

# VISSEN ZWEMMEN WEER HEEN EN WEER



RAPPORT

2012  
37

VISSEN ZWEMMEN WEER HEEN EN WEER  
EINDRAPPORT VAN DE PRAKTIJKTOETSING VAN INNOVATIEVE  
VOORZIENINGEN OP GEMALEN

**RAPPORT**

2012

**37**

ISBN 978.90.5773.583.7



Publicaties van de STOWA kunt u bestellen op [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl)

# COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer  
Postbus 2180  
3800 CD Amersfoort

AUTEURS J.H. Wanink, R. Bijkerk, G.H. Bonhof (Koeman en Bijkerk)  
N. Bouton, H. Slabbekoorn (IBL, Leiden)

PROJECTGROEP Marit Meier en Yill Havers (Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard),  
Jos de Bijl (Hoogheemraadschap van Delfland), Peter-Paul Schollemma (Waterschap Hunze en Aa's),  
Wouter Quist en Marius van Wingerden (Waterschap Scheldestromen), Pui Mee Chan (stowa)

MET MEDEWERKING VAN P. Kalkman (Visserijbedrijf Kalkman), W.J. den Boer (Visserijbedrijf W.J. den Boer), P. Kooistra (Kooistra en Schot), W. Patberg en G. Wolters (Koeman en Bijkerk bv)

REFERAAT Het project Vissen Zwemmen Weer Heen en Weer is een praktijktoets van vismigratievoorzieningen. Een uitgebreide monitoring in voor- en najaar wijst uit dat visvriendelijke aanpassingen van opvoerwerken leiden tot een significant hogere veiligheid voor passerende vis. De visvriendelijke aanpassingen leiden niet tot een vermindering van het pompndement. Omtrent het effect van geluid op de barrièrewerking van gemalen kunnen uit het onderzoek geen conclusies getrokken worden.

TREFWOORDEN Vismigratie, vispassage, vispasseerbaarheid, visveiligheid, visvriendelijk, migratievoorziening, migratieroute, gemalen, opvoerwerk, gemaalaanpassing, inlaatbeheer, sluisbeheer, geluidsproductie, connectiviteit, kaderrichtlijn water, aal, paling, diadroom, barrièrewerking

FOTO OMSLAG Plaatsing aanbodfuk nabij de vistrap bij gemaal Abraham Kroes (foto: Koeman en Bijkerk)

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau

STOWA STOWA 2012-37

ISBN 978.90.5773.583.7

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.

# TEN GELEIDE VISSEN

Op talloze manieren zijn waterschappen samen met Rijkswaterstaat en kennisorganisaties het waterbeheer in Nederland aan het verfijnen. We ontdekken steeds meer hoe water is te sturen en hoe het water reageert op interne en externe factoren. De bewoners van het water hebben ook onze aandacht. Hoe gedragen vissen zich, waarvoor zijn ze kwetsbaar, hoe reageren ze op prikkels als geluid? Vragen die in deze studie zijn onderzocht.

Met het oog op het halen van KRW-doelstellingen en doelstellingen uit andere nationale en internationale afspraken, is het zaak zo veel mogelijk van de duizenden barrières in het Nederlandse watersysteem op te heffen of passeerbaar te maken. De Europese Aalverordening bevat bijvoorbeeld de afspraak dat van de schieraal 40% van de 'oorspronkelijke' populatie in staat moet zijn om naar de zee te trekken.

In het praktijkproject 'Vissen zwemmen heen en weer' hebben diverse partijen met elkaar in de praktijk gekeken naar betere mogelijkheden voor vissen om zich van het ene naar het andere water te verplaatsen, voortbordurend op eerder onderzoek. Binnen het project 'Schade aan vis in gemalen' is eerder een literatuur- en expertstudie uitgevoerd naar de visvriendelijkheid van Nederlandse gemalen. De uitkomsten zijn weergegeven in het rapport 'Gemalen of vermalen worden?' Een van de opbrengsten van het onderzoek was een overzicht van de gangbare typen opvoerwerken in Nederland en mogelijke visvriendelijke alternatieven.

Mede op basis van de resultaten van dat onderzoek heeft STOWA de Gemalenwijzer laten opstellen, een instrument dat waterbeheerders helpt om bij renovatie of nieuwbouw van gemalen een selectie te maken voor een opvoerwerktuig (pomp of vijzel) dat voldoet aan technische (rand)voorwaarden, waarin ook visvriendelijkheid als criterium wordt meegenomen. (zie [www.visvriendelijkgemaal.nl](http://www.visvriendelijkgemaal.nl)).

Met het onderzoek 'Vissen zwemmen weer heen en weer' is weer een belangrijke stap gezet. Dit is een echt praktijkproject. Het neemt het in de praktijk functioneren van innovatieve vismigratievoorzieningen en pompconcepten onder de loep. Ook geluid heeft de aandacht.

De praktijktoetsing laat zien dat innovatieve concepten schade aan passerende vissen fors verminderen. Voor de nieuwe of aangepaste gemalen is het percentage schade aan vissen in het algemeen zeer laag. Hoewel de conclusies soms nog voorzichtig zijn en vervolgonderzoek wordt aanbevolen, wijst veel in de studie erop dat de gemaakte aanpassingen aan of bij gemalen en aanpassing van het pompregiem belangrijke positieve effecten hebben op de vismigratie en daarmee helpen bij het realiseren en behouden van gezonde vispopulaties.

Laten we dit ter harte nemen en onze inspanningen op dit gebied onverminderd voortzetten.



Directeur STOWA  
J.M.J. LEENEN

FIGUUR 1

SNELLE SLUIS TE MOORDRECHT. AANGEPAST SLUISBEHEER GEEFT DE TREKVIS EEN KANS (FOTO: KOEMAN EN BIJKERK)



# SAMENVATTING

Het project Vissen Zwemmen Weer Heen en Weer (VZWHEW) is begonnen in 2009. Het project is geïnitieerd om de barrièrewerking van gemalen voor vismigratie te verminderen en op deze wijze de connectiviteit binnen en tussen waterlichamen te vergroten. Het ultieme doel is een hogere ecologische kwaliteit van watersystemen en een navenant hogere ecologische kwaliteit voor de KRW.

Binnen het project VZWHEW werken vier waterschappen en de STOWA samen. De financiering vindt deels plaats met gelden uit het KRW-innovatiefonds. Het is een onderzoeksproject waarin de werking van verschillende innovatieve oplossingen onder verschillende praktijkcondities wordt onderzocht. Hiertoe zijn de volgende zeven Nederlandse gemalen en een sluis geselecteerd:

*Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard (HHSK)*

- Gemaal Hillekade
- Gemaal Kralingse Plas
- Gemaal Abraham Kroes
- Snelle Sluis

*Hoogheemraadschap van Delfland (HHD)*

- Gemaal Aalkeet Buitenpolder
- Gemaal Hoekpolder

*Waterschap Scheldestromen (WS)*

- Gemaal Maelstede

*Waterschap Hunze en Aa's (WHA)*

- Gemaal Ennemaborgh

Het onderzoek naar het functioneren van de innovatieve voorzieningen is uitgevoerd in 2011 en 2012 door het ecologisch onderzoeks- en adviesbureau Koeman en Bijkerk bv., in samenwerking met de Universiteit van Leiden en beroepsvissers. Het omvatte een bepaling van het visaanbod, de vispassage, de visschade tijdens passage en een meting van het geluidsklimaat. Het onderzoek is opgehangen geweest aan acht onderzoeksvragen binnen de thema's *visveiligheid*, *vispasseerbaarheid*, *geluidsproductie*, *pompndement* en *bijdrage aanpassingen aan KRW-doelstellingen*. In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd en in deze samenvatting geven we een korte impressie per onderzoeksvraag. Als eerste worden de resultaten met betrekking tot de belangrijke eerste onderzoeksvraag, over het optreden van beschadigingen bij gemaalpassage voor en na de aanpassingen, relatief uitgebreid samengevat.

## VISVEILIGHEID

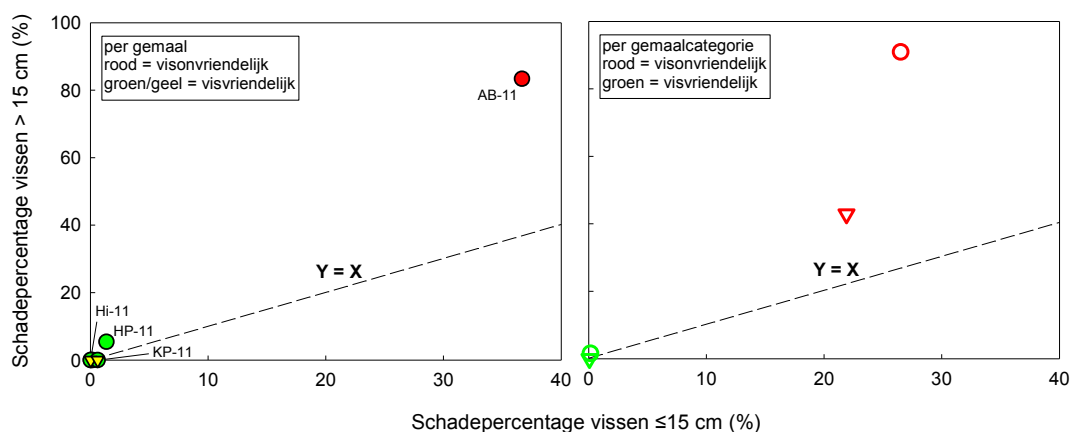
### 1. VINDT ER BIJ VISPASSAGE VAN DE VERSCHILLENDE AANGEPASTE GEMAALPOMPEN EN TOEGEPASTE VOORZIENINGEN BESCHADIGING AAN VISSEN PLAATS?

In het project zijn verschillende gemalen onderzocht, zowel vóór de aanpassingen als achteraf. Het onderzoek vooraf, in 2009, heeft bevestigd dat de meeste onderzochte gemalen forse schade en sterftepercentages veroorzaakten. De sterftepercentages lagen tussen de 21% en 58% voor schubvis en tussen de 67% en 100% voor aal. Na aanpassing van de gemalen is de situatie geheel anders: de schadepercentages liggen nu tussen de 0,06% en 1,3%. Bij alle aangepaste opvoerwerken blijft sprake van enige beschadiging van passerende vis. De overige innovatieve voorzieningen veroorzaakten in het geheel geen waarneembare schade aan vis. Hierbij gaat het om passage door de nieuwe vistrappen bij de gemalen Abraham Kroes en Aalkeet Buitenpolder en bij passage door de Snelle Sluis.

In Tabel 1 zijn de schadepercentages per onderzochtemaal samengevat volgens het format van de STOWA Gemalenwijzer ([www.stowa.nl](http://www.stowa.nl)). Er zijn geen significante correlaties gevonden voor de hierbij onderscheiden lengteklassen van de families der Karpers en Zoetwaterbaarzen, en van Aal (Tabel 2). Dit wordt veroorzaakt door de te kleine steekproef: van te weinig gemalen zijn betrouwbare schadepercentages per lengteklasse beschikbaar.

Er bestaat een duidelijke tweedeling tussen de resultaten vóór en na de aanpassingen. Voor de nieuwe of aangepaste gemalen zijn de schadepercentages van alle vissen in het algemeen zeer laag en bestaan er geen verschillen tussen kleine en grote vis. Alleen voor het nieuweemaal Hoekpolder is het schadepercentage voor grote karpers hoger dan dat voor kleine karpers (Figuur 2). Dit geldt in sterkere mate voor de leden van de karperfamilie die in 2011 het niet aangepasteemaal Aalkeet Buitenpolder zijn gepasseerd. De gemiddelde waarden voor visonvriendelijke en visvriendelijke gemalen bevestigen het geschetste beeld: grote zoetwaterbaarzen en grote karpers lopen meer schade op bij het passeren van visonvriendelijke gemalen dan hun kleinere familieleden.

FIGUUR 2 RELATIE SCHADEPERCENTAGES KLEINE EN GROTE KARPERS (CIRKELS) EN KLEINE EN GROTE ZOETWATERBAARZEN (DRIEHOEKEN), VOOR EN NA GEMAALANPASSINGEN. PER GEMAAL: GEMALEN EN BEMONSTERINGSJAREN GEGEVEN NAAST DE BETREFFENDE CIRKELS. LINKER DRIEHOEK = KRALINGSE PLAS 2011; RECHTER DRIEHOEK = HOEKPOLDER 2011; AB = AALKEET BUITENPOLDER; AK(P) = POLDERGEMAAL ABRAHAM KROES; HI = HILLEKADE; HP = HOEKPOLDER; KP = KRALINGSE PLAS



TABEL 1

SCHADEPERCENTAGES EN AANTALLEN GEPASSEERDE VISSEN VOOR DE IN HET PROJECT VZWHEW ONDERZOCHE GEMALEN. CATEGORIËN VISSOORTEN (BAARZEN = FAMILIE ZOETWATERBAARZEN (PERCIDAE); KARPERS = FAMILIE KARPERS (CYPRINIDAE)) EN LENGTES GEBASEERD OP DE GEMALENWIJZER. RODE REGELS: VISONVRIENDELIJK OPVOERWERK; GROENE REGELS: VISVRIENDELIJK OPVOERWERK; GELE REGEL: NOG NIET GOED FUNCTIONEREND VISVRIENDELIJK OPVOERWERK. VOOR DE VETGEDRUKTE SCHADEPERCENTAGES IS HET 95% BETROUWBAARHEIDINTERVAL KLEINER DAN 50%

Gemaal	Aal (schier)		Aal (rood)		Aal (totaal)		Schubvis		Totaal		Baarzen ≤15 cm		Baarzen >15 cm		Baarzen totaal		Karpers ≤15 cm		Karpers >15 cm		Karpers totaal			
	n	% schade	n	% schade	n	% schade	n	% schade	n	% schade	n	% schade	n	% schade	n	% schade	n	% schade	n	% schade	n	% schade	n	% schade
<i>Krimpenerwaard</i>																								
2009 <sup>1)</sup>	100,00	19	-	0	100,00	19	0	51,97	127	58,22	146	-	-	-	50,00	12	-	-	-	-	-	-	48,60	107
<i>Verdaald</i>																								
2009 <sup>2)</sup>	-	0	-	0	-	0	25,00	216	25,00	216	-	-	-	-	60,00	10	-	-	-	-	-	-	23,30	206
<i>Hillegade</i>																								
2011	-	0	-	0	-	0	0,10	9102	0,10	9102	0,71	706	-	0	0,71	706	0,05	7868	0,00	0,00	9	0,05	7877	
<i>Kralingse Plas</i>																								
2009 <sup>1)</sup>	100,00	19	-	0	100,00	19	28,50	1484	29,40	1503	28,50	1484	-	0	28,50	1484	-	0	-	-	-	-	-	0
2011	0,00	3	-	0	0,00	3	0,06	27045	0,06	27048	0,04	24214	0,00	20	0,04	24234	0,18	2728	0,00	0,00	83	0,18	2811	
<i>Abraham Kroes poldergemaal</i>																								
2009 <sup>1)</sup>	-	0	-	0	-	0	7,41	27	7,41	27	0,00	6	-	0	0,00	6	0,00	19	100,00	2	9,52	21		
<i>ringvaartgemaal</i>																								
2009 <sup>1)</sup>	75,00	4	50,00	4	62,50	8	19,81	419	20,61	427	-	-	-	-	7,35	68	-	-	-	-	-	-	22,06	349
<i>Aankleet Buitenpolder</i>																								
2009 <sup>3)</sup>	-	0	0,00	1	0,00	1	27,25	334	27,16	335	-	-	-	-	26,04	96	-	-	-	-	-	-	27,43	237
2011 <sup>*</sup>	-	0	-	0	-	0	4,78	481	4,78	481	1,13	443	-	0	1,13	443	36,67	30	83,33	6	44,44	36		
<i>Hoekpolder</i>																								
2009 <sup>3)</sup>	-	0	0,00	1	0,00	1	21,43	56	21,05	57	3,85	26	-	0	3,85	26	35,71	28	100,00	1	37,93	29		
2011	0,00	1	0,00	2	0,00	2	1,27	1026	1,26	1028	0,63	316	0,00	13	0,61	329	1,37	657	5,41	37	1,59	694		
<i>Maelstede</i>																								
2008 <sup>4)</sup>	66,67	3	-	0	66,67	3	33,33	27	40,00	30	-	0	42,86	7	42,86	7	-	-	-	-	-	-	26,32	19
<i>Ennemaborgh</i>																								
2010 <sup>5)</sup>	-	0	-	0	-	0	37,50	8	37,50	8	-	0	-	0	-	0	16,67	6	100,00	2	37,50	8		
Tot. visonvriendelijk	95,56	45	33,33	6	88,24	51	24,10	3179	25,14	3230	21,90	1959	42,86	7	22,03	2152	26,51	83	90,91	11	27,57	1012		
Tot. visvriendelijk	0,00	4	0,00	1	0,00	1	0,06	37173	0,10	37178	0,07	25236	0,00	33	0,07	25269	0,16	11253	1,55	129	0,18	11382		

Bronnen: <sup>1)</sup> Kruitwagen & Klinge (2010a); <sup>2)</sup> Arcadis (2007) (Kruitwagen & Klinge 2010a geven bewerkte gegevens uit de originele bron); <sup>3)</sup> Kruitwagen & Klinge (2010b); <sup>4)</sup> Armitz & Aragon van den Broeke (2009); <sup>5)</sup> Bonhof (2010).

\* Voor 2011 zijn alleen data van vijf passagebepalingen bij normaal toerental van de gemaalpomp gebruikt.



TABEL 2

RESULTATEN SPEARMAN RANG-CORRELATIETOETSEN OP SCHADEPERCENTAGES BIJ DE ONDERZOCHE GEMALLEN.

	Karpers ≤15 cm	Baarzen ≤15 cm	Baarzen >15 cm	Aal
Karpers >15 cm	r = -0,87 p = 0,333 n = 3	r = -0,87 p = 0,333 n = 3	- - n = 2	- - n = 2
Karpers ≤15 cm		r = 0,486 p = 0,329 n = 6	- - n = 2	- - n = 2
Baarzen ≤15 cm			- - n = 2	- - n = 2
Baarzen >15 cm				- - n = 2

Toetsing op verschillen tussen de gemiddelde schadepercentages per visfamilie (zoetwaterbaarzen en karpers) en lengteklasse laat zien dat, voor zowel de visonvriendelijke als de visvriendelijke gemalen, bij de zoetwaterbaarzen geen sprake is van een significant verschil tussen kleine en grote vissen (Tabel 3). Bij de karpers is het schadepercentage voor grote vissen in beide gevallen significant hoger dan dat voor kleine vissen, hoewel voor de visvriendelijke gemalen de waarden voor beide lengteklassen zeer laag waren. Van de vissen die de visonvriendelijke gemalen zijn gepasseerd, vertonen de kleine zoetwaterbaarzen en karpers geen verschil in het percentage schade. Het schadepercentage van de karpers uit de lengteklasse >15 cm is hier echter significant hoger dan dat van de zoetwaterbaarzen uit dezelfde lengteklasse. De visvriendelijke gemalen laten het tegenovergestelde beeld zien. Hier zijn het juist de kleine karpers die significant meer schade ondervinden dan de kleine zoetwaterbaarzen. De visvriendelijke opvoerwerken veroorzaken voor beide families echter vrijwel geen schade, zodat een significant verschil slechts een minimaal effect heeft op de populaties.

TABEL 3

RESULTATEN TWEEZIJDIGE (TENZIJ ANDERS AANGEGEVEN) FISHER EXACT TESTEN OP VERSCHILLEN IN SCHADEPERCENTAGES TUSSEN LENGTEKLASSEN BINNEN EEN FAMILIE EN TUSSEN FAMILIES BINNEN EEN LENGTEKLASSE. TOTALEN VOOR VISONVRIENDELIJKE EN -VRIENDELIJKE GEMALLEN ZIJN GETEST. VETGEDRUKTE P-WAARDEN SIGNIFICANT

Vergeleken families	Schadepercentage per lengteklasse				n	p
	≤15 cm	≤15 cm	>15 cm	>15 cm		
Visonvriendelijke gemalen						
Baarzen - Baarzen (eenzijdig)	21,90		42,86		1966	0,183
Karpers - Karpers (eenzijdig)	26,51		90,91		94	<b>0,000</b>
Baarzen - Karpers	21,90	26,51			2042	0,344
Baarzen - Karpers			42,86	90,91	18	<b>0,047</b>
Visvriendelijke gemalen						
Baarzen - Baarzen	0,07		0,00		25269	1,000
Karpers - Karpers	0,16		1,55		11382	<b>0,021</b>
Baarzen - Karpers	0,07	0,16			36489	<b>0,016</b>
Baarzen - Karpers			0,00	1,55	162	1,000

TABEL 4

RESULTATEN EENZIJDIGE FISHER EXACT TESTEN OP VERSCHILLEN IN SCHADEPERCENTAGES VOOR SOORTGROEPEN/FAMILIES EN LENGTEKLASSEN, TUSSEN VISONVRIENDELIJKE EN -VRIENDELIJKE OPVOERWERKEN. VETGEDRUKTE P-WAARDEN SIGNIFICANT

Vissoort / groep	Categorie opvoerwerk		n	p
	visonvriendelijk	visvriendelijk		
Aal (schier)	95,56	0,00	49	<b>0,000</b>
Aal (rood)	33,33	0,00	7	0,714
Aal	88,24	0,00	56	<b>0,000</b>
Schubvis	24,10	0,06	40352	<b>0,000</b>
Totaal	25,14	0,10	40408	<b>0,000</b>
Baarzen ≤15 cm	21,90	0,07	27195	<b>0,000</b>
Baarzen >15 cm	42,86	0,00	40	<b>0,004</b>
Baarzen (totaal)	22,03	0,07	27421	<b>0,000</b>
Karpers ≤15 cm	26,51	0,16	11336	<b>0,000</b>
Karpers >15 cm	90,91	1,55	140	<b>0,000</b>
Karpers (totaal)	27,57	0,18	12394	<b>0,000</b>

De effecten van de gemaalaanpassingen op het schadepercentage van de in Tabel 1 onderscheiden soortgroepen en lengteklassen zijn af te lezen uit Tabel 4. Voor de aanpassingen zijn de schadepercentages van alle groepen die de visonvriendelijke gemalen passeerden hoger dan 20%. De visvriendelijke opvoerwerken resulteren in een maximum waarde van minder dan 2% voor de grote karpers. Voor de overige groepen bedraagt het schadepercentage in dit geval zelfs minder dan 0,2%. Met uitzondering van rode aal, waarvan in totaal slechts zeven exemplaren zijn gevangen, zijn de gevonden verschillen per soort of groep sterk significant.

Een relatie tussen schadepercentage en de vislengte kon, wat schubvis betreft, bij geen van de gemalen met voldoende grote vangsten worden aangetoond. De gepresenteerde schadepercentages kunnen daarom met enige voorzichtigheid worden beschouwd als geldig voor de hele lengterange van een soort. Dit voorbehoud maken we omdat bij gemaal Hoekpolder het percentage beschadigingen wel toenam tot een lengte van 15 cm (tot 5,1%), wanneer de data gegroepeerd werden tot bredere lengteklassen. Boven deze lengte gingen alle vissen echter onbeschadigd door het gemaal.

Van de aangepaste gemalen leverden Hillekade (visvriendelijke vijzel) en Kralingse Plas (visveilige waaierpomp) de laagste schadepercentages, respectievelijk 0,1% en 0,06%, voor de totale schubvisvangst. Vooral de plaatsing van een visveilige waaierpomp in het gemaal Kralingse Plas heeft geresulteerd in een zeer sterke afname van het aantal passageslachtoffers. Ook het nieuwe gemaal Hoekpolder, met een visveilige buisvijzel, kende met 1,3% slechts een beperkt aantal beschadigingen. Bij deze drie gemalen was de hoeveelheid passerende individuen voldoende voor een 95% betrouwbaarheidsinterval rond het gemiddelde van minder dan 50% en daarmee voldoende betrouwbaar om uitspraken te doen.

Bij het nieuwe gemaal Ennemaborgh (visvriendelijke vijzel) zal de visveiligheid nog worden opgevoerd door lopende technische aanpassingen aan de vijzel. Het schadepercentage kan hier nog niet betrouwbaar worden vastgesteld, door het zeer lage aantal vissen dat tijdens het onderzoek passeerde. Dat laatste geldt in zijn algemeenheid ook voor de schadepercentages die zijn gevonden voor aal. Slechts drie, respectievelijk twee exemplaren werden tijdens de onderzoeksperiode bij de gemalen Kralingse Plas en Hoekpolder gevangen; al deze vijf alen waren de gemalen overigens ongeschonden gepasseerd.

## **2. IN HOEVERRE KUNNEN DE MOGELIJKHEDEN VOOR VISMIGRATIE WORDEN VERGROOT DOOR AANPASSING VAN DE POMPBIEDIENING?**

In een experiment bij gemaal Aalkeet Buitenpolder zijn drie passagebepalingen uitgevoerd bij een minimaal toerental van de pomp en vijf bij een normaal toerental. Het schadepercentage over de totale schubvisvangst bij het minimale toerental van de gemaalpomp (0,36%) is meer dan een factor tien minder dan dat bij het normale toerental (4,78%) is vastgesteld. De hogere visveiligheid bij een lager toerental is vastgesteld voor alle soorten waarvan het aantal gevangen exemplaren voldoende was voor een betrouwbare schatting. Het schadepercentage toont grote verschillen tussen de soorten, maar hierbij lijkt de lengte van de vis een veel belangrijkere factor dan de soort.

### **VISPASSEERBAARHEID**

#### **3. WELK DEEL VAN HET VISBESTAND DAT ZICH BIJ DE GEMALEN AANDIENT, MAAKT GEBRUIK VAN DE ROUTE VIA DE GEMAALPOMPEN OM DE GEMALEN TE PASSEREN?**

Er is een vergelijking gemaakt van het visaanbod (bepaald door fuikbemonsteringen) en het aantal passanten (gemeten met visdichte vangconstructies achter de gemalen) bij uittrek (Tabel 5). Uit het onderzoek bij de gemalen Kralingse Plas, Aalkeet Buitenpolder, Hoekpolder en Hillekade bleek dat vooral eurytope vissen gebruik maken van de gemaalroute. Het aandeel dat deze route volgt was aanvankelijk wisselend (van 'relatief klein' tot 'relatief groot'), maar bleek bij de aangepaste kunstwerken overal 'relatief groot' te zijn. Sommige limnofiele soorten (gebonden aan stilstaand water) leken passage door opvoerwerken te mijden, en van rheofiele soorten (gebonden aan stromend water) werd een aantal gevallen van waarschijnlijk actieve migratie door het opvoerwerk vastgesteld. Voor de doelsoorten, met name aal, zijn de resultaten minder duidelijk. Dit komt omdat de gevangen aantallen in het algemeen laag zijn. Bij het gemaal Kralingse Plas is de grootste hoeveelheid aal gevangen. Hier leek voor de aanpassingen een relatief groot deel van het aanbod van aal door de gemaalpomp te gaan en na de aanpassingen een relatief klein deel. Dit effect hoeft niet per se gerelateerd te zijn aan de nieuwe pomp. Er kan ook sprake zijn van een afname van de palingstand in de Kralingse Plas.

De toepassing van een visveilige waaierpomp in het gemaal Kralingse Plas is gepaard gegaan met een sterke toename van het aandeel schubvis in de passagevangsten ten opzichte van het aanbod (Tabel 5). Op grond hiervan kunnen we verwachten dat de waaierpomp een positief effect heeft op de passeerbaarheid van een gemaal voor vis.

De grote aantallen passanten door de gemalen Hillekade en Hoekpolder vormen een duidelijke indicatie voor een positief effect van, respectievelijk, de visvriendelijke vijzel en de visveilige buisvijzel op de vispasseerbaarheid. De passeerbaarheid van het nieuwe gemaal Ennemborgh, eveneens voorzien van een visvriendelijke vijzel, zal pas kunnen worden onderzocht na voltooiing van de lopende technische aanpassingen aan de vijzel.

TABEL 5 TOTALE VANGSTEN VAN DOELSOORTEN EN OVERIGE SOORTEN (IN AANTALLEN PER FUIKNACHT) IN AANBOD EN PASSAGE PER GEMAAL BIJ UITTREK, VOOR EN NA DE AANPASSINGEN. DE GEMALEN KRIMPENERWAARD, VERDOOLD, ABRAHAM KROES, AALKEET BUITENPOLDER EN MAELSTEDE ZIJN (NOG) NIET AANGEPAST. HILLEKADE EN ENNEMABORGH ZIJN NIEUW

Soorten	n / fuiknacht voor aanpassing		n / fuiknacht na aanpassing	
	aanbod	passage	aanbod	passage
<b>Krimpenerwaard</b>				
Aal (rood)	0,05	0,00		
Aal (schier)	1,12	3,80		
Bot	0,02	1,00		
overige soorten	19,51	24,20		
<b>Verdoold <sup>1)</sup></b>				
Aal (rood)	0,38			
Aal (schier)	6,25			
overige soorten	27,25			
<b>Hillekade</b>				
Aal (schier)			0,09	0,00
Driedoornige stekelbaars			0,00	86,17
overige soorten			9,80	1430,83
<b>Kralingse Plas</b>				
Aal (rood)	0,00	0,00	0,41	0,00
Aal (schier)	0,00	3,80	2,15	0,60
overige soorten	841,40	296,80	1955,09	5409,00
<b>Abraham Kroes poldergemaal</b>				
Aal (schier)	0,10	0,00		
Bot	0,14	0,00		
Driedoornige stekelbaars	0,04	0,00		
overige soorten	1,57	5,40		
<b>ringvaartgemaal</b>				
Aal (rood)	0,06	0,80		
Aal (schier)	1,12	0,80		
Bot	0,02	0,00		
overige soorten	90,43	83,80		
<b>Aalkeet Buitenpolder <sup>2)</sup></b>				
2009 - normaal toerental				
Aal (rood)	0,00	0,20		
Aal (schier)	0,00	0,00		
overige soorten	6,16	66,40		
2011 - normaal of (minimaal) toerental				
Aal (rood)	0,00	0,00 (0,00)		
Aal (schier)	0,02	0,00 (0,00)		
overige soorten	2,15	43,73 (185,33)		
<b>Hoekpolder</b>				
Aal (rood)	0,00	0,20	0,00	0,14
Aal (schier)	0,03	0,00	0,00	0,14
Bot	0,00	0,20	0,00	0,00
Driedoornige stekelbaars	0,13	0,00	0,00	0,29
overige soorten	13,56	11,00	4,55	146,29
<b>Maelstede</b>				
Aal (rood)	0,00	0,00		
Aal (schier)	1,67	1,50		
Bot	0,00	0,50		
overige soorten	11,00	13,00		
<b>Ennemaborgh <sup>3)</sup></b>				
overige soorten			+	0,57

<sup>1)</sup> Voor gemaal Verdoold zijn de beschikbare passagebepalingen (Kruitwagen & Klinge 2010a) gebaseerd op geforceerde passage (Arcadis 2007); <sup>2)</sup> De vangsten achter gemaal Aalkeet Buitenpolder in 2011 zijn gesplitst in vijf lichten bij een normaal toerental en drie bij een minimaal toerental van de pomp; <sup>3)</sup> Het aanbod bij gemaal Ennemaborgh is bepaald met afwijkende methoden (Bonhof 2009). Bij de passagebepalingen werkte de vijzel nog niet goed (P.P. Schollema, persoonlijke mededeling).

#### **4. VORMT DE BYPASS EEN GESCHIKTE MIGRATIEVOORZIENING VOOR TOEPASSING BIJ GEMALEN?**

Voor de hevelvistrappen, aangelegd bij de gemalen Abraham Kroes en Aalkeet Buitenpolder, is aangetoond dat ze naast de gemalen functioneren. De hevels bieden alternatieve routes die permanent te gebruiken zijn. De aantallen die zijn gepasseerd zijn niet groot, maar in beide gevallen was ook het aanbod aan vis laag. In totaal zijn 475 vissen in het najaar van 2011 de twee vistrappen ongeschonden gepasseerd (2,07 per fuiknacht). Hierbij ging het om acht soorten schubvis. De vissen die de trap passeerden, bleken in het algemeen wat kleiner dan die in het aanbod. Vóór en achter de trap werden grotendeels dezelfde soorten, in dezelfde verhoudingen, gevangen. Alleen Ruisvoorn gaat duidelijk minder door de trap dan op basis van het aanbod mag worden verwacht. Hetzelfde geldt voor Zeelt, hoewel het aanbod voor deze soort te klein was om een goede uitspraak te kunnen doen. Bij gemaal Aalkeet Buitenpolder is één rode aal de hevelvistrap tegen de waterstroom uitgetrokken. Tijdens de intrek, in het voorjaar van 2012, passeerden in totaal 765 schubvissen. In deze periode trokken twee rode aalen door de bypass bij Abraham Kroes en passeerde opnieuw één exemplaar de passage bij Aalkeet Buitenpolder.

De vishevel bij gemaal Maelstede kon tijdens de uittrek in het najaar van 2011 nog niet worden gemonitord. In het voorjaar van 2012 passeerden de doelsoorten spiering, bot, brakwatergrondel, driedoornige stekelbaars en glasaal in lage aantallen.

De onderzochte hevelvistrappen functioneren bij de visuittrek en bij de visintrek, maar het effect bij de visuittrek in het najaar is nog niet optimaal. Bij beide gemalen, maar vooral bij gemaal Aalkeet Buitenpolder, blijkt meer vis te passeren door de gemalen dan via de trap, als de pompen in bedrijf zijn. Dit is in het najaar van 2011 onderzocht bij gemaal Aalkeet Buitenpolder door nogmaals het gemaal te bemonsteren. De hevels kunnen blijkbaar in deze situatie (nog) niet concurreren met de gemalen. Om het functioneren van de bypasses in dit opzicht te verbeteren, zouden de geplande visweringen voor deze gemalen moeten worden aangebracht. Ondanks het feit dat bij alle drie bypasses de gepasseerde aantallen tijdens de intrek (nog) laag waren, is overal sprake van een duidelijke verbetering ten opzichte van de oude situatie, waarbij visintrek niet mogelijk was.

#### **5. IN HOEVERRE KUNNEN DE MOGELIJKHEDEN VOOR VISMIGRATIE WORDEN VERGROOT DOOR AANPASSING VAN HET INLAATBEHEER EN VISVRIENDELIJK SLUISBEHEER?**

De effecten van een aangepast inlaatbeheer zijn duidelijk geworden door de monitoring in het voorjaar van 2012. Hoewel de bypasses bij de gemalen Abraham Kroes, Aalkeet Buitenpolder en Maelstede, en de visretourleiding bij gemaal Hillekade, niet allemaal grote hoeveelheden intrekkende vis lieten zien, werd geen enkel schadegeval vastgesteld. De gekozen vormen van inlaatbeheer lijken daarmee alle visveilig te zijn en te functioneren (er gaat vis door).

Het visvriendelijk sluisbeheer in de Snelle Sluis, door middel van loze schuttingen door rinketten, heeft een grote bijdrage geleverd aan een ongehinderde en veilige in- en uittrek. In het najaar van 2011 en het voorjaar van 2012 gebruikten veel soorten en individuen de Snelle Sluis als veilige migratieroute naar de Hollandsche IJssel en terug naar de Ringvaart. Ook de doelsoorten schieraal en rode aal bleken tegen de stroom in naar buiten te kunnen trekken. Hiermee is naar verwachting een nieuwe, passeerbare en visveilige migratieroute tussen de Ringvaart en de Hollandsche IJssel gecreëerd.

Het hoge aantal passanten door de Snelle Sluis, ten opzichte van de aantallen die de bypasses en de retourleiding passeerden, kan mogelijk worden verklaard door het feit dat de vis bij de Snelle Sluis al langer de tijd heeft gehad te wennen aan de verbeterde route. De Snelle Sluis was enkele jaren eerder gereed dan de hevelroutes.

## **GELUIDSPRODUCTIE**

### **6. KUNNEN GELUIDSARMERE OPLOSSINGEN BIJDRAGEN AAN HET VERKLEINEN VAN DE BARRIÈREWERKING BIJ GEMALEN?**

Uit de resultaten kan niet geconcludeerd worden dat een geluidsarm gemaal de barrièrewerking voor migrerende vis vermindert. Ondanks de geluidsproductie in voor vis hoorbare frequenties bij twee onderzochte gemalen, passeerde een groot deel van het aanbod aan eurytope soorten en een wisselend aanbod aan rheofiele, limnofiele en diadrome soorten. Het enige geluidsarme gemaal (Kralingse Plas) vertoonde na de aanpassing een hoger aandeel passerende overige soorten en een lager aandeel passerende doelsoorten. De oorzaak hiervan is niet bekend, maar toeval of een weersinvloed kan niet worden uitgesloten.

Uit het onderzoek in het najaar van 2011 blijkt verder dat er grote verschillen zijn in de geluidskarakteristieken. Bij gemaal Hoekpolder kan worden geconstateerd dat de geluidsproductie relatief hoog is. Te zien is dat grote vissen die wel in de aanbodfuiken zijn aangetroffen in minder grote aantallen het gemaal passeren. Gemaal Ennemaborgh vertoont wat geluid betreft overeenstemming met gemaal Hoekpolder. Het gemaal Krimpenerwaard, dat eerder ook is getest (Kruitwagen & Klinge 2010a), bleek ook veel onderwatergeluid te produceren. Er is hier een verband gelegd tussen de mogelijk afschrikwekkende werking van het gemaal en de aanzienlijke hoeveelheid geluid onder water. Gebrek aan wetenschappelijke kennis over de exacte uitwerking van geluid op vissen maakt de interpretatie van deze data slechts voor een gering aantal soorten mogelijk.

## **POMPRENDEMENT**

### **7. HOE IS HET POMPRENDEMENT VAN DE VISVEILIGE INNOVATIEVE OPVOERWERKEN?**

Het rendement van de nieuwe visveilige opvoerwerken is gelijk aan (Hillekade en Ennemaborgh) of groter (Kralingse Plas en Hoekpolder) dan het rendement van de oude opvoerwerken. Door de positieve relatie met het debiet, wordt het rendement lager wanneer de pompen op een lagere snelheid draaien. Omdat de vissen de nieuwe pompen met een zeer laag schadepercentage kunnen passeren, is het niet nodig ten behoeve van de vismigratie met een lager rendement te draaien.

## **BIJDRAGE AANPASSINGEN AAN KRW-DOELSTELLINGEN**

### **8. WELK EFFECT HEEFT DE VOORZIENING OP DE EKR SCORE VAN HET KRW-WATERLICHAAM?**

Bij vier van de acht onderzochte kunstwerken zou een verhoging van de EKR-score in het achterland (de 'binnenzijde' van sluis of gemaal) mogelijk kunnen zijn door een verbetering van de vispasseerbaarheid. Bij de vier andere is de score voor migrerende en plantminnende soorten al maximaal, of heeft een verbeterde in- en uittrek van diadrome vis geen effect op de maatlatscore. Wel is het in een aantal gevallen denkbaar dat winst kan worden geboekt door een hogere uittrek van brasem en karper. Bij geen enkel kunstwerk wordt een verbetering verwacht van de EKR-score van het waterlichaam waar het kunstwerk op afwatert. In de meeste

gevallen geldt ook hier dat het aantal plantminnende en migrerende soorten in het ontvangende water al maximaal scoort. De maatlat geeft nog geen aparte score voor diadrome vis, waardoor het effect van de verbetering van deze groep nu niet goed heeft meegewogen.

Migratiemogelijkheden verbeteren naar verwachting door het project, wat een indirecte verbetering van de visstand en de ecologische kwaliteit tot gevolg heeft. Migratiemogelijkheden zijn van belang zodat tijdens elk levensstadium en seizoen over voldoende geschikt areaal van de habitat kan worden beschikt. Ook bijvoorbeeld in de zomer, om tijdelijke ongunstige milieuomstandigheden te kunnen ontvluchten.

# STOWA EN HET WATERMOZAÏEK

## WAT IS WATERMOZAÏEK?

In het kennisprogramma Watermozaïek onderzoekt de Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) samen met waterschappen en andere kennispartners bestaande en innovatieve maatregelen voor het verbeteren van de ecologische waterkwaliteit. Waterkwaliteit is een speerpunt in de Kaderrichtlijn Water (KRW). Onder de paraplu van het kennisprogramma testen waterbeheerders maatregelen in de praktijk uit, waardoor kennis wordt verzameld over de haalbaarheid, de betaalbaarheid en de effectiviteit ervan.

## RESULTATEN

De oogst van het kennisprogramma Watermozaïek is meervoudig. Watermozaïek:

- levert een nieuwe kijk op maatregelen waar waterschappen met het oog op de Kaderrichtlijn Water hard aan werken of over aan het nadenken zijn. Van veel van deze maatregelen is (nog) niet precies bekend hoe (kosten)effectief ze zijn. Door het werk binnen het Watermozaïek is hierover veel meer bekend geworden;
- heeft zeer interessante nieuwe maatregelen ontwikkeld en uitgetest;
- introduceert een nieuw diagnosesysteem, waarmee waterbeheerders hun watersystemen kunnen analyseren en de ecologische ontwikkelingen daarin kunnen volgen en bijsturen: het KRW-Volg- en Stuursysteem (VSS);
- ontsluit reeds bestaande wetenschappelijke kennis en maakt deze praktisch toepasbaar. Hierbij spelen de binnen het programma georganiseerde kennisdagen een belangrijke rol. STOWA brengt tijdens deze dagen waterschappers en wetenschappers met elkaar in contact. Zij kunnen op deze manier direct kennis en ervaringen uitwisselen.

## SAMEN DOEN

Dat mensen van waterschappen, Rijkswaterstaat, kennisinstellingen, universiteiten en adviesbureaus onder de vlag Watermozaïek nauw met elkaar samenwerken, biedt de beste garantie dat het programma de juiste kennis oplevert voor de praktijk van het regionale waterbeheer. Waterschappers en wetenschappers hebben bij het begin van het programma samen kennisvragen geformuleerd. Deze vragen vormen de basis voor de projecten die binnen het programma bestaan en nog worden uitgevoerd.

## STOWA

STOWA, de initiatiefnemer van Watermozaïek, is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart en verspreidt kennis die nodig is voor de opgaven waar waterbeheerders voor staan.

## VAN DENKEN NAAR DOEN

De resultaten van onderzoeksprojecten worden via het onderzoeksprogramma Watermozaïek van STOWA uitgewisseld met waterbeheerders die toepassing in hun beheersgebied overwegen.

## INNOVATIEPROGRAMMA KADERRICHTLIJN WATER

Het project wordt mede gefinancierd vanuit het innovatieprogramma Kaderrichtlijn Water, uitgevoerd door Agentschap NL in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu.

Kijk voor meer informatie op [www.watermozaiek.nl](http://www.watermozaiek.nl).





# VISSEN ZWEMMEN WEER HEEN EN WEER

## INHOUD

	TEN GELEIDE	
	SAMENVATTING	
	STOWA EN HET WATERMOZAÏEK	
<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>1</b>
1.1	Achtergrond	1
1.2	Doel	2
1.2.1	Testen migratievoorzieningen	2
1.2.2	Beantwoorden gestelde onderzoeksvragen	2
1.3	Opzet	3
1.3.1	Nulmonitoring	3
1.3.2	Realisatie migratievoorzieningen	3
1.3.3	Testen migratievoorzieningen	3
1.3.4	Analyse en eindrapportage	3
1.3.5	Overzicht gebruikte methoden	4
1.4	Leeswijzer	5
<b>2</b>	<b>ACHTERGRONDEN BIJ VISMIGRATIE EN GEMALEN</b>	<b>7</b>
2.1	Vismigratie	7
2.2	Gemalen	9
2.2.1	Visveiligheid en vispasseerbaarheid	9
2.2.2	Geluid	9
2.2.3	Effect op de EKR	11

<b>3</b>	<b>GLOBALE RESULTATEN PER KUNSTWERK</b>	<b>12</b>
<b>3.1</b>	<b>Gemaal Krimpenerwaard</b>	<b>13</b>
	3.1.1 Uitgangssituatie en aanpassingen	13
	3.1.2 Globale resultaten	13
<b>3.2</b>	<b>Gemaal Verdoold</b>	<b>15</b>
	3.2.1 Uitgangssituatie en aanpassingen	15
	3.2.2 Globale resultaten	15
<b>3.3</b>	<b>Gemaal Hillekade</b>	<b>17</b>
	3.3.1 Uitgangssituatie en aanpassingen	17
	3.3.2 Globale resultaten	17
<b>3.4</b>	<b>Gemaal Kralingse Plas</b>	<b>19</b>
	3.4.1 Uitgangssituatie en aanpassingen	19
	3.4.2 Globale resultaten	19
<b>3.5</b>	<b>Gemaal Abraham Kroes</b>	<b>21</b>
	3.5.1 Uitgangssituatie en aanpassingen	21
	3.5.2 Globale resultaten	22
<b>3.6</b>	<b>Snelle Sluis</b>	<b>23</b>
	3.6.1 Uitgangssituatie en aanpassingen	23
	3.6.2 Globale resultaten	23
<b>3.7</b>	<b>Gemaal Aalkeet Buitenpolder</b>	<b>25</b>
	3.7.1 Uitgangssituatie en aanpassingen	25
	3.7.2 Globale resultaten	25
<b>3.8</b>	<b>Gemaal Hoekpolder</b>	<b>27</b>
	3.8.1 Uitgangssituatie en aanpassingen	27
	3.8.2 Globale resultaten	27
<b>3.9</b>	<b>Gemaal Maelstede</b>	<b>29</b>
	3.9.1 Uitgangssituatie en aanpassingen	29
	3.9.2 Globale resultaten	29
<b>3.10</b>	<b>Gemaal Ennemaborgh</b>	<b>31</b>
	3.10.1 Uitgangssituatie en aanpassingen	31
	3.10.2 Globale resultaten	31
<b>4</b>	<b>RESULTATEN PER ONDERZOEKSTHEMA</b>	<b>33</b>
<b>4.1</b>	<b>Visveiligheid</b>	<b>33</b>
	4.1.1 Vraag 1 – Vindt er bij vispassage van de verschillende aangepaste gemaalpompen (visveilige waaierpomp, visveilige buisvijzel, visvriendelijke vijzel) en toegepaste voorzieningen beschadiging plaats?	33
	4.1.2 Vraag 2 – In hoeverre kunnen de mogelijkheden voor vismigratie worden vergroot door aanpassing van de pompbediening?	41
<b>4.2</b>	<b>Vispasseerbaarheid</b>	<b>47</b>
	4.2.1 Vraag 3 – Welk deel van het visbestand dat zich bij de gemalen (en de sluis) aandient, maakt gebruik van de route via de gemaalpompen om de gemalen te passeren (vergelijking traditionele pompen met visveilige waaierpomp, visveilige buisvijzel en visvriendelijke vijzel)?	47
	4.2.2 Vraag 4 – Vormt de bypass een geschikte migratievoorziening voor toepassing bij gemalen?	60
	4.2.3 Vraag 5 – In hoeverre kunnen de mogelijkheden voor vismigratie worden vergroot door aanpassing van het inlaatbeheer en visvriendelijk sluisbeheer?	71

<b>4.3</b>	Geluidsproductie	74
4.3.1	Vraag 6 – Kunnen geluidsarmere oplossingen bijdragen aan het verkleinen van de barrièrewerking van gemalen?	74
<b>4.4</b>	Pomprendement	81
4.4.1	Vraag 7 – Hoe is het pomprendement van de visveilige innovatieve pompen?	81
<b>4.5</b>	Bijdrage aan KRW-doelstellingen	82
4.5.1	Vraag 8 – Welk effect heeft de voorziening op de EKR-score van het KRW-waterlichaam?	82
<b>5</b>	DISCUSSIE	91
<b>5.1</b>	Visveiligheid en -passeerbaarheid	91
5.1.1	Vergelijkbaarheid aanbod- en passagevangsten binnen monitoringsjaren	91
5.1.2	Vergelijkbaarheid aanbod- en passagevangsten tussen monitoringsjaren	92
5.1.3	Statistische betrouwbaarheid van de resultaten per soortgroep	92
<b>5.2</b>	Geluidsproductie	93
5.2.1	Mogelijke effecten op habitatgebruik vis	93
5.2.2	Mogelijke effecten op passage gemaalpomp	93
5.2.3	Mogelijke effecten op passage bypass	93
<b>5.3</b>	Pomprendement	94
<b>5.4</b>	Bijdrage aan KRW-doelstellingen	94
5.4.1	Effecten op de EKR score	94
5.4.2	Algemeen belang visoptrekbaarheid	95
<b>5.5</b>	Volledigheid realisatie en testen migratievoorzieningen	95
5.5.1	Realisatie	95
5.5.2	Testen	95
<b>6</b>	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	97
<b>6.1</b>	Conclusies	97
6.1.1	Visveiligheid en -passeerbaarheid	97
6.1.2	Geluidsproductie	98
6.1.3	Pomprendement	98
6.1.4	Bijdrage aan KRW-doelstellingen	99
<b>6.2</b>	Aanbevelingen	99
6.2.1	Visveiligheid en -passeerbaarheid	99
6.2.2	Geluidsproductie	100
6.2.3	Pomprendement	100
6.2.4	Bijdrage aan KRW-doelstellingen	100
	LITERATUUR	101
	BIJLAGEN	
I	MATERIAAL EN METHODEN	103
II	BASISGEGEVENS KLIMAAT EN VISMONITORING	113
III	RAPPORTAGE AKOESTISCH ONDERZOEK	159



# 1

## INLEIDING

In dit hoofdstuk worden achtereenvolgens de achtergrond, het doel en de opzet van het project *Vissen Zwemmen Weer Heen en Weer* (VZWHEW) beschreven. Afgesloten wordt met een leeswijzer betreffende voorliggende rapportage.

### 1.1 ACHTERGROND

Het bevorderen van de connectiviteit binnen en tussen waterlichamen is in het Nederlandse beheer van oppervlaktewater een belangrijke strategie geworden om de leefgebieden van vissen beter te ontsluiten en te verbinden. Op deze manier wordt (indirect) gestreefd naar een hogere ecologische kwaliteit van watersystemen en een navenant hogere ecologische kwaliteit voor de KRW. Om de technische basis voor deze strategie te kunnen leggen zijn in 2008 en 2009 twee belangrijke onderzoeksprojecten gestart, deels gefinancierd met gelden uit het KRW-innovatiefonds. Dit betreft respectievelijk de projecten *Schade Aan Vis in Gemalen* en *Vissen Zwemmen Weer Heen en Weer* (<http://vismigratie.stowa.nl/projecten/index.aspx?pId=821>).

Voor het project VZWHEW is een projectplan voor financiering en uitvoering opgesteld door een combinatie van vier waterbeheerders (zie hieronder) en de Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA). Het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard is de trekker van het project en de STOWA coördineert de evaluatiemonitoring en de eindrapportages. Doel van het project is het in de praktijk toepassen en toetsen van innovatieve vismigratievoorzieningen en pompconcepten. Hiertoe zijn zeven Nederlandse gemalen en een sluis geselecteerd waarin de werking van verschillende innovatieve oplossingen onder verschillende praktijkcondities wordt onderzocht door een onafhankelijk bureau. De acht kunstwerken in beheer bij de vier waterbeheerders zijn:

*Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard (HHSK)*

- Gemaal Hillekade
- Gemaal Kralingse Plas
- Gemaal Abraham Kroes
- Snelle Sluis

*Hoogheemraadschap van Delfland (HHD)*

- Gemaal Aalkeet Buitenpolder
- Gemaal Hoekpolder

*Waterschap Scheldestromen (WS)*

- Gemaal Maelstede

*Waterschap Hunze en Aa's (WHA)*

- Gemaal Ennemaborgh

## 1.2 DOEL

### 1.2.1 TESTEN MIGRATIEVOORZIENINGEN

Doel van het project met betrekking tot de monitoring voor en na de realisatie van de migratievoorzieningen:

- 1 is het toetsen van de voorzieningen op:
  - a *visveiligheid* (de mate waarin vissen de voorziening levend en onbeschadigd weten te passeren);
  - b *vispasseerbaarheid* (de mate waarin vissen gebruik maken van de voorziening om een migratieknelpunt te passeren);
  - c *geluidsproductie*;
  - d *pomprenement* (waar van toepassing);
- 2 en het bepalen van de *bijdrage van de aanpassingen aan de KRW-doelstellingen*.

### 1.2.2 BEANTWOORDEN GESTELDE ONDERZOEKSVRAGEN

- 4 Binnen de hierboven genoemde vijf thema's zijn acht onderzoeksvragen geformuleerd:

#### 1a) Visveiligheid

- 1) Vindt er bij vispassage van de verschillende aangepaste gemaalpompen (visveilige waaierpomp, visveilige buisvijzel, visvriendelijke vijzel) en toegepaste voorzieningen beschadiging plaats?
- 2) In hoeverre kunnen de mogelijkheden voor vismigratie worden vergroot door aanpassing van de pompbediening?

#### 1b) Vispasseerbaarheid

- 3) Welk deel van het visbestand dat zich bij de gemalen (en de sluis) aandient, maakt gebruik van de route via de gemaalpompen om de gemalen te passeren (vergelijking traditionele pompen met visveilige waaierpomp, visveilige buisvijzel en visvriendelijke vijzel)?
- 4) Vormt de bypass een geschikte migratievoorziening voor toepassing bij gemalen?
- 5) In hoeverre kunnen de mogelijkheden voor vismigratie worden vergroot door aanpassing van het inlaatbeheer en visvriendelijk sluisbeheer?

#### 1c) Geluidsproductie

- 6) Kunnen geluidsarmere oplossingen bijdragen aan het verkleinen van de barrièrewerking van gemalen?

#### 1d) Pomprenement

- 7) Hoe is het pomprenement van de visveilige innovatieve opvoerwerken?

### 2 Bijdrage aanpassingen aan KRW-doelstellingen

- 8) Welk effect heeft de voorziening op de EKR-score van het KRW-waterlichaam?

### 1.3 OPZET

Om antwoord op bovengenoemde vragen te kunnen geven is onderzoek uitgevoerd in vier fasen:

- 1 nulmonitoring;
- 2 realisatie migratievoorzieningen;
- 3 testen migratievoorzieningen;
- 4 analyse en eindrapportage.

#### 1.3.1 NULMONITORING

Bij de bestaande kunstwerken van HHSK en HHD is in 2009 door Witteveen+Bos een nulmonitoring uitgevoerd (Kruitwagen & Klinge 2010a, b). Daarbij zijn de vispasseerbaarheid en de visveiligheid van de geselecteerde kunstwerken onderzocht. Bij gemaal Maelstede (WS) is geen nulmonitoring uitgevoerd binnen het project. Er is gebruik gemaakt van de resultaten van een in 2008 uitgevoerde vismonitoring (Arntz & Aragon van den Broeke 2009). Voor de nieuwe gemalen Hillekade (HHSK) en Ennemaborgh (WHA) kon geen nulmonitoring worden uitgevoerd, omdat hier in het verleden geen gemalen aanwezig waren. Bij de meeste bestaande gemalen is ook akoestisch onderzoek verricht, om de geluidsprofielen in beeld te brengen.

#### 1.3.2 REALISATIE MIGRATIEVOORZIENINGEN

Na de nulmonitoring zijn bij de acht in paragraaf 1.1 genoemde kunstwerken vismigratievoorzieningen gerealiseerd, door middel van aanpassingen of nieuwbouw.

Bij één van de kunstwerken, gemaal Kralingse Plas, is het oude gemaal vervangen door een nieuw gemaal met een visvriendelijke waaierpomp. Hier is geen voorziening voor intrek aangelegd. De overige drie nieuw gebouwde gemalen, Hillekade, Hoekpolder (ter vervanging van het nabijgelegen oude gemaal Hoekpolder) en Ennemaborgh, zijn alle voorzien van visvriendelijke vijzels. Bij gemaal Hillekade is tevens een visretourleiding gerealiseerd, die visintrek mogelijk moet maken. De pompen van de gemalen Abraham Kroes, Aalkeet Buitenpolder en Maelstede zijn niet aangepast. Naast de twee eerstgenoemde gemalen is een hevelvistrap gebouwd, om ongehinderde in- en uittrek van vis mogelijk te maken. Bij gemaal Maelstede is een vergelijkbare voorziening gemaakt in de vorm van een hevel, gecombineerd met een visvriendelijke lokstroompomp. Aangepast sluisbeheer moet veilige in- en uittrek mogelijk maken via de Snelle Sluis, als onderdeel van het vismigratieknooppunt bij gemaal Abraham Kroes.

#### 1.3.3 TESTEN MIGRATIEVOORZIENINGEN

Om de werking van de migratievoorzieningen in de praktijk te onderzoeken, is in het najaar van 2011 de visuittrek door de voorzieningen bij de zeven kunstwerken gemonitord. Tijdens deze fase zijn ook de gegevens verzameld met betrekking tot de rendementen van de nieuwe opvoerwerken. Bij de nieuwe gemalen Hillekade, Kralingse Plas en Hoekpolder, is in deze periode akoestisch onderzoek verricht. Voor het nieuwe gemaal Ennemaborgh zijn de resultaten gebruikt van een in 2011 uitgevoerd akoestisch onderzoek (Kemper & Vis, 2011). Ook voor het gemaal Aalkeet zijn eerder uitgevoerde geluidsmetingen gebruikt. Daarnaast is in het voorjaar van 2012 de intrek door de gerealiseerde migratievoorzieningen getest.

#### 1.3.4 ANALYSE EN EINDRAPPORTAGE

De voorliggende rapportage beschrijft de resultaten van de nulmonitoring, de gerealiseerde migratievoorzieningen en de resultaten van de na de aanpassingen uitgevoerde voor- en najaarsmonitoring.



### 1.3.5 OVERZICHT GEBRUIKTE METHODEN

Het hoofdstuk Materiaal en methoden wordt gegeven als bijlage bij het voorliggende rapport (Bijlage I). Daarin wordt de vismonitoring behandeld. De gebruikte methoden voor het akoestisch onderzoek staan beschreven in de basisrapportage (Bouton & Slabbekoorn, 2012), welke integraal is opgenomen in de bijlagen bij het voorliggende rapport (Bijlage III). Deze paragraaf geeft een algemeen overzicht.

#### VISMONITORING

Bij alle kunstwerken is het aanbod en de passage van vis gemonitord tijdens voor- en najaarsperioden. Voor deze monitoring is in de meeste gevallen gebruik gemaakt van fuiken en op maat vervaardigde vangconstructies. Een uitgebreide beschrijving van de uitvoering van de monitoring met de details van de vangtuigen en vangconstructies is opgenomen in Bijlage I.

#### AKOESTISCH ONDERZOEK

Voor de aanpassing is in 2009 akoestisch onderzoek verricht bij de gemalen Krimpenerwaard, Kralingse Plas, Aalkeet Buitenpolder en Hoekpolder. Hierbij is het geluidsniveau gemeten in de bandbreedten waarvoor vis gevoelig is. In 2011 zijn deze geluidsmetingen uitgevoerd aan de nieuwe gemalen Hillekade, Kralingse Plas, Hoekpolder en Ennemaborgh. In dit rapport worden de meetresultaten vergeleken. Het akoestisch onderzoek is uitgevoerd door de Rijksuniversiteit Leiden. In paragraaf 2.2.4 geven we in een intermezzo wat achtergrondinformatie over vis en geluid.

#### STATISTISCHE ANALYSE

Voor de gemaalpassages is het schadepercentage berekend. Dit is het percentage van het aantal gepasseerde vissen dat dodelijk beschadigd of dood in het net achter het gemaal wordt aangetroffen. Vissen die uiterlijk onbeschadigd passeerden, maar na maximaal 48 uur toch dood gingen (uitgestelde sterfte) zijn opgenomen als dodelijk beschadigd. De resultaten zijn samengevat in een tabel *schadepercentages* (Tabel 1), waarin de vissen zijn ingedeeld volgens categorieën zoals gehanteerd in de *gemalenwijzer* (Kemper *et al.*, 2011). Hierbij worden eerst de groepen aal (schier of rood), schubvis en totaal onderscheiden. Vervolgens wordt het schadepercentage ook berekend over de families zoetwaterbaarzen ( $\leq 15$  cm en  $> 15$  cm) en karpers ( $\leq 15$  cm en  $> 15$  cm).

Waarden uit de verschillende categorieën mogen eigenlijk alleen onderling worden vergeleken als het 95% betrouwbaarheidsinterval van het gemiddelde minder dan 50% is (Kemper *et al.*, 2011). Deze categorie waarden is in de tabel aangegeven. Verschillen tussen oude en nieuwe opvoerwerken zijn getest met de Fisher exact toets. Dit is een beter onderscheidende toets dan de vaak gebruikte chi-kwadraattoets.

## 1.4 LEESWIJZER

In hoofdstuk 2 (Het belang van visvriendelijke gemalen) schetsen we de achtergrond van het project. Waarom vormen traditionele gemalen een knelpunt voor vis en welke aanpassingen kunnen we doen om de connectiviteit te verbeteren? Welke rol speelt geluid in het ontstaan van een barrière voor migrerende vis en hoe meten we het geluidsniveau?

In hoofdstuk 3 (Uitgangssituatie, aanpassingen en globale resultaten per kunstwerk) worden de in het project opgenomen kunstwerken kort beschreven, samen met de voorziene en daadwerkelijk uitgevoerde aanpassingen ten behoeve van vismigratie. De resultaten van het project worden per gemaal kort gepresenteerd.

In hoofdstuk 4 (Resultaten per onderzoeksthema en -vraag) bespreken we de resultaten uitgebreid per onderzoeksvraag. In welke mate maakt de vis gebruik van de voorzieningen en wat zijn de veranderingen in het percentage beschadigde vis, door aanleg van de voorzieningen. In dit hoofdstuk wordt ook antwoord gegeven op veranderingen in het pompredement en op de EKR van de visgemeenschap in het achterland.

In hoofdstuk 5 bediscussiëren we de resultaten aan de hand van de onderzoeksvragen. Zijn de waarnemingen betrouwbaar en representatief en zijn er omstandigheden die de interpretatie bemoeilijken?

Hoofdstuk 6, ten slotte, geeft de conclusies van het onderzoek. Daarnaast doen we in dit hoofdstuk aanbevelingen om de werking van de voorzieningen te verbeteren en aanbevelingen voor vervolgonderzoek, in die gevallen waarin de resultaten van het project VZWHEW nog onvoldoende duidelijkheid bieden.

In de bijlagen zijn de details van de vangtuigen en vangconstructies opgenomen, alle verzamelde gegevens, de relevante weersgegevens tijdens de monitoringperioden en het volledige rapport van het akoestisch onderzoek.

FIGUUR 3

INTREKMONITORING HEVELVISTRAP ABRAHAM KROES (FOTO: KOEMAN EN BIJKERK)



# 2

## ACHTERGRONDEN BIJ VISMIGRATIE EN GEMALEN

Dit hoofdstuk beschrijft de verschillende aspecten van het begrip *vismigratie* en behandelt de achtergronden van de verschillende onderdelen van het onderzoek.

### 2.1 VISMIGRATIE

Hoewel slechts een beperkt aantal vissoorten bekend staat als trekvis, geldt voor de meeste soorten dat ze op een bepaald moment in de tijd gaan migreren. Hierbij moet men niet alleen denken aan trek over grote afstanden en/of een langere tijdsperiode, maar ook aan dagelijkse verplaatsingen door veranderende omgevingsparameters.

#### DAGELIJKSE MIGRATIE

De dagelijkse verplaatsingen kunnen zowel in het horizontale als in het verticale vlak plaatsvinden. Dagelijkse verticale migratie wordt in veel gevallen in gang gezet door veranderende fysisch-chemische omstandigheden in de waterkolom, zoals het doordringen van licht, het stijgen van de watertemperatuur, of een daling van de hoeveelheid opgeloste zuurstof (Brett, 1971; Wanink *et al.*, 2001; Goudswaard *et al.*, 2004). De onderliggende drijfveren zijn vaak het vergroten van het foerageersucces en het verlagen van het predatierisico, maar ook het ontvluchten van tijdelijke ongunstige milieuomstandigheden (Wootton, 1990; Wanink, 1998). Overigens kunnen dezelfde factoren ook leiden tot horizontale migratie, waarbij de geprefereerde habitat meer wordt gekarakteriseerd door stroomsnelheid, sedimentsamenstelling van de bodem en ondergedoken vegetatie (schuilgelegenheid en voedsel). Omdat dit type migratie zich afspeelt op lokaal niveau is hier, afhankelijk van de grootte van het gebied en vluchtroutes door gemalen, vaak ook een raakvlak met gemalen als mogelijk knelpunt of migratieroute.

#### SEIZOENSMIGRATIE

Van ander belang zijn de migratiebewegingen die veel vissoorten in de loop van hun leven, of op seizoensbasis, laten zien. Hierbij vinden de migraties vaak plaats over grote afstanden en langere periodes. In het algemeen wordt voor dit type vismigratie de volgende indeling gehanteerd:

- ontogenetische migratie (verplaatsingen die samenhangen met veranderende habitatvoorkeur in de loop van de opeenvolgende levensstadia van een vis);
- verspreidingsmigratie (verplaatsingen om het verspreidingsgebied te vergroten);
- seizoensmigratie (verplaatsingen tussen het normale verblijfsgebied en een overwinteringsgebied);
- paaimigratie (verplaatsingen naar het voortplantingsgebied).

Om de schaal aan te geven waarop voor individuele soorten de hierboven getypeerde migratie, met al haar mogelijkheden en knelpunten, zich afspeelt, wordt gebruik gemaakt van de volgende indeling in migratiegilden:

- oceanodroom (verplaatsingen vinden alleen plaats binnen het zeewater);
- potamodroom (verplaatsingen vinden alleen plaats binnen het zoete water);
- diadroom (verplaatsingen vinden plaats tussen het zoute en het zoete water).

In ons onderzoek spelen oceanodrome soorten geen rol. De bij de kunstwerken gevangen soorten zijn in de meeste gevallen potamodroom en in enkele gevallen diadroom (Tabel 6). Omdat diadrome soorten op hun trekroutes tussen de Nederlandse polderwateren en de zee vaker met gemalen worden geconfronteerd dan andere vissoorten, krijgen deze binnen het onderzoek speciale aandacht. De Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) geeft diadrome soorten ook een speciale status (van der Molen & Pot, 2007). Bij de interpretatie van de resultaten worden de aangetroffen diadrome soorten daarom deels als een aparte groep, de *doelsoorten*, behandeld.

Hoewel gemalen en andere kunstwerken in relatie tot visverplaatsingen vooral worden beschouwd als barrières op migratieroutes, kunnen zij ook leiden tot versnippering van leefgebieden en uitspoeling van vissen. Dit betekent dat gemalen niet alleen knelpunten kunnen vormen voor diadrome vissen, maar ook voor een deel van de potamodrome soorten. Dit zou dan vooral gelden voor de rheofielen en in mindere mate voor de eurytopen. Alleen voor de limnofiele soorten lijken kunstwerken geen problemen op te leveren (Riemersma & Kroes, 2004). In Tabel 6 is voor elke soort die tijdens het hier gerapporteerde onderzoek is gevangen, aangegeven tot welke functionele groep (gilde) hij behoort. Aan de hand van deze indeling wordt vervolgens per kunstwerk de situatie van vóór de aanpassingen vergeleken met die van na de aanpassingen.

TABEL 6

## INDELING VAN DE GEVANGEN VISSOORTEN IN FAMILIES EN GILDEN.

K = KATADROOM; A = ANADROOM; R = RHEOFIEL; E = EURYTOOP; L = LIMNOFIEL

Soort	Familie	Gilde	Soort	Familie	Gilde
doelsoorten (diadroom)			Potamodromen (vervolg)		
Aal (rood)	Palingen	K	Kolblei	Karpers	E
Aal (schier)	Palingen	K	Kroeskarper	Karpers	L
Bot	Schollen	K	Marm grondel	Grondels	EX00T
Driedoornige stekelbaars	Stekelbaarzen	A	Pontische stroomgrondel	Grondels	EX00T
			Pos	Zoetwaterbaarzen	E
<b>overige (potamodroom)</b>			Riviergrondel	Karpers	R
Alver	Karpers	E	Roofblei	Karpers	EX00T
Baars	Zoetwaterbaarzen	E	Ruisvoorn	Karpers	L
Bittervoorn	Karpers	L	Snoek	Snoeken	E
Blankvoorn	Karpers	E	Snoekbaars	Zoetwaterbaarzen	E
Brasem	Karpers	E	Tienddoornige stekelbaars	Stekelbaarzen	L
Giebel	Karpers	E	Vetje	Karpers	L
Hybride	Karpers	E	Winde	Karpers	R
Karper	Karpers	L	Zeelt	Karpers	L
Kleine modderkruiper	Modderkruipers	L	Zwartbekgrondel	Grondels	EX00T

Bron gilden: FAME (Fish-based Assessment Method for the Ecological status of European rivers).

## 2.2 GEMALEN

In deze paragraaf worden de achtergronden van de kernpunten uit de onderzoeksvragen behandeld. Ook schetsen wij hier kort de aanpak van de verschillende onderdelen van het onderzoek.

### 2.2.1 VISVEILIGHEID EN VISPASSEERBAARHEID

Het functioneren van de verschillende voorzieningen bij de gemalen is onderzocht door het monitoren van de aanwezige, de uittrekkende en de intrekkende vissen, vóór en na de aanpassingen.

Voor het vaststellen van de betrouwbaarheid van de resultaten met betrekking tot visveiligheid, is daarbij de methode gevolgd die recent is toegepast in een groot onderzoek naar de visvriendelijkheid van Nederlandse opvoerwerktuigen (Kemper *et al.*, 2011). Om onze resultaten in een groter verband te kunnen plaatsen, hebben we betrouwbare schadepercentages geaggregeerd tot gemiddelde waarden voor de twee visfamilies (karpers en zoetwaterbaarzen) en lengteklassen ( $\leq 15$  cm en  $> 15$  cm) die worden onderscheiden in de STOWA Gemalenwijzer ([www.stowa.nl](http://www.stowa.nl)).

Voor het bepalen van de passeerbaarheid is de traditionele onderzoeksmethode gevolgd, waarbij de aantallen vissen die zijn gevangen in aanbodfuiken nabij de kunstwerken worden gerelateerd aan de vangsten achter de gemaalpomp of passage. Hoewel dit zeker een goede indruk geeft van de werkelijkheid, moet wel worden bedacht dat de vangefficiëntie van de aanbod- en passagefuiken voor de meeste soorten niet gelijk zal zijn.

Met betrekking tot de vispasseerbaarheid bestaat bij de evaluatie van de voorjaarsintrek een wezenlijk verschil tussen voorzieningen waarbij is gekozen voor een bypass of een visretourleiding en voorzieningen in de vorm van een visvriendelijk gemaakte gemaalpomp. Omdat intrek door de gemaalpompen niet mogelijk is, vormt een bypass of een retourleiding in dit verband een geschikt alternatief voor elke soort die passeert, onafhankelijk van de aantallen.

### 2.2.2 GELUID

#### WAAROM GELUIDSMETINGEN

Het is nog onbekend welke rol geluid speelt voor vissen bij migratiekelpunten (zie kader). Vissen kunnen goed horen en water is een goed geleidingsmedium voor geluid. Het is ook bekend dat veel vissoorten zelf geluid maken voor onderlinge communicatie en geluid gebruiken bij het detecteren van prooi of voor het ontkomen aan een predator (bijvoorbeeld een roofvis of een vogel die in het water duikt). Naast deze direct biologisch relevante geluiden is er echter nog meer te horen onder water. De lokale dierengemeenschap genereert biotische geluiden (watervogels, vissen, kikkers, waterkevers, kreeftachtigen, enzovoort), maar er zijn vooral ook veel abiotische geluiden van wind, regen, golfslag, watervallen, kolken, of stroomversnellingen. De verspreiding en reflectie van deze geluiden vormt het geluidslandschap waar een vis mogelijk informatie aan onttrekt om al dan niet een bepaalde kant op te zwemmen.

## WAT WETEN WE OVER VISSEN EN GELUID?

Kunstwerken zoals gemalen zorgen vaak voor moeilijk passeerbare trajecten in vismigratieroutes. Binnendijkse en buitendijkse wateren zullen akoestisch van elkaar verschillen en ook het geluidslandschap rondom kunstwerken kan afwijken van stroomopwaartse en stroomafwaartse omstandigheden. Deze geluidsgradiënten en overgangen zijn de mogelijke akoestische aanwijzingen voor migrerende vissen om de voorkeursroute behorende bij het seizoen of levensfase te vinden. Het is onbekend hoe de kunstmatige omstandigheden bij bijvoorbeeld een gemaal de natuurlijke aanwijzingen en de perceptie door vissen beïnvloeden. Dit geldt ook voor geuren (olfactorische waarneming van de chemische samenstelling van het water) en stromingen.

Wanneer gemaalpompen aan gaan, vindt een plotselinge verandering plaats in deze set van informatiebronnen waarvan geluid het snelste de vis zal bereiken. De lage geluiden (100-1500 Hz) die gemalen produceren zijn goed te horen voor vissen. Paling hoort zelfs lagere geluiden tot in het infrageluid (<20-300 Hz). Veel vissen (baarsachtigen, zalmachtigen, snoek) horen vooral de lage frequenties (50-400 Hz). Karpers en andere cypriniden (getest zijn onder anderen goudvis en enkele Noord-Amerikaanse soorten) hebben een gespecialiseerd gehoor en horen naast de lage frequenties ook goed rond 1000 Hz.

Van een groot aantal soorten is nog geen audiogram beschikbaar. Voor zover wel beschikbaar, is nog niet bekend bij welk geluidsniveau van het hoorbare spectrum vissen hierdoor worden verstoord. Ook is nog weinig bekend over gehoorverschillen tussen juveniele en volwassen vissen. Het bestaan van gehoorverschillen is wel aannemelijk, al is het maar vanwege schaalveranderingen van de bij het gehoor betrokken organen. Bekend is dat na blootstelling aan extreem luid geluid (circa 200 dB), juveniele snoek minder last had van tijdelijk gehoorverlies dan volwassen snoek. Een verklaring hiervoor is nog niet gevonden en extrapolatie naar andere soorten is dan ook niet aan de orde zonder verder onderzoek.

### Literatuur

Amoser, S. & F. Ladich. 2005. Are hearing sensitivities of freshwater fish adapted to the ambient noise in their habitats? *Journal of Experimental Biology* 208, 3533-3542.

Mann, D.A., P.A. Cott, B.W. Hanna & A.N. Popper. 2007. Hearing in eight species of northern Canadian freshwater fishes. *Journal of Fish Biology* 70: 109-120.

Menselijke activiteiten en machines voegen lawaai toe aan dit natuurlijke geluidslandschap onder water. Lawaai is een subjectieve term voor geluid dat een negatieve invloed kan hebben door vissen te verstoren of te verjagen of door biologisch -relevante geluiden te maskeren. Het is bekend dat mechanische geluiden vissen kunnen afschrikken en dat bijvoorbeeld bootlawaai voor een verhoging van concentraties aan stresshormonen in het bloed kan zorgen (bij karper, riviergondel en baars). Het is ook goed mogelijk dat zogenaamde antropogene geluiden gebruikt worden door vissen om zich te oriënteren en potentieel gevaar te ontlopen. Er is echter nog maar heel weinig bekend over of en hoe vissen dit doen en onder welke omstandigheden en bij welke geluiden ze wel of niet bijsturen.

Passage door gemaalpompen kan met een hoge mortaliteit gepaard gaan, zoals is gebleken uit de nulmetingen van dit project. Dit probleem wordt in toenemende mate onderkend en steeds meer gemalen worden voorzien van een visvriendelijk opvoerwerk. De in 2009 uitge-

voerde metingen bij de gemalen Krimpenerwaard, Kralingse Plas, Aalkeet Buitenpolder en Hoekpolder, betroffen visonvriendelijke pompen. De in 2010 en 2011 onderzochte gemalen Ennemaborgh, Hillekade, Kralingse Plas en Hoekpolder zijn allen voorzien van een visvriendelijk opvoerwerk. Behalve een grotere kogeldoorlaat en andere aanpassingen die een vispassage mogelijk maken met geen of zeer weinig fysieke schade, wordt ook gestreefd naar een zo laag mogelijk geluidsniveau.

Naast het ontbreken van voldoende kennis over visgedrag is er een groot gebrek aan inzichten in het geluidslandschap onder water. Er zijn nauwelijks gegevens bekend over het volume en de spectrale samenstelling van geluiden rondom kunstwerken, met bijvoorbeeld gemaalpompen aan en uit, en hoe deze geluiden variëren met afstand.

### **2.2.3 EFFECT OP DE EKR**

Voor zover beschikbaar, is voor het waterlichaam in het achterland van iedere aangepaste passage (de 'binnenzijde'), de KRW-beoordeling van het kwaliteitselement vis vóór de aanpassing gegeven. Waar geen waterlichaam is gedefinieerd, is met behulp van beschikbare visstandbemonsteringen of de aanbodgegevens van 2009 en 2011 een schatting gemaakt op basis van een algemeen M-type. Indien van toepassing is hetzelfde gedaan voor het waterlichaam waarin de passage op uitmondt (de 'buitenzijde'). Het effect op de EKR van de aanpassing is afgeleid uit de soortensamenstelling van de passagebepalingen in het najaar van 2011 en het voorjaar van 2012. In een aantal gevallen wordt een effect pas op termijn verwacht, wanneer de vissen de alternatieve migratieroute hebben ontdekt.

Een toename van de EKR in het achterland door de gerealiseerde aanpassingen zal niet gemakkelijk kunnen worden bereikt, omdat in veel polderwateren het aantal plantenminnende en migrerende soorten al maximaal scoort. Bovendien heeft in de M-typen een verhoogde in- en uittrek van diadrome soorten geen effect op de maatlatscore. Wel zou winst kunnen worden geboekt door een hogere uittrek van brasem en karper.

Ook voor de 'buitenzijde' wordt alleen een positief effect op de EKR-score verwacht als in het betreffende waterlichaam het aantal plantminnende en migrerende soorten nog niet maximaal scoort. Hier zou de score kunnen toenemen door een afname van het gewichtsaandeel van negatieve indicatoren zoals brasem en karper, als gevolg van migratie van grote exemplaren naar de polder, door de nieuwe voorzieningen. Hierdoor zou de score voor de 'binnenzijde' echter weer verlaagd worden.



# 3

## Globale Resultaten per Kunstwerk

Dit hoofdstuk beschrijft per kunstwerk in het kort:

- de uitgangssituatie en de aanpassingen;
- de globale resultaten van het akoestisch onderzoek en de vismonitoring.

Het gaat hierbij om alle in het oorspronkelijke projectplan opgenomen kunstwerken, samen met de voorziene en daadwerkelijk uitgevoerde aanpassingen ten behoeve van vismigratie. Ook de gemalen Krimpenerwaard en Verdoold (beiden onder beheer van HHSK) die na de nulmonitoring uit het project zijn gehaald, worden beschreven. In het project VZWHEW zijn deze twee gemalen uiteindelijk vervangen door het gemaal Hillekade. De nulmetingen bij de gemalen Krimpenerwaard en Verdoold zijn in deze rapportage opgenomen om in de eindtabellen te kunnen vergelijken met andere beschouwde gemalen. Gemaal Verdoold is wat fysieke uitvoering betreft eind 2010 weer vervangen door gemaal Kralingse Plas. In dit hoofdstuk wordt tevens per kunstwerk een korte samenvatting gegeven van de globale resultaten van het onderzoek.

FIGUUR 4

REALISATIE VAN EEN AANPASSING: DE VISVEILIGE WAAIERPOMP WORDT GEPLAATST IN HET GEMAAL KRALINGSE PLAS (FOTO: HHSK)



FIGUUR 5

GEMAAL KRIMPENERWAARD (FOTO: HHSK)



### 3.1 GEMAAL KRIMPENERWAARD

#### 3.1.1 UITGANGSSITUATIE EN AANPASSINGEN

Gelegen aan de Lekdijk nabij Bergambacht (Figuur 5). Het gemaal bemaalt peilvak Bergambacht in de Krimpenerwaard. Vanuit de Lek kan water worden ingelaten via de persleidingen van het gemaal. Het gemaal heeft twee axiaalpompen, elk met een capaciteit van 200 m<sup>3</sup>/min. De opvoerhoogte bedraagt maximaal 4,64 m. Voor het vispasseerbaar maken zijn verschillende voorzieningen voorgesteld, waaronder een visvriendelijk opvoerwerk, een bypass en optimalisatie van het inlaatbeheer (Witjes & Klinge, 2009). Het gemaal staat bij HHSK nog hoog op de prioriteitenlijst voor verbetering, maar omdat veel meer aanpassingen nodig zijn dan oorspronkelijk verwacht (visveilige waaiers pasten niet in het huidige gemaal), is dit project uitgesteld tot andere oplossingen voorhanden zijn.

#### 3.1.2 GLOBALE RESULTATEN

##### AKOESTISCH ONDERZOEK

In 2009 is bij dit gemaal akoestisch onderzoek verricht. Hieruit is geconcludeerd dat het gemaal Krimpenerwaard vissen afschrikt, mogelijk ten gevolge van de geluidsproductie (Kruitwagen & Klinge, 2010a). Onder water blijken de pompen van het gemaal een aanzienlijke hoeveelheid geluid te produceren. Ook in de bandbreedte 100–300 Hz, het bereik waarin veel vissoorten de hoogste gevoeligheid vertonen, is het gemaal rumoerig. Aan de polderzijde zijn de pompen waarschijnlijk tot op meer dan 300 m afstand te horen.

## VISMONITORING

Van eind april tot half mei 2009 is bij gemaal Krimpenerwaard vijf keer het aanbod bepaald met behulp van een kruisnet (Figuur 7; Kruitwagen & Klinge 2010a). Tussen eind mei en eind juni is vervolgens vijf keer het water dat werd ingelaten via het inlaatwerk bemonsterd. De aanbodsvangsten bestonden uit 88 vissen, waarvan de doelsoorten slechts werden vertegenwoordigd door twee exemplaren driedoornige stekelbaars en één rode aal. Bij de bemonstering van het inlaatwerk werd van de doelsoorten alleen driedoornige stekelbaars vertegenwoordigd, met enkele tientallen exemplaren. Verder werden nog 35 vissen gevangen die niet tot de doelsoorten behoorden. Er was geen sprake van schade bij de vissen die door het inlaatwerk zijn gezwommen, maar een goede uitspraak over passeerbaarheid kan op basis van deze resultaten niet worden gedaan.

Tussen 10 oktober en 20 november 2009 is gedurende 41 fuiknachten aan de polderzijde van het gemaal het visaanbod bepaald (Kruitwagen & Klinge, 2010a). Hierbij werden 849 vissen (waaronder 48 palingen en één bot) gevangen (circa twintig vissen per fuiknacht), verdeeld over veertien soorten. Op vijf nachten tussen 11 oktober en 19 november werden passagebepalingen uitgevoerd. In totaal werden hierbij 146 vissen gevangen, waaronder negentien palingen en vijf boten. Blankvoorn, pos en baars domineerden het aanbod bij het gemaal, terwijl in het gehele peilvak Bergambacht kolblei, ruisvoorn, bittervoorn en vetje een relatief groot deel uitmaakten van het visbestand. De dominante soorten in het aanbod hebben behoefte aan diepe plekken om te overwinteren en zochten waarschijnlijk een weg om de polder uit te trekken. De vangsten van de passagefuiken werden echter sterk gedomineerd door brasem. Voor de potentiële migranten in het aanbod zou het gemaal een afschrikwekkende werking kunnen hebben. Dit idee wordt ondersteund door het feit dat de totale vangsten achter het gemaal slechts 17% bedroegen van de vangsten in de aanbodfuiken, door het relatief lage aanbod ten opzichte van het visbestand in het peilvak Bergambacht en door het lage aantal grote vissen dat bij het gemaal (zowel in de aanbod- als in de passagefuiken) is aangetroffen. De afschrikwekkende werking van gemaal Krimpenerwaard kan onder meer het gevolg zijn van de geluidsproductie (zie hierboven).

Van de vissen die de gemaalpompen passeerden, overleefde 58% het niet. Voor aal bedroeg dit percentage zelfs 100%. Het schadepercentage nam sterk toe met vislengte, vanaf een lengte van circa 5 cm. Vanaf circa 12 cm was meer dan 50% van de passanten beschadigd en vanaf circa 22 cm was dit 100%.

