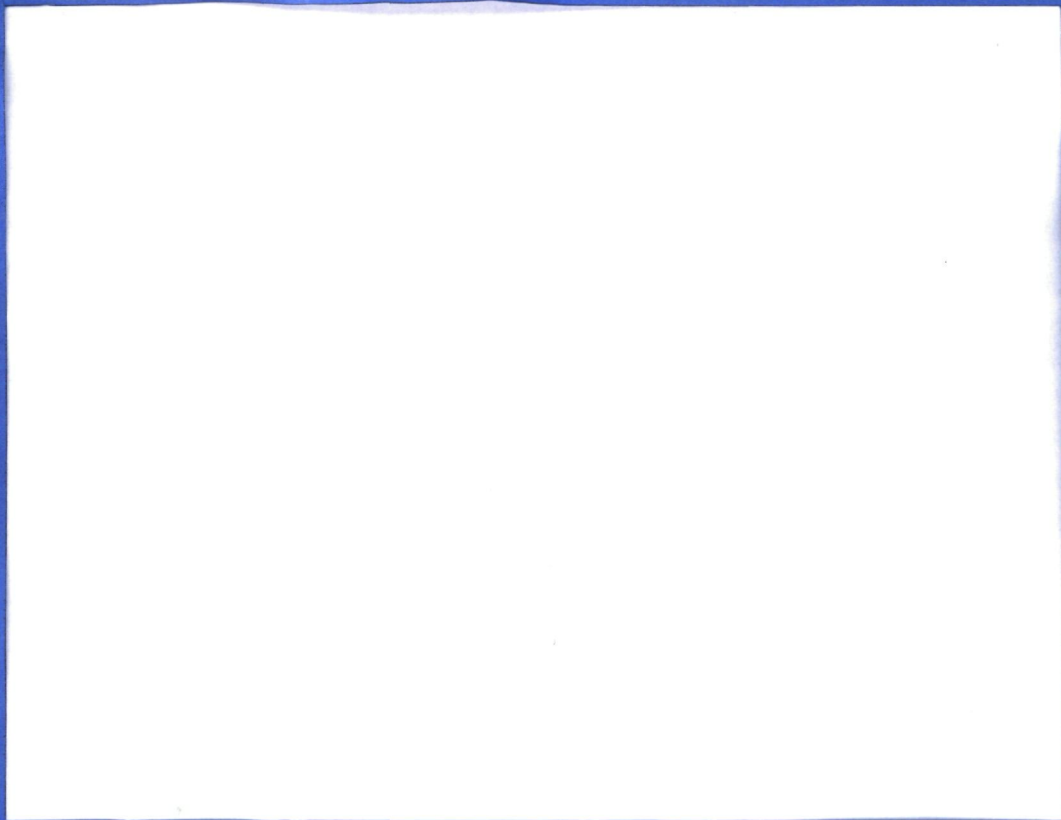


**ONTWIKKELING VAN EEN MILIEU-VRIENDELIJKE VISSERIJ-
METHODE VOOR DE GARNAALVISSERIJ, GEBASEERD OP
STIMULERING DOOR ELEKTRISCHE PULSEN**

