	Riemersma & Wintermans, 2005	67	0.6	Div. cypriniden	?	126	0	126	100
				Aal	25-83	101	63	38	38
6	Lange & Merckx, 2005	20	2.4	Div. schubvis	3-26	430	374	56	13

De volgende tabel 5.2 laat zien dat met de visveilige pompen geen mortaliteit optrad, maar uitsluitend schubschade, die dan ook nog in belangrijke mate veroorzaakt werd door het opvangnet.

tabel 5.2 Visschade bij de pompen van FishFlow Innovations

Naam	Cap. (m ³ /h)	Opv.h. (m)	Vissoorten	Lengte (cm)	N	schubschade pomp	Schubschade net	% schade
1	Axialpomp	81	1	Schubvissen	64	2	20	50
	Wieringerwerf			Aal	25	0	0	0
2	Buisvijzel	35	1	Schubvissen	71	0	0	0
	Medemblik			Aal	23	0	0	0

Vergelijking tussen visschade bij gemalen en visschade door de visveilige pompen in dit experiment is, als gevolg van het ontbreken van gedetailleerde informatie over de schade bij gemalen uitsluitend mogelijk op basis van mortaliteitscijfers. Vele onderlinge vergelijkingen zijn theoretisch mogelijk, maar op basis van de aantallen waarnemingen aan enkele vissoorten zijn statistisch verantwoorde uitspraken slechts mogelijk over een aantal (combinaties van) vissoorten en gemalen. De tabellen 5.3 en 5.4 laten zien dat in alle gevallen de visveilige pompen statistisch significant beter presteren in termen van beperking van vismortaliteit als gevolg van het passeren van een pomp. Behalve de resultaten van de toetsing met de chi-kwadraattoets zijn ook de berekende betrouwbaarheidsintervallen van de afzonderlijke mortaliteiten berekend.

In de vijzelgemalen (tabel 5.3) variëren de mortaliteiten voor cypriniden tussen de 14 en 42%, terwijl de bovengrens van het 95% betrouwbaarheidsinterval voor de buisvijzel slechts 5% mortaliteit bedraagt. De optredende schade lag bij de meting voor zowel schubvis als aal op 0.

tabel 5.3 Vijzelgemalen vergeleken met de buisvijzel. a. cypriniden per gemaal; b. cypriniden totaal; c. aal per gemaal, d. aal totaal.

Div. cypriniden	Levend	Dood	Totaal	mortaliteit	95% betrouwbaarheidsinterval
De Seine	103	35	138	0.25	0.18 - 0.33
Sint Karelsmolen	300	217	517	0.42	0.38 - 0.46
Snelrewaard	868	141	1009	0.14	0.12 - 0.16
Buisvijzel	71	0	71	0.00	0 - 0.05
Chi-kwadraat	174.8931	Vrijh. Gr.	3	p	<0.00001

Div. cypriniden	Levend	Dood	Totaal	mortaliteit	95% betrouwbaarheidsinterval
Totaal gemalen	1271	393	1664	0.24	0.22 - 0.26
Buisvijzel	71	0	71	0.00	0 - 0.05
Chi-kwadraat	21.67926	Vrijh. Gr.	1	p	<0.00001

Aal	Levend	Dood	Totaal	mortaliteit	95% betrouwbaarheidsinterval
De Seine	33	19	52	0.37	0.24 - 0.51
Sint Karelsmolen	49	8	57	0.14	0.06 - 0.26
Buisvijzel	23	0	23	0.00	0 - 0.15
Chi-kwadraat	15.62559	Vrijh. Gr.	2	p	0.0004

Aal	Levend	Dood	Totaal	mortaliteit	95% betrouwbaarheidsinterval
Totaal gemalen	82	27	109	0.25	0.17 - 0.34
Buisvijzel	23	0	23	0.00	0 - 0.15
Chi-kwadraat	7.162254	Vrijh. Gr.	1	p	0.0074

