

Gedrag van schieraal rond het krooshek voor gemaal IJmuiden. DIDSON metingen.

Ir. O.A. van Keeken, D. Burggraaf, S.V. Tribuhl en
dr. ir. H.V. Winter

Rapport C049/10



IMARES Wageningen UR

IMARES - institute for Marine Resources & Ecosystem Studies

Opdrachtgever:

Rijkswaterstaat Noord-Holland, Afdeling Advies (WSA)
Postbus 3119
2001 DC Haarlem

Publicatiedatum:

18 mei 2010

IMARES is:

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat kennis levert die noodzakelijk is voor integrale duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van de zee en kustzones;
- een instituut dat de benodigde kennis levert voor een geïntegreerde duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van zee en kustzones;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

© 2010 IMARES Wageningen UR

IMARES is onderdeel van Stichting DLO,
geregistreerd in het Handelsregister
nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A_4_3_1-V9.1

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
Samenvatting	4
1. Inleiding	5
2. Kennisvraag	5
3. Methoden	6
3.1 DIDSON	6
3.2 Locatie en metingen.....	6
3.3 Pompscenario's	8
4. Resultaten	11
4.1 Gedragbeschrijving alen	11
4.2 Aantal alen in beeld van de DIDSON	13
4.3 Tijdstip van waarnemingen.....	15
4.4 Lengte van de alen.....	16
4.5 Richting lichaam aal bij benadering krooshek.....	17
4.6 Zwemdiepte alen.....	21
5. Discussie.....	27
6. Conclusies.....	29
7. Aanbevelingen.....	31
Referenties.....	32
Bijlage 1.	33
Verantwoording	34

Samenvatting

In opdracht van Rijkswaterstaat wordt door meerdere onderzoeksinstituten en -bureaus uitgebreid onderzoek gedaan naar de passeerbaarheid van het gemaal in het Noordzeekanaal bij IJmuiden en vermindering van visschade door aangepaste gemaalregimes. In deze rapportage wordt het gedrag van schieraal bij het krooshek voor het gemaal gepresenteerd, wat gemeten is met behulp van de akoestische camera DIDSON. DIDSON staat voor "Dual frequency IDentification SONar" en is een hoge resolutie sonar die akoestiek (geluid) gebruikt om akoestische beelden te maken met veel meer detail dan de conventionele sonars.

Gedurende vijf dagen is van 's middags tot middernacht met de DIDSON gekeken hoe uittrekkende schieralen voor het krooshek van gemaalpomp vijf reageerden onder drie verschillende pompsenario's: gemaalpompen 5 en 6 op volle kracht (twee meetavonden), gemaalpompen 5 en 6 op halve kracht (twee meetavonden), alleen gemaalpomp 5 op volle kracht en gemaalpomp 6 uit (één meetavond). Het gedrag van uittrekkende schieraal is aan de hand van de DIDSON beelden ingedeeld naar vijf typen gedragingen:

1. het krooshek inzwemmen ("In"), 2. het krooshek uitzwemmen ("Uit"), 3. voor het krooshek langs zwemmen ("Voor"), 4. richting het krooshek zwemmen en ervoor al omkeren ("Vooromkeer"), 5. tegen het krooshek aanzwemmen, vervolgens omkeren en wegzwemmen ("Tegenomkeer").

In totaal zijn gedurende de vijf meetdagen 376 alen gezien voor het krooshek in het veld van de DIDSON, waarbij de meeste alen (149) begin december gezien zijn. Voor de instelling van gemaalpomp 5 op volle stroomsnelheid (ca 0.8 m/s bij krooshek) of halve kracht (ca. 0.4 m/s) was geen duidelijk verschil waarneembaar in het aantal alen die het krooshek inzwommen tegenover alen die omkeergedrag vertoonden. Van de gedragingen komt alleen het gedrag "Vooromkeer" beperkt voor, de andere vier gedragingen komen veelvuldig voor. De meeste alen die richting krooshek gingen, deden dit via het onderste gedeelte van het water, waarbij twee vormen van stroomafwaarts zwemgedrag werden waargenomen: actief zwemmend of passief drijvend. Bij passief drijvend transport liet een aal zich opgerold meevoeren met de stroom. Pas bij aanraking van het krooshek strekte de aal zich en zwom tegen de stroom in weg van het krooshek, deels zonder verandering van diepte, deels naar de bodem zwemmend.

Zowel bij volle als bij halve kracht werd veel terugkeergedrag en zoekgedrag van schieraal waargenomen. Daarbij zwommen alen met name richting de bodem langs het krooshek richting het scheidingsgedeelte tussen pomp 4 en pomp 5. Ook op volle kracht zijn de stroomsnelheden blijkbaar laag genoeg om tegen de stroming weg te zwemmen van het krooshek en langs het krooshek af te zwemmen. Hierdoor hebben veel schieralen de mogelijkheid om in tweede instantie een andere route te kiezen, zoals via de spuikokers. Netbemonsteringen bij de spuikokers versus bemonsteringen achter het gemaal impliceren dat dit veelvuldig plaats vindt.

De resultaten van het DIDSON-onderzoek kunnen in een later stadium worden geanalyseerd in samenhang met andere onderzoeken die tegelijkertijd plaatsvonden in het Noordzeekanaal: transponderonderzoek, 3D-telemetry en netbemonsteringen bij het gemaal. Op basis van deze integrale analyse kan worden ingeschat of het zin heeft om het maalregime aan te passen voor het verminderen van schade aan schieraal.

1. Inleiding

Het gaat niet goed met de Europese aal. Sinds de jaren 1960 zijn de vangsten gestaag afgenomen tot ca. 25 %, en de intrek van de jonge aal uit zee is afgenomen tot minder dan 1% van het vroegere niveau (Dekker, 2009). De afname van de aalstand wordt verondersteld verband te houden met een te kleine omvang van het paaibestand. Bij de achteruitgang van de aalstand spelen verschillende factoren een rol, die verband houden met migratiebarrières, de visserij, watervervuiling, het waterbeheer, etc. Het Europese Aalherstelplan is gebaseerd op een geïntegreerde aanpak: de verschillende factoren worden in verschillende (EU en nationale) wetgeving aangepakt. Voor het waterbeheer is de Kader Richtlijn Water (KRW) van belang, die per 2015 in de lidstaten een goed waterbeheer voorschrijft. Ook de watervervuiling wordt in de KRW aangepakt; hoewel ook hiervoor in 2015 maatregelen moeten zijn genomen, zullen de positieve effecten daarvan in veel gevallen langer op zich laten wachten. Juist omdat de invoering en uitwerking van deze maatregelen zoveel tijd vraagt, is het van het grootste belang dat al snel andere beschermende maatregelen worden genomen.

Voor de migratie van aal naar zee is het van belang dat de schieralen kunstwerken, zoals dammen, stuwen, gemalen, sluizen en waterkrachtcentrales, kunnen passeren. De passeerbaarheid van locaties met kunstwerken hangt af van het type kunstwerk, de richting waarlangs trekvisser naderen (stroomopwaarts of stroomafwaarts), lokale omstandigheden zoals afvoer en watertemperatuur en het gevoerde waterbeheer. Het zoekgedrag van de vis en de passeerbaarheid van een kunstwerk verschillen van vissoort tot vissoort en dikwijls hangen ze ook af van het levensstadium van de vis (Winter, 2009).

Voor gemalen is op basis van zeer globale aannames berekend dat circa 91 ton per jaar aan visschade optreedt, waarvan ongeveer een derde deel bestaat uit aal en twee derde uit schubvis (Kunst et al., 2008). De verschillende vormen van schade die samen gaan met het passeren van het gemaal worden veroorzaakt door botsing met de schoepen of andere bewegende of stilstaande delen, snelle drukverschillen, turbulentie en stroomsnelheid en cavitatie.

In andere studies bij waterkrachtcentrales is terugkeergedrag van schieraal bij nadering van turbines waargenomen (Behrmann-Godel & Eckmann, 2003; Winter et al., 2006; Jansen et al., 2007). Dit gedrag kan door verschillende factoren worden veroorzaakt: de fysieke aanwezigheid van een krooshek (dat overigens met 10 cm tussenruimte goed passeerbaar is), of geluid van de turbine. Daarnaast is de stroomsnelheid van het water waar schieralen worden getriggerd tot terugkeergedrag van belang. Deze moet zodanig laag zijn dat de schieraal hier tegenin kan zwemmen. De stroomsnelheid bij het krooshek kan worden beïnvloed door het maalregime. Hierbij zijn vele optimalisatiescenario's mogelijk waarbij de verschillende pompen met verschillend volume kunnen malen.

In opdracht van Rijkswaterstaat wordt onderzoek gedaan naar passeerbaarheid van het gemaal in het Noordzeekanaal bij IJmuiden en vermindering van visschade door aangepaste gemaalregimes. Dit onderzoek wordt uitgevoerd door IMARES, VisAdvies en Witteveen+Bos. In deze rapportage wordt het gedrag van schieraal bij het krooshek voor het gemaal gepresenteerd, wat door IMARES onderzocht is met behulp van de akoestische camera DIDSON.

2. Kennisvraag

Kan via een aangepast gemaalregime de schade aan uittrekkende schieraal beperkt worden? In dit kader worden in dit rapport de volgende deelvragen gesteld;

- 1) wat is het gedrag van uittrekkende schieraal rond het krooshek?
- 2) welk deel van de trekkende schieraal vertoont terugkeergedrag?
- 3) is verschil in gedrag waar te nemen bij pompen op volle kracht versus pompen op halve kracht?

3. Methoden

3.1 DIDSON

Voor het vaststellen van het inzwemgedrag van de vissen is gebruik gemaakt van de DIDSON (Foto 3.1). DIDSON staat voor "Dual frequency IDentification SONar" en is een hoge resolutie sonar die akoestiek (geluid) gebruikt om akoestische beelden te maken met veel meer detail dan conventionele sonars. Met de DIDSON bestaat de mogelijkheid beelden te maken van visgedrag nabij bijvoorbeeld sluizen, turbines of visnetten in troebel water of zelfs 's nachts. Het is mogelijk om vissen op soort te brengen en individuele lengtes van de vissen te meten. De DIDSON werkt op twee frequenties en kan beelden maken van objecten op een afstand tussen 1 m en 30 m van de DIDSON. De DIDSON kan met een kabel worden aangesloten op een computer en kan worden aangesloten op het elektriciteitsnet, zodat over een langere periode opnames gemaakt kunnen worden. Met deze computer kunnen instellingen van de DIDSON zoals bereik, aan en uitzetten van opnames etc. gestuurd worden. Analyse van de beelden wordt gedaan met speciaal voor de DIDSON ontwikkelde software (foto 3.1).

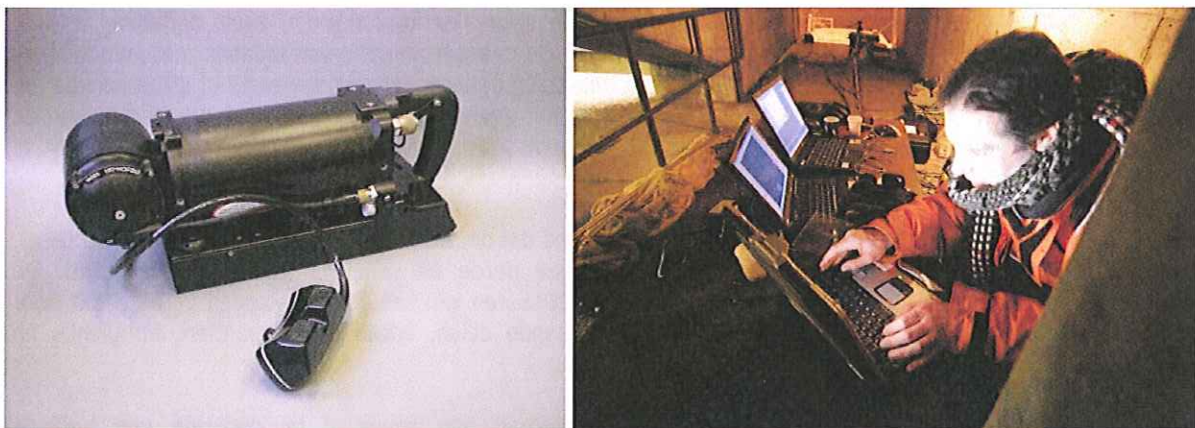
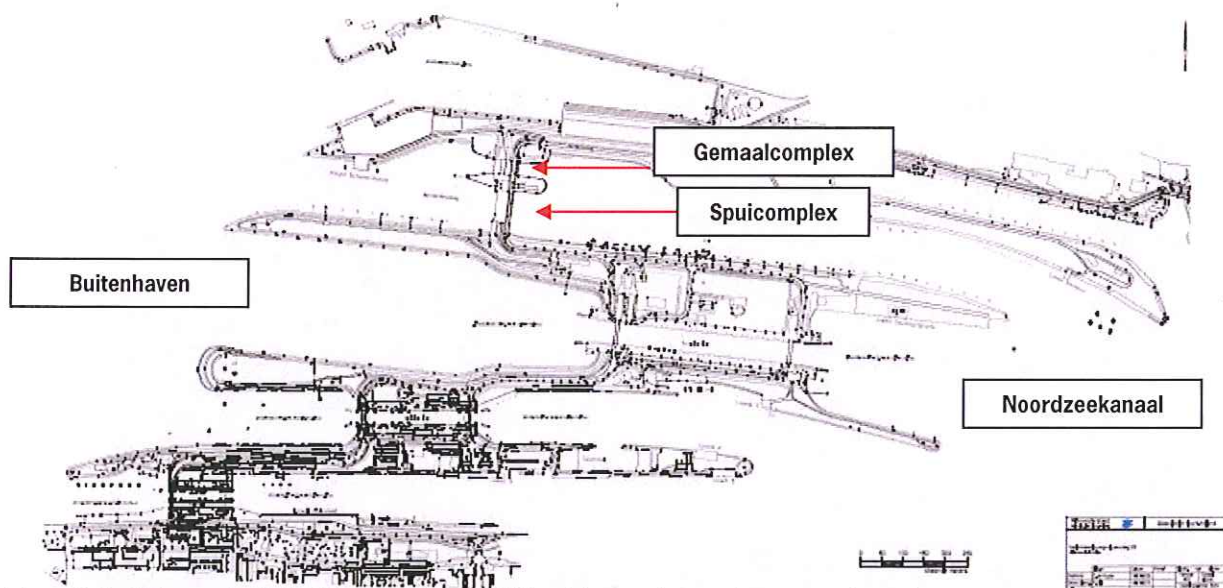


Foto 3.1. De DIDSON (links) en analyse van de DIDSON-beelden tijdens het meten (rechts).