## CONCLUSIE

Door de hoge geluidsproductie lijkt gemaal Krimpenerwaard, waar geen aanpassingen zijn gedaan, potentiële trekvisen af te schrikken. Op basis van de nul-monitoring kan geen uitspraak over passeerbaarheid van het inlaatwerk worden gedaan. De nul-monitoring van de uittrek toont aan dat de pompen zeer onveilig zijn voor passerende vis.

FIGUUR 6

HET MONUMENTALE GEMAAL VERDOOLD (FOTO: HHSK)



### 3.2 GEMAAL VERDOOLD

#### 3.2.1 UITGANGSSITUATIE EN AANPASSINGEN

Een rijksmonument, gelegen aan de Kattendijk te Gouderak (Figuur 6). Het gemaal maalt een derde deel (circa 5900 ha) van de Krimpenerwaard uit op de Hollandsche IJssel. Het gemaal is voorzien van twee door dieselmotoren aangedreven pompen, elk met een capaciteit van 160 m<sup>3</sup>/min. De opvoerhoogte bedraagt 4–5 m. De capaciteit moet worden uitgebreid van 320 naar 450 m<sup>3</sup>/min, bij voorkeur op een visvriendelijke manier. Omdat het hier gaat om een monumentaal gebouw dat behouden moet blijven, is dit uitvoeringstechnisch een uiterst complex project (aanbrengen van bouwkuip(en), funderingsherstel, conservering van het bestaande gebouw/monument tijdens de werkzaamheden). Daarom heeft de aanpassing vertraging opgelopen en kan men het project niet binnen de vooraf vastgestelde financiële randvoorwaarden uitvoeren. Toch heeft HHSK gekozen voor het ontwerp met een visveilige waaierpomp en is men in het voorjaar van 2012 met de renovatie begonnen. Vanaf 2013 zullen ook hier de vissen weer succesvol heen en weer kunnen zwemmen. De uitvoering valt echter niet meer binnen het project VZWHEW.

#### 3.2.2 GLOBALE RESULTATEN

##### VISMONITORING

Bij gemaal Verdoold is in het voorjaar van 2009 alleen het aanbod bepaald (Kruitwagen & Klinge, 2010a). Omdat de vangsten in het voorjaar slecht waren, werden enkele bemonsteringen later in het seizoen uitgevoerd. Tussen half mei en eind augustus leverden vijf kruisnetbemonsteringen (Figuur 7) slechts 105 vissen op, verdeeld over zeven soorten.. Driedoornige stekelbaars (negentien exemplaren) is de enige gevangen doelsoort.

Tussen 7 oktober en 24 november 2009 is tijdens acht fuiknachten aan de polderzijde van het gemaal het visaanbod bepaald (Kruitwagen & Klinge, 2010a). Hierbij werden 271 vissen (waaronder 53 palingen) gevangen (circa 34 vissen per fuiknacht), verdeeld over acht soorten. Passagebepalingen zijn in 2009 niet uitgevoerd. Voor gegevens met betrekking tot schade van passanten wordt verwezen naar een in 2007 uitgevoerd experiment met geforceerde passage (Arcadis, 2007). Het experiment toonde aan dat de pompen van gemaal Verdoold significante visschade veroorzaken.

### CONCLUSIE

Bij gemaal Verdoold zijn nog geen aanpassingen gedaan. Tijdens de nul-monitoring, waarbij alleen het aanbod is bepaald, waren de vangsten in het voorjaar zeer klein. In het najaar werd meer gevangen, waaronder relatief veel aal. Geforceerde vispassage tijdens een eerder uitgevoerd experiment leverde significante schade op.

FIGUUR 7

BEMONSTERING VAN HET VISAANBOD MET BEHULP VAN EEN KRUISNET (FOTO: WITTEVEEN+BOS)



FIGUUR 8

GEMAAL HILLEKADE (FOTO: KOEMAN EN BIJKERK)



### 3.3 GEMAAL HILLEKADE

#### 3.3.1 UITGANGSSITUATIE EN AANPASSINGEN

Gelegen naast de kruising van de Hillekade met de Kerkweg-Zijdeweg nabij Ouderkerk aan den IJssel (zie Bijlage I). Een nieuw gebouwd gemaal (Figuur 8) ter bemaling van de polder Kromme, Geer en Zijde. Het polderwater wordt uitgeslagen op de polder Den Hoek en Schuwagt. Voor de realisatie van het gemaal zijn watergangen aan de zuidkant van de polder Kromme, Geer en Zijde verbreed. Het gemaal heeft twee visvriendelijke vijzels met rubberen flappen op de vijzels tegen visschade, elk met een capaciteit van 40 m<sup>3</sup>/min. De opvoerhoogte is circa 0,12 m. Voor de visintrek is vanuit de uitstroomzijde van het gemaal een speciale visretourleiding richting de polder aangelegd. Deze retourleiding is af te sluiten middels een schuifafsluiter. Voor de functionele eisen die zijn gesteld aan de vijzel is uitgegaan van een zo laag mogelijk toerental binnen de gestelde capaciteit- en rendementeisen, een zo groot mogelijke kogeldoorlaat en een zo laag mogelijk (onderwater)geluidsniveau.

#### 3.3.2 GLOBALE RESULTATEN

##### AKOESTISCH ONDERZOEK

Het gemaal Hillekade produceerde vooral geluid tussen 400 en 3000 Hz. Dat is voor de meeste vissen wel hoorbaar. Omdat een relatief groot deel van het aanbod aan schubvis het gemaal passeerde (zie hieronder), lijkt het geluid bij dit gemaal geen grote rol te spelen in de barrièrewerking voor deze soorten. Het is niet duidelijk of dit ook geldt voor de schieraal. Deze doelsoort is het gemaal niet gepasseerd, maar met slechts vijf exemplaren in de aanbodfuiken zou dit ook kunnen worden verklaard door het lage aanbod aan schieraal.

### VISMONITORING

Voor het nieuwe gemaal Hillekade zijn alleen data uit najaar 2011 en voorjaar 2012 beschikbaar. Voor de nieuwbouw lag hier een geïsoleerde polder zonder mogelijkheden tot vismigratie via een gemaal, als route de polder uit. In principe heeft alleen de bouw van het gemaal dus al een verbetering bewerkstelligd.

In het voorjaar vertoonde de doelsoort driedoornige stekelbaars een intrekpiek van eind maart tot half april, waarbij de passage bewust leek te worden gebruikt. Hierbij moet worden opgemerkt dat de aanbodfuisen mogelijk niet selectief genoeg waren voor de kleinste soorten. De doelsoort rode aal was zowel in de aanbod- als in de passagevangsten afwezig. Baars was een regelmatige en vaak bewuste passant. De witvissoorten bittervoorn, blankvoorn, brasem en ruisvoorn lijken ook bewust door de passage naar binnen te trekken, veelal tijdens meervoudige pieken.

Van de doelsoorten was de schieraal in het najaar in kleine aantallen aanwezig in het aanbod, maar passeerde het gemaal niet. Driedoornige stekelbaars werd daarentegen alleen achter het gemaal gevangen. Een relatief groot deel van het aanbod aan 'overige soorten' passeerde het gemaal wel. Dit betrof zeven eurytope soorten en de limnofielen bittervoorn, kleine modderkruiper, kroeskarper en ruisvoorn. Van de eurytope soorten maakten vooral blankvoorn en brasem gebruik van het gemaal als migratieroute. Achter het gemaal werden de niet in het aanbod vastgestelde rheofiele soort riviergrondel en de limnofiele soorten tiendoornige stekelbaars en vetje gevangen.

Voor het gemaal Hillekade bestaat alleen de nieuwe situatie met de visvriendelijke vijzel. Opvallend zijn de lage schadepercentages onder de passerende soorten. Het hoogste percentage werd geconstateerd bij baars, maar met een waarde van 0,73% over 684 gepasseerde vissen kan ook dit percentage erg laag worden genoemd. Voor aal zijn geen gegevens beschikbaar omdat deze soort niet passeerde. Er was geen sprake van een relatie met de lengte van de vis.

### CONCLUSIE

Een forse geluidsproductie door de visvriendelijke vijzel lijkt, in ieder geval voor schubvis, niet als barrière te fungeren. De visveiligheid en de vispasseerbaarheid van de vijzel voor schubvis kunnen als goed worden omschreven, voor aal is dit nog onduidelijk. Het bovenstaande geldt ook voor de visretourleiding.

FIGUUR 9

VANGCONSTRUCTIE ACHTER DE UITSTROOMOPENING VAN GEMAAL KRALINGSE PLAS (FOTO: KOEMAN EN BIJKERK)



### 3.4 GEMAAL KRALINGSE PLAS

#### 3.4.1 UITGANGSSITUATIE EN AANPASSINGEN

Gelegen tussen de schutsluis en de jachthaven, in de zuidwestelijke hoek van de Kralingse Plas te Rotterdam (zie Bijlage I). Het gemaal maalt overtollig water uit de Kralingseplas (circa 100 ha) in de Rotte (Figuur 9). Het gemaal was voorzien van een Flygt-dompelpomp met een capaciteit van 25 m<sup>3</sup>/min. De opvoerhoogte is circa 1,60 m. Problemen voor de vismigratie deden zich hier voor in het najaar, wanneer de uittrekkende vis alleen door het gemaal de Rotte kon bereiken. In het kader van het *Integraal plan Kralingse Plas* is een breed scala aan maatregelen uitgevoerd om van de plas een biologisch gezond en helder watersysteem te maken. Door middel van Actief Biologisch Beheer is de visstand aangepast aan de gewijzigde omstandigheden. Om de visuittrek uit dit systeem te optimaliseren, is gekozen voor vervanging van de gemaalpomp door een visveilige axiaalpompe, de zogenoemde visveilige waaierpomp (FishFlow Innovations) met een capaciteit van 30 m<sup>3</sup>/min. Vanwege de verschillen tussen de visgemeenschap in de Kralingse Plas en die in de Rotte, is geen visretourleiding aangelegd. Er is daarom alleen uittrek naar de Rotte mogelijk.

#### 3.4.2 GLOBALE RESULTATEN

##### AKOESTISCH ONDERZOEK

Alleen bij het gemaal Kralingse Plas is sprake van een geluidsarme gemaalpompe. Deze zal een positief effect hebben op eventuele trek door de sluis, maar ook op het aantal vissen dat via het gemaal zal passeren. De resultaten wijzen op een succes: veel grotere aantallen dan in het verleden en dan in het aanbod, gaan door het gemaal. Hierbij is sprake van een zeer laag percentage beschadigingen.



## VISMONITORING

Het aanbod werd voor en na de aanpassing gedomineerd door massale hoeveelheden kleine baars, een indicatie dat de plas na het Actief Biologisch Beheer nog in een pionierstadium verkeert. Pos, een tweede eurytoop, werd vooral na de aanpassing in zeer grote aantallen gevonden. Na de aanpassing steeg het aantal soorten in het aanbod van drie naar acht en was de doelsoort aal in ruimere mate aanwezig.

Voor de aanpassing gebruikte een relatief klein deel van de voor het gemaal aanwezige vissen uit de categorie 'overige soorten' de gemaalpomp als migratieroute. Dit betrof drie door juveniele baars gedomineerde eurytope soorten. Van de doelsoorten ging van schieraal een relatief groot deel door het gemaal. Na de aanpassing passeerde een relatief groot deel van het aanbod aan 'overige soorten' het gemaal. De zes eurytope soorten passeerden allemaal, maar de enige limnofiel, ruisvoorn, niet. Rheofiele winde werd alleen achter het gemaal gevangen. Van het grote aanbod aan aal (rode aal en schieraal) gebruikte een relatief klein deel de nieuwe gemaalpomp als migratieroute.

Het schadepercentage van passanten verschilt sterk tussen de oude en de nieuwe situatie. In 2009 passeerden negentien schieralen (lengte: 60-78 cm) die allemaal werden gedood door de gemaalpomp. Van de 'overige soorten' passeerden baars, pos en snoekbaars, waarvan alleen bij baars schade optrad. Hoewel het ging om kleine baarzen (10-12 cm), bedroeg het schadepercentage 32,0% (n=1323). Het schadepercentage voor alle gepasseerde vissen (10-12 cm) bedroeg 29,4% (n=1503). In 2011 passeerden drie schieralen (72-76 cm) de nieuwe pomp onbeschadigd. Toen was de lengterange van passerende baars groter (7-24 cm), maar was het schadepercentage sterk afgenomen tot 0,04% (n=17376). Van de witvis, die in 2009 niet passeerde, gingen in 2011 vooral brasem (378 per fuiknacht) en blankvoorn (183 per fuiknacht) in relatief grote aantallen door het gemaal. Van de passerende brasems (6-23 cm) raakte 0,32% (n=1892) beschadigd. Voor blankvoorn (8-24 cm) werd geen schade vastgesteld (n=915). Het schadepercentage voor alle gepasseerde vissen (6-76 cm) bedroeg 0,06% (n=27048).

## CONCLUSIE

De nieuwe visveilige waaierpomp is zeer geluidsarm. Het aantal passerende schieralen was na de aanpassing wat afgenomen, maar schubvis is in veel grotere aantallen gepasseerd, zowel absoluut als in verhouding tot het aanbod. Het schadepercentage is gedaald van 29,4% naar 0,06%. Visveiligheid en passeerbaarheid zijn sterk verbeterd.

FIGUUR 10

UITSTROOMOPENING VAN DE HEVELVISTRAP BIJ GEMAAL ABRAHAM KROES IN DE POLDERTOCHT. AAN HET BOVENEINDE VAN HET STIJGENDE DEEL VAN DE TRAP IS EEN HORIZONTAAL RUSTBASSIN TE ZIEN (FOTO: KOEMAN EN BIJKERK)



### 3.5 GEMAAL ABRAHAM KROES

#### 3.5.1 UITGANGSSITUATIE EN AANPASSINGEN

Gelegen ten westen van Moordrecht, langs de Hollandsche IJssel, tussen Zuidplaspolder en Ringvaart (zie Bijlage I). Het gemaal heeft vier pompen, waarvan er twee de Ringvaart bemalen en twee het zuidelijk deel van de Zuidplaspolder. Het uitgeslagen water wordt via een persleiding over de Ringvaart afgevoerd naar de Hollandsche IJssel. Beide pompen van het poldergemaal hebben een capaciteit van 125 m<sup>3</sup>/min, die van het ringvaartgemaal van 75 m<sup>3</sup>/min. Er zijn geen aanpassingen aan het gemaal uitgevoerd. Vanaf de polderzijde van het gemaal is een hevelvistrap aangelegd naar de Ringvaart (Figuur 10), zodat de vis in beide richtingen kan trekken tussen polder en Ringvaart. De route tussen Ringvaart en Hollandsche IJssel verloopt via de naastgelegen Snelle Sluis (zie hieronder).

De vistrap (lengte 70 m) is een combinatie van een gesloten hevelvistrap en een open gedeelte met rustplaatsen. Het hoogteverschil tussen Ringvaart en poldertocht bedraagt circa 4,80 m. Het water stroomt met maximaal 1 m/s van Ringvaart naar polder, bij een debiet van 0,43-1,2 m<sup>3</sup>/min. Het water loopt over een groot aantal trappen, met voor elk scheidingschot een borstelbaan. Daardoor kunnen ook bodemvissen en slechte zwemmers niet alleen stroomafwaarts, maar ook stroomopwaarts passeren. In de oude situatie was intrek naar de Zuidplaspolder niet mogelijk en uittrek alleen via het gemaal.

### 3.5.2 GLOBALE RESULTATEN

#### VISMONITORING

Tijdens de nulmeting tussen 10 oktober en 9 december 2009, zijn 86 schubvissen (1,76 per fuiknacht; elf soorten) en vijf schieralen (0,10 per fuiknacht) gevangen in de aanbodfuiken voor het poldergemaal. Ruisvoorn en, in mindere mate, blankvoorn domineerden, baars werd niet gevangen. Slechts 27 vissen (5,40 per fuiknacht; zes soorten), waarvan twaalf brasems en geen schieraal, passeerden het poldergemaal. Hiervan raakte 7,4% beschadigd. De beschadigde vis betrof twee relatief grote exemplaren blankvoorn en ruisvoorn. De onbeschadigde vis had lengtes van 9-15 cm, terwijl de beschadigde vissen 18 en 19 cm lang waren. De steekproef is te klein voor het doen van duidelijke uitspraken. Het boezemgemaal, met hetzelfde pomptype, kende in 2009 een totaal schadepercentage van 21% (n=427), terwijl Aal 63% schade vertoonde (Kruitwagen & Klinge, 2010a). Het gemaal zelf is in 2011 niet opnieuw bemonsterd.

Tussen 23 maart en 11 mei 2012 zijn in de aanbodfuiken aan de ringvaartzijde van de vistrap 322 schubvissen (6,57 per fuiknacht; tien soorten), elf rode alen (0,22 per fuiknacht) en zes schieralen (0,12 per fuiknacht) gevangen. De vangsten werden gedomineerd door baars, gevolgd door bittervoorn en, op afstand, blankvoorn en riviergrondel. In dezelfde periode trokken 59 schubvissen (1,18 per fuiknacht; acht soorten) en twee rode alen (0,04 per fuiknacht) door de vistrap naar de polder. Hierbij was riviergrondel met 31 exemplaren dominant (62%), op afstand gevolgd door baars en, in mindere mate, bittervoorn en blankvoorn. Ook in het voorjaar werd geen schade waargenomen onder de passanten. De lengteverdelingen van vissen uit het aanbod en uit de passagefuiken waren gelijk.

Tussen 3 oktober en 7 december 2011 werden in de aanbodfuiken 109 schubvissen (1,68 per fuiknacht; acht soorten) gevangen. Aal werd niet gevangen. Ruisvoorn domineerde, gevolgd door baars en blankvoorn. In totaal zijn 95 schubvissen (2,07 per fuiknacht acht soorten), grotendeels dezelfde soorten en in dezelfde verhoudingen als in het aanbod, de vistrap tegen de stroom in gepasseerd. Alleen ruisvoorn ging duidelijk minder door de trap dan op basis van het aanbod mocht worden verwacht. Dit lijkt ook het geval voor zeelt, maar het aanbod voor deze soort was te klein om dit te kunnen vaststellen. Er was geen sprake van visschade. De passanten waren gemiddeld 1-2 cm kleiner dan het aanbod.

#### CONCLUSIE

Aangetoond is dat de hevelvistrap passeerbaar is, want er zijn 95 schubvissen door uitgetrokken en 59 schubvissen en twee rode alen door ingetrokken. Zoals verwacht was er geen sprake van visschade, een verbetering ten opzichte van gemaalpassage. In vergelijking met de nulmeting in 2009 is bij een vergelijkbaar aanbod, respectievelijk 1,86 en 1,68 vissen per fuiknacht in 2009 en in 2011, het aantal passanten door het gemaal (5,40 per fuiknacht) ruim twee keer hoger dan dat door de vistrap (2,07 per fuiknacht). Op het moment dat de pomp aanstaat, gaat dus waarschijnlijk meer vis door het gemaal dan door de trap. In tegenstelling tot de pomp biedt de trap een alternatieve veilige route, zowel naar binnen als naar buiten.

FIGUUR 11

SNELLE SLUIS TE MOORDRECHT, NABIJ GEMAAL ABRAHAM KROES (FOTO: KOEMAN EN BIJKERK)



### 3.6 SNELLE SLUIS

#### 3.6.1 UITGANGSSITUATIE EN AANPASSINGEN

Gelegen op circa 150 m ten oosten van gemaal Abraham Kroes (zie Bijlage I), vormt de Snelle Sluis (Figuur 11) een verbinding tussen de Ringvaart en de Hollandsche IJssel, waarvan met name de pleziervaart gebruik maakt. De sluis wordt voor vis in beide richtingen passeerbaar gemaakt door het uitvoeren van loze schuttingen aan het begin van de nacht in het migratieseizoen. Daarbij worden rinketten in de boven- en benedendeuren achtereenvolgens (deels) geopend. In het voorjaar kan zo worden afgeschut van de Hollandsche IJssel naar de Ringvaart en in het najaar opgeschut van de Ringvaart naar de Hollandsche IJssel. Via de hevelvistrap bij het naastgelegen gemaal is verdere migratie tussen Ringvaart en Zuidplaspolder mogelijk (zie hierboven). Het openen van de rinketten wordt zodanig afgesteld, dat een debiet van circa 35 m<sup>3</sup>/min door de sluis richting de Ringvaart gaat.

#### 3.6.2 GLOBALE RESULTATEN

##### VISMONITORING

Tijdens het bemonsteren van het aanbod voor de intrek, in de tweede helft van april 2009, werden in drie vangnachten met een kruisnet slechts dertig schubvissen (negen soorten) en twee rode alen gevangen in de Hollandsche IJssel (Kruitwagen & Klinge, 2010a). Er was geen dominerende soort, maar pos was met zeven gevangen exemplaren het meest talrijk. In dezelfde periode werden in de schutkolk 21 intrekkende schubvissen (4,20 per fuiknacht; zes soorten) en acht rode alen (1,60 per fuiknacht) gevangen. Ook onder de passanten waren geen dominerende soorten.

Van 2 mei tot 21 juni 2011 is opnieuw een intrekbeemonstering uitgevoerd (Kalkman, 2011). Daarbij waren zowel het aantal passerende schubvissen (850; 85,00 per fuiknacht) en alen (135; 13,50 per fuiknacht) als het totale aantal passerende soorten (vijftien) veel hoger dan in 2009. Baars (44%), kolblei (15%) en aal (14%) vormden het grootste deel van de totale vangst in aantal exemplaren.

Tussen 23 maart en 11 mei 2012 werden in de aanbodfuiken in de Hollandsche IJssel 1860 schubvissen (37,96 per fuiknacht; negentien soorten) en 76 rode alen (1,55 per fuiknacht) gevangen. Pos (30%) domineerde de vangsten, gevolgd door baars (20%), blankvoorn (20%) en kolblei (12%). In dezelfde periode werden in de schutkolk 598 intrekkende schubvissen (85,43 per fuiknacht; negentien soorten) en vijftien rode alen (2,14 per fuiknacht) gevangen. Hierbij domineerden pos (33%), baars (24%) en blankvoorn (19%).

In de periode 16 november - 3 december 2009 was het aanbod aan de ringvaartzijde van de Snelle Sluis extreem laag, met zeven schubvissen (0,41 per fuiknacht; vier brasems, één baars, één kolblei en één snoekbaars) en vijf schieralen (0,29 per fuiknacht; Kruitwagen & Klinge, 2010a). Eén rode aal (0,20 per fuiknacht), één schieraal (0,20 per fuiknacht) en 141 schubvissen (28,20 per fuiknacht; negen soorten) passeerden de sluis. Kolblei, blankvoorn, brasem, pos, baars en snoekbaars passeerden in beduidend grotere aantallen per fuiknacht dan op basis van het aanbod mocht worden verwacht.

In het najaar van 2011 (3 oktober - 8 december) werden in de aanbodfuiken aan de ringvaartzijde 635 schubvissen (9,62 per fuiknacht; achttien soorten), 48 rode alen (0,73 per fuiknacht) en 87 schieralen (1,32 per fuiknacht) gevangen. Baars (29%) domineerde in aantallen, gevolgd door Kolblei (14%), Pos (13%) en schieraal (11%). In deze periode werden in de schutkolk 896 uittrekkende schubvissen (128,00 per fuiknacht; vijftien soorten), veertien rode alen (2,00 per fuiknacht) en zeventien schieralen (2,43 per fuiknacht) gevangen. De totale vangst in aantallen werd gedomineerd door snoekbaars (19%), brasem (19%), pos (17%) en driedoornige stekelbaars (17%). Voor de doelsoorten overlappen de lengteklassen in het aanbod die van de passanten vrijwel volledig. Dit geldt ook voor de overige soorten in het voorjaar. In het najaar lijken de passanten in beide jaren wat groter te zijn dan de vissen die zijn gevangen in de aanbodfuiken. Visschade werd tijdens de verschillende monitoringsprogramma's niet waargenomen.

## CONCLUSIE

De loze schuttingen lijken een goede manier om de vis in en uit te laten trekken. Er is duidelijk aangetoond dat aal in staat is om tegen de stroom in naar buiten te trekken. De toename van het aantal passanten in de loop van de verschillende monitoringsjaren is een aanwijzing dat de vissen tijd nodig hadden om de nieuwe migratieroute te leren kennen.

FIGUUR 12

HEVELVISTRAP NAAST GEMAAL AALKEET BUITENPOLDER (FOTO: KOEMAN EN BIJKERK)



### 3.7 GEMAAL AALKEET BUITENPOLDER

#### 3.7.1 UITGANGSSITUATIE EN AANPASSINGEN

Gelegen aan de Zuidbuurt tussen Maassluis en Vlaardingen (zie Bijlage I). Het gemaal voert water af vanuit de Aalkeet Buitenpolder naar de Boonervliet (boezem). In 2009 is de capaciteit uitgebreid van 31 naar 42 m<sup>3</sup>/min (52 m<sup>3</sup>/min in noodgevallen). Hiertoe zijn nieuwe pompen (visonvriendelijke centrifugaalpomp) en een elektrotechnische installatie geïnstalleerd. De opvoerhoogte bedraagt 2,67 m (van -3,10 naar -0,43 m NAP). Een geplande viswering voor het gemaal is nog niet gerealiseerd. Naast het gemaal is een hevelvistrap aangelegd (Figuur 12), om Midden-Delfland bereikbaar te maken voor aal en andere vissen, vanuit de Delflandse boezem en omgekeerd. Dit is een gesloten buis met een diameter van 1 m, waarin compartimenten zijn aangebracht zodat de vis het hoogteverschil kan overbruggen. Aan de binnenkant zitten borstels om passage door aal mogelijk te maken (de Bijl, 2011). Het debiet door de trap, richting polder, bedraagt circa 1,2 m<sup>3</sup>/min. Door de maximale stroomsnelheid van 1,5 m/s kan de vis ook tegen de stroom in migreren.

#### 3.7.2 GLOBALE RESULTATEN

##### AKOESTISCH ONDERZOEK

Gemaal Aalkeet Buitenpolder veroorzaakt veel geluid, hetgeen waarschijnlijk bijdraagt aan de barrièrewerking van dit gemaal voor vissen (Kruitwagen & Klinge, 2010b).

## VISMONITORING

In het voorjaar van 2012 zijn in de aanbodfuiken 3756 schubvissen (76,65 per fuiknacht; veertien soorten) en 63 palingen, waarvan 61 rode aal (1,24 per fuiknacht), gevangen. Pos domineerde het aanbod (76%), op afstand gevolgd door kolblei (10%) en baars (9%). Eén rode aal (0,02 per fuiknacht) is door de trap naar binnen getrokken. In totaal trokken in het voorjaar 706 schubvissen (14,41 per fuiknacht; tien soorten) door de trap. Ook hierbij domineerde pos (72%), nu gevolgd door blankvoorn (11%) en baars (9%). Blankvoorn, riviergrondel en, in mindere mate, baars en brasem, lijken periodiek bewust de trap te passeren. Kleine modderkruiper en tiendoornige stekelbaars gebruiken de vistrap sporadisch.

In het najaar van 2011 in de aanbodfuiken 104 schubvissen (2,12 per fuiknacht; zeven soorten) en één schieraal (0,02 per fuiknacht) gevangen. Er passeerden 379 schubvissen (9,24 per fuiknacht; vijf soorten) en een rode aal (0,02 per fuiknacht). Opvallend is dat ruisvoorn, die samen met baars het aanbod domineerde, niet de vistrap passeerde. Pos en brasem passeerden in hogere aantallen dan op basis van het aanbod mocht worden verwacht. Baars en blankvoorn passeerden in verhouding tot de abundantie in het aanbod. Er was in voor- en najaar geen sprake van beschadigingen.

Naast de aanleg van de bypass, is in het najaar van 2011 geëxperimenteerd aangepaste pompbediening. Hierbij zijn vijf passagebepalingen uitgevoerd bij een normaal toerental van de gemaalpomp en drie bij het minimale toerental. Het aanbod was 2,17 vissen per fuiknacht. Er passeerden 43,73 vissen per fuiknacht het gemaal bij een normaal toerental en 185,30 per fuiknacht bij het minimale toerental. Bij een normaal toerental ging van de aanbodsor-ten alleen zeelt niet door het gemaal. De rheofiele riviergrondel werd hier na de aanpassing alleen achter het gemaal gevangen. Bij een minimaal toerental passeerden alleen zeelt en snoek het gemaal niet. Aal was aanwezig in het aanbod, in de vorm van één gevangen schieraal in 59 fuiknachten. In geen van beide situaties met betrekking tot het toerental van de gemaalpomp, werd aal achter het gemaal gevangen.

Naast het verschil in passeerbaarheid, is voor de twee vormen van pompbeheer sprake van een groot verschil in visveiligheid. Het schadepercentage over de totale schubvisvangst bij het minimale toerental van de gemaalpomp (0,36%) is meer dan een factor tien minder dan dat bij het normale toerental (4,78%). De hogere visveiligheid bij een lager toerental is vastgesteld voor alle soorten waarvan het aantal gevangen exemplaren voldoende was voor een betrouwbaar aantal passerende vissen. Daarom mag worden aangenomen dat het verschil in het totale schadepercentage tussen de beide draaisnelheden een goede indicatie geeft van het verschil in risico voor passerende vis.

## CONCLUSIE

Voor gemaal Aalkeet kan de passage door vistrap en gemaal direct worden vergeleken. In het najaar van 2011 passeerden bij een normaal toerental van de pomp vijf maal zoveel vissen de pomp (4,78% beschadigd) dan de trap (0% beschadigd) en bij een minimaal toerental twintig maal zoveel (0,36% beschadigd). In tegenstelling tot de pomp, biedt de vistrap echter continu een veilige migratieroute, zowel naar binnen als naar buiten. De bewuste intrek van blankvoorn en riviergrondel geeft aan dat de trap functioneert. Om de effectiviteit bij uittrek te vergroten, zou de geplande viswering moeten worden aangelegd.

FIGUUR 13

HET NIEUWE GEMAAL HOEKPOLDER, VANAF DE BOEZEMZIJDE (FOTO: KOEMAN EN BIJKERK)



### 3.8 GEMAAL HOEKPOLDER

#### 3.8.1 UITGANGSSITUATIE EN AANPASSINGEN

Gelegen langs de A4 bij Rijswijk, circa 100 m ten oosten van het oude gemaal in de afgeknotte molen (zie Bijlage I). Het gemaal voert het water uit de Hoekpolder af naar de boezem (Figuur 13). Met de bouw van het nieuwe gemaal is de bemalingscapaciteit opgevoerd van 28 naar 64 m<sup>3</sup>/min. De opvoerhoogte bedraagt circa 0,8 m. Het nieuwe gemaal is voorzien van twee visvriendelijke buisvizzels (FishFlow Innovations). Hierdoor zou de vis in het najaar veiliger moeten kunnen uittrekken dan in het verleden. Er is nog geen voorziening getroffen om intrek van vis in het voorjaar mogelijk te maken, maar de mogelijkheden hiervoor worden momenteel onderzocht (J. de Bijl, mondelinge mededeling).

#### 3.8.2 GLOBALE RESULTATEN

##### AKOESTISCH ONDERZOEK

Geluidsmetingen in 2009 toonden aan dat het oude gemaal zeer geluidsarm was (Kruitwagen & Klinge, 2010a). Het nieuwe gemaal Hoekpolder produceert geluid in alle voor vissen belangrijke bandbreedtes, van minder dan 100 Hz tot 2000 Hz. Na de aanpassing is het aandeel passerende vis gestegen. Dit doet vermoeden dat geluid hier geen grote rol speelt in de barrièrewerking voor migrerende vis.

##### VISMONITORING

Bij gemaal Hoekpolder is geen intrekbaarheid aanwezig. Zowel tijdens de nulmeting in 2009 als tijdens de bemonstering in 2011 is daarom alleen in het najaar gevestigd. In 2009, vóór de aanpassing, waren de doelsoorten aal en driedoornige stekelbaars in het aanbod aanwe-



zig. Na de aanpassing werden geen doelsoorten gevangen in de aanbodfuiken. Wel passeerden toen beide genoemde doelsoorten het nieuwe gemaal. In 2009 passeerde naast aal ook nog de doelsoort bot. Wat betreft de overige soorten kan worden gezegd dat deze voor en na de aanpassing grotendeels uit eurytopen bestonden, respectievelijk zeven en tien soorten. Opvallend is dat de drie limnofiele soorten die voor de aanpassing aanwezig waren, karper, kroeskarper en ruisvoorn, na de aanpassing niet in het aanbod voorkwamen. Wel is toen de rheofiele winde gevangen. Vóór de aanpassing passeerden de doelsoorten aal en bot het gemaal. Na de aanpassing waren dit aal en driedoornige stekelbaars. Van de overige soorten passeerden zes eurytopen voor de aanpassing en negen erna. In beide situaties werd het gemaal ook gebruikt door een rheofiele soort (riviergrondel) en door een limnofiel, karper in 2009 en tiendoornige stekelbaars in 2011. Gezegd kan worden dat zowel voor als na de aanpassing een redelijk aantal soorten afhankelijk was van het gemaal Hoekpolder als vispassage tijdens de migratie. De meeste soorten maakten ook daadwerkelijk gebruik van het gemaal.

Vóór de aanpassing was sprake van aanzienlijke schade onder passerende vis. Van de 57 vissen, waaronder een rode aal van 78 cm, die gemaal Hoekpolder tijdens de nulmeting in 2009 passeerden, was 21% beschadigd. De rode aal passeerde het gemaal onbeschadigd. Van de vissen tot en met 15 cm (n=55) was 20% beschadigd. Boven die lengte was 50% beschadigd, maar werden slechts twee vissen gevangen. Er kon geen positief verband worden aangetoond tussen schubvislengte en schadepercentage, omdat slechts één grotere vis (> 20 cm) was gevangen. Omdat bij kleine vissen het schadepercentage al hoog was, werd geconcludeerd dat bij grotere vissen veel schade was te verwachten.

Het nieuwe gemaal Hoekpolder laat een heel ander beeld zien. Er passeerde een veel groter aantal vissen (n=1028) dan in 2009, terwijl het totale schadepercentage slechts 1,3% bedroeg. Voor schubvis tot en met 20 cm lijkt het schadepercentage toe te nemen met lengte, maar de individuele data vertonen teveel variatie om een significant verband vast te stellen. Groepering in bredere lengteklassen laat wel een toename in het schadepercentage zien, van 0,9% (n=654) voor lengteklasse 1-10 cm, via 1,6% (n=322) voor lengteklasse 11-15 cm, tot 5,1 (n=39) voor de klasse 16-20 cm. Boven de 20 cm (n=11) werd geen enkel schadegeval vastgesteld. Slechts drie van de tien soorten schubvis die het gemaal passeerden kenden schade: brasem (schade: 2,3%; n=441), kolblei (schade: 2,9%; n=68) en pos (schade: 0,6%; n=176). Ook een rode aal van 56 cm en een schieraal van 34 cm passeerden het gemaal ongeschonden.

## CONCLUSIE

Het nieuwe gemaal Hoekpolder produceert meer geluid in de voor vissen hoorbare bandbreedte dan het oude gemaal. De sterke toename van het aantal passerende vissen wijst echter niet op barrièrerewerking. Naast een verbeterde vispasseerbaarheid was voor het nieuwe gemaal ook sprake van een veel hogere visveiligheid.

FIGUUR 14

UITSTROOMOPENING VAN GEMAAL MAELSTEDE IN DE WESTERSCHELDE (FOTO: WATERSCHAP SCHELDESTROMEN)



### 3.9 GEMAAL MAELSTEDE

#### 3.9.1 UITGANGSSITUATIE EN AANPASSINGEN

Gelegen ten oosten van 's-Gravenpolder op Zuid-Beveland (zie Bijlage I). Het gemaal maalt het water uit de polder uit op de Westerschelde (Figuur 14). De schroefcentrifugaalpomp heeft een capaciteit van 8,33 m<sup>3</sup>/min. De opvoerhoogte varieert sterk, omdat de buitenzijde getijdewater is. In het binnenwater is het zomerpeil NAP -2,00 m en het winterpeil NAP -2,20 m. Het gemaal is niet aangepast, maar er is een viswering geplaatst in de vorm van stroboscooplampen. Naast het gemaal is door de zeedijk een vishevel aangelegd, in combinatie met een visvriendelijke lokstroompomp (Figuur 15). Hierdoor kan de vis in de toekomst de zeedijk zowel naar buiten als naar binnen veilig passeren. Tijdens de najaarsmonitoring in 2011 functioneerde de hevel nog niet en kon alleen de lokstroompomp een keer worden bemonsterd. Vanaf begin 2012 functioneert de passage wel en kon de voorjaarsintrek worden gemonitord.

#### 3.9.2 GLOBALE RESULTATEN

##### VISMONITORING

Passage door het gemaal is alleen tijdens de nulmeting in het najaar van 2008 bepaald (Arntz & Aragon van den Broeke, 2009). Daarbij zijn tijdens alle drie aanbodsbevestigingen één of twee schieralen per fuiknacht gevangen, naast zes tot achttien schubvissen.

In 2008 is karper, de dominante soort in het aanbod, niet gevangen tijdens de passagebevestigingen achter het gemaal. De overige soorten passeerden het gemaal ongeveer in dezelfde verhoudingen als waarmee ze in de aanbodfuiken werden aangetroffen. Naast schieraal passeerde in 2008 ook de doelsoort bot het gemaal.

In het voorjaar van 2012 passeerden elf soorten in aantallen tot maximaal 27 per fuiknacht de vishevel. Hierbij domineerden de doelsoorten driedoornige stekelbaars, glasaal en brakwatergrondel/dikkopje, maar ook de doelsoorten bot en spiering werden gevangen.

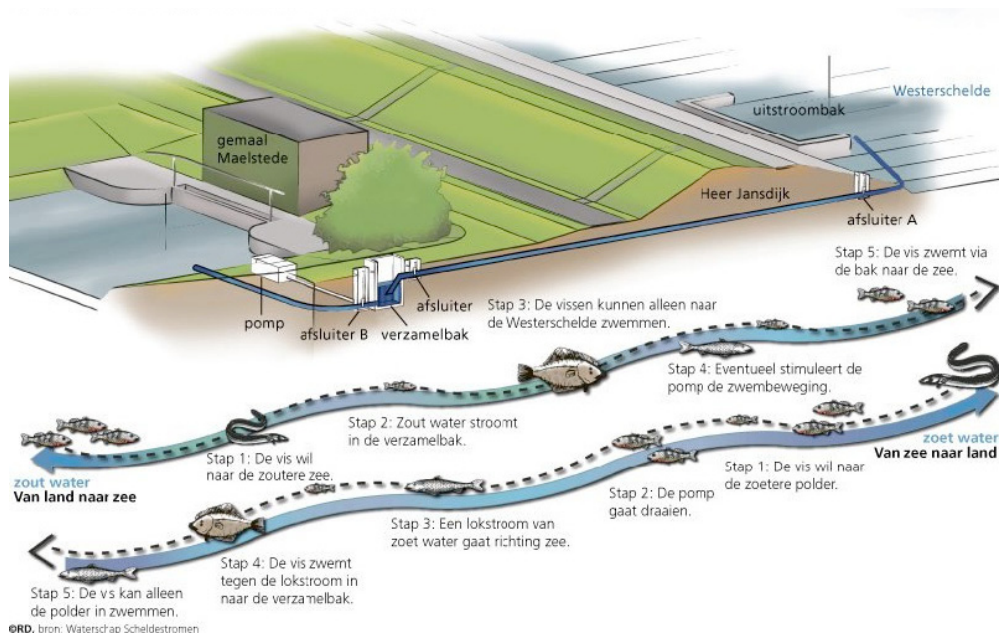
In het najaar van 2011 functioneerde de vishevel nog niet. Bij de eenmalige passagebepaling achter de lokstroompomp van de hevel, bestond 80% van de vangst uit de doelsoort driedoornige stekelbaars. De eveneens gevangen brakwatergrondel had een lengte van 3 cm, waardoor niet met zekerheid kan worden gezegd dat deze doelsoort door de lokstroompomp van de hevel is gekomen. Het is ook mogelijk dat de grondel door de mazen van de vangconstructie naar binnen is gezwommen.

## CONCLUSIE

Het functioneren van de passage tijdens de uittrek kon nog niet worden bepaald. In het voorjaar trokken alle doelsoorten door de passage naar binnen, hoewel nog niet in grote aantallen. Hierbij gelden de voor de KRW-maatlat relevante soorten spiering, bot en brakwatergrondel als nieuw voor de polder, terwijl de intrek van glasaal en driedoornige stekelbaars bij zullen dragen aan een grotere biomassa van deze diadrome soorten.

FIGUUR 15

SCHEMATISCH OVERZICHT VAN DE VISHEVEL NAAST GEMAAL MAELSTEDE (BRON: WATERSCHAP SCHELDSTROMEN)



FIGUUR 16

VISBEMONSTERING ACHTER HET NIEUWE GEMAAL ENNEMABORGH (FOTO: KOEMAN EN BIJKERK)



### 3.10 GEMAAL ENNEMABORGH

#### 3.10.1 UITGANGSSITUATIE EN AANPASSINGEN

Gelegen in Noordoost-Groningen, aan de Turflaan te Midwolda (zie Bijlage I). Vanaf juni 2009 verzorgt dit nieuwe gemaal (Figuur 16) de waterafvoer van een gebied van 620 ha ten zuidwesten van het Oldambtmeer naar de Oldambtboezem. Het gemaal heeft twee visvriendelijke gedeeltelijk gesloten vijzels (Landustrie), elk met een capaciteit van 40 m<sup>3</sup>/min. De opvoerhoogte bedraagt 2,3 m. Voor gemaal Ennemaborgh is de beleidsmatige keuze gemaakt om in te steken op het voorkomen van schade bij migrerende vissen en niet op het actief creëren van een tweezijdige migratieroute. Via het gemaal is daarom alleen uittrek mogelijk.

#### 3.10.2 GLOBALE RESULTATEN

##### AKOESTISCH ONDERZOEK

Bij het nieuwe gemaal is in 2011 akoestisch onderzoek verricht. Het gemaal produceert geluid in alle voor vissen belangrijke bandbreedtes, van minder dan 100 Hz tot 2000 Hz. Hierdoor zal mogelijk sprake blijven van een zekere mate van barrièrewerking van dit gemaal (Kemper & Vis, 2011).

##### VISMONITORING

Gemaal Ennemaborgh kende een aanbod van acht soorten, waarvan er zes eurytoop waren en twee limnofiel, karper en ruisvoorn. Bij de passagebepalingen werden echter slechts acht vissen gevangen, zodat er geen goede uitspraken over het belang van het nieuwe gemaal kunnen worden gedaan. Uit het onderzoek werd geconcludeerd dat door de nieuw gegraven toegang tot het nieuwe gemaal, de vissen nog niet in de gelegenheid waren geweest de nieuwe migratieroute te ontdekken (Bonhof, 2009).

Op basis van slechts acht vissen, uit drie soorten, die het gemaal zijn gepasseerd, kan geen betrouwbaar schadepercentage worden berekend. Wel is opvallend dat de twee grootste vissen (blankvoorns van 18 en 20 cm) en de kleinste (een brasem van 6 cm) beschadigd waren (Figuur 1), terwijl de vijf vissen van intermediaire lengte ongeschonden door het gemaal kwamen. Dit betrof een karper van 14 cm en brasems van 9, 9, 10 en 13 cm.

### CONCLUSIE

Door de geluidsproductie in de voor alle vissoorten belangrijke bandbreedtes, kan enige barrièrewerking optreden. Dit kon nog niet worden onderzocht. Gesteld kan worden dat het nieuwe visvriendelijke gemaal Ennemaborgh wel degelijk tot schade kan leiden, maar dat voor het vaststellen van betrouwbare schadepercentages en een eventueel verband daarvan met vislengte, nader onderzoek nodig is.

FIGUUR 17

EEN BLANKVOORN NA PASSAGE VAN GEMAAL ENNEMABORGH. DE VIS WAS DOOD, HAD OP ENKELE PLAATSEN ONTSCHUBBINGEN EN MISTE EEN DEEL VAN HET KIEUWDEKSEL (FOTO: KOEMAN EN BIJKERK)



# 4

## RESULTATEN PER ONDERZOEKSTHEMA

Dit hoofdstuk behandelt de onderzoeksvragen aan de hand van de thema's *visveiligheid*, *vispasseerbaarheid*, *geluidsproductie*, *pomprenement* en *bijdrage aanpassingen aan KRW-doelstellingen*. Hierbij wordt de nog niet eerder gerapporteerde monitoring na de aanpassingen, in het najaar van 2011 en het voorjaar van 2012, het meest uitgewerkt aan de hand van grafieken. Resultaten van de nulmetingen zijn, voor zover relevant voor de vergelijking, opgenomen in de tabellen.

### 4.1 VISVEILIGHEID

In deze paragraaf staat het percentage van de vissen dat beschadigd raakt tijdens het passeren van de gemaalpomp centraal.

#### 4.1.1 VRAAG 1 – VINDT ER BIJ VISPASSAGE VAN DE VERSCHILLENDE AANGEPASTE GEMAALPOMPEN (VISVEILIGE WAAIERPOMP, VISVEILIGE BUISVIJZEL, VISVRIENDELIJKE VIJZEL) EN TOEGEPASTE VOORZIENINGEN BESCHADIGING PLAATS?

##### RESULTATEN NAJAAR 2011 PER GEMAAL

##### GEMAAL HILLEKADE (VISVRIENDELIJKE VIJZEL)

In Figuur 18 zijn voor schubvis de lengtefrequentieverdelingen gegeven van de totale vangsten van de aanbodfuisen en de vangconstructie. Deze figuur toont ook het percentage beschadigde vissen (zichtbare schade of dood) per lengteklasse. De piek van de passanten ligt bij een kleinere lengte dan die van het aanbod. Dat komt vooral door de grote aantallen driedoornige stekelbaars die zijn gepasseerd.

Het percentage beschadigde vissen is erg laag. Gemiddeld over alle passanten bedraagt het schadepercentage 0,10% (Tabel 7), met een uitschieter, van nog steeds minder dan 5%, bij vissen met een lengte van circa 10 cm (Figuur 18). Er is geen sprake van een toename van het percentage beschadigde vissen met toenemende lengte van de vissen. Het 95% betrouwbaarheidsinterval van het gemiddelde is voldoende klein om een uitspraak met betrekking tot het schadepercentage te kunnen doen. Dit geldt ook voor de schadepercentages van de lengteklassen  $\leq 15$  cm van de families zoetwaterbaarzen (0,71%) en karpers (0,05%) en voor karpers  $> 15$  cm (0%) (zie Tabel 1). Zoetwaterbaarzen  $> 15$  cm zijn niet gevangen. Voor aal kan alleen een lengtefrequentieverdeling voor het aanbod worden gegeven. Omdat de soort het gemaal niet passeerde, kan ook geen schadepercentage worden berekend (Figuur 19).

Voor het gemaal Hillekade bestaat alleen de nieuwe situatie met het visvriendelijke gemaal. Opvallend zijn de lage schadepercentages onder de passerende soorten. Het hoogste percentage werd geconstateerd bij baars, maar met een waarde van 0,73% over 684 gepasseerde vissen, kan ook dit percentage erg laag worden genoemd. Voor aal zijn geen gegevens beschik-

baar omdat deze soort niet passeerde. Er was geen sprake van een relatie met de lengte van de vis. Berekend over alle schubvis was het schadepercentage 0,09% voor de lengteklasse 1-10 cm (n=8971), 0,82% voor de lengteklasse 11-15 cm (n=122) en 0% voor vissen groter dan 15 cm (n=9).

TABEL 7 VANGSTRESULTATEN PER SOORT IN DE VANGCONSTRUCTIE ACHTER GEMAAL HILLEKADE IN HET NAJAAR VAN 2011

Soorten	Aantal passanten	Passanten / fuiknacht	Aantal beschadigd	Percentage beschadigd	Lengte (cm) onbeschadigd	Lengte (cm) beschadigd
doelsoorten						
Driedoornige stekelbaars	517	86,2	0	0,00	3-7	
overige soorten						
Baars	684	114,0	5	0,73	5-14	7-10
Bittervoorn	100	16,7	0	0,00	3-7	
Blankvoorn	3870	645,0	1	0,03	4-18	11
Brasem	1921	320,2	1	0,05	4-12	6
Kolblei	4	0,7	0	0,00	11-12	
Pos	22	3,7	0	0,00	6-9	
Riviergrondel	2	0,3	0	0,00	10-11	
Ruisvoorn	1307	217,8	2	0,15	2-18	4-5
Tienddoornige stekelbaars	2	0,3	0	0,00	4-5	
Vetje	671	111,8	0	0,00	4-8	
Zeelt	2	0,3	0	0,00	4-39	
Totaal	9102	1517,0	9	0,10	2-39	4-11
Aantal doelsoorten	1					
Aantal overige soorten	11					

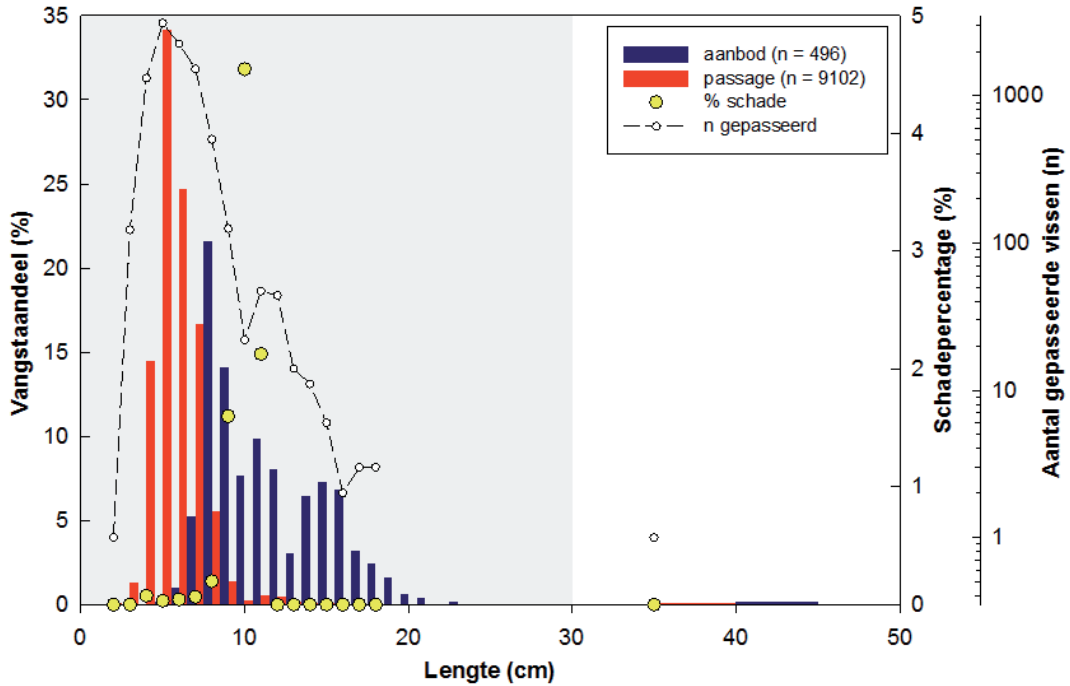
### GEMAAL KRALINGSE PLAS (VISVEILIGE WAAIERPOMP)

In Figuur 20 zijn voor schubvis de lengtefrequentieverdelingen gegeven van de totale vangsten van de aanbodfuiken en de fuiken achter het gemaal. Tevens laat deze figuur het percentage beschadigde vissen (zichtbare schade of dood) zien per lengteklasse. De piek van de schubvissen die het gemaal zijn gepasseerd en die van het aanbod, liggen vrijwel over elkaar. Dat komt vooral door de dominantie van kleine baars.

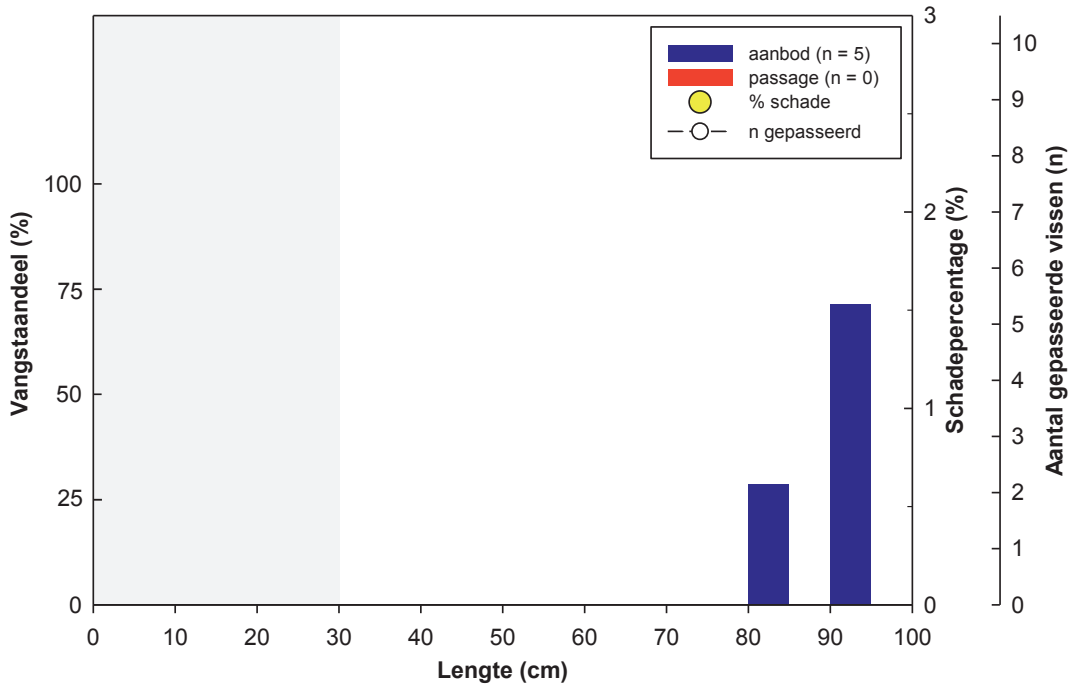
Het percentage beschadigde vissen is erg laag. Gemiddeld over alle passanten bedraagt het schadepercentage 0,06% (Tabel 8). Alleen bij de kleinste vissen, met een lengte van circa 6 cm, was het schadepercentage enigszins hoger (<2%). Er is geen sprake van een toename van het percentage beschadigde vissen met toenemende lengte van de vissen. Het 95% betrouwbaarheidsinterval van het gemiddelde van alle passerende vissen is voldoende klein om een uitspraak met betrekking tot het schadepercentage te kunnen doen. Dit geldt ook voor de schadepercentages van de lengteklassen  $\leq 15$  cm van de families zoetwaterbaarzen (0,04%) en karpers (0,18%) en voor grote (>15 cm) zoetwaterbaarzen en karpers (beide families: 0%) (zie Tabel 1). Opvallend was het onbeschadigd passeren van drie schieralen, met lengtes van 72, 73 en 76 cm (Figuur 21). Dit kleine aantal passerende alen resulteert in een groot 95% betrouwbaarheidsinterval, zodat in tegenstelling tot de nulmonitoring in 2009, waarbij negentien schieralen passeerden, die alle werden gedood, geen betrouwbaar schadepercentage kan worden vastgesteld.

Voor het gemaal Kralingse Plas zijn duidelijke verschillen vastgesteld in het percentage schade aan vis, tussen de oude en de nieuwe situatie. In 2009 werden alle negentien passerende schieralen (lengte: 60-78 cm) gedood door de gemaalpomp. In 2011 passeerden drie schieralen (72-76 cm) de nieuwe pomp onbeschadigd.

FIGUUR 18 LENGTE-FREQUENTIEVERDELINGEN VAN DE TOTALE VANGSTEN AAN SCHUBVIS, GEPASSEERDE AANTALLEN EN SCHADEPERCENTAGES IN DE AANBODFUIKEN EN DE VANGCONSTRUCTIE ACHTER GEMAAL HILLEKADE IN HET NAJAAR VAN 2011. TOT EEN LENGTE VAN 30 CM WORDT GEREKEND MET 1-CM LENGTEKLASSEN, DAARBOVEN MET 10-CM LENGTEKLASSEN



FIGUUR 19 LENGTE-FREQUENTIEVERDELINGEN VAN DE TOTALE VANGSTEN AAN AAL (ALLE GEVANGEN EXEMPLAREN WAREN SCHIERALEN), GEPASSEERDE AANTALLEN EN SCHADEPERCENTAGES IN DE AANBODFUIKEN EN DE VANGCONSTRUCTIE ACHTER GEMAAL HILLEKADE IN HET NAJAAR VAN 2011. TOT EEN LENGTE VAN 30 CM WORDT GEREKEND MET 1-CM LENGTEKLASSEN, DAARBOVEN MET 10-CM LENGTEKLASSEN





**TABEL 8** VANGSTRESULTATEN PER SOORT IN DE VANGCONSTRUCTIE ACHTER GEMAAL KRALINGSE PLAS IN HET NAJAAR VAN 2011 EN TIJDENS DE NULMETING IN 2009

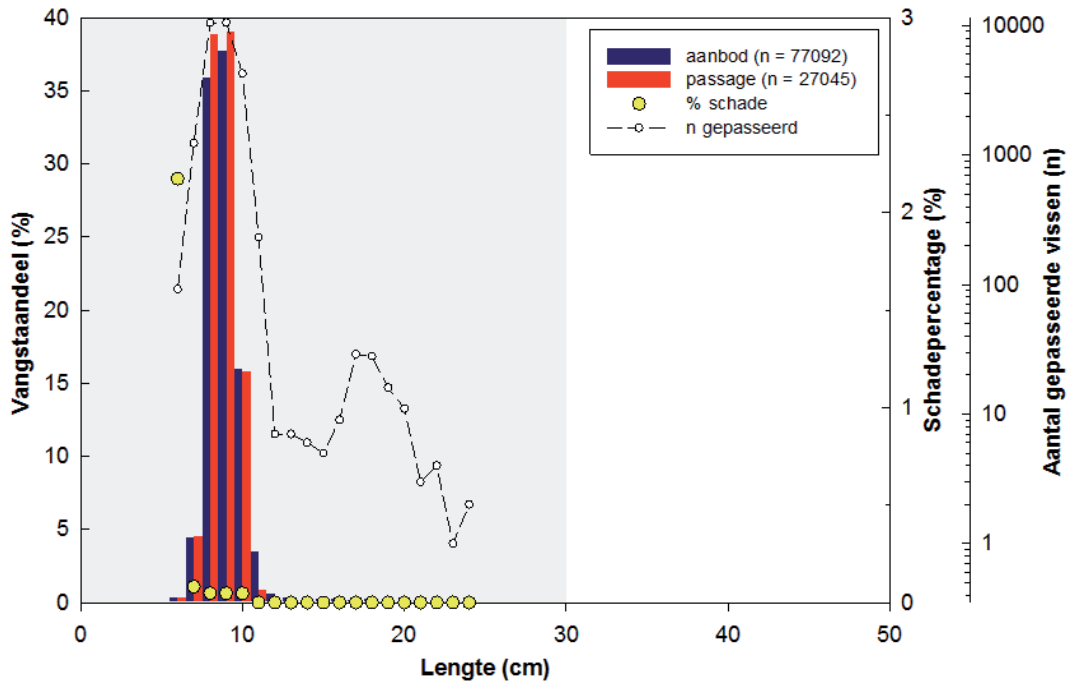
Soorten	Aantal passanten		Passanten / fuiknacht		Aantal beschadigd		Percentage beschadigd		Lengte (cm) onbeschadigd		Lengte (cm) beschadigd	
	2009	2011	2009	2011	2009	2011	2009	2011	2009	2011	2009	2011
doelsoorten												
Aal (schier)	19	3	3,8	0,6	19	0	100,0	0,00		72-76		60-78
overige soorten												
Baars	1323	17376	264,6	3475,2	423	7	32,0	0,04	10-12	7-24	10-12	6-10
Blankvoorn		915		183,0		0		0,00		8-24		
Brasem		1892		378,4		6		0,32		6-23		6-9
Kolblei		1		0,2		0		0,00		16		
Pos	121	6843	24,2	1368,6	0	2	0,0	0,03	10	6-10		8-9
Snoekbaars	40	15	8,0	3,0	0	0	0,0	0,00	11	12-17		
Winde		3		0,6		0		0,00		14-16		
Totaal	1503	27048	300,6	5409,6	442	15	29,4	0,06	10-12	6-76	10-78	6-10
Aantal doelsoorten	1	1										
Aantal ov. soorten	3	7										

Ook onder de schubvis heeft de nieuwe gemaal pomp veel minder slachtoffers gemaakt. Voor de aanpassing passeerden baars, pos en snoekbaars, waarvan alleen bij baars schade optrad. Hoewel het ging om kleine vissen (10-12 cm), bedroeg het schadepercentage 32,0% (n=1323). In 2011 was de lengterange groter (7-24 cm), maar was het schadepercentage sterk afgenomen tot 0,04% (n=17376). Van de overige zes soorten die het gemaal in 2011 passeerden, werd voor blankvoorn (n=915), kolblei (n=1), snoekbaars (N=15) en winde (n=3) geen enkel schadegeval waargenomen. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat voor kolblei en winde het aantal passanten te laag was om een uitspraak te kunnen doen. Brasem en pos kenden schadepercentages van respectievelijk 0,32% (n=1892) en 0,03% (n=6843).

Ook voor het gemaal Kralingse Plas kan niet worden gesproken van een trend in het schadepercentage met vislengte. In 2009 hadden alle passanten een lengte van 10-12 cm, waarbij baars het hoge schadepercentage (32%) vertoonde. Alleen wanneer hier ook schieraal wordt meegenomen in de berekening, ontstaat er een positieve trend omdat de grote schieralen 100% schade vertoonden. Opvallend is dat in 2011 alle schadegevallen onder schubvis de kleinste lengteklasse (1-10 cm) betroffen. Het schadepercentage bedroeg 0,06% (n=26685). Voor de lengteklassen 11-15 cm (n=257), 16-20 (n=93) en 21-25 cm (n=10) was geen sprake van schade.

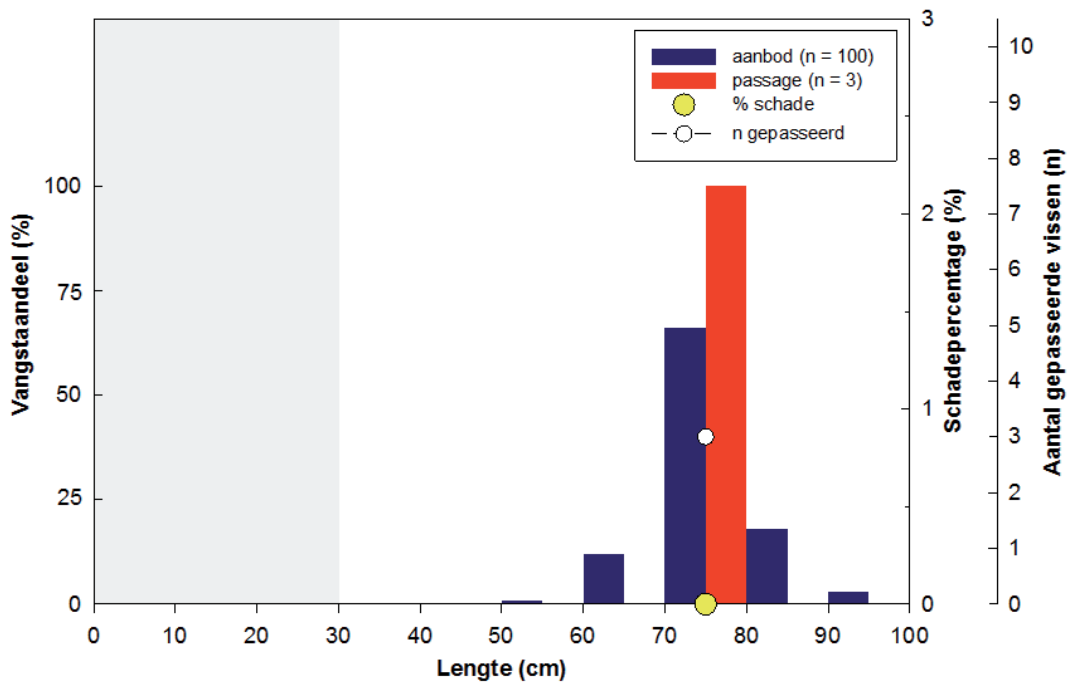
FIGUUR 20

LENTE-FREQUENTIEVERDELINGEN VAN DE TOTALE VANGSTEN AAN SCHUBVIS, GEPASSEERDE AANTALLEN EN SCHADEPERCENTAGES IN DE AANBODFUIKEN EN DE VANGCONSTRUCTIE ACHTER GEMAAL KRALINGSE PLAS IN HET NAJAAR VAN 2011. TOT EEN LENGTE VAN 30 CM WORDT GEREKEND MET 1-CM LENGTEKLASSEN, DAARBOVEN MET 10-CM LENGTEKLASSEN



FIGUUR 21

LENTE-FREQUENTIEVERDELINGEN VAN DE TOTALE VANGSTEN AAN AAL, GEPASSEERDE AANTALLEN EN SCHADEPERCENTAGES IN DE AANBODFUIKEN EN DE VANGCONSTRUCTIE ACHTER GEMAAL KRALINGSE PLAS IN HET NAJAAR VAN 2011. TOT EEN LENGTE VAN 30 CM WORDT GEREKEND MET 1-CM LENGTEKLASSEN, DAARBOVEN MET 10-CM LENGTEKLASSEN



**GEMAAL HOEKPOLDER (VISVEILIGE BUISVIJZEL)**

In Figuur 22 en 23 zijn voor schubvis en aal de lengtefrequentieverdelingen gegeven van de totale vangsten van de aanbodfuiken en de fuiken achter het gemaal. Tevens laten deze figuren het percentage beschadigde vissen (zichtbare schade of dood) zien per lengteklasse. De lengtepiek van de vissen die het gemaal zijn gepasseerd ligt vrijwel over die van het aanbod, bij een vislengte van 9 – 10 cm.

Het percentage beschadigde vissen is laag. De uitschieter bij een lengte van 19 cm, waar de helft van de passanten werd gedood, is gebaseerd op slechts twee vissen. Dit betrof brasem. Er is lijkt sprake van een lichte toename van het percentage beschadigde vissen in de lengterange 8 – 16 cm, maar bij grotere lengtes is, met uitzondering van de besproken uitschieter, geen sprake meer van beschadigingen. De piek in het schadepercentage, bij 16 cm, bedraagt 4,4% en is gebaseerd op 23 vissen, waarvan een kolblei het enige slachtoffer was. Hiervan kwam alleen de romp door het gemaal. De lengte van 16 cm is in dit geval een schatting. De beide alen, uit de lengteklassen 31 – 40 cm en 51 – 60 cm, passeerden het gemaal onbeschadigd.

**TABEL 9** VANGSTRESULTATEN PER SOORT IN DE VANGCONSTRUCTIE ACHTER GEMAAL HOEKPOLDER IN HET NAJAAR VAN 2011 EN TIJDENS DE NULMETING IN 2009

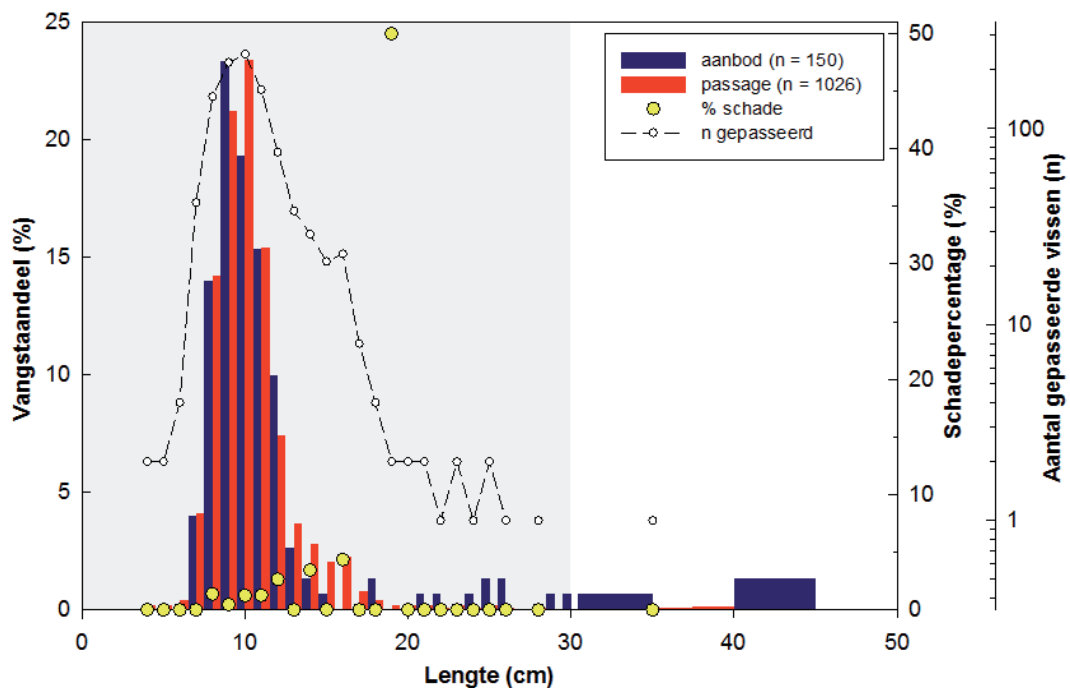
Soorten	Aantal passanten		Passanten / fuiknacht		Aantal beschadigd		Percentage beschadigd		Lengte (cm) onbeschadigd		Lengte (cm) beschadigd	
	2009	2011	2009	2011	2009	2011	2009	2011	2009	2011	2009	2011
doelsoorten												
Aal (rood)	1	1	0,20	0,14	0	0	0,0	0,0	78	56		
Aal (schier)		1		0,14		0		0,0		34		
Bot	1		0,20		0		0,0		14			
Dried. stekelbaars		2		0,29		0		0,0		4-5		
overige soorten												
Baars	19	129	3,80	18,43	0	0	0,0	0,0	9-15	7-20		
Blankvoorn	1	131	0,20	18,71	0	0	0,0	0,0	12	7-23		
Brasem	13	441	2,60	63,00	5	10	38,5	2,3	9-13	5-34	10-13	8-19
Giebel	1	11	0,20	1,57	1	0	100,0	0,0		8-12	26	
Hybride		41		5,86		0		0,0		8-15		
Karper	6		1,20		4		66,7		9-10		11-12	
Kolblei	1	68	0,20	9,71	1	2	100,0	2,9		8-14	14	12-16
Pos	7	176	1,40	25,14	1	1	14,3	0,6	9-11	7-14	10-11	11
Riviergrondel	7	2	1,40	0,29	0	0	0,0	0,0	9-11	12-13		
Snoekbaars		24		3,43		0		0,0		9-25		
Tiend. stekelbaars		1		0,14		0		0,0		4		
Totaal	57	1028	11,40	146,86	12	13	21,1	1,3	9-78	4-56	10-26	8-19
Aantal doelsoorten	2	3										
Aantal ov. soorten	8	10										

Het gemiddelde schadepercentage in 2011 over alle passanten bedraagt 1,3%, fors lager dan de in 2009 vastgestelde waarde van 21,1% (Tabel 9). Het 95% betrouwbaarheidsinterval van het gemiddelde is voldoende klein om een uitspraak met betrekking tot het schadepercentage te kunnen doen. Dit geldt ook voor de schadepercentages van de lengteklassen  $\leq 15$  cm van de families zoetwaterbaarzen (0,63%) en karpers (1,37%) en voor de vissen  $>15$  cm uit deze twee families (respectievelijk: 0,00% en 5,41%; zie Tabel 1). Voor aal kan geen betrouwbaar schadepercentage worden vastgesteld.

Vóór de aanpassing werd een aanzienlijke schade onder passerende vis geconstateerd. Van de 57 vissen, waaronder een rode aal van 78 cm, die gemaal Hoekpolder tijdens de nulmeting in 2009 passeerden, was 21% beschadigd. De rode aal passeerde het gemaal onbeschadigd. Van de vissen tot en met 15 cm ( $n=55$ ) was 20% beschadigd. Boven die lengte was 50% beschadigd, maar werden slechts twee vissen gevangen. Er kon geen positief verband worden aangetoond tussen schubvislengte en schadepercentage, omdat er slechts één grotere vis ( $> 20$  cm) was gevangen (Kruitwagen & Klinge 2010b). Omdat bij kleine vissen het schadepercentage al hoog was, werd geconcludeerd dat bij grotere vissen veel schade was te verwachten.

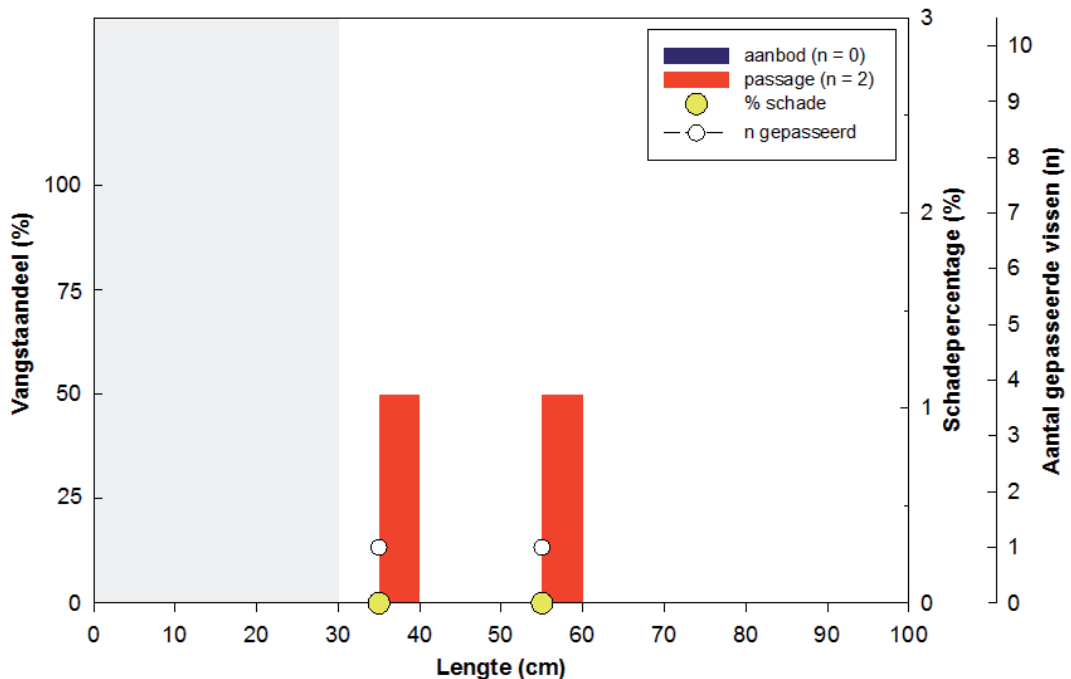
FIGUUR 22

LENGTE-FREQUENTIEVERDELINGEN VAN DE TOTALE VANGSTEN AAN SCHUBVIS, GEPASSEERDE AANTALLEN EN SCHADEPERCENTAGES, IN DE AANBODFUIKEN VOOR EN DE VANGCONSTRUCTIE ACHTER GEMAAL HOEKPOLDER, IN HET NAJAAR VAN 2011. TOT EEN LENGTE VAN 30 CM WORDT GEREKEND MET 1-CM LENGTEKLASSEN, DAARBOVEN MET 10-CM LENGTEKLASSEN



FIGUUR 23

LENGTE-FREQUENTIEVERDELINGEN VAN DE TOTALE VANGSTEN AAN AAL, GEPASSEERDE AANTALLEN EN SCHADEPERCENTAGES, IN DE AANBODFUIKEN VOOR EN DE VANGCONSTRUCTIE ACHTER GEMAAL HOEKPOLDER, IN HET NAJAAR VAN 2011. TOT EEN LENGTE VAN 30 CM WORDT GEREKEND MET 1-CM LENGTEKLASSEN, DAARBOVEN MET 10-CM LENGTEKLASSEN



Het nieuwe gemaal Hoekpolder laat een heel ander beeld zien. Er passeerde een veel groter aantal vissen ( $n=1028$ ) dan in 2009, terwijl het totale schadepercentage slechts 1,3% bedroeg. Voor schubvis tot en met 20 cm lengte lijkt het schadepercentage toe te nemen met lengte, maar de individuele data vertonen te veel variatie om een zinvol significant verband vast te stellen. Groepering in bredere lengteklassen laat wel een toename in het schadepercentage zien, van 0,9% ( $n=654$ ) voor lengteklasse 1-10 cm, via 1,6% ( $n=322$ ) voor lengteklasse 11-15 cm, tot 5,1 ( $n=39$ ) voor de klasse 16-20 cm. Boven de 20 cm ( $n=11$ ) werd geen enkel schadegeval vastgesteld. Slechts drie van de tien schubvissoorten die het gemaal passeerden kenden schade. Dit betrof brasem (schade: 2,3%;  $n=441$ ), kolblei (schade: 2,9%;  $n=68$ ) en pos (schade: 0,6%;  $n=176$ ). Ook een rode aal van 56 cm en een schieraal van 34 cm passeerden het gemaal ongeschonden. Gezegd kan worden dat het nieuwe gemaal Hoekpolder in vergelijking met het oude gemaal veel minder slachtoffers maakt onder passerende vis.

#### GEMAAL ENNEMABORGH (VISVRIENDELIJKE VIJZEL)

Het vaststellen van schadepercentages is op basis van de kleine steekproef niet mogelijk. Bovendien is gebleken dat het gemaal ten tijde van de passagebepalingen nog niet zodanig functioneerde dat het als visvriendelijk kon worden beschouwd.

#### SAMENVATTING

Ook bij het passeren van aangepaste gemaalpompen en opvoerwerken kan vis beschadigd raken. Tabel 10 laat zien dat dit percentage zeer laag is. Deze tabel is een samenvatting van Tabel 1, waarin de schadepercentages per gemaal, voor en na de aanpassing zijn gegeven. Bij passage door de andere voorzieningen, dat zijn de Snelle Sluis en de nieuwe vistrappen bij de gemalen Abraham Kroes en Aalkeet Buitenpolder, raakte geen enkele vis beschadigd.

TABEL 10

PERCENTAGE SCHADE ONDER PASSERENDE VIS VAN ALLE ONDERZOCHE VISVRIENDELIJKE GEMALEN EN ANDERE VOORZIENINGEN (BYPASSES EN SNELLE SLUIS)

Omschrijving	Aal		Schubvis	
	% schade	n	% schade	n
Visvriendelijke gemalen	0,00	5	0,10	37178
Andere voorzieningen	0,00	32	0,00	1370

#### 4.1.2 VRAAG 2 – IN HOEVERRE KUNNEN DE MOGELIJKHEDEN VOOR VISMIGRATIE WORDEN VERGROOT DOOR AANPASSING VAN DE POMPBEDIENING?

##### RESULTATEN NAJAAR 2011 PER KUNSTWERK

##### GEMAAL AALKEET BUITENPOLDER (VISONVRIENDELIJKE POMP)

##### PASSAGE BIJ NORMAAL TOERENTAL

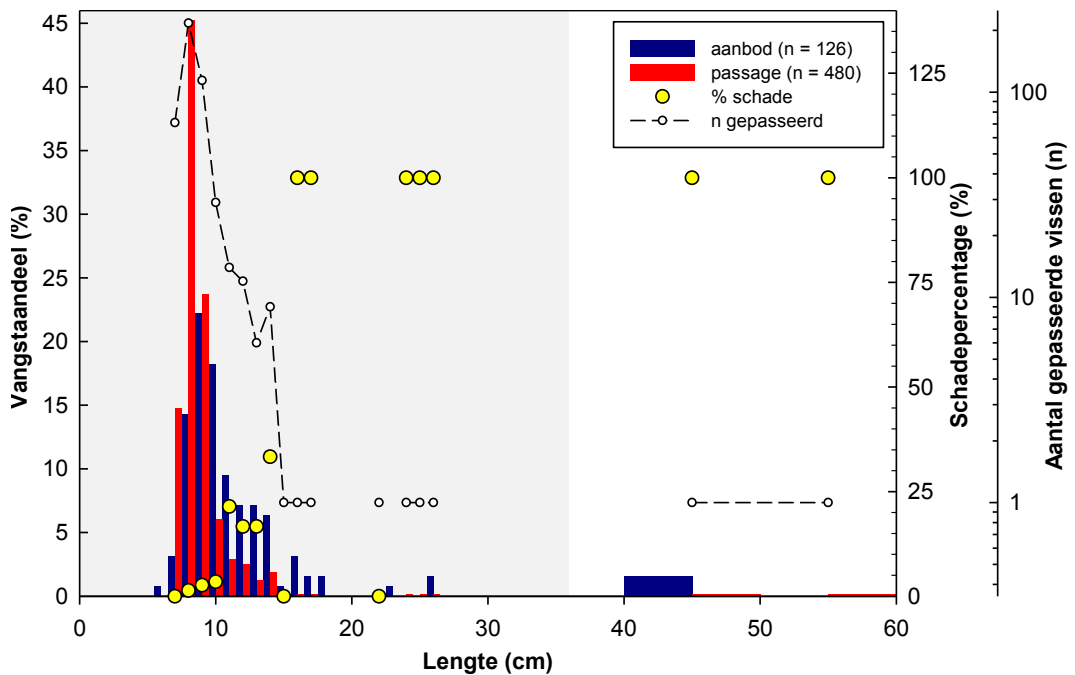
In Figuur 24 zijn voor schubvis de lengtefrequentieverdelingen van de totale vangsten van de aanbodfuiken en de fuiken achter het gemaal gegeven (bij een normaal toerental). Tevens laat deze figuur het percentage beschadigde vissen (zichtbare schade of dood) zien per lengteklasse. De lengtepiek van de vissen die het gemaal zijn gepasseerd, ligt bij 8 cm, terwijl de aanbodpiek bij 9 cm ligt.

Het aandeel dodelijk beschadigde neemt vissen sterk toe met de lengte. Bij circa 15 cm ligt de grens waarop 50% van de gepasseerde vissen is beschadigd. Vanaf 24 cm is het schadepercentage 100%. Het gemiddelde schadepercentage in 2011 over alle passanten bij een normaal toerental bedraagt 4,8%, fors lager dan de in 2009 vastgestelde waarde van 27,2% (Tabel 11). Dit is het gevolg van het relatief grote aantal kleine baarzen dat in 2011 passeerde. Het 95% betrouwbaarheidsinterval van het gemiddelde is voldoende klein om een uitspraak met betrekking tot het schadepercentage te kunnen doen. Dit geldt ook voor de schadepercentages van de lengteklassen  $\leq 15$  cm van de families zoetwaterbaarzen (1,13%) en karpers (36,67%) (zie Tabel 1). Grote zoetwaterbaarzen ( $>15$  cm) zijn niet gevangen en grote karpers te weinig voor een voldoende klein 95% betrouwbaarheidsinterval. Aal ging in 2011 niet door het gemaal.