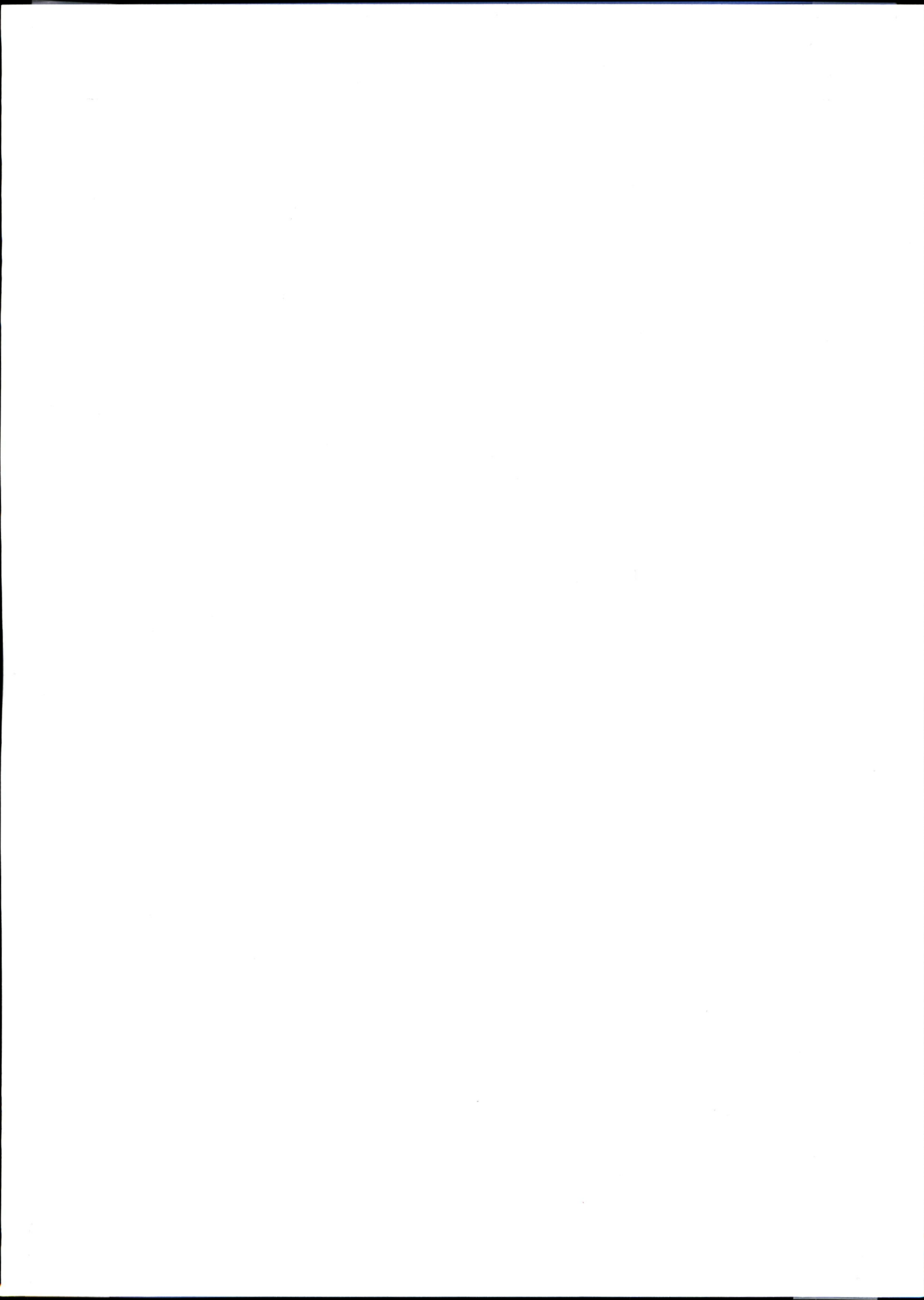
nr. EOGFL 30-A41

Rederscentrale c.v., Oostende
CLO Departement Zeevisserij, Oostende
Bvba Brevisco, Bredene



Eindrapport

Polet, H. en Delanghe, F.
CLO - Departement Zeevisserij
Ankerstraat 1, 8400 Oostende



**ONTWIKKELING VAN EEN MILIEU-VRIENDELIJKE VISSERIJ-
METHODE VOOR DE GARNAALVISSERIJ, GEBASEERD OP
STIMULERING DOOR ELEKTRISCHE PULSEN**