De conventionele schroefpompen (tabel 5.4) laten een vergelijkbaar beeld zien, maar de mortaliteit is veel hoger (0,13-1,0), behalve in het geval van de visveilige axiaalpompe. Hier zijn 2 vissen met vrij ernstige schade niet als beschadigd geteld, maar omdat zij waarschijnlijk dood gegaan zullen zijn als gevolg van de passage door de pompe zijn zij als dood geteld. De bovengrens van het betrouwbaarheidsinterval voor de axiaalpompe ligt voor de cypriniden op 11% en de bovengrens van het betrouwbaarheidsinterval voor aal ligt op 14%. De optredende schade voor de cypriniden is zeer gering, terwijl deze voor aal op 0 ligt.

tabel 5.4 Schroefpompgemalen vergeleken met de axiaalpompe. a. cypriniden per gemaal; b. cypriniden totaal; c. aal per gemaal, d. aal totaal.

Div. cypriniden	Levend	Dood	Totaal	mortaliteit	95% betrouwbaarheidsinterval	
Stenensluisvaart	0	20	20	1.00	0.83	- 1
Den Deel	0	126	126	1.00	0.97	- 1
Haanwijk	374	56	430	0.13	0.1	- 0.17
Axiaalpompe	62	2	64	0.03	0.004	- 0.11
Chi-kwadraat	406.7749	Vrijh. Gr.	3	p	<0.00001	

Div. cypriniden	Levend	Dood	Totaal	mortaliteit	95% betrouwbaarheidsinterval	
Totaal gemalen	374	202	576	0.35	0.31	- 0.39
Axiaal pompe	62	2	64	0.03	0.004	- 0.11
Chi-kwadraat	27.06802	Vrijh. Gr.	1	p	<0.00001	

Aal	Levend	Dood	Totaal	mortaliteit	95% betrouwbaarheidsinterval	
Stenensluisvaart	0	4	4	1.00	0.4	- 1
Den_Deel	63	38	101	0.38	0.28	- 0.48
Axiaal pompe	25	0	25	0.00	0	- 0.14
Chi-kwadraat	21.61791	Vrijh. Gr.	3	p	0.00002	

Aal	Levend	Dood	Totaal	mortaliteit	95% betrouwbaarheidsinterval	
Totaal gemalen	63	42	105	0.40	0.31	- 0.5
Axiaal pompe	25	0	25	0.00	0	- 0.14
Chi-kwadraat	14.77273	Vrijh. Gr.	1	p	0.0001	

Omdat de gegevens voor deze vergelijkingen niet in één experiment verzameld zijn moeten de resultaten van de statistische analyse met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden. Het verdient aanbeveling om in een volgend experiment de condities beter te standaardiseren en de visveilige pompen zodanig in te stellen dat opvoerhoogte en capaciteit gelijk zijn aan die van de pompen waarmee vergeleken wordt.

6 Discussie en conclusies

De oorspronkelijke proefopzet zoals deze was besproken met FFI was op een aantal aspecten anders dan het nu uitgevoerde experiment. Gekozen was voor het gedwongen laten passeren van 50 exemplaren van aal in de lengte klasse 50-60 cm en 50 exemplaren van brasem in de lengteklasse 20-30 cm. Doordat minder schubvis beschikbaar was, is het experiment uiteindelijk uitgevoerd met een sortering aan schubvis van wisselende lengte waarbij ook minder aantallen door de pomp zijn gepasseerd. Met betrekking tot de gepasseerde aal was sprake van een misverstand over het beschikbare aantal dieren, waarbij er minder dieren aan de pompen zijn blootgesteld dan oorspronkelijk de bedoeling was. Hoewel een en ander consequenties heeft voor de berekende betrouwbaarheidsintervallen, kan desalniettemin geconcludeerd worden dat de buisvijzel en de axiaalpompe op het aspect visschade aanzienlijk beter presteren dan conventionele vijzels en schoefpompen.