3.2 Locatie en metingen

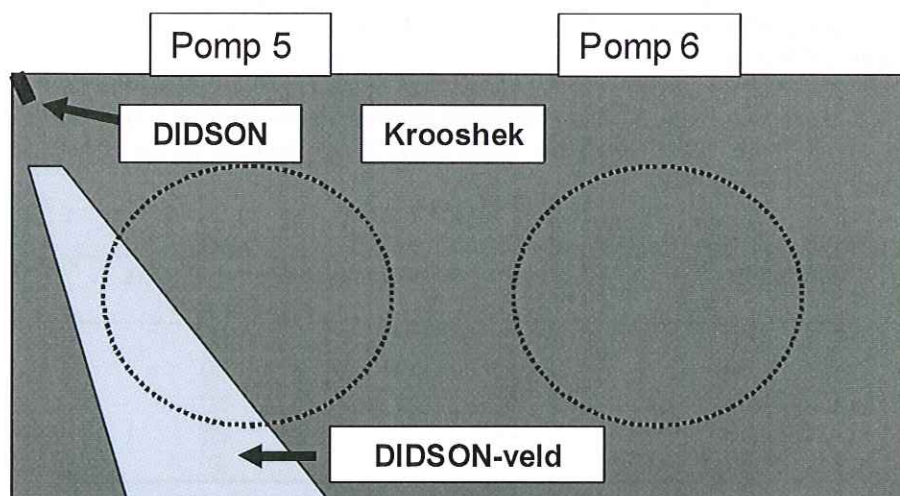
Het spui- en gemalencomplex bij IJmuiden (Figuur 3.1) voert overtollig water af van het Markermeer, het Amsterdam-Rijnkanaal, het Noordzeekanaal en de omliggende gebieden. Het oude deel van het gemaalcomplex bevat vier pompen (1 t/m 4) en is in 2004 aan de noordzijde uitgebreid met twee extra pompen (5 en 6). Het toerental van deze laatste twee pompen is traploos te verstellen. Voor deze studie is het gedrag onderzocht van uittrekkende schieraal voor het krooshek van gemaal pomp 5. Het krooshek bevindt zich een twintigtal meters voor het gemaal en beschermt de gemaal pomp tegen groot vuil dat met het water meegevoerd wordt (Foto 3.2). Het krooshek staat in een hoek van 15 graden, de spijlen hebben een onderlinge tussenruimte van 15,1 cm met een spijldikte van 1,6 cm en de bodem van de maalkoker ligt op -8,2 m NAP (peil van het Noordzeekanaal is circa. NAP -0,4 m). De ruimte tussen het krooshek en de pompingang is voor de oude pompen afgesloten van die voor de nieuwe pompen. Gedurende vijf dagen is van 's middags tot middernacht met de DIDSON gekeken hoe uittrekkende schieralen voor het krooshek van gemaal pomp 5 reageerden onder verschillende geplande pompszenario's (Figuur 3.2, 3.3).



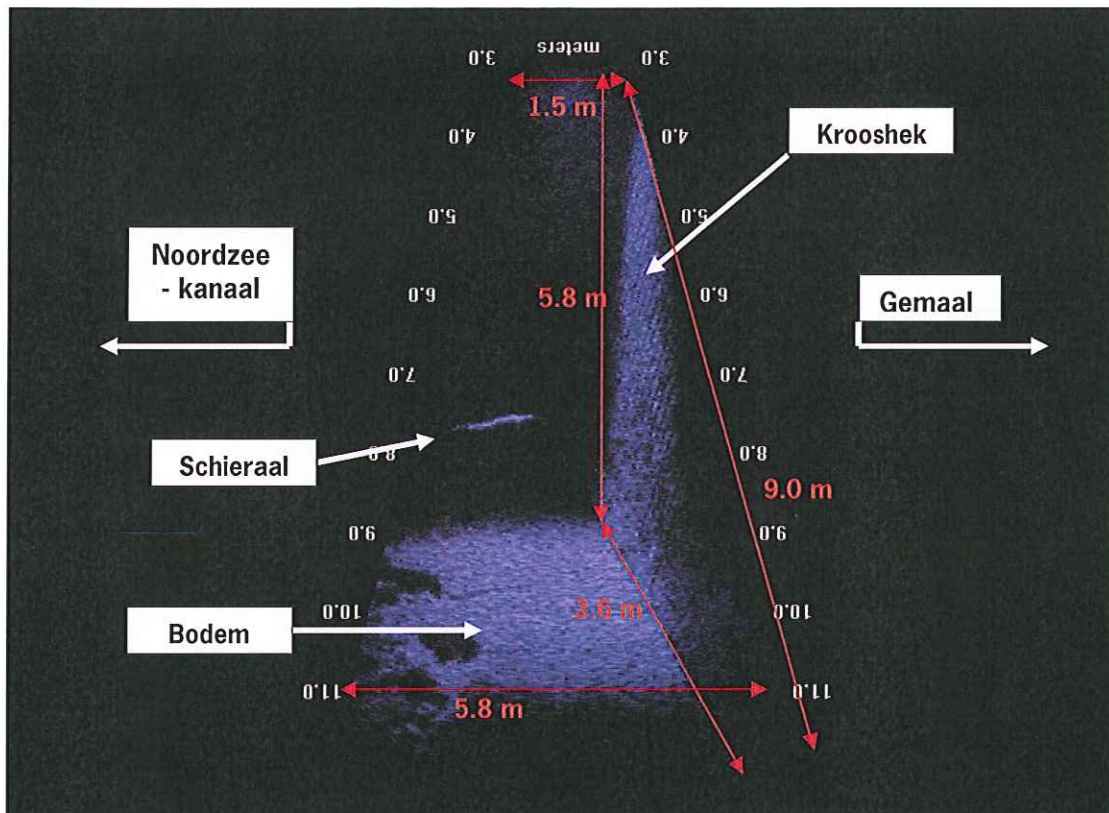
Figuur 3.1. Sluiscomplex in het Noordzeekanaal bij IJmuiden met het spui- en gemaalcomplex. Totale lengte maatlat rechtsonder is 250m.



Foto 3.2. DIDSON opstelling bij het krooshek voor gemaalpompe 5 eind november (links) en eind december (rechts).



Figuur 3.2. Schematische weergave van het veld van de DIDSON voor het krooshek van pompe 5 en 6. Cirkels geven de locatie van de achterliggende gemaalpompen aan.



Figuur 3.3. Beeld van de DIDSON met een uittrekkende schieraal midden en het krooshek rechts in beeld. Dimensies van het beeld zijn in rood met pijlen weergegeven.

3.3 Pompscenario's

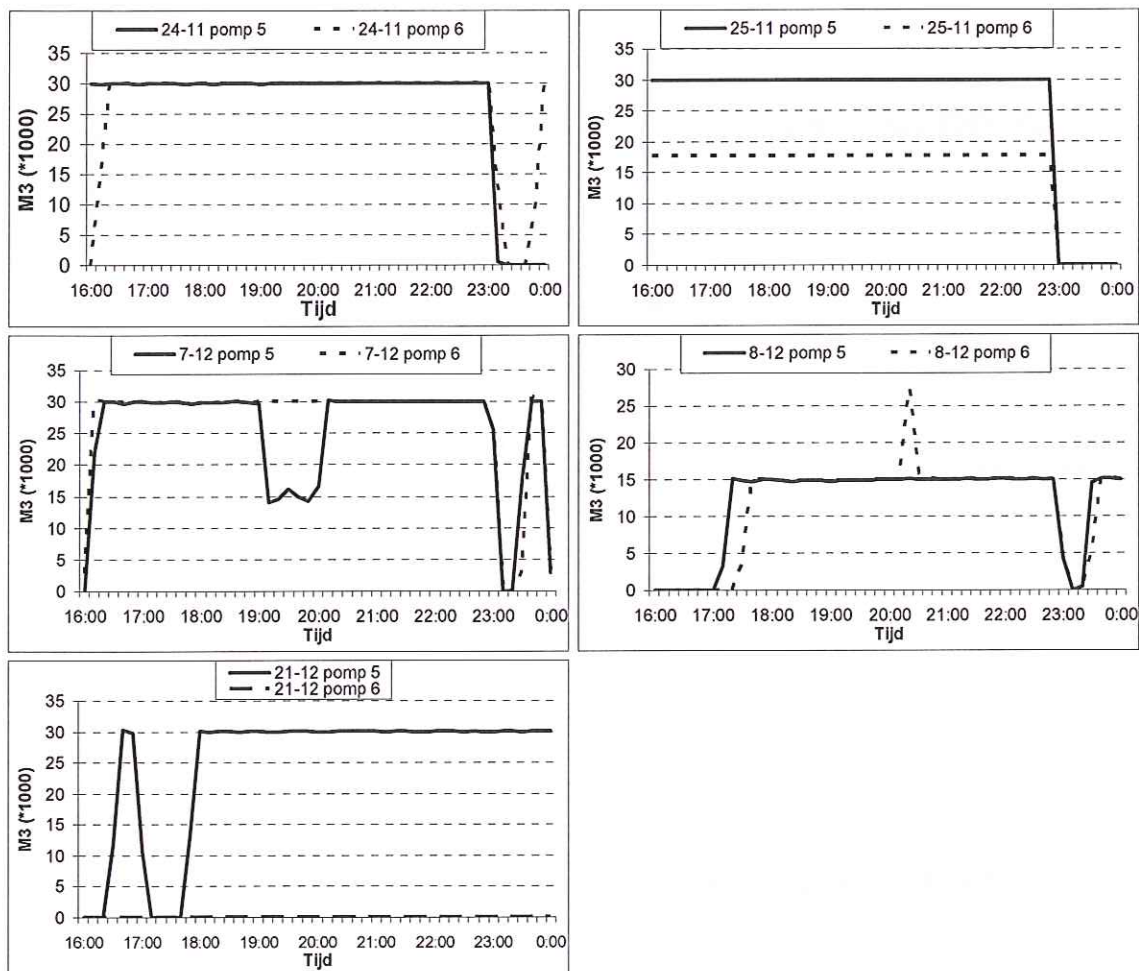
Voor de verschillende meetdagen is het debiet van het water bij pompen 5 en 6 bijgehouden door Rijkswaterstaat (Tabel 3.1, Figuur 3.4). Door IMARES zijn met uitzondering van 24 november bij pomp 5 stroomsnelheidsmetingen (Figuur 3.5 links) en metingen van temperatuur, zuurstofpercentage, conductiviteit (geleidbaarheid) en saliniteit (zoutgehalte) (Figuur 3.5 rechts) gedaan. Gedurende de meetdagen was de stroomsnelheid redelijk constant, met uitzondering van 7 december toen de stroomsnelheid tussen 19.00-20.00 uur van pomp 5 maar op halve kracht stond. Op 25 november werd pomp 5 om 23.00 uur uitgezet voor langere tijd, op 7 en 8 december werd de pomp uitgezet tussen 23.00-23.15 uur, terwijl de pomp op 21 december niet uitgezet werd na 23.00 uur (Figuur 3.4 & 3.5).

Aanvullende informatie: in de periode van 22-29 november is niet gespuid, op 30 november een beetje en vanaf 1 december tot aan 24 december is regelmatig gespuid. Op 24 november stonden ook de pompen 1 en 2 aan tot 23:00 uur met een debiet van elk 40 m³/s, op 21 december stond pomp 2 aan vanaf 22:00 uur, terwijl de overige meetdagen geen andere pompen aanstonden.

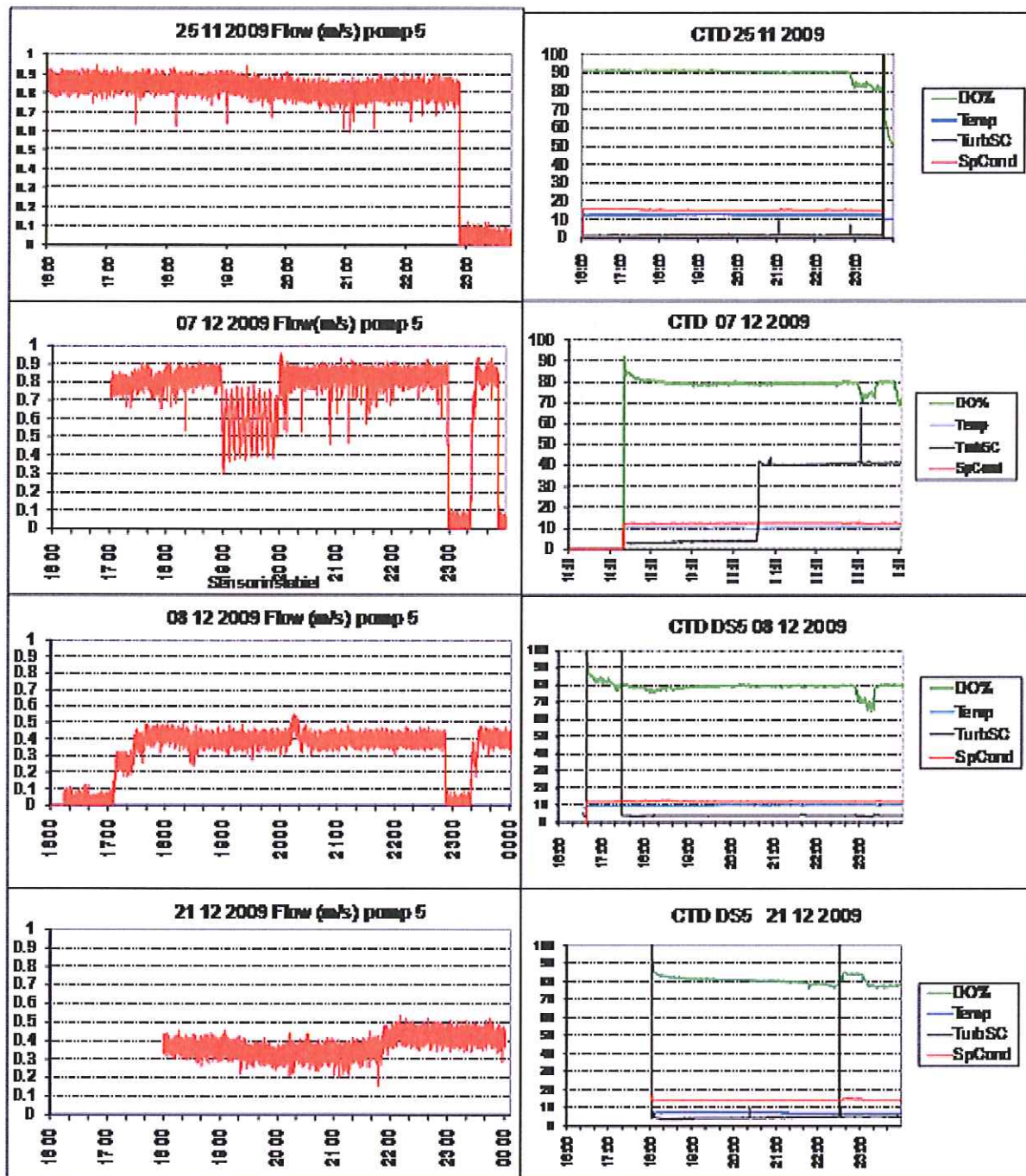
Tabel 3.1. Meetdagen en pompscenario's, uitgedrukt in gemiddeld volume per gemaal in m³/s. Gegevens RWS.

Meetdagen 2009	Meettijden	Scenario gemaalpompen 5 en 6 in m ³ /s	
		Pomp 5	Pomp 6
24 november	15.15-23.50	50	50
25 november	15.25-23.40	50	30
7 december	17.15-24.00	50	50
8 december	17.00-23.55	25	25
21 december	19.00-24.00	50	0

* gemiddeld volume niet gemeten



Figuur 3.4. Verloop van het volume in m³ per 10 minuten voor gemaal pomp 5 en 6 voor de vijf monsteravonden, gemeten door RWS.