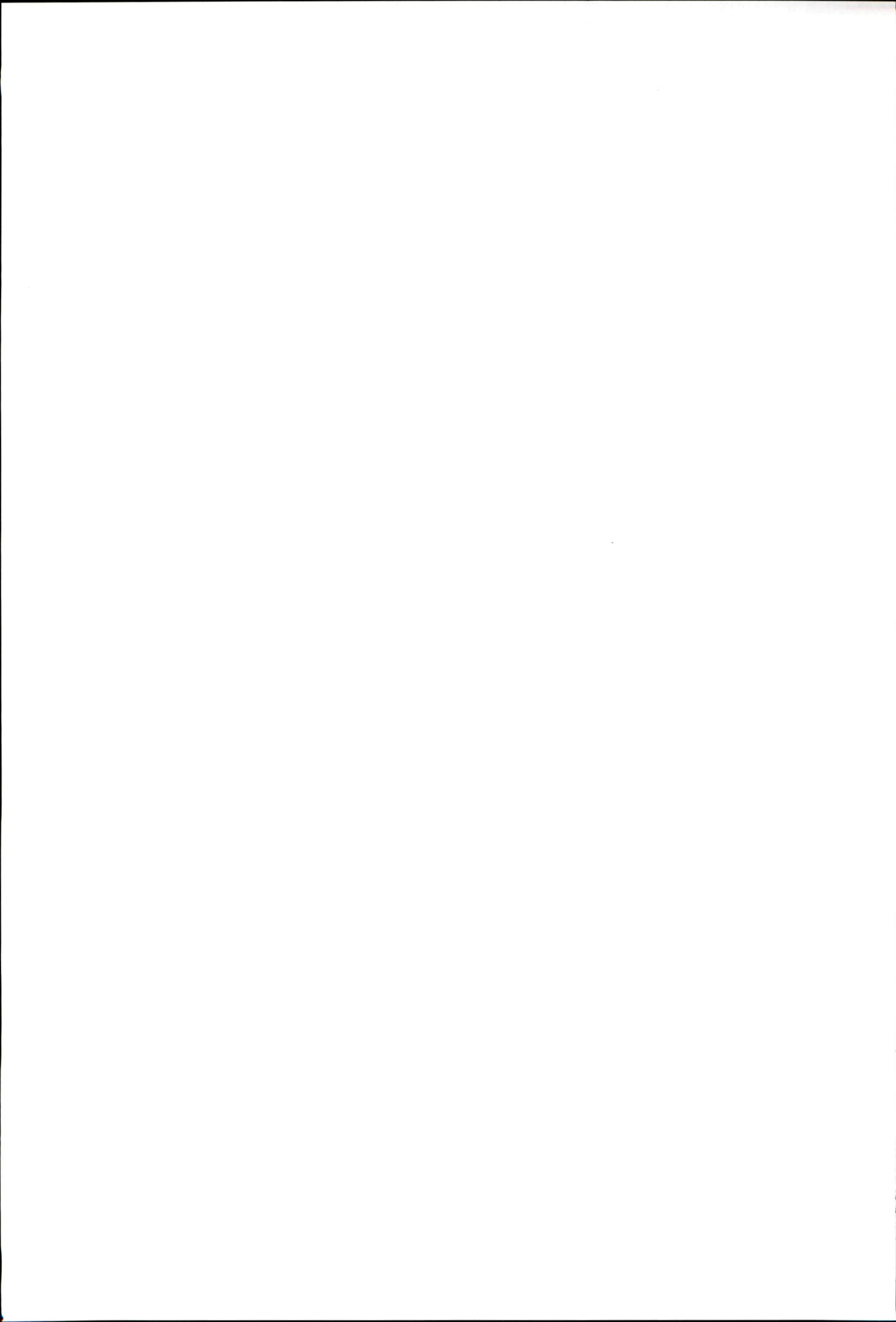
nr. EOGFL 30-A41

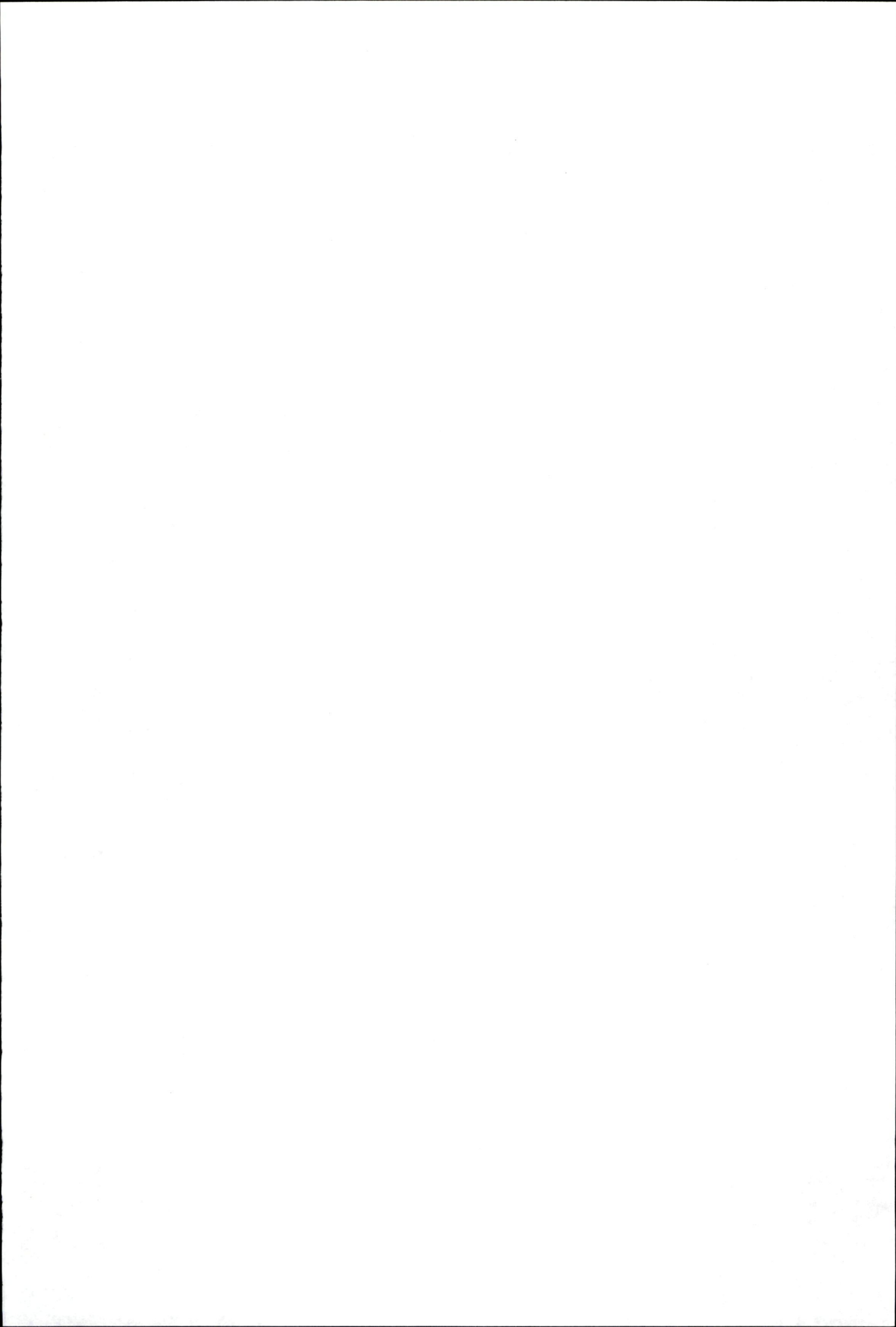
Rederscentrale c.v., Oostende
CLO Departement Zeevisserij, Oostende
Bvba Brevisco, Bredene