Hoewel op basis van eerdere ervaringen al geconstateerd was dat het belangrijk was om te kiezen voor een groot opvangnet (zeker voor de axiaalpompe vanwege de relatief grote pompcapaciteit) bleek bij de uitvoering van het experiment dat toch schubschade optrad bij kleine blankvoorn en in minder mate bij kleine brasem als gevolg van contact met het net. Overigens was dit waarschijnlijk niet te wijten aan de grootte van het net maar meer doordat ter plaatse van de uitstroming van de axiaalpompe vis door het grote debiet toch langs het netwerk 'geblazen' werd. Voor toekomstige experimenten met gedwongen blootstelling van vis aan opvoerwerken met een grote capaciteit is dit een belangrijk aandachtspunt. Bij het experiment met de buisvijzel trad geen schubschade op. Door het kleinere debiet kwam de vis relatief 'rustig' in het opvangnet terecht, zonder contact te maken met het netwerk.

Bij het experiment met de axiaalpompe is gebruik gemaakt van een kooiconstructie waarin de vis werd gedaan om vervolgens de pompe te passeren. Bij de buisvijzel is gebruik gemaakt van een netconstructie van waaruit de vis naar de vijzel werd geleid. In een ideale situatie zou er voor gekozen zijn om vis stuk voor stuk door de pompe te laten passeren, mede omdat dit meer op natuurlijke passage door een opvoerwerk lijkt. Doordat mogelijk grote aantallen vis gelijktijdig door de pompe werden gezogen, is in het huidige experiment waarschijnlijk sprake van een maximering van de schade. Desalniettemin bleek de schade praktisch nihil bij de axiaalpompe en 0 bij de vijzel

Axiaalpompe

Tijdens de proef met de axiaalpompe zijn 91 vissen met een breed lengtebereik de pompe gepasseerd. Hiervan vertoonden slechts 2 van de 66 gepasseerde schubvissen schade die waarschijnlijk veroorzaakt is tijdens de passage van de pompe. Alle 25 alen waren onbeschadigd.

Voor de statistische evaluatie is gekozen de soorten blankvoorn, brasem en kolblei samen te nemen in de categorie diverse cypriniden. Eventuele schade bij deze vissen is, gezien hun verwantschap, beter vergelijkbaar dan bijvoorbeeld optredende schade bij perciden zoals baars. Het tweetal baarzen dat is gepasseerd is dan ook

niet in de analyse betrokken. Van de groep cypriniden zijn in totaal 64 exemplaren de pomp gepasseerd, waarbij er 2 exemplaren een mogelijk letale schade opliepen. De berekende schade aan cypriniden komt dan op 3%. Het betrouwbaarheidsinterval loopt van 0 – 11%. In totaal zijn 25 alen de axiaalpompe gepasseerd zonder enige vorm van beschadiging. De schade is daarmee vastgesteld op 0%. Het betrouwbaarheidsinterval loopt van 0 – 14%. Indien meer alen de pomp hadden gepasseerd (naar verwachting voor aal zonder schade) was de bovengrens van het betrouwbaarheidsinterval nog lager geweest.

Zowel voor aal als voor cypriniden kan worden geconstateerd dat de axiaalpompe significant beter presteert op het aspect visschade dan de conventionele schroefpompen waarmee de vergelijking heeft plaatsgevonden (voor cypriniden $p < 0,00001$ en voor aal $p < 0,0001$).

Buisvizel

Bij de proef met de buisvizel zijn alle 99 vissen zonder schade door de pomp gepasseerd. De groep diverse cypriniden bestond hierbij uit 71 exemplaren. Al deze vissen zijn zonder schade gepasseerd, waarmee de schade op 0% is vastgesteld. Het betrouwbaarheidsinterval loopt van 0 – 5%. Van de vissoort aal zijn 23 exemplaren de buisvizel gepasseerd, zonder enige vorm van schade. Daarmee is de schade vastgesteld op 0%. Het betrouwbaarheidsinterval loopt van 0 – 15%. Ook hier geldt dat wanneer meer alen de buisvizel, naar verwachting zonder schade, hadden gepasseerd, de bovengrens van het betrouwbaarheidsinterval nog lager was geweest.