TABEL 11 VANGSTRESULTATEN PER SOORT IN DE VANGCONSTRUCTIE ACHTER GEMAAL AALKEET BUITENPOLDER IN HET NAJAAR VAN 2011 (VIJF LICHTINGEN BIJ EEN NORMAAL TOERENTAL VAN DE GEMAALPOMP) EN TIJDENS DE NULMETING IN 2009

Soorten	Aantal passanten		Passanten / fuiknacht		Aantal beschadigd		Percentage beschadigd		Lengte (cm) onbeschadigd		Lengte (cm) beschadigd	
	2009	2011	2009	2011	2009	2011	2009	2011	2009	2011	2009	2011
doelsoorten												
Aal (rood)	1		0,20		0		0,0		78			
overige soorten												
Baars	69	262	13,80	23,82	22	4	31,9	1,5	9-13	7-14	9-17	8-9
Blankvoorn	107	12	21,40	1,09	26	7	24,3	58,3	9-15	8-22	9-20	11-24
Brasem	106	10	21,20	0,91	33	6	31,1	60,0	9-14	7-14	9-14	10-48
Kolblei	21		4,20		4		19,0		9-13		10-14	
Pos	27	181	5,40	16,45	3	1	11,1	0,6	9-10	7-13	9-11	8
Riviergrondel		1		0,09		1		100,0				8
Ruisvoorn	1	13	0,20	1,18	1	2	100,0	15,4		10-15	15	11-13
Snoek	1	2	0,20	0,18	1	2	100,0	100,0			22	26-60
Winde	1		0,20		0		0,0		11			
Zeelt	1		0,20		1		100,0				40	
Totaal	335	481	67,00	43,73	91	23	27,2	4,8	9-15	7-22	9-40	8-60
Aantal doelsoorten	1	0										
Aantal ov. soorten	9	7										

FIGUUR 24 LENGTE-FREQUENTIEVERDELINGEN VAN DE TOTALE VANGSTEN AAN SCHUBVIS, GEPASSEERDE AANTALLEN EN SCHADEPERCENTAGES, IN DE AANBODFUIKEN VOOR EN DE VANGCONSTRUCTIE ACHTER GEMAAL AALKEET BUITENPOLDER (VIJF LICHTINGEN BIJ EEN NORMAAL TOERENTAL VAN DE GEMAALPOMP), IN HET NAJAAR VAN 2011. TOT EEN LENGTE VAN 30 CM WORDT GEREKEND MET 1-CM LENGTEKLASSEN, DAARBOVEN MET 10-CM LENGTEKLASSEN



Van de 335 schubvissen die het gemaal Aalkeet Buitenpolder passeerden tijdens de nulmeting in 2009, was 27,2% beschadigd. Opvallend was dat een rode aal van 78 cm het gemaal onbeschadigd passeerde. Er was een sterk positief verband tussen vislengte en schadepercentage (Kruitwagen & Klinge 2010b). Van de vissen tot en met 15 cm was 26% beschadigd, terwijl boven die lengte 100% beschadigd was. Uit een door de data getrokken curve werd geconcludeerd dat vanaf circa 12 cm meer dan 50% van de passanten wordt beschadigd en vanaf circa 20 cm alle vis. De resultaten van de vijf passagebepalingen bij een normaal toerental in 2011, komen hier met betrekking tot de relatie tussen vislengte en schadepercentage goed mee overeen. Voor de lengteklasse 1-10 cm (n=431) bedroeg het schadepercentage 1,6%. Daarna liep het sterk op tot 21,4% voor de klasse 11-15 cm (n=42), 100% voor de lengteklasse 16-20 cm (n=2) en 83,3% voor lengteklasse > 20 cm (n=6). Omdat de twee meest voorkomende soorten in 2011, baars en pos, lage schadepercentages vertoonden, is het totale percentage (4,8%) over alle gevangen schubvis (n=481) veel lager dan dat in 2009. Het resultaat van de drie passagebepalingen bij een minimaal toerental in 2011 wijkt sterk af van 2009. Voor de lengteklasse 1-10 cm (n=545) bedroeg het schadepercentage 0,4%, terwijl de lengteklassen 11-15 cm (n=9) en 16-20 cm (n=2) geen schade kenden.

### PASSAGE BIJ MINIMAAL TOERENTAL

In Figuur 25 zijn voor schubvis de lengtefrequentieverdelingen gegeven van de totale vangsten van de aanbodfuiken en de fuiken achter het gemaal (bij een minimaal toerental). Tevens laat deze figuur het percentage beschadigde vissen (zichtbare schade of dood) zien per lengteklasse. De lengtepiek van de vissen die het gemaal zijn gepasseerd, ligt bij 8 cm, terwijl de aanbodpiek bij 9 cm ligt. Aal passeerde niet.

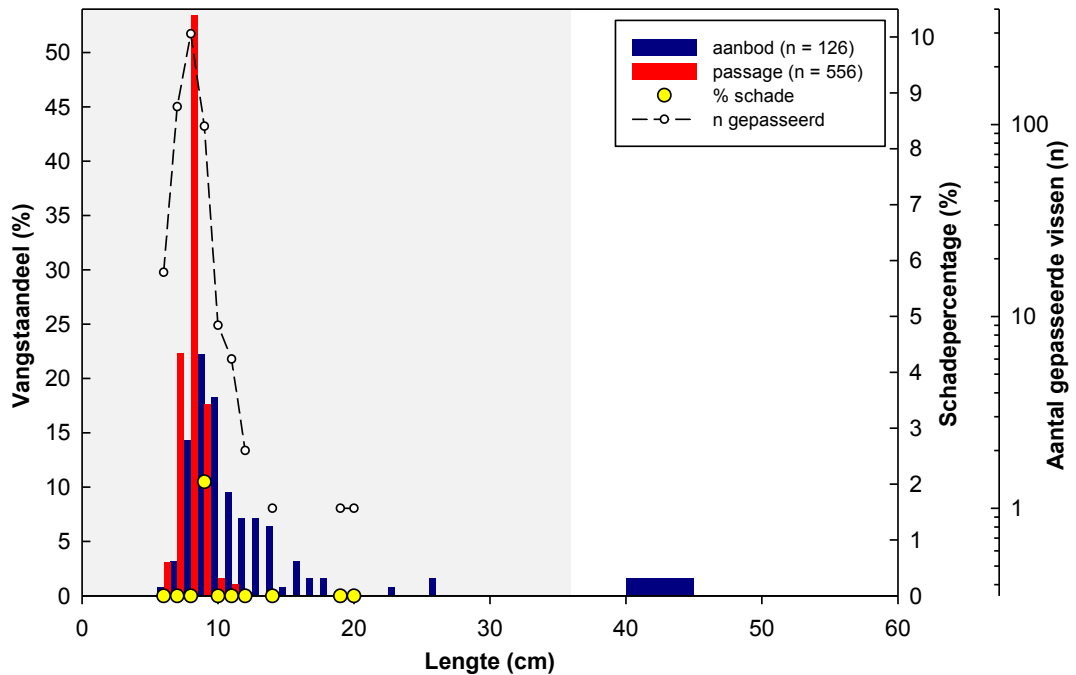
TABEL 12 VANGSTRESULTATEN PER SOORT IN DE VANGCONSTRUCTIE ACHTER GEMAAL AALKEET BUITENPOLDER IN HET NAJAAR VAN 2011 (DRIE LICHTINGEN BIJ EEN MINIMAAL TOERENTAL VAN DE GEMAALPOMP) EN TIJDENS DE NULMETING IN 2009

Soorten	Aantal passanten		Passanten / fuiknacht		Aantal beschadigd		Percentage beschadigd		Lengte (cm) onbeschadigd		Lengte (cm) beschadigd	
	2009	2011	2009	2011	2009	2011	2009	2011	2009	2011	2009	2011
doelsoorten												
Aal (rood)	1		0,20		0		0,0		78			
overige soorten												
Baars	69	147	13,8	49,0	22	1	31,9	0,7	9-13	7-20	9-17	9
Blankvoorn	107	1	21,4	0,3	26	0	24,3	0,0	9-15	11	9-20	
Brasem	106	1	21,2	0,3	33	0	31,1	0,0	9-14	6	9-14	
Kolblei	21		4,2		4		19,0		9-13		10-14	
Pos	27	404	5,4	134,7	3	0	11,1	0,0	9-10	6-11	9-11	
Ruisvoorn	1	3	0,2	1,0	1	1	100,0	33,3		12-19	15	9
Snoek	1		0,2		1		100,0				22	
Winde	1		0,20		0		0,0		11			
Zeelt	1		0,20		1		100,0				40	
Totaal	335	556	67,00	185,3	91	2	27,2	0,4	9-78	6-20	9-40	9
Aantal doelsoorten	1	0										
Aantal overige soorten	9	5										



Bij het minimale toerental bedroeg het gemiddelde schadepercentage in 2011 0,4%, slechts een fractie van de in 2009 gevonden waarde bij een normaal toerental (Tabel 12). Het 95% betrouwbaarheidsinterval is ook in dit geval kleiner dan 50%. In deze situatie werden voornamelijk kleine baars en pos gevangen, zodat voldoende betrouwbaarheid hier verder alleen geldt voor de zoetwaterbaarzen  $\leq 15$  cm (schadepercentage: 0,18%).

FIGUUR 25 LENGTE-FREQUENTIEVERDELINGEN VAN DE TOTALE VANGSTEN AAN SCHUBVIS, GEPASSEERDE AANTALLEN EN SCHADEPERCENTAGES, IN DE AANBODFUIKEN VOOR EN DE VANGCONSTRUCTIE ACHTER GEMAAL AALKEET BUITENPOLDER (DRIE LICHTINGEN BIJ HET MINIMALE TOERENTAL VAN DE GEMAALPOMP), IN HET NAJAAR VAN 2011. TOT EEN LENGTE VAN 30 CM WORDT GEREKEND MET 1-CM LENGTEKLASSEN, DAARBOVEN MET 10-CM LENGTEKLASSEN



TABEL 13 VERGELIJKING PASSEERBAARHEID EN VISVEILIGHEID VAN GEMAAL AALKEET BUITENPOLDER BIJ MALEN OP NORMALE (NOR) OF OP MINIMALE (MIN) TOEREN. ONBESCH. = VISSEN DIE HET GEMAAL ONBESCHADIGD ZIJN GEPASSEERD; BESCH. = VISSEN DIE TIJDENS DE PASSAGE DODELIJKE SCHADE HEBBEN OPGELOPEN

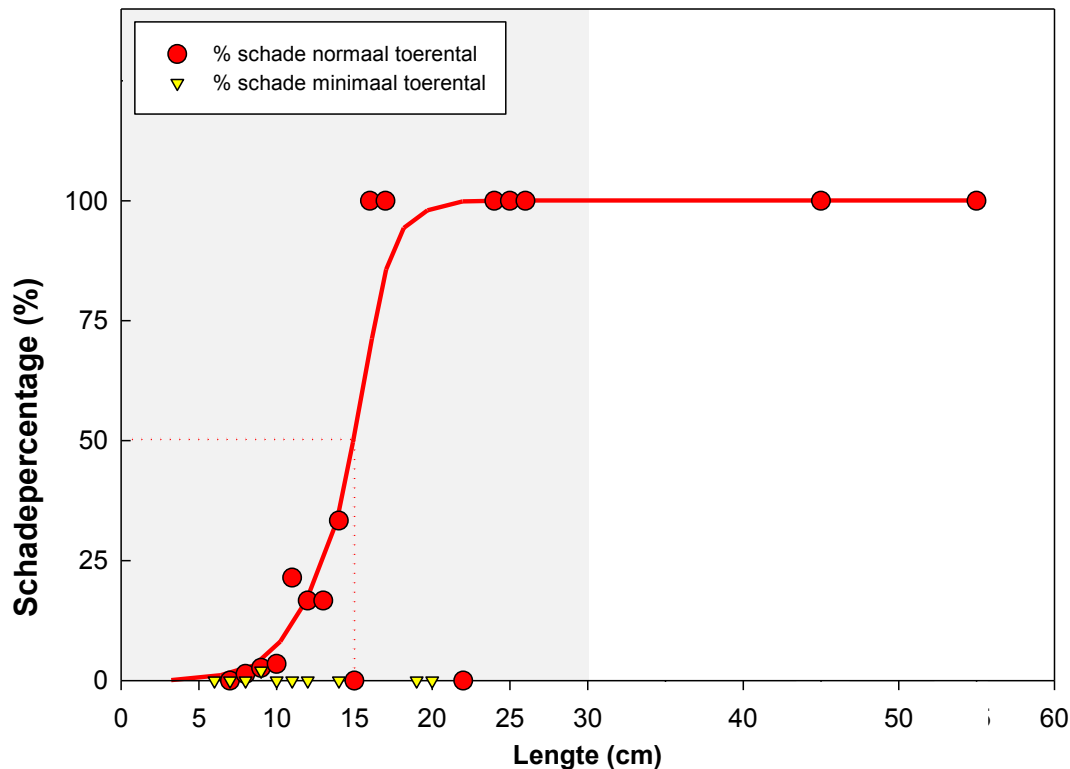
Soorten	Aanbod/ fui knacht		Passanten/ fui knacht		% schade (n)		Lengte (cm) aanbod		Lengte (cm) onbesch.		Lengte (cm) besch.			
	nor	min	nor	min	nor	min	nor	min	nor	min	nor	min		
doelsoorten														
Aal (schier)	0,01						59							
overige														
Baars	0,84	0,72	23,82	49,00	1,53	(262)	0,68	(147)	7-23	7-18	7-14	7-20	8-9	9
Blankvoorn	0,22	0,22	1,09	0,33	58,33	(12)	0,00	(1)	8-18	6-12	8-22	11	11-24	-
Brasem		0,06	0,91	0,33	60,00	(10)	0,00	(1)		9	7-14	6	10-48	-
Pos	0,14	0,09	16,45	134,67	0,55	(181)	0,00	(404)	7-10	7-8	7-13	6-11	8	-
Riviergrondel			0,09		100,00	(1)					-		8	
Ruisvoorn	0,87	0,05	1,18	1,00	15,38	(13)	33,33	(3)	8-17	11	10-15	12-19	11-13	9
Snoek	0,02		0,18		100,00	(2)			26		-		26-60	
Zeelt	0,02								45-47					
Totaal	2,13	1,14	43,73	185,33	4,78	(481)	0,36	(556)	7-59	6-18	7-22	6-20	8-60	9

Het percentage beschadigde vissen verschilt ook substantieel van de bepalingen met het normale toerental in 2011 (Tabel 11). Bij het normale toerental neemt het aandeel dodelijk beschadigde vissen sterk toe met de lengte (Figuur 24). Bij circa 15 cm daar ligt de grens waarop 50% van de gepasseerde vissen is beschadigd. Vanaf 24 cm is het schadepercentage 100%. Bij de bepalingen die zijn uitgevoerd bij het minimale toerental, is nauwelijks sprake van schade, met een uitschieter van minder dan 5% bij vissen met een lengte van circa 10 cm. Er is geen sprake van een toename van het percentage beschadigde vissen bij toenemende lengte van de vissen (Figuur 25). Hoewel het verschil over de range 11-23 cm net niet significant is (zie hieronder en Figuur 26), lijkt dit het gevolg van de kleine vangst te zijn.

De resultaten van de drie passagebepalingen bij een minimaal toerental van de pomp van gemaal Aalkeet Buitenpolder, verschaffen inzicht in de mogelijkheden van aangepast pompbeheer voor verbetering van de passeerbaarheid en de visveiligheid. Voor de twee onderscheiden vormen van pompbeheer is sprake van een groot verschil in visveiligheid (Tabel 13; Figuur 26). Het schadepercentage over de totale schubvisvangst bij het minimale toerental van de gemaalpomp (0,36%) is meer dan een factor tien minder dan dat bij het normale toerental (4,78%). De hogere visveiligheid bij een lager toerental is vastgesteld voor alle soorten waarvan het aantal gevangen exemplaren voldoende was voor een betrouwbare schatting. Het schadepercentage toont grote verschillen tussen de soorten, maar hierbij lijkt de lengte van de vis een veel belangrijkere factor dan de soort. Uit Tabel 13 blijkt niet dat de twee onderzochte vormen van pompbeheer leiden tot een verschil in lengtes van de passerende vissen. Daarom mag worden aangenomen dat het verschillende schadepercentage over de totale vangst tussen de beide draaisnelheden het daadwerkelijke risico tijdens passage vertegenwoordigt.

FIGUUR 26

SCHADEPERCENTAGES PER LENGTEKLASSE IN DE TOTALE VANGSTEN AAN SCHUBVIS ACHTER GEMAAL AALKEET BUITENPOLDER IN HET NAJAAR VAN 2011, VOOR TWEE TYPEN POMPBEHEER (NORMAAL OF MINIMAAL TOERENTAL GEMAALPOMP). DE STIPPELLIJN GEEFT DE LENGTE AAN WAARBIJ 50% VAN DE PASSANTEN DE PASSAGE VAN HET GEMAAL NIET OVERLEEFD. TOT EN MET EEN LENGTE VAN 30 CM WORDT GEREKEND MET 1-CM LENGTEKLASSEN, DAARBOVEN MET 10-CM LENGTEKLASSEN



De twee vormen van pompbeheer verschillen sterk met betrekking tot de relatie tussen het schadepercentage onder passanten en hun lichaamslengte (Figuur 26). Bij de normale draaisnelheid van de pomp, neemt het schadepercentage bij gepasseerde schubvissen boven de 10 cm sterk toe met hun lichaamslengte. De grens waarbij meer dan 50% van de vissen de passage van het gemaal niet overleeft, ligt bij een lichaamslengte van circa 15 cm. Vanaf een lengte van circa 24 cm overleeft geen enkele passant. Dit beeld komt redelijk overeen met de resultaten van de nulmetingen bij hetzelfde gemaal (Kruitwagen & Klinge, 2010b). Bij de nulmetingen, waarbij het gemaal draaide met normale toerentallen, was het schadepercentage vanaf een lengte van circa 12 cm meer dan 50% en raakte elke passerende schubvis vanaf een lengte van circa 20 cm beschadigd. Tijdens het malen met het minimale toerental was geen sprake van een toename van het sterftepercentage met lichaamslengte van de passerende vis. Op een totaal van tien 1-cm lengteklassen tussen 6 en 20 cm, was alleen voor de lengteklasse 9 cm sprake van beschadigde vis. Het schadepercentage bedroeg hier slechts 2,04%. Voor de lengteklassen 11 – 23 cm, het traject waarin het schadepercentage bij een normaal toerental van de pomp sterk toeneemt, is het verschil in schadepercentage tussen de beide vormen van pompbeheer getoetst met een eenzijdige Fisher's Exact Test. Door het kleine aantal passanten in deze lengterange (45 vissen bij normaal toerental; 11 vissen bij minimaal toerental) kon geen significant verschil worden aangetoond ( $p=0,068$ ).

## **SAMENVATTING**

### **AANGEPAST POMPBEHEER**

De mogelijkheden voor vismigratie kunnen worden vergroot door aanpassing van de pompbediening. Dat blijkt uit experimenten met het gemaal Aalkeet Buitenpolder. Door dit niet-visvriendelijk gemaakte gemaal te laten draaien bij het minimale toerental werden de vispasseerbaarheid en de visvriendelijkheid vergroot. Vooral het schadepercentage van passerende vissen werd sterk teruggebracht door het aangepaste pompbeheer.

## 4.2 VISPASSEERBAARHEID

In deze paragraaf wordt onderzocht in hoeverre de bij de kunstwerken aanwezige vis daadwerkelijk gebruik maakt van de gemaalpomp of de gerealiseerde voorzieningen.

### 4.2.1 VRAAG 3 – WELK DEEL VAN HET VISBESTAND DAT ZICH BIJ DE GEMALLEN (EN DE SLUIS) AANDIENT, MAAKT GEBRUIK VAN DE ROUTE VIA DE GEMAALPOMPEN OM DE GEMALLEN TE PASSEREN (VERGELIJKING TRADITIONELE POMPEN MET VISVEILIGE WAAIERPOMP, VISVEILIGE BUISVIJZEL EN VISVRIENDELIJKE VIJZEL)?

Deze vraag kunnen we beantwoorden door in de monitoringgegevens het aanbod te vergelijken met de gemaalpassage van vis. Een normaal beeld bij onderzoek naar gemaalpassages is een verschil in de verhouding tussen de aanbodsvangsten en de passagevangsten. Gewoonlijk zijn de passagevangsten veel lager in verhouding tot de aanbodsvangsten. Dit geldt met name voor de potamodrome soorten. Een oorzaak kan zijn dat de aanbodfuiken continu vangen, terwijl de gemalen maar een beperkt aantal uren draaien met de vangconstructie erachter. Een ander punt is dat diadrome doelsoorten vaak maar in lage dichtheden in de vangsten vertegenwoordigd zijn. De schatting van het deel van de aanwezige vissen dat werkelijk door het gemaal gaat, is voor deze soorten daarom waarschijnlijk onbetrouwbaarder dan voor de 'overige soorten'.

#### RESULTATEN NAJAAR 2009 EN 2011 PER GEMAAL

##### GEMAAL HILLEKADE (VISVRIENDELIJKE VIJZEL)

Voor het gemaal Hillekade is geen nulmeting beschikbaar omdat het een nieuw gemaal betreft. De aanbodsbevestigingen in 2011 vonden plaats tussen 3 oktober (fuiken gezet) en 9 december, waarbij de fuiken dertien keer zijn gelicht (Bijlage II). De weergegeven vangsthoeveelheden representeren de gemiddelde waarde over de periode vanaf de voorafgaande lichte. Een uitzondering hierop wordt gevormd door de vangsten van 25 november. In verband met diefstal van de fuiken in de tussentijdse periode is deze waarde slechts gebaseerd op één fuiknacht. Er is geen sprake van een trend in het aanbod over de onderzoeksperiode. In de meeste gevallen ligt het aantal gevangen schubvissen tussen de twee en tien per fuiknacht. Relatief grote aantallen werden gevangen op 21 oktober, 11 november en 9 december. Op deze data zijn tevens drie van de zes passagebepalingen uitgevoerd. Rond deze data werden ook enkele schieralen in de aanbodfuiken aangetroffen.

Over de gehele onderzoeksperiode zijn baars en blankvoorn in de grootste aantallen gevangen in de aanbodfuiken, op afstand gevolgd door ruisvoorn (Tabel 14). De lengtes van de schubvissen lagen grotendeels in de range 6-20 cm, met uitzondering van enkele zeelten van rond de 40 cm. De gevangen schieralen waren met 82 tot 100 cm beduidend groter. Schieraal was de enige doelsoort in het aanbod, naast elf overige soorten.

Tijdens de passagebepalingen werden ook één doelsoort en elf overige soorten gevangen, maar deze kwamen niet volledig overeen (Tabel 15; Figuur 27). Schieraal is het gemaal niet gepasseerd, maar Driedoornige stekelbaars werd in hoge aantallen gevangen. Door de fijnmazige kub in het net achter het gemaal wordt deze doelsoort daar wel gevangen, maar niet in de aanbodfuiken. Een relatief groot deel van het aanbod aan 'overige soorten' passeerde het gemaal. Het ging hierbij om zeven eurytope soorten en de limnofielen Bittervoorn, Kleine modderkruiper, Kroeskarper en Ruisvoorn. Hiervan maakten alleen een hybride witvis, Kleine modderkruiper en Kroeskarper geen gebruik van de visvriendelijke vijzel als migratie-

route. In de vangsten achter het gemaal was Blankvoorn de dominerende soort, gevolgd door Brasem en Ruisvoorn en, in mindere mate, Baars en Vetje. Brasem was relatief in veel hogere aantallen per fuiknacht aanwezig in de vangconstructie dan in de aanbodfuiken. Voor Baars geldt het tegenovergestelde. Naast Driedoornige stekelbaars, werden de rheofiele Riviergrondel en de limnofielen Tiendoornige stekelbaars en Vetje ook alleen in de vangconstructie achter het gemaal gevangen.

Om te onderzoeken of het aantal passanten afhangt van de capaciteit waarmee het gemaal draait, is per passagebepaling de totale draaitijd en het debiet uitgezet tegen de vangst (Tabel 16). Er kan geen relatie worden vastgesteld tussen het debiet en het totaal aantal passanten per lichting. Het aantal gevangen vissen per 10000 m<sup>3</sup> water dat is gepasseerd, varieert sterk.

TABEL 14

VANGSTRESULTATEN PER SOORT IN DE AANBODFUIKEN VOOR GEMAAL HILLEKADE IN HET NAJAAR VAN 2011

Soorten	Aanbod (n)	Aanbod (n / fuiknacht)	Lengte (cm)
doelsoorten			
Aal (schier)	5	0,09	82-100
overige soorten			
Baars	239	4,43	6-23
Bittervoorn	4	0,07	6-8
Blankvoorn	204	3,78	7-21
Brasem	3	0,06	6-19
Hybride	4	0,07	15-19
Kleine modderkruiper	1	0,02	12
Kolblei	9	0,17	11-19
Kroeskarper	1	0,02	10
Pos	1	0,02	6
Ruisvoorn	58	1,07	5-19
Zeelt	5	0,09	9-43
Totaal	534	9,89	6-100
Aantal doelsoorten	1		
Aantal overige soorten	11		

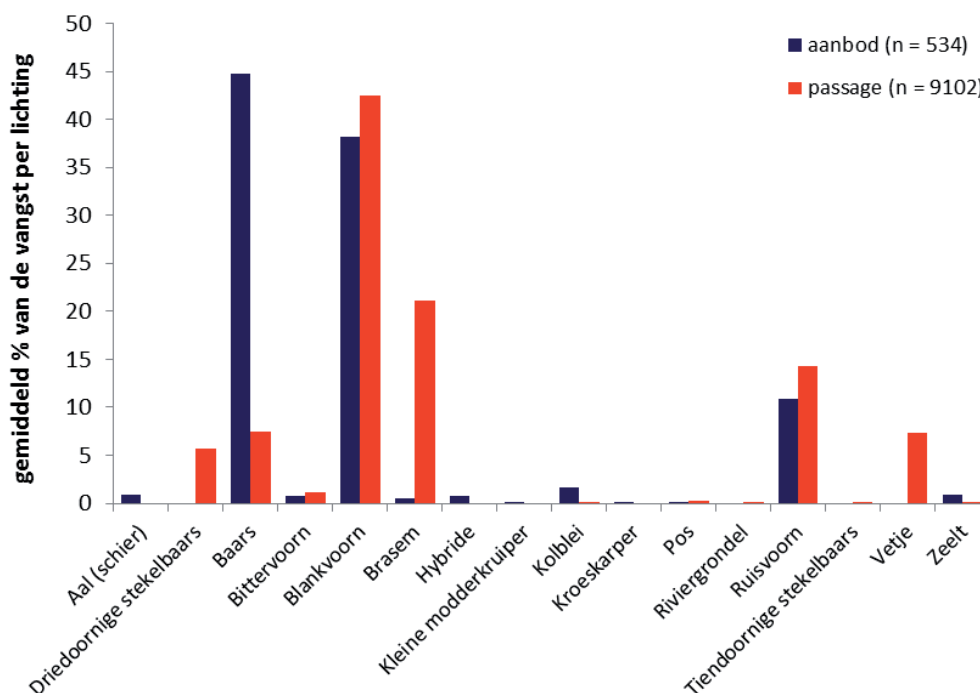
TABEL 15 VANGSTRESULTATEN PER SOORT IN DE VANGCONSTRUCTIE ACHTER GEMAAL HILLEKADE IN HET NAJAAR VAN 2011

Soorten	Aantal passanten	Passanten / fuiknacht	Aantal beschadigd	Percentage beschadigd	Lengte (cm) onbeschadigd	Lengte (cm) beschadigd
doelsoorten						
Driedoornige stekelbaars	517	86,2	0	0,00	3-7	
overige soorten						
Baars	684	114,0	5	0,73	5-14	7-10
Bittervoorn	100	16,7	0	0,00	3-7	
Blankvoorn	3870	645,0	1	0,03	4-18	11
Brasem	1921	320,2	1	0,05	4-12	6
Kolblei	4	0,7	0	0,00	11-12	
Pos	22	3,7	0	0,00	6-9	
Riviergrondel	2	0,3	0	0,00	10-11	
Ruisvoorn	1307	217,8	2	0,15	2-18	4-5
Tiendornige stekelbaars	2	0,3	0	0,00	4-5	
Vetje	671	111,8	0	0,00	4-8	
Zeelt	2	0,3	0	0,00	4-39	
Totaal	9102	1517,0	9	0,10	2-39	4-11
Aantal doelsoorten	1					
Aantal overige soorten	11					

TABEL 16 CAPACITEIT WAARMEE GEMAAL HILLEKADE DRAAIDE TIJDENS DE PASSAGEBEPALINGEN IN HET NAJAAR VAN 2011, GERELATEERD AAN HET TOTAAL AANTAL VISSEN DAT PER LICHTING PASSEERDE

Lichting	Draaitijd (min)	Debiet (m <sup>3</sup> /min)	Totaal water (m <sup>3</sup> )	Totaal vis (n)	n/10000 m <sup>3</sup>
1	330	20,0	6600	154	101,6
2	540	20,0	10800	694	749,5
3	420	30,0	12600	34	42,8
4	990	40,0	39600	602	2383,9
5	720	27,5	19800	7506	14861,9
6	780	40,0	31200	112	349,4

FIGUUR 27 RELatieve ABUNDANTIE PER SOORT IN DE AANBODS- EN PASSAGEBEPALINGEN BIJ GEMAAL HILLEKADE IN HET NAJAAR VAN 2011



**GEMAAL KRALINGSE PLAS (VISVEILIGE WAAIERPOMP)**

De aanbodsbevestigingen in 2011 vonden plaats tussen 3 oktober (fuike gezet) en 16 december, waarbij de fuien negentien keer zijn gelicht (Bijlage II). De weergegeven vangsthoeveelheden representeren de gemiddelde waarde over de periode vanaf de voorafgaande lichte. Een uitzondering hierop wordt gevormd door de vangsten van 14 oktober en 1 november. In verband met diefstal van de fuien in de tussentijdse periode, zijn deze waarden slechts gebaseerd op vier fuiknachten. Er is geen sprake van een trend in het aanbod over de onderzoeksperiode, al lijken de aantallen schubvis in de tweede helft van de aanbodsbevestigingen wat hoger te liggen. De vijf passagebevestigingen lijken dan ook allemaal binnen een hoog aanbod van schubvis te vallen, hoewel dit voor 28 oktober niet is aangetoond vanwege de verdwenen fuien. Twee passagebevestigingen vallen samen met de pieken in schieraal in begin november (tevens een hoog aanbod van rode aal) en begin december. Voor de in 2009 uitgevoerde nulmetingen (Kruitwagen & Klinge, 2010a) is het aanbod aan schubvis en de verdeling van de passagebevestigingen vergelijkbaar met 2011. Aal is in 2009 echter niet aangetroffen in de aanbodfuien.

Over de gehele onderzoeksperiode in 2011 is baars veruit in de grootste aantallen gevangen in de aanbodfuien, op afstand gevolgd door pos, blankvoorn en brasem (Tabel 17). Het betrof vooral kleine baars van 8-9 cm lengte. Tijdens de nulmeting in 2009 was het aanbod beperkt tot baars, pos en een geringe hoeveelheid snoekbaars. Deze laatste soort was in 2011 in absolute aantallen talrijker in de vangsten aanwezig dan in 2009, maar relatief (ten opzichte van de verdeling met de andere soorten) veel minder. De lengtes van de schubvissen zijn vergelijkbaar tussen de jaren, al lijkt de snoekbaars in 2011 wat groter. Hoewel de relatieve aantallen aal vrijwel wegvallen in vergelijking tot de zeer grote hoeveelheid baars, zijn toch 101 exemplaren van deze doelsoort gevangen, waarvan 85 schieralen met een lengte van 68 tot 100 cm. Tijdens de nulmeting werd geen enkele aal gevangen.

**TABEL 17** VANGSTRESULTATEN PER SOORT IN DE AANBODFUIKEN VOOR GEMAAL KRALINGSE PLAS IN HET NAJAAR VAN 2011 EN TIJDENS DE NULMETING IN 2009

Soorten	Aanbod (n)		Aanbod (n / fuiknacht)		Lengte (cm)	
	2009	2011	2009	2011	2009	2011
doelsoorten						
Aal (rood)		16		0,41		59-80
Aal (schier)		85		2,15		68-100
overige soorten						
Baars	3847	53114	769,40	1344,66	9-21	7-31
Blankvoorn		7821		198,00		7-22
Brasem		3260		82,53		6-20
Kolblei		1		0,03		15
Pos	350	12612	70,00	319,29	10-21	6-14
Ruisvoorn		77		1,95		9-14
Snoekbaars	10	341	2,00	8,63	11	12-19
Totaal	4207	77327	841,40	1957,65	9-21	6-100
Aantal doelsoorten	0	2				
Aantal overige soorten	3	7				

**TABEL 18** VANGSTRESULTATEN PER SOORT IN DE VANGCONSTRUCTIE ACHTER GEMAAL KRALINGSE PLAS IN HET NAJAAR VAN 2011 EN TIJDENS DE NULMETING IN 2009

Soorten	Aantal passanten		Passanten / fuiknacht		Aantal beschadigd		Percentage beschadigd		Lengte (cm) onbeschadigd		Lengte (cm) beschadigd	
	2009	2011	2009	2011	2009	2011	2009	2011	2009	2011	2009	2011
doelsoorten												
Aal (schier)	19	3	3,8	0,6	19	0	100,0	0,00		72-76	60-78	
overige soorten												
Baars	1323	17376	264,6	3475,2	423	7	32,0	0,04	10-12	7-24	10-12	6-10
Blankvoorn		915		183,0		0		0,00		8-24		
Brasem		1892		378,4		6		0,32		6-23		6-9
Kolblei		1		0,2		0		0,00		16		
Pos	121	6843	24,2	1368,6	0	2	0,0	0,03	10	6-10		8-9
Snoekbaars	40	15	8,0	3,0	0	0	0,0	0,00	11	12-17		
Winde		3		0,6		0		0,00		14-16		
Totaal	1503	27048	300,6	5409,6	442	15	29,4	0,06	10-12	6-76	10-78	6-10
Aantal doelsoorten	1	1										
Aantal ov. soorten	3	7										

**TABEL 19** CAPACITEIT WAARMEE GEMAAL KRALINGSE PLAS DRAAIDE TIJDENS DE PASSAGEBEPALINGEN IN HET NAJAAR VAN 2011, GERELATEERD AAN HET TOTAAL AANTAL VISSEN DAT PER LICHTING PASSEERDE

Lichting	Draaitijd (min)	Debiet (m <sup>3</sup> /min)	Totaal water (m <sup>3</sup> )	Totaal vis (n)	n/10000 m <sup>3</sup>
1	240	30	7200	866	623.5
2	240	30	7200	11448	8242.6
3	90	30	2700	415	112.1
4	300	30	9000	7807	7026.3
5	180	30	5400	6512	3516.5

Tijdens de passagebepalingen werden in beide jaren grotendeels dezelfde soorten, in dezelfde verhoudingen, gevangen in de aanbodfuiken en achter het gemaal (Tabel 17 en 18; Figuur 28). In 2011 werd ruisvoorn, in lage dichtheid aanwezig in het aanbod, niet achter het gemaal gevangen. Winde was juist, in zeer lage aantallen, alleen in de vangconstructie achter het gemaal aanwezig. In 2009 werden negentien schieralen achter het gemaal gevangen (3,8 per fuiknacht) terwijl de soort ontbrak in de aanbodfuiken. Ten opzichte van 2011 (drie exemplaren in totaal, 0,6 per fuiknacht) was dit aantal hoog.

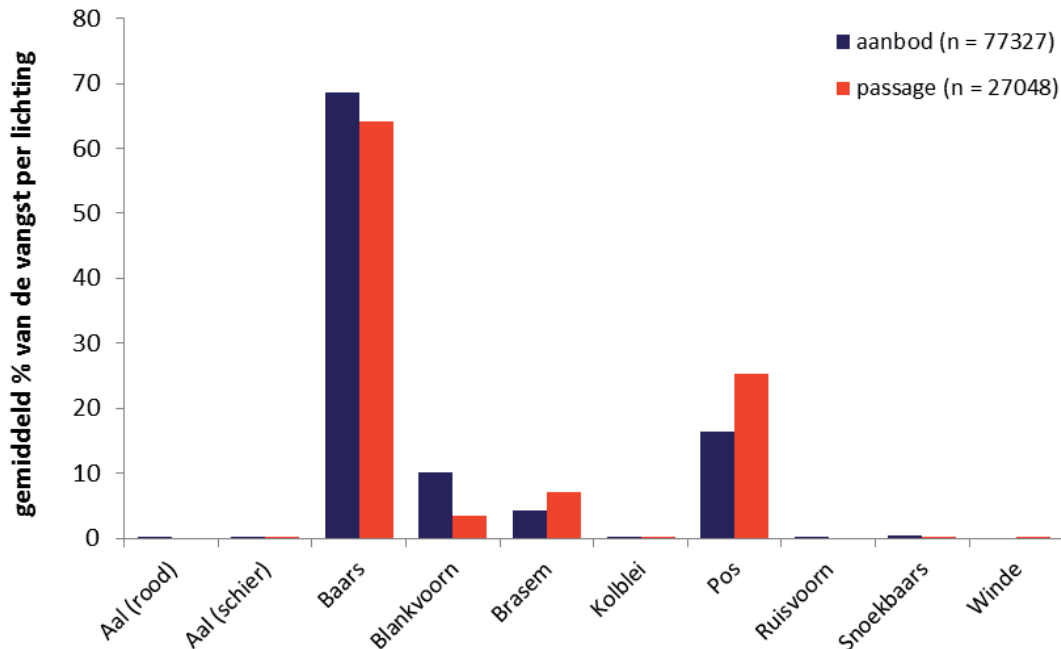
Tijdens de nulmeting heeft een relatief klein deel van de voor het gemaal aanwezige vissen uit de categorie 'overige soorten' de gemaalpomp gebruikt als migratieroute. Dit betrof drie door juveniele baars gedomineerde eurytope soorten. Van de doelsoorten was alleen schieraal aanwezig. Hiervan passeerde een relatief groot deel het gemaal, maar was de sterfte 100%. Na de plaatsing van de visveilige waaierpomp passeerde een relatief groot deel van het aanbod aan 'overige soorten'. De zes eurytope aanbodsoorten passeerden allemaal, maar de enige limnofiel, ruisvoorn, niet. Rheofiele winde werd alleen achter het gemaal gevangen. Van het grote aanbod aan aal, zowel rode aal als schieraal, gebruikte slechts een relatief klein deel nieuwe gemaalpomp als migratieroute.



Om te onderzoeken of het aantal passanten afhangt van de capaciteit waarmee het gemaal draait, is per passagebepaling de totale draaitijd en het debiet uitgezet tegen de vangst (Tabel 19). Er kan geen relatie worden vastgesteld tussen het debiet en het totaal aantal passanten per lichting. Het aantal gevangen vissen lijkt toe te nemen met de totale hoeveelheid water die tijdens een passagebepaling door het gemaal is gegaan.

FIGUUR 28

RELATIEVE ABUNDANTIE PER SOORT IN DE AANBODS- EN PASSAGEBEPALINGEN BIJ GEMAAL KRALINGSE PLAS IN HET NAJAAR VAN 2011



#### GEMAAL ABRAHAM KROES (VISONVRIENDELIJKE POMP)

Gemaalpassage is alleen tijdens de nulmetingen in het najaar van 2009 bepaald (Bijlage II; Kruitwagen & Klinge, 2010a). In de aanbodfuiken werden drie doelsoorten aangetroffen, schieraal, bot en driedoornige stekelbaars. Ruisvoorn werd in de grootste aantallen gevangen in de aanbodfuiken, gevolgd door blankvoorn en karper (Tabel 27).

Tijdens de passagebepalingen werden grotendeels dezelfde soorten, in dezelfde verhoudingen, gevangen in de aanbodfuiken en achter het gemaal (Tabel 27 en 28). Alleen ruisvoorn ging duidelijk minder door het gemaal dan op basis van het aanbod mocht worden verwacht. Dit geldt ook voor zeelt, hoewel het aanbod voor deze soort eigenlijk te klein was om een goede uitspraak te kunnen doen. Brasem passeerde juist in grotere aantallen door het poldergemaal dan de aanwezigheid in de aanbodfuiken deed verwachten. Opvallend is dat de drie doelsoorten uit het aanbod niet achter het poldergemaal werden gevangen. De aantallen waren echter te klein voor een betrouwbare uitspraak over het gebruik van de gemaalpomproute.

In het najaar van 2009 is ook het ringvaartgemaal gemonitord (Kruitwagen & Klinge, 2010a). Daar was zowel het aanbod (schubvis: 90,49 per fuiknacht; Aal: 1,14 per fuiknacht) als het aantal passanten (schubvis: 83,80 per fuiknacht; Aal: 1,60 per fuiknacht) groter dan bij het poldergemaal. Brasem en kolblei maakten zowel in de aanbod- als in de passagefuiken een groot deel van de vangst uit. Blankvoorn en baars behoorden tot de dominerende soorten in het aanbod (Blankvoorn was met 31,90 exemplaren per fuiknacht zelfs het meest algemeen) maar werden slechts in geringe aantallen in de passagefuiken gevangen.

**GEMAAL AALKEET BUITENPOLDER (VISONVRIENDELIJKE POMP)**

De aanbodsbevestigingen in 2011 vonden plaats tussen 3 oktober (fuiken gezet) en 7 december, waarbij de fuiken 24 keer zijn gelicht (Bijlage II). Er is geen sprake van een trend in het aanbod over de onderzoeksperiode, maar tot eind oktober werden hogere aantallen schubvis gevangen dan daarna. Half oktober is één schieraal gevangen. De passagebevestigingen voor het gemaal zijn gesplitst in een groep van vijf lichten waarbij het gemaal op een normaal toerental draaide (gemiddeld debiet: 26,7 m<sup>3</sup>/min) en een groep van drie lichten waarbij een minimaal toerental (gemiddeld debiet: 15,5 m<sup>3</sup>/min) werd gedraaid. Hier wordt het normale toerental behandeld (voor resultaten bij een minimaal toerental, zie paragraaf 4.1.2). Alle passagebevestigingen zijn goed over het aanbod aan schubvis verdeeld. Voor de in 2009 uitgevoerde nulmetingen (Kruitwagen & Klinge, 2010b) is het aanbod vergelijkbaar met dat in 2011, maar werd de bemonstering later uitgevoerd. In 2009 werd geen aal aangetroffen in de aanbodfuiken.

Over de gehele onderzoeksperiode in 2011 zijn ruisvoorn en baars in de grootste aantallen gevangen in de aanbodfuiken, op afstand gevolgd door blankvoorn en, in mindere mate, pos (Tabel 20). In 2009 werd juist weinig ruisvoorn gevangen en domineerde baars, gevolgd door pos en, in mindere mate, blankvoorn en brasem. Van de doelsoorten werd alleen in 2011 één schieraal gevangen. Het aantal overige soorten bedroeg negen in 2009 en zeven in 2011. De lengtes van de schubvissen lagen grotendeels in de range 6-20 cm, met uitzondering van enkele grotere snoeken en zeelten.

TABEL 20 VANGSTRESULTATEN PER SOORT IN DE AANBODFUIKEN BIJ GEMAAL AALKEET BUITENPOLDER IN HET NAJAAR VAN 2011 EN TIJDENS DE NULMETING IN 2009. NORM = NORMAAL TOERENTAL GEMAALPOMP; MIN = MINIMAAL TOERENTAL

Soorten	Aanbod (n)			Aanbod (n / fuiknacht)			Lengte (cm)		
	2009	2011 (norm)	2011 (min)	2009	2011 (norm)	2011 (min)	2009	2011 (norm)	2011 (min)
doelsoorten									
Aal (schier)		1			0,01			59	
overige soorten									
Baars	66	32	14	2,06	0,84	0,72	6-22	7-23	7-18
Blankvoorn	35	13	5	1,09	0,22	0,22	6-14	8-18	6-12
Brasem	28		1	0,88		0,06	6-12		9
Karper	1			0,03			7		
Kolblei	3			0,09			12-13		
Pos	53	5	2	1,66	0,14	0,09	6-12	7-10	7-8
Riviergrondel	3			0,09			8-9		
Ruisvoorn	4	50	1	0,13	0,87	0,05	8-11	8-17	11
Snoek	4	2		0,13	0,02		17-55	26	
Zeelt		2			0,02			45-47	
Totaal	197	105	23	6,16	1,14		6-55	7-59	6-18
Aantal doelsoorten	0	1	0						
Aantal overige soorten	9	6	5						

**TABEL 21** VANGSTRESULTATEN PER SOORT IN DE VANGCONSTRUCTIE ACHTER GEMAAL AALKEET BUITENPOLDER IN HET NAJAAR VAN 2011 (VIJF LICHTINGEN BIJ EEN NORMAAL TOERENTAL VAN DE GEMAALPOMP) EN TIJDENS DE NULMETING IN 2009

Soorten	Aantal passanten		Passanten / fuiknacht		Aantal beschadigd		Percentage beschadigd		Lengte (cm) onbeschadigd		Lengte (cm) beschadigd	
	2009	2011	2009	2011	2009	2011	2009	2011	2009	2011	2009	2011
doelsoorten												
Aal (rood)	1		0,20		0		0,0		78			
overige soorten												
Baars	69	262	13,80	23,82	22	4	31,9	1,5	9-13	7-14	9-17	8-9
Blankvoorn	107	12	21,40	1,09	26	7	24,3	58,3	9-15	8-22	9-20	11-24
Brasem	106	10	21,20	0,91	33	6	31,1	60,0	9-14	7-14	9-14	10-48
Kolblei	21		4,20		4		19,0		9-13		10-14	
Pos	27	181	5,40	16,45	3	1	11,1	0,6	9-10	7-13	9-11	8
Riviergrondel		1		0,09		1		100,0				8
Ruisvoorn	1	13	0,20	1,18	1	2	100,0	15,4		10-15	15	11-13
Snoek	1	2	0,20	0,18	1	2	100,0	100,0			22	26-60
Winde	1		0,20		0		0,0		11			
Zeelt	1		0,20		1		100,0				40	
Totaal	335	481	67,00	43,73	91	23	27,2	4,8	9-15	7-22	9-40	8-60
Aantal doelsoorten	1	0										
Aantal ov. soorten	9	7										

**TABEL 22** CAPACITEIT WAARMEE GEMAAL AALKEET BUITENPOLDER DRAAIDE TIJDENS DE PASSAGEBEPALINGEN IN HET NAJAAR VAN 2011, GERELATEERD AAN HET TOTAAL AANTAL VISSEN DAT PER LICHTING PASSEERDE

Lichting	Draaitijd (min)	Debiet (m <sup>3</sup> /min)	Totaal water (m <sup>3</sup> )	Totaal vis (n)	n/10000 m <sup>3</sup>
1	40	25,7	687	4	0,3
2	50	23,1	1155	1	0,1
3	13	41,9	536	4	0,2
4	43	15	645	3	0,2
5	44	16,6	725	128	9,3
6	226	20,8	4701	127	59,7
7	40	15	600	316	19,0
8	56	22	1238	6	0,7

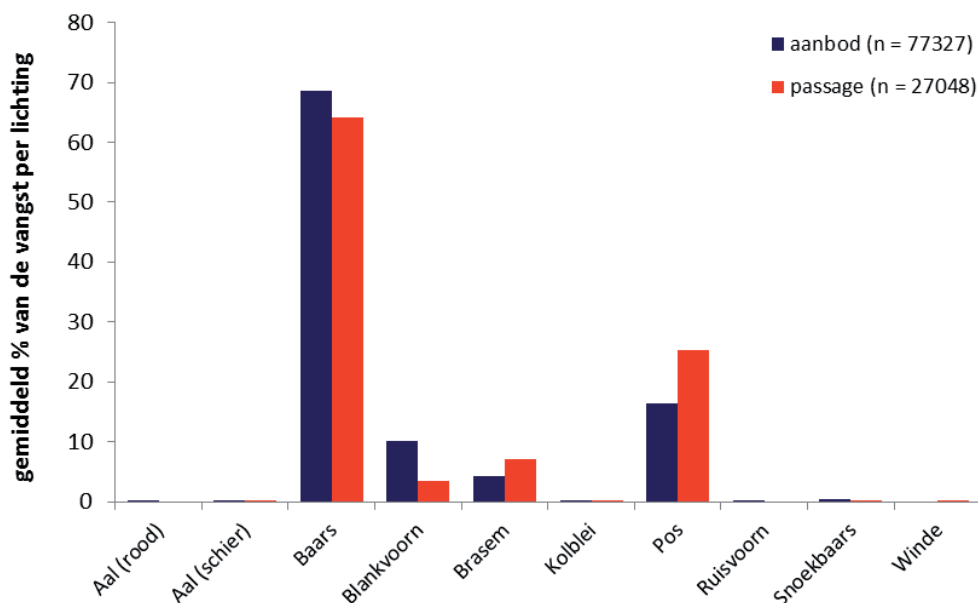
Uit de passagebepalingen wordt duidelijk dat schieraal, met één exemplaar aanwezig in het aanbod van 2011, het gemaal niet is gepasseerd (Tabel 21). Van de rode aal, een doelsoort die niet in de aanbodfuiken is gevangen, passeerde in 2009 één exemplaar het gemaal en in 2011 geen enkele. In 2009 waren de overige soorten met negen stuks aanwezig in zowel het aanbod als de passage. Dit betrof grotendeels dezelfde soorten, waarvan blankvoorn en brasem en, in mindere mate, kolblei in aantallen passeerden die relatief hoog waren ten opzichte van die in het aanbod.

In 2011 zijn zeven soorten aangetroffen in de aanbodfuiken en zeven bij gemaalpassage tijdens normaal toerental. Opvallend is dat ruisvoorn, die samen met baars het aanbod domineerde, in verhouding zeer weinig het gemaal passeerde (Tabel 21; Figuur 29). Pos passeerde het gemaal in veel hogere aantallen dan op basis van het aanbod mocht worden verwacht. Ook baars is relatief veel het gemaal gepasseerd, maar dit was in verhouding tot de abundantie van de soort in het aanbod. Blankvoorn gaat minder dan verwacht door het gemaal. Brasem was in lage aantallen aanwezig in het aanbod en passeerde ook nauwelijks het gemaal.

Tijdens de nulmeting passeerde een relatief groot deel van de vissen uit de categorie 'overige soorten' het gemaal. Het ging hierbij om negen soorten, waarvan zes eurytopen, de rheofiele riviergrondel en de limnofielen karper en ruisvoorn. Hiervan maakten alleen riviergrondel (onverwacht) en karper geen gebruik van het gemaal als migratieroute. Achter het gemaal werd nog wel de rheofiele winde gevangen, evenals zeelt. Van de aal, hier vertegenwoordigd door rode aal, lijkt een relatief groot deel van de populatie de gemaalpomp te gebruiken als migratieroute. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat het ging om één gevangen exemplaar in vijf vangnachten achter het gemaal, terwijl de soort ontbrak in het aanbod. Na de aanleg van de bypass passeerde nog steeds een relatief groot deel van het aanbod aan 'overige soorten', zowel in de situatie met een normaal toerental als met een minimaal toerental van de gemaalpomp. Het aanbod bestond nu uit zes eurytope soorten en de limnofiele ruisvoorn. De laatste soort was met de grootste aantallen aanwezig. In de situatie bij een normaal toerental van de gemaalpomp, ging van de aanbodsoorten alleen Zeelt niet door het gemaal. Riviergrondel werd na aanleg van de bypass alleen achter het gemaal gevangen. Bij een minimaal toerental van de pomp passeerden alleen zeelt en snoek het gemaal niet. Aal was aanwezig in het aanbod, in de vorm van één gevangen schieraal in 59 fuiknachten. In geen van beide situaties met betrekking tot het toerental van de gemaalpomp, werd aal achter het gemaal gevangen.

Om te onderzoeken of het aantal passanten afhangt van de capaciteit waarmee het gemaal draait, is per passagebepaling de totale draaitijd en het debiet uitgezet tegen de vangst (Tabel 22). Het totaal aantal passanten per lichting lijkt af te nemen met een toenemend debiet, maar de relatie is niet significant. Met de totale hoeveelheid doorgepompt water kan geen verband worden vastgesteld.

FIGUUR 29 RELATIEVE ABUNDANTIE PER SOORT IN DE AANBODS- EN PASSAGEBEPALINGEN (VIJF LICHTINGEN BIJ EEN NORMAAL TOERENTAL VAN DE GEMAALPOMP) BIJ GEMAAL AALKEET BUITENPOLDER IN HET NAJAAR VAN 2011



### **GEMAAL HOEKPOLDER (VISVEILIGE BUISVIJZEL)**

De aanbodsbepalings in 2011 vonden plaats tussen 3 oktober (fuiken gezet) en 3 december, waarbij de fuiken twintig keer zijn gelicht (Bijlage II). De weergegeven vangsthoeveelheden representeren de gemiddelde waarde over de periode vanaf de voorafgaande lichting. Een uitzondering hierop wordt gevormd door de vangsten van 22 oktober. In verband met diefstal van de fuiken in de tussenliggende periode zijn deze waarden slechts gebaseerd op drie fuiknachten. Er is geen sprake van een trend in het aanbod over de onderzoeksperiode. De vijf passagebepalingen zijn goed verdeeld over het aanbod van schubvis. Aal werd niet gevangen. Voor de in 2009 uitgevoerde nulmetingen (Kruitwagen & Klinge, 2010b) is het aanbod aan schubvis licht hoger. De verdeling van de passagebepalingen over het aanbod is vergelijkbaar met die in 2011, maar de bemonstering werd in 2009 al in de eerste helft van november afgesloten. In 2009 is begin oktober één schieraal aangetroffen in de aanbodfuiken.

Over de gehele onderzoeksperiode in 2011 zijn pos en baars in de grootste aantallen gevangen in de aanbodfuiken, op afstand gevolgd door blankvoorn en brasem (Tabel 23). Het betrof kleine baars van 7-12 cm lengte. Tijdens de nulmeting in 2009 was het aanbod van pos ongeveer gelijk aan dat in 2011. Baars en, in mindere mate, brasem waren in 2009 echter in veel grotere aantallen aanwezig. De maximale lengte van in 2009 gevangen baars bedroeg 35 cm. In 2009 zijn de doelsoorten schieraal en driedoornige stekelbaars gevangen in de aanbodfuiken. Doelsoorten waren niet aanwezig in het aanbod van 2011.

De passagebepalingen tonen grote verschillen tussen de beide jaren in de aantallen per fuiknacht die in de aanbodfuiken en achter het gemaal werden gevangen (Tabel 10). In 2009 waren de aantallen per fuiknacht achter het gemaal meestal lager of in dezelfde orde van grootte dan ervoor, maar in 2011 waren de waarden achter het gemaal in het algemeen vele malen hoger. Hoewel in 2011 geen doelsoorten zijn aangetroffen in de aanbodfuiken, passeerden zowel een rode aal als een (kleine) schieraal het gemaal, evenals driedoornige stekelbaars. Van de overige soorten zijn riviergrondel en tiendoornige stekelbaars wel in de vangconstructie achter het gemaal aangetroffen, maar niet in de aanbodfuiken. Voor snoek, winde en zeelt geldt het tegenovergestelde. Voor de meeste andere soorten liggen de gemiddelde percentages van de vangst voor aanbods- en passagebepalingen te dicht bij elkaar om van een verschil te kunnen spreken (Figuur 30). Alleen giebel passeerde het gemaal duidelijk minder dan op basis van het aanbod mocht worden verwacht. Brasem en snoekbaars gingen vaker dan verwacht door het gemaal.

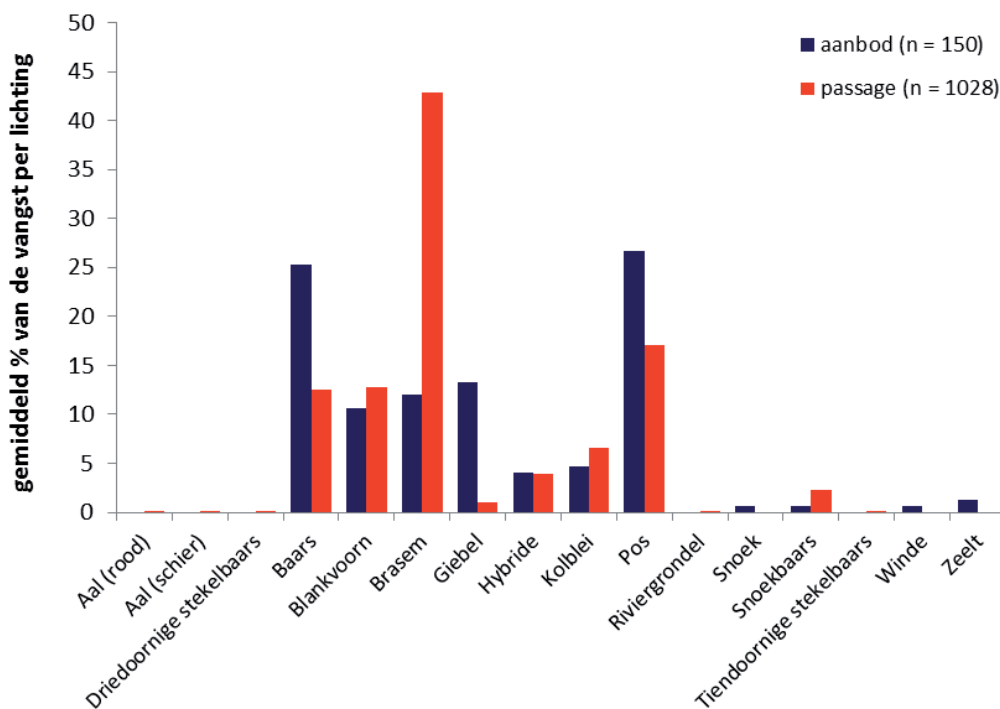
Tijdens de nulmeting bij het oude gemaal Hoekpolder maakte een intermediair deel van het aanbod uit de categorie 'overige vissen' gebruik van de gemaalpomp als migratieroute. Het ging om zeven eurytope soorten en de limnofielen karper, kroeskarper en ruisvoorn. Hiervan maakten kroeskarper en snoek geen gebruik van het gemaal, terwijl de rheofiele riviergrondel alleen achter het gemaal werd gevangen. Van de doelsoorten werden rode aal en bot alleen achter het gemaal gevangen en schieraal en driedoornige stekelbaars alleen in de aanbodfuiken. Met uitzondering van de stekelbaarzen waren de gevangen aantallen hierbij minimaal. Na de bouw van het nieuwe gemaal met visveilige buisvizels passeerde een relatief groot deel van de vissen uit de aanbodscategorie 'overige soorten'. Nu ging het om tien eurytope soorten en de rheofiele winde. Met uitzondering van snoek, winde en zeelt, gebruikten alle soorten de gemaalpomp als migratieroute. Daarnaast maakten de niet in de aanbodfuiken gevangen rheofiele riviergrondel en de limnofiele tiendoornige stekelbaars gebruik van de route via de gemaalpomp. Van de doelsoorten maakte een relatief groot deel van de populaties aal (zowel rode aal als schieraal) en driedoornige stekelbaars gebruik van de gemaalpomp als migratieroute.

TABEL 23 VANGSTRESULTATEN PER SOORT IN DE AANBODFUIKEN BIJ GEMAAL HOEKPOLDER IN HET NAJAAR VAN 2011 EN TIJDENS DE NULMETING IN 2009

Soorten	Aanbod (n)		Aanbod (n / fuiknacht)		Lengte (cm)	
	2009	2011	2009	2011	2009	2011
doelsoorten						
Aal (schier)	1		0,03		95	
Driedoornige stekelbaars	4		0,13		8-13	
overige soorten						
Baars	204	38	6,38	1,15	7-35	7-12
Blankvoorn	42	16	1,31	0,48	6-14	9-12
Brasem	131	18	4,09	0,55	6-51	8-45
Giebel	2	20	0,06	0,61	13	10-30
Hybride		6		0,18		8-12
Karper	13		0,41		8-73	
Kolblei	2	7	0,06	0,21	13-16	9-12
Kroeskarper	1		0,03	0,00	42	
Pos	36	40	1,13	1,21	6-13	7-13
Ruisvoorn	2		0,06		14-17	
Snoek	1	1	0,03	0,03	80	26
Snoekbaars		1		0,03		21
Winde		1		0,03		8
Zeelt		2		0,06		38-44
Totaal	439	150	13,72	4,55	6-95	7-45
Aantal doelsoorten	2	0				
Aantal overige soorten	10	11				

Om te onderzoeken of het aantal passanten afhangt van de capaciteit waarmee het gemaal draait, is per passagebepaling de totale draaitijd en het debiet uitgezet tegen de vangst (Tabel 24). Omdat het debiet niet varieerde, kan hiermee geen relatie worden vastgesteld. Het aantal gevangen passanten lijkt toe te nemen met de totale hoeveelheid doorgepompt water, maar de relatie is niet significant.

FIGUUR 30 RELATIEVE ABUNDANTIE PER SOORT IN DE AANBODS- EN PASSAGEBEPALINGEN BIJ GEMAAL HOEKPOLDER IN HET NAJAAR VAN 2011



TABEL 24

CAPACITEIT WAARMEE GEMAAL HOEKPOLDER DRAAIDE TIJDENS DE PASSAGEBEPALINGEN IN HET NAJAAR VAN 2011, GERELATEERD AAN HET TOTAAL AANTAL VISSEN DAT PER LICHTING PASSEERDE

Lichting	Draaitijd (min)	Debiet (m <sup>3</sup> /min)	Totaal water (m <sup>3</sup> )	Totaal vis (n)	n/10000 m <sup>3</sup>
1	653	15,5	10122	49	49,6
2	570	15,5	8835	32	28,3
3	630	15,5	9765	104	101,6
4	645	15,5	9998	141	141,0
5	615	15,5	9533	289	275,5
6	690	15,5	10695	206	220,3
7	710	15,5	11005	207	227,8

#### GEMAAL MAELSTEDE (VISONVRIENDELIJKE POMP)

Passage door het gemaal is alleen tijdens de nulmeting in het najaar van 2008 bepaald (Arntz & Aragon van den Broeke, 2009). Daarbij zijn tijdens alle drie de aanbodsbepalingen één of twee schieralen per fuiknacht gevangen, naast zes tot achttien schubvissen (Bijlage II). De twee passagebepalingen zijn binnen een week na de laatste aanbodsbepalings uitgevoerd.

In 2008 is karper, de dominante soort in het aanbod, niet gevangen tijdens de passagebepalingen achter het gemaal. De overige soorten passeerden het gemaal in ongeveer dezelfde verhoudingen als waarmee ze in de aanbodfuiken werden aangetroffen. Naast schieraal passeerde in 2008 ook de doelsoort bot het gemaal.

#### GEMAAL ENNEMABORGH (VISVRIENDELIJKE VIJZEL)

Voor de aanbodsbepalingen in 2010 is geen gebruik gemaakt van fuisen, maar van zegen, wargarens en elektrovisserij (Bonhof, 2010). Hierdoor zijn de gevangen aantallen (Bijlage II) niet vergelijkbaar met die van de aanbodsbepalingen bij de overige kunstwerken en ook niet met die van de passagebepalingen achter gemaal Ennemaborgh. De aanbodsbepalings werd uitgevoerd op 3 september 2010, waarna tussen 11 en 25 oktober acht passagebepalings zijn uitgevoerd.

Tijdens de aanbodsbepalings op 3 september 2010 domineerden kleine brasem (5 – 20 cm) en blankvoorn (5 – 24 cm) de vangst (Tabel 25). Doelsoorten werden niet gevangen. Deze ontbraken ook in de vangsten tijdens de passagebepalings (Tabel 26). Omdat bij de passagebepalings in totaal slechts acht vissen zijn gevangen, kan geen uitspraak worden gedaan over een eventueel verschil in de verhoudings waarin de soorten voor en achter het gemaal werden gevangen. Hoewel geen aanwijzings zijn gevonden voor sterke afwijkingen tussen aanbod en passanten (Tabel 25 en 26; Figuur 31), is het aantal gevangen passanten te klein voor een betrouwbare vergelijking.

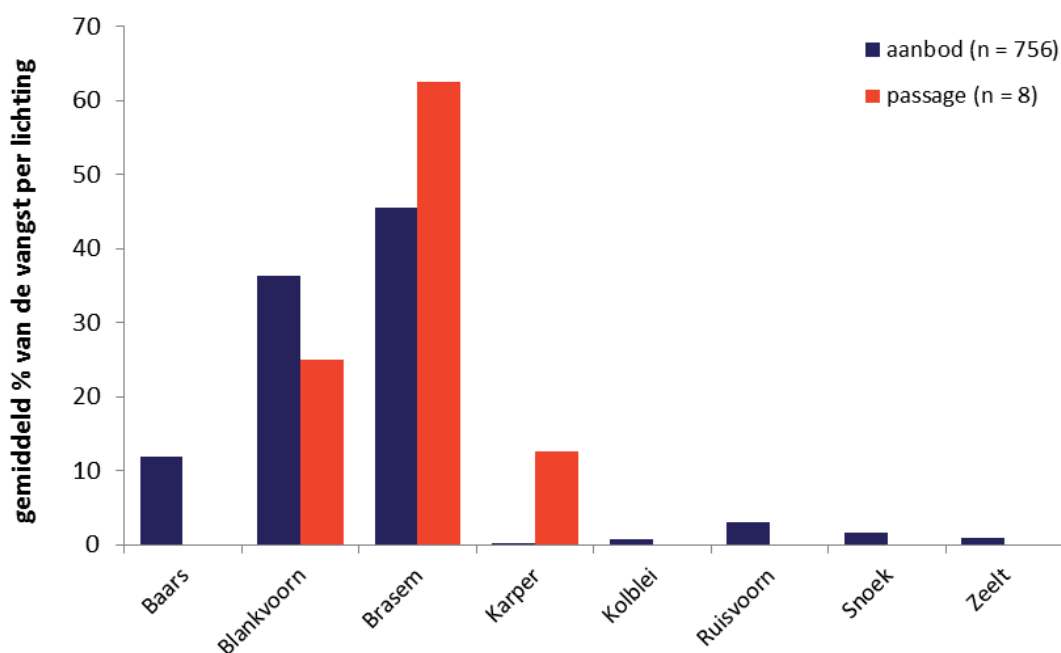
TABEL 25 VANGSTRESULTATEN PER SOORT BIJ AANBODBEMONSTERING GEMAAL ENNEMABORGH, NAJAAR 2010. DOOR AFWIJKENDE METHODE (BONHOF 2010) IS DE STANDAARDEENHEID VOOR HET AANBOD (N PER FUIKNACHT) NIET BESCHIKBAAR

Soorten	Aanbod (n)	Aanbod (n / fuiknacht)	Lengte (cm)
doelsoorten	0	-	
overige soorten			
Baars	90	-	5-20
Blankvoorn	274	-	5-24
Brasem	344	-	5-20
Karper	1	-	55
Kolblei	5	-	7-13
Ruisvoorn	23	-	4-20
Snoek	12	-	20-65
Zeelt	7	-	4-45
Totaal aantal vissen	756	-	4-65
Aantal doelsoorten	0		
Aantal overige soorten	8		

TABEL 26 VANGSTRESULTATEN PER SOORT IN DE VANGCONSTRUCTIE ACHTER GEMAAL ENNEMABORGH, NAJAAR 2010

Soorten	Aantal passanten	Passanten / fuiknacht	Aantal beschadigd	Percentage beschadigd	Lengte (cm) onbeschadigd	Lengte (cm) beschadigd
doelsoorten	0	0,00				
overige soorten						
Blankvoorn	2	0,14	2	100,0		18-20
Brasem	5	0,36	1	20,0	9-13	6
Karper	1	0,07	0	0,0	14	
Totaal	8	0,57	3	37,5	9-14	6-20
Aantal doelsoorten	0					
Aantal overige soorten	3					

FIGUUR 31 ELATIEVE ABUNDANTIE PER SOORT IN AANBOD EN PASSAGE GEMAAL ENNEMABORGH, NAJAAR 2010





### **SAMENVATTING**

Samenvattend kan worden gezegd dat de gemalen Kralingse Plas, Aalkeet Buitenpolder en Hoekpolder voor de aanpassingen in verschillende mate werden gebruikt als migratieroute door de categorie overige vissen. Voor gemaal Kralingse Plas ging het hierbij om een relatief klein deel van het voor het gemaal aanwezige visaanbod, voor gemaal Hoekpolder om een intermediair deel en voor gemaal Aalkeet Buitenpolder om een relatief groot deel. Na de aanpassingen, die overigens niet plaatsvonden voor gemaal Aalkeet Buitenpolder, werd voor alle gemalen, inclusief het nieuwe gemaal Hillekade, vastgesteld dat een relatief groot aandeel van de overige soorten door het gemaal ging. Het ging bij deze categorie grotendeels om eurytope soorten. Voor enkele rheofiele soorten werd een aantal gevallen van waarschijnlijke, actieve migratie door de gemaalpomp vastgesteld. Sommige limnofiele soorten leken daarentegen passage door de gemaalpomp te vermijden. Voor de doelsoorten, met name voor aal, zijn de resultaten minder duidelijk omdat de gevangen aantallen in het algemeen klein zijn. Bij gemaal Kralingse Plas is de grootste hoeveelheid aal gevangen. Hier leek voor de aanpassingen een relatief groot deel van het aanbod door de gemaalpomp te gaan en na de aanpassingen een relatief klein deel.

#### **4.2.2 VRAAG 4 – VORMT DE BYPASS EEN GESCHIKTE MIGRATIEVOORZIENING VOOR TOEPASSING BIJ GEMALEN?**

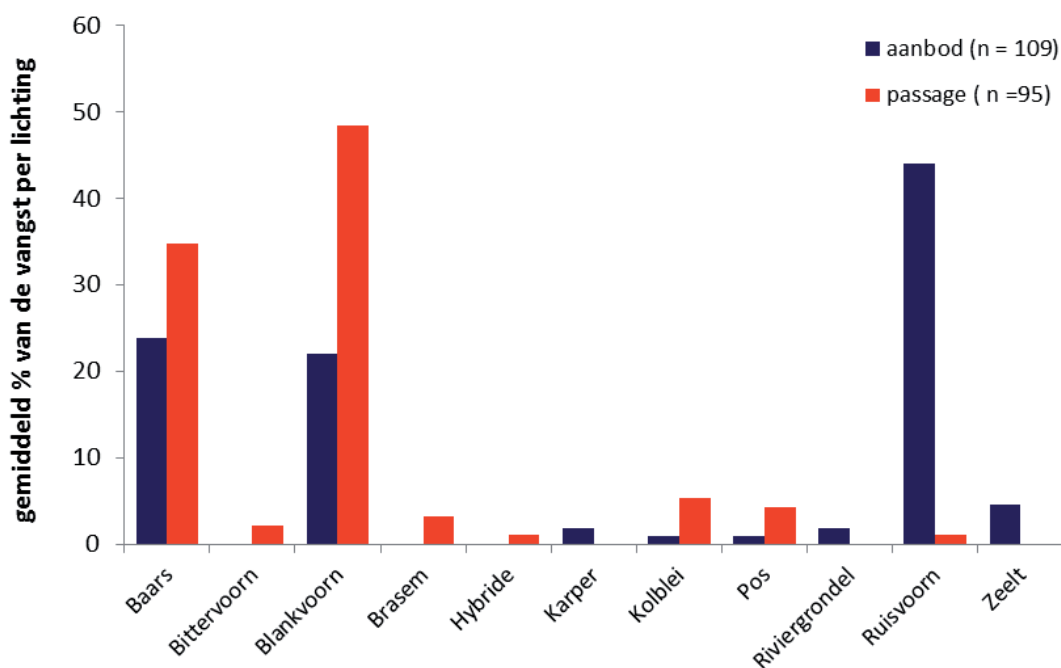
##### **GEMAAL ABRAHAM KROES**

De aanbodsbevestigingen in 2011 vonden plaats tussen 3 oktober (fuiken gezet) en 7 december, waarbij de fuiken 26 keer zijn gelicht (Bijlage II). Er is geen sprake van een trend in het aanbod over de onderzoeksperiode en er is alleen schubvis gevangen. Omdat de vangconstructie vanaf de tweede passagebevestiging continu achter de hevelvistrap was bevestigd, zijn alle variaties in het aanbod bemonsterd. Voor de in 2009 uitgevoerde nulmetingen (Kruitwagen & Klinge, 2010a) is het aanbod aan schubvis voor het poldergemaal en de verdeling van de passagebevestigingen vergelijkbaar met 2011. In 2009 werden tussen half oktober en begin november echter enkele schieralen aangetroffen in de aanbodfuiken.

Over de gehele onderzoeksperiode in najaar 2011 is ruisvoorn in de grootste aantallen gevangen in de aanbodfuiken, gevolgd door baars en blankvoorn (Tabel 27). Tijdens de nulmeting in 2009 gold ongeveer hetzelfde met betrekking tot ruisvoorn en blankvoorn, maar werd in het geheel geen baars gevangen. Opvallend is dat in 2009, met schieraal, bot en driedoornige stekelbaars, drie doelsoorten in de aanbodfuiken werden gevangen, terwijl deze in 2011 afwezig waren. Tijdens de passagebevestigingen in 2011 werden grotendeels dezelfde soorten, in dezelfde verhoudingen, gevangen in de aanbodfuiken en achter de vistrap (Tabel 27 en 28; Figuur 32). Alleen ruisvoorn ging duidelijk minder door de trap dan op basis van het aanbod mocht worden verwacht. Dit geldt ook voor zeelt, hoewel het aanbod voor deze soort te klein was om een goede uitspraak te kunnen doen.

FIGUUR 32

RELATIEVE ABUNDANTIE PER SOORT IN DE AANBODS- EN PASSAGEBEPALINGEN BIJ DE HEVELVISTRAP BIJ GEMAAL ABRAHAM KROES IN HET NAJAAR VAN 2011



TABEL 27

VANGSTRESULTATEN PER SOORT IN DE AANBODFUIKEN VOOR DE VISTRAP BIJ POLDERGEMAAL ABRAHAM KROES IN HET NAJAAR VAN 2011 EN TIJDENS DE NULMETING IN 2009

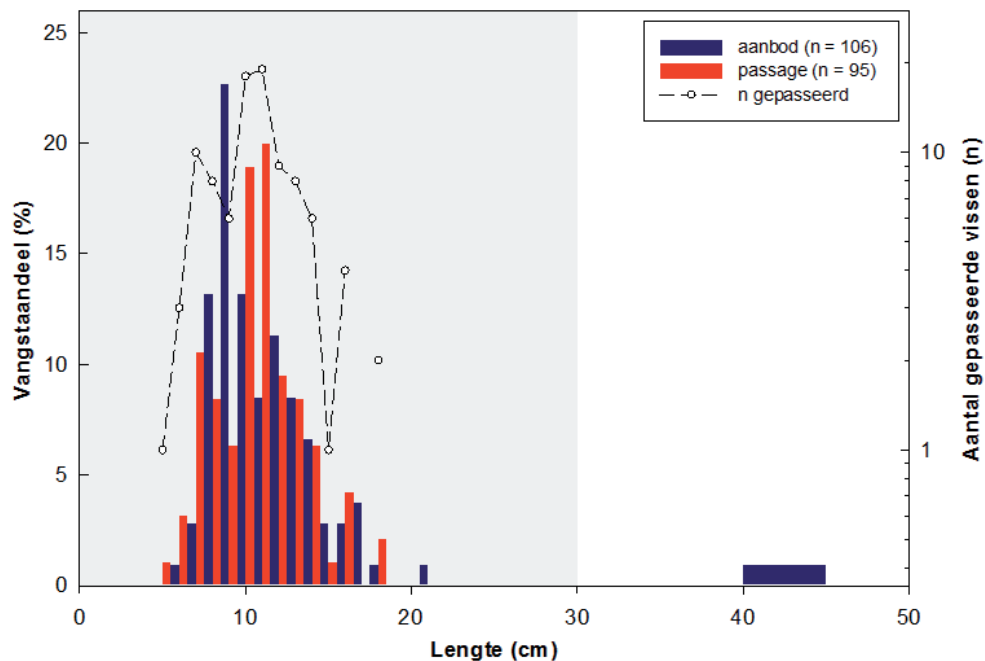
Soorten	Aanbod (n)		Aanbod (n / fuiknacht)		Lengte (cm)	
	2009	2011	2009	2011	2009	2011
doelsoorten						
Aal (schier)	5		0,10		70-92	
Bot	7		0,14		11-17	
Driedoornige stekelbaars	2		0,04		8-12	
overige soorten						
Baars		26		0,40		6-18
Blankvoorn	13	24	0,27	0,37	8-16	8-17
Brasem	2		0,04		8	
Giebel	2		0,04		15-16	
Karper	11	2	0,22	0,03	5-12	7-9
Kolblei		1		0,02		14
Pos		1		0,02		8
Riviergrondel	1	2	0,02	0,03	14	7-8
Ruisvoorn	44	48	0,90	0,74	6-19	8-21
Snoek	1		0,02		64	
Snoekbaars	2		0,04		60-64	
Zeelt	1	5	0,02	0,08	14	7-44
Totaal	91	109	1,86	1,68	5-92	6-44
Aantal doelsoorten	3	0				
Aantal overige soorten	9	8				

TABEL 28 VANGSTRESULTATEN PER SOORT IN DE VANGCONSTRUCTIE ACHTER DE VISTRAP BIJ POLDERGEMAAL ABRAHAM KROES IN HET NAJAAR VAN 2011 EN ACHTER HET GEMAAL TIJDENS DE NULMETING IN 2009

Soorten	Aantal passanten		Passanten / fuiknacht		Aantal beschadigd		Percentage beschadigd		Lengte (cm) onbeschadigd		Lengte (cm) beschadigd	
	2009	2011	2009	2011	2009	2011	2009	2011	2009	2011	2009	2011
doelsoorten	0											
overige soorten												
Baars	33		0,72		0		0,0		5-14			
Bittervoorn	2		0,04		0		0,0		6-7			
Blankvoorn	5	46	1,00	1,00	1	0	20,0	0,0	9-14	7-18	19	
Brasem	12	3	2,40	0,07	0	0	0,0	0,0	8-14	9-14		
Hybride	1		0,02		0		0,0		18			
Kolblei	2	5	0,40	0,11	0	0	0,0	0,0	11-12	11-14		
Pos	1	4	0,20	0,09	0	0	0,0	0,0	11	7-8		
Ruisvoorn	2	1	0,40	0,02	1	0	50,0	0,0	13	6	18	
Snoekbaars	5		1,00		0		0,0		9-15			
Totaal	27	95	5,40	2,07	2	0	7,4	0,0	9-15	5-18	18-19	
Aantal doelsoorten	0											
Aantal ov. soorten	6		8									

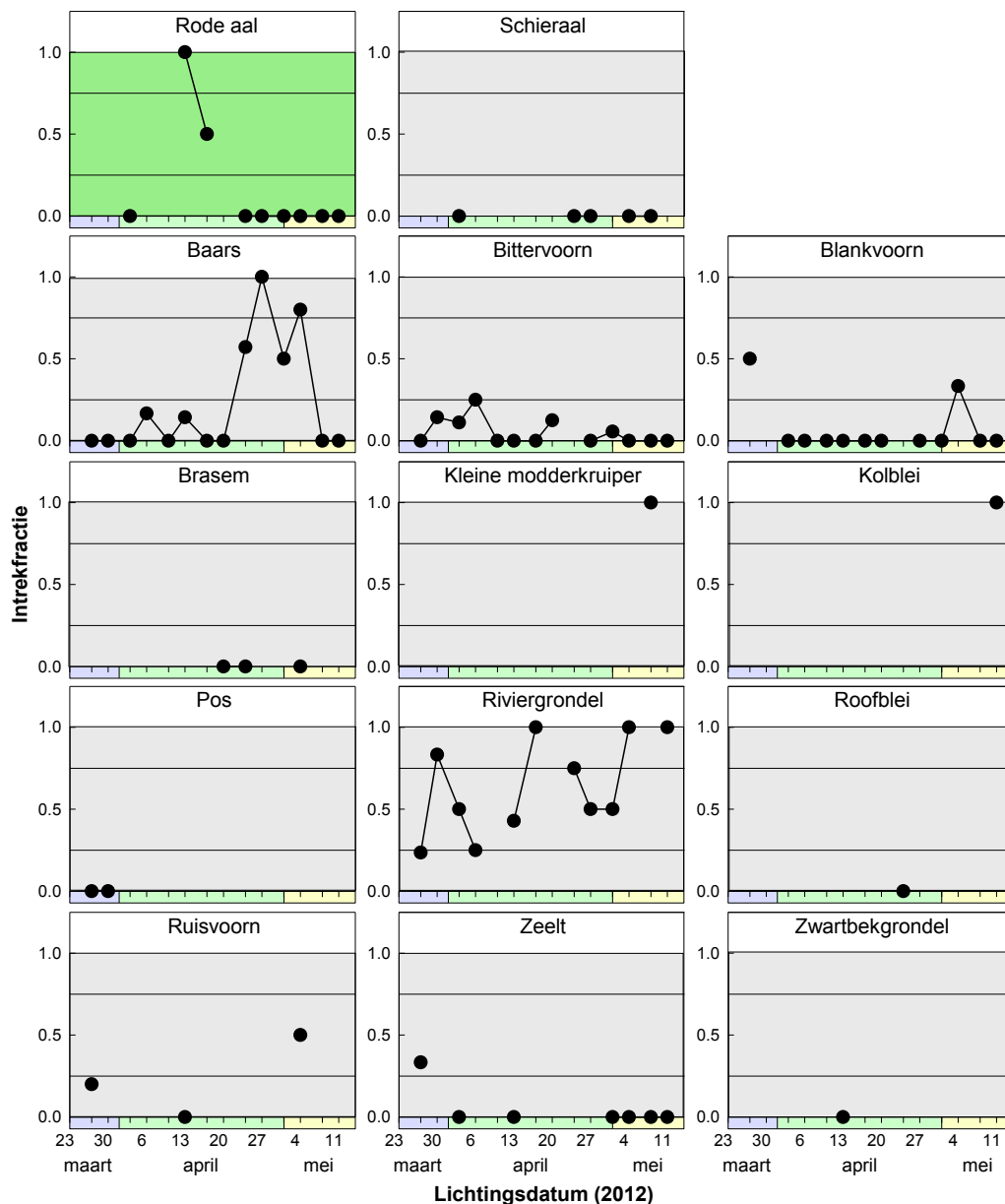
In Figuur 33 zijn de lengtefrequentieverdelingen gegeven van de totale schubvisvangsten van de aanbodfuiken en de fuiken achter de trap. Voor de aanbodfuiken zijn pieken te onderscheiden bij 9, 12 en 17 cm lengte. De verdeling van de vissen die de trap zijn gepasseerd komt hier goed mee overeen, maar de pieken hiervan liggen 1 – 2 cm beneden die van het aanbod. De piek van de vissen die de hevelvistrap zijn gepasseerd, ligt bij een kleinere lengte dan die van het aanbod. In totaal hebben acht soorten gebruik gemaakt van de nieuwe vistrap.

FIGUUR 33 LENGTE-FREQUENTIEVERDELINGEN VAN DE TOTALE VANGSTEN AAN SCHUBVIS EN DE GEPASSEERDE AANTALLEN, IN DE AANBODFUIKEN EN DE VANGCONSTRUCTIE ACHTER DE VISTRAP BIJ GEMAAL ABRAHAM KROES IN HET NAJAAR VAN 2011. TOT EEN LENGTE VAN 30 CM WORDT GEREKEND MET 1-CM LENGTEKLASSEN, DAARBOVEN MET 10-CM LENGTEKLASSEN



In het voorjaar van 2012 hebben twee exemplaren van de doelsoort rode aal de vistrap gebruikt. De aantallen zijn echter te klein om statistisch verantwoorde uitspraken te doen over de passeerbaarheid. Uit het aanbod en het aantal passanten is voor elke passerende soort de zogenoemde intrekfractie berekend als:  $\text{intrekfractie} = \frac{n_{\text{aanbod}}}{(n_{\text{aanbod}} + n_{\text{intrek}})}$ . Hierbij geven fracties kleiner dan 0,25 aan dat de vissen die zich voor de passage bevinden er bewust niet door trekken; fracties tussen 0,25 en 0,75 geven aan dat vissen uit de populatie die voor de passage aanwezig is, al dan niet bewust door de passage gaan; fracties groter dan 0,75 vertegenwoordigen bewuste passages. Alleen voor baars en de rheofiele soort riviergrondel kan worden gezegd dat zij periodiek bewust gebruik hebben gemaakt van de passage om naar de Zuidplaspolder te trekken (Figuur 34).

FIGUUR 34 BEREKENDE 'INTREKFRACTIES' VOOR DE VISTRAP BIJ GEMAAL ABRAHAM KROES IN VOORJAAR 2012. FRACTIES GROTER DAN 0,75 VERTEGENWOORDIGEN BEWUST PASSERENDE VISSEN EN FRACTIES KLEINER DAN 0,25 BEWUST DE PASSAGE MIJDENDE VISSEN. GROEN = DOELSOORTEN; GRIJS = OVERIGE SOORTEN. ZIE BIJLAGE II VOOR VANGSTGROOTTE'S



**GEMAAL AALKEET BUITENPOLDER**

De opzet van de bemonsteringen in 2011 is reeds behandeld bij de bespreking van de passage door de gemaalpomp (paragraaf 4.2.1). In 2011 zijn zeven soorten aangetroffen in de aanbodfuiken en vijf bij vistrappassage. Opvallend is dat ruisvoorn, die samen met baars het aanbod domineerde, niet de vistrap passeerde (Tabel 29 en 30; Figuur 35). Pos passeerde de vistrap in veel hogere aantallen dan op basis van het aanbod mocht worden verwacht. Ook baars is relatief veel de vistrap gepasseerd, maar dit was in verhouding tot de abundantie van de soort in het aanbod. Blankvoorn ging ook volgens het aanbod door de vistrap. Brasem was in lage aantallen aanwezig in het aanbod, maar de soort ging in onverwacht hoge aantallen door de vistrap.