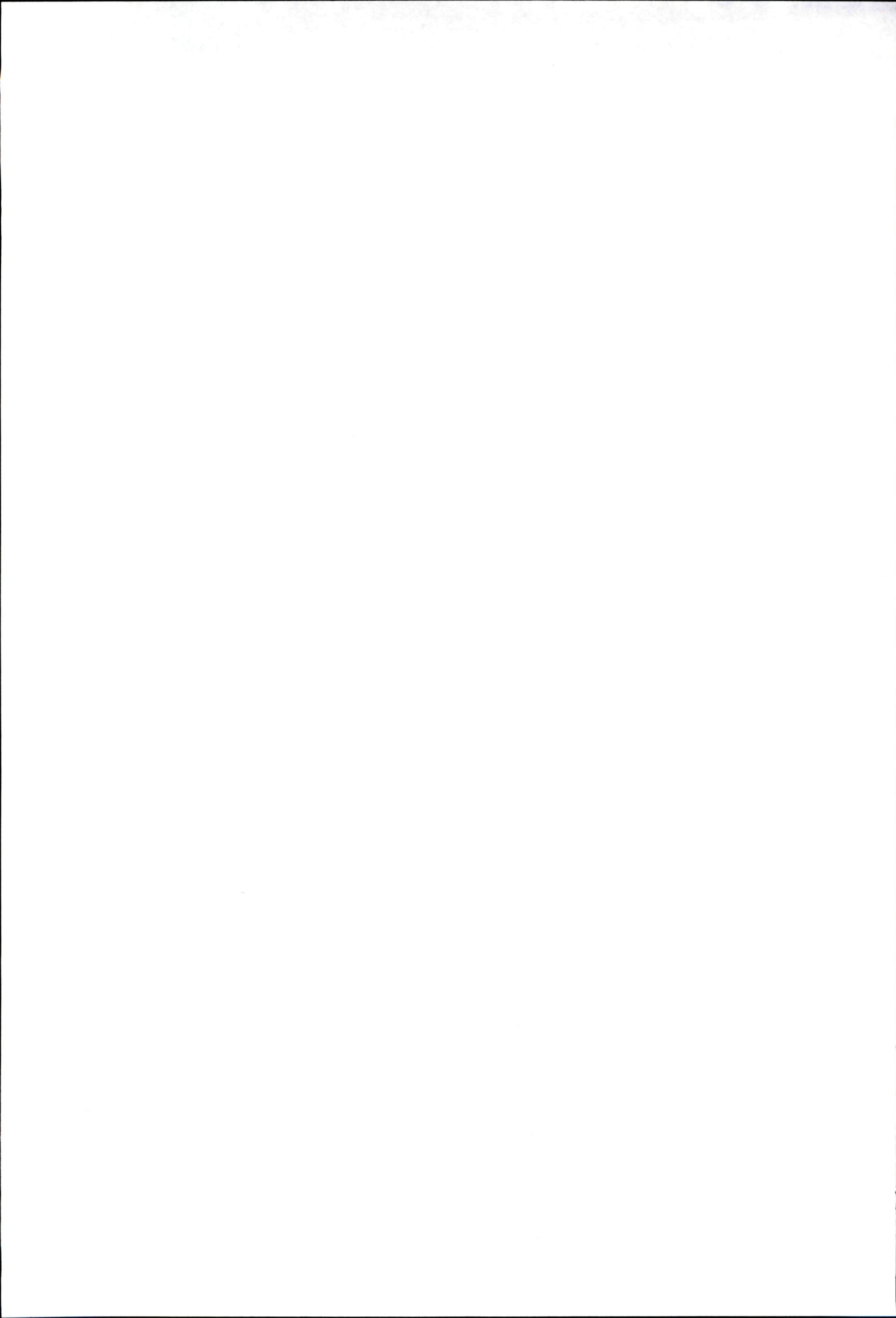


Eindrapport

Polet, H. en Delanghe, F.
CLO - Departement Zeevisserij
Ankerstraat 1, 8400 Oostende







SAMENVATTING

Al in de jaren zeventig startte het onderzoek naar mogelijkheden om elektrische pulsen te gebruiken als alternatieve stimulering in de zeevisserij. De voornaamste doelsoorten in het onderzoek waren de verschillende platvissoorten, maar ook met langoustine en garnaal werden experimenten uitgevoerd. De voornaamste inspanningen werden geleverd door België, Duitsland, Nederland en Groot-Brittannië. De interesse in de elektrovisserij bleef zowat twintig jaar bestaan, waarbij het bekomen van hogere vangsten bij een lager energieverbruik de voornaamste doelstelling was. Eind de jaren tachtig viel het onderzoek echter stil en werd in Nederland uit vrees voor overbevissing de elektrovisserij verboden. In China daarentegen ging het onderzoek door, gebaseerd op de resultaten bekomen in de Noordzeevisserij. Halfweg de jaren negentig visten in China al enkele duizenden vaartuigen op penaeïde garnalen met elektrische pulsen, ook met het oog op hogere vangsten. In 1997 werd door reder Willy Versluys het initiatief genomen een Chinese pulsgenerator mee te brengen naar België. Dit was de aanleiding om op het Departement Zeevisserij (DvZ) de draad weer op te nemen, ditmaal echter met het oog op een meer selectieve visserij. De voor de hand liggende doelsoort was grijze garnaal (*Crangon crangon*). Het project "Elektrisch Vissen" was een samenwerkingsverband van Rederij Brevisco, het DvZ en de Rederscentrale en werd gefinancierd door het Vlaams Gewest en de EU.