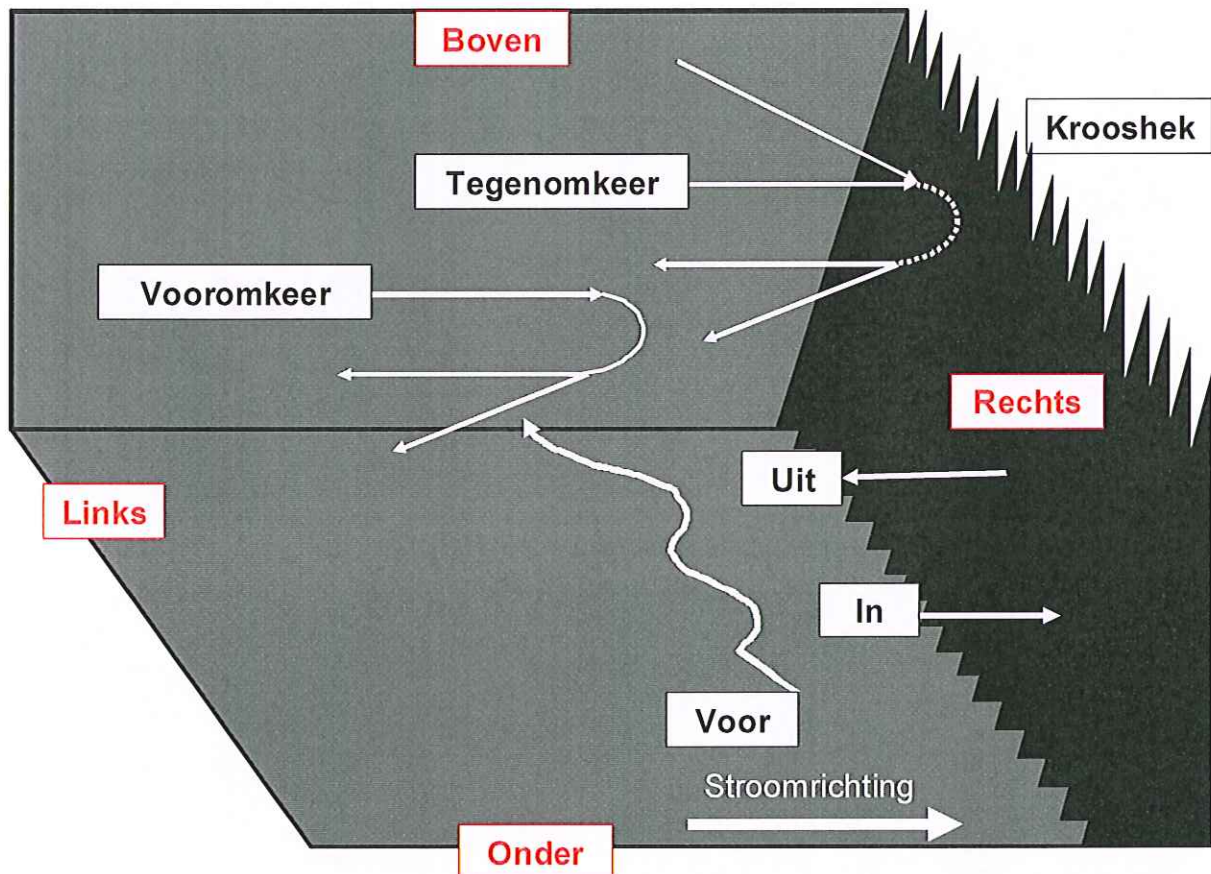
Figuur 3.5. Stroomsnelheid bij het krooshek van pomp 5 in m/s (links) en zuurstofpercentage, temperatuur, turbiditeit (uS/cm) en conductiviteit (mS/cm) (rechts), gemeten door IMARES.

4. Resultaten

4.1 Gedragbeschrijving alen

Het gedrag van de uittrekkende schieraal is aan de hand van de beelden verkregen gedurende de vijf meetdagen ingedeeld naar vijf type gedragingen (Figuur 4.1):

- IN: Het krooshek inzwemmen en vervolgens niet meer uit het krooshek komen.
UIT: Het krooshek uitzwemmen zonder dat is vastgesteld dat de aal kort daarvoor het krooshek is ingezwommen (waarschijnlijk buiten het zicht van de DIDSON-bundel gebeurd).
VOOR: Voor het krooshek langs zwemmen zonder zichtbare verandering in beweging als reactie op aanwezigheid van het krooshek (Figuur 4.2).
TEGONOMKEER: Richting het krooshek zwemmen of drijven, in aanraking komen met het krooshek en wegzwemmen van het krooshek (Figuur 4.3).
VOOROMKEER: Richting het krooshek zwemmen of drijven, voor het krooshek een zichtbare respons op het krooshek en wegzwemmen van het krooshek (Figuur 4.4).



Figuur 4.1. Overzicht van de mogelijke bewegingen van de uittrekkende schieralen op het krooshek.

De diepte waar de alen zwommen in de waterkolom is gemeten per 10 cm en wordt aangegeven met vier richtingen:

M: Continu in de waterkolom (≥ 1 meter tot de bodem)

M_B: Van de waterkolom naar de bodem

B: Continu op of nabij (< 1 meter) de bodem

B_M: Van de bodem naar de waterkolom

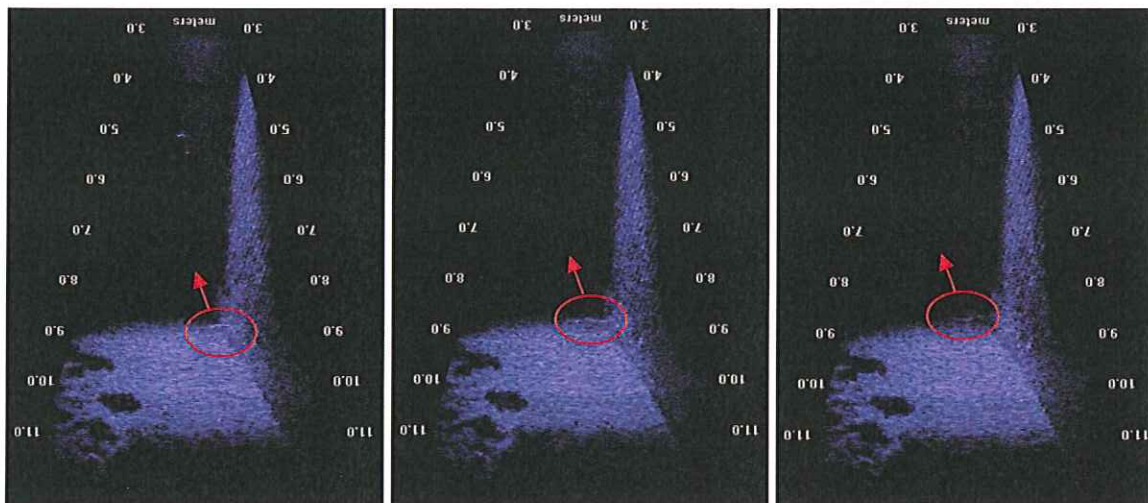
De plaats waar de alen in of uit het beeld van de DIDSON zwommen is verdeeld in:

Links: Noordzeekanaal

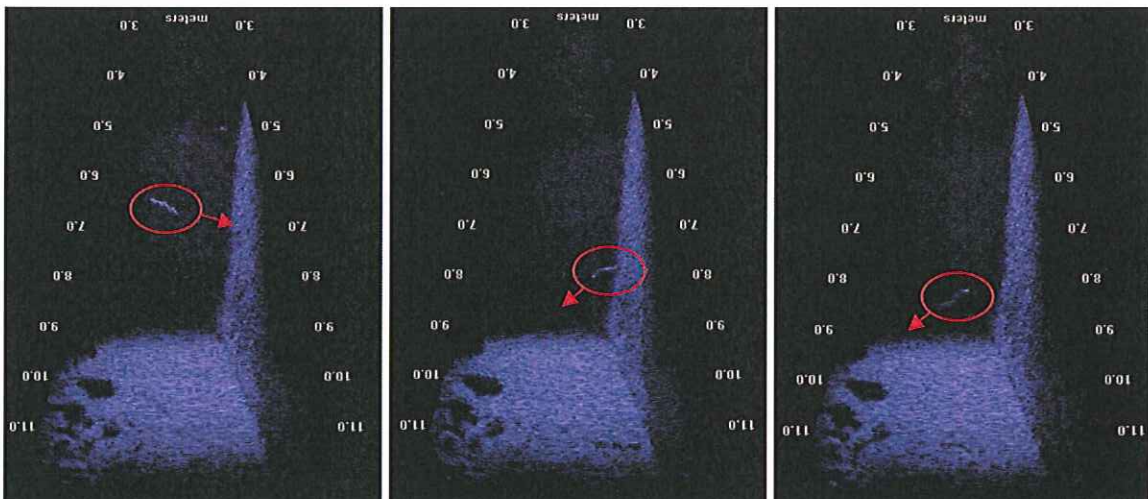
Boven: richting scheidingmuur tussen pomp 4 en 5

Rechts: Krooshek

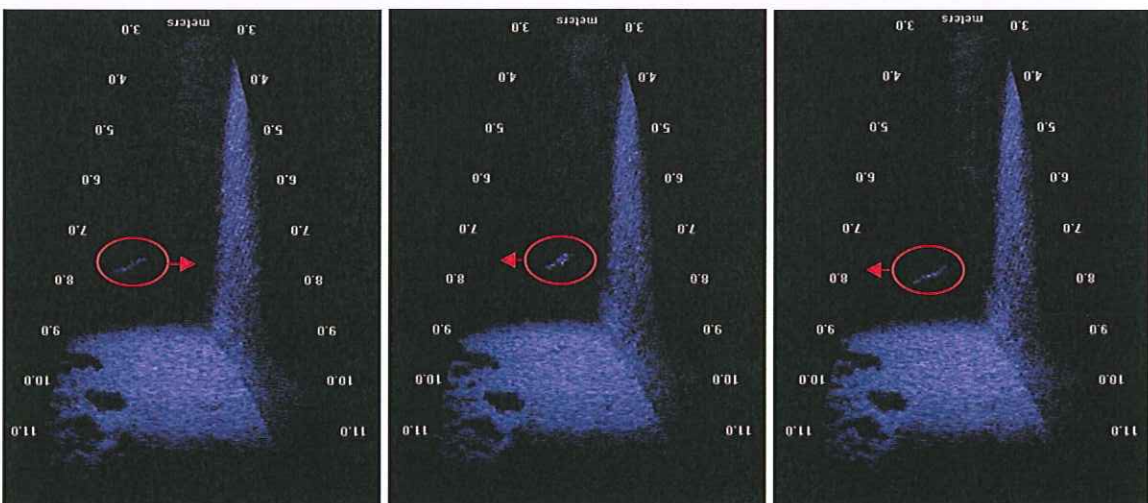
Onder: richting pomp 6



Figuur 4.2. Gedrag "Voor": schieraal zwemt voor het krooshek langs. Diepte in waterkolom: "B".



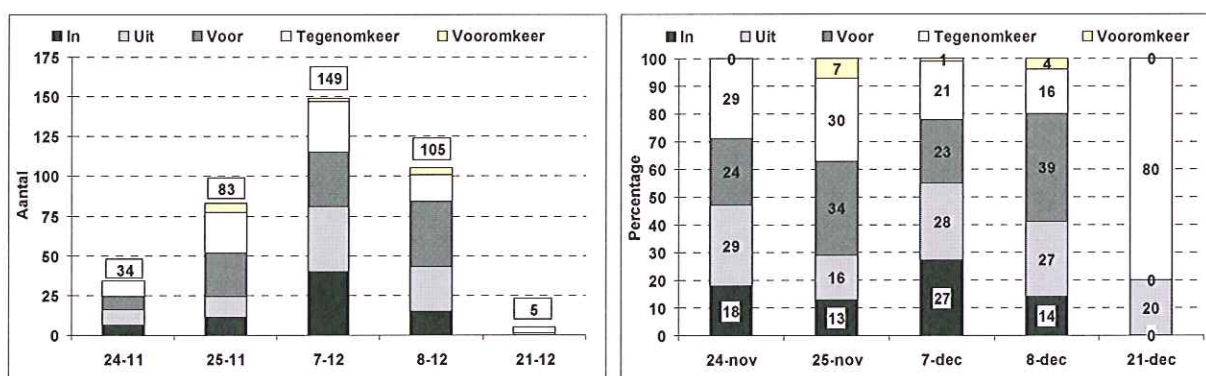
Figuur 4.3. Gedrag "Tegenomkeer": schieraal zwemt met de stroming mee (links), komt tegen het krooshek aan (midden) en zwemt vervolgens weg van het krooshek (rechts). Diepte in waterkolom: "M_B".



Figuur 4.4. Gedrag "Vooromkeer": schieraal zwemt richting krooshek (links), draait voor het krooshek om (midden) en zwemt vervolgens weg van het krooshek (rechts). Diepte in waterkolom: "M".

4.2 Aantal alen in beeld van de DIDSON

In totaal zijn gedurende de vijf meetdagen 376 alen gezien voor het krooshek in het veld van de DIDSON, waarbij de meeste alen (149) gezien zijn op 7 december, terwijl twee weken later op 21 december maar vijf alen gezien werden (Figuur 4.5). Van de gedragingen komt alleen het gedrag "Vooromkeer" beperkt voor, de andere vier gedragingen komen veelvuldig voor (Tabel 4.1). Daarbij is het opvallend dat het gedrag "Uit" vaker voorkomt dan het gedrag "In" (Tabel 4.1, 4.2). Op de dag met pomp 5 op halve kracht werden procentueel wel meer voorlangs zwemmende alen gezien (Tabel 4.1) in vergelijking met de dagen waarop pomp 5 op volle kracht werkte. Er werd echter geen significant verschil waargenomen tussen beide gemaal regimes voor alen die direct het krooshek inzwommen ten opzichte van alen die voor of na aanraking van het krooshek omkeerden en wegzwommen van het krooshek (Tabel 4.3, Tabel 4.5: G-test of Independence, Sokal & Rohlf, 1995). Bij vol vermogen van de gemaalpompen kunnen alen dus net zo goed ontsnappen bij of voor het krooshek als bij half vermogen. Bij malen op halve kracht werden echter wel 1,6 maal zoveel alen uitzwemmend waargenomen in vergelijking met malen op volle kracht (Tabel 4.4).



Figuur 4.5. Aantal alen per meetdag (links) en percentage alen per meetdag (rechts) ingedeeld naar type gedrag (In, Uit, Voor, Tegenomkeer, Vooromkeer). Gemaalregimes: 24 november & 7 december pomp 5 en 6 op volle kracht; 25 november pomp 5 op volle kracht, pomp 6 op halve kracht; 8 december pomp 5 en 6 halve kracht; 21 december pomp 5 volle kracht, pomp 6 uit.

Tabel 4.1. Percentage van het aantal waargenomen alen per type gedrag voor pomp 5 op volle kracht en pomp 5 op halve kracht.