In Figuur 36 zijn voor schubvis de lengtefrequentieverdelingen gegeven van de totale vangsten van de aanbodfuiken en de fuiken achter de vistrap. In alle drie situaties ligt de lengtepiek van de vissen die het gemaal of de trap zijn gepasseerd bij 8 cm, terwijl de aanbodpiek bij 9 cm ligt. Voor aal is geen grafische weergave gegeven omdat zowel in het aanbod (schier-aal) als in de passagevangsten (rode aal) slechts één exemplaar werd gevangen. Deze vielen respectievelijk in de lengtecategorie 51 - 55 cm en 36 - 40 cm. Er was geen sprake van beschadigingen (Tabel 30).

TAFBEL 29 VANGSTRESULTATEN PER SOORT IN DE AANBODFUIKEN BIJ GEMAAL AALKEET BUITENPOLDER IN HET NAJAAR VAN 2011 EN TIJDENS DE NULMETING IN 2009. NORM = NORMAAL TOERENTAL GEMAALPOMP; MIN = MINIMAAL TOERENTAL

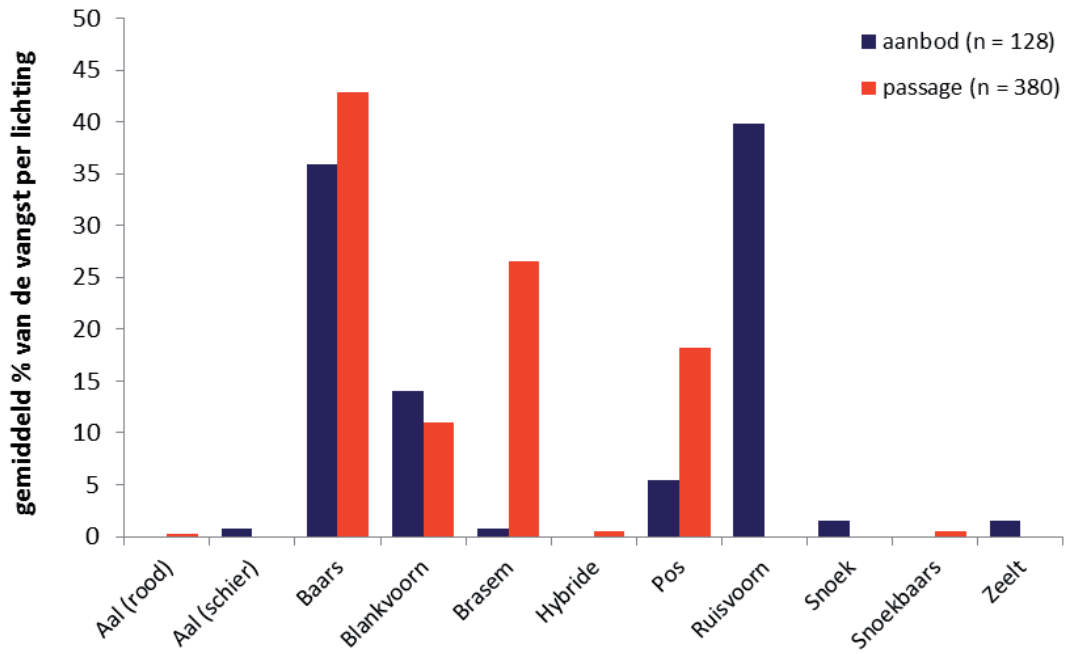
Soorten	Aanbod (n)			Aanbod (n / fuiknacht)			Lengte (cm)		
	2009	2011 (norm)	2011 (min)	2009	2011 (norm)	2011 (min)	2009	2011 (norm)	2011 (min)
doelsoorten									
Aal (schier)		1			0,01			59	
overige soorten									
Baars	66	32	14	2,06	0,84	0,72	6-22	7-23	7-18
Blankvoorn	35	13	5	1,09	0,22	0,22	6-14	8-18	6-12
Brasem	28		1	0,88		0,06	6-12		9
Karper	1			0,03			7		
Kolblei	3			0,09			12-13		
Pos	53	5	2	1,66	0,14	0,09	6-12	7-10	7-8
Riviergrondel	3			0,09			8-9		
Ruisvoorn	4	50	1	0,13	0,87	0,05	8-11	8-17	11
Snoek	4	2		0,13	0,02		17-55	26	
Zeelt		2			0,02			45-47	
Totaal	197	105	23	6,16	1,14		6-55	7-59	6-18
Aantal doelsoorten	0	1	0						
Aantal overige soorten	9	6	5						

TABEL 30 VANGSTRESULTATEN PER SOORT IN DE VANGCONSTRUCTIE ACHTER DE VISTRAP BIJ GEMAAL AALKEET BUITENPOLDER IN HET NAJAAR VAN 2011 EN ACHTER HET GEMAAL TIJDENS DE NULMETING IN 2009

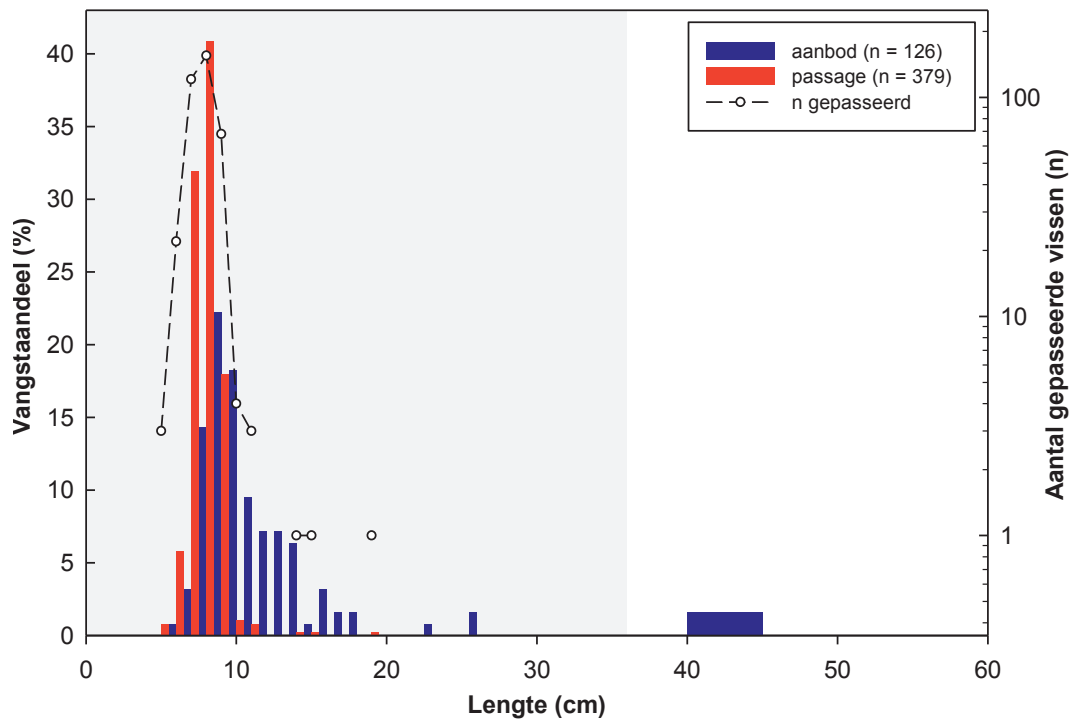
Soorten	Aantal passanten		Passanten / fuiknacht		Aantal beschadigd		Percentage beschadigd		Lengte (cm) onbeschadigd		Lengte (cm) beschadigd	
	2009	2011	2009	2011	2009	2011	2009	2011	2009	2011	2009	2011
doelsoorten												
Aal (rood)	1	1	0,20	0,02	0	0	0,0	0,0	78	40		
overige soorten												
Baars	69	163	13,80	3,98	22	0	31,9	0,0	9-13	6-19	9-17	
Blankvoorn	107	42	21,40	1,02	26	0	24,3	0,0	9-15	7-11	9-20	
Brasem	106	101	21,20	2,46	33	0	31,1	0,0	9-14	5-9	9-14	
Hybride		2		0,05		0		0,0		9		
Kolblei	21		4,20		4		19,0		9-13		10-14	
Pos	27	69	5,40	1,68	3	0	11,1	0,0	9-10	6-9	9-11	
Ruisvoorn	1		0,20		1		100,0				15	
Snoek	1		0,20		1		100,0				22	
Snoekbaars		2		0,05		0		0,0		9-11		
Winde	1		0,20		0		0,0		11			
Zeelt	1		0,20		1		100,0				40	
Totaal	335	380	67,00	9,27	91	0	27,2	0,0	9-78	5-40	9-40	
Aantal doelsoorten	1	1										
Aantal ov. soorten	9	6										

In het voorjaar van 2012 is één exemplaar van de doelsoort rode aal door de vistrap naar binnen getrokken. Blankvoorn en riviergrondel lijken periodiek bewust te passeren. In mindere mate zou dit ook voor baars en brasem kunnen gelden. Kleine modderkruiper en tiendoornige stekelbaars lijken de vistrap sporadisch te gebruiken (Figuur 37). Op vier avonden in mei 2012 is met behulp van een kruisnet een glasaalbemonstering uitgevoerd aan de boezemzijde van de vistrap. Daarbij is vooral kleine modderkruiper gevangen, maar geen enkele glasaal (zie Bijlage II).

FIGUUR 35 RELatieve ABUNDANTIE PER SOORT IN DE AANBODS- EN PASSAGEBEPALINGEN ACHTER DE HEVELVISTRAP BIJ GEMAAL AALKEET BUITENPOLDER IN HET NAJAAR VAN 2011

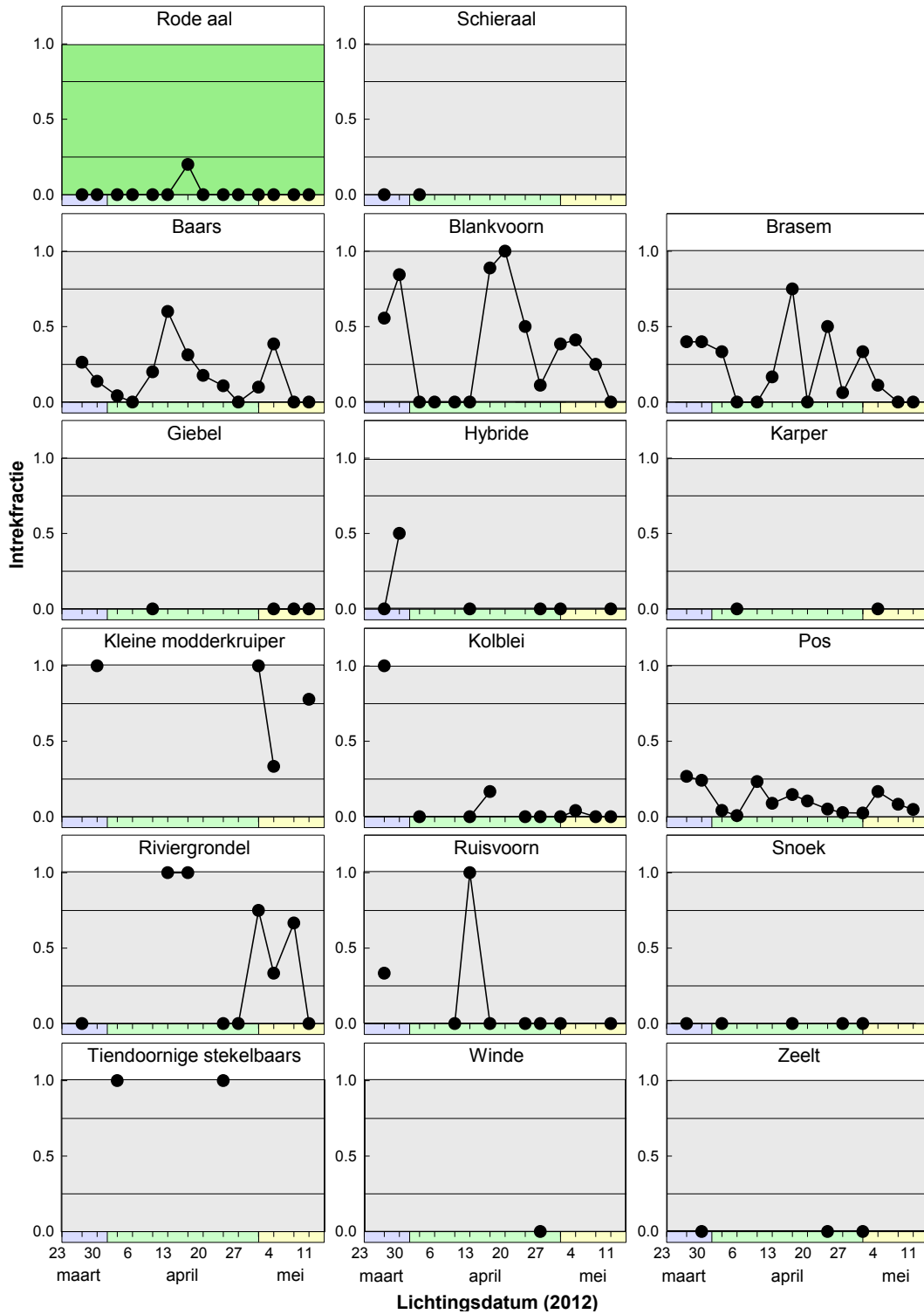


FIGUUR 36 LENGTE-FREQUENTIEVERDELINGEN TOTALE SCHUBVISVANGSTEN EN GEPASSEERDE AANTALLEN, IN AANBODSFUIKEN VOOR EN VANGCONSTRUCTIE ACHTER DE HEVELVISTRAP BIJ GEMAAL AALKEET BUITENPOLDER, NAJAAR 2011. TOT EEN LENGTE VAN 30 CM WORDT GEREKEND MET 1-CM LENGTEKLASSEN, DAARBOVEN MET 10-CM LENGTEKLASSEN



FIGUUR 37

BEREKENDE 'INTREKFRACTIES' VOOR DE VISTRAP BIJ GEMAAL AALKEET BUITENPOLDER IN VOORJAAR 2012. FRACTIES GROTER DAN 0,75 VERTEGENWOORDIGEN BEWUST PASSERENDE VISSEN EN FRACTIES KLEINER DAN 0,25 BEWUST DE PASSAGE MIJDENDE VISSEN. GROEN = DOELSOORTEN; GRIJS = OVERIGE SOORTEN. ZIE BIJLAGE II VOOR VANGSTGROOTTE'S





**GEMAAL MAELSTEDE**

De aanbodsbepalen in 2011 zijn uitgevoerd in samenwerking met een ander visproject bij het gemaal. Alleen de onder begeleiding van Koeman en Bijkerk uitgevoerde aanbodsbepalen van 8 november is weergegeven als referentie voor de onvolledige passagebepalen (de nieuwe vishevel functioneerde nog niet) van 8 december (Bijlage II). Tijdens deze aanbodsbepalen werden slechts één schubvis en één schieraal gevangen (Tabel 31).

**TABEL 31** VANGSTRESULTATEN PER SOORT IN DE AANBODFUIKEN BIJ GEMAAL MAELSTEDE IN HET NAJAAR VAN 2011 EN TIJDENS DE NULMETING IN 2008

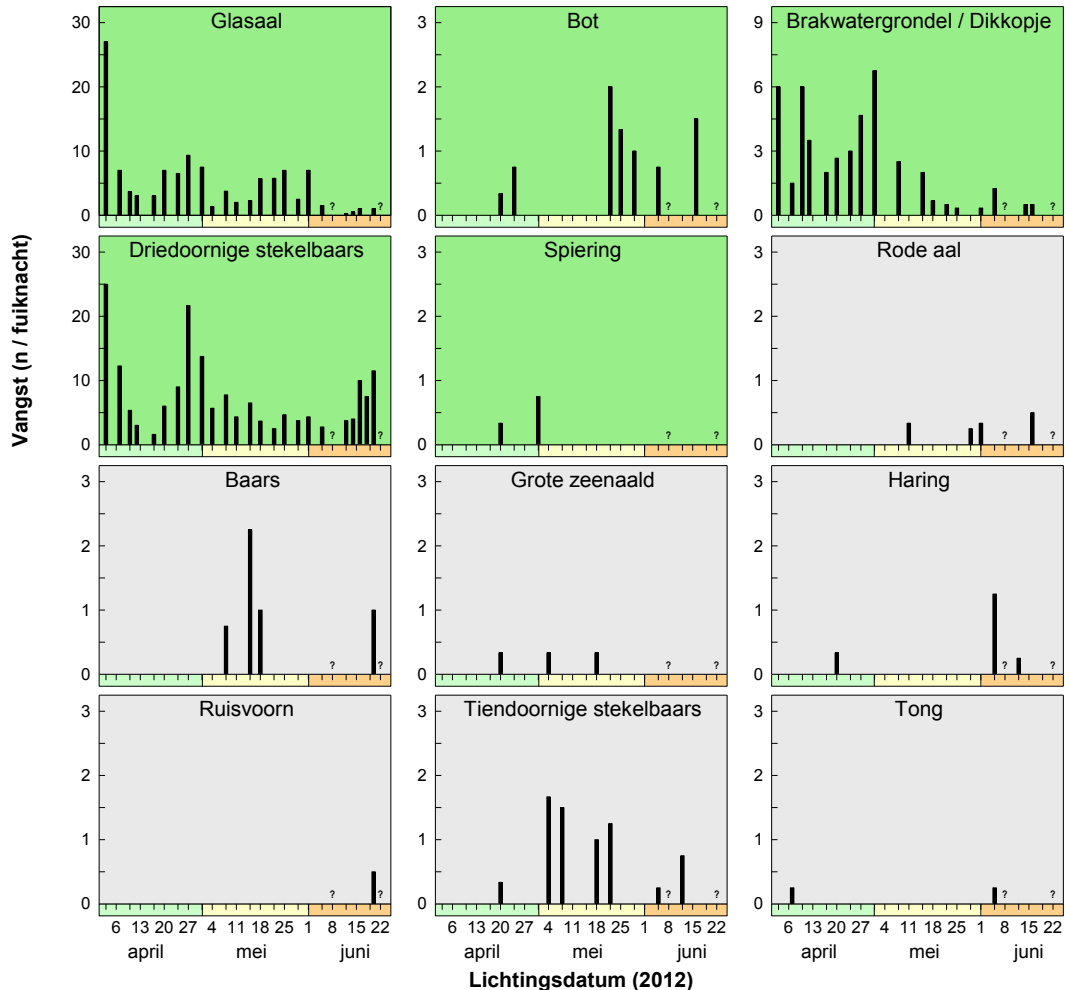
Soorten	Aanbod (n)		Aanbod (n / fuiknacht)		Lengte (cm)	
	2008	2011	2008	2011	2008	2011
doelsoorten						
Aal (rood)		1		1,00		
Aal (schier)	5		1,67		40-90	65
overige soorten						
Baars	2		0,67		13	
Blankvoorn	1		0,33		17	
Karper	21		7,00		9-22	
Ruisvoorn	3	1	1,00	1,00	8-20	22
Snoekbaars	6		2,00		18-20	
Totaal	38	2	12,67	2,00	8-90	22-65
Aantal doelsoorten	1	1				
Aantal overige soorten	5	1				

**TABEL 32** VANGSTRESULTATEN PER SOORT IN DE VANGCONSTRUCTIE ACHTER DE VISHEVEL BIJ GEMAAL MAELSTEDE IN HET NAJAAR VAN 2011 EN ACHTER HET GEMAAL TIJDENS DE NULMETING IN 2008

Soorten	Aantal passanten		Passanten / fuiknacht		Aantal beschadigd		Percentage beschadigd		Lengte (cm) onbeschadigd		Lengte (cm) beschadigd	
	2008	2011	2008	2011	2008	2011	2008	2011	2008	2011	2008	2011
doelsoorten												
Aal (schier)	3		1,5		0		0,0		-			
Bot	1		0,5		0		0,0		-			
Dried. stekelbaars		4		4,00		0		0,0		4-5		
overige soorten												
Brakwatergrondel		1		1,00		0		0,0		3		
Ruisvoorn	19		9,5		0		0,0		-			
Snoekbaars	7		3,5		0		0,0		-			
Totaal	30	5	15,0	5,00	0	0	0,0	0,0	-	3-5		
Aantal doelsoorten	2	1										
Aantal ov. soorten	2	1										

Bij de passagebepaling achter de lokstroom pomp van de vishevel in 2011, bestond 80% van de vangst uit de doelsoort driedoornige stekelbaars (Tabel 32). De eveneens gevangen brakwatergrondel had een lengte van 3 cm, waardoor niet met zekerheid kan worden gezegd dat deze vis door de lokstroom pomp van de vistrap is gekomen. Het is ook mogelijk dat de grondel door de mazen van de vangconstructie naar binnen is gezwommen.

FIGUUR 38 INTREKANGSTEN VOOR DE VISHEVEL BIJ GEMAAL MAELSTEDE IN VOORJAAR 2012. VRAAGTEKENS VERTEGENWOORDIGEN PERIODEN WAARIN NIET IS GEVIST



In het voorjaar van 2012 is bij Maelstede geen aanbod bepaald. Daarom kan hier geen intrekfractie worden berekend. Uit de vangsten blijkt dat de doelsoorten driedoornige stekelbaars, glasaal en brakwatergrondel/dikkopje over de gehele bemonsteringsperiode in relatief hoge golven doortrokken (Figuur 38). Hierbij moet worden opgemerkt dat brakwatergrondel en dikkopje samen zijn genomen, omdat de kleine exemplaren niet goed konden worden onderscheiden. De ecologie van deze soorten vertoont ook grote overeenkomsten. De doelsoort bot, waarbij mogelijk enige malen 'vervuiling' van het bestand is opgetreden door de aanwezigheid van niet goed van bot te onderscheiden andere platvissen, laat ook een trekpiek zien, maar op een lager niveau. Als laatste doelsoort is spiering slechts enkele malen gevonden. Van de overige soorten laat alleen tiendoornige stekelbaars een kleine piek zien in de maand mei.

## SAMENVATTING

Voor de gemalen Abraham Kroes, Aalkeet Buitenpolder en Maelstede is besloten om niet de gemaalpompen aan te passen, maar de vissen een bypass als alternatieve migratieroute aan te bieden. Deze bypass betreft in alle gevallen een hevel. In het najaar zwemmen de vissen tegen de waterstroom in vanuit de polder naar de hogergelegen boezem, of naar de Westerschelde, en in het voorjaar van de boezem of de Westerschelde naar de polder.

Uit het onderzoek blijkt dat waarschijnlijk het grootste deel van de passanten in het najaar nog steeds via de gemaalpomp migreert en niet via de bypass, wanneer de pompen in bedrijf zijn. Dit kon echter alleen voor Aalkeet worden vastgesteld. Bij Abraham Kroes is in 2011 niet achter het gemaal gevestigd en hebben we alleen de resultaten van de nulmeting in 2009. Deze laten zien dat bij een vergelijkbaar aanbod van 1,86 vissen per fuiknacht, het aantal passanten door het gemaal (5,40 per fuiknacht) ruim twee keer hoger was dan dat door de vistrap (2,07 per fuiknacht). Bij Maelstede kon in 2011 alleen de lokstroompomp eenmalig worden bemonsterd.

Tijdens de monitoring in het najaar van 2011 passeerden in totaal 475 vissen ongeschonden de bypasses bij Abraham Kroes en Aalkeet Buitenpolder. Het betrof vrijwel alleen schubvis. Alleen bij Aalkeet passeerde één rode aal. In de aanbodfuiken en achter de trap werden grotendeels dezelfde soorten in dezelfde verhoudingen, gevangen. Alleen ruisvoorn ging duidelijk minder door de trap dan men op basis van het aanbod zou verwachten. Voor de passage van pos bij Aalkeet geldt het omgekeerde.

De vissen die de trap in het najaar zijn gepasseerd, zijn in het algemeen wat kleiner dan die in het aanbod. De lengtepiek van de vissen die de trap zijn gepasseerd ligt bij 8 cm, terwijl de aanbodpiek bij 9 cm ligt.

De najaarsbemonsteringen tonen aan dat de afwezigheid van enige schade de bypass tot een geschikte migratievoorziening maakt. Om het aandeel vis dat de bypass passeert te vergroten, ten koste van het aandeel dat de gemaalpomp passeert, zijn aanvullende, geleidende visweringen nodig.

De werking van de bypasses is bevestigd door de monitoring in het voorjaar van 2012. Hoewel de bypasses bij de gemalen Abraham Kroes, Aalkeet Buitenpolder en Maelstede niet allemaal grote hoeveelheden intrekende vis lieten zien, waren het vaak gewenste soorten die bewust van de passages gebruik maakten.

#### **4.2.3 VRAAG 5 – IN HOEVERRE KUNNEN DE MOGELIJKHEDEN VOOR VISMIGRATIE WORDEN VERGROOT DOOR AANPASSING VAN HET INLAATBEHEER EN VISVRIENDELIJK SLUISBEHEER?**

##### **RESULTATEN VOORJAAR 2012 PER KUNSTWERK**

###### **GEMAAL HILLEKADE**

Van de doelsoorten lijkt driedoornige stekelbaars van eind maart tot half april een trekpiek te vertonen (Figuur 39). De soort lijkt bewust de passage te gebruiken, hoewel de veelvuldig voorkomende fractie van 1,0 ook een aanwijzing is dat de aanbodfuiken niet selectief genoeg waren voor de kleinste soorten. Hetzelfde geldt voor kleine modderkruiper. Baars is een regelmatige en vaak bewuste passant. De witvissoorten bittervoorn, blankvoorn, brasem en ruisvoorn lijken ook bewust door de passage naar binnen te trekken, veelal tijdens meervoudige pieken. De resultaten voor pos zijn niet eenduidig. Deze soort wordt afwisselend alleen in de aanbodfuiken of alleen in de passagefuik gevangen. In totaal trokken 476 schubvissen en geen enkele aal naar binnen.

###### **SNELLE SLUIS**

De doelsoort rode aal trekt vanaf begin april regelmatig door, waarbij half mei het niveau wordt bereikt waarop kan worden gezegd dat de passage bewust gebeurt (Figuur 40). Een min of meer vergelijkbare trend is zichtbaar voor baars, blankvoorn en pos. Behalve rode aal zijn nog twee andere doelsoorten gepasseerd, bot en driedoornige stekelbaars. Van deze soorten kan alleen worden gezegd dat ze regelmatig door de sluis zijn getrokken. Ze werden echter niet gevangen in de aanbodfuiken. Blankvoorn, brasem en kolblei vertonen duidelijke trekpieken. Dit lijkt ook het geval voor twee exoten: pontische stroomgrondel en zwartbekgrondel. Snoekbaars trekt regelmatig door, maar meestal in overeenstemming met het aanbod. De passage van een trekkende soort als winde is positief te noemen, maar de aantallen van deze soort waren gering. In totaal trokken 598 subvissen en 15 rode alen naar binnen.

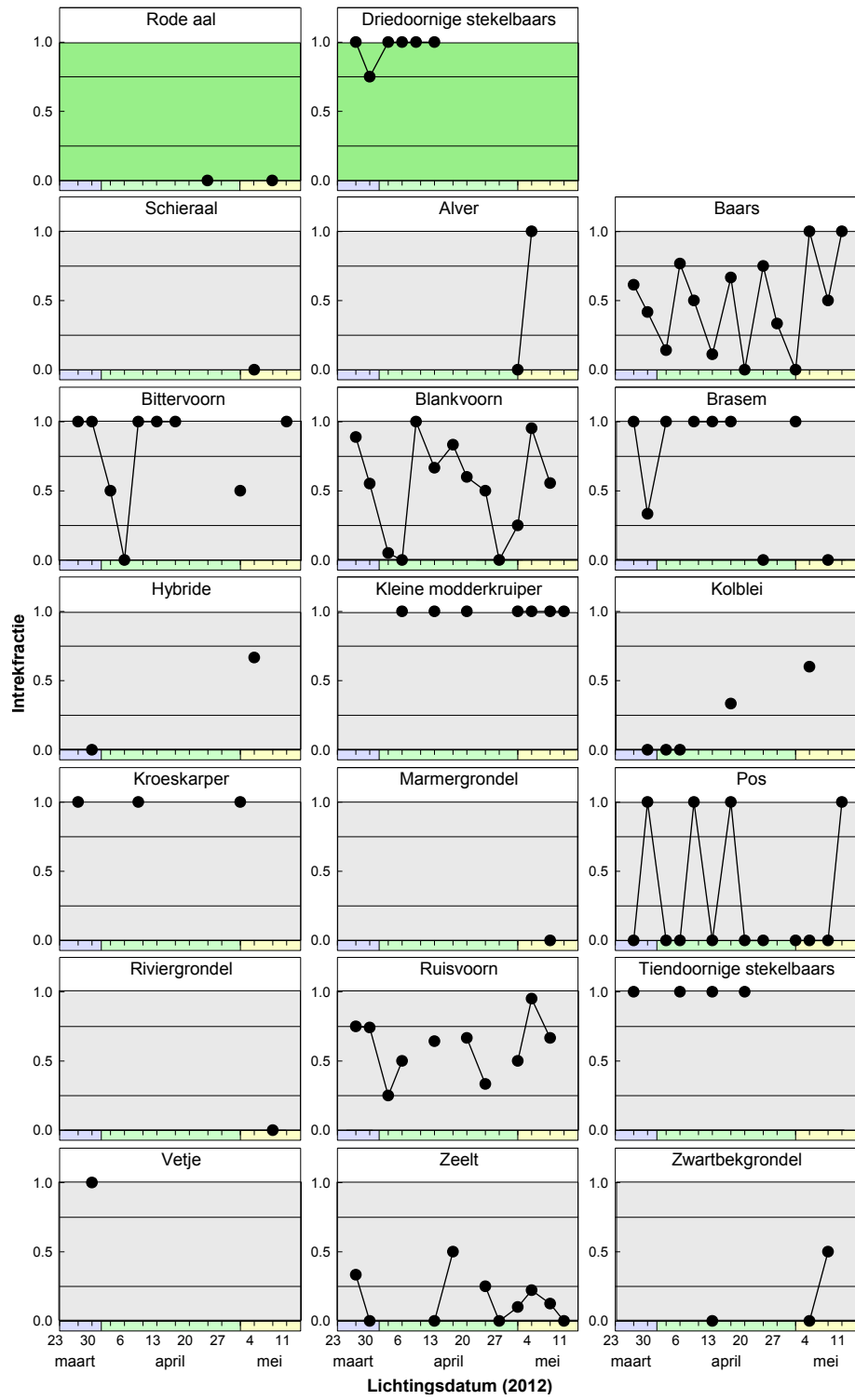
###### **SAMENVATTING**

De voorjaarsmonitoring bij gemaal Hillekade leverde resultaten die vergelijkbaar waren met de intrek door de bypasses bij Abraham Kroes en Aalkeet Buitenpolder. De hoeveelheden intrekkende vis waren nog niet groot, maar het waren gewenste soorten die bewust van de retourleiding gebruik maakten.

Voor de Snelle Sluis is met name de regelmatige intrek van de doelsoort rode aal, alsmede de intrek van de doelsoorten bot en driedoornige stekelbaars en de trekkende soort winde een positieve factor. Verder trekken hier in vergelijking met de passages bij de overige kunstwerken relatief veel soorten door. Dit laatste kan mogelijk worden verklaard door het feit dat de vis bij de Snelle Sluis al langer de tijd heeft gehad te wennen aan de verbeterde route. De Snelle Sluis was enkele jaren eerder gereed dan de hevelroutes. Opvallend is dat naast rode aal ook de schieraal in staat blijkt om tegen de stroom in naar het buitenwater te migreren.

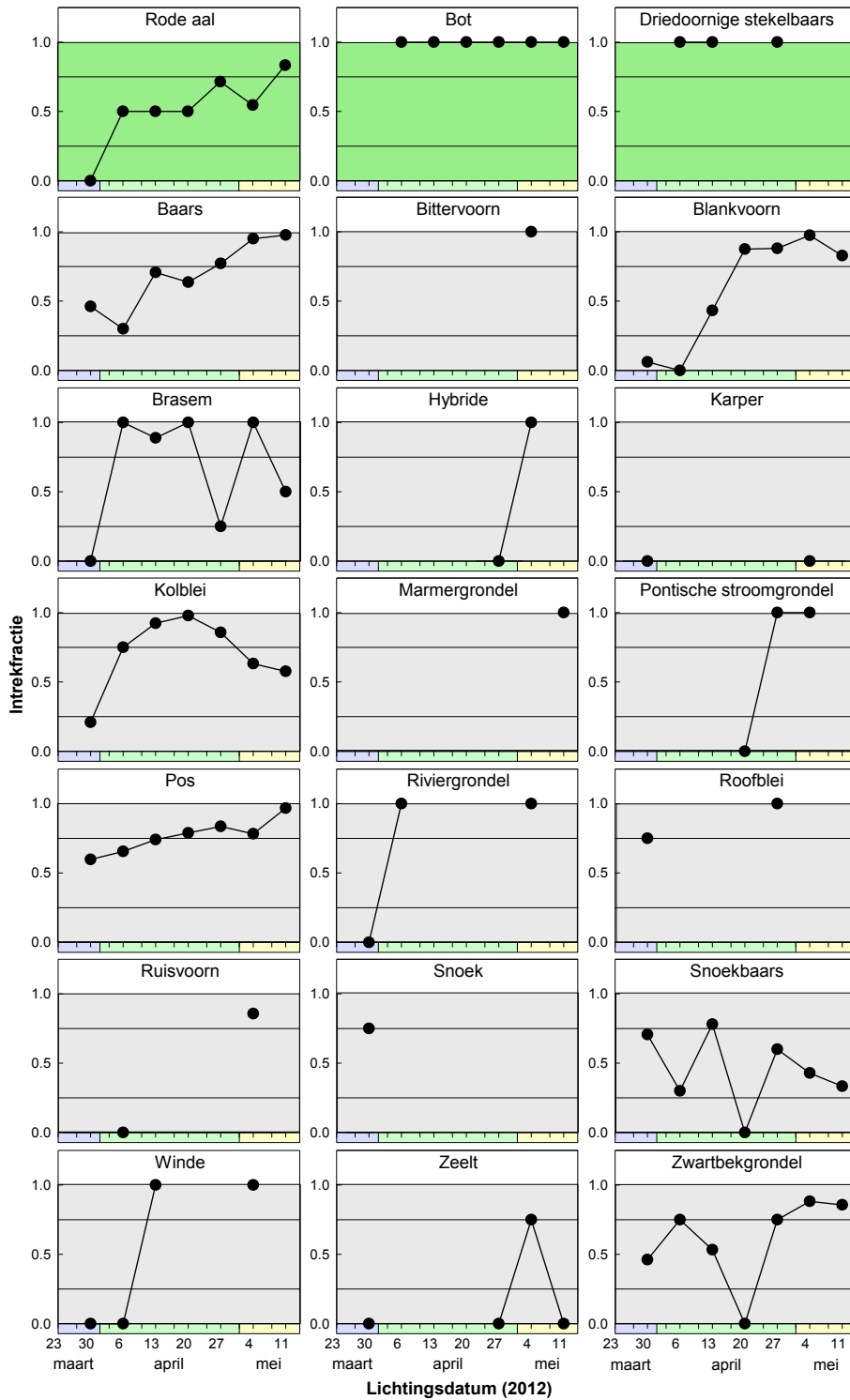
FIGUUR 39

BEREKENDE 'INTREKFRACTIES' VOOR DE VISRETOURLEIDING BIJ GEMAAL HILLEKADE IN VOORJAAR 2012. FRACTIES GROTER DAN 0,75 VERTEGENWOORDIGEN BEWUST PASSERENDE VISSSEN EN FRACTIES KLEINER DAN 0,25 BEWUST DE PASSAGE MIJDENDE VISSSEN. GROEN = DOELSOORTEN; GRIJS = OVERIGE SOORTEN. ZIE BIJLAGE II VOOR VANGSTGROOTTE'S



FIGUUR 40

BEREKENDE 'INTREKFRACTIES' VOOR DE SNELLE SLUIS IN VOORJAAR 2012. FRACTIES GROTER DAN 0,75 VERTEGENWOORDIGEN BEWUST PASSERENDE VISSSEN EN FRACTIES KLEINER DAN 0,25 BEWUST DE PASSAGE MIJDENDE VISSSEN. GROEN = DOELSOORTEN; GRIJS = OVERIGE SOORTEN. VRAAGTEKENS VERTEGENWOORDIGEN PERIODEN WAARIN NIET IS GEVIST. ZIE BIJLAGE II VOOR VANGSTGROOTTE'S



### 4.3 GELUIDSPRODUCTIE

#### 4.3.1 VRAAG 6 – KUNNEN GELUIDSARMERE OPLOSSINGEN BIJDRAGEN AAN HET VERKLEINEN VAN DE BARRIÈREWERKING VAN GEMALEN?

Tijdens de nulmonitoring in 2009 is geluid gemeten bij de gemalen Krimpenerwaard, Kralingse Plas, Aalkeet Buitenpolder en Hoekpolder. In deze paragraaf worden eerst de resultaten voor de niet aangepaste gemalen Krimpenerwaard en Aalkeet Buitenpolder samengevat. Vervolgens worden de resultaten van de in 2011 uitgevoerde metingen bij de nieuwe gemalen Hillekade, Kralingse Plas, Hoekpolder en Ennemaborgh behandeld en, waar mogelijk, vergeleken met de metingen bij hun voorgangers in 2009.

##### *Gemaal Krimpenerwaard*

Uit de vismonitoring in 2009 is geconcludeerd dat het gemaal Krimpenerwaard vissen afschrikt, mogelijk ten gevolge van de geluidsproductie (Kruitwagen & Klinge, 2010a). Onder water blijken de pompen van het gemaal een aanzienlijke hoeveelheid geluid te produceren. Ook in de bandbreedte 100 – 300 Hz, het bereik waarin veel vissoorten de hoogste gevoeligheid vertonen (zie hieronder) is het gemaal rumoerig. Aan de polderzijde zijn de pompen waarschijnlijk tot op meer dan 300 m afstand te horen.

##### *Gemaal Aalkeet Buitenpolder*

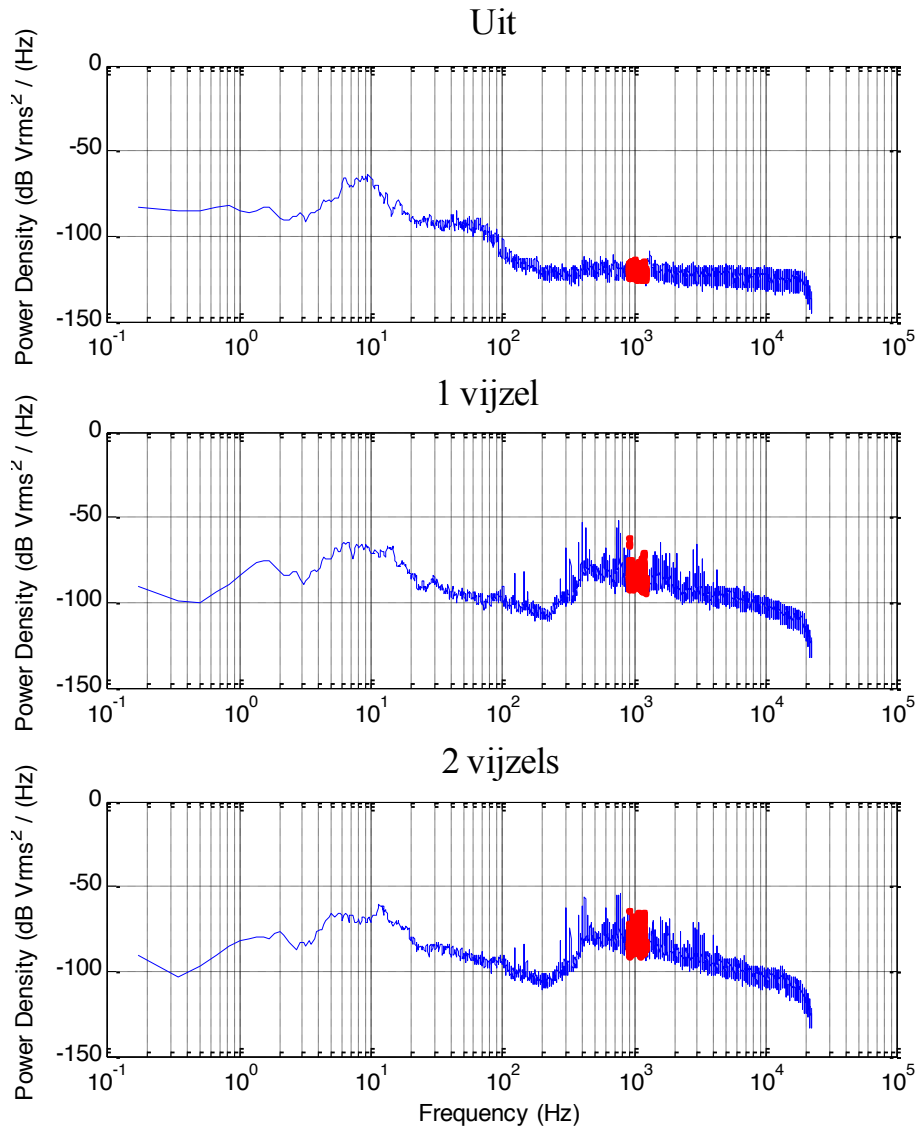
Het gemaal produceert veel geluid in frequenties boven 900 Hz, op het grensvlak van het bereik waarvoor de karperfamilie (Cyprinidae) het gevoeligst is. Tot op 20 m afstand werd een verhoogde geluidsproductie gemeten. De geluidsproductie draagt waarschijnlijk bij aan de barrièrewerking van dit gemaal voor vissen (Kruitwagen & Klinge, 2010a).

#### **GEMAAL HILLEKADE**

Zonder dat het gemaal werkte, was het onderwater vrij stil in alle frequentiebandbreedtes. Bij het starten van het gemaal nam het geluid fors toe, vooral in de bandbreedte 900-1200 Hz (Tabel 33). De verhoging in deze bandbreedte was nog goed waar te nemen op 60 m afstand met een verhoging van 16 dB en 17 dB voor respectievelijk twee vijzels. Ook op 120 m is nog een verhoging van enkele dB waar te nemen. Op 20 m afstand in de sloot in de tegenovergestelde richting is geen sprake van verhogingen van de geluidsniveaus. Deze doodlopende sloot is ondieper en ligt dicht bij een weg, hetgeen de andere geluidskarakteristieken mogelijk verklaart. Bij de uitstroom is een geringe verhoging van het geluidsniveau als het gemaal aan is, opnieuw vooral in de bandbreedte 900-1200Hz. Geluidsspectra op 2 m en 60 m van de instroomopening zijn weergegeven voor de situaties 'vijzels uit', 'één vijzel in gebruik' en 'twee vijzels in gebruik' (Figuur 41 en 42). De verhoging van het geluidsniveau door het gemaal is aanzienlijk en ligt vooral tussen de 300 Hz en 3000 Hz (Figuur 41). Ook valt direct op dat er heel weinig verschil is in geluidsniveau tussen één vijzel en twee vijzels. Aan de geluidsspectra op 60 m afstand (Figuur 42) valt op dat hier het geluid van het gemaal nog steeds duidelijk aanwezig is.

FIGUUR 41

GELUIDSSPECTRA VOOR HET GEMAAL HILLEKADE OP 2 M VAN DE INSTROOM VAN HET GEMAAL MET HET GEMAAL UIT EN MET HET GEMAAL WERKEND MET ÉÉN EN TWEE VIJZELS. DE FREQUENTIEBANDBREEDTE 900-1200 HZ IS IN ROOD WEERGEGEVEN, MAAR DIT HEEFT VERDER GEEN FUNCTIE



TABEL 33

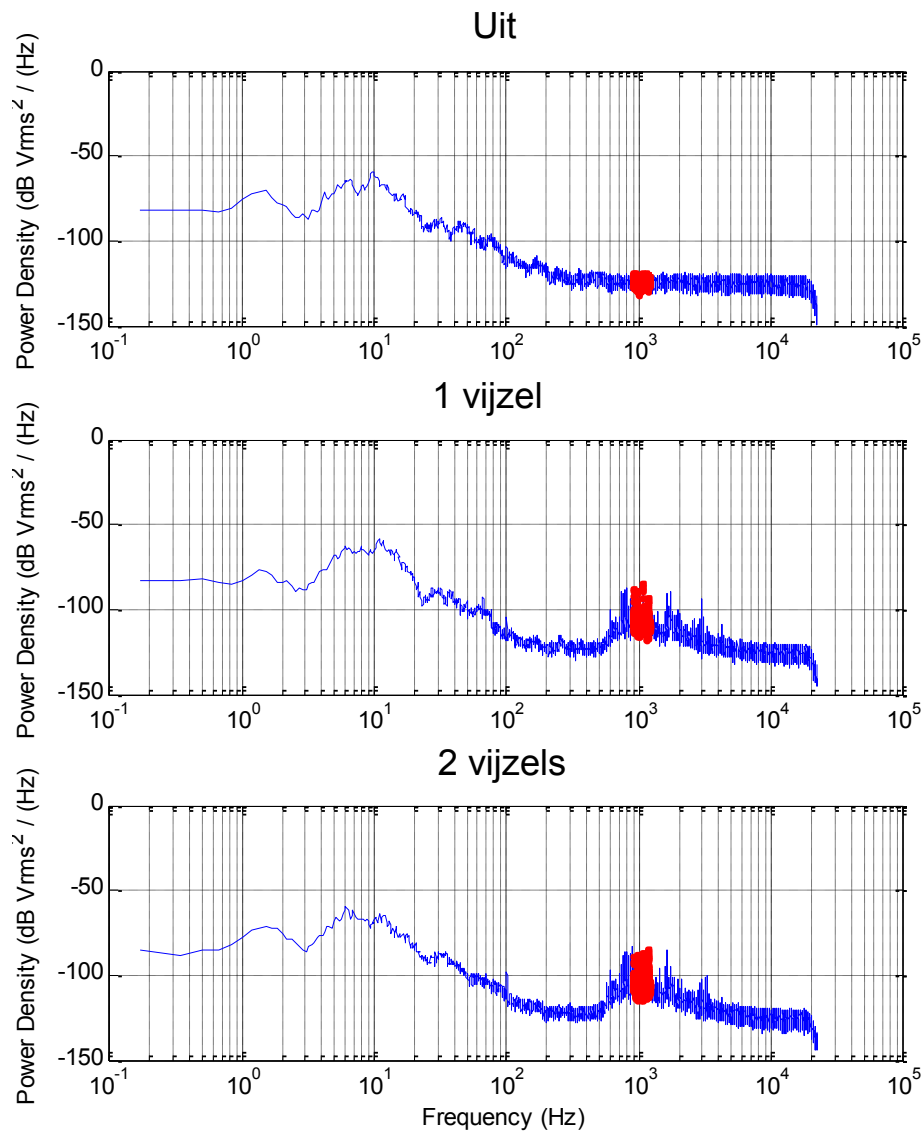
GELUIDSNIVEAUS GEMAAL HILLEKADE, VOOR DRIE BANDBREEDTES OP VIJF AFSTANDEN IN DE HOOFDAANVOER AAN DE POLDERZIJDE, ÉÉN IN DOODLOPENDE SLOOT IN TEGENOVERGESTELDE RICHTING EN ÉÉN AAN DE UITSTROOMZIJDE (GEMIDDELDDES VIER HERHAALDE METINGEN). 'UIT' = VIJZELS UIT; 'AAN 1' = ÉÉN VIJZEL AAN; 'AAN 2' = TWEE VIJZELS AAN

Afstand (m)	Geluidsniveau (dB)			Geluidsniveau (dB)			Geluidsniveau (dB)		
	2-5000 Hz			100-300 Hz			900-1200 Hz		
	Uit	Aan 1	Aan 2	Uit	Aan 1	Aan 2	Uit	Aan 1	Aan 2
2	110,3	119,2	120,5	79,1	95,1	99,5	78,9	107,1	111,0
15	117,5	116,1	114,6	76,8	76,0	74,6	69,1	93,2	97,3
30	114,3	115,6	112,2	83,4	74,1	74,7	69,5	87,6	90,7
60	110,7	114,2	113,1	76,3	72,5	72,5	69,7	85,8	86,7
120	116,0	116,7	115,2	77,7	78,5	76,0	72,3	76,4	74,1
Sloot A (30 m)	115,1	115,3	98,1	93,0	79,6	81,8	74,8	68,2	69,9
Uitstroom	109,5	114,1	116,3	83,3	78,8	80,0	73,8	77,6	76,9



FIGUUR 42

GELUIDSSPECTRA VOOR HET GEMAAL HILLEKADE OP 60 M VAN DE INSTROOM VAN HET GEMAAL MET HET GEMAAL UIT EN MET HET GEMAAL WERKEND MET 1 EN 2 VIJZELS. DE FREQUENTIEBANDBREEDTE 900-1200 HZ IS IN ROOD WEERGEGEVEN, MAAR DIT HEEFT VERDER GEEN FUNCTIE

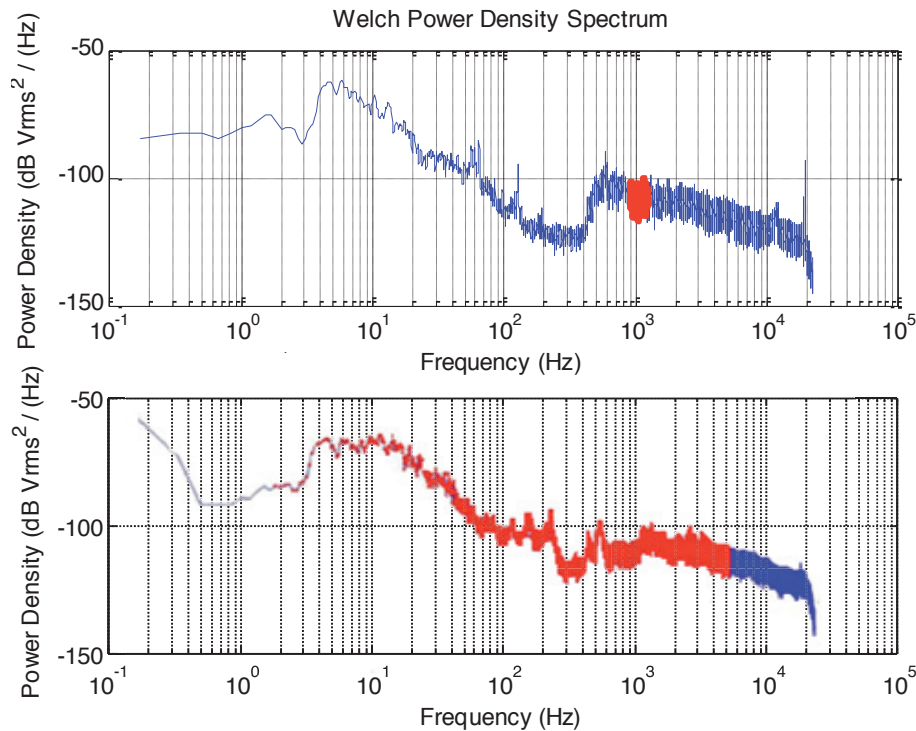


Iets anders dat opvalt is een bekende karakteristiek van de voortplanting van geluid in ondiep water: de lagere frequenties doven eerder uit dan de hogere frequenties. De verhoging in het geluidsniveau op 60 m afstand zit vooral in de frequentiebandbreedte 800 Hz – 3000 Hz, terwijl dat dicht bij de instroom nog 300 Hz – 3000 Hz was.

### GEMAAL KRALINGSE PLAS

In de trechtervormige toegang tot het gemaal waren geluidsniveaus in de frequentiebandbreedte 2-5000 Hz met de pomp uit tussen de 110 en 118 dB re 1  $\mu$ Pa gemiddeld (Tabel 34). In de frequentiebandbreedte 100-300 Hz en 900-1200 Hz zijn de waardes respectievelijk rond de 80 en 90 dB re 1  $\mu$ Pa (Tabel 34). Het aanzetten van de pomp leidde op 2 m afstand tot een geringe toename van de geluidsniveaus in de door ons onderzochte bandbreedtes: 4 dB voor 100-300 Hz en 6 dB voor 900-1200 Hz. Op grotere afstanden was in deze bandbreedtes geen sprake van een toename in het geluidsniveau dat aan het aanzetten van het gemaal kon worden toegeschreven (Tabel 34). De uitstroom van het gemaal is op een vrij ondiepe plaats, waardoor veel stroming ontstaat. Hiermee samenhangend vonden we een forse verhoging van het geluidsniveau als de pomp aanging, voor de frequentiebandbreedte 2-5000 Hz 19 dB voor de bandbreedtes 100-300 Hz 33 dB en voor de bandbreedte 900-1200 Hz 31 dB.

FIGUUR 43 GELUIDSSPECTRA BIJ GEMAAL KRALINGSE PLAS MET DE POMP UIT OP 2 M VAN DE INSTROOM, MET BOVEN DE NIEUWE (DECEMBER 2011) EN ONDER DE OUDE METING (MEI 2009). ROODKLEURING VAN DE VERSCHILLENDE FREQUENTIEBANDBREEDTES (900-1200 EN 2-5000 HZ) IS IN DEZE EN VOLGENDE FIGUREN NIET FUNCTIONEEL



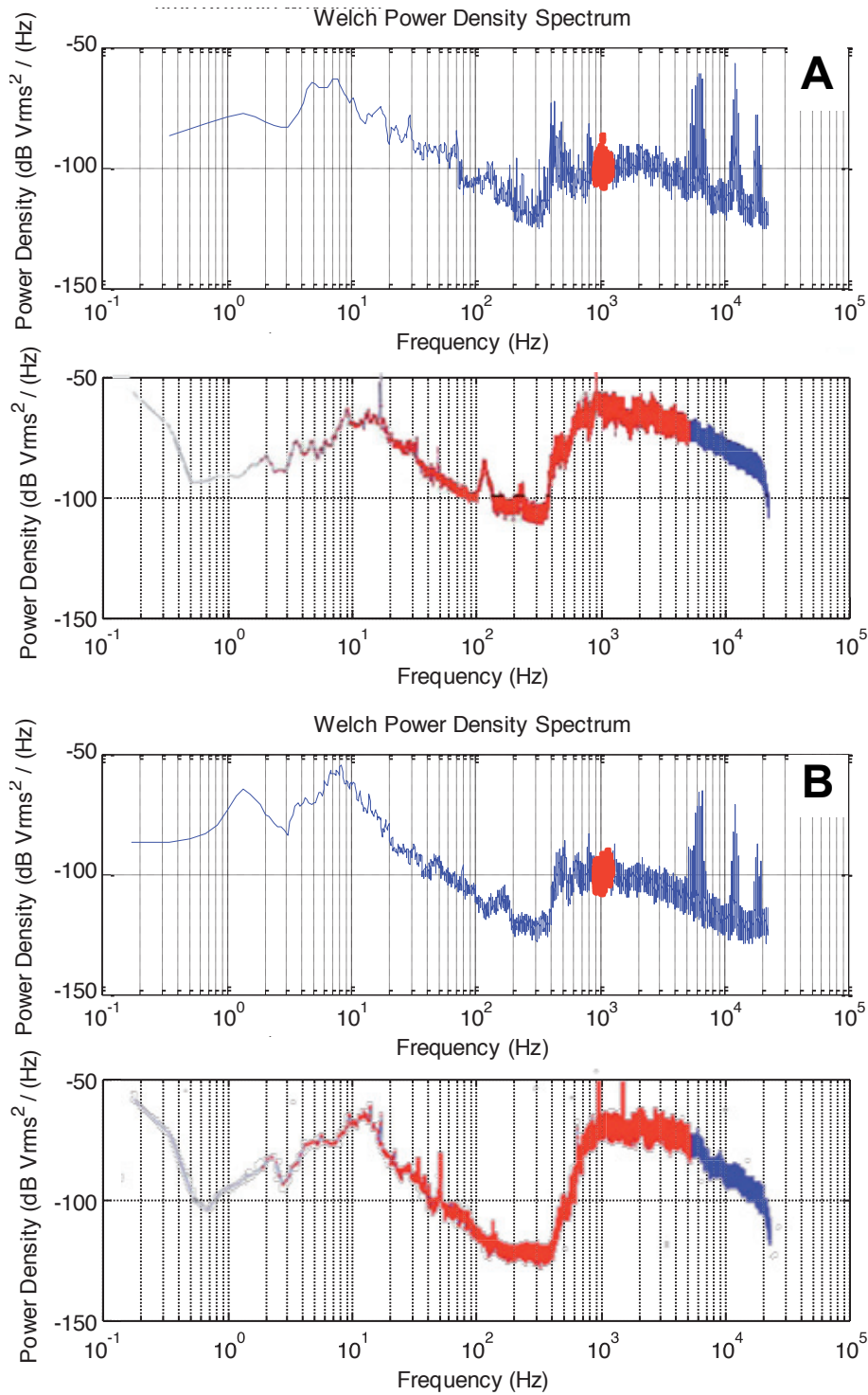
TABEL 34

GELUIDSNIVEAUS GEMAAL KRALINGSE PLAS, VOOR DRIE BANDBREEDTES OP VIER AFSTANDEN AAN PLASZIJDE EN BIJ UITSTROOM OP ROTTE (GEMIDDELDDES VIER HERHAALDE METINGEN). 'AAN' = GEMAALPOMP AAN; 'UIT' = GEMAALPOMP UIT

Afstand (m)	Geluidsniveau (dB) 2-5000 Hz		Geluidsniveau (dB) 100-300 Hz		Geluidsniveau (dB) 900-1200 Hz	
	Uit	Aan	Uit	Aan	Uit	Aan
	2	109,6	111,2	76,8	80,8	89,7
14	115,0	115,2	81,0	77,4	90,6	91,8
32	117,7	121,5	81,1	87,0	89,8	89,1
100	113,2	113,2	80,6	86,0	89,9	88,8
Uitstroom	111,0	129,8	84,1	117,3	79,5	111,3

FIGUUR 44

GELUIDSSPECTRA GEMAAL KRALINGSE PLAS MET DE POMP AAN OP 2 M (A) EN 14 M (B) AFSTAND VAN DE INSTROOM, MET BOVEN DE NIEUWE EN ONDER DE OUDE POMP



In 2011 is de axiaalpompe van dit gemaal vervangen door een visvriendelijke versie. Voor de vervanging zijn in mei 2009 ook metingen verricht, zodat een vergelijking mogelijk is. Als we allereerst kijken naar de geluidsspectra met de pompe niet in werking (Figuur 43), dan valt op dat de beide metingen goed overeenkomen. In 2009 werd wat meer geluid in de frequentiebandbreedte van 100-300 Hz opgenomen, wat mogelijk valt toe te schrijven aan bootverkeer of baggerwerkzaamheden destijds op de plas.

Bij het in werking stellen van de pompe was in 2009 nog sprake van een veel grotere toename van het geluidsniveau (Figuur 44). De sterkste toename was te zien in de relatief hoogfrequente geluidscomponent, met name aan de meting in de bandbreedte van 900-1200 Hz en in de geluidsspectra (Figuur 44). De geluidsniveaus namen af met afstand, maar er was een forse verhoging van het lawaai in de hele trechtervormige toegang tot de sluisdeur en de aanzuigopening van de gemaalpompe. Vooral de toename in de bandbreedte 900-1200 Hz was opvallend: 39,1 dB op 2 m van de instroom, 31 dB op 14 m en nog altijd 6,1 dB op 32 m (op 100 m werd niet gemeten). De nieuwe axiaalpompe is dus heel erg stil vergeleken met de oude pompe. Uit bestudering van de geluidsspectra blijkt dat het gemaal wel geluid produceerde rond 6500 Hz en boven 10 kHz (zie Figuur 44), maar deze geluiden zijn niet hoorbaar voor Nederlandse zoetwatervissen.

#### **GEMAAL HOEKPOLDER**

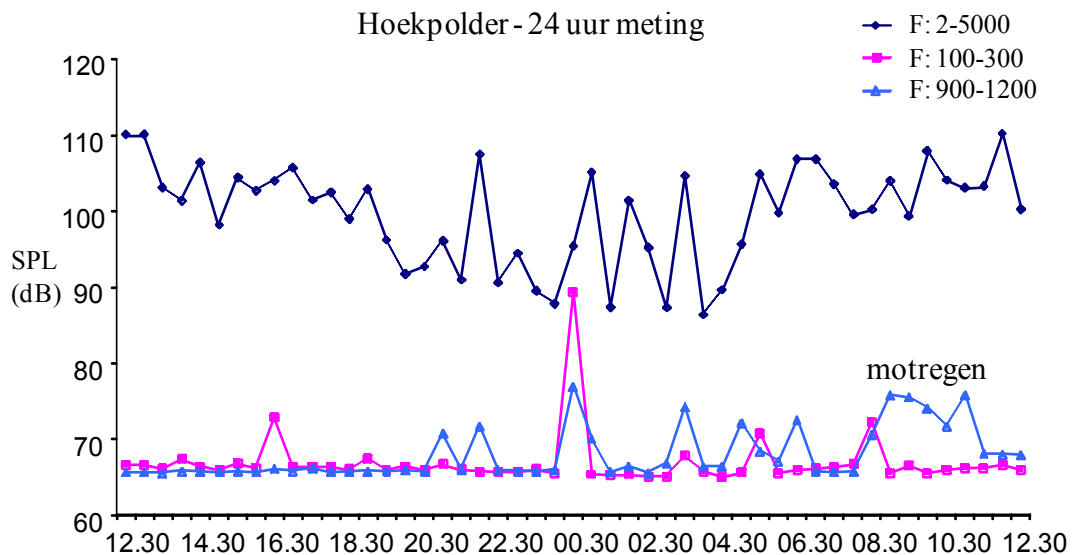
Ook bij dit gemaal was het vrij stil onder water zolang het gemaal uitstond (Tabel 35). Het aanzetten van het gemaal zorgde voor een forse verhoging van het geluidsniveau op 2 m van de instroom van het gemaal. Deze verhoging is aanzienlijk in de voor vissen relevante frequentiebandbreedte en opvallend hoog in zowel de bandbreedte van 100-300 Hz, 17 en 26 dB re 1  $\mu$ Pa voor één en twee vjzels als in de bandbreedte 900-1200 Hz 34 en 36 dB voor één en twee vjzels. Op 30 m afstand van de instroom was het geluid met twee vjzels nog altijd goed waarneembaar, maar op 60 en 120 m niet meer. Ook in de beide andere sloten op 20 m van het gemaal werd een grote toename van het geluidsniveau waargenomen, hoewel in de ondiepere sloot B (loodrecht op het gemaal; zie Figuur 3 in Bijlage III) meer uitdoving leek plaats te vinden. Opvallend is het hoge geluidsniveau van het gemaal in vergelijking tot het oude gemaal Hoekpolder (Kruitwagen & Klinge, 2010b).

Bij gemaal Hoekpolder is op 10 en 11 januari 2012 een 24-uurs meting uitgevoerd. De opnameapparatuur werd onder een brug op het terrein van het gemaal achtergelaten. Opnieuw werd een rustige dag uitgekozen met weinig wind, windkracht 2-3. In de hele 24-uurs periode bleef het computergestuurde gemaal uit, omdat er in de voorgaande dagen geen regen was gevallen. Op 11 januari viel er in de ochtend enige tijd motregen en dit is goed terug te zien in de metingen als een verhoging in de bandbreedte 900-1200 Hz met ongeveer 10 dB (Figuur 45). In de avond en nacht (globaal tussen 20.00 en 05.00 uur) was het stiller dan de rest van de dag en dit is vermoedelijk vooral een effect van de snelweg A4 (voornamelijk zichtbaar in een grofweg 15 dB verschil voor de totale bandbreedte van 2-5000 Hz), maar ook biotische activiteit (bijvoorbeeld watervogels) staat 's nachts vermoedelijk op een lager niveau. De nachtelijk verspreide geluidspieken zijn echter zonder uitzondering terug te voeren op biotische activiteit. Bij af luisteren bleek bijna altijd sprake te zijn van plonsgeluiden en soms kon ook een vage roep van een watervogel worden gehoord.

TABEL 35 GELUIDSNIVEAUS VOOR DRIE BANDBREEDTES OP VIJF AFSTANDEN IN DE HOEFDAANVOER AAN DE HOEKPOLDERZIJDE, TWEE VOOR MINDER BELANGRIJKE SLOTEN (ALLEBEI OP 20 M) EN ÉÉN AAN DE UITSTROOMZIJDE (GEMIDDELDDES VIER HERHAALDE METINGEN). 'UIT' = VIJZELS UIT; 'AAN 1' = ÉÉN VIJZEL AAN; 'AAN 2' = TWEE VIJZELS AAN

Afstand (m)	Geluidsniveau (dB)			Geluidsniveau (dB)			Geluidsniveau (dB)		
	2-5000 Hz			100-300 Hz			900-1200 Hz		
	Uit	Aan 1	Aan 2	Uit	Aan 1	Aan 2	Uit	Aan 1	Aan 2
2	116,3	122,6	123,6	79,6	97,0	105,5	78,2	111,9	114,4
8	118,4	121,2	124,9	98,7	100,3	100,5	83,1	103,5	105,0
30	111,1	108,4	116,4	87,2	86,0	95,6	74,6	72,2	85,9
60	115,2	111,0	115,6	97,0	99,0	93,5	84,1	81,6	81,0
120	118,8	113,2	117,7	96,1	93,7	96,6	84,6	83,8	86,1
Sloot A (20 m)	106,9	111,9	123,4	87,8	88,7	100,7	73,1	76,9	88,9
Sloot B (20 m)	107,3	109,8	118,8	78,3	94,1	85,8	71,8	79,2	75,2
Uitstroom	114,4	125,3	124,6	82,0	94,0	109,3	85,6	115,2	113,0

FIGUUR 45 HOEKPOLDER: 24-UURS METING. HET COMPUTERGESTUURDE GEMAAL SLOEG NIET AAN, OMDAT ER IN DE DAGEN VOORAFGAANDE AAN DE OPNAME NAUWELIJKS REGEN WAS GEVALLEN. VARIATIE IN GELUIDSINTENSITEIT (SOUND PRESSURE LEVEL = SPL) IS DUS VOLLEDIG AAN ANDERE FACTOREN TOE TE SCHRIJVEN



#### GEMAAL ENNEMABORGH

Het visvriendelijke vijzelgemaal Ennemaborgh zorgt voor een verhoging van 44 Hz in de bandbreedte 100-300 Hz vlakbij het gemaal, maar op 18 m afstand was deze verhoging niet langer waarneembaar (Tabel 36). De verhoging in geluidsniveau in de bandbreedte 900-1200 was nog hoger (+ 48 dB) en deze verhoging is op 18 m nog steeds goed waarneembaar. Op grotere afstand van het gemaal is niet gemeten.

TABEL 36

GELUIDSNIVEAUS VOOR TWEE BANDBREEDTES OP VIER AFSTANDEN AAN DE INSTROOMZIJD (GEMIDDELD DRIE HERHAALDE METINGEN).

'AAN' = VIJZEL AAN; 'UIT' = VIJZEL UIT

Afstand (m)	Geluidsniveau (dB)		Geluidsniveau (dB)	
	100-300 Hz		900-1200 Hz	
			Uit	Aan
0	69	113	63	111
5	-	79	-	99
12	-	73	-	93
18	-	70	-	74

### SAMENVATTING

Op grond van de resultaten kan deze onderzoeksvraag niet met zekerheid beantwoord worden. Zowel bij Hillekade als Hoekpolder, twee nieuwe visvriendelijke gemalen die relatief veel geluid produceren in de voor vissen hoorbare bandbreedtes, passeerde een groot deel van het aanbod aan eurytope soorten en daarnaast enkele rheofiele en limnofiele soorten. Voor het gemaal Hoekpolder kon worden vastgesteld dat dit aandeel groter is dan vóór de aanpassing. Tevens gebruikte hier een groot deel van het aanbod aan doelsoorten, zoals aal en driedoornige stekelbaars, na de aanpassing het gemaal als migratieroute. Het geluidsklimaat lijkt hier dus geen grote migratiebarrière op te werpen.

De resultaten van het gemaal Kralingse Plas tonen een sterke toename in het aandeel passerende overige soorten (uit de families der baarzen en karpers) en een afname van het aandeel passerende doelsoorten (aal). Hier zou de geluidsarmere aanpassing een positief effect kunnen hebben gehad op het aandeel passerende overige soorten. Gezien de lage aantallen doelsoorten voor en na de aanpassing, is het voorbarig om te stellen dat de aanpassing een negatief effect heeft gehad op het aandeel passerende doelsoorten. Toeval, een weersinvloed of een afname van de palingstand in de Kralingseplas kunnen als verklarende factoren niet worden uitgesloten.

## 4.4 POMPRENDEMENT

### 4.4.1 VRAAG 7 – HOE IS HET POMPRENDEMENT VAN DE VISVEILIGE INNOVATIEVE POMPEN?

Bij de gemalen Hillekade, Kralingse Plas, Hoekpolder en Ennemaborgh is gekozen voor visvriendelijke opvoerwerken als aanpassing ter vermindering van de schadeprecentages en de barrièrewerking voor vis. Om na te gaan wat deze aanpassingen kunnen betekenen voor het functioneren van een gemaal als polderbemaler en als vispassage, is onderzoek naar het pomprendement gedaan. De waterbeheerder wil een zo hoog mogelijk pomprendement om rendabel een polder te kunnen bemalen. Daarbij moet worden opgemerkt dat het pomprendement in het algemeen toeneemt met het debiet en dat passerende vissen vaker worden beschadigd bij hoge draaisnelheden (zie de vergelijking tussen de twee in 2011 onderscheiden situaties voor het gemaal Aalkeet Buitenpolder. Dit is sterk afhankelijk van de vormgeving).

Als best mogelijke oplossing voor waterbeheerder en vis geldt een gemaal dat bij hoge snelheid (en een hoog rendement) een visveilige passagemogelijkheid biedt. Bij de gemalen waar de oude en de nieuwe situatie kunnen worden vergeleken, Kralingse Plas en Hoekpolder, is de oplossing geslaagd. Beide nieuwe opvoerwerken hebben een rendement van circa 82%.

Het pomp rendement in de oude situatie was 70 – 72% voor gemaal Kralingse Plas en 60 – 65% voor gemaal Hoekpolder.

Voor de gemalen Hillekade, Kralingse Plas, Aalkeet Buitenpolder en Hoekpolder is onderzocht of de draaisnelheid (uitgedrukt als het debiet in m<sup>3</sup>/min) is gerelateerd aan de hoeveelheid vis die de gemalen passeert (zie Tabel 16, 19, 22 en 24). Omdat het aantal passagebepalingen beperkt was en sommige gemalen altijd op dezelfde capaciteit draaiden, kan hierover geen uitspraak worden gedaan. In de meeste gevallen lijkt het aantal passerende vissen wel toe te nemen met de totale hoeveelheid water die tijdens een bemonsteringsnacht door het gemaal wordt gepompt. Ook hier zorgt de geringe steekproefgrootte echter voor niet significante resultaten.

Op basis van de niet significante resultaten kan alleen worden gezegd dat de gegevens lijken te wijzen in de richting van betere passeerbaarheid van gemalen bij een hoger debiet. Wel is in het huidige onderzoek aangetoond dat de visvriendelijke gemalen ook bij een hoog debiet visveiligheid garanderen.

### **SAMENVATTING**

Een keuze voor aangepaste pompbediening in plaats van een aangepaste pomp, zoals beschreven voor het gemaal Aalkeet Buitenpolder, leidt tot een lager rendement bij een hogere visveiligheid. Het rendement van de nieuwe visveilige opvoerwerken is gelijk aan of groter dan het rendement van de oude opvoerwerken. Omdat de vissen ook bij hoge draaisnelheid de nieuwe pompen met een zeer laag schadepercentage kunnen passeren, gaan hoge pomp rendementen hier samen met een goede vispasseerbaarheid en visveiligheid.

## **4.5 BIJDRAGE AAN KRW-DOELSTELLINGEN**

### **4.5.1 VRAAG 8 – WELK EFFECT HEEFT DE VOORZIENING OP DE EKR-SCORE VAN HET KRW-WATERLICHAAM?**

#### **GEMAAL HILLEKADE**

##### *Binnenzijde*

Het waterlichaam Kromme, Geer en Zijde is van het KRW-watertype M8. Voor de bouw van het nieuwe gemaal was de KRW-beoordeling: GEP, EKR=0,71 (Maessen *et al.* 2008). Op de deelmaatlaten scoorde het aantal plantenminnende en migrerende soorten EKR=1,00. Het gewichtsaandeel brasem en karper, een negatieve indicator, scoorde EKR=0,53 en het gewichtsperscentage plantenminnende soorten EKR=0,52.

Het nieuwe gemaal zal het algemene oordeel voor de polder Kromme, Geer en Zijde niet kunnen verhogen. De geschapen in- en uittrekmogelijkheden voor diadrome soorten hebben ook geen positief effect op de EKR-score, omdat het aantal plantenminnende en migrerende soorten al maximaal scoort. De monitoring heeft wel bevestigd dat deze soorten het gemaal gebruiken voor de uittrek. Winst zou kunnen worden geboekt op de deelmaatlaten die de gewichtsaandelen van brasem en karper en van plantenminnende soorten beoordelen. Met name de uittrek van brasem en karper via het aangepaste gemaal zou een positieve bijdrage kunnen leveren. De najaarsgegevens van 2011 laten zien dat veel brasem door het gemaal is gegaan. In het voorjaar van 2012 zijn geen plantenminnende of migrerende soorten ingetrokken die niet al in het najaar van 2011 in het gebied aanwezig waren.

*Buitenzijde*

Het waterlichaam Den Hoek en Schuwacht is van het KRW-watertype M8. Voor de bouw van het nieuwe gemaal was de KRW-beoordeling: GEP, EKR=0,72 (Broeckx *et al.* 2011). Op de deelmaatlaten scoorde het aantal plantenminnende en migrerende soorten EKR=1,00. Het gewichtsaandeel brasem en karper, een negatieve indicator, scoorde EKR=0,64 en het gewichtspercentage plantenminnende soorten EKR=0,52.

Het nieuwe gemaal zal het algemene oordeel voor de polder Den Hoek en Schuwacht niet kunnen verhogen. De geschapen in- en uittrekmogelijkheden voor diadrome soorten hebben ook geen positief effect op de EKR-score, omdat het aantal plantenminnende en migrerende soorten al maximaal scoort. De monitoring heeft wel bevestigd dat deze soorten het gemaal gebruiken voor de uittrek. Winst zou kunnen worden geboekt op de EKR van de deelmaatlaten die de gewichtsaandelen van brasem en karper en van plantenminnende soorten beoordelen. Voor brasem en karper zou migratie uit de polder via de retourleiding bij het aangepaste gemaal een positieve bijdrage kunnen leveren. Het oordeel op deze deelmaatlat is echter reeds 'goed'. De najaarsgegevens van 2011 laten zien dat de plantenminnende tiendoornige stekelbaars door het gemaal is gegaan. Deze soort ontbrak in polder Den Hoek en Schuwacht bij de visstandbemonstering. Het effect op deze deelmaatlat zal niet groot zijn.

**GEMAAL KRALINGSE PLAS***Binnenzijde*

Het waterlichaam Kralingse Plas is van het KRW-watertype M14. Voor de aanpassing van het gemaal was de KRW-beoordeling: ontoereikend, EKR=0,22 (Spier *et al.* 2007; Maessen *et al.* 2008). Op de deelmaatlaten scoorde het aantal soorten (exclusief exoten) EKR=0,27. Het gewichtsaandeel brasem, een negatieve indicator, scoorde EKR=0,17, het gewichtspercentage plantenminnende soorten EKR=0,19, het gewichtsaandeel zuurstoftolerante soorten 0,00 en het gewichtsaandeel baars en blankvoorn op de eurytope soorten EKR=0,46.

Het nieuwe gemaal zal het algemene oordeel voor de Kralingse Plas duidelijk kunnen verhogen door wegtrek van brasem. De geschapen uittrekmogelijkheden voor diadrome soorten hebben geen negatief effect op de EKR-score, omdat het aantal migrerende soorten niet meetelt in deze maatlat. De monitoring heeft wel bevestigd dat aal het gemaal gebruikt voor de uittrek. Winst zou kunnen worden geboekt op de deelmaatlat die het gewichtsaandeel van brasem beoordeelt. De najaarsgegevens van 2011 laten zien dat veel brasem door het gemaal is gegaan. De grootte van het effect is op basis van de bestaande gegevens niet in te schatten.

*Buitenzijde*

Het waterlichaam Rotteboezem is ook van het KRW-watertype M14. Voor de bouw van het nieuwe gemaal was de KRW-beoordeling: ontoereikend, EKR=0,29 (Broeckx *et al.* 2011). Op de deelmaatlaten scoorde het aantal soorten (exclusief exoten) EKR=0,90. Het gewichtsaandeel brasem, een negatieve indicator, scoorde EKR=0,15, het gewichtspercentage plantenminnende soorten EKR=0,21, het gewichtsaandeel zuurstoftolerante soorten 0,00 en het gewichtsaandeel baars en blankvoorn op de eurytope soorten EKR=0,21.

De verbeterde vispasseerbaarheid door het nieuwe gemaal zal het algemene oordeel voor de Rotteboezem kunnen verhogen of verlagen. De geschapen intrekmogelijkheden vanuit de Kralingse Plas voor diadrome soorten hebben een positief effect op de EKR-score. De monitoring heeft bevestigd dat aal het gemaal gebruikt voor de uittrek. Een lagere score op de deel-



maatlat die het gewichtsaandeel van brasem beoordeelt lijkt waarschijnlijk. De najaarsgegevens van 2011 laten zien dat veel brasem door het gemaal is gegaan. De grootte van het effect is op basis van de bestaande gegevens niet in te schatten. Een positief effect wordt verwacht op de deelmaatlat met betrekking tot het gewichtsaandeel baars en blankvoorn op de eurytope soorten. Met name baars is in het najaar van 2011 massaal door het gemaal getrokken naar de Rotte.

## **GEMAAL ABRAHAM KROES**

### *Binnenzijde*

Het waterlichaam Zuidplaspolder Zuid is van het KRW-watertype M8. Voor de bouw van de hevelvistrap was de KRW-beoordeling: MEP, EKR=1,00 (Boerkamp & Rutjes, 2010). Op de deelmaatlaten scoorde het aantal plantenminnende en migrerende soorten, het gewichtsaandeel brasem en karper, een negatieve indicator, en het gewichtspercentage plantenminnende soorten allen EKR=1,00.

De nieuwe vistrap zal het algemene oordeel voor de Zuidplaspolder Zuid niet kunnen verhogen. De geschapen in- en uittrekmogelijkheden voor diadrome soorten hebben ook geen positief effect op de reeds maximale EKR-score, maar de bestanden van deze soorten in de polder zouden wel kunnen verbeteren. De monitoring heeft niet bevestigd dat deze soorten de trap gebruiken voor de uittrek. Ook op de andere deelmaatlaten kan geen winst worden geboekt. Wel zou door intrek in het voorjaar de opbouw van de visgemeenschap in de polder evenwichtiger kunnen worden. Deze wordt nu gedomineerd door snoek (Boerkamp & Rutjes, 2010), hetgeen positief is voor de maatlatscore, maar niet voor de samenstelling van de totale visgemeenschap. In het voorjaar van 2012 is in ieder geval aangetoond dat rode aal de vistrap kan gebruiken voor de intrek. De relatief sterke intrek van riviergrondel is in principe positief voor de opbouw van de visgemeenschap. Het is echter de vraag in hoeverre de lage absolute aantallen ingetrokken vis hieraan een substantiële bijdrage zullen leveren. Deze waarnemingen kunnen echter wel perspectief bieden op wat langere termijn, wanneer de vistrap zich tot een bekende vismigratieroute zou kunnen ontwikkelen. Vissen hebben in het algemeen wat tijd nodig om een nieuwe migratieroute te leren kennen.

### *Buitenzijde*

Het waterlichaam Ringvaart is van het KRW-watertype M10. Voor de bouw van het nieuwe gemaal was de KRW-beoordeling: GEP, EKR=0,95 (Boerkamp & Rutjes, 2010). Op de deelmaatlaten scoorde het aantal plantenminnende en migrerende soorten EKR=1,00. Het gewichtsaandeel brasem en karper, een negatieve indicator, scoorde ook EKR=1,00 en het gewichtspercentage plantenminnende soorten EKR=0,87.

De nieuwe vistrap zal het algemene oordeel voor de Ringvaart niet kunnen verhogen. De geschapen in- en uittrekmogelijkheden voor diadrome soorten hebben ook geen positief effect op de EKR-score, omdat het aantal plantenminnende en migrerende soorten al maximaal scoort. De monitoring heeft ook nog niet bevestigd dat deze soorten de trap gebruiken voor de uittrek naar de Ringvaart. Voor brasem en karper zou migratie uit de polder via de vistrap een negatief effect kunnen hebben. De najaarsgegevens van 2011 laten zien dat brasem door de trap is gegaan. Het bestand in de polder was in 2011 echter dermate klein dat er geen effect op de deelmaatlatscore voor de Ringvaart wordt verwacht. Dit laatste geldt ook voor de plantenminnende soorten. De voorjaarstrek van de Ringvaart naar de polder zal, op basis van de resultaten van de monitoring in 2012, ook geen effect sorteren op de EKR-score van de Ringvaart.

## SNELLE SLUIS

### *Binnenzijde*

Het waterlichaam Ringvaart is van het KRW-watertype M10. Voor de bouw van het nieuweemaal was de KRW-beoordeling: GEP, EKR=0,95 (Boerkamp & Rutjes, 2010). Op de deelmaatlatten scoorde het aantal plantenminnende en migrerende soorten EKR=1,00. Het gewichtsaandeel brasem en karper, een negatieve indicator, scoorde ook EKR=1,00 en het gewichtspercentage plantenminnende soorten EKR=0,87.

Visvriendelijk sluisbeheer zal het algemene oordeel voor de Ringvaart niet kunnen verhogen. De geschapen in- en uittrekmogelijkheden voor diadrome soorten hebben ook geen positief effect op de EKR-score, omdat het aantal plantenminnende en migrerende soorten al maximaal scoort. De monitoring heeft wel bevestigd dat deze soorten de sluis in hoge aantallen gebruiken voor de uittrek. De najaarsgegevens van 2011 laten ook zien dat veel brasem door de sluis is gegaan. Het gewichtsaandeel van deze negatieve indicator was echter al zo klein dat de Ringvaart maximaal scoorde op deze deelmaatlat. Daar komt bij dat in het voorjaar van 2012 weer brasem introk. Plantenminnende soorten zijn, zowel in het voorjaar als in het najaar, relatief weinig door de sluis getrokken, zodat de kans op een meetbaar effect op de deelmaatlatscore niet aanwezig lijkt. Het visvriendelijk sluisbeheer zal de vrije migratie en een gezonde visstand in en uit de Ringvaart zeker bevorderen, maar voor het maatlattype worden geen effecten op de EKR-score verwacht. Van de gerealiseerde goede doortrekmogelijkheden voor de diadrome soorten aal, bot en driedoornige stekelbaars, zijn alleen die van aal en driedoornige stekelbaars van belang voor de KRW-deelmaatlat. Bot wordt voor het watertype M10 niet meegeteld als migrerende soort.

### *Buitenzijde*

Het waterlichaam Hollandsche IJssel (NL94\_7) is van het KRW-watertype R8 (zoet getijdenwater (uitlopers rivier) op zand/klei) en heeft de status 'sterk veranderd'. Voor het kwaliteitselement vis heeft de afgeleide GEP de waarde 0,32 (Ciarelli et al. 2009). In 2007 was de KRW-beoordeling: matig, EKR=0,27 (Ciarelli et al. 2009). De EKR-score uit 2007 ligt maar weinig onder de grens van het GEP. In 2009 werd de toestand voor vis in dit waterlichaam als 'goed' beoordeeld (RWS Zuid-Holland 2012). Daarbij werd geen EKR-score gegeven, zodat deze slechts kan worden weergegeven als  $EKR > 0,32$ . Voor het watertype R8 wordt de maatlatscore bepaald door het aantal soorten rheofiele, diadrome en limnofiele vis, en door de relatieve abundanties van rheofielen en limnofielen. Daarbij geldt voor alle gilden dat een toename in soorten-aantal en relatieve abundantie bijdraagt aan een hogere EKR-score (van der Molen 2004).