Met de klassieke garnalenboomkor in de Noordzee worden de garnalen van de bodem opgeschrikt door de bollenpees om ze te vangen. Het grote nadeel aan dit systeem is dat naast garnaal ook andere bodemdieren opgeschrikt en gevangen worden. De teruggooi in deze visserij aan ondermaatse commerciële vis, niet-commerciële vis en invertebraten is aanzienlijk. Door de garnalenvissers werden reeds grote inspanningen gedaan om met moderne sorteermachines de vangsten efficiënt te sorteren zodat de teruggooi zo snel mogelijk terug in zee kan. Toch is het beter om een vistuig te gebruiken dat gewoon minder van deze dieren vangt. Het idee dat in het project werd uitgetest was om de niet-selectieve stimulering door de bollenpees te vervangen door een selectieve stimulering met elektrische pulsen. In theorie zouden de garnalen die opspringen door de pulsen in het net terecht moeten komen en de dieren die niet reageren op de pulsen zouden kunnen ontsnappen onder de verhoogde onderpees.

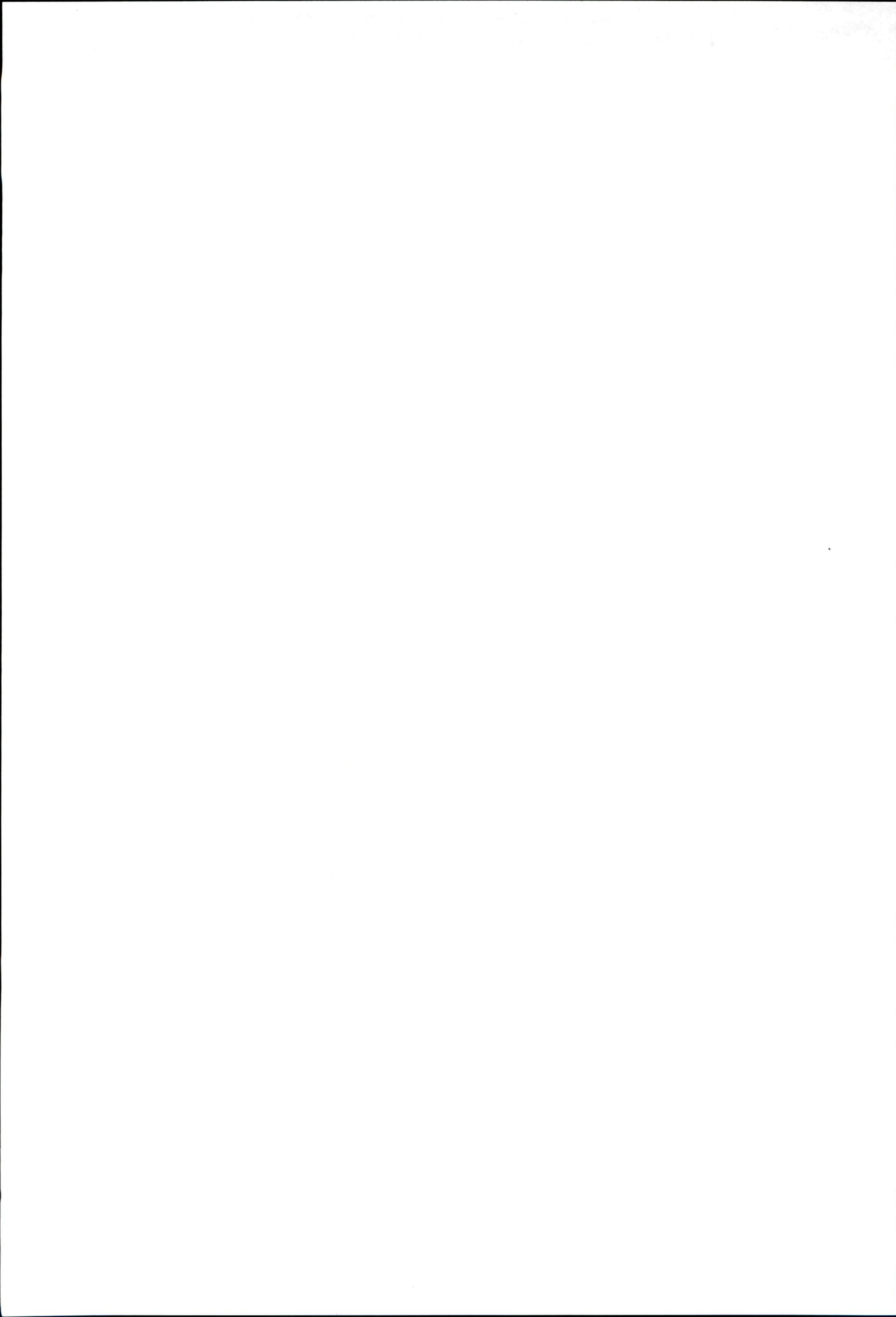
Het project bestond uit volgende fases:

- Studie van het elektrisch veld en de pulsgeneratoren,
- studie van de reactie van garnaal, platvis, niet-commerciële vis en invertebraten op elektrische pulsen,
- overlevingsexperimenten en
- experimentele zeereizen met een elektronet.