Pomp 5	In	Uit	Voor	Tegenomkeer	Vooromkeer
Vol	21	24	26	25	3
Half	14	27	39	16	4
Totaal	19	25	30	23	3

Tabel 4.2. Percentage van het aantal waargenomen alen voor inzwemmende alen (type gedrag "In", "Uit", "Tegenomkeer", "Vooromkeer") voor pomp 5 op volle kracht en pomp 5 op halve kracht.

Pomp 5	In	Uit	Tegenomkeer	Vooromkeer
Vol	29	33	34	4
Half	23	44	27	6

Tabel 4.3. Percentage van het aantal waargenomen alen voor inzwemmende alen (type gedrag "In", "Tegenomkeer", "Vooromkeer") voor pomp 5 op volle kracht en pomp 5 op halve kracht.

Pomp 5	In	Tegenomkeer	Vooromkeer
Vol	43	51	6
Half	42	47	11

Tabel 4.4. Percentage van het aantal waargenomen alen voor inzwemmende alen (type gedrag "In", "Tegenomkeer", "Vooromkeer") ten opzichte van uitzwemmende alen ("Uit"), en relatief aantal alen in- en uitzwemmend, waarbij inzwemmend gelijk gesteld is op 100; voor pomp 5 op volle kracht en pomp 5 op halve kracht.

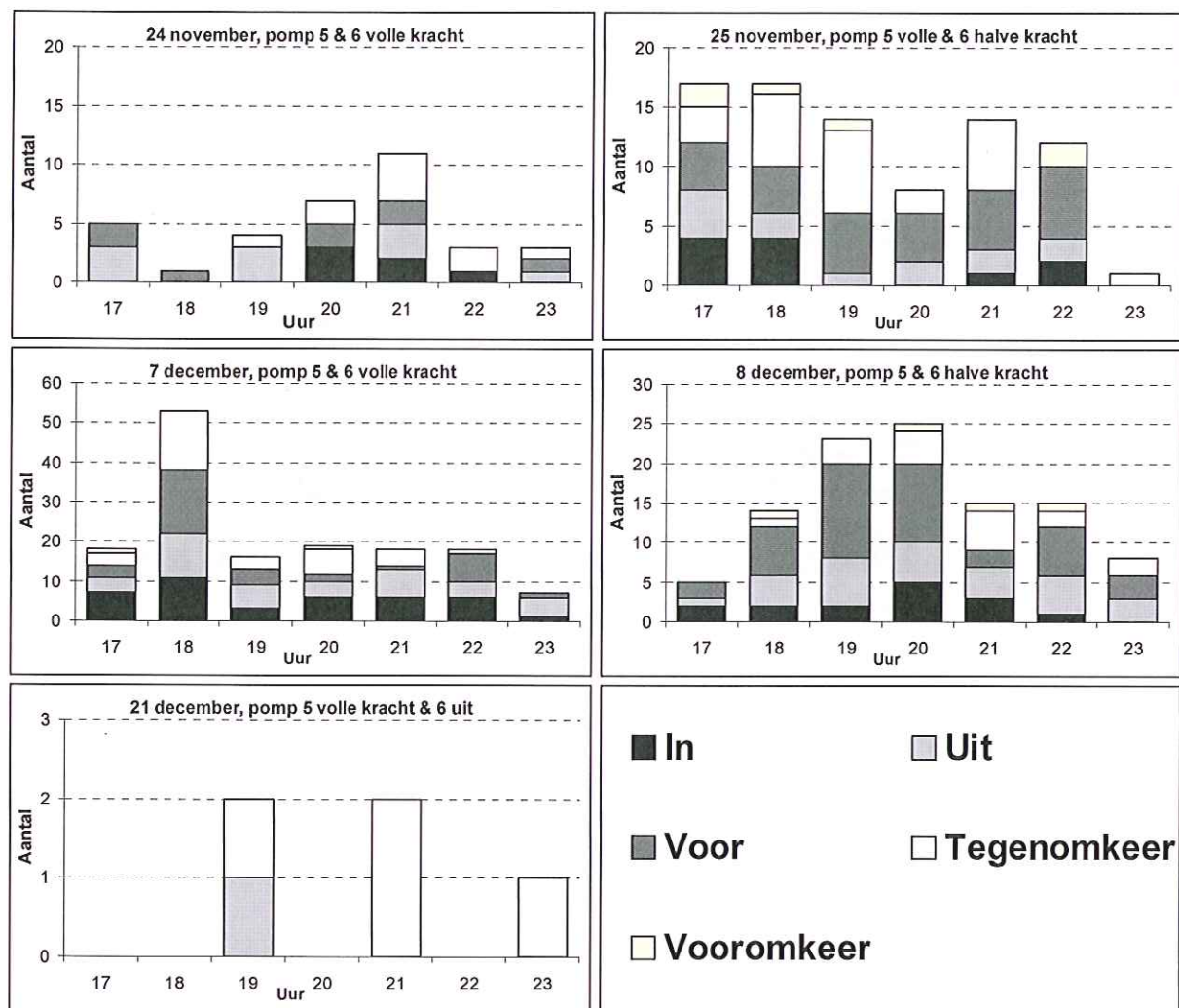
Pomp 5	Percentage		In + omkeer gezet op 100%	
	In+omkeer	Uit	In+omkeer	Uit
Vol	67	33	100	49
Half	56	44	100	79

Tabel 4.5. Test of de frequentie van terugkeergedrag afhankelijk is van het malen op volle of halve kracht (2x2 G-test of independence). 'Geen terugkeergedrag' omvat type gedraging "In", 'wel terugkeergedrag' omvat de type gedragingen "Tegenomkeer" en "Vooromkeer".

Terugkeergedrag	Vol	Half	totaal	2x2 G-test of independence
wel terugkeergedrag	75	21	96	Observed G= 0.03
geen terugkeergedrag	57	15	72	William's correction= 1.02
totaal	132	36	168	p-value= 0.87

4.3 Tijdstip van waarnemingen

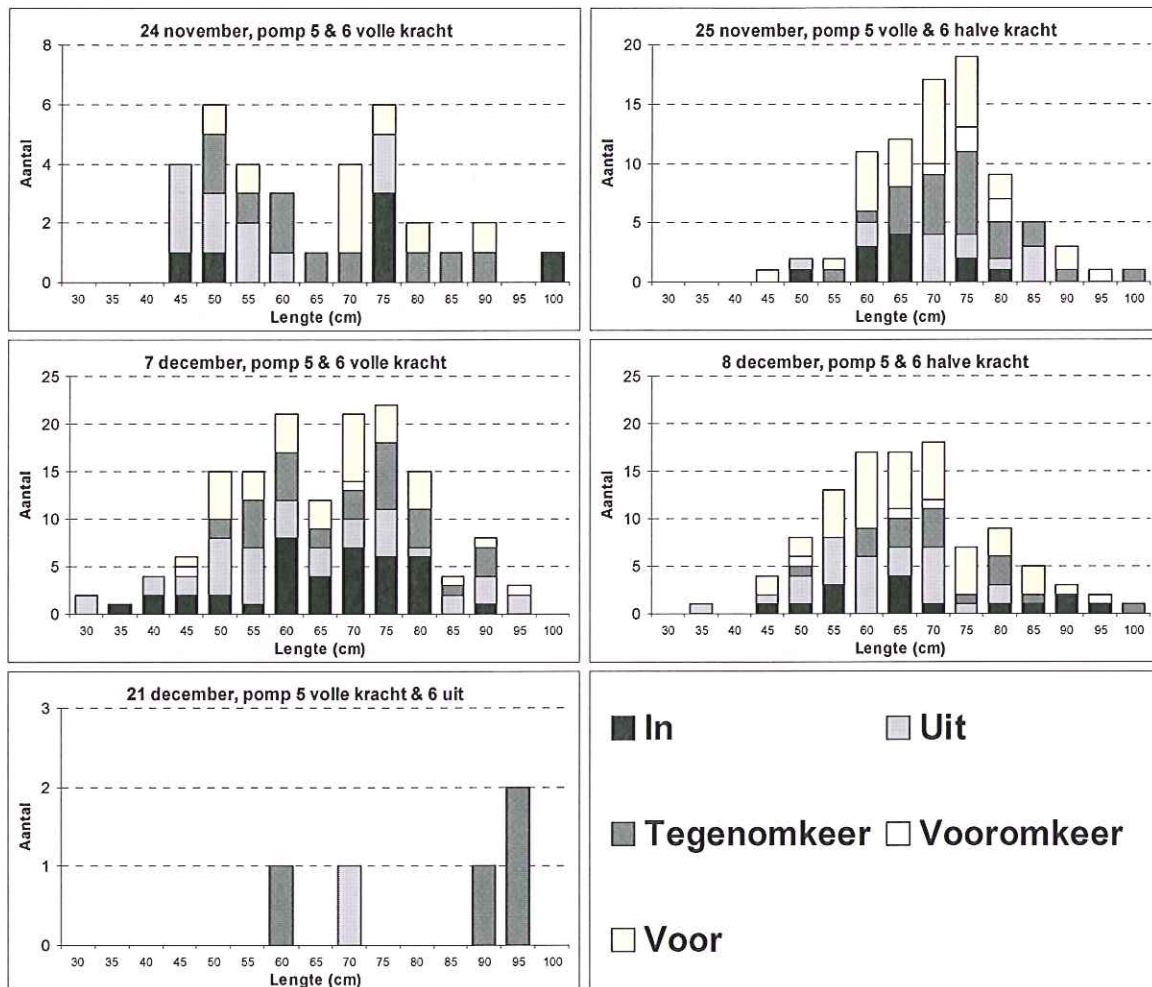
In de aantallen alen die gezien werden per uur was geen duidelijke piek op een bepaald uur voor alle meetdagen samen waarneembaar (Figuur 4.6). Alleen op 7 december was een duidelijk piek zichtbaar tussen 18.00 en 19.00 uur. Echter de dag erna op 8 december werden de meeste alen gezien tussen 19.00-21.00 uur. Om 23.00 uur werden de pompen voor ongeveer 40 minuten uitgezet en nam de activiteit van aal af. De meeste alen die na 23.00 uur gezien zijn terwijl de pompen uit stonden, lieten het gedrag "Uit", "Voor" en "Tegenomkeer" zien.



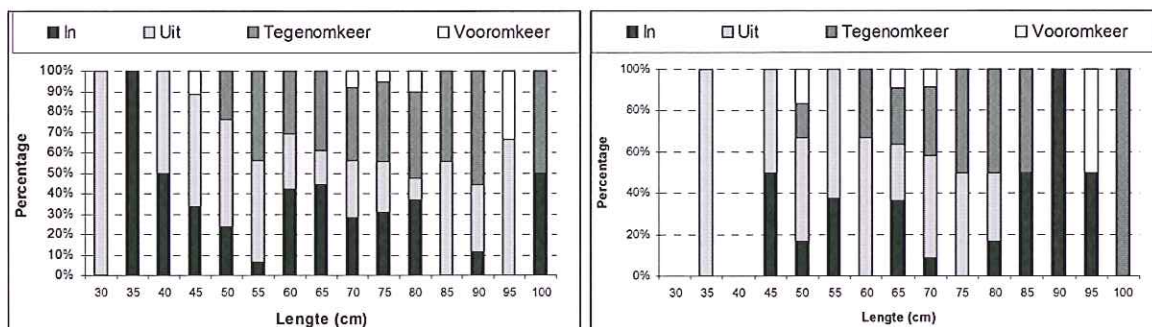
Figuur 4.6. Aantal alen per uur gezien in het beeld van de DIDSON gedurende de meetdagen.
NB. Op 7 december is met meten begonnen om 17.15 i.p.v. 17.00 uur, op 21 december om 19.00 uur.

4.4 Lengte van de alen

De lengtes van de alen varieerden van 30 cm tot 105 cm, met de meeste alen tussen de 45 cm en 85 cm lengte (Figuur 4.7a). Vergelijking tussen gemaalpomp 5 op volle kracht en op halve kracht (Figuur 4.7b) laat alleen voor alen tussen 85-95 cm verschil zien, waarbij bij halve kracht verhoudingsgewijs meer alen het krooshek inzwemmen dan bij volle kracht. Dit betreft echter slechts enkele alen. Voor kleinere alen is geen duidelijk patroon in type gedrag afhankelijk van de lengtes van de alen waarneembaar.



Figuur 4.7a. Lengte van de alen gezien in het beeld van de DIDSON gedurende de meetdagen per type gedraging.

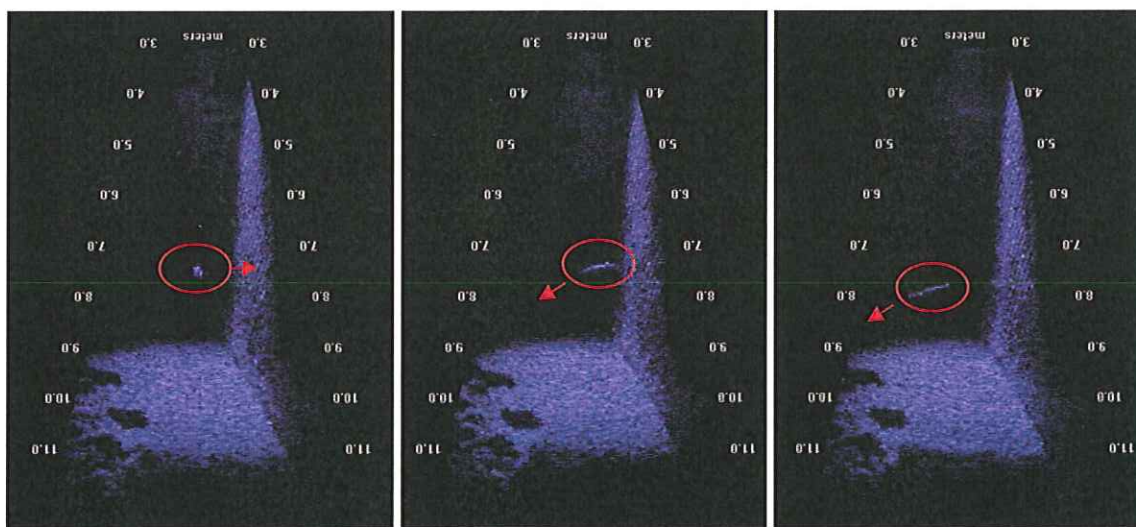


Figuur 4.7b. Percentage per type gedraging (zonder type gedrag "Voor") per lengte van de alen gezien in het beeld van de DIDSON, voor pomp 5 op volle kracht (Figuur links) en op halve kracht (Figuur rechts).

4.5 Richting lichaam aal bij benadering krooshek

Alen benaderden het krooshek op verschillende manieren (Figuur 4.9).

1. Alen benaderden het krooshek stroomafwaarts zwemmend, waarbij de alen met kop richting het krooshek zwommen.
2. Alen benaderden het krooshek met de kop tegen de stroming in.
3. Alen waren opgerold (Figuur 4.8) en drafen met de stroming mee. Bij aanraking van het krooshek strekten de alen zich snel en zwommen vervolgens weg via het midden van het water of via de bodem.
4. Alen benaderden het krooshek zijwaarts zwemmend.