De migratieroute via de Snelle Sluis zal naar verwachting niet bijdragen aan een hogere KRW-beoordeling, omdat in 2009 het GEP al was bereikt. Wel zou in principe de relatief lage EKR-score nog kunnen worden verbeterd. Tijdens de najaarsbemonstering in 2011 bleek de soortensamenstelling aan de binnenzijde van de sluis echter vrijwel gelijk te zijn aan die welke in het voorjaar van 2012 aan de buitenzijde werd gevonden. Dit wekt de indruk dat de nieuwe route na drie jaar al een volledige uitwisseling van soorten tussen Ringvaart en Hollandsche IJssel mogelijk heeft gemaakt. Op basis van de geaggregeerde vangsten van de aanbod- en de passagefuiken is voor het najaar van 2011 en het voorjaar van 2012 de EKR-score voor respectievelijk de binnen- en de buitenzijde van de sluis berekend. Omdat de bemonsteringen niet volgens de KRW-richtlijnen zijn uitgevoerd, mogen de berekende waarden niet worden gebruikt voor het beoordelen van de wateren. Ze kunnen echter wel onderling worden vergeleken om de mogelijke effecten van de migratieroute op de EKR-score van de Hollandsche

IJssel te bepalen. De waarden bleken vrijwel gelijk voor de Ringvaart (najaar 2011: EKR=0,16) en de Hollandsche IJssel (voorjaar 2012: EKR=0,17). Dit betekent dat zelfs bij een maximale uittrek, van alle in het aanbod gevangen vis, geen effect op de EKR-score van de Hollandsche IJssel wordt verwacht.

## **GEMAAL AALKEET BUITENPOLDER**

### *Binnenzijde*

De Aalkeet Buitenpolder is niet gedefinieerd als waterlichaam. Op basis van de gemiddelde waarden uit het aanbod bij de nulmonitoring in 2009 en de najaarsmonitoring in 2011 is een schatting gemaakt van de KRW-beoordeling volgens de maatlat voor het watertype M8. De KRW-beoordeling is geschat op matig, EKR=0,52. Op de deelmaatlaten scoorde het aantal plantenminnende en migrerende soorten EKR=0,30. Het gewichtsaandeel brasem en karper, een negatieve indicator, scoorde EKR=0,97 en het gewichtspercentage plantenminnende soorten EKR=0,31.

De nieuwe vistrap zal het algemene oordeel voor de Aalkeet Buitenpolder mogelijk kunnen verhogen. De geschapen in- en uittrekmogelijkheden voor diadrome soorten kunnen daarbij een grote rol spelen. De monitoring heeft bevestigd dat (rode) aal de trap kan gebruiken voor zowel in- als uittrek. De grootste winst is hier waarschijnlijk te boeken door intrek van diadrome soorten in het voorjaar. Hoewel brasem in relatief grote aantallen door de trap naar buiten trok, is het gewichtsaandeel in de polder reeds dermate laag dat bijna de maximale EKR-score is bereikt. Een verdere verhoging ligt niet voor de hand, tenzij grote exemplaren brasem en karper, die aan de buitenzijde van de trap aanwezig zijn (zie hieronder) in het voorjaar massaal naar binnen trekken. Dat is in het voorjaar van 2012 echter niet gebeurd. In het najaar van 2011 is geen enkele plantminnende soort door de trap naar buiten getrokken. Een verlaging van de deelmaatlatscore is hiermee onwaarschijnlijk. Wel liggen hier mogelijkheden voor een positief effect ten gevolge van intrek. Aan de buitenzijde van de passage is het aantal migrerende en plantenminnende soorten hoog (zie hieronder). In het voorjaar zijn wel drie plantenminnende soorten ingetrokken, Kleine modderkruiper, ruisvoorn en tiendoornige stekelbaars, hoewel niet in grote aantallen. Het mag worden verwacht dat kleine modderkruiper en tiendoornige stekelbaars ook in het najaar van 2011 wel in de polder aanwezig waren. Deze soorten worden gemakkelijker gevangen in een vangconstructie achter de passage dan in een aanbodfuik. De intrek heeft daarom waarschijnlijk het aantal plantenminnende soorten in de polder niet verhoogd.

### *Buitenzijde*

Het waterlichaam Westboezem is van het KRW-watertype M3. Op de in 2006 uitgevoerde visstandbemonstering (Kroes & Vriese, 2007) hebben wij een KRW-beoordeling uitgevoerd volgens de maatlat M3. Voor de bouw van de vistrap was de KRW-beoordeling: matig, EKR=0,50. Op de deelmaatlaten scoorde het aantal plantenminnende en migrerende soorten EKR=1,00. Het gewichtsaandeel brasem en karper, een negatieve indicator, scoorde EKR=0,26 en het gewichtspercentage plantenminnende soorten EKR=0,23.

De nieuwe vistrap zal naar verwachting weinig effect hebben op het algemene oordeel en de EKR-score van de Westboezem. Het aantal plantminnende en migrerende soorten scoort hier al maximaal. Een positief effect zou wel kunnen optreden als brasem en karper in grote aantallen door de vistrap naar de Aalkeet Buitenpolder zouden trekken. Met name bij trek van grote vissen kan daarmee het gewichtsaandeel van deze negatieve indicatoren omlaag gaan

ten gunste van dat van de plantenminnende soorten. Tijdens de voorjaarsbemonstering van 2012 heeft een dergelijke trek echter niet plaatsgevonden.

## **GEMAAL HOEKPOLDER**

### *Binnenzijde*

De Hoekpolder is niet gedefinieerd als waterlichaam. Op basis van de gemiddelde waarden uit het aanbod bij de nulmonitoring in 2009 en de najaarsmonitoring in 2011 is een schatting gemaakt van de KRW-beoordeling volgens de maatlat voor het watertype M8. De KRW-beoordeling is geschat op ontoereikend. Er is geen EKR-score berekend, omdat de gewichtspersentages van met name brasem en karper niet beschikbaar zijn. Op de deelmaatlaten scoorde het aantal plantminnende en migrerende soorten EKR=0,30. Het gewichtsaandeel brasem en karper, een negatieve indicator, zou op een veel te hoge score uitkomen, gezien de grootte van de vissen. Hiermee zou de score voor het gewichtsperscentage plantminnende soorten veel te laag zijn.

Het nieuwe gemaal zal het algemene oordeel voor de Hoekpolder Zuid mogelijk kunnen verhogen. De geschapen uittrekmogelijkheden voor diadrome soorten kunnen daarbij geen grote rol spelen. De monitoring heeft bevestigd dat aal en driedoornige stekelbaars het gemaal kunnen gebruiken voor de uittrek. Omdat deze soorten echter al in het gebied aanwezig zijn, lijkt het feit dat ze niet via het gemaal weer kunnen intrekken niet van belang voor de EKR-score. Er bestaan waarschijnlijk andere intrekroutes. De grootste winst is hier waarschijnlijk te boeken door uittrek van brasem in het najaar. Brasem trok in 2011 in relatief grote aantallen door het gemaal naar buiten. Plantminnende soorten zijn het gemaal nauwelijks gepasseerd. Voor deze deelmaatlat wordt dan ook geen effect verwacht.

### *Buitenzijde*

Het waterlichaam Oostboezem is van het KRW-watertype M7b. Op de in 2006 uitgevoerde visstandbemonstering (Kroes & Vriese, 2007) hebben wij een KRW-beoordeling uitgevoerd volgens de maatlat M7b. Voor de aanpassing van het gemaal was de KRW-beoordeling: GEP, EKR=0,89. Op de deelmaatlaten scoorde het aantal plantminnende en migrerende soorten EKR=1,00. Het gewichtsaandeel brasem en karper, een negatieve indicator, scoorde EKR=0,67 en het gewichtsperscentage plantminnende soorten EKR=1,00.

Het enige effect van de aanpassing van het gemaal op de KRW-beoordeling van de Oostboezem zou kunnen worden veroorzaakt doordat brasem en karper in grote aantallen door het gemaal naar de boezem zouden trekken. Met name bij trek van grote vissen kan daarmee de EKR voor het gewichtsaandeel van deze negatieve indicatoren omlaag gaan ten gunste van dat van de plantminnende soorten. Het is de vraag of het bestand in de Hoekpolder groot genoeg is om een verlaging van het oordeel tot het niveau 'matig' te veroorzaken. Wel zou de totale EKR-score wat lager kunnen worden.

## **GEMAAL MAELSTEDDE**

### *Binnenzijde*

Het waterlichaam Maelstede wordt op basis van een gemiddeld zoutgehalte in de zomer van 2,7 g l<sup>-1</sup>, gerekend tot het KRW-watertype M30: 'Zwak brak water'. Vóór de aanleg van de passage is er geen open verbinding met zee en daarmee geen potentie voor de aanwezigheid van diadrome en estuarien residente vissoorten (de doelsoorten). Volgens het laatste onderzoek

(Rutjes & Dubbeldam, 2011) scoort het watersysteem 'matig' op de deelmaatlat vis (EKR=0,46). In tegenstelling tot een eerder onderzoek in 2007 (Rutjes & Dubbeldam, 2007), zijn in 2011 meer zoetwatersoorten en minder diadrome soorten gevangen.

Met de ingebruikname van de passage in het voorjaar van 2012, is een KRW- M30watertype met een verbinding naar zee ontstaan en kunnen de doelsoorten zich vestigen in het waterlichaam. De verwachting was dat het soortenspectrum van het visbestand hierdoor zou worden uitgebreid met spiering, bot en brakwatergrondel. Ook wordt verwacht dat de biomassa driedoornige stekelbaars en aal zal toenemen. De door de aanleg van de vispassage gerealiseerde toename van het aantal vissoorten en van de juiste visbiomassa, zou moeten resulteren in een verbetering van het KRW-oordeel van 'matig' tot 'GEP' (Goed Ecologisch Potentieel). Het verwachtingspatroon is bevestigd door de voorjaarsmonitoring in 2012. Glasaal en driedoornige stekelbaars waren de soorten die in de hoogste aantallen naar binnen trokken, hoewel het maximaal minder dan dertig exemplaren per fuiknacht betrof. De verwachte doelsoorten spiering, bot en brakwatergrondel zijn alle drie het waterlichaam Maelstede binnengetrokken.

#### *Buitenzijde*

Over de effecten van de nieuwe vispassage op de Westerschelde kan geen oordeel worden gegeven, hoewel vrijwel geen effect wordt verwacht.

### **GEMAAL ENNEMABORGH**

#### *Binnenzijde*

Voor het poldergebied waarvoor het nieuwe gemaal Ennemaborgh de afwatering verzorgt, is geen waterlichaam gedefinieerd. Op basis van een visstandbemonstering die in 2009 is uitgevoerd (Bonhof, 2009), hebben wij een KRW-beoordeling uitgevoerd volgens de maatlat voor het watertype M1a. Het resultaat van de KRW-beoordeling was matig, EKR=0,49. Op de deelmaatlatten scoorde het aantal plantminnende en migrerende soorten EKR=0,60. Het gewichtsaandeel brasem en karper, een negatieve indicator, scoorde EKR=0,62 en het gewichtspercentage plantminnende soorten EKR=0,26.

Het enige effect van het nieuwe gemaal op de KRW-beoordeling van het achterland zou kunnen worden veroorzaakt doordat brasem en karper in grote aantallen door het gemaal naar de boezem zouden trekken. Hoewel de passagebepaling te weinig vis opleverde voor onderbouwde uitspraken, is opvallend dat onder de acht gepasseerde vissen vijf brasems waren en één karper. De deelmaatlatscore voor het gewichtsaandeel brasem en karper is al hoog en valt juist binnen de categorie 'goed'. Het lijkt onwaarschijnlijk dat uittrek van de negatieve indicatoren tot een verhoging van de beoordelingscategorie zal leiden.

#### *Buitenzijde*

Aan de buitenzijde van het gemaal behoort het Nieuwe Kanaal tot het waterlichaam Boezemkanalen Oldambt. Dit waterlichaam is in 2005 met betrekking tot vis beoordeeld als 'matig' (EKR=0,55; de Laak *et al.*, 2008). Omdat de visstandbemonstering waarop dit oordeel is gebaseerd niet geheel volgens de KRW-richtlijnen is uitgevoerd, wordt hier gebruik gemaakt van gegevens uit het najaar van 2010. Hoewel gemaal Ennemaborgh ten tijde van de visstandbemonstering in 2010 reeds in werking was, mag worden aangenomen dat van een meetbaar effect op de visgemeenschap aan de buitenzijde van het gemaal nog geen sprake was. In ver-

band met het ontbreken van goede maatlaten voor de watertypen M3, M6a en M6b, waartoe de verschillende deelgebieden van het waterlichaam moeten worden gerekend, zijn de resultaten van de bemonstering getoetst aan de maatlat M14 (Bonhof & Wolters, 2012). Evenals in 2005 was het resultaat van de KRW-beoordeling in 2010: matig, EKR=0,50. Op de deelmaatlaten scoorde het aantal soorten (exclusief exoten) EKR=0,80. Het gewichtsaandeel brasem, een negatieve indicator, scoorde EKR=0,34, het gewichtsperscentage plantminnende soorten EKR=0,39, het gewichtsaandeel zuurstoftolerante soorten 0,43 en het gewichtsaandeel baars en blankvoorn op de eurytope soorten EKR=0,53. Toetsing aan de afgeleide maatlat voor de boezemkanalen Oldambt leverde hetzelfde beoordelingsresultaat op. Hoofdoorzaak voor de relatief lage beoordeling is de dominantie van brasem in de aanwezige biomassa. Het Nieuwe Kanaal, achter gemaal Ennemaborgh, is relatief rijk aan planten. Hier draagt de plantminnende snoek meer bij aan de biomassa dan brasem.

Waar trek van grote hoeveelheden brasem en karper door het gemaal de EKR-score aan de binnenzijde zou kunnen verhogen, zal dit aan de buitenzijde mogelijk tot een lagere score leiden. Voor het deelgebied Nieuwe Kanaal, achter het gemaal, zou een meetbaar effect verwacht kunnen worden. Het oordeel met betrekking tot dit deelgebied zal waarschijnlijk niet veranderen. Hier kan een verslechtering ten gevolge van de uittrek van brasem en karper mogelijk worden gecompenseerd door een verbetering ten gevolge van de uittrek van blankvoorn, waardoor het aandeel baars en blankvoorn binnen de eurytope soorten zal toenemen. Op het niveau van het waterlichaam lijkt een duidelijk effect van het nieuwe gemaal onwaarschijnlijk. Wel bestaat de mogelijkheid dat de visvriendelijke inrichting van het achterland die momenteel wordt uitgevoerd (P.P. Schollema, mondelinge mededeling) tot een groter bestand aan plantminnende soorten leidt. Op den duur zouden deze door het gemaal naar de boezem kunnen migreren.

### **SAMENVATTING**

Bij deze onderzoeksvraag gaat het om de EKR-score voor het kwaliteitselement vis, van de waterlichamen waarmee het kunstwerk direct in verbinding staat. We maken onderscheid tussen de 'binnenzijde' van het kunstwerk, dat is het waterlichaam in het achterland van de passage, en de 'buitenzijde', het waterlichaam waarin de passage op uitmondt.

De EKR-score vóór de aanpassing is aangeleverd door de waterbeheerder, maar was niet voor ieder kunstwerk beschikbaar. Waar geen waterlichaam was gedefinieerd, is met behulp van beschikbare gegevens over visstandbemonsteringen of de aanbodgegevens van 2009 en 2011, een schatting gemaakt op basis van een algemeen M-type.

Het effect op de EKR van de aanpassing, in termen van afname of toename, is afgeleid uit de soortensamenstelling van de passagebepalingen in 2011 en 2012.

### **BINNENZIJDE**

Bij vier van de acht kunstwerken die in het kader van het project zijn onderzocht, wordt een toename verwacht van de EKR in het achterland (Tabel 37). Waar geen verandering wordt verwacht scoort het aantal plantminnende en migrerende soorten al maximaal en heeft een verhoogde in- en uittrek van diadrome soorten geen effect op de maatlatscore. Wel is het in een aantal gevallen denkbaar dat winst kan worden geboekt door een hogere uittrek van brasem en karper.

**BUITENZIJDJE**

Voor geen van de kunstwerken wordt een positief effect verwacht op de EKR-score van het waterlichaam waar het kunstwerk op afwatert. In de meeste gevallen geldt dat het aantal plantminnende en migrerende soorten al maximaal scoort. Het is denkbaar dat de score toeneemt door een afname van het gewichtsaandeel van negatieve indicatoren zoals brasem en karper, als gevolg van de intrek van grote exemplaren. Hierdoor zou de score voor de binnenzijde echter weer verlaagd worden.

**TABEL 37** VERGELIJKING VAN DE EKR-SCORES VÓÓR EN NÀ AANPASSING VAN DE GEMALEN. AANPASSING VAN DE GEMALEN KRIMPENERWAARD EN VERDOOLD IS UITGESTELD; DEZE VALLEN BUITEN HET VZWEW-PROJECT

Gemaal / Sluis	EKR vóór aanpassing		EKR nà aanpassing	
	Binnenzijde	Buitenzijde	Binnenzijde	Buitenzijde
Krimpenewaard	De aanpassing van dit gemaal is uitgesteld			
Verdoold	De aanpassing van dit gemaal is verschoven naar 2012			
Hillekade	0,71	0,72	±	±
Kralingse Plas	0,22	0,29	+	- of +
Abraham Kroes	1,00	0,95	±	±
Snelle Sluis	0,95	> 0,32	±	±
Aalkeet Buitenpolder	0,52	0,50	+	±
Hoekpolder	0,2-0,4	0,89	+	-
Maelstede	0,46	? <sup>1)</sup>	+	±
Ennemaborgh	0,49	0,50	±	±

- = afname; ± = gelijk; + = toename

<sup>1)</sup> De EKR van de Westerschelde is niet bekend, aanpassing heeft vermoedelijk geen effect

# 5

## DISCUSSIE

Het onderzoek naar aanbod en passage kon overal in goede orde worden uitgevoerd, ofschoon niet altijd op de geplande termijn (Maelstede). Niet overal waren de vangsten groot genoeg voor het doen van betrouwbare uitspraken. Zo bleven in het najaar van 2011 de traditionele temperatuursdaling en de stormen uit, waardoor met name de trek van de schieraal niet echt naar een piek liep. Pas na half december, toen het onderzoek was afgelopen, was sprake van storm en regen. Op basis van alle onderzoeksresultaten kunnen echter voldoende betrouwbare conclusies worden getrokken over de effecten van de verschillende aanpassingen op een succesvolle passage van vis. In dit hoofdstuk evalueren wij onze conclusies met betrekking tot de gestelde onderzoeksvragen.

### 5.1 VISVEILIGHEID EN -PASSEERBAARHEID

#### 5.1.1 VERGELIJKBAARHEID AANBOD- EN PASSAGEVANGSTEN BINNEN MONITORINGSJAREN

Voor elke monitoringsperiode, zowel tijdens de nulmetingen als tijdens de testen, geldt dat de onderzochte gemalen onderling kunnen verschillen in de verhouding tussen de aanbodsvangsten en de passagevangsten. Dit geldt met name voor de potamodrome soorten (*overige soorten* in Tabel 1). Bij gemaal Kralingse Plas was het aanbod in het najaar van 2009 bijna drie keer zo hoog als het aantal passanten. Dat lijkt een normaal beeld bij onderzoek naar gemaalpassage. In de rapportage van de nulmetingen voor de gemalen van het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, werden ook veel lagere passagevangsten gevonden, in verhouding tot het aanbod bij de gemalen Krimpenerwaard, Verdoold, poldergemaal Abraham Kroes en ringvaartgemaal Abraham Kroes (Kruitwagen & Klinge, 2010a). De auteurs schrijven dit toe aan het feit dat de aanbodfuiken continu vangen, terwijl de gemalen maar een beperkt aantal uren hebben gedraaid met de vangconstructie erachter.

Het staat overigens niet vast dat bij een gelijke vangstinspanning de resultaten wel één op één vergelijkbaar zijn. Kruitwagen & Klinge (2010a) geven aan dat dit niet zo is voor de bemonstering van de Snelle Sluis (zoals beschreven in deze rapportage), omdat daar bij de passagebepaling de hele sluis wordt beslagen door het net, terwijl de aanbodfuiken slechts een deel van de toevoer bemonsteren. Mocht dit zo zijn, dan geldt in principe hetzelfde voor de vangconstructies achter de gemalen. Deze vangen ook de totale passage af. Bij onze interpretatie van de resultaten gaan wij uit van de aanname dat in het geval van een substantieel kleinere passagevangst ten opzichte van het aanbod, een deel van de voor het gemaal aanwezige vissen probeert het gemaal te mijden. In dat geval lijkt het waarschijnlijk dat slechts een deel van de populatie het gemaal gebruikt als migratieroute. Bij vangsten die in dezelfde orde van grootte liggen, wordt aangenomen dat er geen sprake is van vermijdingsgedrag. Hier zal een groter deel van de populatie, al dan niet bewust, het gemaal passeren. Bij duidelijk grotere vangsten achter het gemaal mag worden aangenomen dat een deel van de vissen



actief gebruik heeft gemaakt van de geboden uittrekmogelijkheid. Het is niet mogelijk om absolute waarden te berekenen voor het deel van van het visaanbod dat gebruik maakt van de migratieroute via de gemaalpompen. Wij gebruiken voor de najaarsmonitoring van 2011 dan ook relatieve waarden, verdeeld in drie categoriën (klein, intermediair, groot) op basis van de hierboven beschreven aannames. Door het simultaan zetten en lichten van aanbod- en passagefuiken in het voorjaar van 2012, werd een meer kwantitatieve benadering mogelijk, waarbij de grenzen voor de onderscheiden categorieën zijn vastgesteld op de waarden 0,25 en 0,75 van de intrekfractie.

### 5.1.2 VERGELIJKBAARHEID AANBOD- EN PASSAGEVANGSTEN TUSSEN MONITORINGSJAREN

De vergelijkbaarheid tussen monitoringsjaren kan het beste worden behandeld aan de hand van de voorjaarsmonitoring in de Snelle Sluis, omdat dit de meeste jaren beslaat en hierbij hetzelfde vistuig is gebruikt. In 2009 werden hier zeer weinig vissen gevangen. Er passeerden slechts 29 exemplaren (zes per fuiknacht) van zeven soorten in vijf fuiknachten (Kruitwagen & Klinge, 2010a). In het voorjaar van 2011 is opnieuw een bemonstering uitgevoerd, nu gedurende tien fuiknachten (Kalkman, 2011). Daarbij waren zowel de hoeveelheid passanten (985; 99 per fuiknacht) als het aantal soorten (vijftien) veel hoger dan in 2009. In het voorjaar van 2012 werden in zeven fuiknachten 613 vissen (88 per fuiknacht) en 21 soorten gevangen. De grote verschillen treden op tussen 2009 en de beide andere jaren. Hierbij zou kunnen worden verondersteld dat de vissen in 2009, toen voor het eerst loze schuttingen werden uitgevoerd om vissen te kunnen laten passeren, de migratieroute nog niet hadden ontdekt. Ook het aanbod was in 2009 echter veel lager dan in 2012 (in 2011 is geen aanbod bepaald). Door gebruik van een kruisnet in plaats van fuiken bij de aanbodbepaling in 2009 zijn de uitkomsten echter niet goed vergelijkbaar. Onder de aanname dat de orde van grootte van het aanbod in 2009 en 2012 echter wel is te vergelijken, blijkt de variatie tussen de jaren geen belemmering te zijn voor het verkrijgen van een indruk van het percentage van het aanbod dat de sluis passeert.

De monitoring bij alle kunstwerken laat variatie in de vangsten zien tussen de jaren. In principe is uit de verhouding tussen aanbod- en passagevangsten echter af te leiden welk deel van de variatie waarschijnlijk kan worden toegeschreven aan natuurlijke factoren en welk deel aan de gerealiseerde aanpassingen aan de kunstwerken. De betrouwbaarheid van deze analyse hangt af van de mate waarin de aanbod- en passagevangsten in de tijd overlappen. Bij een simultane bemonstering, zoals uitgevoerd in het voorjaar van 2012, zijn de resultaten het meest betrouwbaar en kan bijvoorbeeld een intrekfractie (zie paragraaf 4.2.2) worden berekend.

### 5.1.3 STATISTISCHE BETROUWBAARHEID VAN DE RESULTATEN PER SOORTGROEP

Diadrome doelsoorten komen vaak in lage dichtheden voor in de vangsten. De schatting van het deel van de aanwezige vissen dat werkelijk door het gemaal gaat, is voor deze soorten daarom waarschijnlijk onbetrouwbaarder dan voor de overige soorten. Hier staat tegenover dat eurytope soorten, die bij de meeste onderzochte kunstwerken het grootste deel uitmaken van de groep *overige soorten*, veel variatie vertonen met betrekking tot hun migratiebehoefte. De betrouwbaarheid van de schatting voor eurytope soorten is daarom waarschijnlijk lager dan die voor rheofiele en limnofiele soorten. Van rheofiele soorten mag worden verwacht dat zij actief een migratieroute proberen te vinden, terwijl limnofiele soorten vaker zullen proberen inzuiging door het gemaal te vermijden.

## 5.2 GELUIDSPRODUCTIE

Voor de evaluatie van de resultaten van de geluidsmetingen in de context van veiligheid en verstoring van vis is het belangrijk een aantal punten te noemen met betrekking tot tekortkomingen in de huidige stand van de wetenschap. Hoewel we voor veel vissoorten een goede indicatie hebben van de bandbreedte voor gehoorgevoeligheid (meestal door onderzoek aan verwante soorten), weten we voor geen enkele soort hoe dat zich verhoudt tot verstoringgevoeligheid. Verder zijn niet alleen geluidsniveaus van belang voor mogelijke reacties van vissen, maar ook bijvoorbeeld de spectrale verdeling van geluid in hoge en lage componenten. Ook weten we inmiddels dat de temporele variatie in het geluid invloed heeft, waarbij men kan denken aan homogene, continue geluiden of meer regelmatig of onregelmatig pulserende geluiden. En als laatste punt is het belangrijk zich te realiseren dat het geluid van opvoerwerken zijn invloed heeft in een cruciale periode voor vissen (bijvoorbeeld trektijd of paaiseizoen). Los van het feit dat variatie in motivatie van vissen hun verstoringgevoeligheid waarschijnlijk aanzienlijk kan beïnvloeden, zal variatie in het min of meer continue achtergrondlawaainiveau of het voorkomen van fluctuaties in verband met boot- en sluisactiviteiten ook de invloed van de gemaalgeluiden op visbewegingen veranderen.

### 5.2.1 MOGELIJKE EFFECTEN OP HABITATGEBRUIK VIS

Bepaalde vissoorten kunnen het geluid vervelend vinden en de daarmee gepaard gaande verstoring en vermijding kan een inperking van het beschikbare habitat inhouden. Verstoring in de zin van beperking in het beschikbare areaal is voor de hier geteste gemalen relatief beperkt vanwege de ondiepe wateren. De diepere hoofdsloten of boezems hebben nog de meeste potentie voor verstoring omdat daar het geluid over honderden meters hoorbaar kan zijn. De vraag blijft dan echter bij welke geluidskarakteristieken (niveau en frequentie) vissen een gebied mijden en voor welke soorten dit geldt. Om deze vraag te kunnen beantwoorden is experimenteel onderzoek noodzakelijk.

### 5.2.2 MOGELIJKE EFFECTEN OP PASSAGE GEMAALPOMP

Het gemaalgeluid kan ook voorkomen dat vissen te dicht in de buurt komen en door het opvoerwerk worden aangezogen. Verjaging kan hiermee schade en mortaliteit verkleinen die het gevolg zouden zijn van passage door het opvoerwerk. De evaluatie met betrekking tot gevaarvermindering door afschrikking hangt ook sterk af van ontberende kennis over de afstotende werking van geluid op vissen in het algemeen. Het is echter waarschijnlijk dat minder geluid, bijvoorbeeld bij het nieuwe gemaal van de Kralingse plas ook minder effectief zal zijn in het weren van vis. 'Plonsgeluiden' veroorzaakt door turbulentie aan het wateroppervlak, zoals bij het gemaal Hillekade, zouden echter ook wel eens meer aantrekkingskracht kunnen hebben op bepaalde vissoorten, omdat ze dit mogelijk herkennen als een natuurlijke waterval of stroomversnelling. Naar een degelijk effect is, voor zover bekend, nog geen onderzoek uitgevoerd.

### 5.2.3 MOGELIJKE EFFECTEN OP PASSAGE BYPASS

Het gemaalgeluid kan niet alleen de passage via een gevaarlijk opvoerwerk beïnvloeden, maar ook visverblijf en visbewegingen dusdanig veranderen dat het de passage door een veilige bypass kan beperken. De invloed van het gemaalgeluid op passage via een veilige route, met name voor vissen met trekdrang, kan voor de op akoestiek onderzochte locaties alleen worden afgeleid uit de waarnemingen bij het gemaal Kralingse Plas. Het verminderde lawaainiveau van de nieuwe pomp lijkt ons een mogelijk positief effect te kunnen hebben op het verblijven in de buurt van de sluis. Daarmee neemt de kans toe dat een vis de sluis kan binnenzwemmen, zodra hij de mogelijkheid krijgt. We verwachten hier naast de gemaalgeluiden

echter een grote invloed van scheepvaart en andere activiteiten die samenhangen met het sluisgebruik. Een analyse van 24-uurs opnames in de voor vissen belangrijke periode op deze locatie kan meer inzicht verschaffen in de cruciale temporele dynamiek van het geluidslandschap onder water. Voor de gemalen Abraham Kroes en Aalkeet Buitenpolder kan niet worden uitgesloten dat het gemaalgeluid passage van de nabijgelegen hevelvistrap negatief zou kunnen beïnvloeden.

### 5.3 POMPRENDEMENT

Uitspraken met betrekking tot het pomprendement zijn gebaseerd op door de leveranciers van de gemaalpompen uitgevoerde testen. Uit deze testen kan worden afgeleid dat het rendement van de nieuwe visveilige opvoerwerken gelijk of groter is dan dat van de oude opvoerwerken. De najaarsmonitoring in 2011 heeft aangetoond dat vissen de nieuwe pompen, ook bij een hoog toerental (en daarmee een relatief hoog rendement), met een zeer laag schadepercentage kunnen passeren. De visvriendelijke opvoerwerken kunnen hierdoor met een hoog rendement draaien zonder dat dit ten koste gaat van de visveiligheid.

### 5.4 BIJDRAGE AAN KRW-DOELSTELLINGEN

#### 5.4.1 EFFECTEN OP DE EKR SCORE

Bij vier van de acht onderzochte kunstwerken, de gemalen Kralingse Plas, Aalkeet Buitenpolder, Hoekpolder en Maelstede, zou een verhoging van de EKR-score in het achterland (de binnenzijde) mogelijk kunnen zijn door een verbetering van de vispasseerbaarheid. Het betreft waterlichamen met een relatief lage bestaande EKR-score. Met betrekking tot de najaarsmigratie van vis zou hier met name de uittrek van brasem (een negatieve indicatorsoort) van belang kunnen zijn. Vooral bij het gemaal Kralingse Plas blijken grote hoeveelheden brasem te kunnen passeren. Op basis van de monitoring achter het gemaal kan echter niet worden vastgesteld of de hoeveelheid uitgetrokken brasem een dermate groot deel van het bestand in het achterland uitmaakt, dat dit leidt tot een meetbaar effect op de EKR-score.

Meer effect wordt verwacht van de nieuwe mogelijkheden tot visintrek in het voorjaar. Van bovengenoemde vier gemalen zijn er twee, Aalkeet Buitenpolder en Maelstede, waarbij een bypass is aangebracht met de mogelijkheid tot intrek. Hoewel de passage bij gemaal Aalkeet Buitenpolder in het voorjaar van 2012 werd gebruikt door een rode aal, betrof dit geen voor de maatlat relevante soort die nog niet in de polder aanwezig was. Voor de plantenminnende soorten lleine modderkruiper en tiendoornige stekelbaars is dit niet zeker, maar waarschijnlijk waren beide soorten al gevestigd in de polder. Het effect op de populatie van aal in de polder kan uit de monitoring niet worden afgeleid.

Voor de locatie Maelstede liet de voorjaarsmonitoring in 2012 een duidelijker effect zien. Zoals verwacht, resulteerde de open verbinding met de Westerschelde in drie voor de KRW-maatlat relevante nieuwe soorten in de polder: spiering, bot en brakwatergrondel. Daarnaast werd vooral intrek van de diadrome soorten driedoornige stekelbaars en aal (in de vorm van glasaal) vastgesteld. Dit zal ongetwijfeld een positief effect hebben op de biomassa van deze laatste twee soorten aan de binnenzijde van het gemaal. Momenteel worden de KRW-maatlaten herzien. Het is ons nog niet bekend of met de aangepaste maatlaten gemakkelijker een effect van maatregelen op de EKR-score zal kunnen worden aangetoond.

#### 5.4.2 ALGEMEEN BELANG VISOPTREKBAARHEID

Behalve een goede EKR-score, is vrije visoptrekbaarheid van waterlichamen ook een belangrijke doelstelling binnen de Kaderrichtlijn Water. De vismonitoring in het najaar van 2011 en in het voorjaar van 2012 heeft aangetoond dat de realisatie van zowel visvriendelijke gemaal-pompen als van bypasses de visoptrekbaarheid sterk heeft vergroot. De effectiviteit van de bypasses, welk deel van de populatie daadwerkelijk de bypass gebruikt als migratieroute, is echter nog niet goed te meten en kan na verloop van jaren nog veranderen. Ook zal een kwantitatief effect van de maatregelen, in het kader van de KRW, zelfs na het vaststellen van de effectiviteit moeilijk te bepalen zijn. Daarvoor spelen ook andere factoren, zoals bijvoorbeeld het weer, een grote rol. Wel kan worden gezegd dat de gerealiseerde migratievoorzieningen een positieve bijdrage leveren aan het bereiken van de doelstellingen van de Kaderrichtlijn Water met betrekking tot het kwaliteitselement vis en tevens een bijdrage leveren aan het diervriendelijk maken van waterschapswerken. Daarnaast is verbeterde vismigratie van belang voor de biodiversiteit in het algemeen, voor uitwisseling van genetisch materiaal tussen vispopulaties onderling, voor diversiteit binnen vispopulaties en voor resistentie tegen ziekten en afwijkingen. Het draagt ook bij aan het behoud van de aalstand.

### 5.5 VOLLEDIGHEID REALISATIE EN TESTEN MIGRATIEVOORZIENINGEN

#### 5.5.1 REALISATIE

Binnen het project Vissen Zwemmen Weer Heen en Weer, is een grote stap gezet in het oplossen van acht knelpunten in het kader van de vrije vismigratie. Van de oorspronkelijk geselecteerde kunstwerken zijn bij de gemalen Krimpenerwaard en Verdoold de geplande migratievoorzieningen (nog) niet gerealiseerd. In de loop van het project zijn in plaats hiervan echter voorzieningen gerealiseerd bij de gemalen Kralingse Plas en Hillekade.

Een omissie bij de gerealiseerde voorzieningen is het ontbreken van een visgeleiding voor de gemalen Abraham Kroes en Aalkeet Buitenpolder, waar naast het gemaal een hevelvistrap is aangelegd. De vis passeert de bypasses weliswaar zonder schade, maar een groter aandeel lijkt de gemaalpomp als migratieroute te verkiezen boven de bypass als de pompen in bedrijf zijn. Hier zou de sterke stroming in de richting van het gemaal op twee manieren een negatieve rol kunnen spelen. De minder goede zwemmers onder de bij het gemaal aanwezige vissen worden door de zuiging mogelijk geforceerd tot uittrek via de gemaalpomp. Daarnaast is de relatief zwakke waterstroom uit de vistrap mogelijk niet goed op te merken voor vis wanneer het gemaal draait.

#### 5.5.2 TESTEN

Van de acht kunstwerken met vismigratievoorzieningen is gemaal Ennemaborgh al in 2010 getest. Door de geringe vangsten kon het functioneren van dit gemaal als migratieroute voor vis toen echter niet goed worden vastgesteld.

In het algemeen is de samenstelling van het visaanbod en de passanten op basis van het onderzoek met fuiken en vangconstructies alleen in kwalitatieve zin goed te vergelijken. Behalve de verschillen in vangeffectiviteit van de gebruikte vistuigen, vormt ook het op sommige locaties lage visaanbod een beperking voor een goede kwantitatieve analyse. Voor een betrouwbare schatting van het percentage van de voor het gemaal aanwezige vissen dat daadwerkelijk passeert, is het volgen van individuele vissen noodzakelijk, bijvoorbeeld door het

gebruik van zenders. Als alternatief kan worden overwogen een voldoende grote hoeveelheid vis uit te zetten in een afgesloten gebied voor de passage.

Voor beide opties is een ontheffing in het kader van de Wet op de dierproeven noodzakelijk.

Omdat vissen vaak traditionele migratieroutes volgen, valt niet te verwachten dat een nieuw aangelegde passage op zeer korte termijn door het grootste deel van de populatie zal worden gebruikt. Het is daarom onzeker wat het aantal in 2011/2012 waargenomen passanten van de bypasses bij de gemalen Abraham Kroes, Aalkeet Buitenpolder en Maelstede zegt over de effectiviteit van deze nieuwe voorzieningen. Waarschijnlijk kan hierover pas over enkele jaren, na een vervolgmonitoring, een betrouwbare uitspraak worden gedaan.

Tijdens de voorjaarsmonitoring in 2012 blijkt de pomp die de intrek via de visretourleiding mogelijk maakt, niet automatisch te hebben gewerkt. De pomp is slechts drie maal per week handmatig gestart. Dit heeft mogelijk een negatief effect gehad op het aantal vissen dat de retourleiding is gepasseerd. De verwachting is dat, als volgens plan in de voorjaarsstrek iedere avond de inlaat geautomatiseerd wordt bediend, de hoeveelheid intrekende vis verder zal toenemen.

Het uitgevoerde akoestisch onderzoek leverde informatie over de geluidsproductie van de verschillende opvoerwerken. Daarmee is een bijdrage geleverd aan de ontwikkeling van kennis op het gebied van het geluidslandschap waarmee migrerende vis wordt geconfronteerd. De rol van geluid op de barrièrewerking van gemalen voor vis kon in dit onderzoek echter nog niet worden vastgesteld.

# 6

## CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 6.1 CONCLUSIES

#### 6.1.1 VISVEILIGHEID EN -PASSEERBAARHEID

##### AANDEEL DAT MIGREERT VIA DE GEMAALPOMP

Vooral de categorie eurytope vissen maakt gebruik van de route via het gemaal. Het aandeel dat deze route volgt was aanvankelijk wisselend (van 'relatief klein' tot 'relatief groot'), maar bleek bij de aangepaste kunstwerken overal 'relatief groot' te zijn.

Sommige limnofiele soorten lijken passage door de gemaalpomp te mijden en enkele rheofiele soorten migreren mogelijk actief door de gemaalpomp. Voor de doelsoorten, met name aal, zijn de resultaten minder duidelijk, omdat de gevangen aantallen voor deze soorten in het algemeen laag zijn.

##### GESCHIKTHEID BYPASS ALS MIGRATIEVOORZIENING

De vishevels (aangelegd bij de gemalen Abraham Kroes, Aalkeet Buitenpolder en Maelstede) functioneren naast de gemalen (er gaat vis doorheen), maar nog niet optimaal. De vis passeert de bypasses weliswaar zonder schade, maar een groter aandeel lijkt de gemaalpomp als migratieroute te verkiezen boven de bypass wanneer de pompen in bedrijf zijn. De effectiviteit van de hevels zou in de toekomst verder moeten verbeteren door aanvullende maatregelen, zoals viswering of visgeleiding, om een groter effect te hebben op momenten dat de gemalen gelijktijdig met de hevels in werking zijn. Voor het gemaal Maelstede was in het najaar van 2011 al wel een viswering geplaatst, in de vorm van stroboscooplampen. Het effect van deze viswering op de uittrek door de vishevel kon echter niet worden bepaald, omdat de hevel op dat moment nog niet functioneerde.

##### PERCENTAGE VISSCHADE BIJ AANGEPASTE GEMALEN

Bij alle aangepaste gemalen treedt visschade op, maar het percentage is in alle onderzochte gevallen lager dan 5% en in de meeste gevallen lager dan 1%. De schadepercentages per gemaal en visgroep zijn na de aanpassing significant lager dan voor de aanpassing.

De overige innovatieve voorzieningen (bypasses en de inlaat Hillekade) veroorzaakten in het geheel geen waarneembare schade aan vis, evenmin als het visvriendelijk schutten door de Snelle Sluis.

Een relatie tussen schadepercentage en de vislengte kon, wat schubvis betreft, bij geen van de gemalen met voldoende grote vangsten worden aangetoond. De gepresenteerde schadepercentages kunnen daarom met enige voorzichtigheid worden beschouwd als geldig voor de hele lengterange van een soort. Dit voorbehoud maken we omdat bij gemaal Hoekpolder het percentage beschadigingen wel toenam tot een lengte van 15 cm (tot 5,1%) wanneer de data gegroepeerd werden tot bredere lengteklassen. Boven deze lengte gingen alle vissen echter onbeschadigd door het gemaal.

**VERGROTING VISVEILIGHEID EN –PASSEERBAARHEID DOOR TOEPASSING WAAIERPOMP**

De toepassing van een waaierpomp in het gemaal Kralingse Plas is gepaard gegaan met een aanzienlijke afname van het schadepercentage aan vis, waaronder aal. Op grond hiervan kunnen we verwachten dat de waaierpomp een positief effect heeft op de visveiligheid en vispasseerbaarheid van een gemaal.

**VERGROTING VISVEILIGHEID EN –PASSEERBAARHEID DOOR TOEPASSING VISVRIENDELIJKE VIJZELS**

De monitoring van de gemalen Hillekade en Hoekpolder toont aan dat een groot aandeel van het visaanbod, waaronder doelsoorten, gebruik maakt van de vijzels als migratieroute. Na de installatie van de vijzel in Hoekpolder is het schadepercentage significant gedaald. Nu is het, net als voor Hillekade, zeer laag. Hieruit kunnen we concluderen dat de toepassing van deze visvriendelijke vijzels de veiligheid en passeerbaarheid voor vis van gemalen kan vergroten.

**VERGROTING VISVEILIGHEID DOOR AANPASSING POMPBEHEER, INLAATBEHEER EN SLUISBEHEER**

Door het niet visvriendelijk gemaakte gemaal Aalkeet Buitenpolder te laten draaien bij een lager toerenaantal dan normaal, werden de vispasseerbaarheid en de visvriendelijkheid duidelijk vergroot. Bij het minimale toerental passeerden ruim vier maal zoveel vissen per fuiknacht dan bij het normale toerental. Tevens was het schadepercentage over de totale schubvisvangst bij het minimale toerental van de gemaalpomp ruim een factor lager dan dat bij het normale toerental (respectievelijk 0,36% en 4,78%).

Het visvriendelijk sluisbeheer in de Snelle Sluis heeft aangetoond dat dit beheer een grote bijdrage kan leveren aan een ongehinderde en veilige uittrek in het voorjaar en het najaar. Ook de doelsoorten schieraal en rode aal bleken tegen de stroom in naar buiten te kunnen trekken.

**6.1.2 GELUIDSPRODUCTIE****VERMINDERING MIGRATIEBARRIÈRE DOOR GELUIDSARME OPLOSSINGEN**

Uit de resultaten kan niet worden geconcludeerd dat een geluidsarm gemaal de barrièrewerking voor migrerende vis vermindert. Twee onderzochte gemalen produceerden geluid in voor vis hoorbare frequenties. Bij deze twee gemalen passeerde desondanks een groot deel van het aanbod aan eurytope soorten en een wisselend aanbod aan rheofiele, limnofiele en diadrome soorten. Het enige geluidsarme gemaal (Kralingse Plas) vertoonde na de aanpassing een hoger aantal passerende overige soorten en een lager aantal passerende doelsoorten. Wat de oorzaak is van dit lager aantal is niet bekend; toeval, weersinvloed of een afname van de palingstand in de Kralingse Plas kunnen niet worden uitgesloten.

**6.1.3 POMPRENDEMENT****POMPRENDEMENT VAN INNOVATIEVE POMPEN**

Het rendement van de nieuwe visveilige opvoerwerken is groter (Kralingse Plas, Hoekpolder) dan het rendement van de oude opvoerwerken. Ook de geheel nieuwe pompen (Ennemaborgh en Hillekade) voldoen aan de verwachte rendementseisen. Door de positieve relatie met het debiet, wordt het rendement lager wanneer de pompen op een lagere snelheid draaien. Omdat de vissen de nieuwe pompen met een zeer laag schadepercentage kunnen passeren, is het niet nodig om voor de vismigratie met een lager rendement te draaien.

#### 6.1.4 BIJDRAGE AAN KRW-DOELSTELLINGEN

##### EFFECT VOORZIENINGEN OP EKR-SCORE

Bij vier van de acht onderzochte kunstwerken zou een verhoging van de EKR-score in het achterland (de 'binnenzijde' van sluis of gemaal) mogelijk kunnen zijn door een verbetering van de vispasseerbaarheid.

Bij vier van de acht kunstwerken wordt niet verwacht dat de aangebrachte verbeteringen zullen leiden tot een hogere EKR-score in het achterland. Hier is de score voor plantminnende en migrerende vissoorten al maximaal, of heeft een verbeterde in- en uittrek van diadrome vis geen effect op de maatlatscore. Wel is het in een aantal gevallen denkbaar dat winst kan worden geboekt door een hogere uittrek van brasem en karper.

Bij geen van de acht onderzochte kunstwerken wordt een verbetering verwacht van de EKR-score van het waterlichaam waar het kunstwerk op afwatert. In de meeste gevallen geldt ook hier dat de maximale score voor het aantal plantminnende en migrerende soorten in het ontvangende water al maximaal is.

## 6.2 AANBEVELINGEN

### 6.2.1 VISVEILIGHEID EN -PASSEERBAARHEID

De effectiviteit van de vishevels kan nog niet goed worden gemeten. Indien de gemalen tegelijk met de hevels aanstaan gaat (waarschijnlijk vanwege een groot debietverschil) toch nog een groot deel van de vis door de gemalen. Dit is geconstateerd bij Aalkeet Buitenpolder. De hevels kunnen blijikbaar in deze situatie (nog) niet concurreren met de gemalen. De hevels geven een toename van de mogelijkheden voor een veilige in- en uittrek naast de visonveilige pompen. Viswering of visgeleiding bij het gemaal zal de effectiviteit van de hevels kunnen vergroten.

Bij het gemaal Maelstede zou alsnog de uittrek moeten worden gemonitord. Ook dient na een gewenningsperiode van enkele jaren voor de vissen, bij alle hevels te worden onderzocht of de vissen de alternatieve route hebben ontdekt. Naar verwachting zijn vissen traditioneel in hun migratieroutes. Zij zullen pas na verloop van tijd de hevels meer als alternatieve route gaan gebruiken.

Door de geringe vangst bij het nieuwe gemaal Ennemaborgh kon het functioneren van dit gemaal als migratieroute voor vis nog niet goed worden vastgesteld. Daarom wordt een herhaling van het aanbod- en passage-onderzoek in de komende jaren aanbevolen.



Bij gemaal Ennemaborgh is wel visschade vastgesteld. In overleg met het waterschap heeft de fabrikant inmiddels enige aanpassingen aan de vijzels uitgevoerd. In de tweede helft van oktober 2012 zal de werking worden onderzocht door middel van een visveiligheidsproef.

Om in het algemeen de vangsten bij het monitoringsonderzoek te vergroten, is aan te bevelen om flexibelere methoden te ontwikkelen waarbij beter kan worden ingespeeld op perioden met ongunstige weersomstandigheden voor de vistrek.

Omdat de relatie tussen de grootte van het visaanbod en de hoeveelheid passanten niet direct is te leggen, wordt aanbevolen verder onderzoek ook te richten op het volgen van individuele vissen. Hierbij kan worden gedacht aan het zenderen van vissen.

### **6.2.2 GELUIDSPRODUCTIE**

De rol van geluid op de barrièrewerking van gemalen voor vis, kon in dit onderzoek niet worden vastgesteld. Om het effect vast te kunnen stellen van voor vis geluidsvriendelijke gemalen op het functioneren van deze gemalen als migratieroute, is meer onderzoek nodig naar de barrièrewerking van geluid. De kennisleemte betreft in dit geval vooral de reactie van de verschillende vissoorten op specifieke geluidsproductie. Aanbevolen wordt een wetenschappelijk onderzoek in te stellen waarmee deze vraag kan worden beantwoord.

Bij gemaal Hillekade is vervolgmonitoring gewenst om het geluidseffect van de rubber flap-ten te onderzoeken. Tevens kan hierbij het toerental van de vijzel worden gevarieerd om de effecten op passeerbaarheid na te gaan. Op deze locatie kan daarbij ook worden gedacht aan het uitzetten van aal voor het gemaal.

### **6.2.3 POMPRENEMENT**

Bij gemalen waarvoor wordt besloten geen aanpassingen aan de pomp te doen en tevens geen bypass aan te leggen, is onderzoek gewenst naar de grootte van het rendementverlies bij aangepast pompbeheer ter verbetering van de visveiligheid en de vispasseerbaarheid. Op die manier kan op die locaties mogelijk toch een verbetering van de vispasseerbaarheid en -veiligheid worden bereikt tot het moment dat er andere opties/mogelijkheden zijn.

### **6.2.4 BIJDRAGE AAN KRW-DOELSTELLINGEN**

Bij de evaluatie van vismigratievoorzieningen in het kader van de KRW verdient het aanbeveling om naast de strikte beschouwing van de EKR-scores ook aandacht te schenken aan de meer algemene doelstelling met betrekking tot vrije optrekbaarheid. Niet alleen een hoge EKR-score is bepalend voor een gezond visbestand.

Naast de Europese richtlijn speelt bij de evaluatie van vismigratievoorzieningen ook de ethiek een rol. De intrinsieke waarde van een visgemeenschap dient mee te spelen in de afweging van de waterbeheerder of het handhaven van visvermalende gemalen nog wel verantwoord is wanneer visvriendelijke alternatieven beschikbaar zijn. Daarnaast zijn bijvoorbeeld verminderde sterfte in gemalen, uitwisseling van genetisch materiaal tussen vispopulaties onderling, diversiteit binnen vispopulaties en resistentie tegen ziekten en afwijkingen, voorbeelden van een breder belang.

# LITERATUUR

- Arcadis. 2007. *Onderzoek vismigratie gemaal Verdoold, Hoogheemraadschap van Schieland en Krimpenerwaard*. 110305/OF7/100/000398/001B/AM. Arcadis, Arnhem.
- Arntz, J. & M. Aragon van den Broeke. 2009. *Monitoring van visaanbod, beschadiging en sterfte in relatie tot stroomafwaartse vismigratie bij gemaal Maelstede*. Projectnummer 4548106. Tauw bv, Utrecht.
- Bonhof, G.H. 2009. *Visstandonderzoek watergangen Gemaal Ennemaborg*. Rapport 2009-063. Koeman en Bijkerk bv, Haren.
- Bonhof, G. 2010. *Monitoring visschade gemaal Ennemaborgh*. Memo project 2009-233. Koeman en Bijkerk bv, Haren.
- Bonhof, G.H. & G. Wolters. 2012. *KRW-visstandmonitoring boezemkanalen Oldambt 2010*. Rapport 2010-013. Koeman en Bijkerk bv, Haren. In opdracht van Waterschap Hunze en Aa's, Veendam.
- Brett, J.R. 1971. Energetic responses of salmon to temperature: a study of some thermal relations in the physiology and freshwater ecology of the sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *American Zoologist* 11: 99-113.
- Broeckx, P.B., J.H. Bergsma & J.L. Spier. 2011. *KRW visstandbemonstering: beheersgebied Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard*. Rapport 10-248. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.
- Ciarelli, S., A. van de Vet, J. Mol, H. van Bommel & A. van Spijk. 2009. *WaterStand Zuid-Holland: actualisatie op basis van meetgegevens 2007*. RWS/DZH/ARA/2008-33. RWS Directie Water en Scheepvaart, Rotterdam.
- de Bijl, J.J. 2011. *Projectplan vispassage Aalkeet Buitenpolder*. Projectnummer 701465. Hoogheemraadschap van Delfland, Delft.
- Dekker, W. 2004. *Monitoring van de intrek van glasaal in Nederland: evaluatie van de huidige en alternatieve technieken*. RIVO Rapport nr. C006/04. Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO) BV, IJmuiden.
- de Laak, G.A.J., R.A.A. van Aalderen & T.B. Leijzer. 2008. *Sportvisserij- en Visstandbeheerplan Noord-Oost Groningen Hoofdrapport*. Project: PB2005040. Sportvisserij Nederland, Bilthoven. In opdracht van Hengelsportfederatie Groningen-Drenthe.
- Goudswaard, P.C., J.H. Wanink, F. Witte, E.F.B. Katunzi, M.R. Berger & D.J. Postma. 2004. Diel vertical migration of major fish-species in Lake Victoria, East Africa. *Hydrobiologia* 513: 141-152.
- Kemper, J.H. & H. Vis. 2011. *Onderzoek naar de visvriendelijkheid van vijnzemaal Ennemaborgh*. Projectnummer VA2010\_47. VisAdvies BV, Nieuwegein.
- Kemper J.H., H. Vis, F.T. Vriese, J. Hop & J. Kampen. 2011. *Gemalen of vermalen worden: onderzoek naar de visvriendelijkheid van 26 opvoerwerktuigen*. Projectnummer VA2009\_33. VisAdvies BV, Nieuwegein.

- Kruitwagen, G. & M. Klinge. 2010a. *Monitoring van vismigratie bij 4 potentiële migratieknelpunten: voor- en najaarsonderzoek 2009*. Witteveen+Bos, Deventer.
- Kruitwagen, G. & M. Klinge. 2010b. *Monitoring van vismigratie bij de gemalen Hoekpolder en Aalkeetbuitenpolder: najaarsonderzoek 2009*. Witteveen+Bos, Deventer.
- Maessen, M., E.O.A.M. de Swart, E. van der Pouw Kraan & H. Cuppen. 2008. *Ecologische normen en beoordeling van de KRW waterlichamen binnen het beheersgebied van Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard*. Referentienummer 13/990857690/EPK. Grontmij, Houten.
- Riemersma, P. & M.J. Kroes. 2004. *Van Wad tot Aa: visie vismigratie Groningen-noord-Drenthe 2005-2015*. Grontmij Noord, Drachten / OVB, Nieuwegein.
- Rutjes, C. & M. Dubbeldam. 2007. *MEP-GEP voor vissen in Zeeuwse brakke wateren 2007: een vervolg op de aanzet van maatlatten in 2005 en 2006*. Grontmij | Aquasense, Colijnsplaat.
- Rutjes, H.A. 2011. *KRW-vismonitoring Waterschap Scheldestromen 2011: opname van de visstand volgens KRW in 6 waterlichamen van Waterschap Scheldestromen in 2011*. Rapportnummer 312995. Grontmij, Amsterdam.
- RWS Zuid-Holland. 2012. *Factsheet: NL94\_7*. <http://krwportaal.nl/portaal>.
- van der Molen, D.T. (red.). 2004. *Referenties en concept-maatlatten voor rivieren voor de Kaderrichtlijn Water*. Stowa-rapport 2004-43. STOWA, Utrecht.
- van der Molen, D.T. & R. Pot (red.). 2007. *Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water*. Stowa-rapport 2007-32 / RWS-WD 2007-018. STOWA, Utrecht.
- Visserijbedrijf Kalkman. 2011. *Rapport fuikbemonstering Snelle Sluis te Moordrecht*. Visserijbedrijf Kalkman, Moordrecht.
- Wanink, J.H. 1998. *The pelagic cyprinid *Rastrineobola argentea* as a crucial link in the disrupted ecosystem of Lake Victoria: Dwarfs And Giants - African Adventures*. Proefschrift, Rijksuniversiteit Leiden.
- Wanink, J.H., A. van den Oever & O.W.M. Duijts. 2011. *Zwemmersjeuk Hoornseplas, 2011: wegvangen slakken, aanbrengen cercariënbarrière, monitoren cercariën in de waterkolom*. Rapport 2011-099. Koeman en Bijkerk bv, Haren.
- Wanink, J.H., J.J. Kashindye, P.C. Goudswaard & F. Witte. 2001. *Dwelling at the oxycline: does increased stratification provide a predation refugium for the Lake Victoria sardine *Rastrineobola argentea*? *Freshwater Biology* 46: 75-85.*
- Witjes, Th.G.J. & M. Klinge. 2009. *Prioritering van knelpunten voor vismigratie. Fase 3: uitwerking van kansen voor vismigratie bij de gemalen Krimpenerwaard, Abraham Kroes, Kralingseplas en Schilthuis*. DT263-23/bote/002. Witteveen+Bos, Deventer.
- Wootton, R.J. 1990. *Ecology of teleost fishes*. Fish and Fisheries Series No. 1. Chapman & Hall, London.

**BIJLAGE I**

# MATERIAAL EN METHODEN

**B1.1 VISMONITORING**

In onderstaande paragrafen worden de timing en de gebruikte methoden beschreven van de voor- en najaarsmonitoring, voor en na de aanpassingen aan de kunstwerken. Tevens wordt aangegeven welke monitoring bij ieder kunstwerk is uitgevoerd. Details per locatie worden gegeven in paragraaf B.1.2.

**B1.1.1 TIMING**

Tijdens de nulmonitoring in 2009 is de timing van de voorjaarsbemonsteringen afgestemd op de intrek van glasaal (Kruitwagen & Klinge, 2010a). Hierbij is uitgegaan van het feit dat deze intrek meestal rond eind april plaatsvindt en dat de piek meestal samenvalt met de intrek van driedoornige stekelbaars en bot. Voor een fijnere afstemming van de start is bij diverse beroepsvissers informatie ingewonnen over waarnemingen van glasaal. In de praktijk zijn de bemonsteringen half april gestart. De bemonsteringen duurden in principe tot half mei, maar in verband met het uitblijven van glasaalintrek is op enkele locaties tot in de zomer doorgevisd.

Voor de voorjaarsmonitoring in 2012 is besloten in principe op 23 maart te starten, om de vroege trek van snoek niet te missen. Hierbij is wel onderzocht of de watertemperatuur niet voor die tijd al hoger dan 10 °C was. De bemonsteringen liepen in principe tot 11 mei. Omdat gemaal Maelstede nog niet functioneerde, is hier pas op 2 april gestart. Op deze locatie is na de reguliere bemonstering nog doorgevisd tot 20 juni.

De start van de najaarsmonitoring is in principe altijd zodanig gepland dat op elke locatie de grootste range aan in verschillende perioden uittrekkende vissoorten zou kunnen worden gevangen. In het noorden van het land is bij gemaal Ennemaborgh in 2010 begin september al het aanbod bepaald, waarna in oktober de passagebepalingen volgden (Bonhof 2010). Op de Zuid-Hollandse locaties is in 2009 grotendeels tussen begin oktober en half november gevisd. Door omstandigheden viel de bemonsteringsperiode later in het jaar bij de Snelle Sluis (half november – begin december; Kruitwagen & Klinge, 2010a) en bij gemaal Aalkeet Buitenpolder (december; Kruitwagen & Klinge, 2010b). In 2011 zijn de Zuid-Hollandse locaties tussen begin oktober en begin december bemonsterd. Bij het Zeeuwse gemaal Maelstede is de bemonstering in 2008 uitgevoerd in de tweede helft van oktober. In 2011 vond de (onvolledige) bemonstering plaats tussen begin november en begin december.

Bij de timing van de bemonsteringen vormen de aanbodsbevestigingen de basis. Op grond van de resultaten hiervan is getracht de passagebepalingen zo te plannen dat deze samenvallen met een relatief hoog aanbod. In Bijlage II is voor elke locatie de timing van de aanbods- en de passagebepalingen grafisch weergegeven, samen met de resultaten van alle lichten.

### B1.1.1 METHODEN

#### AANBODSBEPALINGEN

Tijdens de voorjaarsmonitoring in 2009 is de visoptrek richting de kunstwerken onderzocht bij de gemalen Krimpenerwaard en Verdoold en bij de Snelle Sluis, met een kruisnet van 4 bij 4 m met een maaswijdte van 1,5 mm (Kruitwagen & Klinge, 2010a). Deze methode is vooral gericht op de diadrome doelsoorten glasaal, driedoornige stekelbaars en bot. Bij de aanbodsbepalings in het voorjaar van 2012 zijn op elke locatie twee grote hokfuiken of schietfuiken geplaatst. De fuiken zijn op enige afstand van het betreffende kunstwerk gezet en meestal met de ingang stroomafwaarts gericht, zodat er niet teveel vuil wordt opgevangen. Vervolgens zijn de fuiken twee keer per week gelicht.

Aan de boezemzijde van gemaal Aalkeet Buitenpolder is in het voorjaar van 2012 een gerichte glasaalbemonstering uitgevoerd met behulp van een kruisnet. Bij de keuze van het materiaal en de methode is de jaarlijkse monitoring van de intrek van glasaal door Rijkswaterstaat leidend geweest (Dekker, 2004). Het net bestaat uit een vierkant metalen frame, waarin een enigszins zakvormig net van 1 bij 1 m is opgehangen. Vier lijnen vanaf de hoekpunten lopen naar boven samen in een lange treklijn. In het midden van het net is een gewicht aangebracht (een stukje ketting). Het net is aan de treklijn te water gelaten, totdat de bodem was bereikt. Na circa vijf minuten is het weer opgetrokken, met een snelheid van circa 1 m/s. De vangst is opgeslagen in een teil met water, waarna het net meteen weer te water is gelaten voor de volgende bemonstering. Alle gevangen vissen zijn gedetermineerd, geteld en gemeten. Na afloop van de monstersessie (7-9 monsters per avond), zijn de gevangen vissen ter plekke weer vrijgelaten. Alle bemonsteringen vonden 's avonds plaats, waarbij het gemaal in principe enige tijd voor de bemonstering gedurende ongeveer een uur is aangezet om een lokstroom te creëren.

De timing van de glasaalbemonstering in 2012 is afgestemd op de glasaalvangsten in een lopend monitoringproject bij gemaal De Zaayer, ruim 2 km verder naar buiten ten opzichte van gemaal Aalkeet Buitenpolder. Een dag na het verwachte maximum in de vangsten bij De Zaayer is gestart bij Aalkeet Buitenpolder. In totaal is op vier avonden gevist: op 9, 11, 15 en 18 mei. De resultaten zijn beschreven in Bijlage II (Tabel 48-51).

Tijdens de najaarsmonitoring in 2008 (Maelstede; Arntz en Aragon van den Broeke, 2009), 2009 (Kruitwagen & Klinge, 2010a) en 2011 is op dezelfde manier gewerkt als hierboven omschreven voor de voorjaarsmonitoring in 2012. Om te controleren of alles goed functioneert is in het najaar voor de aanbodfuiken al op de eerste dag na plaatsing een lichte lichte uitgevoerd. Voor de aanbodsbepalings in 2010 bij gemaal Ennemaborgh is gebruik gemaakt van zegen, wargarens en elektrovisserij (Bonhof, 2010).

#### PASSAGEBEPALINGEN

Voor het bepalen van de visin- of uitrek, zijn vangconstructies achter het gemaal, achter de inlaatleiding of aan de in- of uitstroomopening van de vispassage aangebracht. Bij Snelle Sluis is een fuik in de schutkolk gezet die de gehele breedte van de sluis afvangt.

Tijdens de voorjaarsmonitoring in 2009 is bij gemaal Krimpenerwaard op vijf avonden water ingelaten door een inlaatleiding (Kruitwagen & Klinge, 2010a). Hierachter werd het net aangebracht en aan het eind van de avond werd het gelicht. Tijdens deze nulmonitoring werd bij Snelle Sluis ook op vijf avonden de fuik gezet die de sluis volledig afsloot, waarna de loze schuttingen werden uitgevoerd. De volgende ochtend werd de fuik gelicht. Dezelfde methode is toegepast bij de bemonstering van de Snelle Sluis in het late voorjaar van 2011

(Visserijbedrijf Kalkman, 2011). In het voorjaar van 2012 is aan de polderzijde van elke vispassage bij te onderzoeken gemalen een vangconstructie aangebracht die gedurende de gehele onderzoeksperiode is blijven staan. De netten zijn twee keer per week gelicht, synchroon met de lichtingen van de aanbodfuiken. De Snelle Sluis is in het voorjaar van 2012 op dezelfde manier bemonsterd als in 2009 en 2011. Dit is de enige locatie waar in 2012 de vangconstructie om de week slechts gedurende één nacht werd gezet.

Tijdens de najaarsmonitoring zijn in alle jaren, aan het begin van de avond, vangconstructies aangebracht achter de gemalen. Deze werden in de meeste gevallen laat in de avond of de volgende ochtend gelicht. In 2009 bleef bij het gemaal Aalkeet Buitenpolder het net gedurende de gehele onderzoeksperiode achter het gemaal bevestigd, maar werd het regelmatig gelicht (Kruitwagen & Klinge, 2010b). In 2011 is deze laatste methode, na de eerste passagebepaling van één nacht, toegepast bij de gemaalpomp en de hevelvistrap bij gemaal Aalkeet Buitenpolder en bij de hevelvistrap bij gemaal Abraham Kroes. De timing van de lichtingen bij de laatstgenoemde methode kan worden afgelezen uit de klimaatgrafieken onder de betreffende locaties in Bijlage II.

### VERWERKING VANGSTEN

De vangsten zijn per fuik geregistreerd op voorgedrukte veldformulieren. Bij grote vangsten is, nadat de totale vangst is gecontroleerd op bijzondere/zeldzame soorten, op basis van gewicht een monster genomen. De verwerking omvatte het bepalen van de soort, totaallengte en uitwendige controle op ziekten, afwijkingen en/of beschadigingen. Bijzondere vangsten zijn gefotografeerd. De gevangen vissen zijn in het algemeen direct na het meten levend teruggezet aan die zijde van het gemaal of de vispassage, waar ze naartoe zwommen toen ze werden gevangen. Zowel in 2009 als in het najaar van 2011 is dit in een aantal gevallen niet gebeurd, zodat de kans bestaat dat dezelfde exemplaren opnieuw zijn gevangen.

Bij de nulmetingen in 2009 en 2010 is een deel van de levend door een gemaalpomp gekomen vis gedurende tenminste 48 uur opgeslagen in een bun of tank, om te onderzoeken in hoeverre sprake was van uitgestelde sterfte ten gevolge van de passage (Kruitwagen & Klinge, 2010a, b; Bonnhof, 2010). Na gemaalpassage vertonen sommige vissen geen uiterlijke beschadigingen, maar sterven toch na enige tijd door interne beschadigingen, waarschijnlijk door drukproblemen tijdens de gemaalpassage (Kemper *et al.*, 2011). In 2011 is het percentage uitgestelde sterfte bepaald voor een deel van de vangsten achter de gemalen Hillekade, Kralingse Plas en Hoekpolder. Daarbij zijn de vissen voor de twee eerstgenoemde locaties opgeslagen in een grote tank op het terrein van Visserijbedrijf Kalkman te Moordrecht. Bij gemaal Hoekpolder werd hiervoor ter plekke een leefnet gebruikt. Na het bepalen van de uitgestelde sterfte zijn alle vissen teruggezet op de plaats van de vangst, aan de buitenzijde van de gemalen.

#### B1.1.3 BEMONSTERDE LOCATIES

Een schematisch overzicht van de bij de verschillende kunstwerken uitgevoerde bemonsteringen is gegeven in Tabel 38. Tijdens de nulmonitoring in 2009 zijn in het voorjaar aanbodsbevestigingen voor intrek uitgevoerd bij de gemalen Krimpenerwaard, Verdoold en bij de Snelle Sluis. Bij Krimpenerwaard en Snelle Sluis zijn tevens passagebepalingen gedaan. In het late voorjaar van 2011 zijn bij Snelle Sluis opnieuw passagebepalingen uitgevoerd (Visserijbedrijf Kalkman, 2011) waarvan de resultaten in voorliggend rapport zijn opgenomen.

**TABEL 38** UITGEVOERDE VISBEMONSTERINGEN PER LOCATIE. 0 = BEMONSTERD VOOR DE AANPASSINGEN; 1 = NA DE AANPASSINGEN; 2 = VOOR EN NA DE AANPASSINGEN

Veldactiviteiten	Krimp. waard	Ver doold	Hille kade	Snelle sluis	Abr. Kroes	Kral. Plas	Aalk. Buiten	Hoek polder	Enn. borgh	Mael stede
visaanbod bij uittrek	0	0	1	2	2	2	2	2	1	2
passage bij uittrek	0	0	1	2		2	2	2	1	0
aanbod bij intrek	0	0	1	2	1		1			
passage bij intrek	0		1	2	1		1			
in- en uittrek hevels					1		1			1

In het voorjaar van 2012 is het aanbod voor intrek onderzocht bij de intrekvoorzieningen bij de gemalen Hillekade, Abraham Kroes, Aalkeet Buitenpolder en bij de Snelle Sluis. Op al deze locaties en bij de intrekvoorziening bij gemaal Maelstede zijn tevens passagebepalingen uitgevoerd.

Tijdens de nulmonitoring in 2008 (Maelstede) en 2009 zijn in het najaar aanbodsbepalingen voor uittrek uitgevoerd bij de gemalen Krimpenerwaard, Verdoold, Abraham Kroes, Kralingse Plas, Aalkeet Buitenpolder, Hoekpolder, Maelstede en bij de Snelle Sluis.

In het najaar van 2010 zijn bij het nieuwe gemaal Ennemaborgh aanbods- en passagebepalingen uitgevoerd. De overige najaarsbemonsteringen na de aanpassingen vonden plaats in 2011. Dit betrof aanbods- en passagebepalingen door de gemalen en de voorzieningen bij de gemalen Hillekade, Kralingse Plas, Abraham Kroes, Aalkeet Buitenpolder, Hoekpolder, Maelstede en bij de Snelle Sluis.

## B1.2 DETAILS VISMONITORING PER LOCATIE

Per locatie wordt een schets van de bemonsteringsopzet gegeven, waarbij de plaatsing van de aanbodfuisen en de vangconstructies bij de nulmetingen en de bemonsteringen na de aanpassingen voor het voor- en najaar wordt weergegeven op een luchtfoto. Alleen van de gemaal Krimpenerwaard en Verdoold, onderzocht in 2009, is geen situatieschets beschikbaar. De afmetingen en maaswijdtes van de vangconstructies en aanbodfuisen staan in Tabel 39. Vorm, grootte en maaswijdtes zijn gebaseerd op de tijdens het eerste veldbezoek aan ieder kunstwerk vastgestelde omstandigheden en de geplaatste opvangnetten. Hierbij is gelet op de stroming bij een draaiend gemaal (voor zover al in werking) en op de door de bedrijfsvoerder/machinist verstrekte gegevens.

TABEL 39 DETAILS VAN DE VANGTUIGEN EN VANGCONSTRUCTIES

Gemaal	Jaar	Aanbod voorjaar	Aanbod najaar	Passage voorjaar	Passage najaar
<b>Aalkeet Buitenpolder</b>					
Gemaal	2009	Twee vierkelige aalfuiken; maaswijdte 13-9 mm halve maas			Vangconstructie 10 m lengte; maaswijdte 30-25 mm gestrekte maas
	2011		Twee tweewieks hokfuiken, maaswijdte 13-11-9 mm halve maas		Vangconstructie; maaswijdte 13-11-9 mm halve maas
Hevelvistrap	2011		Twee tweewieks hokfuiken, maaswijdte 13-11-9 mm halve maas		Vangconstructie; maaswijdte 13-11-9 mm halve maas
	2012	Twee tweewieks hokfuiken, maaswijdte 13-11-9 mm halve maas		Vangconstructie; maaswijdte 13-11-5,5 mm halve maas	
<b>Abraham Kroes</b>					
Poldergemaal	2009		Twee vierkelige aalfuiken		Vangconstructie 10 m lengte; maaswijdte 80-30-20 mm halve maas
Ringvaartgemaal	2009		Twee vierkelige aalfuiken		Vangconstructie 10 m lengte; maaswijdte 80-30-20 mm halve maas
Hevelvistrap	2011		Twee tweewieks hokfuiken, hoogte 1 m, maaswijdte 13-11-9 mm halve maas		Vangconstructie 6,5 m lengte; maaswijdte 13-11-9 mm halve maas
	2012	Twee tweewieks hokfuiken, hoogte 1 m, maaswijdte 13-11-9 mm halve maas		Vangconstructie 6,5 m lengte; maaswijdte 13-11-9 mm halve maas	
<b>Ennemaborgh</b>	2010		Combinatie van zegen, wargarens, elektrovisserij (Bonhof 2010)		Vangconstructie aansluitend op Noors leefnet (Bonhof 2010)
<b>Hillekade</b>	2011		Twee tweewieks hokfuiken, maaswijdte 13-11-9 mm halve maas		Vangconstructie 10 m lengte; maaswijdte 13-11-9 mm halve maas
	2012	Twee tweewieks hokfuiken, maaswijdte 13-11-9 mm halve maas		Vangconstructie; maaswijdte 13-11-5,5 mm halve maas	
<b>Hoekpolder</b>	2009		Twee vierkelige aalfuiken; maaswijdte 13-9 mm halve maas		Vangconstructie 10 m lengte; maaswijdte 30-25 mm gestrekte maas
	2011		Twee tweewieks hokfuiken, hoogte 1 m, maaswijdte 13-11-9 mm halve maas		Vangconstructie 11 m lengte; maaswijdte 13-11-5,5 mm halve maas

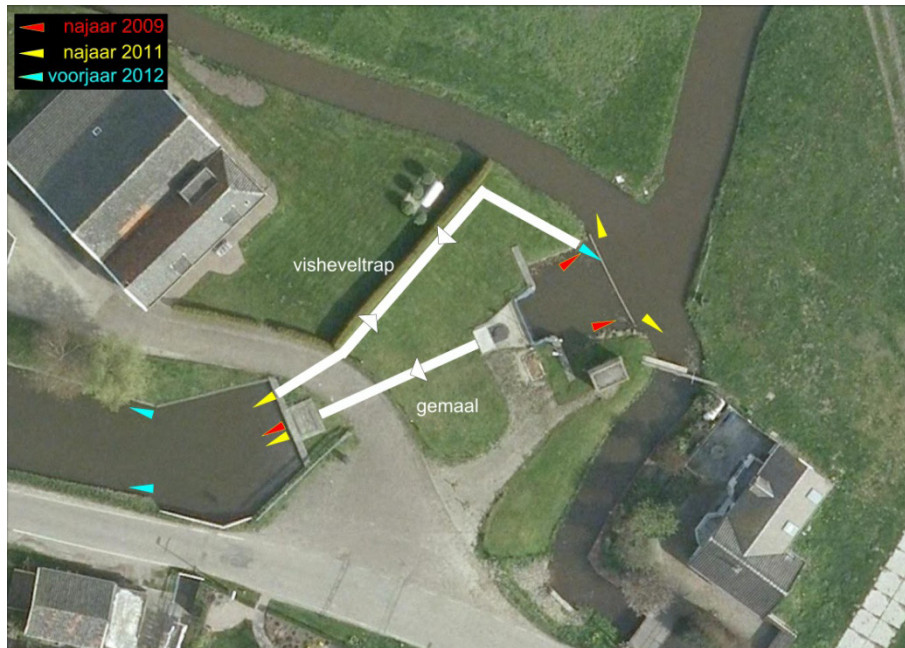


TABEL 39 DETAILS VAN DE VANGTUIGEN EN VANGCONSTRUCTIES (VERVOLG)

Gemaal	Jaar	Aanbod voorjaar	Aanbod najaar	Passage voorjaar	Passage najaar
<b>Kralingse Plas</b>	2009		Twee vierkelige aalfuiken		Vangconstructie; maaswijdte 40-30-20 mm hele maas
	2011		Twee schietfuiken; maaswijdte 13-11-9 mm (halve maas). Als gevolg van diefstal vanaf 28 oktober één tweewieks hokfuik, 13-11-9 mm halve maas, geplaatst in de jachthaven		Vangconstructie 10 m lengte; maaswijdte 13-11-5,5 mm halve maas
<b>Krimpenerwaard</b>	2009	Kruisnet 4x4 m, maaswijdte 1,5 mm	Twee vierkelige aalfuiken	Vangconstructie, maaswijdte 9 mm halve maas	Vangconstructie 10 m lengte; maaswijdte 80-30-20 mm hele maas
<b>Maelstede</b>					
Gemaal	2009		Hokfuik, vleugels 20 m lengte; maaswijdte 10 mm halve maas		Vangconstructie 10 m lengte; maaswijdte 15 mm halve maas
Hevel	2011		Twee tweewieks hokfuiken; maaswijdte 13-11-9 mm halve maas		Vangconstructie fijnmazig knooploos netwerk
	2012			Vangconstructie fijnmazig knooploos netwerk	
<b>Snelle Sluis</b>	2009	Kruisnet 4x4 m, maaswijdte 1,5 mm	Twee vierkelige aalfuiken	Hokfuik, breedte 5,8 m en hoogte 6 m; maaswijdte 13-11-9 mm halve maas; passage is gemeten in de voorjaren van 2009, 2011 en 2012	Hokfuik, breedte 5,8 m en hoogte 6 m; maaswijdte 13-11-9 mm halve maas; passage is gemeten in de najaren van 2009 en 2011
	2011				
	2012	Twee IJsselmeer-schietfuiken; maaswijdte 13-11-9 halve maas			
<b>Verdoold</b>	2007			Geforceerde passage juli: vangconstructie bestaande uit kuilnet met lange zak aan een frame (Arcadis 2007)	
	2009	Kruisnet 4x4 m, maaswijdte 1,5 mm	Twee vierkelige aalfuiken		

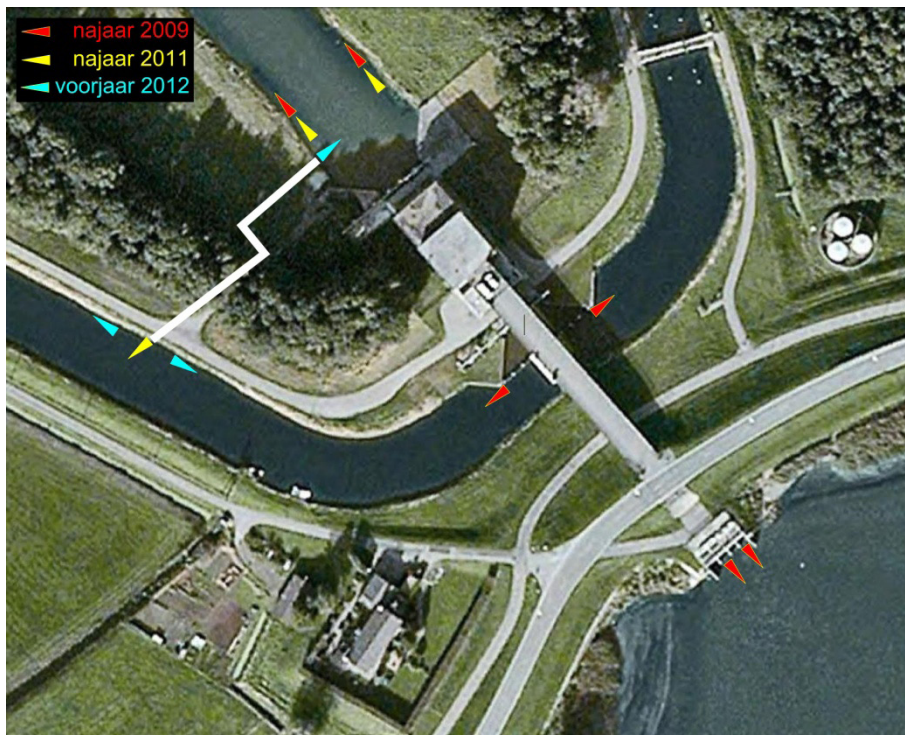
FIGUUR 46

Globale schets van Gemaal Aalkeet Buitenpolder met visheveltrap en opstellingen van aanbodfuisen en vangconstructies (rode, gele of blauwe driehoekjes) in najaar 2009, najaar 2011 en voorjaar 2012. Recht achter gemaal of visheveltrap geplaatste driehoeken zijn vangconstructies



FIGUUR 47

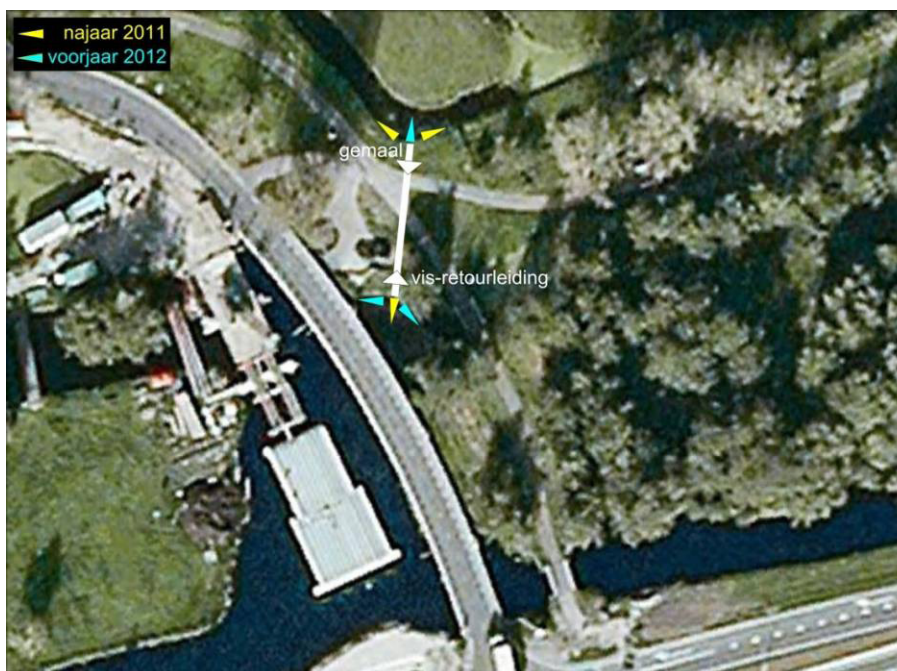
Globale schets gemaal Abraham Kroes en hevelvistrap tussen poldertocht en ringvaart (witte lijn), alsmede opstellingen van aanbodfuisen en vangconstructies (rode, gele of blauwe driehoekjes) in najaar 2009, najaar 2011 en voorjaar 2012. Recht achter hevelvistrap geplaatste driehoeken zijn vangconstructies



FIGUUR 48 GLOBALE LIGGING VISVRIENDELIJK GEMAAL ENNEMABORGH (WITTE RECHTHOEK) TEN ZUIDWESTEN VAN HET OLDAMBTMEER. DE WATERGANGEN TEN OOSTEN EN WESTEN VAN HET GEMAAL ZIJN NIEUW GEGRAVEN. HET AANBOD IS BEPAALD IN HET OOSTELIJKE TOEVOERKANAAL

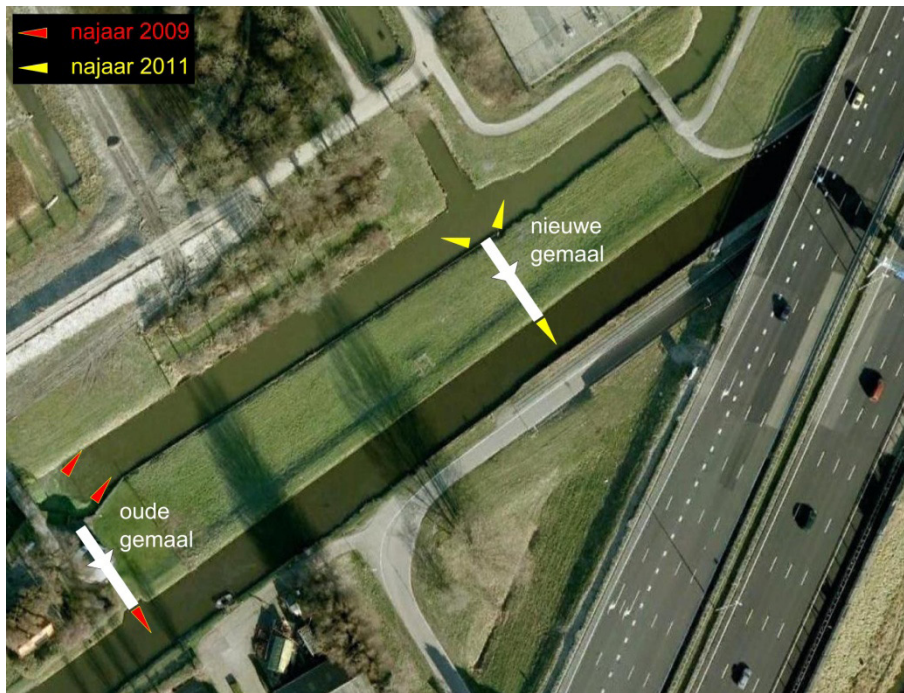


FIGUUR 49 GLOBALE SCHETS GEMAAL HILLEKADE EN VISRETOURLEIDING (SAMEN ALS WITTE LIJN) EN OPSTELLINGEN VAN AANBODFUIKEN EN VANGCONSTRUCTIES (GELE OF BLAUWE DRIEHOEKJES) IN NAJAAR 2011 EN VOORJAAR 2012. RECHT ACHTER HET GEMAAL OF DE VISRETOURLEIDING GEPLAATSTE DRIEHOEKEN ZIJN VANGCONSTRUCTIES



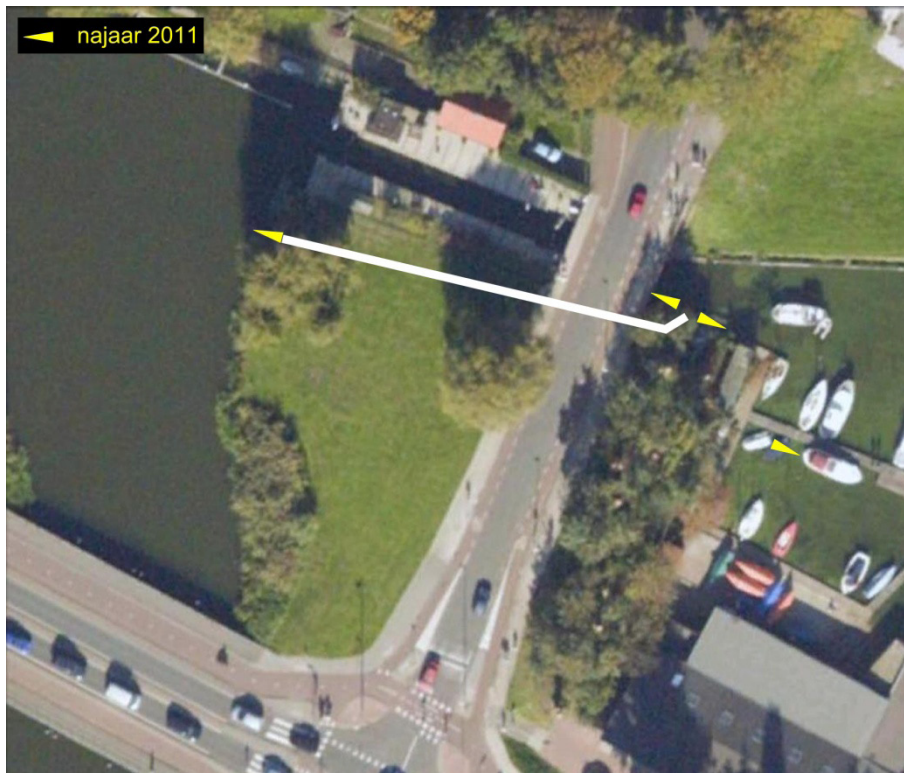
FIGUUR 50

Globale schets visvriendelijke gemaal hoekpolder (witte lijn) en opstellingen van aanbodfuiken en vangconstructie (rode en gele driehoekjes) in najaar 2009 en najaar 2011



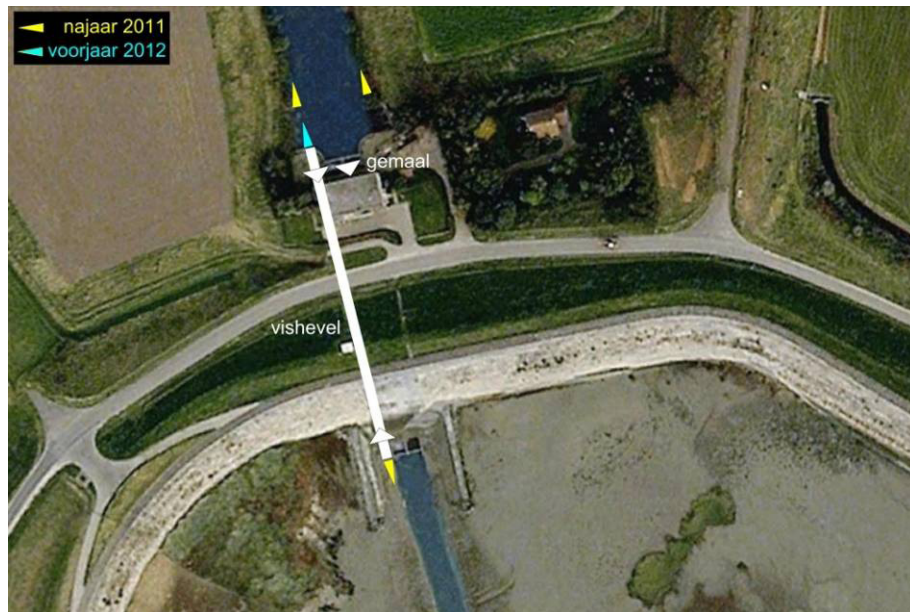
FIGUUR 51

Globale schets gemaal Kralingseplas (witte lijn; uitstroomopening westzijde) en opstellingen van aanbodfuiken en vangconstructie (gele driehoekjes) in najaar 2011. Recht achter gemaal geplaatste driehoek is vangconstructie. Aanbodfuijk in jachthaven vervangt aanbodfuiken vanaf 28 oktober 2011. Opstelling in najaar 2009 gelijk aan situatie voor 28 oktober 2011, met slechts één aanbodfuijk



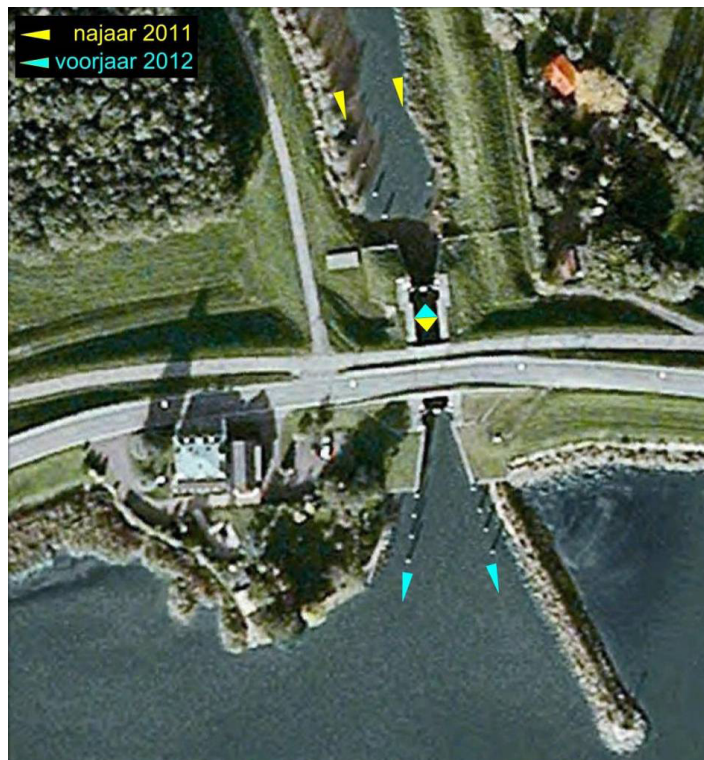
FIGUUR 52

GLOBALE SCHETS VAN GEMAAL MAELSTEDE EN VISHEVEL (TWEEZIJDIG PASSEERBAAR; WITTE LIJN) EN OPSTELLINGEN VAN AANBODFUIKEN EN VANGCONSTRUCTIES (GELE OF BLAUWE DRIEHOEKJES) IN NAJAAR 2011 EN VOORJAAR 2012. RECHT ACHTER HEVEL GEPLAATSTE DRIEHOEKEN ZIJN VANGCONSTRUCTIES. OPSTELLING NAJAAR 2008 GELIJK AAN NAJAAR 2011



FIGUUR 53

GLOBALE SCHETS VAN OPSTELLINGEN AANBODFUIKEN (SPITSE DRIEHOEKJES) EN VANGCONSTRUCTIES (STOMPE DRIEHOEKJES) IN OF BIJ SNELLE SLUIS, IN NAJAAR 2011 EN VOORJAAR 2012. OPSTELLING IN NAJAAR 2009 GELIJK AAN NAJAAR 2011. VANGCONSTRUCTIES IN VOORJAAR 2009 EN VOORJAAR 2011 GELIJK AAN VOORJAAR 2012. AANBODBEPALING IN VOORJAAR 2009 MET KRUISNET, IN VOORJAAR 2011 NIET UITGEVOERD



## BIJLAGE II

# BASISGEGEVENS KLIMAAT EN VISMONITORING

Om eventuele trends in de vangsten van de aanbodfuiken en vangconstructies te kunnen relateren aan de weersomstandigheden, zijn van de website van het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) klimaatgegevens gedownload. Het betrof gegevens van drie weerstations die representatief worden geacht voor het weer ter plekke van de gemonitorde kunstwerken. Voor de meeste onderzochte locaties is gebruik gemaakt van de gegevens van het KNMI-station Rotterdam. Dit was alleen niet het geval voor gemaal Maelstede (gegevens van KNMI-station Vlissingen) en gemaal Ennemaborgh (gegevens van KNMI-station Nieuw Beerta). Hieronder (paragraaf B2.1) worden alle geselecteerde klimaatgegevens per station en per periode van vismonitoring gegeven in tabelvorm. Vervolgens (paragraaf B2.2) worden per kunstwerk grafieken gegeven waarin de ontwikkelingen in de tijd worden geschetst van de vangsten (afhankelijk van locatie en seizoen, gesplitst in glasaal, rode aal of schieraal en schubvis) en enkele klimaatparameters. De basisgegevens voor intrek in het voorjaar van 2012, waarop de intrekfracties zijn gebaseerd, worden grafisch gepresenteerd in paragraaf B.2.3. Ten slotte (paragraaf B2.4) worden de resultaten van de glasaalbemonstering bij gemaal Aalkeet Buitenpolder in het voorjaar van 2012 in tabelvorm gegeven.