In het lab werden meer dan 500 waarnemingsexperimenten op garnaal uitgevoerd. In elke proef werd de reactie van de garnalen op de pulsen gefilmd. De beelden werden per frame geanalyseerd en de reactie werd omgezet in getallen en grafieken die onderling konden worden vergeleken. Volgende parameters werden op hun effect getest: puls-frequentie, pulsspanning, elektrodeopstelling, grootte van de garnaal, watertemperatuur en lichtinval (dag of nacht). Voor een twintigtal andere diersoorten die dikwijls in de garnalenvangsten voorkomen werden ook waarnemingsexperimenten uitgevoerd.

De selectieve elektrovisserij heeft echter maar zin als de dieren die tijdens het vissen in het elektrisch veld terecht komen en ontsnappen geen negatieve effecten ondervinden van de pulsen. Daarom werden overlevingstesten uitgevoerd op de verschillende soorten die courant in de garnaalvisserij als bijvangst mee gevangen worden. In totaal werden met 21 vis- en benthossoorten overlevingsexperimenten uitgevoerd. Bij geen enkel van deze diersoorten werd sterfte of een wijziging in gedrag vastgesteld die aan de pulsen kon worden toegeschreven.

De labexperimenten hebben aangetoond dat elektrische pulsen goede perspectieven bieden als stimuleringsalternatief in de boomkorvisserij op garnaal. Bij het aanleggen van een elektrisch veld reageerden vrijwel alle garnalen op de pulsen en maakten een opwaartse of gedeeltelijk opwaartse en zijwaartse beweging.



Samenvattend kunnen volgende besluiten getrokken worden uit de springresponstesten in het lab:

- Optimale pulsspanning: tussen 40 en 110 V. Te lage en te hoge spanning heeft een negatief effect.
- De puls frequentie heeft weinig invloed op de grootte van de maximum springrespons maar de keuze van de frequentie is wel van belang voor het energieverbruik van de generator.
- De springrespons van kleine garnaal is lager dan die van grote garnaal.
- Een hogere watertemperatuur geeft een hogere springrespons.
- Een lagere lichtintensiteit geeft een hogere springrespons.
- De maximale springrespons wordt meestal bekomen binnen de eerste 4 seconden na het aanleggen van het elektrisch veld.

De proeven toonden duidelijk aan dat de springrespons van garnaal afhing van een aantal toevalligheden. Tijdens een zelfde test vertoonden sommige garnalen een minieme reactie, anderen vertoonden een hevige reactie maar bleven dicht bij de bodem en nog anderen sprongen tot tegen het wateroppervlak van het aquarium. De conditie van de dieren, de positie in het niet-homogeen elektrisch veld en de schijnbaar willekeurige richting van de springrespons speelden hier een belangrijke rol en waren in praktijkomstandigheden niet te sturen.