Zowel voor aal als voor cypriniden kan worden geconstateerd dat de buisvizel significant beter presteert op het aspect visschade dan de conventionele vizels waarmee de vergelijking heeft plaatsgevonden (voor cypriniden $p < 0,00001$ en voor aal $p < 0,0074$).

Slotopmerkingen

Bij de experimenten is niet gekeken naar uitgestelde sterfte onder de gepasseerde vissen. Hierover kunnen dan ook geen gefundeerde uitspraken worden gedaan. Wel was de indruk bij de waarnemers van het experiment dat de 'conditie' waarmee de vissen uit de opvoerwerken kwamen dusdanig goed was dat naar verwachting geen uitgestelde sterfte zou optreden.

Een belangrijke opmerking bij de behaalde resultaten is dat de bevindingen gelden voor de gebruikte pompen in de getoetste situaties. Afwijkingen in de specifieke condities (bijvoorbeeld andere toerentallen of opvoerhoogtes) kunnen tot een ander resultaat leiden.

Het lijkt aanbevelenswaardig om dit soort experimenten niet in de zomer uit te voeren maar in het voorjaar of in het najaar. In die perioden ligt bij natuurlijke passage door opvoerwerken ook het hoogtepunt. In de zomer is vis door relatief hogere temperaturen en minder zuurstof meer kwetsbaar.

7 Literatuur

Denayer B. & C. Belpaire, 1992. Onderzoek naar de effecten van een vijzelgemaal op vispopulaties. Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap.

Germonpré, E., B. Denayer, C. Belpaire, F. Ollivier, 1994. Inventarisatie van pompgemalen in het Vlaamse gewest en preliminair onderzoek naar de schade van diverse pomptypes op vissen na gedwongen blootstelling. Onderzoek door AMINAL en de Katholieke Universiteit Leuven.

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 de visvriendelijkheid van gemalen. Grontmij Nederland bv, De Bilt, VisAdvies, Nieuwegein. Ref.nr. I&M-99065369-MK.

Lange, M.C. de & J.C.A. Merckx, 2005. Experimentele inventarisatie van visschade bij gemalen. VisAdvies BV, Utrecht. VA2005_01 18 pag.

Riemersma, P. & G.J.M. Wintermans, 2005. Optimalisatie vismigratie Den Deel, najaarsonderzoek. Onderzoek naar mogelijkheden inzet scheepvaartsluis ter bevordering van vismigratie bij gemaal Den Deel. Grontmij Noord BV en Wintermans Ecologenbureau.

Bijlagen

Bijlage I Individuele lengtes van gepasseerde vissen

Zwarte cijfers geven onbeschadigde vissen weer, **rode** cijfers geven schade als gevolg van pomppassage weer en **blauwe** cijfers geven de vissen met beschadigingen als gevolg van het netwerk weer.

Vis gepasseerd door de axiaalpompe (lengtes en beschadiging)	
Vissoort	Lengte en schade
Blankvoorn	13, 13, 14, 14, 14, 15, 15, 15, 15, 15, 16, 16, 16, 16, 16, 17, 17, 18, 18, 18, 18, 18, 19, 19, 20, 20, 20, 20, 21, 21, 21, 23
Brasem	14, 14, 16, 17, 20, 20, 20, 21, 21, 26, 27, 28, 30, 30, 32, 33, 34, 34, 36, 37, 40, 40, 42, 42, 44, 45, 46, 50
Kolblei	14, 16, 17, 24
Baars	17, 18
Aal	25 stuks (lengterange 55-82 cm) allen onbeschadigd