## B2.1 GESELECTEERDE KLIMAATGEGEVENS

Uitgangspunt is dat voor veel vissoorten de watertemperatuur wordt beschouwd als een belangrijke stuurfactor in de timing van de trek. Omdat voor het hier gerapporteerde onderzoek geen dagelijkse metingen van de watertemperatuur ter plekke van de monitoringslocaties beschikbaar waren, is gebruik gemaakt van de etmaalgemiddelde luchttemperatuur (gemeten in 0,1 °C) op het dichtsbijzijnde weerstation. Eerder onderzoek heeft duidelijk gemaakt dat deze twee parameters redelijk gecorreleerd zijn (Wanink *et al.*, 2011).

Met name voor de uittrek van schieraal zijn de hoeveelheid neerslag en de windsnelheid (najaarsstormen) mogelijk ook van belang voor het op gang komen van de trek. Als maat voor de hoeveelheid neerslag is gebruikgemaakt van de op het weerstation gemeten (in 0,1 mm) etmaalsom. Voor de windsnelheid is dit de hoogste uurgemiddelde snelheid (gemeten in 0,1 m s<sup>-1</sup>) per etmaal.

De intrek van glasaal bij gemaal Maelstede hangt mogelijk samen met de opstuwing van zee-water in de Westerschelde, bij aanlandige wind (M. van Wingerden, persoonlijke mededeling). Voor deze onderzoekslocatie is daarom ook de windrichting geselecteerd als klimaatparameter. Hiervoor is gebruik gemaakt van de vectorgemiddelde windrichting per etmaal, uitgedrukt in graden. De gegeven waarden staan voor de volgende windrichtingen: 0° = windstil (variabel), 90° = Oost, 180° = Zuid, 270° = West en 360° = Noord.

## B2.1.1 GEGEVENS KNMI-STATION ROTTERDAM

TABEL 40 TEMPERATUUR, NEERSLAG EN WINDSNELHEID, TIJDENS DE NULMONITORING IN VOOR- EN NAJAAR 2009

Datum	Temp. (°C)	Neerslag (mm)	Windsn. (m/s)	Datum	Temp. (°C)	Neerslag (mm)	Windsn. (m/s)
1-3-2009	6,6	0,3	4	21-4-2009	10,4	0,0	4
2-3-2009	5,4	0,0	5	22-4-2009	9,2	0,0	5
3-3-2009	6,6	0,2	8	23-4-2009	9,4	0,0	4
4-3-2009	5,7	1,0	10	24-4-2009	12,8	0,0	7
5-3-2009	4,3	0,0	7	25-4-2009	13,1	<0,05	7
6-3-2009	4,7	0,0	9	26-4-2009	11,9	5,1	3
7-3-2009	5,1	0,5	8	27-4-2009	12,1	0,8	9
8-3-2009	7,2	9,0	10	28-4-2009	9,3	5,5	5
9-3-2009	6,0	<0,05	10	29-4-2009	10,7	0,0	4
10-3-2009	6,1	7,0	7	30-4-2009	12,3	0,0	3
11-3-2009	6,8	0,0	5	1-5-2009	13,2	<0,05	4
12-3-2009	8,2	2,3	7	2-5-2009	11,9	0,0	5
13-3-2009	8,2	0,0	4	3-5-2009	9,3	0,4	7
14-3-2009	8,8	1,0	7	4-5-2009	9,9	0,6	7
15-3-2009	7,8	0,0	6	5-5-2009	12,2	3,1	9
16-3-2009	7,9	0,0	3	6-5-2009	13,3	1,1	9
17-3-2009	7,3	0,0	6	7-5-2009	12,6	0,0	8
18-3-2009	5,8	0,0	3	8-5-2009	12,0	0,9	12
19-3-2009	6,4	0,0	6	9-5-2009	12,1	0,0	5
20-3-2009	4,6	0,0	5	10-5-2009	13,6	0,0	7
21-3-2009	4,6	0,0	4	11-5-2009	12,0	0,0	10
22-3-2009	8,0	<0,05	8	12-5-2009	13,1	0,0	9
23-3-2009	6,8	3,7	11	13-5-2009	15,7	0,0	7
24-3-2009	5,2	2,8	10	14-5-2009	16,4	0,8	6
25-3-2009	6,4	10,6	10	15-5-2009	13,6	18,9	7
26-3-2009	7,4	6,1	12	16-5-2009	12,3	7,9	8
27-3-2009	6,9	<0,05	10	17-5-2009	13,2	13,9	8
28-3-2009	6,2	11,7	7	18-5-2009	13,5	0,9	9
29-3-2009	5,2	0,6	6	19-5-2009	13,9	0,0	8
30-3-2009	4,7	0,0	4	20-5-2009	14,8	0,0	4
31-3-2009	7,0	0,0	4	21-5-2009	13,9	0,0	6
1-4-2009	9,0	0,0	8	22-5-2009	13,5	0,0	7
2-4-2009	11,4	0,0	8	23-5-2009	16,4	0,1	4
3-4-2009	11,2	0,0	4	24-5-2009	15,4	0,0	4
4-4-2009	9,3	0,0	7	25-5-2009	18,1	3,6	6
5-4-2009	9,3	0,0	4	26-5-2009	13,4	25,3	10
6-4-2009	11,8	0,0	4	27-5-2009	12,0	0,3	10
7-4-2009	9,9	0,2	6	28-5-2009	15,4	0,0	6
8-4-2009	8,8	3,8	10	29-5-2009	15,1	0,0	6
9-4-2009	11,3	0,1	6	30-5-2009	16,5	0,0	7
10-4-2009	17,0	<0,05	8	31-5-2009	18,2	0,0	7
11-4-2009	15,2	<0,05	4	1-6-2009	18,8	0,0	7
12-4-2009	11,0	<0,05	5	2-6-2009	15,1	0,0	6

Datum	Temp. (°C)	Neerslag (mm)	Windsn. (m/s)	Datum	Temp. (°C)	Neerslag (mm)	Windsn. (m/s)
13-4-2009	9,1	0,0	4	3-6-2009	12,2	<0,05	6
14-4-2009	12,0	0,0	6	4-6-2009	10,8	0,4	5
15-4-2009	16,2	3,0	8	5-6-2009	10,1	0,8	4
16-4-2009	13,4	3,5	4	6-6-2009	12,2	0,0	7
17-4-2009	11,9	1,4	5	7-6-2009	12,1	9,6	6
18-4-2009	11,5	0,0	7	8-6-2009	13,8	<0,05	5
19-4-2009	12,0	0,0	6	9-6-2009	14,4	7,5	9
20-4-2009	12,7	0,0	5	10-6-2009	13,9	6,3	4
11-6-2009	12,9	6,1	6	5-8-2009	22,1	<0,05	4
12-6-2009	13,5	0,0	5	6-8-2009	23,3	<0,05	5
13-6-2009	16,5	0,0	4	7-8-2009	20,7	0,0	4
14-6-2009	16,8	5,1	4	8-8-2009	18,2	0,0	4
15-6-2009	16,1	6,8	3	9-8-2009	16,9	0,0	5
16-6-2009	14,5	1,0	5	10-8-2009	18,2	2,0	6
17-6-2009	18,2	<0,05	6	11-8-2009	18,8	0,3	5
18-6-2009	16,7	<0,05	8	12-8-2009	17,9	11,6	6
19-6-2009	15,4	0,0	7	13-8-2009	16,9	0,0	4
20-6-2009	14,3	<0,05	5	14-8-2009	17,5	0,0	4
21-6-2009	14,1	<0,05	7	15-8-2009	20,8	0,0	7
22-6-2009	13,9	0,0	4	16-8-2009	19,1	0,0	6
23-6-2009	16,5	0,0	6	17-8-2009	18,4	0,0	5
24-6-2009	18,4	0,0	8	18-8-2009	20,5	0,0	4
25-6-2009	20,4	0,0	5	19-8-2009	23,1	0,0	4
26-6-2009	20,3	0,0	5	20-8-2009	23,3	<0,05	9
27-6-2009	19,2	0,0	5	21-8-2009	17,5	0,0	7
28-6-2009	19,2	0,0	4	22-8-2009	17,3	0,0	5
29-6-2009	18,8	0,0	4	23-8-2009	20,9	0,0	6
30-6-2009	19,6	0,0	4	24-8-2009	21,2	0,2	5
1-7-2009	20,5	0,0	4	25-8-2009	17,7	0,2	5
2-7-2009	23,3	0,0	5	26-8-2009	19,6	0,0	9
3-7-2009	21,1	0,0	8	27-8-2009	19,3	0,0	7
4-7-2009	20,2	0,0	3	28-8-2009	16,9	3,4	12
5-7-2009	20,3	0,0	4	29-8-2009	15,8	4,2	7
6-7-2009	18,3	3,0	8	30-8-2009	16,0	1,4	7
7-7-2009	16,2	12,2	9	31-8-2009	20,9	0,0	6
8-7-2009	15,9	0,1	8	1-9-2009	18,7	<0,05	8
9-7-2009	15,2	0,2	6	2-9-2009	17,4	2,4	8
10-7-2009	14,7	7,7	7	3-9-2009	15,6	7,5	12
11-7-2009	16,5	<0,05	5	4-9-2009	14,8	12,7	9
12-7-2009	17,5	6,7	8	5-9-2009	15,8	<0,05	8
13-7-2009	18,7	<0,05	5	6-9-2009	15,6	<0,05	6
14-7-2009	19,3	0,8	3	7-9-2009	17,6	0,0	6
15-7-2009	19,3	0,0	8	8-9-2009	20,4	0,0	6
16-7-2009	20,4	0,0	6	9-9-2009	17,2	0,2	5
17-7-2009	18,8	7,5	8	10-9-2009	15,8	0,0	6
18-7-2009	16,0	8,5	9	11-9-2009	15,1	0,0	5



Datum	Temp. (°C)	Neerslag (mm)	Windsn. (m/s)	Datum	Temp. (°C)	Neerslag (mm)	Windsn. (m/s)
19-7-2009	17,1	2,6	10	12-9-2009	14,7	0,0	6
20-7-2009	17,2	4,8	9	13-9-2009	14,4	0,9	6
21-7-2009	20,0	4,1	6	14-9-2009	15,5	0,8	8
22-7-2009	18,4	8,5	7	15-9-2009	15,3	1,9	7
23-7-2009	17,4	1,4	6	16-9-2009	16,0	0,0	9
24-7-2009	17,0	1,9	9	17-9-2009	13,7	0,0	8
25-7-2009	17,0	0,9	7	18-9-2009	14,3	0,0	5
26-7-2009	18,8	<0,05	6	19-9-2009	16,9	0,0	2
27-7-2009	17,9	1,1	8	20-9-2009	15,0	0,0	5
28-7-2009	17,6	1,6	5	21-9-2009	14,5	0,0	3
29-7-2009	19,0	0,4	6	22-9-2009	16,1	0,0	9
30-7-2009	16,0	5,5	10	23-9-2009	17,1	<0,05	5
31-7-2009	17,4	0,0	4	24-9-2009	14,2	0,0	4
1-8-2009	20,8	<0,05	5	25-9-2009	12,9	0,0	4
2-8-2009	16,8	6,5	5	26-9-2009	12,1	0,0	2
3-8-2009	16,5	0,0	4	27-9-2009	12,6	0,0	3
4-8-2009	20,4	0,0	6	28-9-2009	14,8	0,0	5
29-9-2009	15,5	0,9	4	15-11-2009	10,5	1,9	8
30-9-2009	15,4	1,1	4	16-11-2009	11,1	0,7	11
1-10-2009	13,6	0,1	6	17-11-2009	10,9	0,0	8
2-10-2009	12,1	0,0	7	18-11-2009	11,7	<0,05	15
3-10-2009	14,5	3,4	13	19-11-2009	10,9	0,0	9
4-10-2009	12,4	<0,05	7	20-11-2009	12,7	3,9	9
5-10-2009	12,3	5,3	5	21-11-2009	13,4	0,5	7
6-10-2009	15,5	2,0	9	22-11-2009	11,3	5,7	12
7-10-2009	15,8	16,8	8	23-11-2009	10,8	15,2	12
8-10-2009	11,3	6,6	5	24-11-2009	12,1	1,1	12
9-10-2009	10,2	17,1	7	25-11-2009	10,9	1,5	12
10-10-2009	13,6	3,9	6	26-11-2009	8,1	16,5	11
11-10-2009	13,0	7,8	7	27-11-2009	7,4	10,4	12
12-10-2009	11,3	5,0	8	28-11-2009	7,9	15,2	9
13-10-2009	9,1	<0,05	5	29-11-2009	9,1	1,2	8
14-10-2009	5,1	0,0	4	30-11-2009	6,1	<0,05	5
15-10-2009	6,7	0,0	4	1-12-2009	4,9	0,1	4
16-10-2009	11,4	3,1	9	2-12-2009	5,4	3,4	7
17-10-2009	7,7	0,2	6	3-12-2009	8,3	7,2	8
18-10-2009	7,6	0,2	4	4-12-2009	5,9	28,5	7
19-10-2009	9,0	0,0	7	5-12-2009	7,9	8,4	8
20-10-2009	8,2	0,0	7	6-12-2009	10,6	5,5	10
21-10-2009	11,3	3,7	8	7-12-2009	8,1	0,8	7
22-10-2009	9,0	1,1	4	8-12-2009	7,5	4,4	5
23-10-2009	9,9	2,8	5	9-12-2009	8,2	2,1	6
24-10-2009	11,7	5,9	8	10-12-2009	10,0	5,5	8
25-10-2009	13,5	0,0	9	11-12-2009	7,2	0,3	6
26-10-2009	13,0	0,1	8	12-12-2009	4,2	0,0	8
27-10-2009	12,5	<0,05	4	13-12-2009	0,5	0,0	6

Datum	Temp. (°C)	Neerslag (mm)	Windsn. (m/s)	Datum	Temp. (°C)	Neerslag (mm)	Windsn. (m/s)
28-10-2009	11,8	0,0	4	14-12-2009	-2,7	0,0	4
29-10-2009	13,6	0,0	2	15-12-2009	-3,4	0,0	2
30-10-2009	11,0	0,0	5	16-12-2009	-0,3	0,0	6
31-10-2009	11,4	0,1	5	17-12-2009	0,0	5,3	7
1-11-2009	13,6	15,2	9	18-12-2009	-3,5	<0,05	6
2-11-2009	9,8	0,8	7	19-12-2009	-5,7	0,4	9
3-11-2009	7,9	5,8	9	20-12-2009	-0,8	11,6	10
4-11-2009	8,4	2,6	6	21-12-2009	-1,6	1,5	8
5-11-2009	8,6	12,6	8	22-12-2009	0,8	0,7	7
6-11-2009	9,0	2,8	9	23-12-2009	0,5	0,0	7
7-11-2009	7,7	6,3	9	24-12-2009	0,4	2,0	5
8-11-2009	5,5	0,0	4	25-12-2009	2,8	16,0	8
9-11-2009	7,1	<0,05	5	26-12-2009	4,1	0,1	8
10-11-2009	8,1	2,8	4	27-12-2009	4,5	3,3	8
11-11-2009	7,2	0,5	6	28-12-2009	3,8	1,4	6
12-11-2009	9,2	1,5	7	29-12-2009	1,3	6,1	6
13-11-2009	13,9	2,8	9	30-12-2009	0,6	2,0	7
14-11-2009	13,2	3,2	12	31-12-2009	0,3	<0,05	7

TABEL 41 TEMPERATUUR, NEERSLAG EN WINDSNELHEID, TIJDENS DE VOORJAARSMONITORING VAN DE SNELLE SLUIS IN 2011

Datum	Temp. (°C)	Neerslag (mm)	Windsn. (m/s)	Datum	Temp. (°C)	Neerslag (mm)	Windsn. (m/s)
23-3-2011	7,5	0,0	4	8-5-2011	20,1	0,7	7
24-3-2011	9,2	0,0	4	9-5-2011	15,8	0,2	3
25-3-2011	9,4	0,0	4	10-5-2011	15,4	2,8	3
26-3-2011	5,2	2,1	5	11-5-2011	13,9	0,0	5
27-3-2011	6,5	0,0	4	12-5-2011	12,9	0,0	6
28-3-2011	5,3	0,0	4	13-5-2011	13,5	0,0	5
29-3-2011	7,0	0,0	3	14-5-2011	11,8	<0,05	7
30-3-2011	9,7	0,3	7	15-5-2011	11,8	1,7	6
31-3-2011	10,9	3,9	12	16-5-2011	13,5	3,3	8
1-4-2011	12,4	<0,05	10	17-5-2011	14,2	1,1	6
2-4-2011	15,1	1,0	8	18-5-2011	14,3	<0,05	6
3-4-2011	10,7	1,2	5	19-5-2011	12,7	0,7	3
4-4-2011	9,5	0,0	8	20-5-2011	13,2	0,0	6
5-4-2011	10,0	0,2	11	21-5-2011	16,0	0,0	3
6-4-2011	13,9	0,0	8	22-5-2011	15,0	3,3	10
7-4-2011	11,3	0,0	6	23-5-2011	15,8	0,0	9
8-4-2011	9,6	0,0	5	24-5-2011	13,4	0,0	8
9-4-2011	9,6	0,0	5	25-5-2011	16,7	0,0	5
10-4-2011	11,0	0,0	4	26-5-2011	14,6	1,6	11
11-4-2011	12,2	3,3	9	27-5-2011	12,7	1,8	7
12-4-2011	7,8	<0,05	7	28-5-2011	13,2	0,4	9
13-4-2011	8,5	0,0	5	29-5-2011	15,8	0,0	10
14-4-2011	9,3	0,0	3	30-5-2011	18,9	0,3	6
15-4-2011	9,8	0,0	3	31-5-2011	12,5	1,6	6
16-4-2011	10,6	<0,05	4	1-6-2011	13,2	0,0	4
17-4-2011	11,3	0,0	4	2-6-2011	16,3	0,0	7
18-4-2011	12,8	0,0	6	3-6-2011	19,1	0,0	9
19-4-2011	15,4	0,0	3	4-6-2011	21,0	0,0	9
20-4-2011	16,0	0,0	5	5-6-2011	16,0	0,9	5
21-4-2011	16,2	0,0	4	6-6-2011	14,5	4,2	4
22-4-2011	18,0	<0,05	6	7-6-2011	15,0	4,5	4
23-4-2011	18,9	<0,05	5	8-6-2011	14,4	1,1	8
24-4-2011	16,4	0,0	4	9-6-2011	14,0	0,5	6
25-4-2011	15,9	0,0	5	10-6-2011	13,5	6,6	6
26-4-2011	14,2	0,0	6	11-6-2011	12,5	0,1	6
27-4-2011	11,0	0,9	6	12-6-2011	15,2	<0,05	6
28-4-2011	13,5	1,0	5	13-6-2011	15,8	1,8	8
29-4-2011	16,2	0,6	8	14-6-2011	16,5	0,0	4
30-4-2011	15,2	0,0	9	15-6-2011	17,4	0,1	7
1-5-2011	13,1	0,0	9	16-6-2011	15,4	22,5	8
2-5-2011	10,4	0,0	9	17-6-2011	14,9	4,6	6
3-5-2011	8,6	0,0	8	18-6-2011	14,8	5,7	11
4-5-2011	8,4	0,0	4	19-6-2011	13,7	15,3	9
5-5-2011	11,9	0,0	3	20-6-2011	15,2	1,1	5
6-5-2011	16,6	0,0	4	21-6-2011	17,4	<0,05	10
7-5-2011	21,1	0,0	7	22-6-2011	15,7	4,9	10

TABEL 42 TEMPERATUUR, NEERSLAG EN WINDSNELHEID, TIJDENS DE NAJAARSMONITORING IN 2011

Datum	Temp. (°C)	Neerslag (mm)	Windsn. (m/s)	Datum	Temp. (°C)	Neerslag (mm)	Windsn. (m/s)
1-10-2011	16,9	0,0	2	16-11-2011	1,8	0,0	4
2-10-2011	16,8	0,0	3	17-11-2011	5,4	0,0	4
3-10-2011	19,0	0,0	7	18-11-2011	7,3	0,0	5
4-10-2011	17,1	0,0	7	19-11-2011	3,9	0,0	2
5-10-2011	17,4	0,1	11	20-11-2011	2,6	0,0	3
6-10-2011	14,0	3,7	11	21-11-2011	2,2	0,0	3
7-10-2011	11,3	14,1	9	22-11-2011	4,8	0,0	2
8-10-2011	10,7	13,5	5	23-11-2011	9,2	0,8	4
9-10-2011	13,1	2,4	8	24-11-2011	8,7	0,0	7
10-10-2011	16,8	<0,05	11	25-11-2011	9,8	<0,05	9
11-10-2011	16,1	2,8	10	26-11-2011	9,6	0,0	9
12-10-2011	12,0	9,4	4	27-11-2011	9,8	0,2	12
13-10-2011	10,4	0,0	4	28-11-2011	6,0	0,0	7
14-10-2011	8,8	0,0	5	29-11-2011	8,3	1,0	10
15-10-2011	8,1	0,0	4	30-11-2011	7,9	0,0	7
16-10-2011	8,9	0,0	4	1-12-2011	9,5	18,2	9
17-10-2011	12,8	0,0	8	2-12-2011	7,1	6,1	7
18-10-2011	11,3	6,2	9	3-12-2011	8,7	8,7	12
19-10-2011	9,4	3,5	6	4-12-2011	8,5	1,1	8
20-10-2011	6,6	5,9	4	5-12-2011	6,0	0,3	10
21-10-2011	8,3	0,0	5	6-12-2011	5,9	1,0	9
22-10-2011	7,4	0,0	6	7-12-2011	7,4	5,3	13
23-10-2011	9,5	0,0	5	8-12-2011	7,5	11,3	14
24-10-2011	9,2	0,0	9	9-12-2011	6,4	0,8	10
25-10-2011	10,5	2,1	8	10-12-2011	4,4	0,4	7
26-10-2011	11,2	0,1	9	11-12-2011	4,7	0,3	7
27-10-2011	11,9	0,0	5	12-12-2011	7,1	2,0	11
28-10-2011	12,7	1,5	4	13-12-2011	7,9	10,4	14
29-10-2011	13,2	0,0	5	14-12-2011	5,1	9,1	11
30-10-2011	13,4	<0,05	5	15-12-2011	5,3	7,1	11
31-10-2011	14,0	0,0	5	16-12-2011	4,0	15,9	9
1-11-2011	13,0	2,6	6	17-12-2011	4,7	6,8	7
2-11-2011	11,8	<0,05	5	18-12-2011	2,9	6,8	6
3-11-2011	15,1	<0,05	6	19-12-2011	2,4	7,8	8
4-11-2011	15,0	<0,05	9	20-12-2011	6,5	2,9	8
5-11-2011	12,7	0,1	3	21-12-2011	6,0	3,5	4
6-11-2011	12,3	0,0	5	22-12-2011	9,6	0,4	6
7-11-2011	10,1	0,0	8	23-12-2011	9,0	4,2	11
8-11-2011	9,1	0,0	5	24-12-2011	6,7	3,8	10
9-11-2011	10,0	<0,05	4	25-12-2011	9,6	<0,05	10
10-11-2011	7,7	0,0	6	26-12-2011	10,8	<0,05	8
11-11-2011	8,0	0,0	7	27-12-2011	8,5	0,0	8
12-11-2011	7,3	0,0	4	28-12-2011	6,7	0,0	9
13-11-2011	5,1	0,0	4	29-12-2011	7,0	9,1	11
14-11-2011	3,6	0,0	3	30-12-2011	5,2	4,2	11
15-11-2011	1,4	0,0	5	31-12-2011	8,9	2,7	8

TABEL 43 TEMPERatuur, NEERSLAG EN WINDSNELHEID, TIJDENS DE VOORJAARSMONITORING IN 2012

Datum	Temp. (°C)	Neerslag (mm)	Windsn. (m/s)	Datum	Temp. (°C)	Neerslag (mm)	Windsn. (m/s)
23-3-2012	11,6	0,0	3	8-5-2012	13,3	6,6	7
24-3-2012	10,7	0,0	5	9-5-2012	15,5	12,4	7
25-3-2012	9,5	0,0	5	10-5-2012	18,0	5,4	9
26-3-2012	9,7	0,0	6	11-5-2012	12,7	<0,05	9
27-3-2012	9,3	0,0	4	12-5-2012	8,3	0,2	6
28-3-2012	9,3	0,0	4	13-5-2012	9,5	0,0	4
29-3-2012	7,4	0,0	7	14-5-2012	11,2	1,5	8
30-3-2012	8,4	<0,05	6	15-5-2012	9,4	10,6	6
31-3-2012	6,5	<0,05	8	16-5-2012	8,5	2,1	7
1-4-2012	4,6	0,0	5	17-5-2012	11,5	0,0	6
2-4-2012	7,7	0,0	4	18-5-2012	13,9	0,3	7
3-4-2012	8,8	<0,05	4	19-5-2012	14,7	0,0	5
4-4-2012	7,1	4,0	6	20-5-2012	15,0	5,1	4
5-4-2012	5,6	0,0	7	21-5-2012	15,7	0,0	4
6-4-2012	5,3	1,0	5	22-5-2012	17,6	0,0	4
7-4-2012	5,3	0,3	7	23-5-2012	18,7	0,0	3
8-4-2012	6,8	3,0	8	24-5-2012	21,7	0,0	5
9-4-2012	9,3	6,5	9	25-5-2012	21,1	0,0	10
10-4-2012	9,5	2,3	9	26-5-2012	20,3	0,0	7
11-4-2012	7,8	1,3	6	27-5-2012	20,1	0,0	4
12-4-2012	6,6	<0,05	4	28-5-2012	16,2	0,0	4
13-4-2012	6,5	<0,05	3	29-5-2012	12,6	3,5	4
14-4-2012	6,6	0,0	5	30-5-2012	16,1	0,0	5
15-4-2012	6,4	<0,05	8	31-5-2012	14,3	7,2	7
16-4-2012	4,9	0,6	6	1-6-2012	12,4	0,5	3
17-4-2012	5,3	3,5	11	2-6-2012	12,5	<0,05	5
18-4-2012	8,3	0,8	9	3-6-2012	9,4	10,1	7
19-4-2012	8,6	3,2	8	4-6-2012	8,8	15,7	6
20-4-2012	8,4	1,5	6	5-6-2012	12,2	0,1	4
21-4-2012	7,8	1,2	6	6-6-2012	14,7	6,9	8
22-4-2012	9,3	0,1	8	7-6-2012	16,3	1,7	6
23-4-2012	9,3	3,8	7	8-6-2012	15,3	0,7	13
24-4-2012	8,9	3,0	4	9-6-2012	13,0	2,1	11
25-4-2012	9,9	2,5	9	10-6-2012	15,1	<0,05	5
26-4-2012	11,7	6,6	11	11-6-2012	15,1	18,6	6
27-4-2012	12,1	0,4	9	12-6-2012	13,3	1,6	5
28-4-2012	10,0	11,9	9	13-6-2012	11,5	0,0	4
29-4-2012	12,3	0,1	8	14-6-2012	13,0	0,0	5
30-4-2012	15,5	<0,05	8	15-6-2012	15,4	9,6	7
1-5-2012	13,7	10,2	5	16-6-2012	16,4	3,2	9
2-5-2012	12,0	11,3	3	17-6-2012	16,0	<0,05	9
3-5-2012	11,7	<0,05	4	18-6-2012	14,1	13,0	6
4-5-2012	9,4	<0,05	6	19-6-2012	14,8	0,0	3
5-5-2012	8,5	<0,05	6	20-6-2012	17,3	0,0	6
6-5-2012	8,9	0,0	7	21-6-2012	17,6	11,2	8
7-5-2012	11,2	0,1	5	22-6-2012	15,2	7,1	12

## B2.1.2 GEGEVENS KNMI-STATION VLISSINGEN

TABEL 44 TEMPERATUUR, NEERSLAG EN WINDSNELHEID, TIJDENS DE NULMONITORING IN NAJAAR 2008

Datum	Temp. (°C)	Neerslag (mm)	Windsn. (m/s)	Datum	Temp. (°C)	Neerslag (mm)	Windsn. (m/s)
1-10-2008	14,4	0,8	18	16-11-2008	9,8	1,1	6
2-10-2008	11,3	3,5	14	17-11-2008	7,7	<0,05	11
3-10-2008	9,4	17,8	12	18-11-2008	8,8	1,8	11
4-10-2008	10,8	0,2	15	19-11-2008	9,8	0,4	8
5-10-2008	12,8	13,7	16	20-11-2008	10,9	0,5	12
6-10-2008	13,2	0,0	5	21-11-2008	6,9	10,5	14
7-10-2008	15,0	0,3	9	22-11-2008	3,8	5,0	10
8-10-2008	13,4	<0,05	7	23-11-2008	3,5	5,4	12
9-10-2008	13,2	0,0	5	24-11-2008	4,0	4,2	10
10-10-2008	13,4	0,0	6	25-11-2008	5,9	3,3	8
11-10-2008	14,1	0,0	7	26-11-2008	6,6	0,1	8
12-10-2008	14,1	0,0	5	27-11-2008	6,8	0,1	12
13-10-2008	15,4	0,0	9	28-11-2008	4,0	<0,05	10
14-10-2008	14,6	<0,05	6	29-11-2008	3,3	0,0	7
15-10-2008	14,1	2,9	11	30-11-2008	2,8	3,5	6
16-10-2008	12,4	<0,05	10	1-12-2008	5,0	0,4	5
17-10-2008	11,2	0,0	7	2-12-2008	4,8	7,3	11
18-10-2008	11,0	<0,05	8	3-12-2008	4,1	0,4	7
19-10-2008	11,7	0,0	9	4-12-2008	4,2	2,7	14
20-10-2008	12,7	0,5	12	5-12-2008	5,9	0,1	9
21-10-2008	11,3	3,2	10	6-12-2008	6,3	4,7	7
22-10-2008	10,2	0,0	9	7-12-2008	5,6	<0,05	5
23-10-2008	10,7	0,0	10	8-12-2008	1,4	0,0	8
24-10-2008	10,6	4,1	9	9-12-2008	3,5	7,1	8
25-10-2008	10,8	0,0	10	10-12-2008	4,1	16,8	8
26-10-2008	12,3	12,4	12	11-12-2008	3,4	3,0	9
27-10-2008	10,4	<0,05	7	12-12-2008	0,9	0,0	11
28-10-2008	8,1	1,4	7	13-12-2008	1,6	0,2	14
29-10-2008	6,5	0,0	5	14-12-2008	3,8	<0,05	9
30-10-2008	4,0	0,0	5	15-12-2008	2,4	0,0	8
31-10-2008	5,5	0,0	6	16-12-2008	2,0	0,0	6
1-11-2008	7,8	4,7	10	17-12-2008	4,2	1,1	6
2-11-2008	9,7	0,3	7	18-12-2008	5,9	0,4	10
3-11-2008	9,2	0,0	7	19-12-2008	6,7	3,2	11
4-11-2008	8,2	0,0	6	20-12-2008	7,7	2,2	15
5-11-2008	9,1	1,2	8	21-12-2008	8,1	0,0	14
6-11-2008	10,0	0,0	5	22-12-2008	8,1	0,0	12
7-11-2008	10,0	1,1	9	23-12-2008	6,1	0,0	4
8-11-2008	9,6	<0,05	14	24-12-2008	6,8	0,0	5
9-11-2008	10,7	3,9	15	25-12-2008	4,4	0,0	9
10-11-2008	12,4	14,6	16	26-12-2008	0,4	0,0	9
11-11-2008	9,6	17,1	14	27-12-2008	-1,2	0,0	8
12-11-2008	9,0	<0,05	9	28-12-2008	-1,3	0,0	8
13-11-2008	9,6	0,1	8	29-12-2008	-1,3	0,0	7
14-11-2008	10,3	<0,05	9	30-12-2008	-1,7	0,0	4
15-11-2008	11,2	0,0	9	31-12-2008	-1,4	0,0	5

TABEL 45 TEMPERAATUUR, NEERSLAG EN WINDSNELHEID, TIJDENS DE NAJAARSMONITORING IN 2011

Datum	Temp. (°C)	Neerslag (mm)	Windsn. (m/s)	Datum	Temp. (°C)	Neerslag (mm)	Windsn. (m/s)
1-10-2011	19,6	0,0	4	16-11-2011	3,4	0,0	7
2-10-2011	19,2	0,0	3	17-11-2011	6,9	0,0	6
3-10-2011	19,3	0,0	8	18-11-2011	8,8	0,0	7
4-10-2011	17,3	0,0	11	19-11-2011	8,4	0,0	4
5-10-2011	17,3	0,3	13	20-11-2011	5,6	0,0	4
6-10-2011	15,0	6,4	16	21-11-2011	4,0	0,0	4
7-10-2011	12,4	4,8	15	22-11-2011	8,8	<0,05	4
8-10-2011	11,9	10,8	8	23-11-2011	10,2	0,0	6
9-10-2011	14,2	3,7	15	24-11-2011	8,8	0,0	8
10-10-2011	16,7	0,0	18	25-11-2011	10,2	<0,05	11
11-10-2011	16,6	0,0	16	26-11-2011	9,3	<0,05	12
12-10-2011	15,2	5,7	10	27-11-2011	10,3	0,1	15
13-10-2011	12,3	0,0	6	28-11-2011	7,3	0,0	10
14-10-2011	11,4	0,0	8	29-11-2011	8,9	<0,05	14
15-10-2011	11,6	0,0	8	30-11-2011	8,2	0,0	9
16-10-2011	11,6	0,0	6	1-12-2011	10,1	27,4	13
17-10-2011	13,6	0,0	12	2-12-2011	7,7	4,0	10
18-10-2011	12,0	8,6	13	3-12-2011	9,3	3,3	15
19-10-2011	10,6	1,6	9	4-12-2011	9,1	0,5	11
20-10-2011	9,0	2,4	6	5-12-2011	7,0	2,5	15
21-10-2011	9,5	0,0	7	6-12-2011	6,8	7,4	12
22-10-2011	8,1	0,0	9	7-12-2011	8,1	1,5	17
23-10-2011	11,1	0,0	11	8-12-2011	8,3	5,5	18
24-10-2011	10,6	0,0	13	9-12-2011	7,6	0,1	14
25-10-2011	11,8	10,1	11	10-12-2011	5,8	0,0	8
26-10-2011	11,6	0,2	10	11-12-2011	5,2	1,3	9
27-10-2011	12,3	<0,05	10	12-12-2011	7,6	0,7	16
28-10-2011	13,6	<0,05	4	13-12-2011	8,1	4,8	19
29-10-2011	13,6	0,0	7	14-12-2011	5,1	9,7	15
30-10-2011	13,0	0,0	7	15-12-2011	5,9	20,9	15
31-10-2011	13,5	0,0	7	16-12-2011	4,5	27,1	13
1-11-2011	12,8	1,5	8	17-12-2011	5,7	3,2	8
2-11-2011	12,1	0,0	9	18-12-2011	3,6	14,4	8
3-11-2011	14,8	0,8	10	19-12-2011	3,1	5,2	12
4-11-2011	14,8	<0,05	13	20-12-2011	6,9	2,7	10
5-11-2011	13,6	1,5	7	21-12-2011	6,2	3,9	6
6-11-2011	13,0	0,0	8	22-12-2011	8,5	0,0	9
7-11-2011	10,5	0,0	8	23-12-2011	8,5	4,4	12
8-11-2011	10,3	0,1	7	24-12-2011	6,6	0,4	11
9-11-2011	12,3	<0,05	7	25-12-2011	9,0	0,1	14
10-11-2011	10,9	0,0	9	26-12-2011	9,4	<0,05	12
11-11-2011	7,9	0,0	9	27-12-2011	7,6	0,0	8
12-11-2011	9,9	0,0	7	28-12-2011	6,5	<0,05	12
13-11-2011	7,3	0,0	8	29-12-2011	7,4	7,0	16
14-11-2011	6,1	0,0	5	30-12-2011	6,0	1,6	12
15-11-2011	5,5	0,0	8	31-12-2011	8,6	1,0	11

TABEL 46 TEMPERATUUR, NEERSLAG, WINDSNELHEID EN WINDRICHTING, TIJDENS DE VOORJAARSMONITORING IN 2012

Datum	Temp. (°C)	Neerslag (mm)	Windsn. (m/s)	Windr. (°)	Datum	Temp. (°C)	Neerslag (mm)	Windsn. (m/s)	Windr. (°)
23-3-2012	11,8	0,0	5	47	8-5-2012	12,7	2,8	9	180
24-3-2012	11,2	0,0	5	15	9-5-2012	13,9	8,4	7	222
25-3-2012	8,1	0,0	5	22	10-5-2012	16,0	8,4	12	212
26-3-2012	10,5	0,0	6	36	11-5-2012	12,3	<0,05	11	261
27-3-2012	10,3	0,0	6	16	12-5-2012	9,4	<0,05	6	343
28-3-2012	10,5	0,0	5	350	13-5-2012	10,3	0,0	5	247
29-3-2012	9,2	0,0	7	327	14-5-2012	10,7	3,9	10	246
30-3-2012	8,2	<0,05	7	317	15-5-2012	9,3	1,4	9	299
31-3-2012	7,3	<0,05	9	342	16-5-2012	9,7	0,7	7	289
1-4-2012	6,2	0,0	6	294	17-5-2012	11,6	<0,05	7	124
2-4-2012	8,5	0,0	5	266	18-5-2012	13,4	<0,05	10	152
3-4-2012	9,5	<0,05	4	317	19-5-2012	14,0	0,0	7	317
4-4-2012	8,8	<0,05	5	332	20-5-2012	11,7	4,7	8	357
5-4-2012	6,9	0,0	7	41	21-5-2012	12,6	0,0	10	341
6-4-2012	6,4	0,9	6	310	22-5-2012	13,5	0,0	8	332
7-4-2012	6,6	0,1	8	352	23-5-2012	13,2	0,0	7	269
8-4-2012	7,4	1,5	10	212	24-5-2012	18,1	0,0	7	7
9-4-2012	9,4	5,9	12	217	25-5-2012	20,5	0,0	10	71
10-4-2012	9,2	1,5	12	221	26-5-2012	20,4	0,0	8	69
11-4-2012	7,8	2,3	7	225	27-5-2012	20,2	0,0	7	53
12-4-2012	7,6	0,0	5	266	28-5-2012	17,5	0,0	5	328
13-4-2012	7,1	0,0	4	52	29-5-2012	15,4	0,0	6	321
14-4-2012	7,7	0,0	7	12	30-5-2012	15,6	0,0	5	276
15-4-2012	7,3	1,2	11	7	31-5-2012	15,2	1,5	11	264
16-4-2012	6,1	0,9	8	347	1-6-2012	14,1	<0,05	6	336
17-4-2012	5,8	2,4	16	186	2-6-2012	13,7	0,1	8	52
18-4-2012	7,6	4,2	12	167	3-6-2012	10,0	24,2	10	68
19-4-2012	8,3	4,9	12	186	4-6-2012	10,3	22,8	10	14
20-4-2012	8,3	4,7	7	200	5-6-2012	12,8	1,4	7	177
21-4-2012	7,7	3,5	9	226	6-6-2012	14,6	8,7	12	218
22-4-2012	9,1	0,5	10	225	7-6-2012	15,8	3,5	9	173
23-4-2012	8,8	1,2	11	161	8-6-2012	14,8	0,5	19	220
24-4-2012	9,2	0,0	7	241	9-6-2012	13,7	<0,05	15	235
25-4-2012	9,6	2,1	15	167	10-6-2012	14,7	<0,05	7	184
26-4-2012	11,1	5,4	14	191	11-6-2012	14,7	8,7	7	109
27-4-2012	11,6	<0,05	10	208	12-6-2012	14,2	0,0	9	12
28-4-2012	10,1	8,7	10	32	13-6-2012	12,2	1,4	5	344
29-4-2012	12,1	0,9	10	131	14-6-2012	14,4	0,0	8	83
30-4-2012	14,7	5,7	9	82	15-6-2012	16,1	5,9	10	180
1-5-2012	13,6	5,3	7	344	16-6-2012	16,3	1,1	11	231
2-5-2012	9,9	18,1	7	332	17-6-2012	15,5	0,0	11	246
3-5-2012	10,5	0,0	6	210	18-6-2012	15,0	13,7	8	283
4-5-2012	9,5	0,1	5	309	19-6-2012	15,3	0,0	5	322
5-5-2012	8,9	1,2	7	38	20-6-2012	17,5	0,0	7	19
6-5-2012	8,9	0,0	8	38	21-6-2012	17,4	11,2	12	153
7-5-2012	11,1	<0,05	7	139	22-6-2012	15,1	4,0	16	218



## B2.1.3 GEGEVENS KNMI-STATION NIEUW BEERTA

TABEL 47 TEMPERATUUR, NEERSLAG EN WINDSNELHEID, TIJDENS DE NAJAARSMONITORING IN 2010

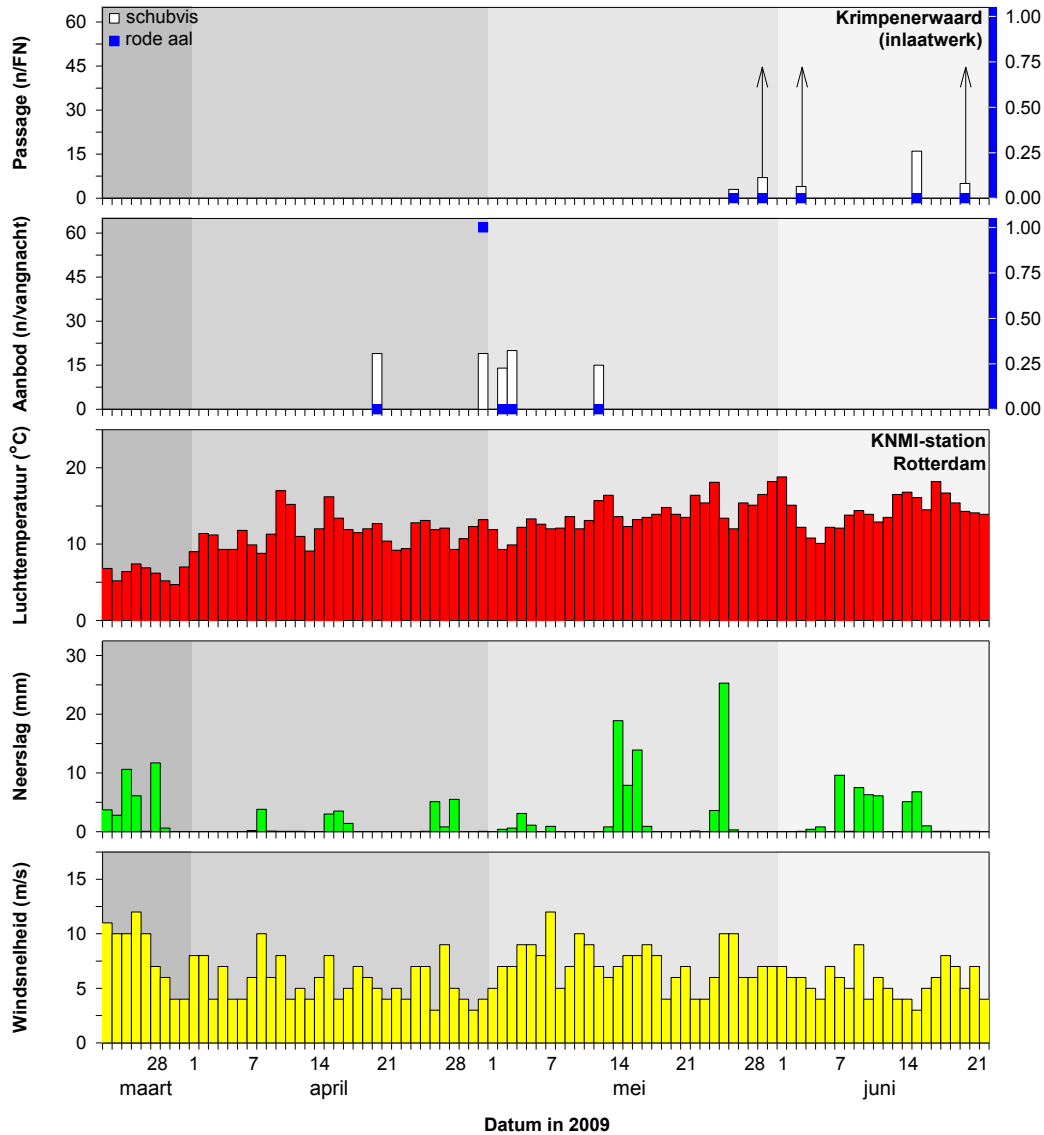
Datum	Temp.	Neerslag (mm)	Windsn. (m/s)	Datum	Temp. (°C)	Neerslag (mm)	Windsn. (m/s)
1-9-2010	13,8	0,0	6	17-10-2010	5,3	0,0	5
2-9-2010	14,3	0,8	6	18-10-2010	6,2	0,2	9
3-9-2010	13,9	0,4	4	19-10-2010	8,6	16,6	8
4-9-2010	13,7	0,1	5	20-10-2010	6,5	9,0	9
5-9-2010	12,6	0,0	6	21-10-2010	7,0	7,0	12
6-9-2010	13,8	0,0	8	22-10-2010	9,3	3,3	9
7-9-2010	14,2	<0,05	9	23-10-2010	7,3	4,2	11
8-9-2010	14,3	2,1	9	24-10-2010	7,8	15,7	14
9-9-2010	14,6	9,3	4	25-10-2010	7,0	1,6	8
10-9-2010	15,4	1,5	6	26-10-2010	6,8	0,2	8
11-9-2010	18,0	0,1	8	27-10-2010	8,3	4,8	10
12-9-2010	15,1	9,6	4	28-10-2010	10,6	1,2	8
13-9-2010	14,6	2,5	8	29-10-2010	9,8	0,0	7
14-9-2010	15,7	22,7	9	30-10-2010	10,8	0,7	6
15-9-2010	12,9	15,6	14	31-10-2010	8,3	1,8	4
16-9-2010	12,0	7,4	10	1-11-2010	8,5	0,0	4
17-9-2010	11,4	0,7	10	2-11-2010	9,7	0,2	9
18-9-2010	10,8	3,8	7	3-11-2010	11,7	5,9	12
19-9-2010	11,6	2,4	8	4-11-2010	13,8	8,9	13
20-9-2010	14,0	5,0	8	5-11-2010	12,5	13,2	13
21-9-2010	13,7	0,0	4	6-11-2010	8,2	7,2	7
22-9-2010	15,1	0,0	5	7-11-2010	3,7	0,0	5
23-9-2010	16,6	<0,05	5	8-11-2010	3,0	0,0	9
24-9-2010	14,8	2,5	7	9-11-2010	4,1	0,0	8
25-9-2010	11,7	0,4	8	10-11-2010	5,0	<0,05	5
26-9-2010	9,9	5,5	3	11-11-2010	5,3	6,8	14
27-9-2010	12,5	7,9	5	12-11-2010	9,8	2,4	15
28-9-2010	10,9	0,0	5	13-11-2010	8,7	0,0	7
29-9-2010	8,4	0,0	4	14-11-2010	10,6	8,7	13
30-9-2010	10,0	1,1	7	15-11-2010	6,2	0,0	10
1-10-2010	11,1	<0,05	6	16-11-2010	4,4	0,0	3
2-10-2010	13,1	5,2	7	17-11-2010	4,5	0,0	6
3-10-2010	17,4	0,3	8	18-11-2010	4,6	0,1	4
4-10-2010	16,7	0,0	6	19-11-2010	4,3	1,6	2
5-10-2010	15,4	0,0	6	20-11-2010	4,5	<0,05	3
6-10-2010	15,9	1,1	7	21-11-2010	6,0	0,0	7
7-10-2010	13,7	<0,05	5	22-11-2010	5,2	0,2	7
8-10-2010	13,3	0,0	6	23-11-2010	4,9	9,2	10
9-10-2010	11,6	0,0	8	24-11-2010	1,9	3,6	4
10-10-2010	8,7	0,0	7	25-11-2010	0,5	0,0	5
11-10-2010	7,2	0,0	5	26-11-2010	-0,9	0,1	3
12-10-2010	6,6	0,0	3	27-11-2010	-3,2	0,0	4
13-10-2010	9,4	0,0	3	28-11-2010	-4,1	<0,05	5
14-10-2010	11,0	0,2	6	29-11-2010	-1,3	0,2	9
15-10-2010	10,0	10,6	5	30-11-2010	-2,6	0,0	9
16-10-2010	6,5	1,3	10				

## B2.2 KLIMAAT- EN VANGSTGEGEVENS PER KUNSTWERK

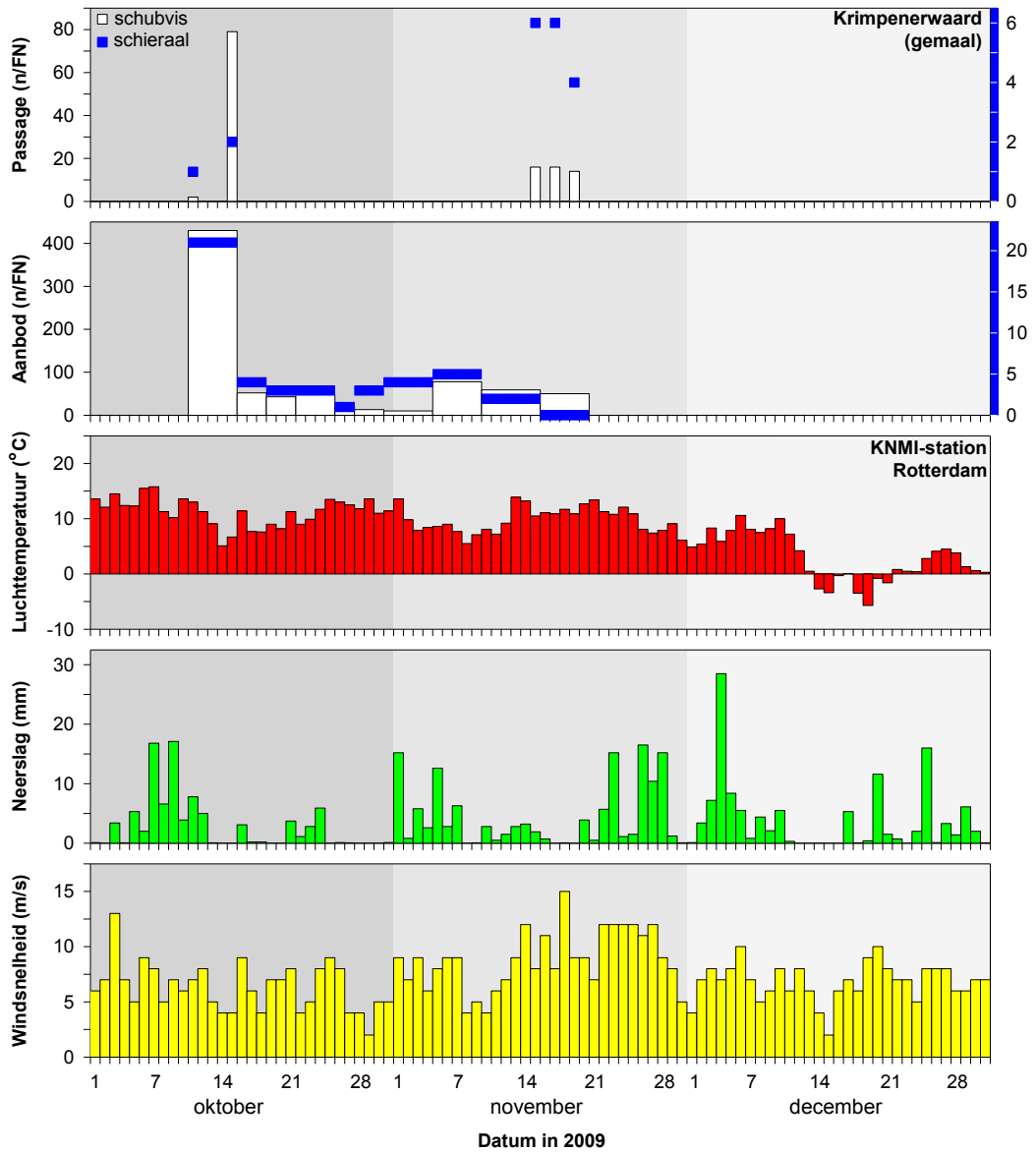
### B2.2.1 GEMAAL KRIMPENERWAARD

FIGUUR 54

NULMONITORING VOORJAAR 2009. FN = FUIKNACHT. AANBODBEPALINGEN UITGEVOERD MET BEHULP VAN EEN KRUISNET. WAARDEN VOOR RODE AAL (BLAUWE VIERKANTEN PER DAG) AF TE LEZEN VAN DE BLAUWE Y-AS. DE BLAUWE VIERKANTEN GEVEN TEvens ALLE VISDAGEN WEER. PIJLEN VERTEGENWOORDIGEN "TIENTALLEN" GEVANGEN EXEMPLAREN DRIEDOORNIGE STEKELBAARS. DEZE SOORT IS NIET GETELD OMDAT DE MAASWIJDE TE GROOT WAS VOOR EEN ZUIVERE METING (KRUITWAGEN & KLINGE 2010A)

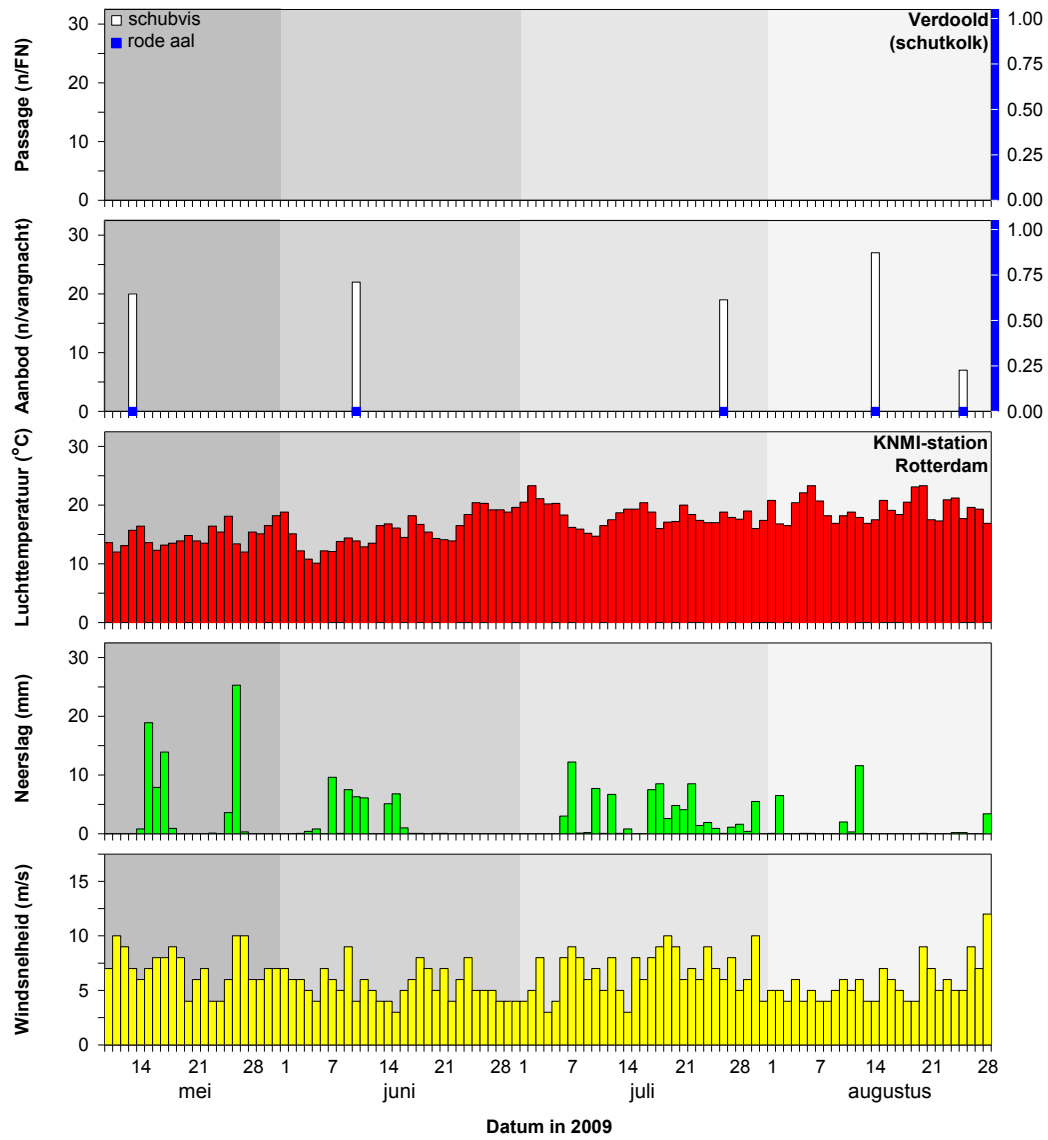


FIGUUR 55 NULMONITORING NAJAAR 2009. FN = FUIKNACHT. WAARDEN VOOR SCHIERAAL (BLAUWE VIERKANTEN PER DAG) AF TE LEZEN VAN DE BLAUWE Y-AS. DE BLAUWE VIERKANTEN GEVEN TEvens ALLE VISDAGEN WEER



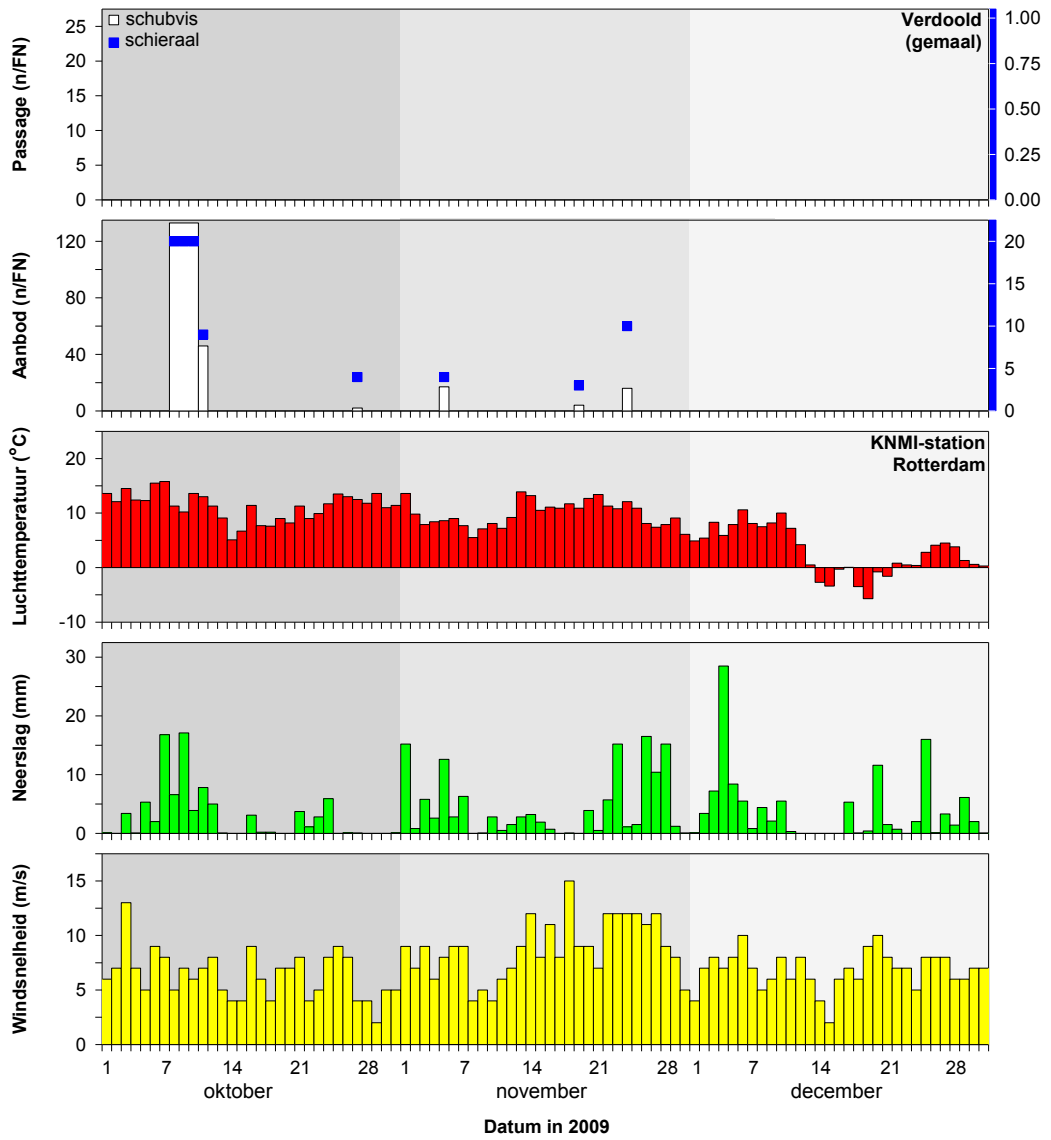
**B.2.2.2 GEMAAL VERDOOLD**

FIGUUR 56 NULMONITORING VOORJAAR 2009. FN = FUJKNACHT. ALLEEN AANBODBEPALINGEN UITGEVOERD, MET BEHULP VAN EEN KRUISNET. WAARDEN VOOR RODE AAL (BLAUWE VIERKANTEN PER DAG) AF TE LEZEN VAN DE BLAUWE Y-AS. DE BLAUWE VIERKANTEN GEVEN TEvens ALLE VISDAGEN WEER



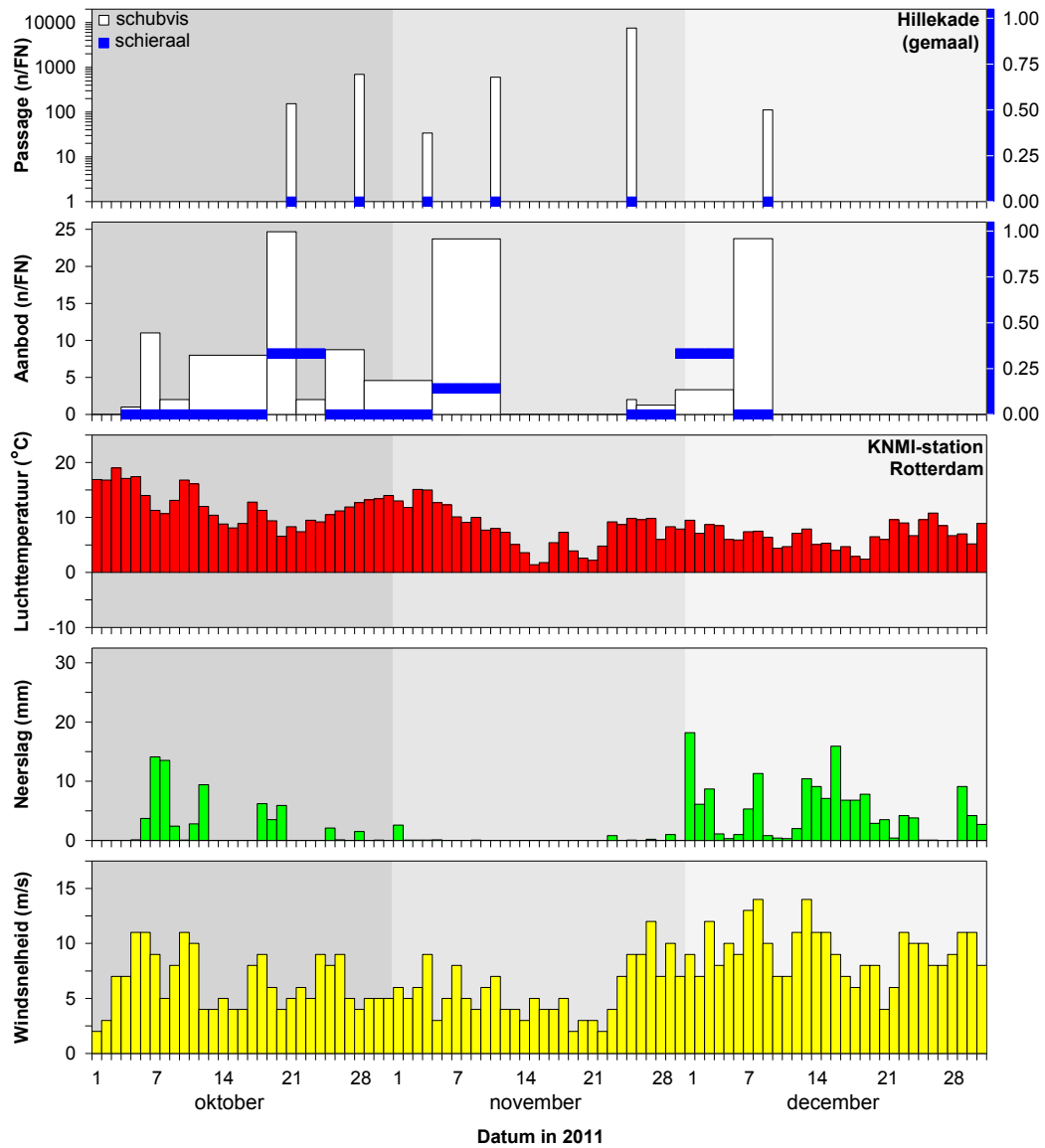
FIGUUR 57

NULMONITORING NAJAAR 2009. FN = FUIKNACHT. ALLEEN AANBODBEPALINGEN UITGEVOERD. WAARDEN VOOR SCHIERAAL (BLAUWE VIERKANTEN PER DAG) AF TE LEZEN VAN DE BLAUWE Y-AS. DE BLAUWE VIERKANTEN GEVEN TEvens ALLE VISDAGEN WEER



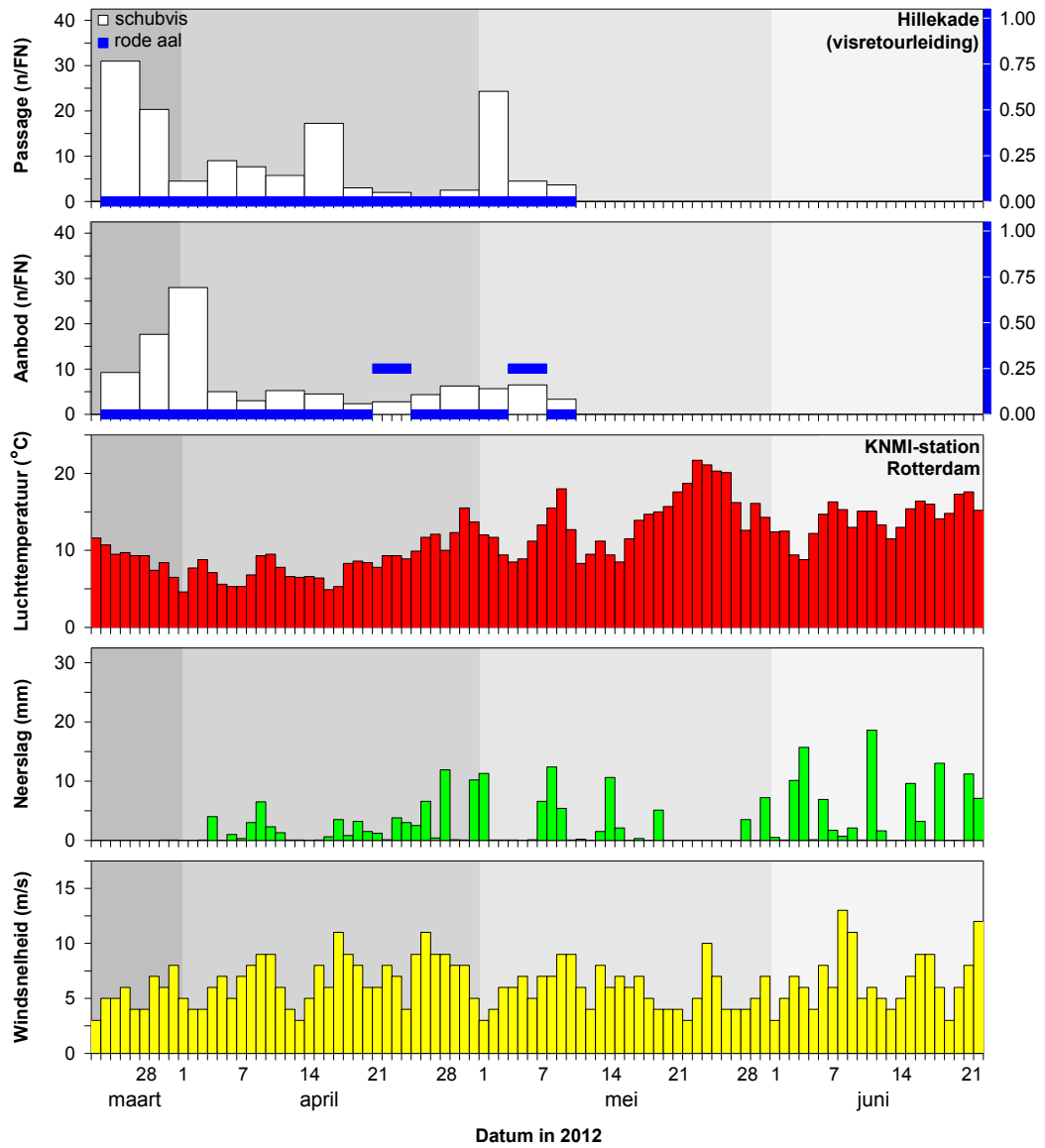
### B2.2.3 GEMAAL HILLEKADE

FIGUUR 58 NAJAARSMONITORING 2011. FN = FUIKNACHT. WAARDEN VOOR SCHIERAAL (BLAUWE VIERKANTEN PER DAG) AF TE LEZEN VAN DE BLAUWE Y-AS. DE BLAUWE VIERKANTEN GEVEN TEvens ALLE VISDAGEN WEER



TABEL 59

VOORJAARSMONITORING 2012. FN = FUIKNACHT. WAARDEN VOOR RODE AAL (BLAUWE VIERKANTEN PER DAG) AF TE LEZEN VAN DE BLAUWE Y-AS. DE BLAUWE VIERKANTEN GEVEN TEvens ALLE VISDAGEN WEER