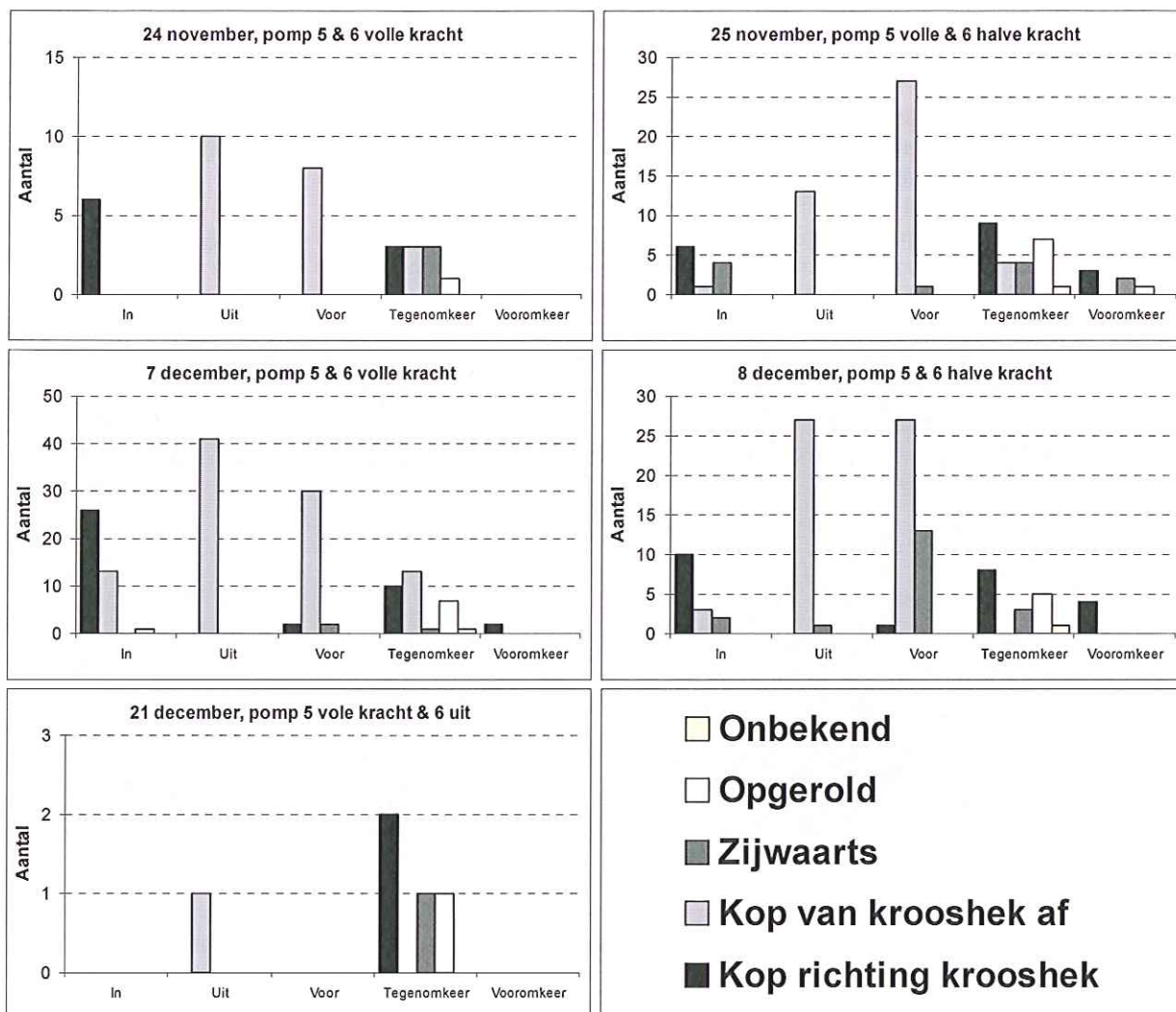


Figuur 4.8. Gedrag "Tegenomkeer", waarbij de aal opgerold tegen het krooshek komt en vervolgens wegzwermt.

Alen die het krooshek inzwommen deden dit met name met de kop richting het krooshek. Slechts één maal is een aal met type gedrag "In" opgerold het krooshek ingegaan. Alen met type gedrag "Tegenomkeer" lieten gedurende de meetdagen alle vier de aanzwemposities zien, zonder dat één van deze posities domineerde. Daarentegen zwommen alen met gedrag "Vooromkeer" met name met de kop naar het krooshek gericht en draaiden zich voor het krooshek om. Alleen op 25 november werden ook exemplaren aangetroffen met andere aanzwemposities. Alen die langs het krooshek zwommen, deden dit met name met de kop tegen de stroming in of zijwaarts zwemmend (Figuur 4.9). Tussen de verhouding in verschillende gedragingen zit geen verschil tussen het gemaal op volle kracht en op halve kracht (Tabel 4.6).

Alen die het beeld van de DIDSON inzwommen (Figuur 4.10), deden dit voor type gedrag "In", "Tegenomkeer", en "Vooromkeer" met name vanaf het Noordzeekanaal (richting Links). Alleen de eerste meetdag op 24 november werden meer alen met type gedrag "Tegenomkeer" gezien komend vanaf het krooshek gedeelte richting pomp 6 (Richting Onder) dan vanaf het Noordzeekanaal. Alen met gedrag "Voor" kwamen met name het beeld van de DIDSON inzwommen vanaf het krooshek gedeelte richting pomp 6. Alleen op 7 december kwamen meer exemplaren vanaf het Noordzeekanaal.

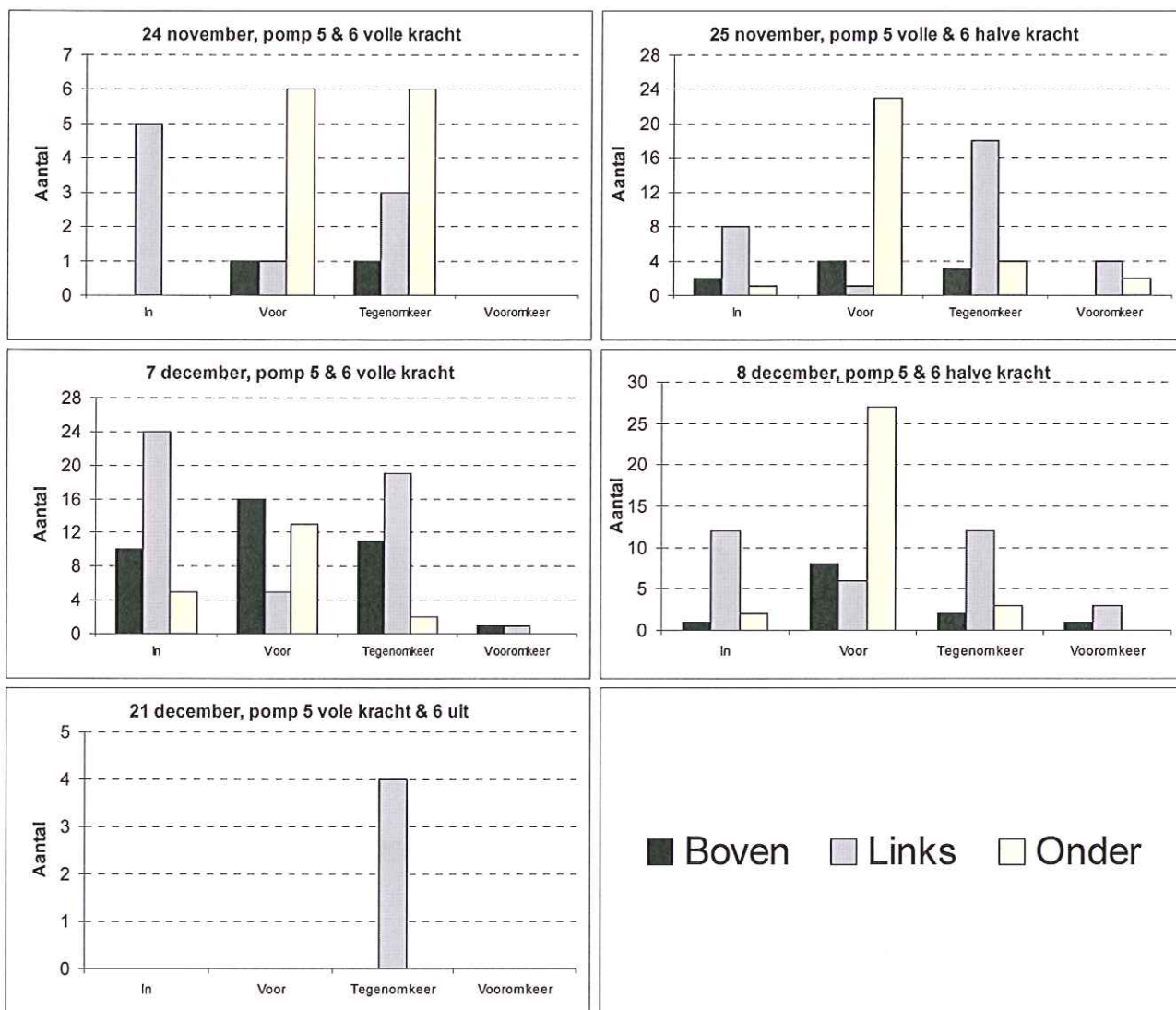
Alen die het beeld van de DIDSON uitzwommen (Figuur 4.11), hadden een voorkeur om dit te doen richting het gedeelte van het krooshek bij de scheidingsmuur tussen pomp 4 en 5 (Richting Boven). Alleen voor type gedrag "Vooromkeer" was dit niet het geval en begaven alen zich nadat ze zich omgedraaid hadden weer richting Noordzeekanaal (Links).



Figuur 4.9. Zwemgedrag van alen bij benadering van het krooshek voor type gedrag "In", "Tegenomkeer" en "Vooromkeer", zwemgedrag voor alen langs het krooshek (type gedrag "Voor") en zwemgedrag voor alen komend uit het krooshek (type gedrag "Uit").

Tabel 4.6. Zwemgedrag van alen bij benadering van het krooshek voor type gedrag "In", "Uit", "Tegenomkeer" en "Vooromkeer" samen voor vol vermogen en half vermogen.

	Vol vermogen						Half vermogen	
	24-11	25-11	7-12	21-12	Totaal	%	8-12	%
Onbekend	0	1	1	0	2	1%	1	2%
Opgerold	1	8	8	1	18	9%	5	8%
Zijwaarts	3	10	1	1	15	7%	6	9%
Kop richting krooshek	9	18	38	2	67	33%	22	32%
Kop van krooshek af	13	18	67	1	99	49%	30	47%
Totaal					201		64	

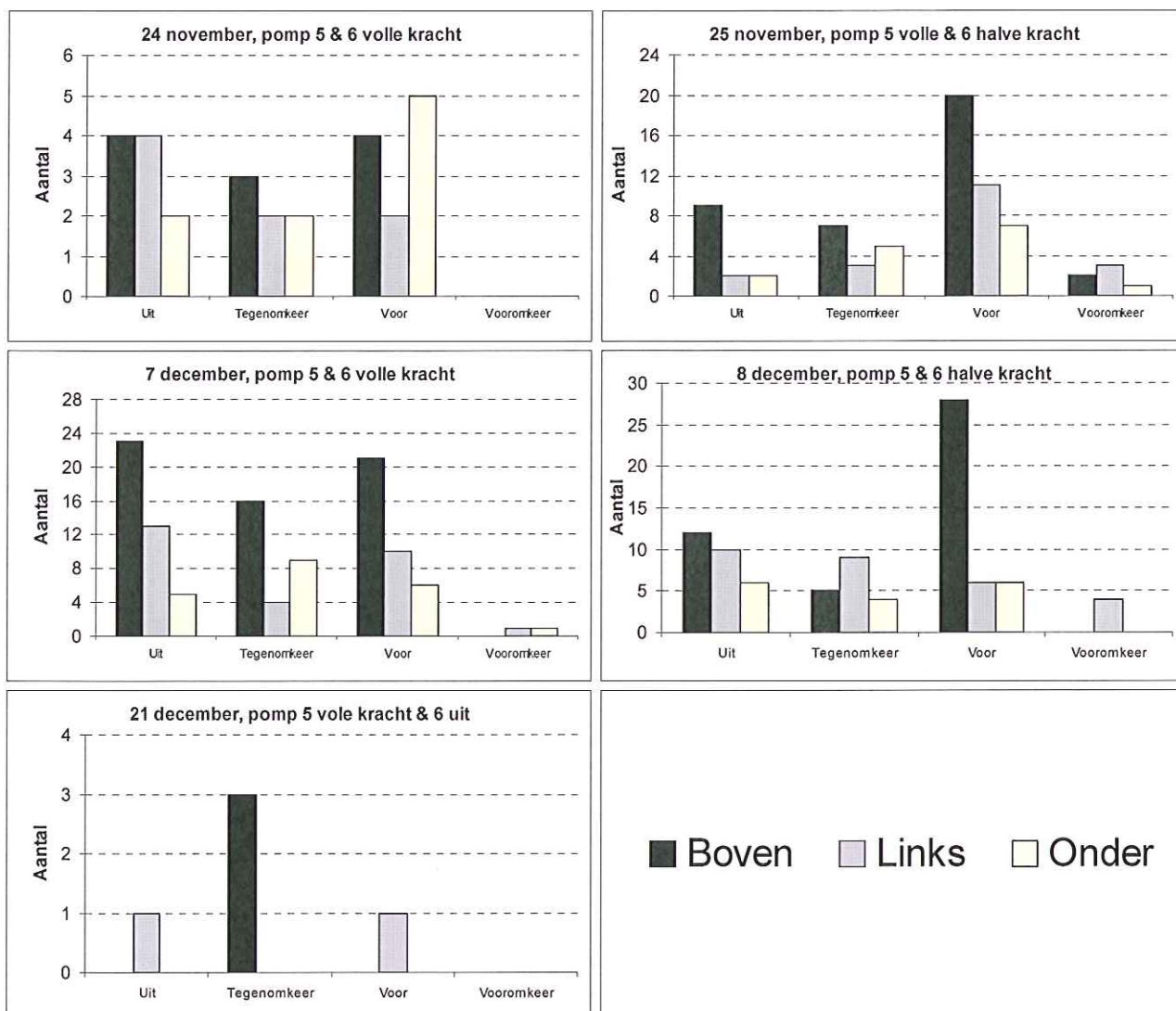


Figuur 4.10. Inzwemrichting in het beeld van de DIDSON (zie Figuur 4.1) per gedraging. Alle alen met type gedrag "Uit" kwamen uit het kroosrek zetten (rechts) en zijn daarom niet opgenomen in deze figuur.

Links: Noordzeekanaal

Boven: scheidingsmuur tussen pomp 4 en 5

Onder: krooshek gedeelte van pomp 5 en 6



Figuur 4.11. Uitzwemrichting uit het beeld van de DIDSON (zie Figuur 4.1) per gedraging. Alle alen met type gedrag "In" zijn het krooshek ingezwommen (rechts) en zijn daarom niet opgenomen in deze figuur.