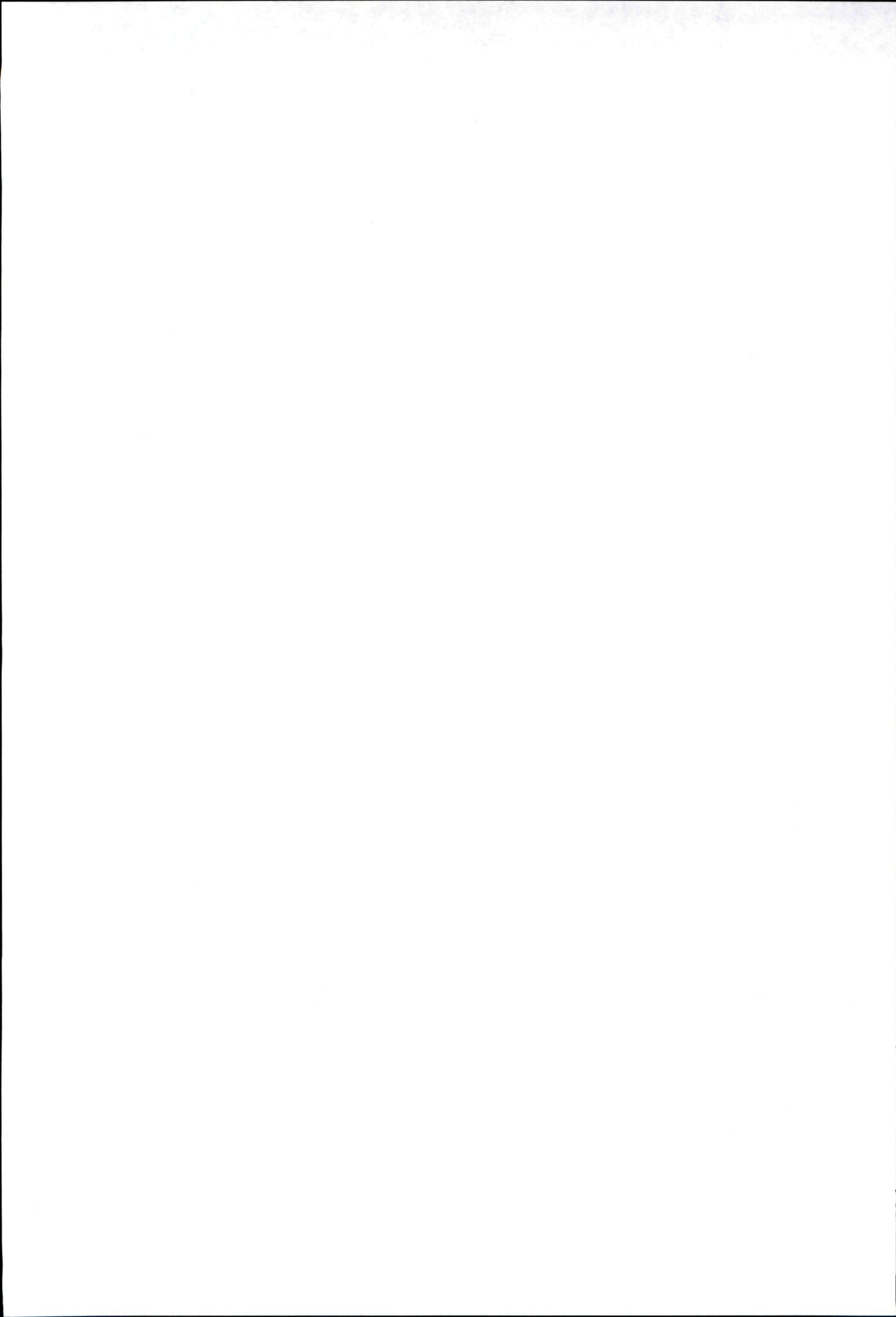
Op basis van de laboproeven is het geschatte percentage van de commerciële garnaal aanwezig op de visgrond dat kan gevangen worden met elektrische pulsen, bij toepassing van een selectieve bollenpees en de beschikbare pulsgenerator LWY-I, 70 % (in het duister). Indien pulsgeneratoren beschikbaar zouden zijn met of een hogere spanning of een hogere frequentie dan zouden die percentages een tiental procent kunnen toenemen. Indien ook rekening gehouden wordt met het feit dat meer dan 10 % van de garnaal ontsnapt onder de onderpees van een conventioneel net betekent dit dat een selectief elektronet minder dan 10 % aan commerciële garnaal zou inboeten. Dit alles is echter slechts een schatting op basis van de labexperimenten.

Naast de sterkte van de springrespons is echter ook de duur van de responsiek erg belangrijk. Voor de beschikbare generatoren lag de responsiek op ongeveer 3 s. Er werd echter meestal een vrij brede responsiek waargenomen, tussen 0.5 s en 4 s na het aanleggen van het elektrisch veld, wat voldoende is om de schommelingen in sleepsnelheid te overbruggen.

De waarnemingstesten met vis en invertebraten toonden aan dat met uitzondering van schar en tong geen enkel van deze soorten de bodem verliet onder invloed van de pulsen. Bijgevolg is het in principe mogelijk garnaal te vangen met een minimum aan andere soorten in de vangsten.

De pulsgeneratoren LWY I & II bleken geschikt voor de elektrovisserij op garnaal. Ze waren goedkoop, robuust en eenvoudig in gebruik maar hadden toch enkele nadelen. Vooral de noodzaak een voedingskabel mee te vieren tijdens het vissen maakte het werk aan boord erg belastend. Aversij aan de kabel verhoogde de operationele kosten en was verantwoordelijk voor verlies aan vistijd. Bovendien hield de hoge spanning in deze kabel een veiligheidsrisico in. Volgens de specificaties van de fabrikant was de gegenereerde pulsspanning 120 V. Deze klemspanning bleek echter afhankelijk te zijn van de belasting van de toestellen. Wanneer één generator werd aangesloten op de elektroden van het elektronet daalde de klemspanning tot 44 V. De laboproeven wezen uit dat dit dicht bij de benedengrens lag voor een optimale respons. Bijgevolg dienden op zee twee generatoren gebruikt te worden zodat een pulsspanning van 64 V werd bekomen. De generatorspecificaties van de fabrikant zouden moeten gelden voor operationele omstandigheden.

De bedoeling van de experimenten op zee was een systeem te vinden waarbij zoveel mogelijk invertebraten, niet-commerciële vis en ondermaatse commerciële vis konden ontsnappen onder het net door, waarbij de verliezen aan garnaal (en eventueel de vangst van maatse commerciële vis) tot een minimum beperkt werden. Om dieren onder het net door te laten ontsnappen werd geopteerd voor een aanpassing aan de onderpees waarbij die op een grotere afstand van de bodem staat dan in de huidige garnaalvisserij. Om te verhinderen dat de garnalen ook onder het net door zouden ontsnappen werd de netopening voorzien van een elektrisch veld dat bij garnaal de vereiste springrespons zou moeten uitlokken. De elektrische puls was zodanig gekozen dat slechts bij een minimum aan andere diersoorten



een respons zou uitgelokt worden. De vangsten van het elektronet werden telkens vergeleken met die van een simultaan geslept standaard net.