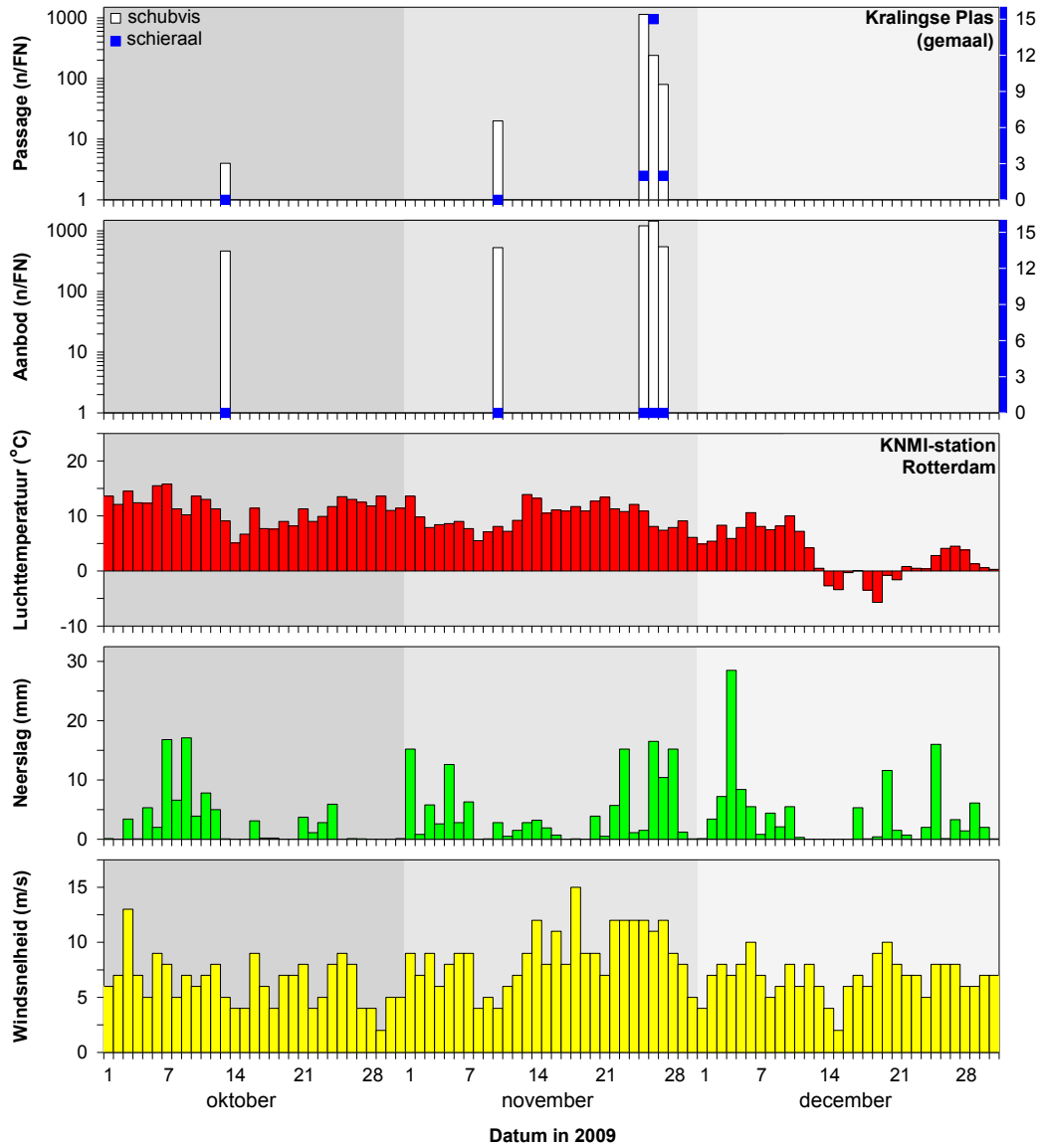


**B2.2.4 GEMAAL KRALINGSE PLAS**

TABEL 60

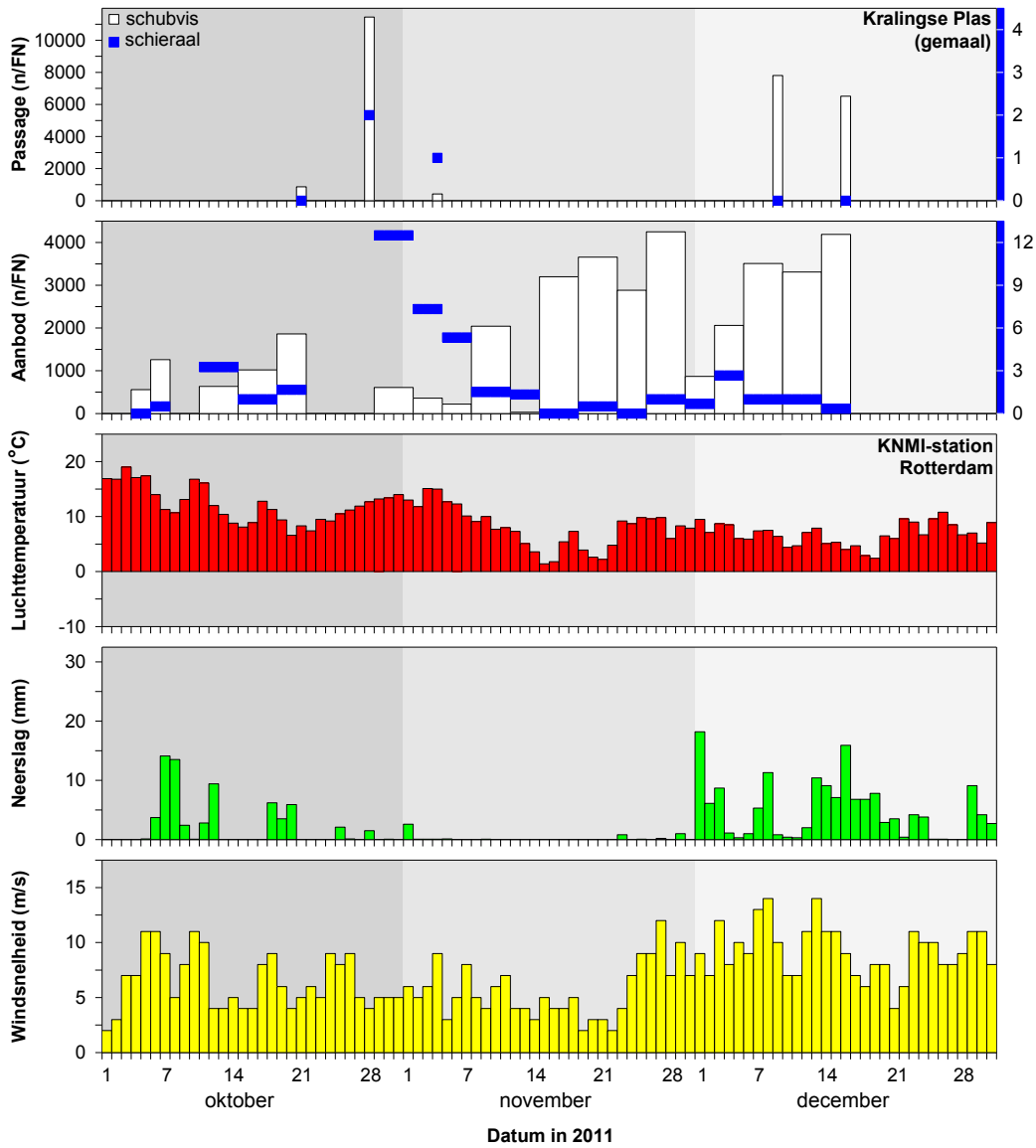
NULMONITORING NAJAAR 2009. FN = FUIKNACHT. WAARDEN VOOR SCHIERAAL

(BLAUWE VIERKANTEN PER DAG) AF TE LEZEN VAN DE BLAUWE Y-AS. DE BLAUWE VIERKANTEN GEVEN TEvens ALLE VISDAGEN WEER



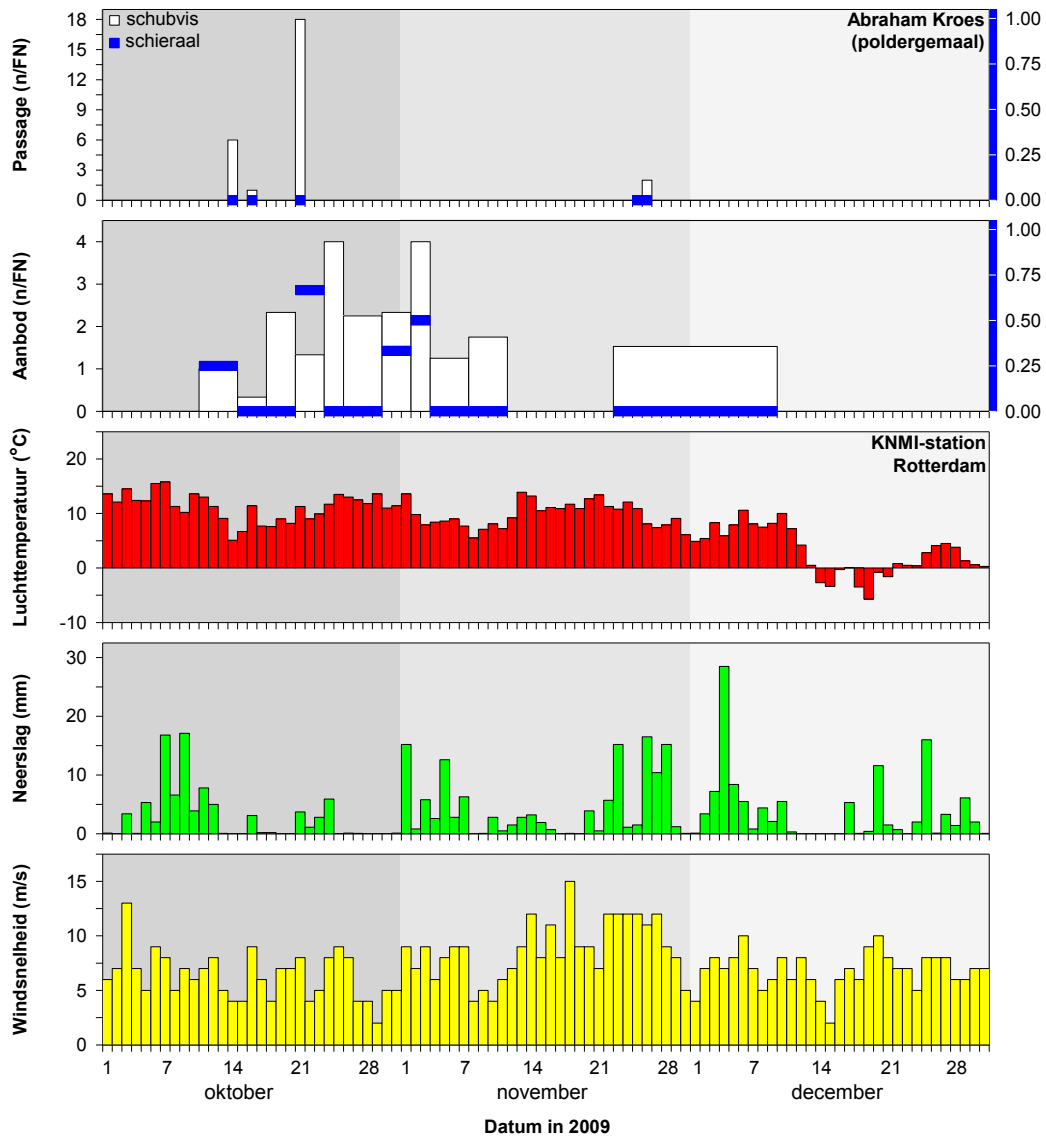


FIGUUR 61 NAJAARSMONITORING 2011. FN = FUIKNACHT. WAARDEN VOOR SCHIERAAL (BLAUWE VIERKANTEN PER DAG) AF TE LEZEN VAN DE BLAUWE Y-AS. DE BLAUWE VIERKANTEN GEVEN TEvens ALLE VISDAGEN WEER

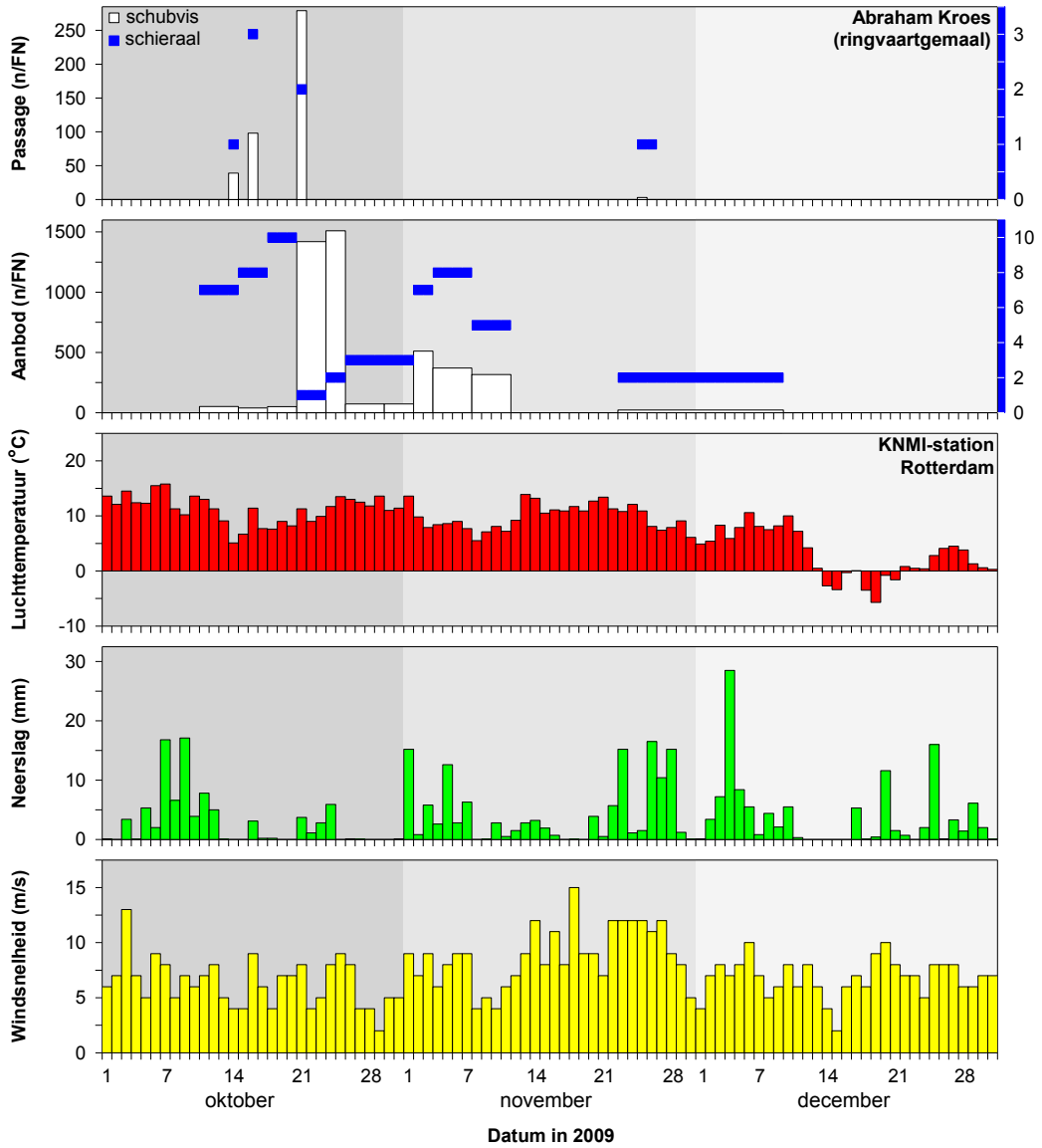


**B2.2.5 GEMAAL ABRAHAM KROES**

FIGUUR 62 NULMONITORING NAJAAR 2009. FN = FUIKNACHT. WAARDEN VOOR SCHIERAAL (BLAUWE VIERKANTEN PER DAG) AF TE LEZEN VAN DE BLAUWE Y-AS. DE BLAUWE VIERKANTEN GEVEN TEVENS ALLE VISDAGEN WEER

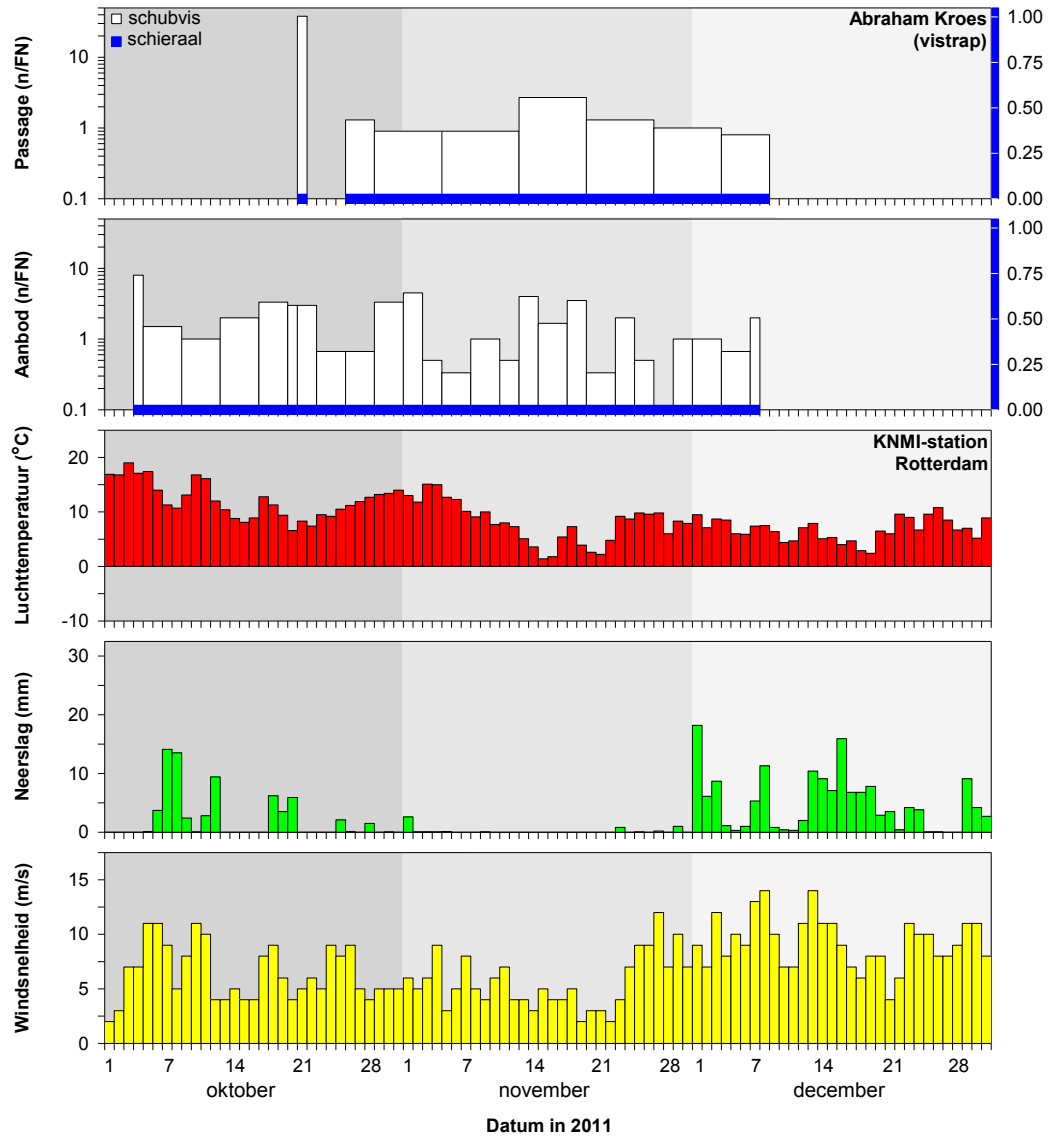


FIGUUR 63 NULMONITORING NAJAAR 2009. FN = FUIKNACHT. WAARDEN VOOR SCHIERAAL\* (BLAUWE VIERKANTEN PER DAG) AF TE LEZEN VAN DE BLAUWE Y-AS. DE BLAUWE VIERKANTEN GEVEN TEvens ALLE VISDAGEN WEER. \* SCHIERAALWAARDEN INCLUSIEF RODE AAL (AANTALLEN IN AANBOD: SCHIERAAL = 55, RODE AAL = 3; AANTALLEN IN PASSAGE: SCHIERAAL = 4, RODE AAL = 4)

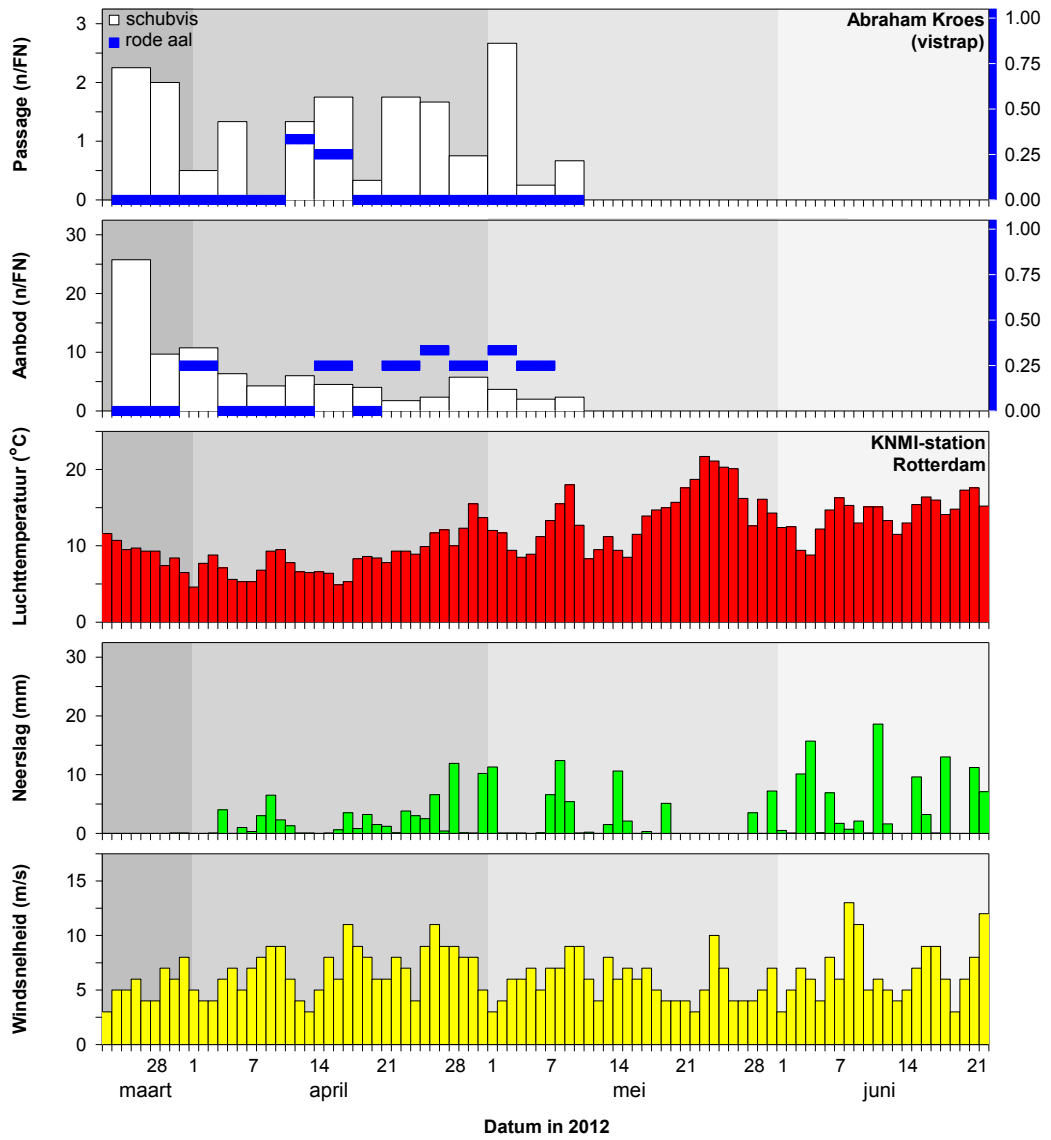


FIGUUR 64

NAJAARSMONITORING 2011. FN = FUIKNACHT. WAARDEN VOOR SCHIERAAL (BLAUWE VIERKANTEN PER DAG) AF TE LEZEN VAN DE BLAUWE Y-AS. DE BLAUWE VIERKANTEN GEVEN TEvens ALLE VISDAGEN WEER

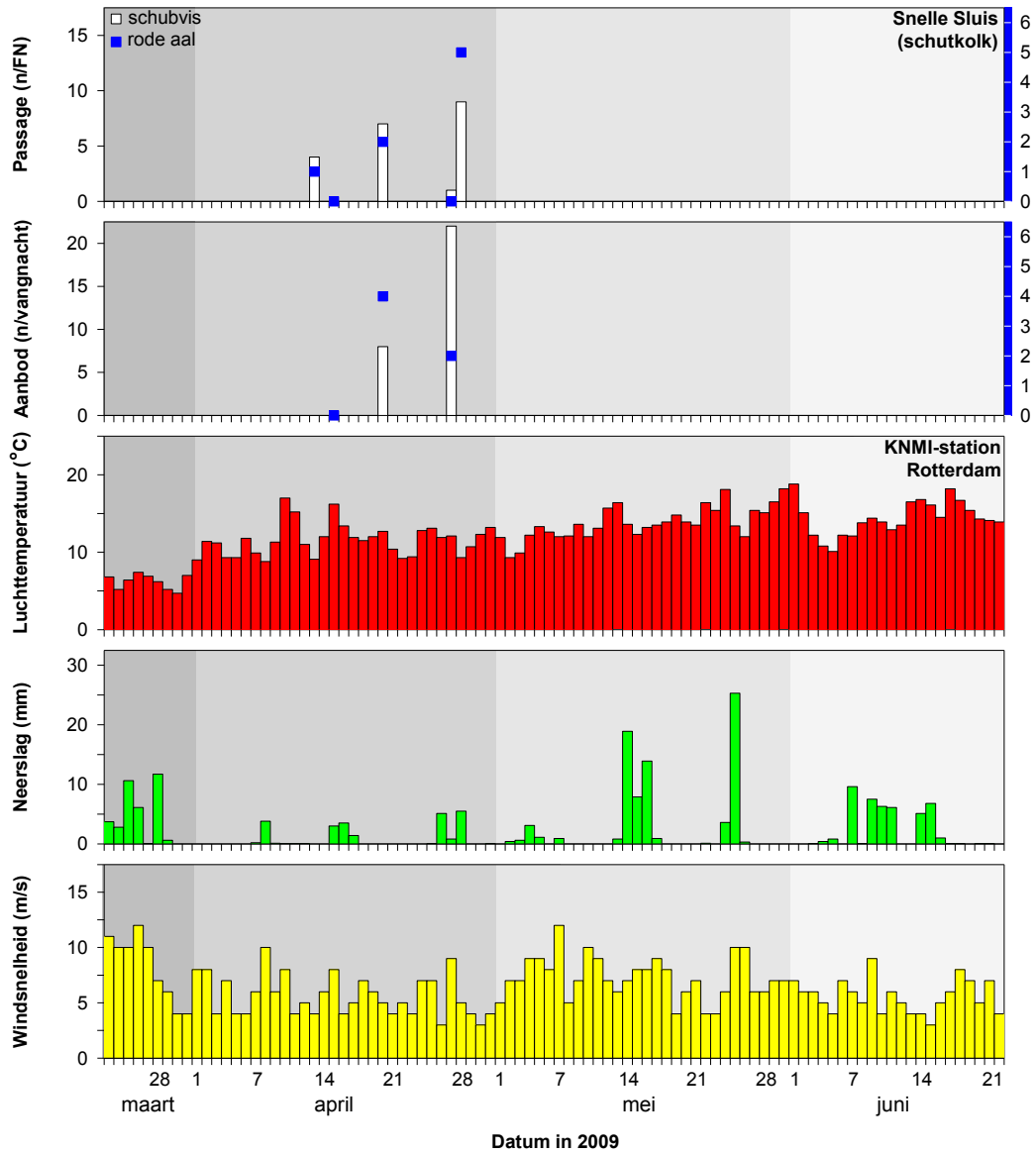


FIGUUR 65 VOORJAARSMONITORING 2012. FN = FUIKNACHT. WAARDEN VOOR RODE AAL (BLAUWE VIERKANTEN PER DAG) AF TE LEZEN VAN DE BLAUWE Y-AS. DE BLAUWE VIERKANTEN GEVEN TEvens ALLE VISDAGEN WEER

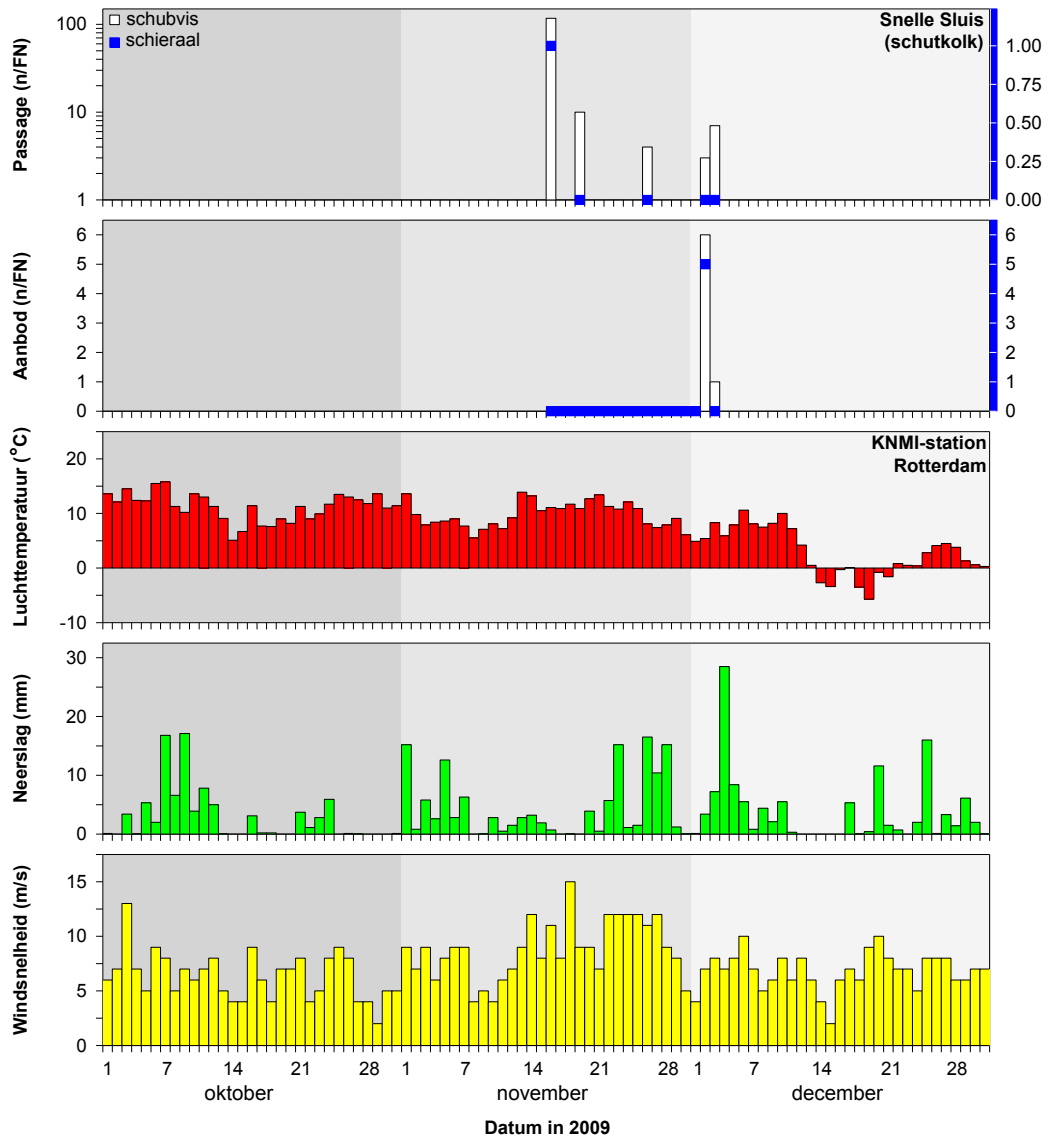


### B2.2.6 SNELLE SLUIS

FIGUUR 66 VOORJAARSMONITORING 2009. FN = FUIKNACHT. AANBODBEPALINGEN UITGEVOERD MET BEHULP VAN EEN KRUISNET. WAARDEN VOOR RODE AAL (BLAUWE VIERKANTEN PER DAG) AF TE LEZEN VAN DE BLAUWE Y-AS. DE BLAUWE VIERKANTEN GEVEN TEvens ALLE VISDAGEN WEER

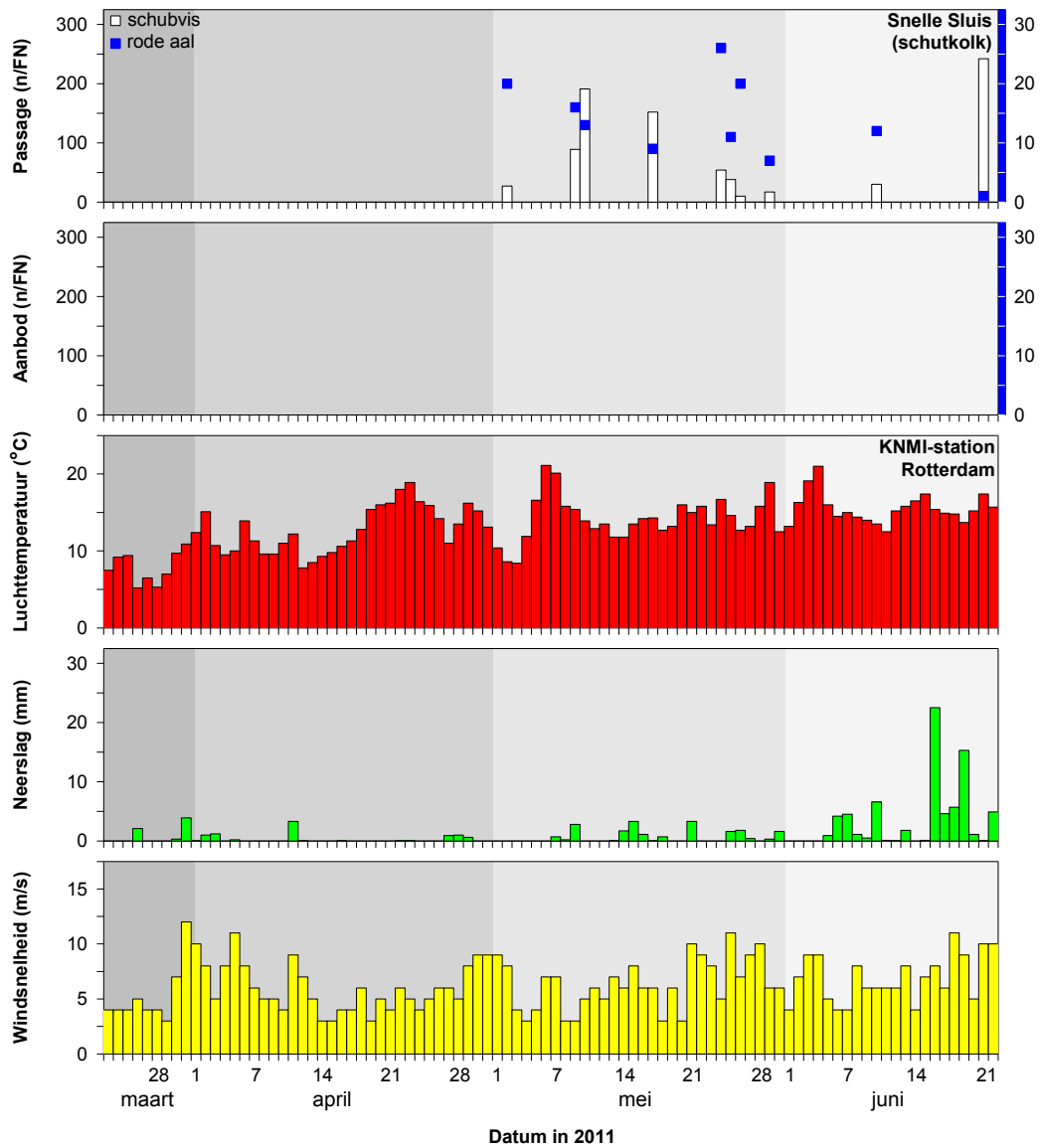


FIGUUR 67 NULMONITORING NAJAAR 2009. FN = FUIKNACHT. WAARDEN VOOR SCHIERAAL (BLAUWE VIERKANTEN PER DAG) AF TE LEZEN VAN DE BLAUWE Y-AS. DE BLAUWE VIERKANTEN GEVEN TEvens ALLE VISDAGEN WEER



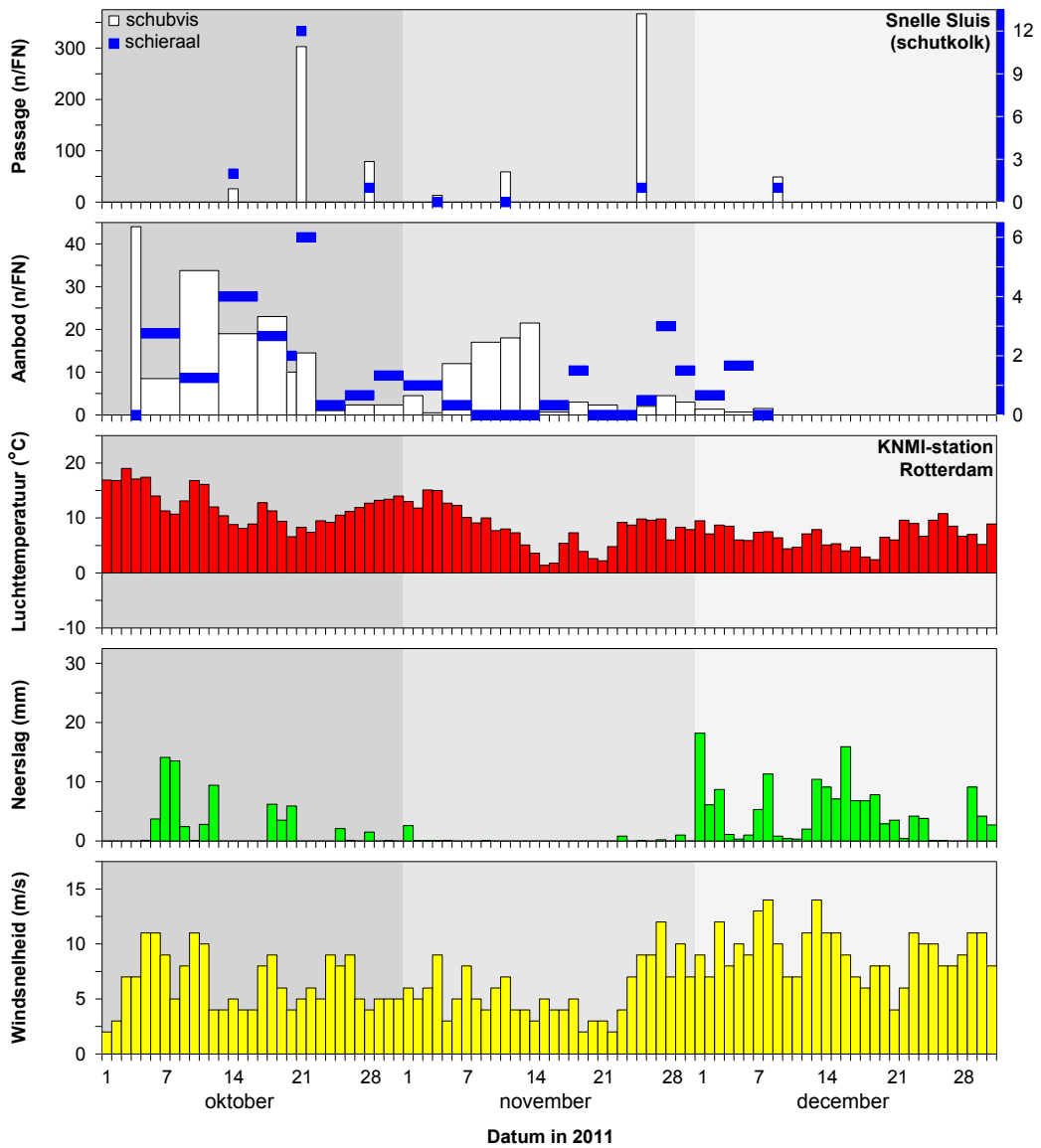
FIGUUR 68

VOORJAARSMONITORING 2011. FN = FUIKNACHT. GEEN AANBOD BEPAALD. WAARDEN VOOR RODE AAL (BLAUWE VIERKANTEN PER DAG)  
 AF TE LEZEN VAN DE BLAUWE Y-AS. DE BLAUWE VIERKANTEN GEVEN TEvens ALLE VISDAGEN WEER



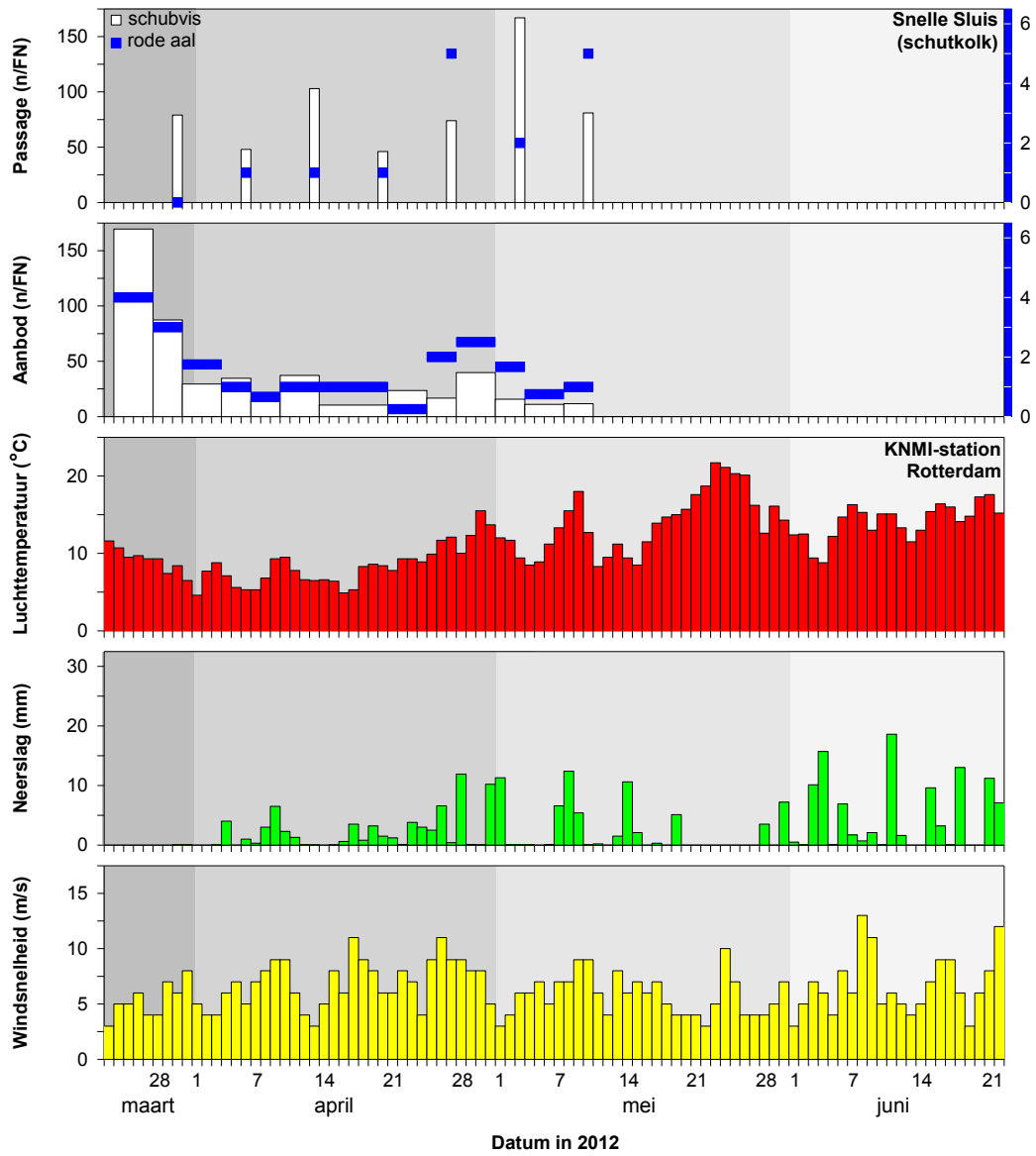


FIGUUR 69 NAJAARSMONITORING 2011. FN = FUIKNACHT. WAARDEN VOOR SCHIERAAL (BLAUWE VIERKANTEN PER DAG) AF TE LEZEN VAN DE BLAUWE Y-AS. DE BLAUWE VIERKANTEN GEVEN TEvens ALLE VISDAGEN WEER



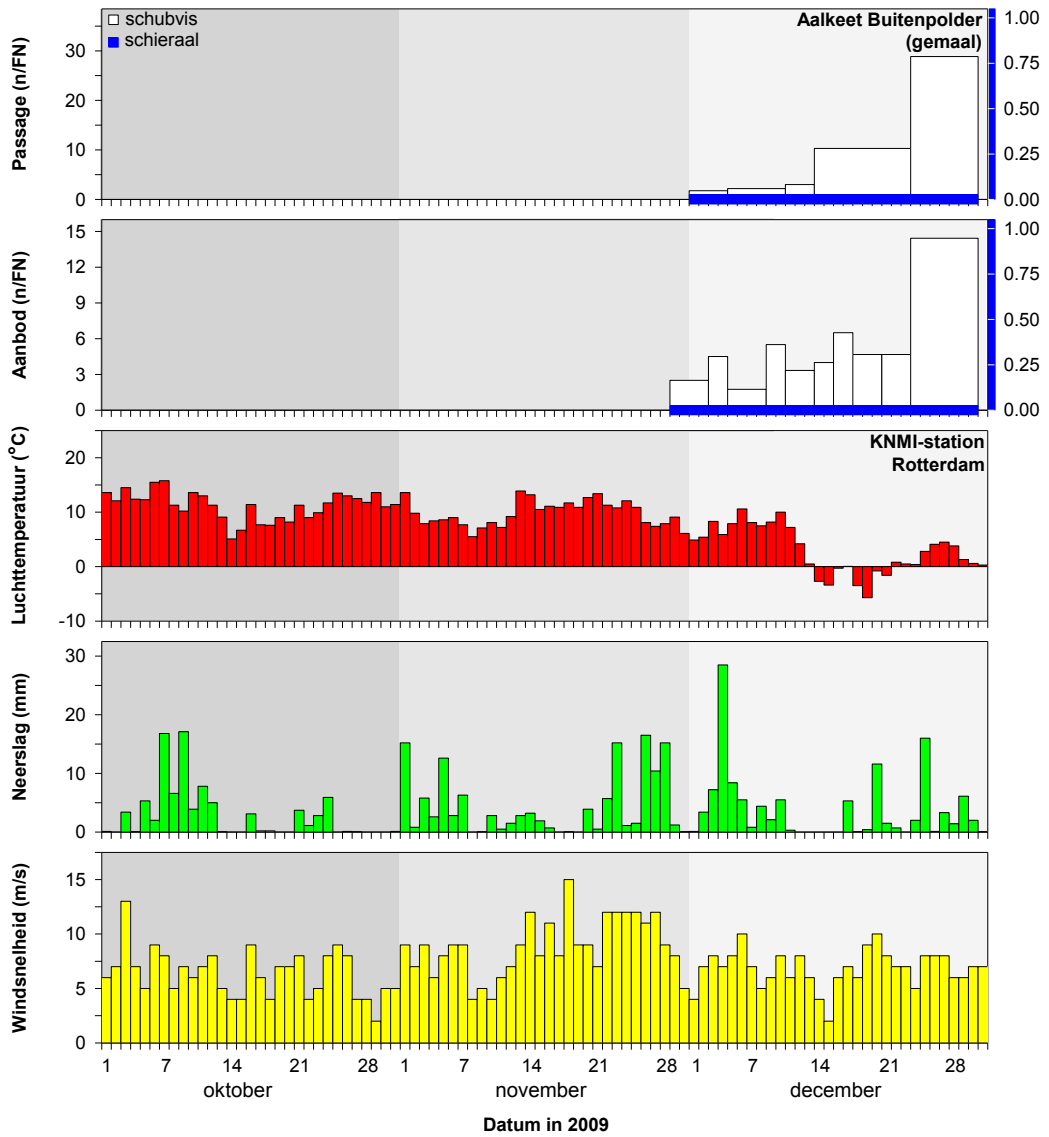
FIGUUR 70

VOORJAARSMONITORING 2012. FN = FUIKNACHT. WAARDEN VOOR RODE AAL (BLAUWE VIERKANTEN PER DAG) AF TE LEZEN VAN DE BLAUWE Y-AS. DE BLAUWE VIERKANTEN GEVEN TEvens ALLE VISDAGEN WEER



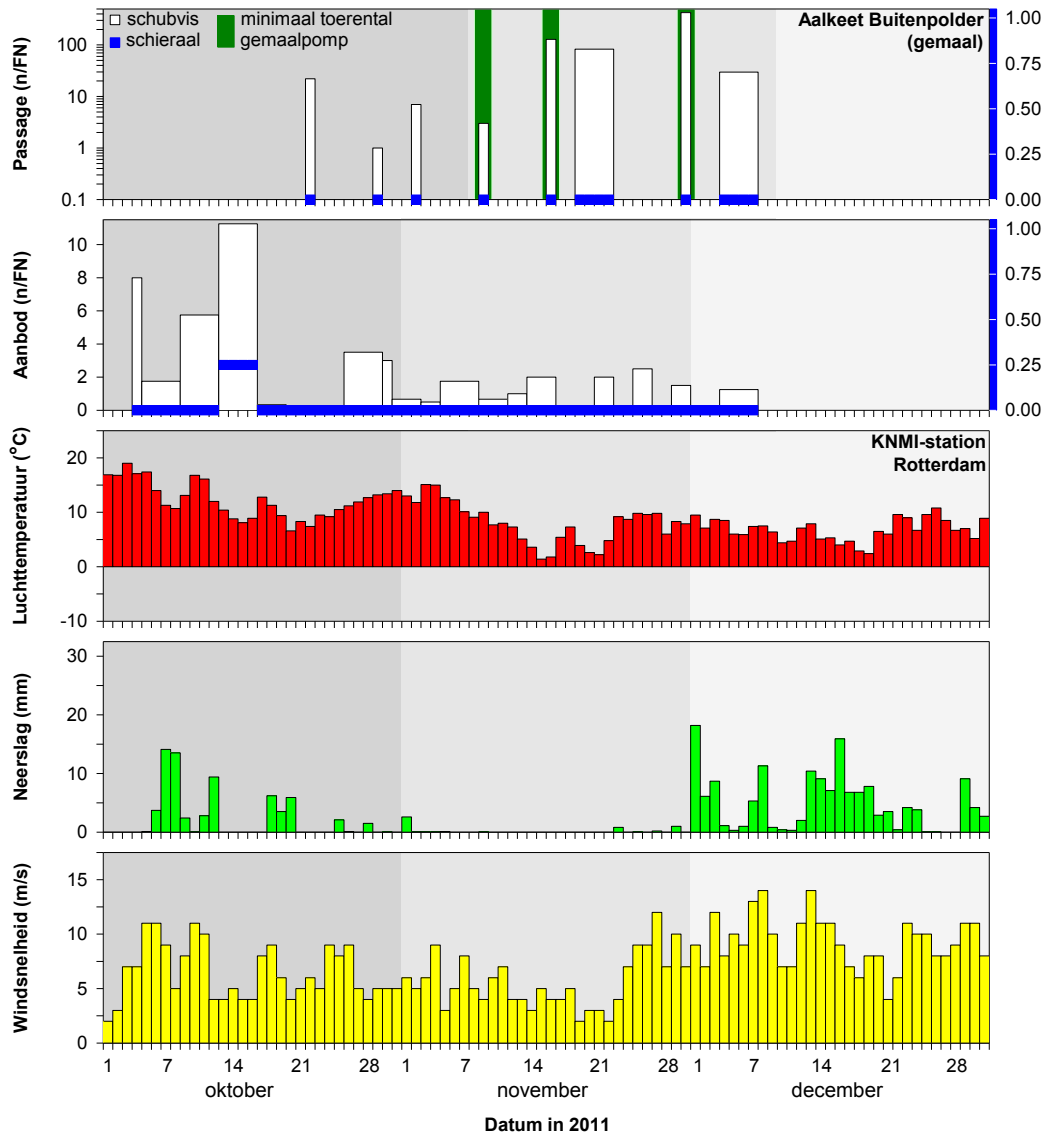
**B2.2.7 GEMAAL AALKEET BUITENPOLDER**

FIGUUR 71 NULMONITORING NAJAAR 2009. FN = FUIKNACHT. WAARDEN VOOR SCHIERAAL (BLAUWE VIERKANTEN PER DAG) AF TE LEZEN VAN DE BLAUWE Y-AS. DE BLAUWE VIERKANTEN GEVEN TEvens ALLE VISDAGEN WEER

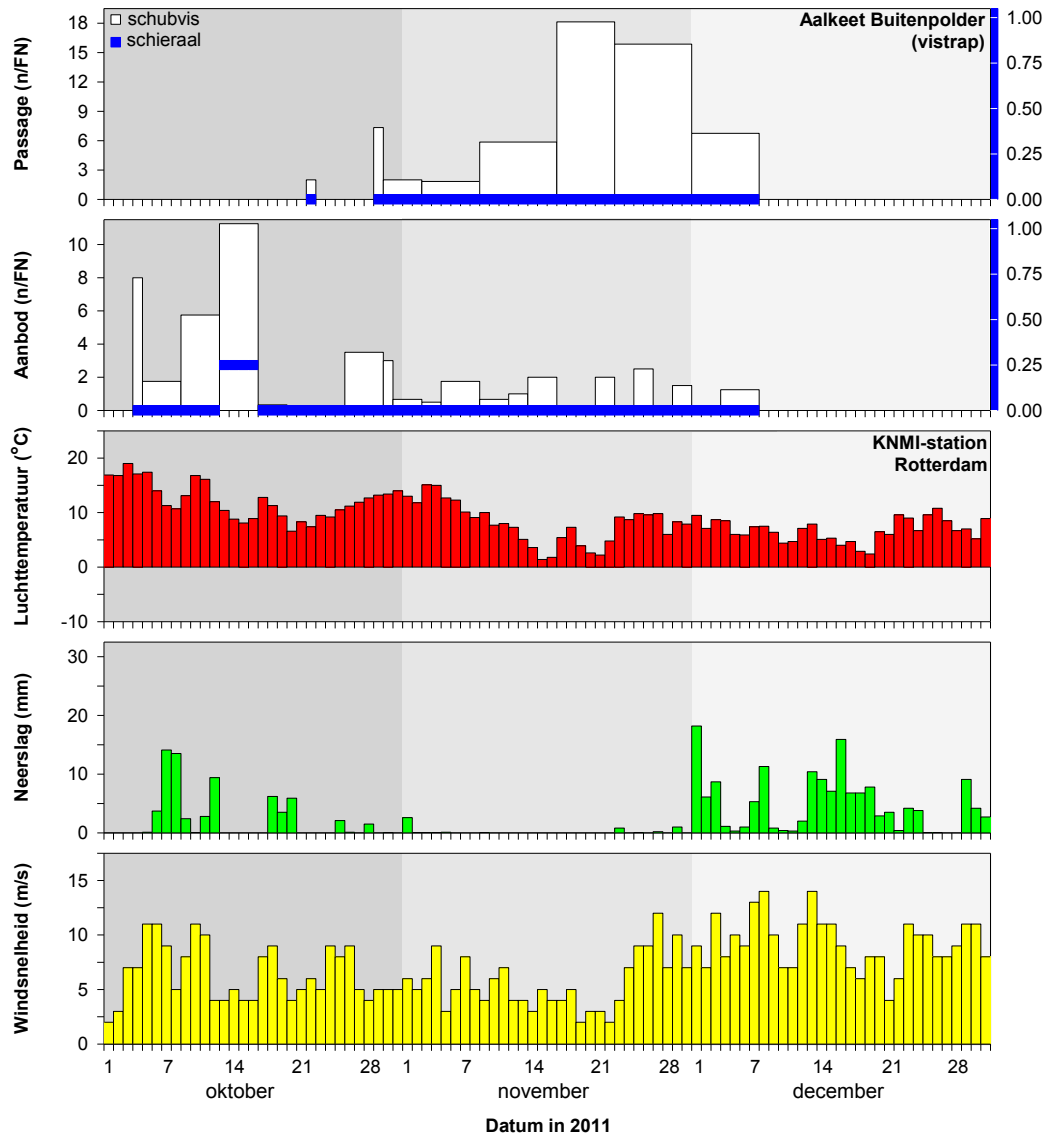


FIGUUR 72

NAJAARSMONITORING 2011. FN = FUIKNACHT. WAARDEN VOOR SCHIERAAL (BLAUWE VIERKANTEN PER DAG) AF TE LEZEN VAN DE BLAUWE Y-AS. DE BLAUWE VIERKANTEN GEVEN TEVENS ALLE VISDAGEN WEER

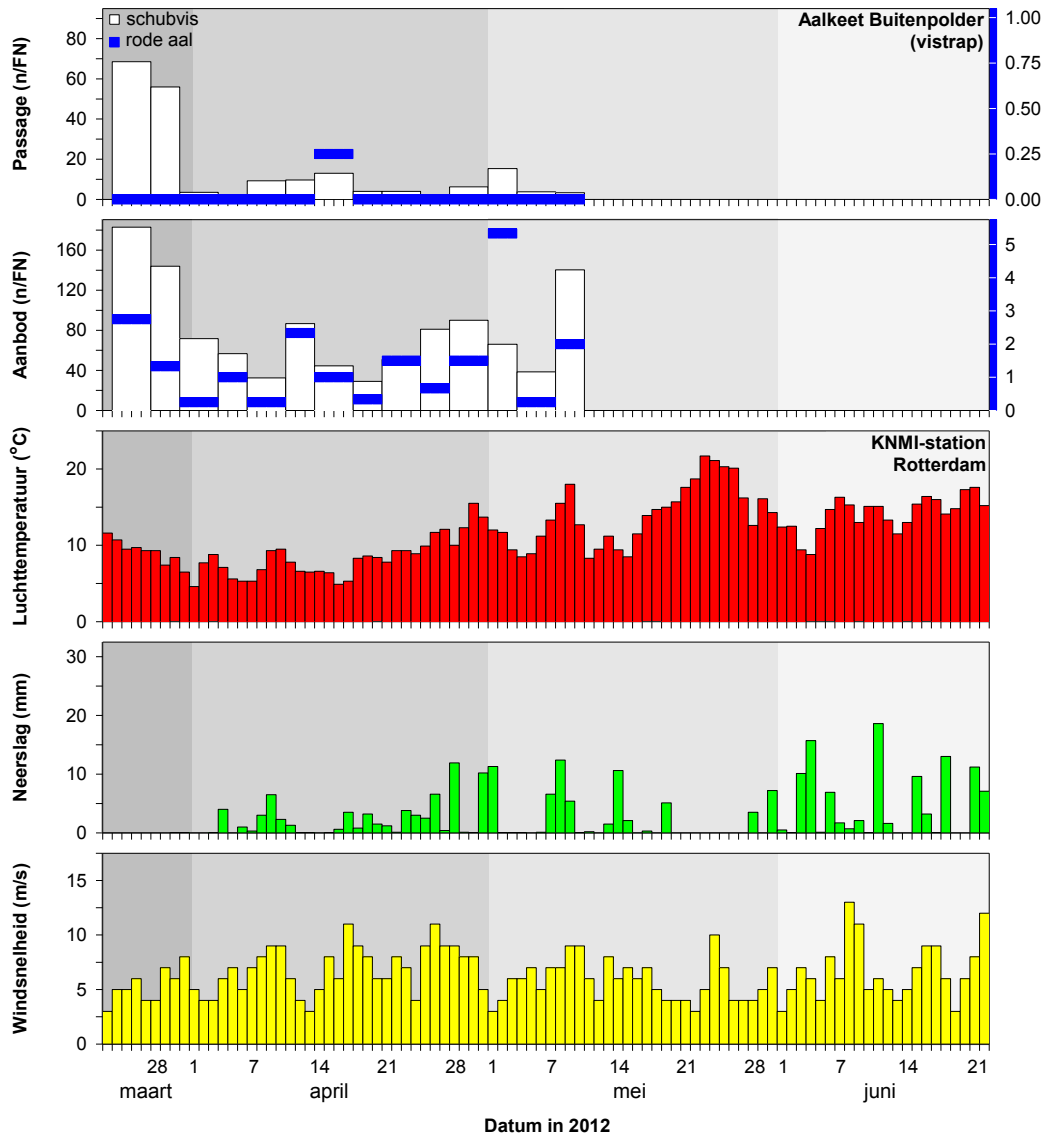


FIGUUR 73 NAJAARSMONITORING 2011. FN = FUIKNACHT. WAARDEN VOOR SCHIERAAL (BLAUWE VIERKANTEN PER DAG) AF TE LEZEN VAN DE BLAUWE Y-AS. DE BLAUWE VIERKANTEN GEVEN TEvens ALLE VISDAGEN WEER



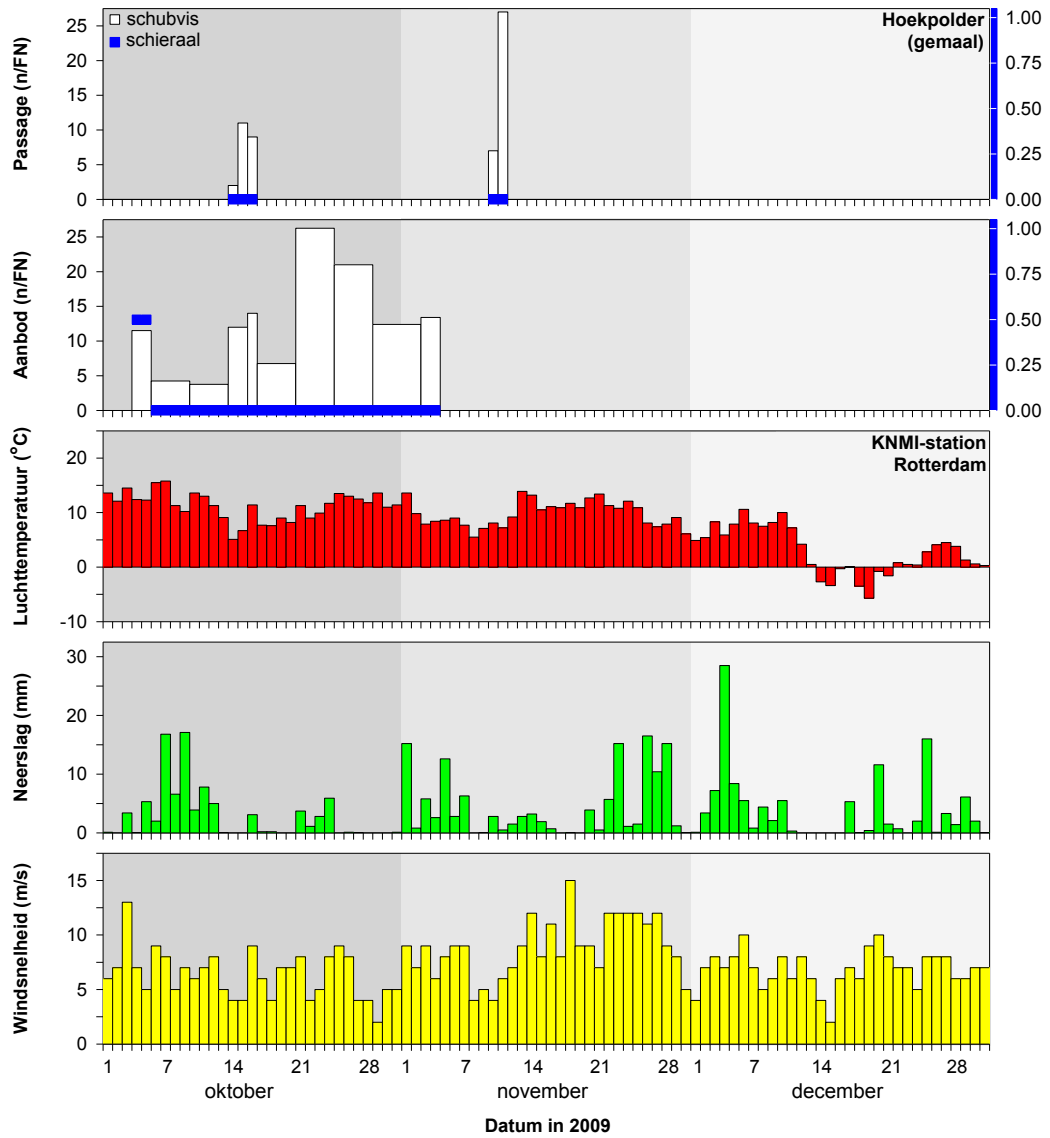
FIGUUR 74

VOORJAARSMONITORING 2012. FN = FUIKNACHT. WAARDEN VOOR RODE AAL (BLAUWE VIERKANTEN PER DAG) AF TE LEZEN VAN DE BLAUWE Y-AS. DE BLAUWE VIERKANTEN GEVEN TEvens ALLE VISDAGEN WEER



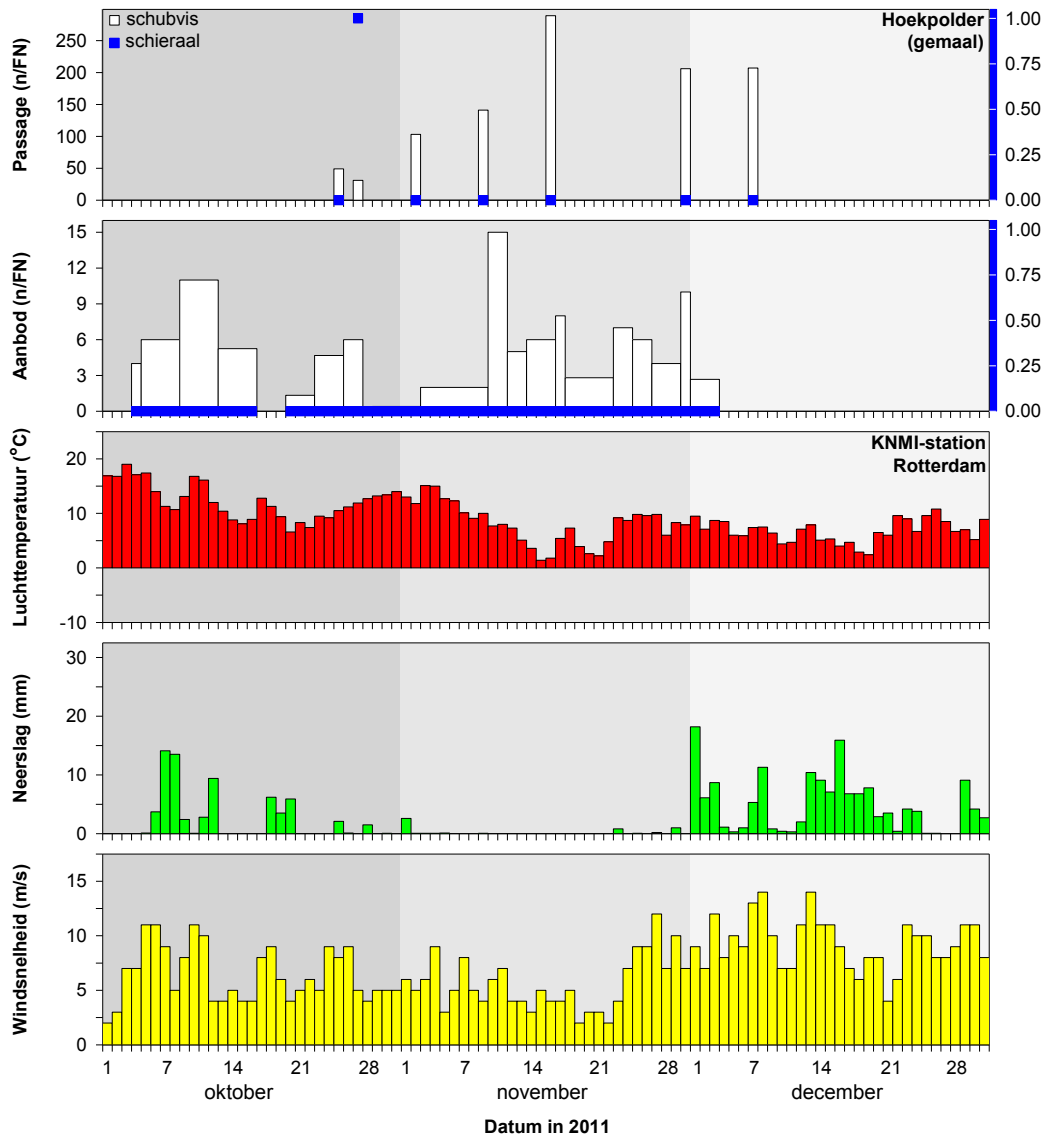
**B2.2.8 GEMAAL HOEKPOLDER**

FIGUUR 75 NULMONITORING NAJAAR 2009. FN = FUIKNACHT. WAARDEN VOOR SCHIERAAL (BLAUWE VIERKANTEN PER DAG) AF TE LEZEN VAN DE BLAUWE Y-AS. DE BLAUWE VIERKANTEN GEVEN TEvens ALLE VISDAGEN WEER



FIGUUR 76

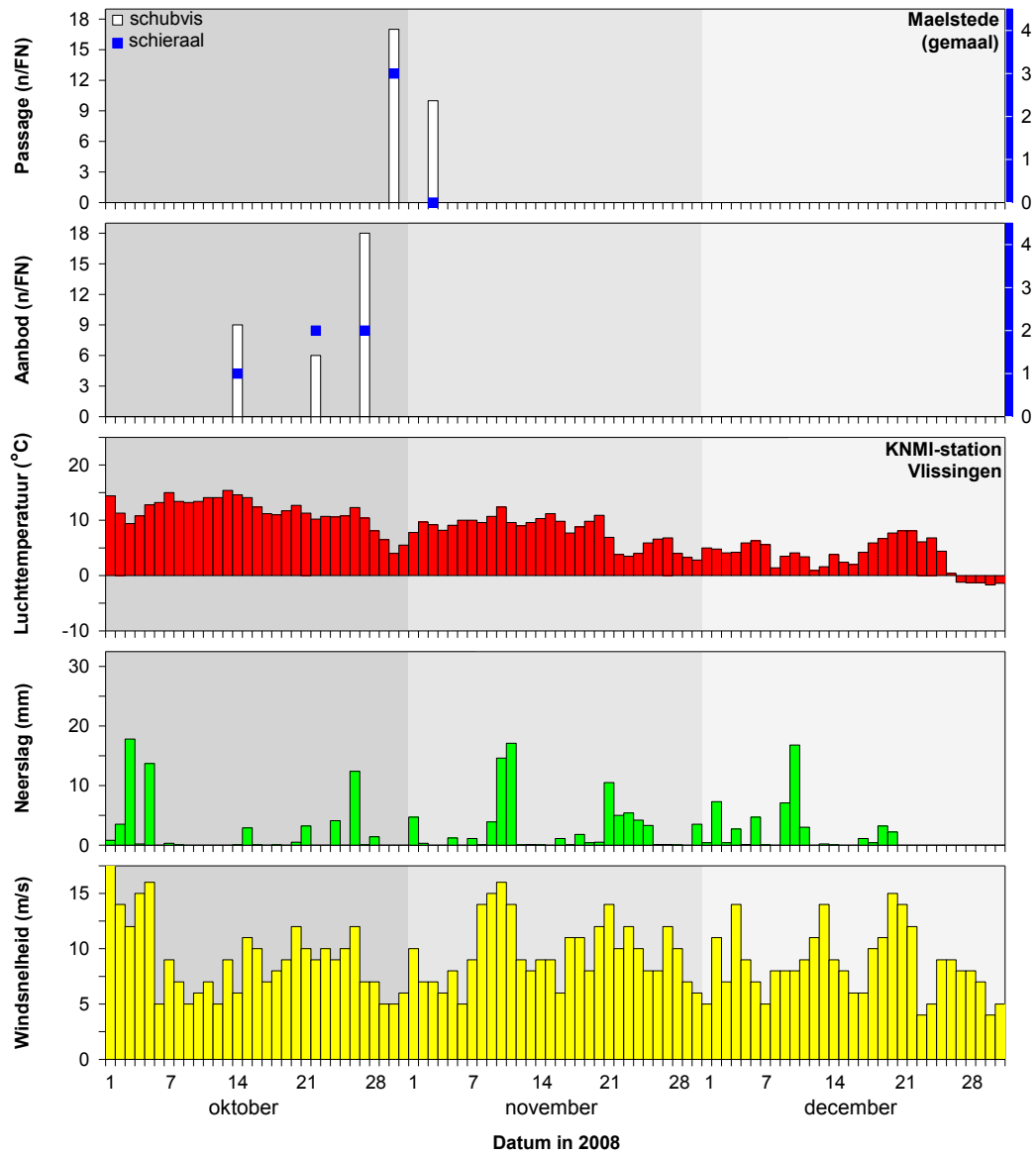
NAJAARSMONITORING 2011. FN = FUIKNACHT. WAARDEN VOOR SCHIERAAL (BLAUWE VIERKANTEN PER DAG) AF TE LEZEN VAN DE BLAUWE Y-AS. DE BLAUWE VIERKANTEN GEVEN TEvens ALLE VISDAGEN WEER





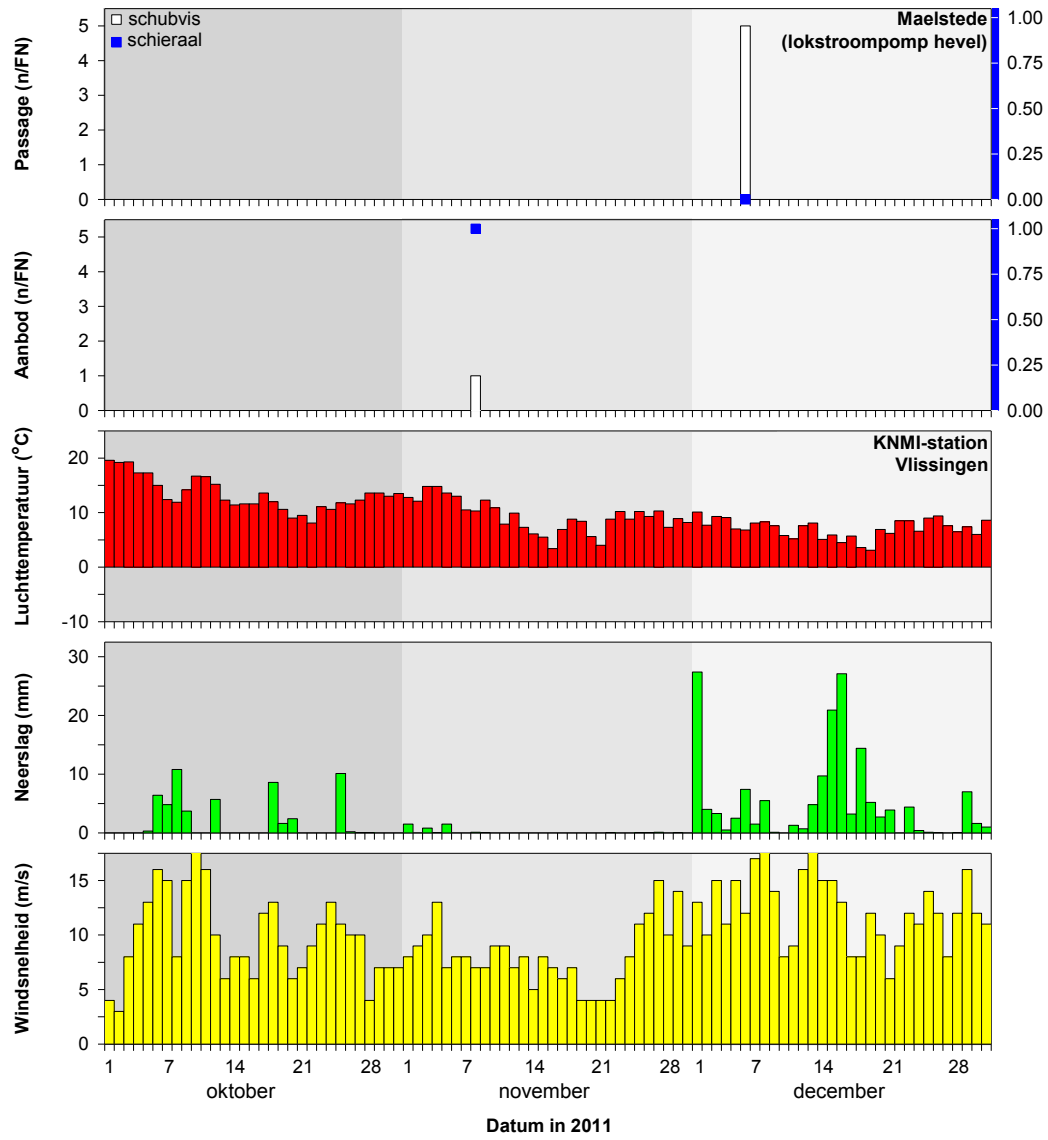
**B2.2.9 GEMAAL MAELSTEDE**

FIGUUR 77 NULMONITORING NAJAAR 2008. FN = FUIKNACHT. WAARDEN VOOR SCHIERAAL (BLAUWE VIERKANTEN PER DAG) AF TE LEZEN VAN DE BLAUWE Y-AS. DE BLAUWE VIERKANTEN GEVEN TEvens ALLE VISDAGEN WEER.