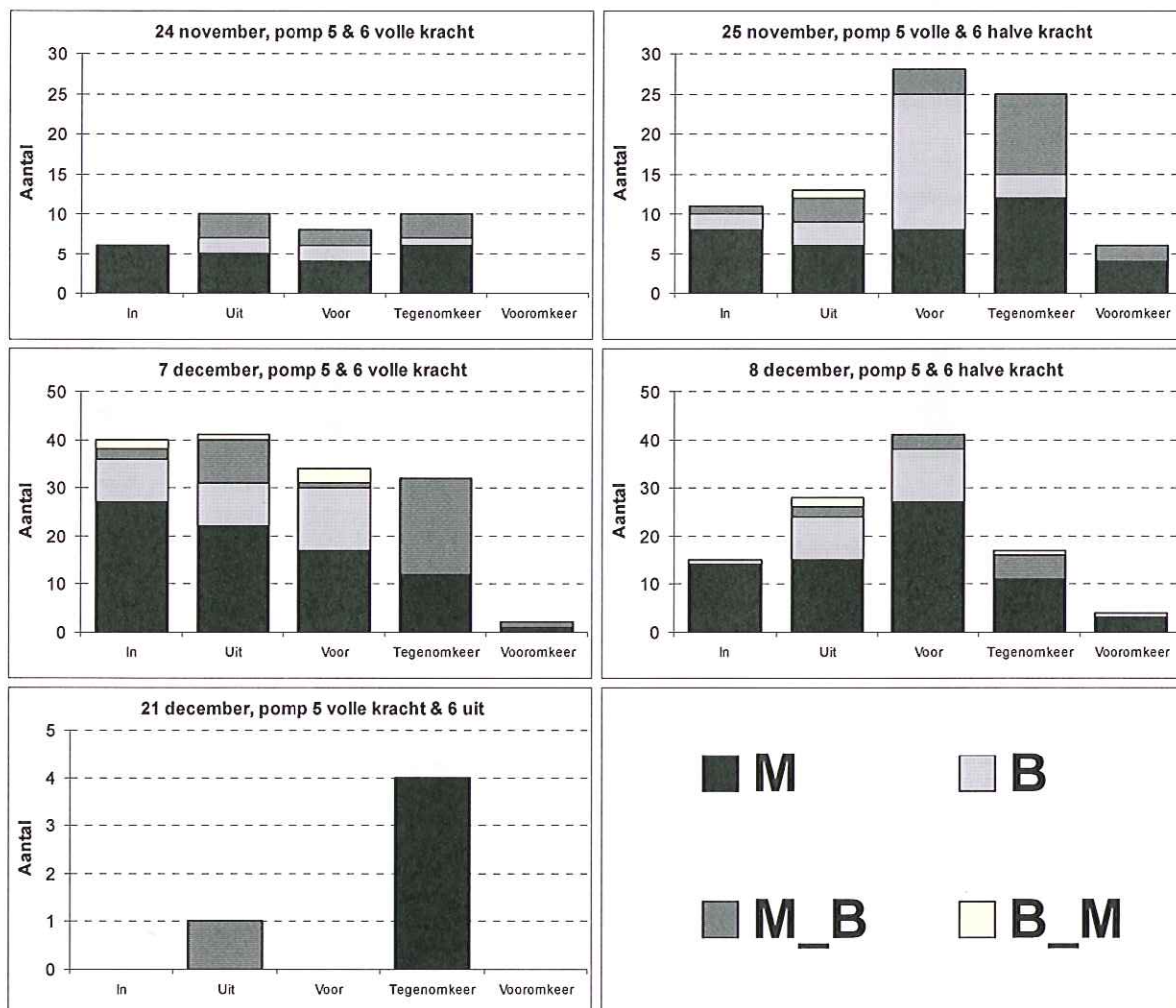
Links: Noordzeekanaal

Boven: scheidingsmuur tussen pomp 4 en 5

Onder: krooshek gedeelte van pomp 5 en 6

4.6 Zwemdiepte alen

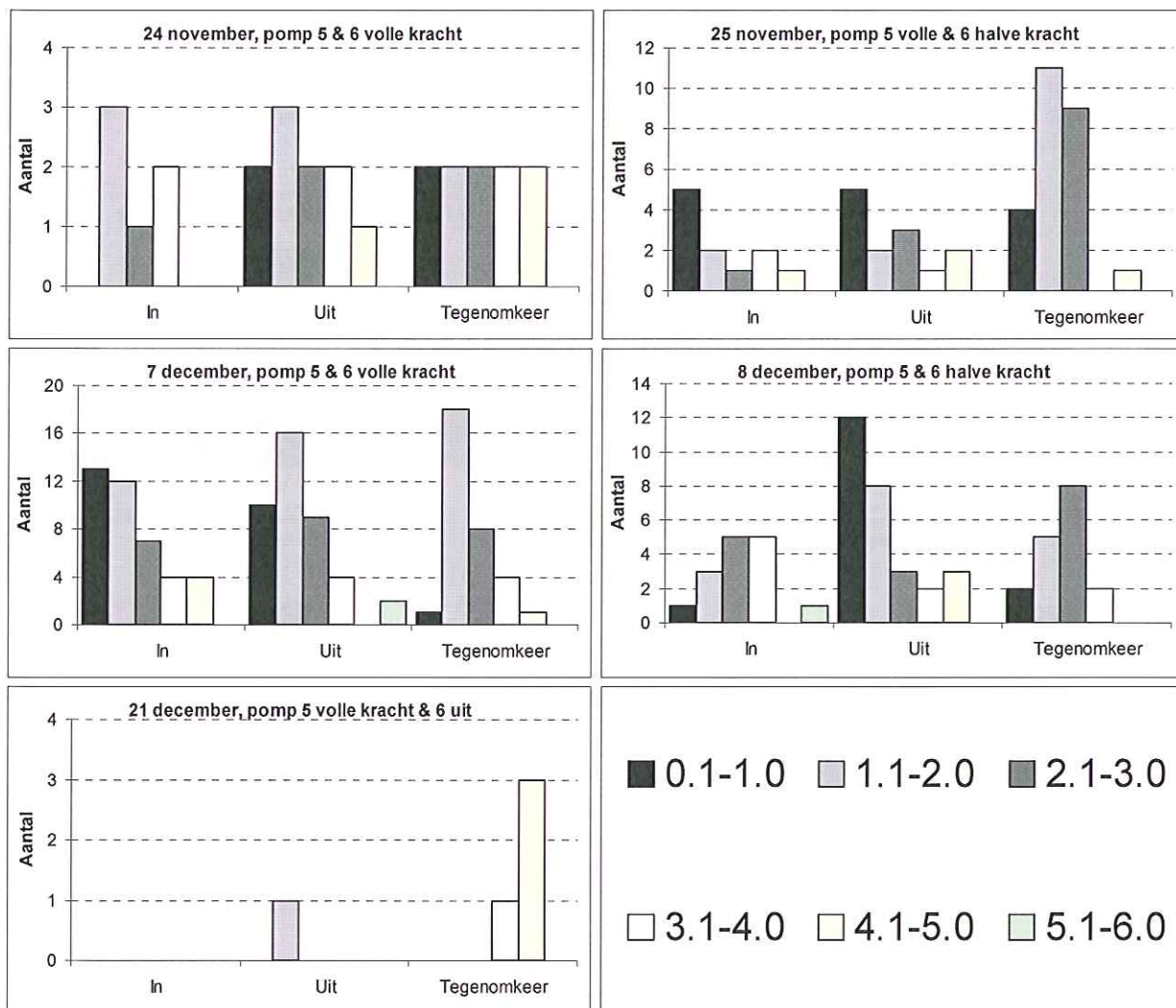
Alen die het krooshek direct inzwommen ("In") zwommen verhoudingsgewijs meer richting krooshek in het midden van de waterkolom, terwijl uitzwemmende alen ("Uit") meer over de bodem of vanuit het krooshek van het midden van het water naar de bodem zwommen (Figuur 4.12). Bij het gedrag "Voor" zwommen de alen met name in het midden van het water of over de bodem langs het krooshek, zonder dat veel verandering van bodem naar het midden van het water ("M_B" en "B_M") plaatsvond. Bij het gedrag "Tegenomkeer" en "Vooromkeer" werd bijna uitsluitend in het midden van het water het beeld van de DIDSON ingezwommen.



Figuur 4.12. Aantal alen per meetdag ingedeeld naar type gedrag (In, Uit, Voor, Tegenomkeer, Vooromkeer) en hoogte in de waterkolom:

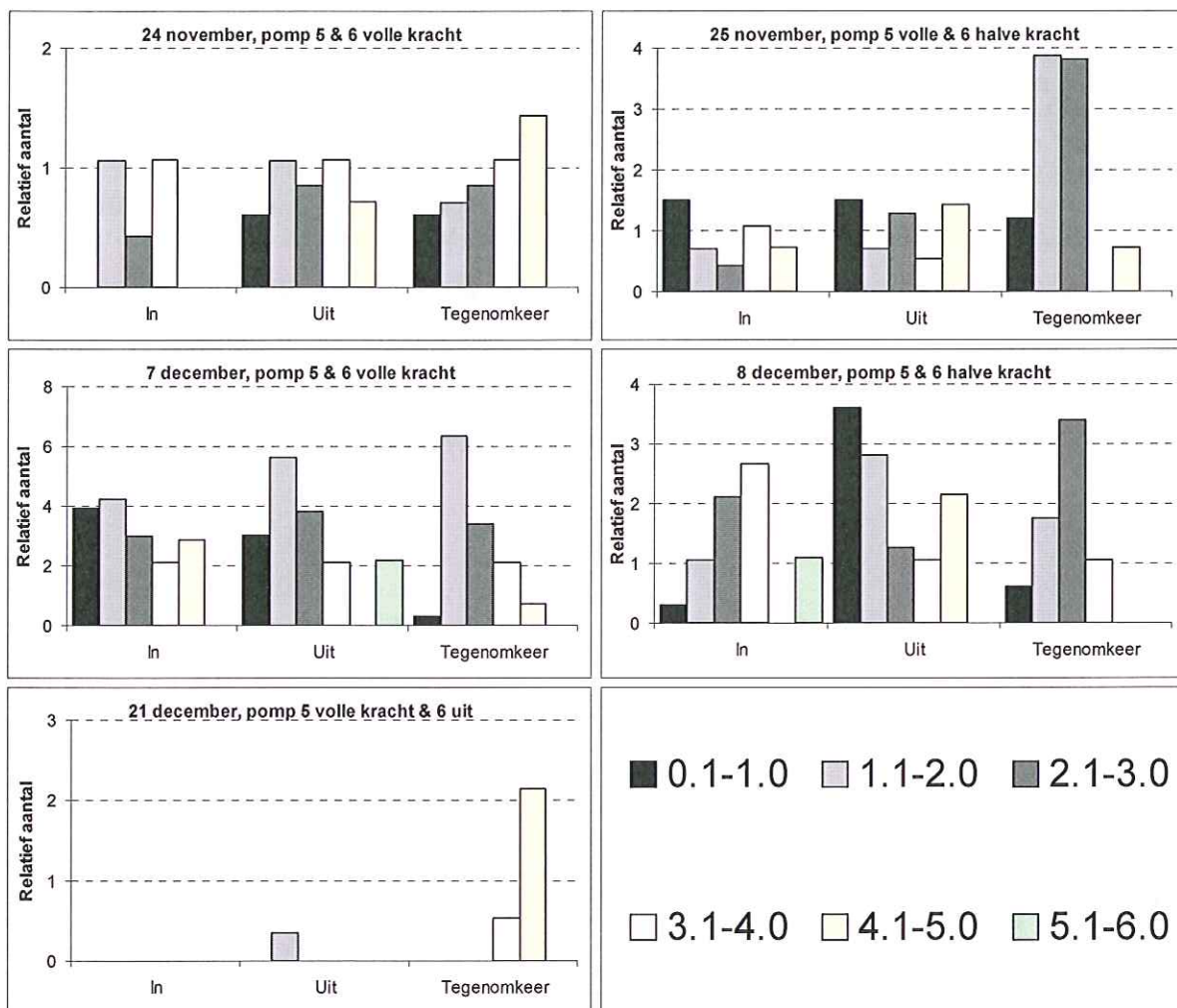
- M: Continu in de waterkolom,
- M_B: Van de waterkolom naar de bodem
- B: Continu op of nabij (+/- 1 meter) de bodem
- B_M: Van de bodem naar de waterkolom

De diepte waarop de alen het krooshek raakten, is gemeten als afstand van de bodem (Figuur 4.13). Hierbij is echter geen rekening gehouden met het verschil in oppervlakte van het krooshek dat in het beeld van de DIDSON te zien is.



Figuur 4.13. Afstand vanaf de bodem waarop de alen in contact kwamen met het krooshek voor gedragingen "In", "Uit" en "Tegenomkeer". 0.1-1.0 staat voor 10 cm tot 100 cm afstand vanaf de bodem.

Met de opname van een correctiefactor voor per diepteclassering (correctiefactor: 1/oppervlakte van het krooshek op de desbetreffende diepte), waarmee de absolute aantallen zijn vermenigvuldigd, is het relatieve aantal alen per diepte berekend (Figuur 4.14). Alen die het krooshek inzwommen ("In") op 24 november en 8 december deden dit met name 1-4 meter boven de bodem, terwijl 25 november en 7 december dit meer verspreid was tussen 0-5 meter. Alen die uit het krooshek kwamen zwemmen deden dit meer verspreid over de diepte. Op 8 december werden echter meer alen gezien die op de eerste twee meter vanaf de bodem kwamen uitzwemmen. Alen met type gedrag "Tegenomkeer" raakten het krooshek, met uitzondering van 24 december, het meeste op 1-3 meter. Van 5 meter en meer afstand vanaf de bodem werden alleen bij in en uitzwemmende alen een enkel exemplaar gezien. Alen die eventueel rond de oppervlakte zouden zwemmen zijn buiten het beeld van de DIDSON gebleven en daarmee niet in de figuur opgenomen.



Figuur 4.14. Afstand vanaf de bodem waarop de alen in contact kwamen met het krooshek voor gedragingen "In", "Uit" en "Tegenomkeer", waarbij de aantallen zijn gecorrigeerd voor de oppervlakte van het krooshek die door de bundel van de Didson wordt bestreken. 0.1-1.0 staat voor 10 cm tot 100 cm afstand vanaf de bodem.

Ook is de zwemrichting en de afstand tot de bodem bepaald vanaf het moment van inzwemmen van het beeld van de DIDSON tot aanraking van het krooshek (In, Tegenomkeer), of aanraking van het krooshek tot uitzwemmen beeld (Uit, Tegenomkeer).

Alen die het krooshek inzwommen, zwommen van het moment dat ze in het beeld van de DIDSON kwamen tot inzwemmen van het krooshek enkel de eerste dag in rechte of naar de bodem gerichte zwemlijn, de andere meetdagen werden ook alen gezien die na inzwemmen van het beeld omhoog zwommen.

Alen die uit het krooshek kwamen, zwommen met uitzondering van 8 december (pomp 5 halve kracht) met name richting de bodem. Op 8 december veranderde een groter gedeelte van de alen die uit het krooshek zwommen niet van diepte na uitzwemmen van het krooshek.