Vis gepasseerd door de buisvizel (lengtes en beschadiging)	
Vissoort	Lengte en schade
Blankvoorn	13, 13, 13, 14, 14, 14, 14, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 16, 16, 16, 16, 16, 17, 17, 18, 18, 18, 19, 20, 20, 20, 21, 23, 24
Brasem	10, 13, 14, 15, 18, 20, 28, 29, 29, 31, 31, 31, 32, 34, 34, 35, 35, 35, 35, 36, 37, 37, 39, 39, 40, 41, 42, 44, 44, 49, 50
Kolblei	15, 17, 25, 26, 32
Baars	15, 16, 18
Aal	23 stuks (lengterange 55-82 cm) allen onbeschadigd
Pos	13
Snoek	44

Bijlage II Akkoordverklaring DEC



CENTRAAL VETERINAIR INSTITUUT
WAGENINGEN 

VISADVIES B.V.
Twentehaven 5
3433 PT Nieuwegein

Betreft proefplan FF11-1

Titel Evaluatie van twee gemaalpompprojecten die ontwikkeld zijn om de visveiligheid van pompen te vergroten

Aantal dieren 1500

Risico van ongerief matig (3)

Status Nieuw pp/ ~~Herhaling van eerder pp/ continuering van eerder pp/ wijziging van eerder pp~~

Artikel 9 functionaris: Ir. F.T. Vriese

Periode 27 april tot 31 mei

DATUM
29 mei 2009

ONDERWERP
beoordeling proefplan FF11-1

BEHANDELD DOOR
P.S. Kroon

DOORKIESNUMMER
(0320) 23 85 61

E-MAIL
paul.kroon@wur.nl

BEZOEKADRES
TELEFOON

FAX

INTERNET

De Dierexperimentencommissie heeft uw antwoord op de gestelde vragen in de brief dd. 29 april met instemming behandeld. Zij was van oordeel dat het antwoord zeer verhelderend was en dankt u voor de achtergrondinformatie.

Advies

Positief advies

Voorwaarden/ opmerkingen

De indiener dient iedere wijziging van het proefplan ten opzichte van dit advies alsmede onverwachte gebeurtenissen, onverwijld te melden aan de proefdierdeskundige

Met vriendelijke groet,
Namens de DEC
Drs P.S Kroon, Art 14



Twentehaven 5
3433 PT Nieuwegein

t. 030 285 10 66
e. info@VisAdvies.nl
www.VisAdvies.nl

K.V.K. 30207643; ABN-AMRO: 40.01.19.528

Aansprakelijkheid:

VisAdvies BV, noch haar aandeelhouders, vertegenwoordigers of werknemers, zijn aansprakelijk voor enige directe, indirecte, incidentele of gevolgschade dan wel boetes of andere vormen van schade en kosten die het gevolg zijn van of voortvloeien uit het gebruik van het advies van VisAdvies BV door opdrachtgever of voortvloeien uit toepassingen door opdrachtgever of derden van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van VisAdvies BV. Opdrachtgever vrijwaart VisAdvies BV voor alle aanspraken van derden en de door VisAdvies BV daarmee te maken kosten (inclusief juridische bijstand) indien de aanspraken op enigerlei wijze verband houden met de voor de opdrachtgever door VisAdvies BV verrichtte werkzaamheden.

Niettegenstaande het voorgaande is elke aansprakelijkheid van VisAdvies BV uit hoofde van de overeenkomst van opdracht tussen VisAdvies BV en opdrachtgever beperkt tot het bedrag dat in het betreffende geval onder de beroepsaansprakelijkheidsverzekering van VisAdvies BV wordt uitbetaald, vermeerderd met het bedrag van het eigen risico dat volgens de verzekering ten laste komt van VisAdvies BV. Indien geen uitkering mocht plaatsvinden krachtens genoemde verzekering, om welke reden ook, is de aansprakelijkheid van VisAdvies BV beperkt tot [twee keer] het bedrag dat door VisAdvies BV in verband met de betreffende opdracht in rekening is gebracht [en tijdig is voldaan in de twaalf maanden voorafgaande aan het moment waarop de gebeurtenis die tot de aansprakelijkheid aanleiding gaf plaatsvond,] met een maximaal aansprakelijkheid van [€50.000].