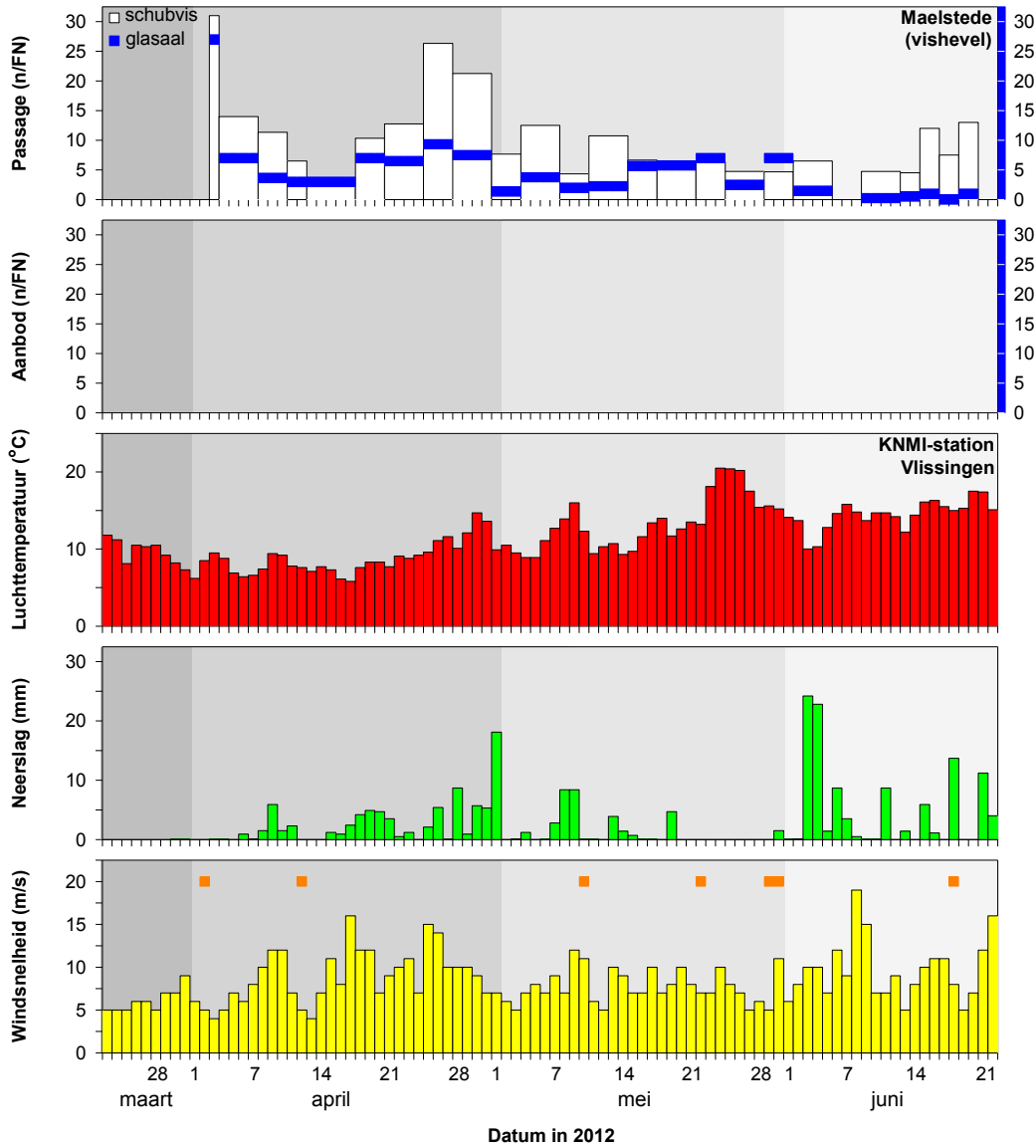


FIGUUR 78

NAJAARSMONITORING 2011. FN = FUIKNACHT. WAARDEN VOOR SCHIERAAL (BLAUWE VIERKANTEN PER DAG) AF TE LEZEN VAN DE BLAUWE Y-AS. DE BLAUWE VIERKANTEN GEVEN TEvens ALLE VISDAGEN WEER

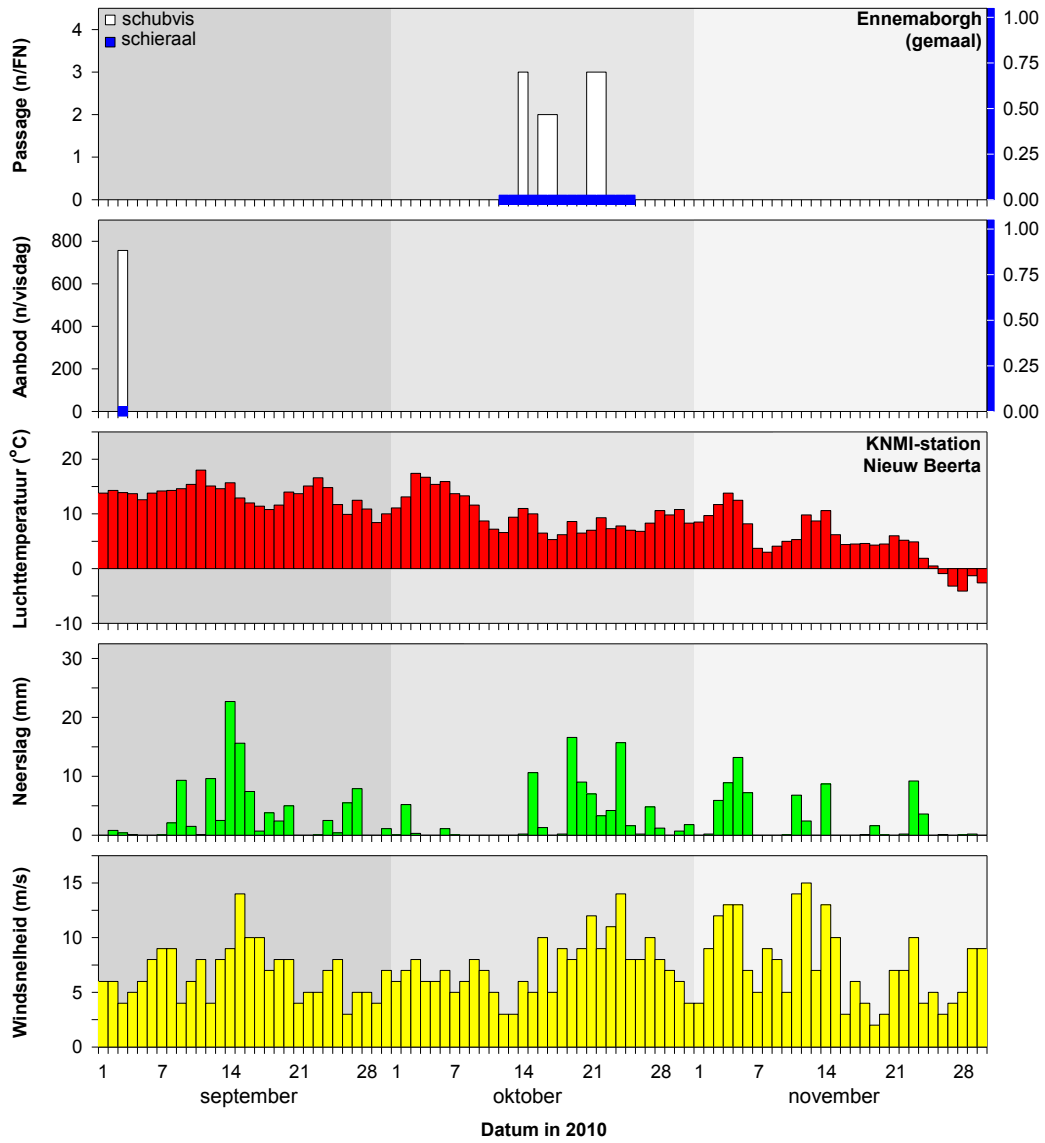


FIGUUR 79 VOORJAARSMONITORING 2012. FN = FUIKNACHT. GEEN AANBOD BEPAALD. WAARDEN VOOR GLASAAL (BLAUWE VIERKANTEN PER DAG) AF TE LEZEN VAN DE BLAUWE Y-AS. DE BLAUWE VIERKANTEN GEVEN TEvens ALLE VISDAGEN WEER



**B2.2.10 GEMAAL ENNEMABORGH**

FIGUUR 80 NAJAARSMONITORING 2010. FN = FUIKNACHT. AANBODBEPALINGEN UITGEVOERD MET BEHULP VAN ZEGEN, WARGARENS EN ELEKTROVISSERIJ. WAARDEN VOOR RODE AAL (BLAUWE VIERKANTEN PER DAG) AF TE LEZEN VAN DE BLAUWE Y-AS. DE BLAUWE VIERKANTEN GEVEN TEvens ALLE VISDAGEN WEER

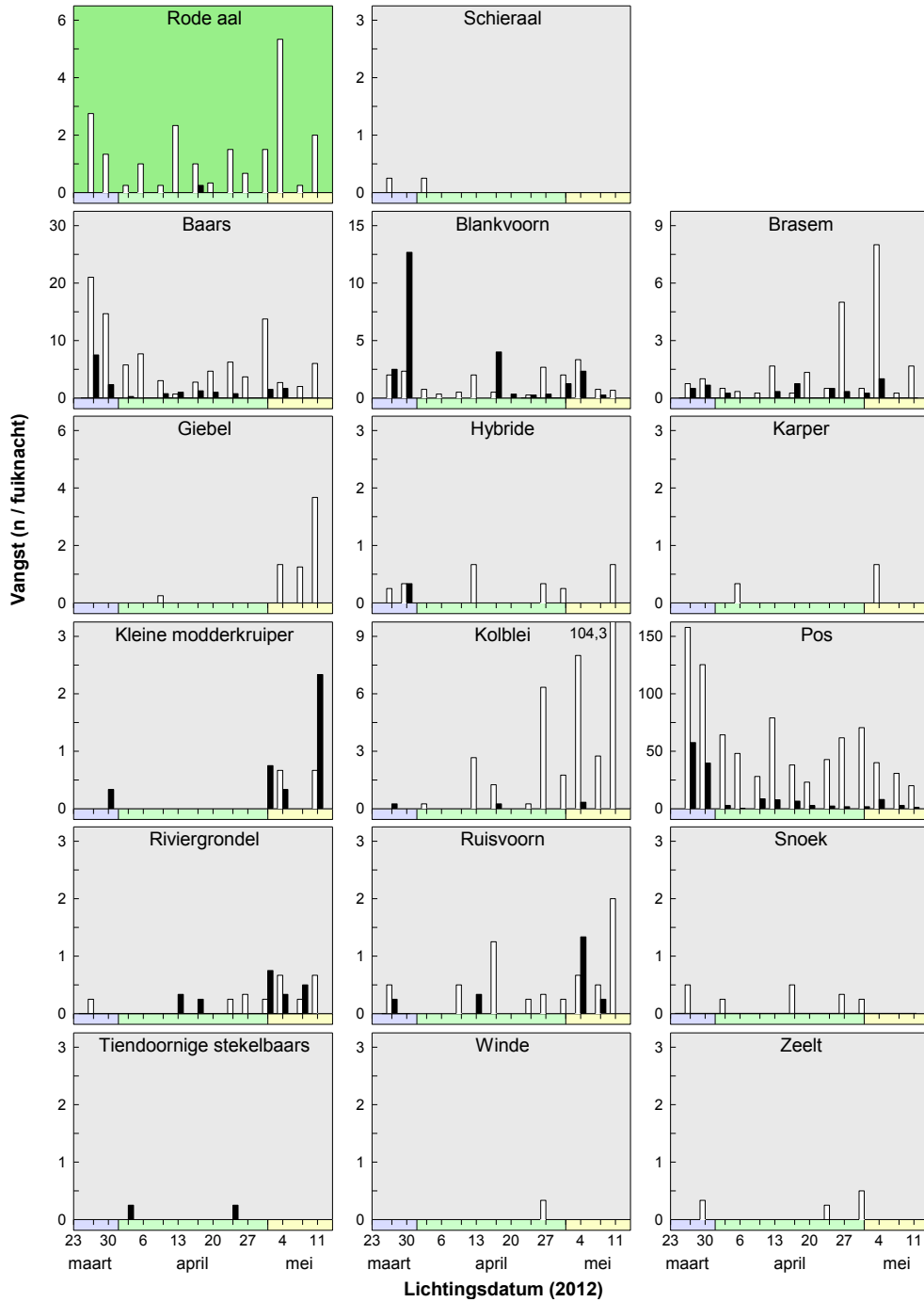


### B2.3 BASISGEGEVENS INTREKBEMONSTERING 2012

Per kunstwerk worden de vangsten in de aanbod- en passagefuiken in een grafiek gepresenteerd. De resultaten voor gemaal Maelstede zijn in het rapport opgenomen en worden hier niet herhaald

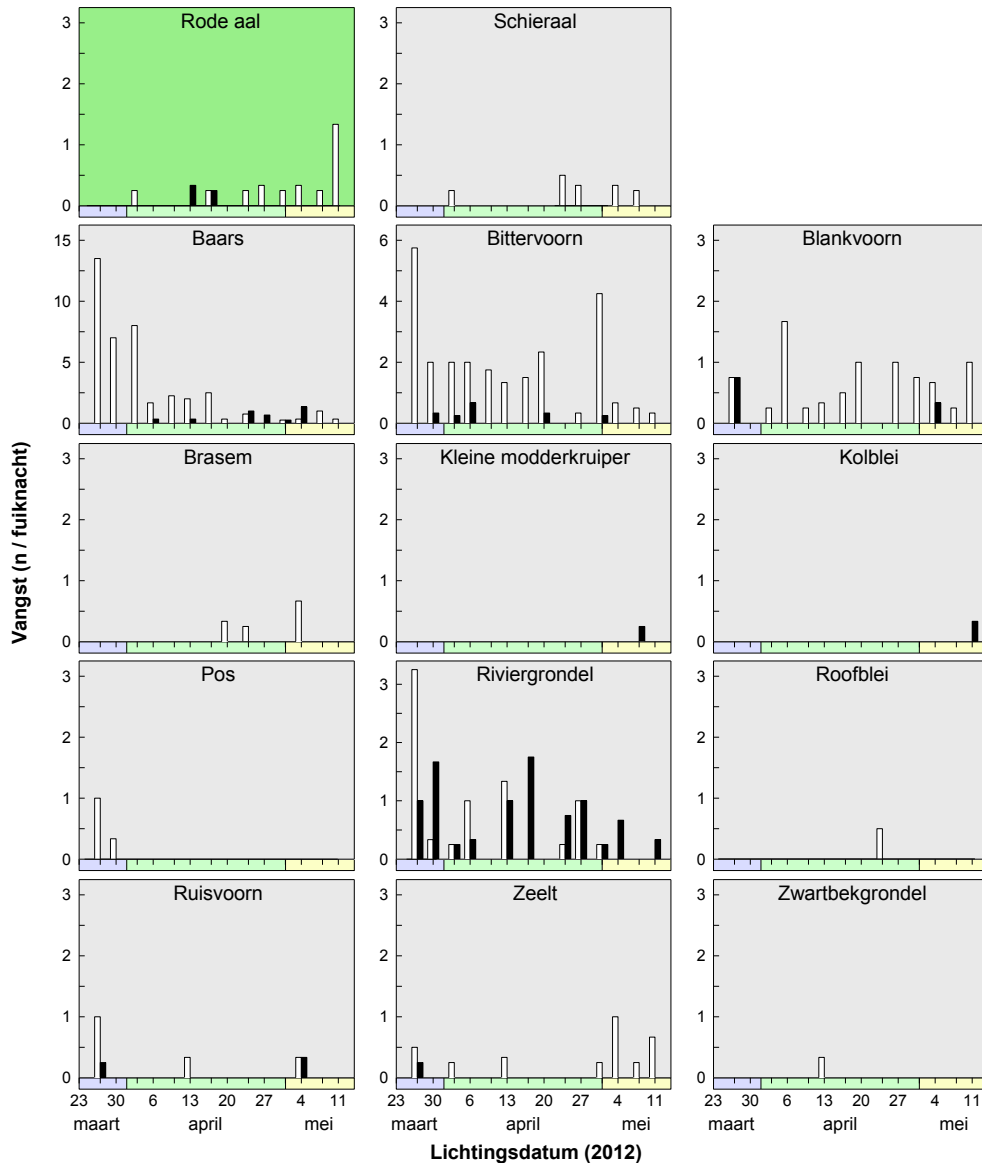
#### B2.3.1 GEMAAL AALKEET BUITENPOLDER

FIGUUR 81 INTREKBEMONSTERING HEVELVISTRAP GEMAAL AALKEET BUITENPOLDER VOORJAAR 2012. GROENE VLAKKEN: DOELSOORTEN; WITTE BALKEN: AANBOD; ZWARTE BALKEN: PASSANTEN



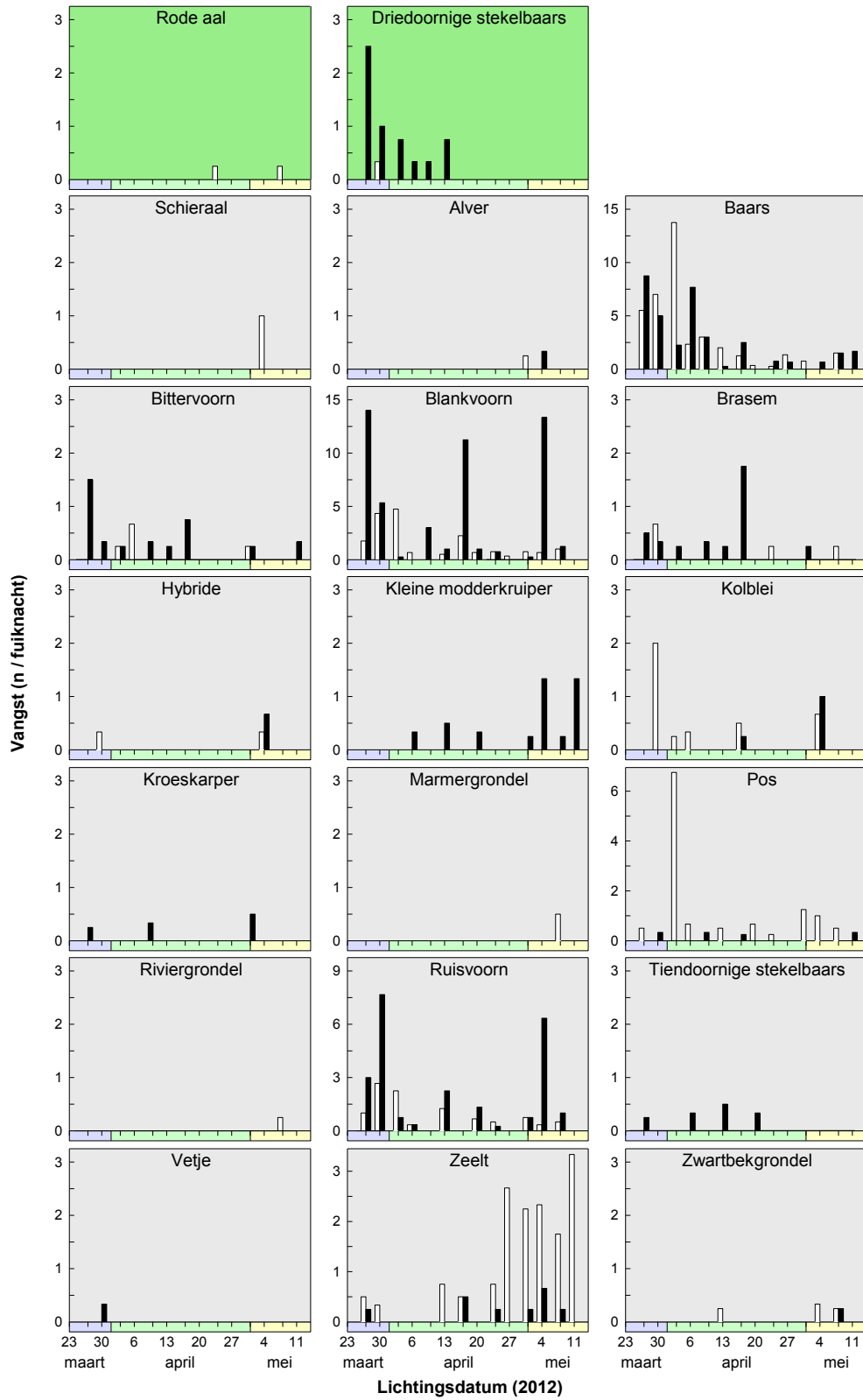
**B2.3.2 GEMAAL ABRAHAM KROES**

FIGUUR 82 INTREKBEEMONSTERING HEVELVISTRAP GEMAAL ABRAHAM KROES VOORJAAR 2012. GROENE VLAKKEN: DOELSOORTEN; WITTE BALKEN: AANBOD; ZWARTE BALKEN: PASSANTEN



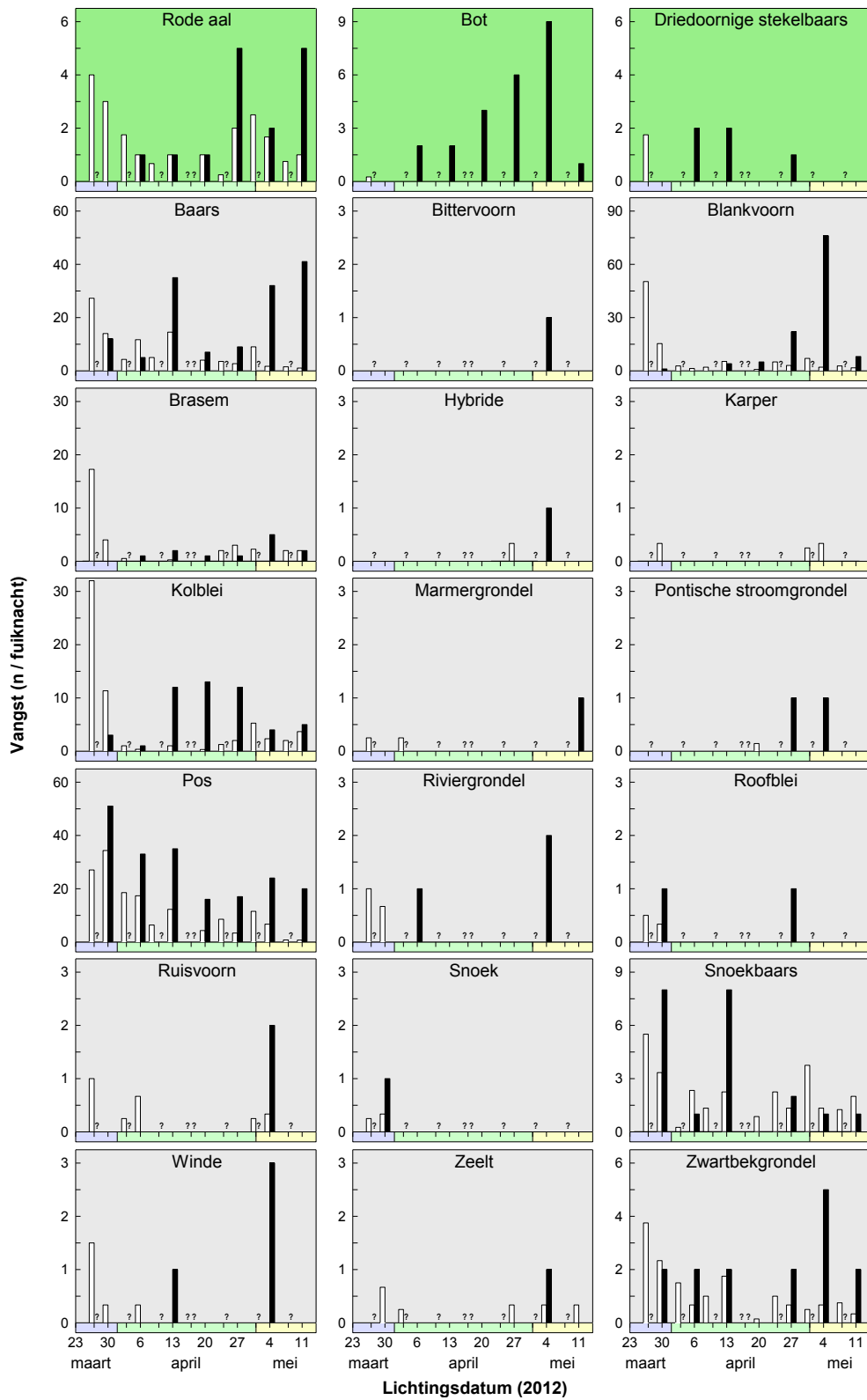
**B2.3.3 GEMAAL HILLEKADE**

FIGUUR 83 INTREKBEMONSTERING VISRETOURLEIDING GEMAAL HILLEKADE VOORJAAR 2012. GROENE VLAKKEN: DOELSOORTEN; WITTE BALKEN: AANBOD; ZWARTE BALKEN: PASSANTEN



### B2.3.4 SNELLE SLUIS

FIGUUR 84 INTREKBEEMONSTERING SNELLE SLUIS VOORJAAR 2012. GROENE VLAKKEN: DOELSOORTEN; WITTE BALKEN: AANBOD; ZWARTE BALKEN: PASSANTEN; VRAAGTEKENS: NIET GEVIST





## B2.4 GLASAALBEMONSTERING AALKEET BUITENPOLDER 2012

TABEL 48 RESULTATEN KRUISNETVANGSTEN BOEZEMZIJDE GEMAAL AALKEET BUITENPOLDER, 9 MEI 2012. AANVANGSTIJD: 21:24 UUR

Lichting	Tijdstip lichting	Soort	Lengte (cm)
1	21:30	Kleine modderkruiper	6
2	21:35	Kleine modderkruiper	7
		Pos	8
3	21:40	Kleine modderkruiper	7
		Kleine modderkruiper	9
4	21:45	Kleine modderkruiper	7
		Kleine modderkruiper	9
		Kleine modderkruiper	9
5	21:50	Brasem	7
		Kleine modderkruiper	6
		Kleine modderkruiper	7
		Kleine modderkruiper	7
6	21:55	Kleine modderkruiper	7
		Kleine modderkruiper	7
7	22:00	Kleine modderkruiper	4
		Kleine modderkruiper	7
8	22:05	Kleine modderkruiper	4
		Kleine modderkruiper	6

TABEL 49 RESULTATEN KRUISNETVANGSTEN BOEZEMZIJDE GEMAAL AALKEET BUITENPOLDER, 11 MEI 2012. AANVANGSTIJD: 21:32 UUR. GEMAAL HEEFT GEDRAAID VAN 20:00 TOT 21:00 UUR

Lichting	Tijdstip lichting	Soort	Lengte (cm)
1	21:37		
2	21:42	Kleine modderkruiper	7
3	21:47	Kleine modderkruiper	6
		Kleine modderkruiper	11
4	21:52	Kleine modderkruiper	8
5	21:57		
6	22:02		
7	22:07		
8	22:13	Zeelt	4
9	22:18		

TABEL 50

RESULTATEN KRUISNETVANGSTEN BOEZEMZIJDE GEMAAL AALKEET BUITENPOLDER, 15 MEI 2012. AANVANGSTIJD: 21:50 UUR. GEMAAL HEEFT GEDRAAID VAN 19:45 TOT 20:25 UUR

Lichting	Tijdstip lichting	Soort	Lengte (cm)
1	21:55		
2	22:00	Tiendornige stekelbaars	4
3	22:05		
4	22:10		
5	22:15	Zeelt	4
6	22:20		
7	22:25		
8	22:30		
9	22:35		

TABEL 51

RESULTATEN KRUISNETVANGSTEN BOEZEMZIJDE GEMAAL AALKEET BUITENPOLDER, 18 MEI 2012. AANVANGSTIJD: 21:40 UUR. GEMAAL HEEFT GEDRAAID VAN 20:05 TOT 21:00 UUR

Lichting	Tijdstip lichting	Soort	Lengte (cm)
1	21:45	Kleine modderkruiper	5
2	21:50		
3	21:55		
4	22:00	Pos	7
5	22:05		
6	22:10	Kleine modderkruiper	6
		Blankvoorn	4
7	22:15		



## BIJLAGE III

## RAPPORTAGE AKOESTISCH ONDERZOEK



Universiteit Leiden

**INSTITUUT BIOLOGIE LEIDEN (IBL)**

Betreft: Rapportage geluidsmetingen IBL voor Koeman en Bijkerk BV naar aanleiding van behoefte vanuit het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, het Hoogheemraadschap van Delfland en Waterschap Hunze en Aa's.

**Datum: 27-01-2012**

Rapportage en interpretatie: Dr. Niels Bouton en Dr. Hans Slabbekoorn

Uitvoering en verwerking geluidsmetingen: Niels Bouton en Konstantinos Antonakakis

Programmeren geluidsdatatransformatie: Thijs Schrama

Doormeten en ijking opnameapparatuur: Erwin Jansen (TNO)

Instituut Biologie Leiden, Universiteit Leiden

Sylvius Laboratorium, Sylviusweg 72, 2333 BE, Leiden

E-mail: H.W.Slabbekoorn@Biology.LeidenUniv.NL

(0) 31 71 527 5049, Fax (0) 31 71 527 4900

**INLEIDING**

Het is nog onbekend welke rol geluid speelt voor vissen bij migratieknelpunten. Vissen kunnen goed horen en water is een goed geleidingsmedium voor geluid. Het is ook bekend dat veel vissoorten zelf geluid maken voor onderlinge communicatie en geluid gebruiken bij het detecteren van prooi of voor het ontkomen aan een predator (bv. een roofvis of een vogel die in het water duikt). Naast deze direct biologisch relevante geluiden is er echter nog meer te horen onder water. De lokale diergemeenschap genereert biotische geluiden (watervogels, vissen, kikkers, waterkevers, kreeftachtigen, enz.), maar er zijn vooral ook veel abiotische geluiden van wind, regen, golfslag, watervallen, kolken, of stroomversnellingen. De verspreiding en reflectie van deze geluiden vormt het geluidslandschap waar een vis mogelijk informatie aan onttrekt om al dan niet een bepaalde kant op te zwemmen.

Menselijke activiteiten en machines voegen lawaai toe aan dit natuurlijke geluidslandschap onder water. Lawaai is een subjectieve term voor geluid dat een negatieve invloed kan hebben door vissen te verstoren of te verjagen of door biologisch relevante geluiden te maskeren. Het is bekend dat mechanische geluiden vissen kunnen afschrikken en dat bootlawaai bijvoorbeeld voor een verhoging van concentraties aan stresshormonen in het bloed kan zorgen (bij karpers, riviergondel en baars). Het is ook goed mogelijk dat zogenaamde antropogene geluiden gebruikt worden door vissen om zich te oriënteren en potentieel gevaar te ontlopen. Er is echter nog maar heel weinig bekend over of en hoe vissen dit doen, en onder welke omstandigheden en bij welke geluiden ze wel of niet bijsturen.

Kunstwerken zoals gemalen zorgen vaak voor moeilijk passeerbare trajecten in vismigratie-routes. Binnendijkse en buitendijkse wateren zullen akoestisch van elkaar verschillen en ook het geluidslandschap rondom kunstwerken kan afwijken van stroomopwaartse en stroomafwaartse omstandigheden. Deze geluidsgradiënten en overgangen zijn de mogelijke akoestische aanwijzingen voor migrerende vissen om de voorkeursroute behorende bij het seizoen of levensfase te vinden. Het is onbekend hoe de kunstmatige omstandigheden bij bijvoorbeeld een gemaal de natuurlijke aanwijzingen en de perceptie door vissen beïnvloeden, en dit geldt ook voor geuren (olfactorische waarneming van de chemische samenstelling van het water) en stromingen. Wanneer gemaalpompen aan gaan vindt er een plotselinge verandering plaats in deze set van informatiebronnen waarvan geluid het snelste de vis zal bereiken. De lage geluiden (100-1500 Hz) die gemalen produceren zijn goed te horen voor vissen. Paling hoort zelfs lagere geluiden tot in het infrageluid (<20-300 Hz). Veel vissen (baarsachtigen, zalmachtigen, snoek) horen vooral de lage frequenties (50-400 Hz). Karpers en andere cypriniden (getest zijn o.a. goudvis en enkele Noord-Amerikaanse soorten) hebben een gespecialiseerd gehoor en horen naast de lage frequenties ook goed rond 1000 Hz. Van een groot aantal soorten is nog geen audiogram beschikbaar. Ook is weinig bekend over gehoorverschillen tussen juveniele en volwassen vissen. Het bestaan van gehoorverschillen is wel aannemelijk, al is het maar vanwege schaalveranderingen van de bij het gehoor betrokken organen. Bekend is dat na blootstelling aan extreem luid geluid (ca. 200 dB), juveniele snoek minder last had van tijdelijk gehoorverlies dan volwassen snoek. Een verklaring hiervoor is nog niet gevonden en extrapolatie naar andere soorten is dan ook niet aan de orde zonder verder onderzoek.

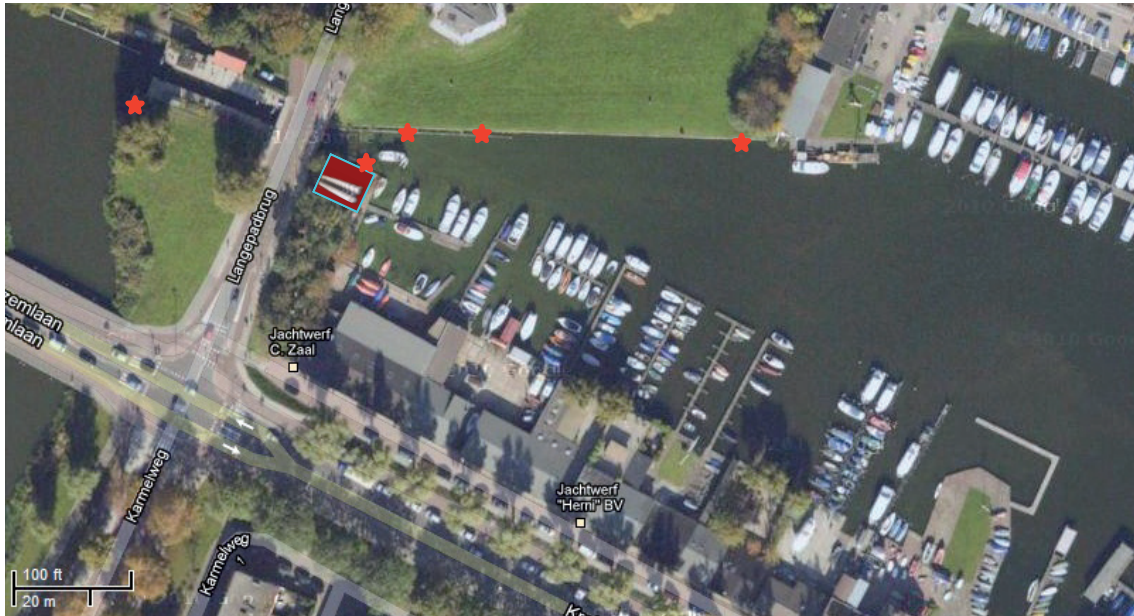
Passage door gemaalpompen kan met een hoge mortaliteit gepaard gaan. Dit probleem wordt in toenemende mate onderkend en steeds meer gemalen worden voorzien van een visvriendelijke vijzel. Alle hier beschreven gemalen zijn van dit nieuwe type. Behalve een grotere kogel-doorlaat en andere aanpassingen die een vispassage mogelijk maken met geen of zeer weinig fysieke schade wordt ook gestreefd naar een zo laag mogelijk geluidsniveau.

Naast het ontbreken van voldoende kennis over visgedrag is er een groot gebrek aan inzichten in het geluidslandschap onder water. Er zijn nauwelijks gegevens bekend over het volume en de spectrale samenstelling van geluiden rondom kunstwerken, met bijvoorbeeld gemaalpompen aan en uit, en hoe deze geluiden variëren met afstand. In deze rapportage zijn geluidsmetingen verwerkt van een viertal gemalen, die een begin vormen om het gebrek aan inzichten terug te brengen. De locaties betreffen de gemalen bij de Kralingse Plas, Hillekade en Hoekpolder in het Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard en het gemaal Ennemaborgh in Groningen. Voor een van deze locaties (Kralingse Plas) zijn ook geluidsonnamen beschikbaar van de oude situatie van voor de installatie van de visvriendelijke vijzel, zodat een vergelijking van geluidsniveaus mogelijk is.

## LOCATIES EN METINGEN

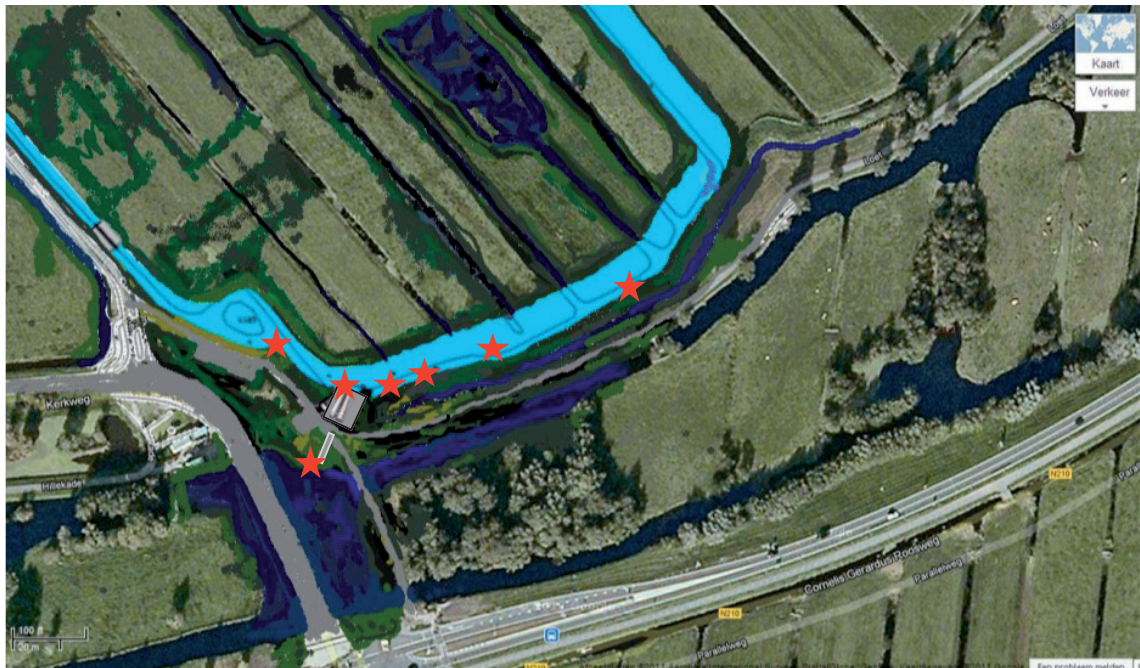
### Locaties

FIGUUR 1 LIGGING VAN HET GEMAAL KRALINGSE PLAS EN MEETPUNTEN OP 2, 14, 32 EN 100 M VAN DE INSTROOM EN OP 2 M VAN DE UITSTROOM



Bij het gemaal Kralingse Plas (N 51°56.058', E 04°30.231') zijn op donderdag 15 december 2011 geluidsmetingen uitgevoerd op vier afstanden (2, 14, 32 en 100 meter) van het gemaal aan de Kralingse Plaszijde en aan de andere kant bij de uitstroomopening (zie Figuur 1). Er zijn metingen gedaan met zowel de gemaalpomp aan als uit, de pomp heeft maar één stand. Met de gemaalpomp aan wordt er water vanuit de Kralingse Plas naar de boezem gepompt. Op de dag waarop de opnamen gemaakt werden, was het relatief windstil: windkracht 2-3. De metingen vonden in de ochtend plaats (10.30-12.00 uur). In deze tijd van het jaar was er zeer weinig invloed van andere menselijke activiteiten op het geluidsniveau op de plas. Er waren geen gemotoriseerde plezierboten op het water en er was geen sluisactiviteit. Gezien het grote aantal plezierboten op de plas kan men aannemen dat er in de zomermaanden veel meer activiteit plaats zal vinden waarmee de geluidscondities anders zullen zijn. Er was tijdens de huidige metingen wel af en toe auto- en vrachtverkeer op de brug en omringende wegen (Langepad en Boezemlaan). Verder zorgden de aanwezige watervogels (vooral meerkoeten) soms voor wat geluid. In 2009 (voor de installatie van de visvriendelijke axiaalpompe) zijn ook geluidsmetingen uitgevoerd, waarmee we de nieuwe gegevens hebben kunnen vergelijken.

FIGUUR 2 LOCATIE VAN HET GEMAAL HILLEKADE. VIJF MEETPUNTEN (RODE STERREN) LIGGEN LANGS DE BELANGRIJKSTE WATERAANVOER NAAR HET GEMAAL, ÉÉN IN DE ONDIEPERE SLOOT IN DE ANDERE RICHTING EN ÉÉN BIJ DE UITSTROOM

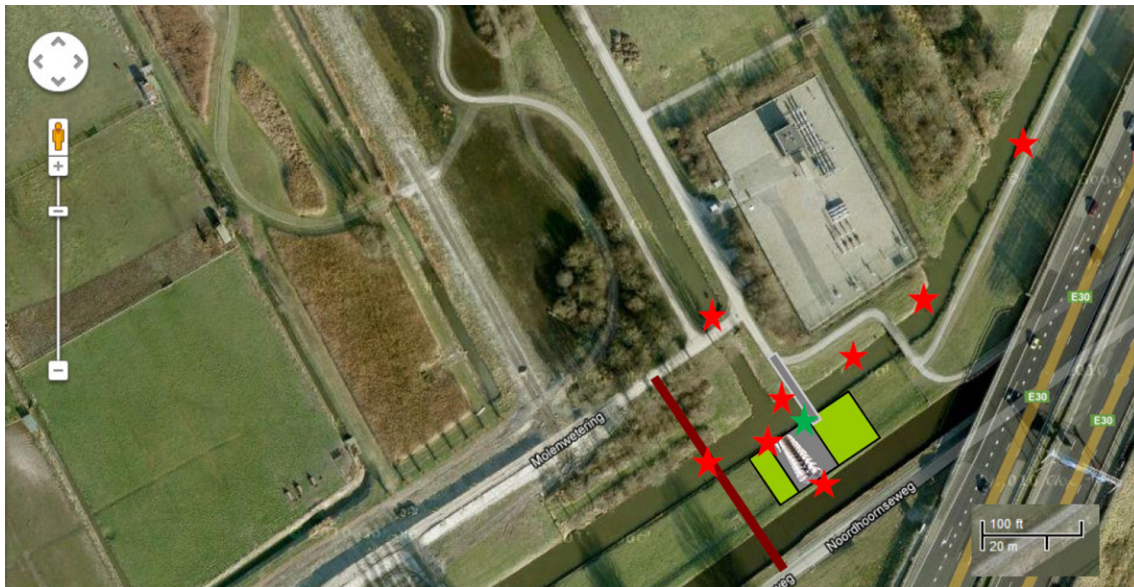


Bij het gemaal Hillekade (N 51° 91.6685', O 04° 66.0971') zijn op woensdag 21 december 2011 geluidsmetingen verricht tussen 14.00 en 16.00 uur. Het was een dag met rustig weer met zwakke tot matige wind (windkracht 3-4). Gemaal Hillekade ligt in een relatief stil landelijk gebied, waar alleen de nabijgelegen wegen, vooral de N210 voor wat geluid zorgen (figuur 2). In en rond de boezem was verder geen enkele gemotoriseerde activiteit. Geluidsmetingen werden uitgevoerd op vijf afstanden in de voornaamste wateraanvoer naar het gemaal (2, 15, 30, 60, 120 m), één in de doodlopende sloot in de tegenovergestelde richting (20 m) en één bij de uitstroom (figuur 2). Alle metingen zijn uitgevoerd met het gemaal uit, met één werkende vijzel en met twee werkende vijzels.

Bij het gemaal Hoekpolder (N 52° 01.8355', O 04° 31.5503') zijn op donderdag 22 december 2011 geluidsmetingen uitgevoerd tussen 13.30 en 15.00 uur. De dag kende rustig weer met windkracht 2-3 en geen regen. Het gemaal is zeer dicht bij de snelweg A4 gelegen. Deze weg draagt vermoedelijk bij aan het geluidsniveau onder water. Verder was er geen verkeer op het water en passeerde alleen af en toe een fiets of brommer over een van de fietsbruggen. De geluidsmetingen werden uitgevoerd op vijf afstanden in de voornaamste wateraanvoer naar het gemaal (2, 8, 30, 60, 120 m), één in de sloot in de tegenovergestelde richting (20 m), één in de ondiepe sloot loodrecht op het gemaal (20 m) en één bij de uitstroom (Figuur 3). Alle metingen zijn uitgevoerd met het gemaal uit, met één werkende vijzel en met twee werkende vijzels.

FIGUUR 3

LOCATIE VAN HET GEMAAL HOEKPOLDER. DE MEETPUNTEN (RODE STERREN) LIGGEN VOORAL LANGS DE BELANGRIJKSTE WATERAANVOER NAAR HET GEMAAL. DE GROENE STER GEEFT HET PUNT AAN WAAR EEN 24-UURS METING WERD UITGEVOERD

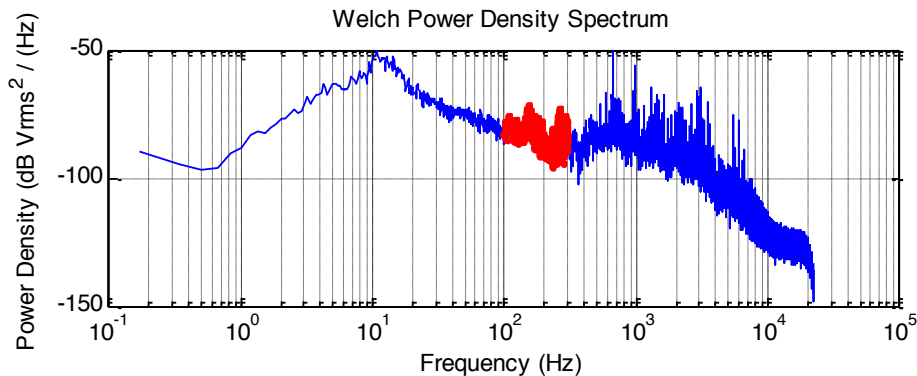


Het gemaal Ennemaborgh ligt in Noordoost Groningen. Hier hebben we niet zelf metingen uitgevoerd, maar rapporteren we de metingen uitgevoerd door Jan H. Kemper en H. Vis van Visadvies BV (Kemper JH & Vis H, 2011. Onderzoek naar de visvriendelijkheid van vijzelgemaal Ennemaborgh. Visadvies BV, Nieuwegein, Projectnummer VA2010\_47). Metingen zijn uitgevoerd in 2011 op 0, 5, 12 en 18 m vanaf de instroom van het gemaal op een diepte van 0,75m.

De geluidsopnames bij Kralingse Plas, Hillekade en Hoekpolder zijn uitgevoerd met een HTI-96-MIN hydrofoon (High Tech, Inc., Gulfport, MS, U.S.A.) en een 20 dB voorversterker, en een Marantz PMD660 digitale recorder (sample rate 44.1 kHz). De hydrofoon werd met behulp van een telescoopstok vanaf de kant het water in gelaten om opnames te maken met de hydrofoon op 1.5 tot 2.0 m uit de kant, ca. 1 m onder het wateroppervlak, en vrij van de bodem. Het opnamesysteem is met een gekalibreerde opnameset door Erwin Jansen van TNO doorgemeten om de spectrale gevoeligheidscurve vast te stellen. Op elk meetpunt werden vier 20s opnames gemaakt met en zonder het geluid van het gemaal. Met een Matlab-programma zijn deze gegevens gebruikt om geluidsniveaus vast te stellen voor een aantal voor vissen mogelijk relevante spectrale bandbreedtes. Via grafische weergave van vier 20-seconden opnames zijn eerst de spectrale energieverdelingen geïnspecteerd voor de verschillende afstanden en posities ten opzichte van het gemaal. Daarnaast zijn telkens voor drie bandbreedtes de absolute geluidsniveaus berekend: 2-5000 Hz, 100-300 Hz en 900-1200 Hz. De eerste bandbreedte omvat het hele bereik waarover de opnameapparatuur betrouwbare metingen levert en waarvoor vissen gevoelig zouden kunnen zijn. De andere twee beperktere bandbreedtes representeren een lage en een hoge component in het onderwatergeluid van de gemaalpompen die grofweg correspondeert met de piek van gehoorgevoeligheid voor verschillende groepen vissen en waarvan bij eerdere metingen is gebleken dat ze verschillende patronen kunnen laten zien die samen kunnen hangen met motorcapaciteit, toerental, en transmissieafstand. In figuur 4 staat een voorbeeld van een geluidsspectrum.



FIGUUR 4 VOORBEELD VAN EEN GELUIDSSPECTRUM: DE UITSTROOM VAN HET GEMAAL HOEKPOLDER MET BEIDE VIJZELS IN WERKING. OP DE X-AS STAAN LOGARITMISCH DE FREQUENTIES, OP DE Y-AS DE GELUIDSINTENSITEIT. IN ROOD IS HET FREQUENTIEBEREIK 100-300 HZ WEERGEGEVEN



De geluidsopnames bij Ennemaborgh zijn uitgevoerd met een Reson TC4032-hydrofoon gevoerd door een Reson Input-module EC6073. Via een externe geluidskaart (E-MU Tracker pre) werd het geluid gefilterd, gedigitaliseerd en vervolgens doorgevoerd naar een laptop. De analyse van het geluid werd uitgevoerd met het softwarepakket SpectraPlus™. Er werden geluidsspectra gemaakt en geluidsintensiteit werd berekend voor de frequentiebandbreedtes 100-300 Hz en 900-1200 Hz

Op één plaats, namelijk bij gemaal Hoekpolder, is een 24-uurs meting uitgevoerd met hetzelfde type hydrofoon (HTI-96-MIN) en voorversterker als gebruikt in de overige metingen, maar met een ander opnameapparaat, een SongMeter SM1(Wildlife Acoustics, Inc., Concord, MA, U.S.A.). Dit apparaat is speciaal ontworpen voor langdurige geluidsopnames onder veldomstandigheden. Normaal wordt het apparaat gebruikt om geluiden van dieren (vogels, kikkers e.d.) boven water vast te leggen, maar met hydrofoon bleek de SongMeter ook geschikt voor onderwateropnames. De songmeter werd geijkt met behulp van de eerder geijkte Marantz.

## RESULTATEN

### Gemaal Kralingse Plas

In de trechtervormige toegang tot het gemaal waren geluidsniveaus in de frequentiebandbreedte 2-5000 Hz met de pomp uit tussen de 110 en 118 dB re 1  $\mu$ Pa gemiddeld (Tabel 3). In de frequentiebandbreedte 100-300 Hz en 900-1200 Hz zijn de waarden respectievelijk rond de 80 en 90 dB re 1  $\mu$ Pa (Tabel 3). Het aanzetten van de pomp leidde op 2 m afstand tot een geringe toename van de geluidsniveaus in de door ons onderzochte bandbreedtes: 4 dB voor 100-300 Hz en 6 dB voor 900-1200 Hz. Op grotere afstanden was in deze bandbreedtes geen sprake van een toename in het geluidsniveau dat aan het aanzetten van het gemaal kon worden toegeschreven (Tabel 3). De uitstroom van het gemaal is op een vrij ondiepe plaats, waardoor veel stroming ontstaat. Hiermee samenhangend vonden we een forse verhoging van het geluidsniveau als de pomp aanging, voor de frequentiebandbreedte 2-5000 Hz 19 dB voor de bandbreedtes 100-300 Hz 33 dB en voor de bandbreedte 900-1200 Hz 31 dB.

TABEL 3

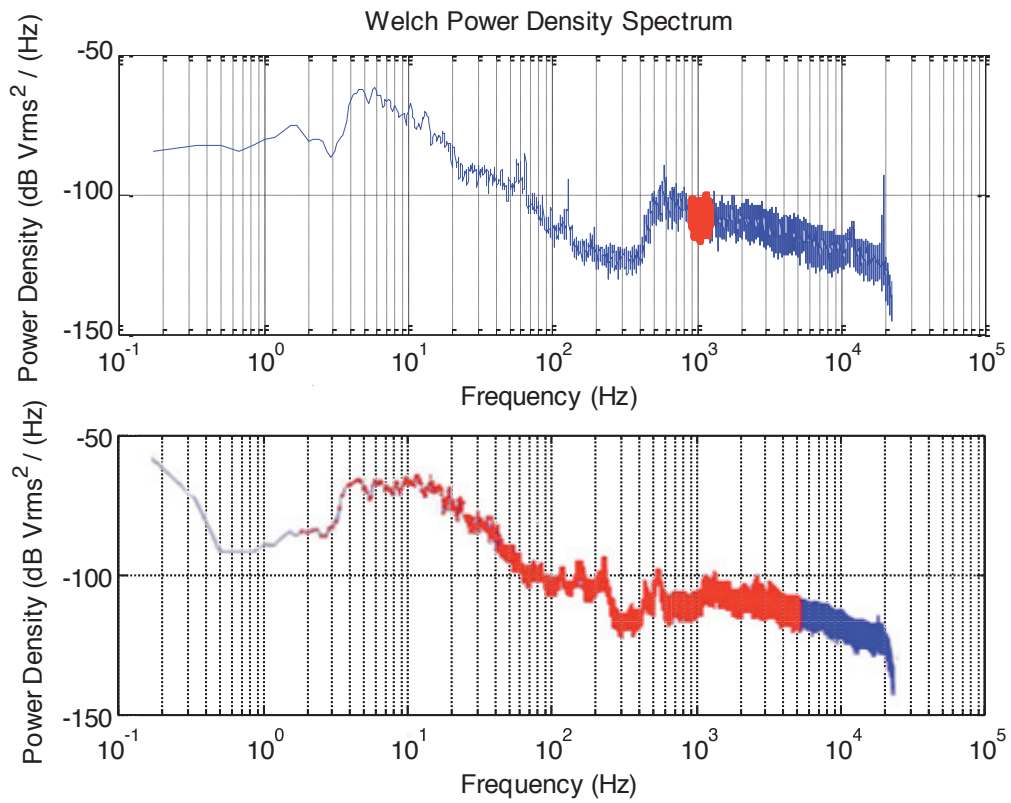
RALINGSE PLAS. GELUIDSNIVEAUS VOOR DRIE VERSCHILLENDE BANDBREEDTES OP VIER VERSCHILLENDE AFSTANDEN AAN DE PLASZIJDE EN BIJ DE UITSTROOM OP DE ROTTE (GEMIDDELDDES VAN VIER HERHAALDE METINGEN). 'AAN' STAAT VOOR GEMAALPOMP AAN, TERWIJL 'UIT' STAAT VOOR GEMAALPOMP UIT

Afstand (m)	Geluidsniveau (dB)		Geluidsniveau (dB)		Geluidsniveau (dB)	
	2-5000 Hz		100-300 Hz		900-1200 Hz	
	Uit	Aan	Uit	Aan	Uit	Aan
2	109,6	111,2	76,8	80,8	89,7	95,7
14	115,0	115,2	81,0	77,4	90,6	91,8
32	117,7	121,5	81,1	87,0	89,8	89,1
100	113,2	113,2	80,6	86,0	89,9	88,8
Uitstroom	111,0	129,8	84,1	117,3	79,5	111,3

In 2011 is de axiaalpompe van dit gemaal vervangen door een visvriendelijkere versie. Ook voor de vervanging van de axiaalpompe (in mei 2009) zijn metingen verricht, hetgeen een vergelijking mogelijk maakt. Als we allereerst kijken naar de geluidsspectra met de pompe niet in werking (Figuur 5), dan valt op dat de beide metingen goed overeenkomen. In 2009 werd wat meer geluid in de frequentiebandbreedte van 100-300 Hz opgenomen, wat mogelijk is toe te schrijven aan bootverkeer of baggerwerkzaamheden destijds op de plas.

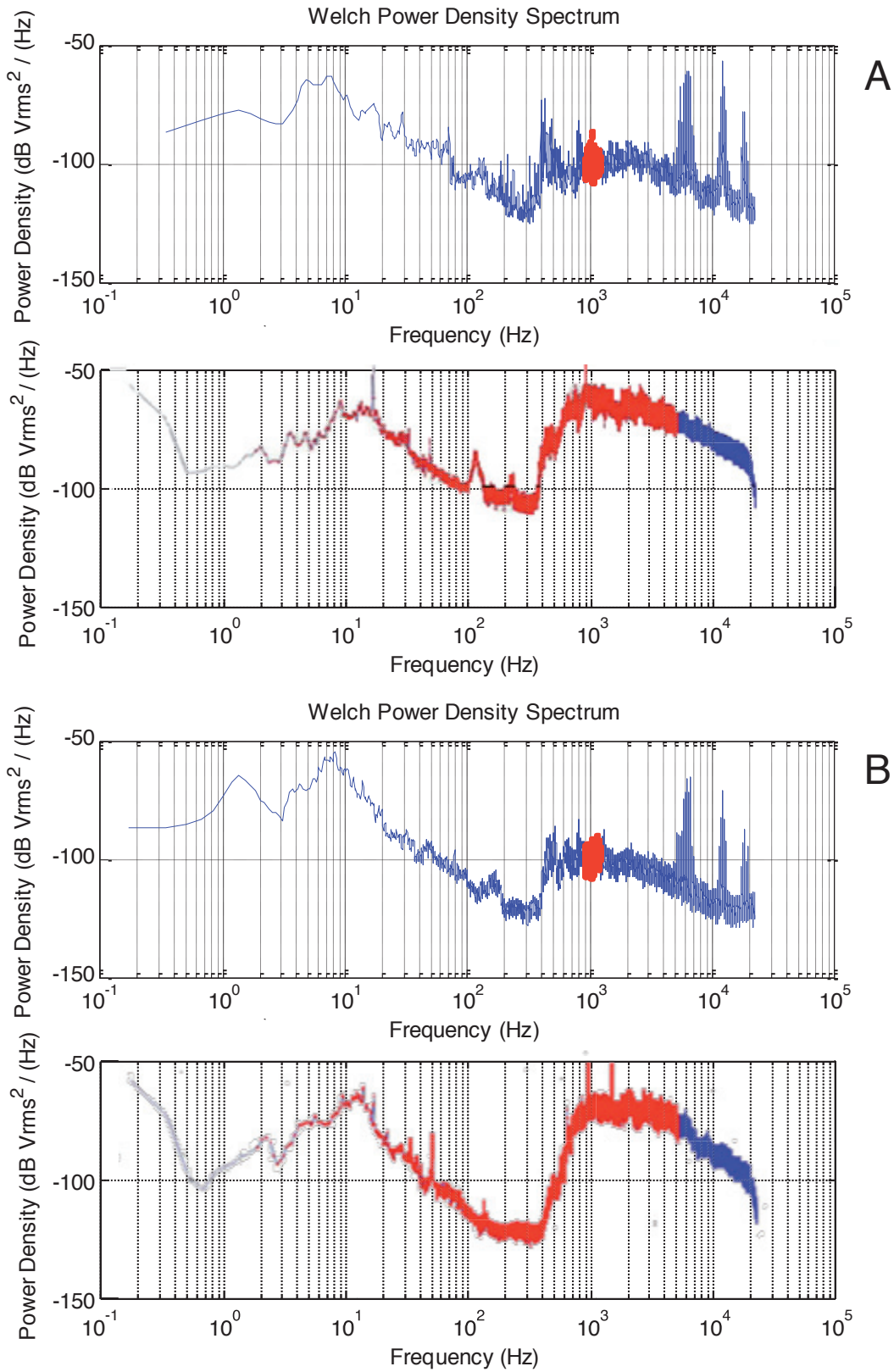
Bij het in werking stellen van de pompe was er in 2009 nog sprake van een veel grotere toename van het geluidsniveau (Figuur 6). De sterkste toename was te zien in de relatief hoogfrequente geluidscategorie en dit is met name te zien aan de meting in de bandbreedte van 900-1200 Hz en in de geluidsspectra (Figuur 6). De geluidsniveaus namen af met afstand, maar er was een aanzienlijke verhoging van het lawaai in de hele trechtervormige toegang tot de sluisdeur en de aanzuigopening van de gemaalpompe. Vooral de toename in de bandbreedte 900-1200 Hz was opvallend: 39,1 dB op 2 m van de instroom, 31 dB op 14 m en nog altijd 6,1 dB op 32 m (op 100 m werd niet gemeten). De nieuwe axiaalpompe is dus heel erg stil vergeleken met de oude pompe. Uit bestudering van de geluidsspectra blijkt dat het gemaal wel geluid produceerde rond 6500 Hz en boven 10 kHz (zie figuur 6), maar deze geluiden zijn niet hoorbaar voor Nederlandse zoetwatervissen.

FIGUUR 5 GELUIDSPECTRA BIJ GEMAAL KRALINGSE PLAS MET DE POMP UIT OP 2 M VAN DE INSTROOM, MET BOVEN DE NIEUWE (DECEMBER 2011) EN ONDER DE OUDE METING (MEI 2009). ROODKLEURING VAN DE VERSCHILLENDE FREQUENTIEBANDBREEDTES (900-1200 EN 2-5000 HZ) IS IN DEZE EN VOLGENDE FIGUREN NIET FUNCTIONEEL



FIGUUR 6

GELUIDSSPECTRA GEMAAL KRALINGSE PLAS MET DE POMP AAN OP 2 M (A) EN 14 M (B) AFSTAND VAN DE INSTRROOM, MET BOVEN DE NIEUWE EN ONDER DE OUDE POMP



**GEMAAL HILLEKADE**

Zonder dat het gemaal werkte was het onderwater vrij stil in alle frequentiebandbreedtes. Het aanzetten van gemaal Hillekade leidde tot een forse toename van het geluid, vooral in de bandbreedte 900-1200 Hz. De verhoging in deze bandbreedte was nog steeds goed waar te nemen op 60 m afstand met een verhoging van 16 dB en 17 dB voor één respectievelijk twee vijzels. Ook op 120 m is nog een verhoging van enkele dB waar te nemen. Op 20 m afstand in de sloot in de tegenovergestelde richting is geen sprake van verhogingen van de geluidsniveaus. Deze doodlopende sloot is ondieper en ligt dicht bij een weg, hetgeen de andere geluidskarakteristieken mogelijk verklaart. Bij de uitstroom is een geringe verhoging van het geluidsniveau als het gemaal aan is, opnieuw vooral in de bandbreedte 900-1200Hz.

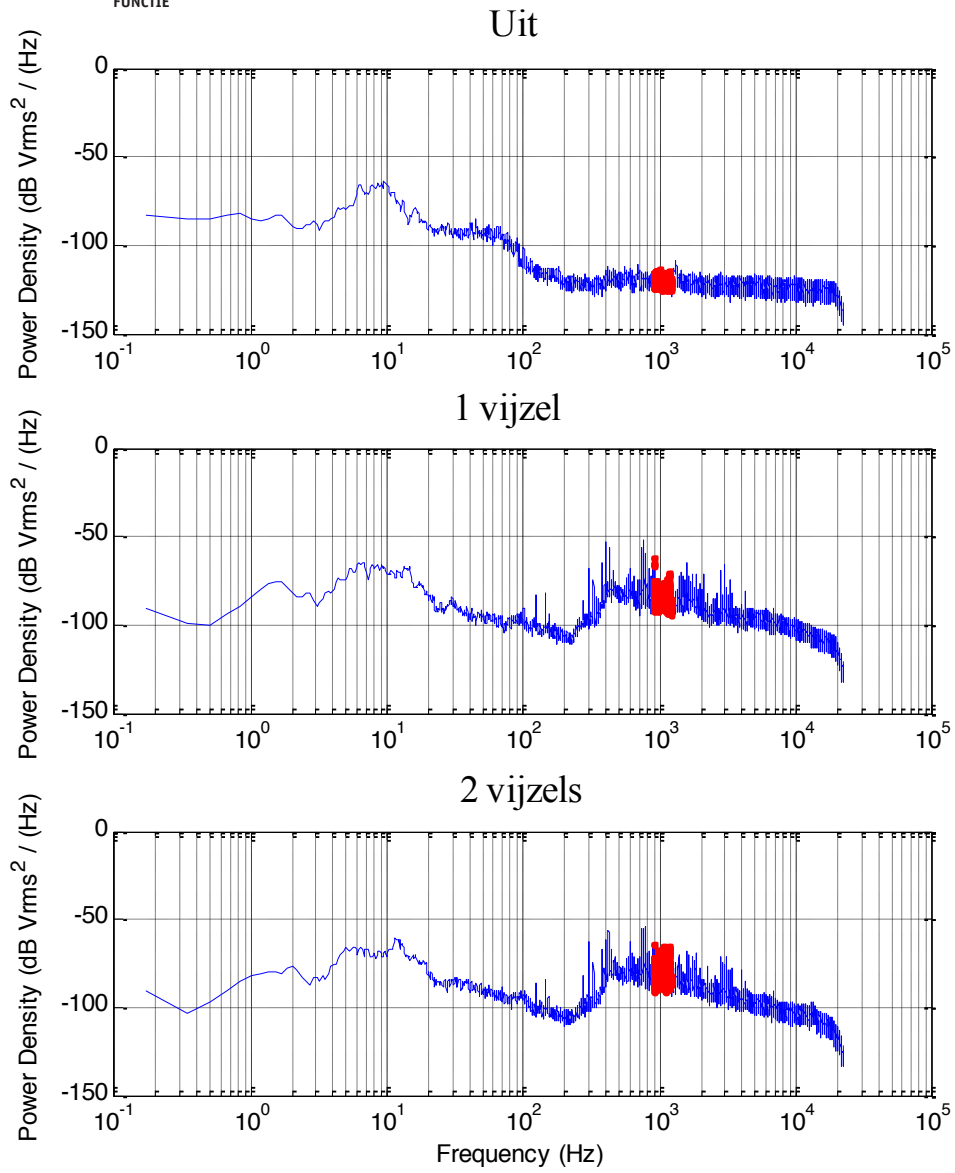
**TABEL 2** HILLEKADE. GELUIDSNIVEAUS VOOR DRIE VERSCHILLENDE BANDBREEDTES OP VIJF VERSCHILLENDE AFSTANDEN IN DE BELANGRIJKSTE AANVOER AAN DE POLDERZIJDE, ÉÉN IN DE DOODLOPENDE SLOOT IN DE TEGENOVERGESTELDE RICHTING EN ÉÉN AAN DE UITSTROOMZIJDE (GEMIDDELDDES VAN VIER HERHAALDE METINGEN). 'UIT' STAAT VOOR GEMAALPOMP AAN, TERWIJL 'AAN 1' STAAT VOOR ÉÉN VIJZEL AAN EN 'AAN 2' VOOR TWEE VIJZELS AAN

Afstand (m)	Geluidsniveau (dB)			Geluidsniveau (dB)			Geluidsniveau (dB)		
	2-5000 Hz			100-300 Hz			900-1200 Hz		
	Uit	Aan 1	Aan 2	Uit	Aan 1	Aan 2	Uit	Aan 1	Aan 2
2 m	110,3	119,2	120,5	79,1	95,1	99,5	78,9	107,1	111,0
15 m	117,5	116,1	114,6	76,8	76,0	74,6	69,1	93,2	97,3
30 m	114,3	115,6	112,2	83,4	74,1	74,7	69,5	87,6	90,7
60 m	110,7	114,2	113,1	76,3	72,5	72,5	69,7	85,8	86,7
120 m	116,0	116,7	115,2	77,7	78,5	76,0	72,3	76,4	74,1
Sloot A 30 m	115,1	115,3	98,1	93,0	79,6	81,8	74,8	68,2	69,9
Uitstroom	109,5	114,1	116,3	83,3	78,8	80,0	73,8	77,6	76,9

De figuren 7 en 8 laten de geluidsspectra zien voor het gemaal Hillekade op 2 m en 60 m van de instroom van het gemaal. Telkens is weergegeven de pomp uit, 1 vijzel in gebruik en 2 vijzels in gebruik. Een aantal zaken wordt hiermee treffend geïllustreerd. Goed is te zien dat de verhoging van het geluidsniveau aanzienlijk was en vooral lag tussen de 300 Hz en 3000 Hz (figuur 7). Ook valt direct op dat er heel weinig verschil is in geluidsniveau tussen één vijzel en twee vijzels. Aan de geluidsspectra op 60 m afstand (figuur 8) valt op dat hier het geluid van het gemaal nog steeds duidelijk aanwezig was. Iets anders wat opvalt is een bekende karakteristiek van de voortplanting van geluid in ondiep water: de lagere frequenties doven eerder uit dan de hogere frequenties. De verhoging in het geluidsniveau op 60 m afstand zit vooral in de frequentiebandbreedte 800 Hz – 3000 Hz, terwijl dat dicht bij de instroom nog 300 Hz – 3000 Hz was.

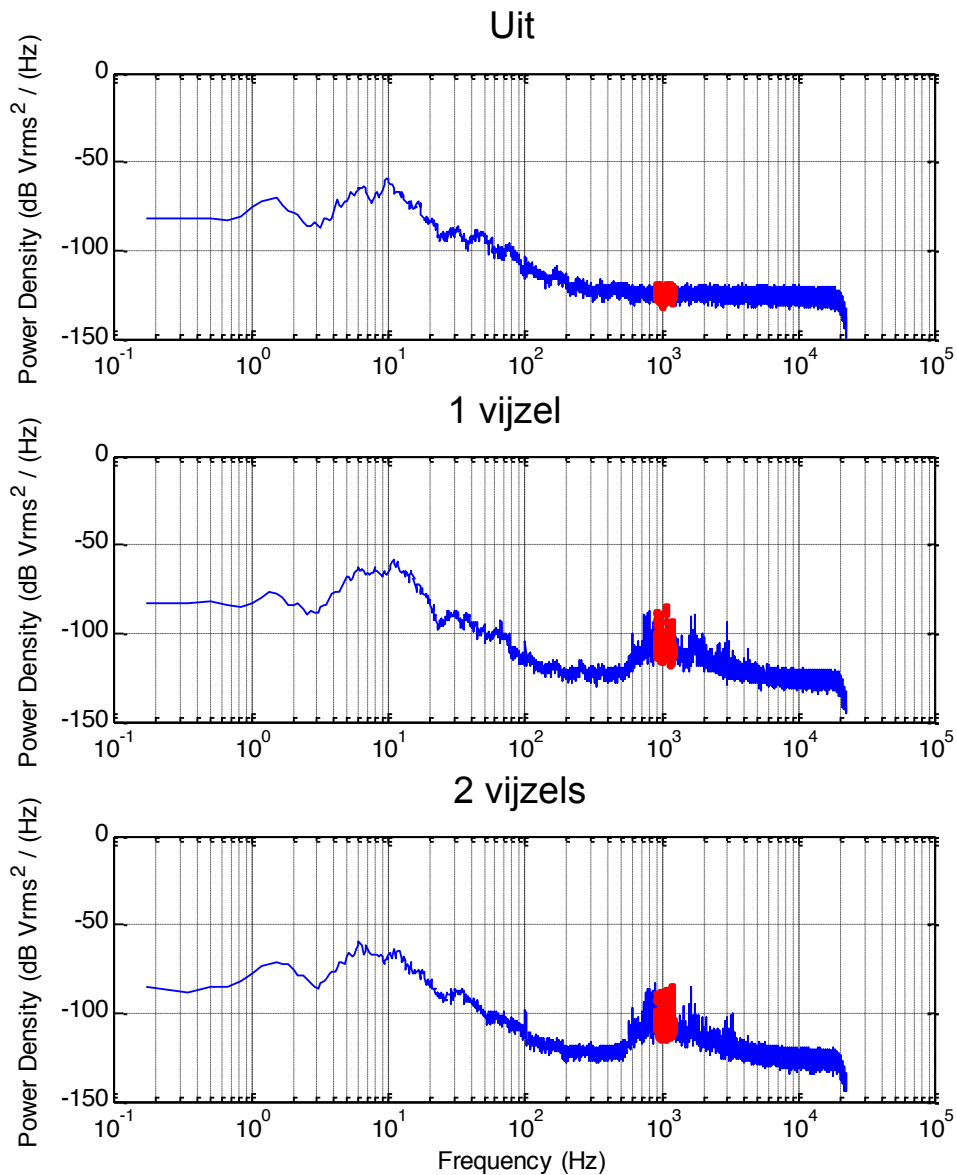
FIGUUR 7

GELUIDSSPECTRA VOOR HET GEMAAL HILLEKADE OP 2 M VAN DE INSTROOM VAN HET GEMAAL MET HET GEMAAL UIT EN MET HET GEMAAL WERKEND MET ÉÉN EN TWEE VIJZELS. DE FREQUENTIEBANDBREEDTE 900-1200 HZ IS IN ROOD WEERGEGEVEN, MAAR DIT HEEFT VERDER GEEN FUNCTIE



FIGUUR 8

GELUIDSSPECTRA VOOR HET GEMAAL HILLEKADE OP 60 M VAN DE INSTROOM VAN HET GEMAAL MET HET GEMAAL UIT EN MET HET GEMAAL WERKEND MET 1 EN 2 VIJZELS. DE FREQUENTIEBANDBREEDTE 900-1200 HZ IS IN ROOD WEERGEGEVEN, MAAR DIT HEEFT VERDER GEEN FUNCTIE



#### *Gemaal Hoekpolder*

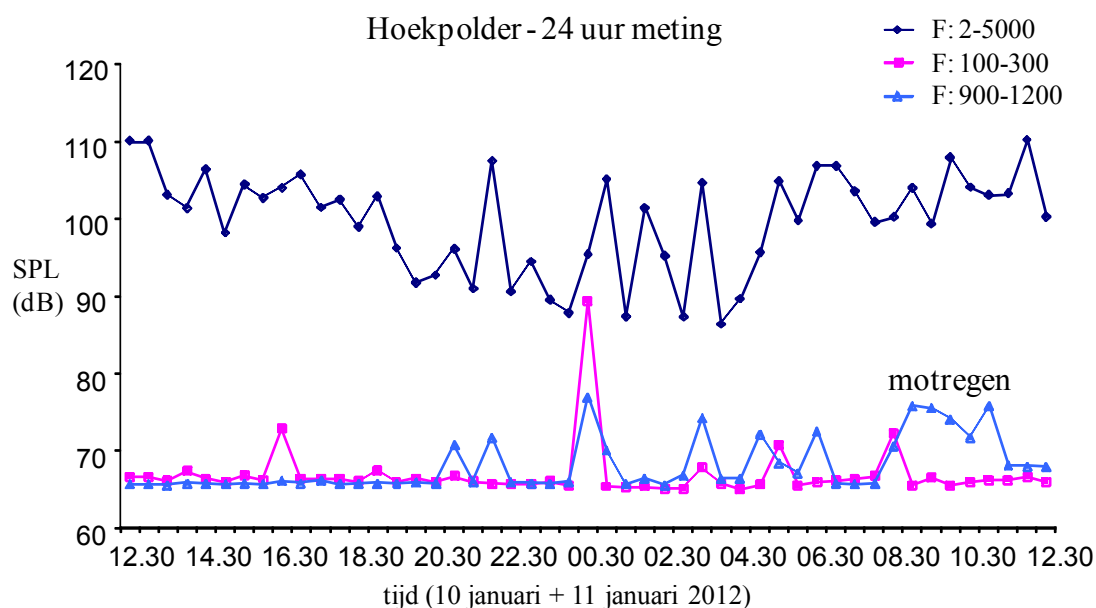
Ook bij dit gemaal was het vrij stil onder water zolang het gemaal uitstond (Tabel 3). Het aanzetten van het gemaal zorgde voor een forse verhoging van het geluidsniveau op 2 m van de instroom van het gemaal. Deze verhoging is aanzienlijk in de hele voor vissen relevante frequentiebandbreedte en is opvallend hoog in zowel de bandbreedte van 100-300 Hz, 17 en 26 dB re 1  $\mu$ Pa voor één en twee vijzels en in de bandbreedte 900-1200 Hz 34 en 36 dB voor één en twee vijzels. Op 30 m afstand van de instroom was het geluid met twee vijzels nog altijd goed waarneembaar, maar op 60 en 120 m niet meer. Ook in de beide andere sloten op 20 m van het gemaal werd een grote toename van het geluidsniveau waargenomen, hoewel in de ondiepere sloot B (loodrecht op het gemaal, figuur 3) meer uitdoving leek plaats te vinden.

**TABEL 3** HOEKPOLDER. GELUIDSNIVEAUS VOOR DRIE VERSCHILLENDE BANDBREEDTES OP VIJF VERSCHILLENDE AFSTANDEN IN DE BELANGRIJKSTE AANVOER AAN DE HOEKPOLDERZIJDE, TWEE VOOR MINDER BELANGRIJKE SLOTEN (ALLEBEI OP 20 M) EN ÉÉN AAN DE UITSTROOMZIJDE (GEMIDDELDDES VAN VIER HERHAALDE METINGEN). 'UIT' STAAT VOOR GEMAALPOMP UIT, TERWIJL 'AAN 1' STAAT VOOR ÉÉN VIJZEL AAN EN 'AAN 2' VOOR TWEE VIJZELS AAN

Afstand (m)	Geluidsniveau (dB)			Geluidsniveau (dB)			Geluidsniveau (dB)		
	2-5000 Hz			100-300 Hz			900-1200 Hz		
	Uit	Aan 1	Aan 2	Uit	Aan 1	Aan 2	Uit	Aan 1	Aan 2
2	116,3	122,6	123,6	79,6	97,0	105,5	78,2	111,9	114,4
8	118,4	121,2	124,9	98,7	100,3	100,5	83,1	103,5	105,0
30	111,1	108,4	116,4	87,2	86,0	95,6	74,6	72,2	85,9
60	115,2	111,0	115,6	97,0	99,0	93,5	84,1	81,6	81,0
120	118,8	113,2	117,7	96,1	93,7	96,6	84,6	83,8	86,1
Sloot A 20 m	106,9	111,9	123,4	87,8	88,7	100,7	73,1	76,9	88,9
Sloot B 20 m	107,3	109,8	118,8	78,3	94,1	85,8	71,8	79,2	75,2
Uitstroom	114,4	125,3	124,6	82,0	94,0	109,3	85,6	115,2	113,0

Bij gemaal Hoekpolder werd ook een 24-uurs meting uitgevoerd op 10 en 11 januari 2012. De opnameapparatuur kon onder een brug op het terrein van het gemaal achtergelaten worden. Opnieuw werd een rustige dag uitgekozen met weinig wind, windkracht 2-3. In de hele 24-uurs periode bleef het computergestuurde gemaal uit, omdat er in de voorgaande dagen geen regen was gevallen. Op 11 januari viel er in de ochtend enige tijd motregen en dit is goed terug te zien in de metingen als een verhoging in de bandbreedte 900-1200 Hz met ongeveer 10 dB (figuur 9). In de avond en nacht (globaal tussen 20.00 en 05.00 uur) was het stiller dan de rest van de dag en dit is vermoedelijk vooral een effect van de snelweg A4 (voornamelijk zichtbaar in een grofweg 15 dB verschil voor de totale bandbreedte van 2-5000 Hz), maar ook biotische activiteit (bv. watervogels) staat 's nachts vermoedelijk op een lager niveau. De nachtelijke verspreide geluidspieken zijn echter zonder uitzondering terug te voeren op biotische activiteit. Bij afluisteren bleek bijna altijd sprake te zijn van plonsgeluiden en soms kon ook een vage roep van een watervogel gehoord worden.

**FIGUUR 9** HOEKPOLDER: 24-UURS METING. HET COMPUTERGESTUURDE GEMAAL SLOEG NIET AAN, OMDAT ER IN DE DAGEN VOORAFGAANDE AAN DE OPNAME NAUWELIJKS REGEN WAS GEVALLEN. VARIATIE IN GELUIDSINTENSITEIT (SOUND PRESSURE LEVEL = SPL) IS DUS VOLLEDIG AAN ANDERE FACTOREN TOE TE SCHRIJVEN





*Gemaal Ennemaborgh*

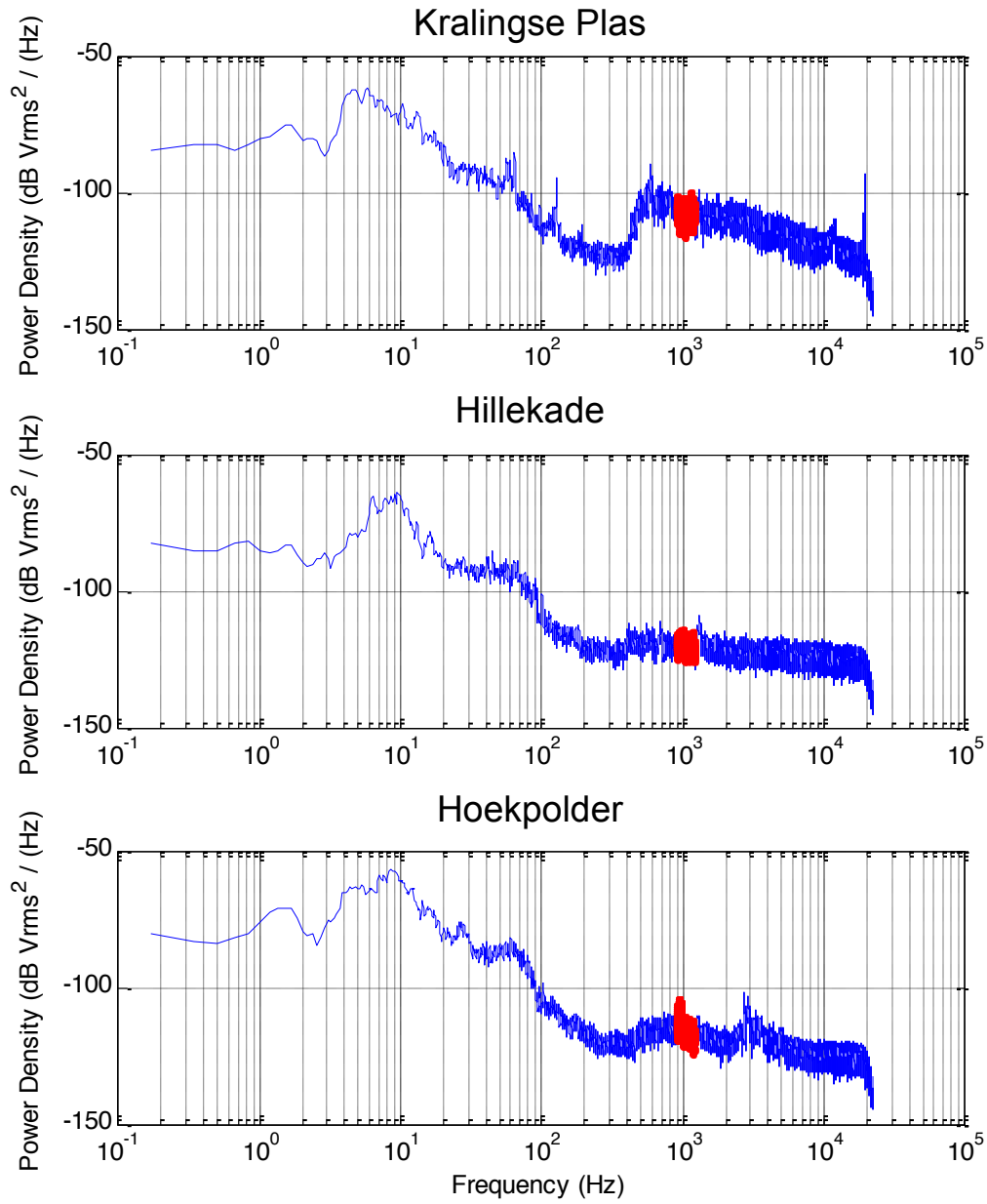
Het visvriendelijke vijzelgemaal Ennemaborgh zorgt voor een verhoging van 44 Hz in de bandbreedte 100-300 Hz vlakbij het gemaal, maar op 18 m afstand was deze verhoging niet langer waarneembaar (Tabel 4). De verhoging in geluidsniveau in de bandbreedte 900-1200 was nog hoger (+ 48 dB) en deze verhoging is op 18 m nog steeds goed waarneembaar. Op grotere afstand van het gemaal is niet gemeten.

**TABEL 4** ENNEMABORGH. GELUIDSNIVEAUS VOOR TWEE VERSCHILLENDE BANDBREEDTES OP VIER VERSCHILLENDE AFSTANDEN AAN DE INSTROOMZIJDE (GEMIDDELDDES VAN DRIE HERHAALDE METINGEN). 'AAN' STAAT VOOR GEMAALPOMP AAN, TERWIJL 'UIT' STAAT VOOR GEMAALPOMP UIT

Afstand (m)	Geluidsniveau (dB)		Geluidsniveau (dB)	
	100-300 Hz		900-1200 Hz	
	Uit	Aan	Uit	Aan
0	69	113	63	111
5	-	79	-	99
12	-	73	-	93
18	-	70	-	74

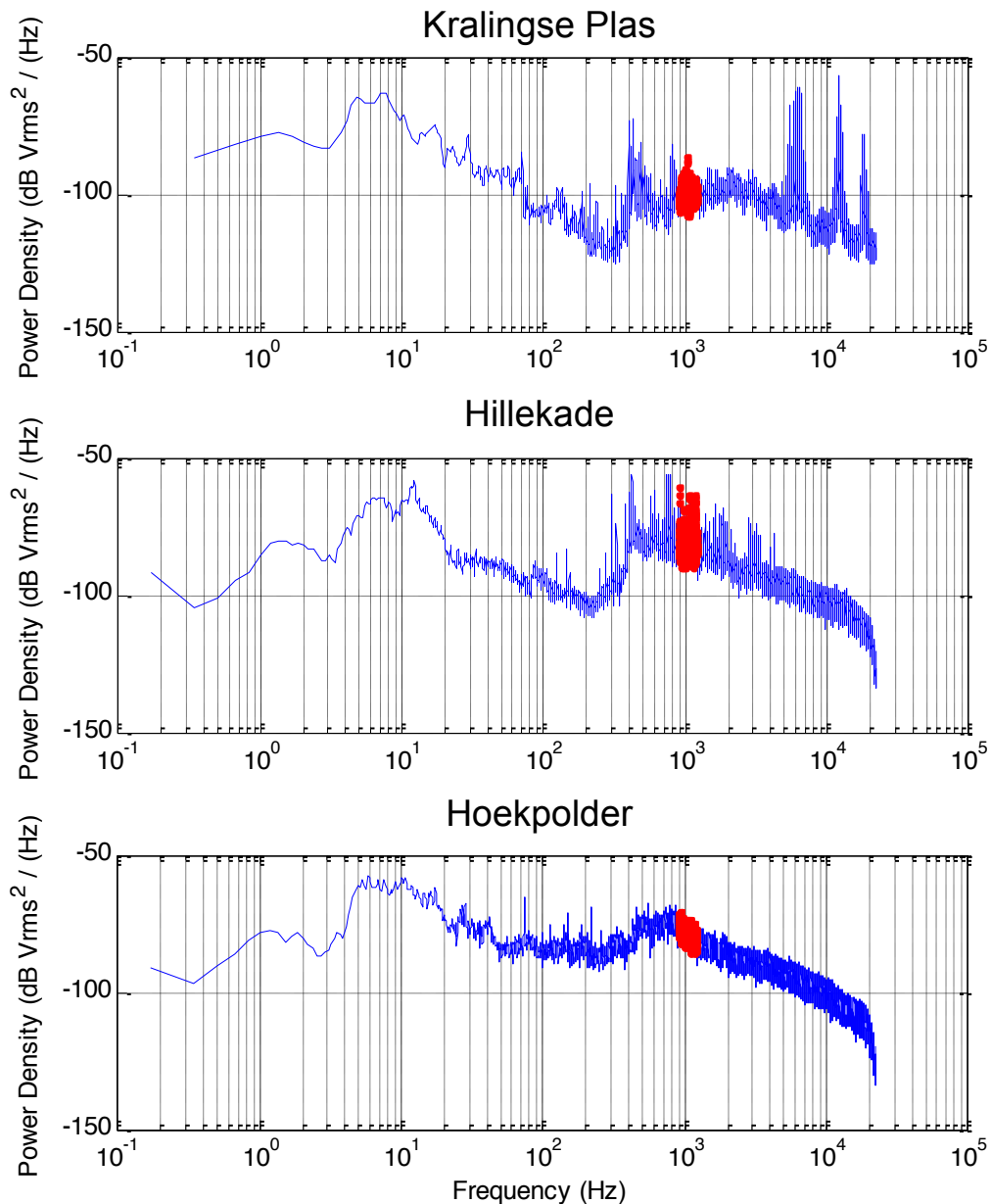
VERGELIJKING EN DISCUSSIE

FIGUUR 10 ACHTERGRONDGELUID BIJ DE GEMALEN KRALINGSE PLAS, HILLEKADE EN HOEKPOLDER. DE OPNAMES ZIJN GEMAAKT OP 2 M VAN DE INSTRROOM MET HET GEMAAL UIT



FIGUUR 11

GELUID VAN DE GEMALEN KRALINGSE PLAS, HILLEKADE EN HOEKPOLDER. DE OPNAMEN ZIJN GEMAAKT OP 2 M VAN DE INSTROOM MET HET GEMAAL OP VOLLE STERKTE AAN



De gemalen Kralingse Plas, Hillekade en Hoekpolder hadden opvallend verschillende geluidskarakteristieken, terwijl het gemaal Ennemaborgh de meeste overeenstemming vertoonde met het gemaal Hoekpolder. Het achtergrondgeluidsspectrum van de gemalen Hillekade en Hoekpolder was bij benadering hetzelfde, maar bij het gemaal Kralingse Plas was meer achtergrondgeluid in de bandbreedte 400-3000 Hz (Figuur 10). De oorsprong van dit geluid is niet duidelijk. Met de gemalen aan valt op dat het gemaal Kralingse Plas een lage geluidsin-tensiteit kent voor alle voor vissen belangrijke bandbreedtes en dat door het relatief lawaaige karakter van deze locatie slechts van een kleine toename in geluidsniveau in de bandbreedte van 400-500 Hz sprake was. Geluidspieken van het gemaal lagen boven de 5 kHz en dit is voor Nederlandse zoetwatervissen onhoorbaar. Het gemaal Hillekade produceerde vooral geluid tussen 400 en 3000 Hz en dat is voor de meeste vissen wel hoorbaar. De gemalen Hoekpolder en Ennemaborgh tenslotte produceerden geluid in alle voor vissen belangrijke bandbreed-

tes, van minder dan 100 Hz tot 2000 Hz. Van het oude gemaal Hoekpolder op ca. 100 m van het nieuwe gemaal zijn ook geluidsmetingen bekend (Witteveen+Bos 2009 Monitoring van vismigratie bij de gemalen Hoekpolder en Aalkeetbuitenpolder). Hoewel destijds geen achtergrondmetingen werden gedaan (met het gemaal uit) lijkt het er na vergelijking van de geluidspectra op 8 m van de instroom op dat het nieuwe gemaal *meer* geluid produceert in de frequentiebandbreedte 900-1200 Hz en ongeveer evenveel in de frequentiebandbreedte 100-300 Hz.

Voor de evaluatie van de resultaten van de geluidsmetingen in de context van veiligheid en verstoring van vis is het belangrijk een aantal punten te noemen met betrekking tot tekortkomingen in de huidige stand van de wetenschap. Hoewel we voor veel vissoorten een goede indicatie hebben van de bandbreedte voor gehoorgevoeligheid (meestal door onderzoek aan verwante soorten) weten we voor geen enkele soort hoe dat zich verhoudt tot verstoringgevoeligheid. Verder zijn niet alleen geluidsniveaus van belang voor mogelijke reacties van vissen, maar ook bijvoorbeeld de spectrale verdeling van geluid in hoge en lage componenten. Ook weten we inmiddels dat de temporele variatie in het geluid invloed heeft, waarbij men kan denken aan homogene, continue geluiden of meer regelmatig of onregelmatig pulserende geluiden. En als laatste punt is het belangrijk zich te realiseren dat geluidsmetingen van pompen in het geluidlandschap van de cruciale periode voor vissen (bijvoorbeeld trektijd of paaiseizoen) van belang zijn. Los van het feit dat variatie in motivatie van vissen hun verstoringgevoeligheid waarschijnlijk aanzienlijk kan beïnvloeden, zal variatie in het min of meer continue achtergrondlawaainiveau of het voorkomen van fluctuaties in verband met boot- en sluisactiviteiten ook de invloed van de gemaalgeluiden op visbewegingen veranderen.

Gemaalgeluiden zouden op drie manieren invloed kunnen hebben op vis: 1) Bepaalde vissoorten kunnen het geluid vervelend vinden en de daarmee gepaard gaande verstoring en vermijding kan een inperking van het beschikbare habitat inhouden; 2) Het gemaalgeluid kan ook voorkomen dat vissen te dicht in de buurt komen en door de pomp aangezogen worden; Verjaging kan hiermee schade en mortaliteit verkleinen die het gevolg zouden zijn van passage door de vijzel; 3) Het gemaalgeluid kan niet alleen de passage via de gevaarlijke vijzel beïnvloeden, maar ook visverblijf en visbewegingen dusdanig veranderen dat het de passage door een veilige sluis kan beperken.

Effecten van de eerste categorie: verstoring in de zin van beperking in het beschikbare areaal is voor de hier geteste gemalen relatief beperkt vanwege de ondiepe wateren. De diepere hoofdsloten of boezems hebben nog de meeste potentie voor verstoring omdat daar het geluid over honderden meters hoorbaar kan zijn. De vraag blijft dan echter bij welke geluidsniveau van welke karakteristieke vissen een gebied mijden en voor welke soorten dit zou gelden.

Effecten van de tweede categorie: de evaluatie met betrekking tot gevaarvermindering door afschrikking hangt ook sterk af van ontberende kennis over de afstotende werking van geluid op vissen in het algemeen. Het is echter waarschijnlijk dat minder geluid, bijvoorbeeld bij het nieuwe gemaal van de Kralingse plas ook minder effectief zal zijn in het weren van vis. Plonsgeluiden veroorzaakt door turbulentie aan het wateroppervlak zouden echter ook wel eens meer aantrekkingskracht kunnen hebben op bepaalde vissoorten die dit mogelijk herkennen als een natuurlijke waterval of stroomversnelling.

Effecten van de derde categorie: de invloed van het gemaalgeluid op passage via een veilige route met name voor vissen met trekdrang is eigenlijk alleen van toepassing op de Kralingse Plas. Het verminderde lawaainiveau van de nieuwe pomp lijkt ons een mogelijk positief effect te kunnen hebben op het verblijven in de buurt van de sluis waarmee de kans groter wordt dat, als de kans zich voordoet, een vis de sluis kan binnenzwemmen. We verwachten hier naast de gemaalgeluiden echter een grote invloed van boot en andere activiteiten die samenhangen met het sluisgebruik en een analyse van 24 uur opnames in de voor vissen belangrijke periode op deze locatie kan meer inzicht verschaffen in de cruciale temporele dynamiek van het geluidslandschap onder water.