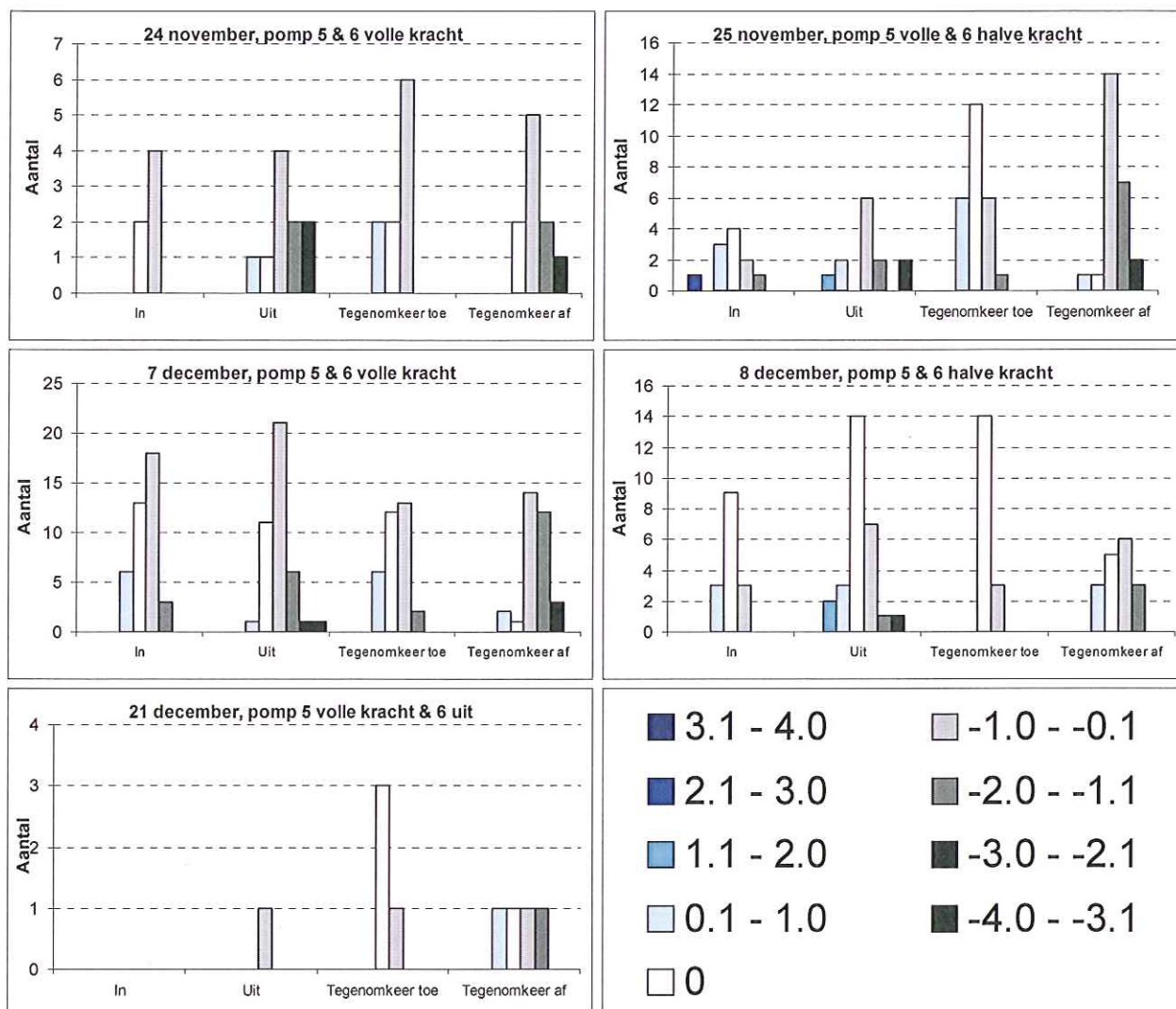
Alen die na aanraking met het krooshek omkeerden lieten in het aanzwemmen van het krooshek overeenkomstige diepterichtingen zien als alen die het krooshek inzwommen. Na aanraking van het krooshek zwommen de alen echter weg met een naar de bodem gerichte zwembeweging. Op 8 december zwommen meer van deze alen richting het krooshek met gelijkblijvende zwemdiepte en na aanraking van het krooshek zwommen meer alen ook omhoog of op gelijke hoogte weg van het krooshek (Tabel 4.7, Figuur 4.15).

Alen die omkeergedrag vertoonden bij aanraking van het krooshek of al voor aanraking van het krooshek ("Vooromkeer" en "Tegenomkeer"), hadden vanaf het moment van inzwemmen tot het moment van uitzwemmen van het beeld van de DIDSON met name een naar de bodem gerichte zwembeweging (Figuur 4.16).

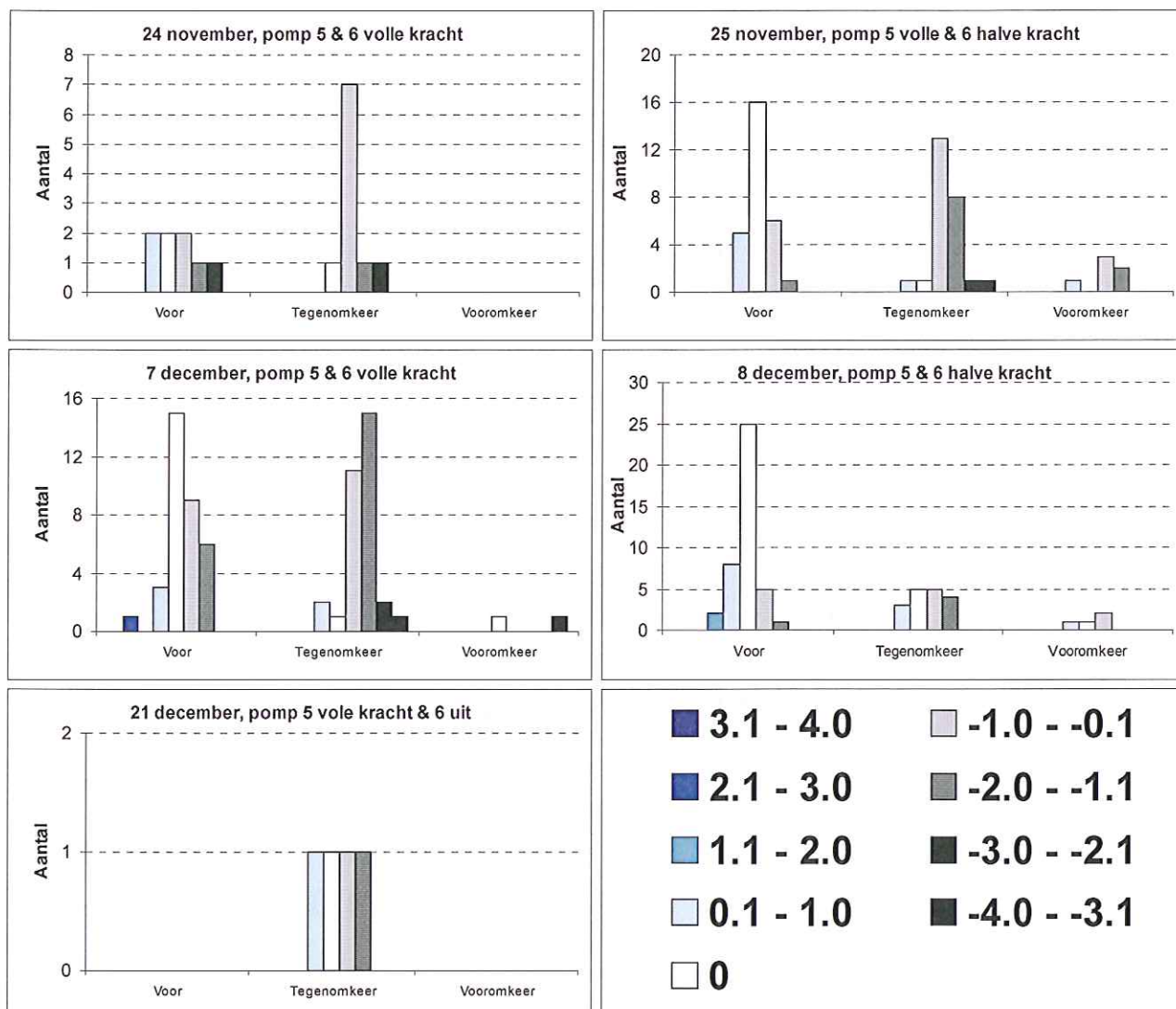
Alen die voor het krooshek langszwommen, deden dit voornamelijk op gelijk blijvende zwemdiepte, gemeten vanaf het moment dat de alen het beeld van de DIDSON inzwommen en uitzwommen (Figuur 4.16).

Tabel 4.7. Percentage per type gedrag voor zwemrichting in de waterkolom (omhoog, gelijkblijvend of naar beneden) van het moment dat een aal het beeld van de DIDSON in kwam en het krooshek raakte; voor type gedrag "In" en "Tegenomkeer" (toe), en van het moment dat een aal het krooshek raakte en het beeld van de DIDSON uitzwom; voor type gedrag "Uit" en "Tegenomkeer" (af).

<i>Datum</i>	<i>Zwemrichting</i>	<i>In</i>	<i>Uit</i>	<i>Tegenomkeer toe</i>	<i>Tegenomkeer af</i>
24-11	Omhoog	0	10	20	0
	Gelijk	33	10	20	20
	Beneden	67	80	60	80
25-11	Omhoog	36	23	24	4
	Gelijk	36	0	48	4
	Beneden	27	77	28	92
7-12	Omhoog	15	2	18	6
	Gelijk	33	27	36	3
	Beneden	53	71	45	91
8-12	Omhoog	20	18	0	18
	Gelijk	60	50	82	29
	Beneden	20	32	18	53
21-12	Omhoog	0	0	0	25
	Gelijk	0	0	75	25
	Beneden	0	100	25	50



Figuur 4.15. Verschil in afstand tot de bodem van het moment dat een aal het beeld van de DIDSON in kwam en het moment dat de aal het krooshek raakte; voor type gedrag "In" en "Tegenomkeer" (toe), en van het moment dat een aal het krooshek raakte en het moment dat deze het beeld van de DIDSON uitzwom; voor type gedrag "Uit" en "Tegenomkeer" (af). Een negatief getal geeft een neerwaartse zwembeweging weer, 0 gelijk blijvende diepte en een positief getal een opwaartse zwembeweging.



Figuur 4.16. Verschil in afstand tot de bodem van het moment dat een aal het beeld van de DIDSON in kwam en het beeld van de DIDSON uitzwom; voor type gedrag "Voor", "Tegenomkeer" en "Vooromkeer". Negatief getal geeft neerwaartse zwembeweging weer, 0 gelijk blijvende diepte en positief getal opwaartse zwembeweging.

5. Discussie

Voor deze studie is het gedrag van migrerende schieraal rond het krooshek van gemaalpomp 5 van het gemaal in het Noordzeekanaal bij IJmuiden onderzocht gedurende vijf meetavonden. De onderzoeksvraag was of via een aangepast gemaalregime de schade aan uittrekkende schieraal beperkt kan worden. Hierbij werden gemaalpompen 5 en 6 met verschillende gemaalregimes in bedrijf gezet om te onderzoeken of één van deze regimes een verminderde intrek van aal in het gemaal kon bewerkstelligen. In dit kader worden in dit rapport de volgende deelvragen gesteld;

- 1) wat is de gedrag van uittrekkende schieraal rond het krooshek?
- 2) welk deel van de trekkende schieraal vertoont terugkeergedrag?
- 3) is verschil in gedrag waar te nemen bij pompen op volle kracht versus pompen op halve kracht?

De gemaalregimes die onderzocht werden waren:

- 24 november: beide gemaalpompen op volle kracht
- 25 november: gemaalpomp 5 op volle kracht en 6 op halve kracht
- 7 december: beide gemaalpompen op volle kracht
- 8 december: beide gemaalpompen op halve kracht
- 21 december: alleen gemaalpomp 5 op volle kracht en gemaalpomp 6 uit

Migrerende aal die via het Noordzeekanaal richting het gemaal ging, zwom of door het krooshek heen (Type gedrag "In") of keerde voor ("Vooromkeer") of na aanraking met het krooshek ("Tegenomkeer") om, om vervolgens van het krooshek af te zwemmen. Naast deze drie gedragingen werden tevens alen gezien die langs ("Voor") of uit ("Uit") het krooshek zwommen. Van alle 376 alen gezien in het veld van de DIDSON zwom 19% het rek in, vertoonde 26% reactie op het krooshek, 25% kwam weer uit het krooshek zwemmen en 30% zwom voorlangs het krooshek. Van de alen die het krooshek in eerste instantie benaderden (Type gedrag "In", "Tegenomkeer", "Vooromkeer") vertoonde 58% reactie op het krooshek ("Tegenomkeer", "Vooromkeer").

Geen eenduidig verschil was waarneembaar tussen pomp 5 op volle kracht en op halve kracht tussen type gedrag "In" ten opzichte van "Tegenomkeer" en "Vooromkeer". Echter werden bij pomp 5 op halve kracht verhoudingsgewijs meer alen gezien die voor het krooshek al omkeerden en ook zwommen meer alen weer uit het krooshek (Tabel 4.4). In vergelijking met het gemaal op vol vermogen zwommen bij half vermogen zwommen 1,6 maal zoveel alen uit het krooshek ten opzichte van alen die inzwommen of voor het krooshek omkeerden. Op zes meter voor de rotor van de gemaalpomp is een sterke versmalling van het profiel, waardoor de stroomsnelheid plots toeneemt. Bij half vermogen verloopt dit van 0,5 m/s naar 2 m/s, terwijl dit bij vol vermogen loopt van 1,1 m/s naar 3,9 m/s (Bijlage 1). Het zou kunnen dat deze stroomversnelling de alen ertoe beweegt terug te zwemmen. Bij half vermogen slagen meer alen daarin dan bij vol vermogen. Deze terugzwemreactie kan naar plaatsen met lagere stroomsnelheden zijn, zoals naar opzij of naar de bodem gericht. Hierdoor zijn waarschijnlijk bij half vermogen meer alen uitzwemmend in het veld van de DIDSON te zien dan meer centraal voor de pomp, waar de stroomsnelheid hoger ligt.

Opvallend is dat gedurende de meetdagen meer alen in het veld van de DIDSON uit het krooshek kwamen zwemmen dan het krooshek in gingen richting gemaal. Mogelijk dat buiten het veld van de DIDSON bij het krooshekdeel voor pomp 5 en 6 meer aal naar binnen zwom en de mogelijkheid had om bij het krooshekdeel voor pomp 5 naar buiten te zwemmen. Onderzoek met zenders zou dit gedrag vast kunnen stellen. De Didson bestreek met name de zijkant van pomp 5 (Figuur 3.2) en gecombineerd met de constatering dat alen die terugzwemmen kiezen voor een richting met name richting de bodem en richting het gedeelte tussen pomp 4 en 5, is het waarschijnlijk dat het zien van meer uitzwemmende alen veroorzaakt werd door de plaatsing van de DIDSON aan de rand van het snellere instroomdeel van de pomp. Gelijktijdige metingen met een tweede DIDSON die meer op het centrale instroomdeel van de pomp is gericht zouden hier uitsluitsel kunnen geven.

De meeste alen die het krooshek benaderden vanaf het Noordzeekanaal, bevonden zich in de eerste vier meter vanaf de bodem (Figuur 4.13), waarbij twee typen stroomafwaartse zwemgedragingen werden waargenomen: actief meezwemmend of passief drijvend. Bij 'actief zwemmend' zwom de aal gestrekt, waarbij alen die het krooshek inzwommen meer met de kop richting gemaal zwommen, terwijl alen die omkeerden voor of nabij het

krooshek niet een dominante lichaamsrichting hadden (Figuur 4.9). Alen die het gedrag "In" en "Vooromkeer" vertoonden, waren bijna uitsluitend actief aan het zwemmen, terwijl bij alen met het gedrag "Tegenomkeer" ook meer passief driftend transport waargenomen werd. Bij passief driftend transport laat een aal zich opgerold meevoeren met de stroom. Alen zouden zichzelf kunnen oprollen als eerste reactie op een "verstroring", veroorzaakt door de trillingen of het geluid van het gemaal. In deze positie kunnen de alen snel reageren op mogelijk gevaar. Respons in manier van aanzwemmen van locaties met plotseling hogere stroomsnelheden is bekend voor zalmsmolts, die dergelijke locaties met de kop tegen de stroming in benaderden (Kemp et al., 2009). Bij plotseling gevaar zijn de zalmsmolts in staat snel weg te zwemmen tegen de stroming in. De tweede reactie op de "bedreiging" zou de zintuiglijke waarnemingen (visueel of door geluid) van het krooshek zijn en vervolgens direct contact met het krooshek, resulterend in omkeergedrag (vergelijk Russon et al. 2010, die in een experimentele opzet zonder geluid alleen een reactie op het krooshek ziet). De opgerolde alen strekten zich bij aanraking van het krooshek en zwommen tegen de stromingsrichting in weg van het krooshek. Alen die wegzwommen van het krooshek deden dit met name op gelijk blijvende diepte of richting de bodem en/of de scheidingswand tussen pomp 4 en 5. Op 8 december, de meetdag dat gemaalpomp 5 op halve kracht draaide, bleven alen die wegzwommen bij het krooshek (type gedrag "Uit" en "Tegenomkeer") voornamelijk op gelijkblijvende diepte, terwijl op de drie eerdere meetdagen alen verhoudingsgewijs meer van zwemdiepte veranderden, waarbij een zwemrichting naar de bodem domineerde. Terugzwemmen via de bodem of naar de zijkant van de pomp is een efficiënter gedrag, aangezien de stroomsnelheden daar lager liggen dan recht voor de pomp. Bij het voorlangs zwemmen van het krooshek werden alen het meest gezien zwemmend richting de scheidingswand tussen pomp 4 en 5. De stroming aan de randen van het krooshek zal lager zijn, en mogelijk zijn de voorlangs zwemmende alen hiernaar op zoek.

Zowel bij volle kracht als halve kracht van de pompen werd zoekgedrag van alen waargenomen. Alen die het gedrag "Voor" vertoonden kunnen alen zijn die in aanraking zijn gekomen met het krooshek buiten het beeld van de DIDSON of weer uit het krooshek zijn komen zwemmen en vervolgens zoekgedrag vertonen rond het krooshek. Het is mogelijk dat ze naar alternatieve mogelijkheden zoeken om de migratie voort te zetten zonder richting het gemaal te gaan, door bijvoorbeeld gebruik te maken van de spuikokers in het nabij gelegen spuikoker complex. Ook alen met gedrag "Tegenomkeer" die zijwaarts of met de kop tegen de stroming in met het krooshek in aanraking kwamen zouden alen kunnen zijn die zoekgedrag bij het krooshek vertonen. Veel van deze alen kwamen niet vanaf de richting van het Noordzeekanaal, maar zwommen vanaf de zijkant langs het krooshek (Figuur 4.10). Dit gedrag werd zowel bij volle als bij halve kracht van de pompen waargenomen. Ook wanneer de pompen op volle kracht werken zijn de stroomsnelheden blijkbaar laag genoeg om hiertegen in te zwemmen. Hierdoor hebben veel schieralen de mogelijkheid om in tweede instantie een andere route te kiezen, zoals via de spuikokers. Netbemonsteringen bij de spuikokers versus achter het gemaal gaven aan dat dit inderdaad veelvuldig gebeurt (Kruitwagen et al., 2009).

6. Conclusies

- Bij migrerende aal die via het Noordzeekanaal richting het gemaal gaat, werden drie gedragingen waargenomen:
 1. het krooshek in zwemmen (type gedrag "In")
 2. voor het krooshek al wegzwemmen van het krooshek ("Vooromkeer")
 3. na aanraking met het krooshek wegzwemmen ("Tegenomkeer").
- Van de alen die het krooshek in eerste instantie benaderden (Type gedrag "In", "Tegenomkeer", "Vooromkeer") vertoonden 58% een reactie op het krooshek, waarbij geen significant verschil gevonden werd tussen alen die direct het krooshek inzwommen ten opzichte van alen die omkeergedrag ("Tegenomkeer", "Vooromkeer") vertoonden.
- Wanneer pomp 5 op volle kracht werkte (ca 0.8 m/s bij het krooshek) of op halve kracht (ca. 0.4 m/s) was er geen eenduidig verschil waarneembaar tussen alen die het krooshek inzwommen en alen die voor of bij het krooshek omkeerden.
- Tijdens het gemaalregime op halve kracht werden meer alen gezien die langs ("Voor") of uit ("Uit") het krooshek zwommen dan tijdens het gemaal regime op volle kracht.
- Alen die richting het krooshek zwommen deden dit:
 1. met de kop richting het krooshek
 2. met de kop tegen de stroming in
 3. driftend met de stroming mee, gestrekt of opgerold
 4. zijwaarts.
- Alen die het krooshek inzwommen (type gedrag "In") deden dit met name met de kop richting het krooshek.
- Alen met type gedrag "Tegenomkeer" lieten gedurende de meetdagen alle vier de aanzwemposities zien, zonder dat één van deze posities domineerde.
- Alen met gedrag "Vooromkeer" zwommen met name met de kop naar het krooshek gericht en draaiden zich voor het krooshek om.
- In vergelijking met het gemaal op vol vermogen zwommen bij half vermogen zwommen 1,6 maal zoveel alen uit het krooshek ten opzichte van alen die inzwommen of voor het krooshek omkeerden.
- Alen die richting het krooshek zwommen deden dit vooral in het midden van de waterkolom, terwijl uitzwemmende alen meer over de bodem of vanuit het krooshek van het midden van het water naar de bodem zwommen.
- De meeste alen hadden een lengte tussen de 45 cm en 85 cm.
- Vergelijking tussen gemaalpomp 5 op volle kracht en op halve kracht laat alleen voor alen van 85-95 cm verschil zien in gedrag, waarbij bij halve kracht verhoudingsgewijs meer alen het krooshek inzwommen dan bij volle kracht. Dit betreft echter slechts enkele alen.
- In de aantallen alen die gezien werden per uur was geen duidelijke piek op een bepaald uur voor alle meetdagen samen waarneembaar.
- Alen vertoonden zoekgedrag rond het krooshek, waarbij meer alen in de richting van het scheidingsgedeelte tussen pomp 4 en 5 zwommen.
- Het terugkeergedrag kan plaats vinden: 1) meters voor het krooshek, 2) bij aanraking van het krooshek, 3) nadat het krooshek is gepasseerd. Dit suggereert dat er meerdere 'prikkel's of zintuigelijke waarnemingen ten

grondslag kunnen liggen aan terugkeergedrag: hierbij valt te denken aan direct contact met krooshek, visuele prikkels vlakbij het krooshek, of geluid/trillingen veroorzaakt door het gemaal. Onze waarnemingen suggeren dat er een sequentie van gedragaanpassing plaats vindt, bijvoorbeeld eerst een aanpassing in zwem-mode (zoals opgerold), gevolgd door een terugkeerrespons. Daarbij treden zeker individuele verschillen in (opeenvolging van) reacties op.

7. Aanbevelingen

- De resultaten van het DIDSON-onderzoek kunnen in een later stadium worden geanalyseerd in samenhang met andere onderzoeken die tegelijkertijd plaatsvonden in het Noordzeekanaal, zoals het transponderonderzoek, 3D-telemetry en netbemonsteringen bij het gemaal.
- Op basis van deze integrale analyse kan worden ingeschat of het zin heeft om het maalregime aan te passen voor het verminderen van schade aan schieraal.
- Om vast te stellen in hoeverre het gedrag van aal verschilt op verschillende plaatsen rond het krooshek, zou met een DIDSON op meerdere locaties langs het krooshek gemeten kunnen worden of zouden gelijktijdig twee DIDSON's ingezet kunnen worden.
- DIDSON-metingen naar het gedrag van schieraal bij de ingang van de pompen kan inzicht geven in het terugkeergedrag van schieralen die na het passeren van het krooshek terugkeren.
- Geluidsmetingen zouden kunnen uitwijzen in hoeverre het terugkeergedrag van aal op de verschillende afstanden tot de pompen en krooshekken is gerelateerd aan de hoeveelheid geluid.

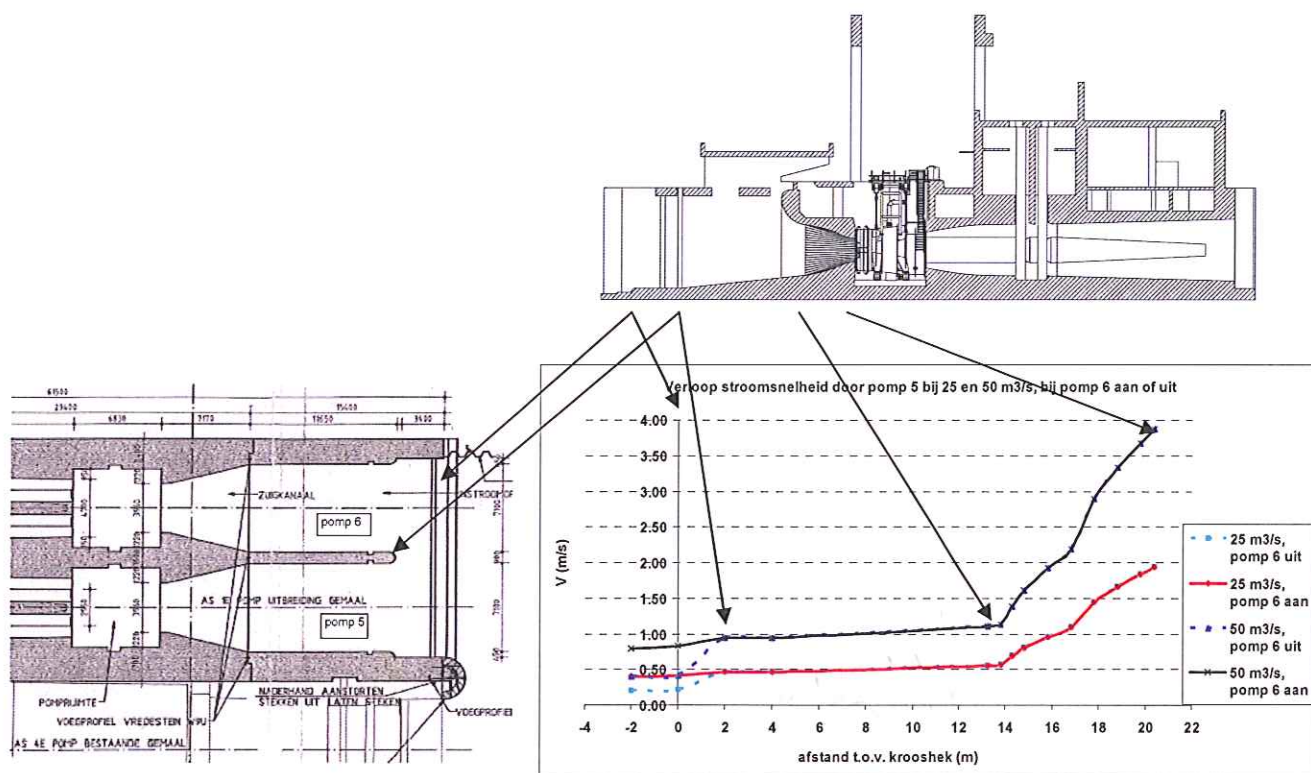
Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2000 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 08602-2004-AQ-ROT-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 juni 2010. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Het laatste controlebezoek vond plaats op 22-24 april 2009. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Milieu over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 27 maart 2013 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

Referenties

- Behermann-Godel, J. & R. Eckmann. 2003. A preliminary telemetry study of the migration of silver European eel (*Anguilla anguilla* L.) in the River Mosel, Germany. *Ecology of Freshwater Fish* 12: 196–202.
- Dekker, W. 2009. De toestand van de Nederlandse aalstand en aalvisserij in 2009. IMARES rapport C098/09. 49 pp.
- Jansen, H.M., H.V. Winter, M.C.M. Bruijs & H. Polman. 2007. Just go with the flow? Route selection and mortality during downstream migration of silver eels in relation to discharge. *ICES Journal of marine Science* 64: 1437-1443.
- Kemp, P.S., M.H. Gessel & J.G. Williams. 2005. Fine-scale behavioral responses of Pacific salmonid smolts as they encounter divergence and acceleration of flow. *Transactions of the American Fisheries Society* 134:390–398
- Kunst, J.M., B. Spaargaren, T. Vriese, M. Kroes, C. Rutjes, E. van der Pouw Kraan & R.R. Jonker. 2008. Gemalen of vermalen worden, onderzoek naar visvriendelijkheid van gemalen. Grontmij & Visadvies rapport. 70 pp.
- Russon, I.J., P.S. Kemp & O. Calles, 2010. Response of downstream migrating adult European eels (*Anguilla anguilla*) to bar racks under experimental conditions. *Ecology of Freshwater Fish*, doi: 10.1111/j.1600-0633.2009.00404.x
- Winter, H.V., H.M. Jansen & M.C.M. Bruijs. 2006. Assessing the impact of hydropower and fisheries on downstream migrating silver eel, *Anguilla anguilla*, by telemetry in the River Meuse. *Ecology of Freshwater Fish* 15: 221-228.
- Winter, H.V. 2009. Voorkomen en gedrag van trekvisen nabij kunstwerken en consequenties voor de vangkans met vistuigen. IMARES rapport C076/09. 57 pp.

Bijlage 1.



Figuur I. Stroomsnelheden tussen krooshek en gemaal.

Verantwoording

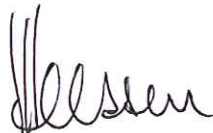
Rapport C049/10
Projectnummer: 43.021006.01

Verantwoording

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: Dr. H.J.L. Heessen
Collega-onderzoeker

Handtekening:



Datum: 18 mei 2010

Akkoord: Drs. J. Asjes
Hoofd onderzoeksafdeling Vis

Handtekening:



Datum: 18 mei 2010

Aantal exemplaren: 5
Aantal pagina's: 34
Aantal tabellen: 8
Aantal figuren: 22
Aantal bijlagen: 1