De experimenten op zee toonden duidelijk aan dat de verhoogde onderpees een ontsnapingsroute creëerde voor de dieren die bij de passage van het vistuig dicht tegen de bodem verbleven. Dit gold voor vrijwel alle gevangen diersoorten, ook voor garnaal waarvan bijna de helft ontsnapte. Het aanleggen van een elektrisch veld reduceerde dit verlies tot 8 % en 1 % afhankelijk van de elektrodeopstelling. De springrespons bleek zodanig groot dat heel wat garnalen sprongen tot tegen de rug van het net en ontsnapten door de mazen van de rug. Het was noodzakelijk een stuk fijnmazig netwerk aan te brengen in de rug om de vangstverliezen op te heffen.

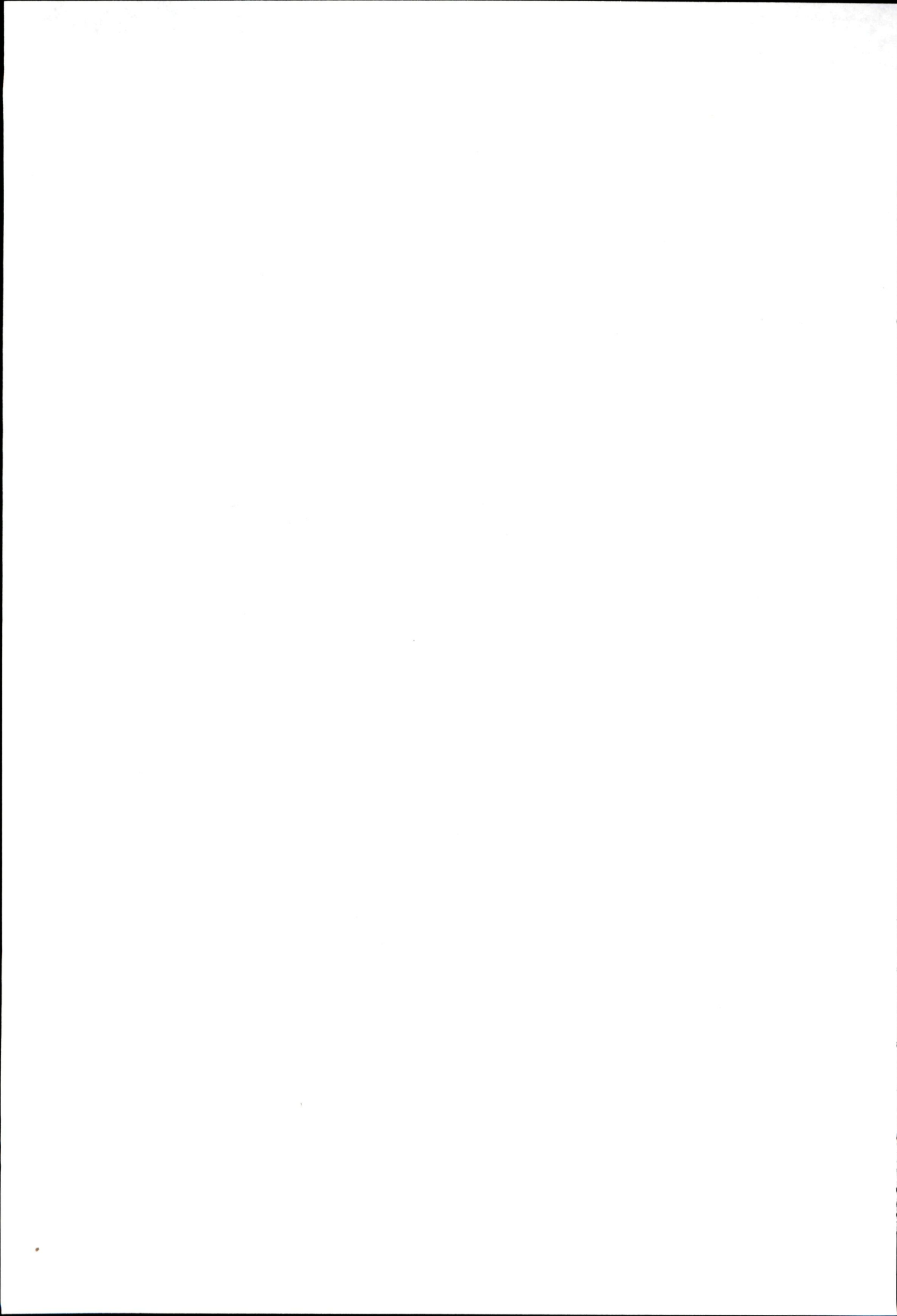
De vangsten aan ondermaatse wijting, tong en schol waren lager in het selectieve elektronet, namelijk respectievelijk 10 - 15 %, 20 % en 20 - 60 %. Voor steenbolk werden vrijwel geen vangstreducties vastgesteld. Voor schar waren de resultaten erg variabel en leek er geen logica te zitten in de vangstverschillen. Voor maatse vis waren de aantallen te klein om duidelijke conclusies te trekken. Nochtans leken de resultaten te wijzen op betere tong en schol vangsten voor het elektronet.

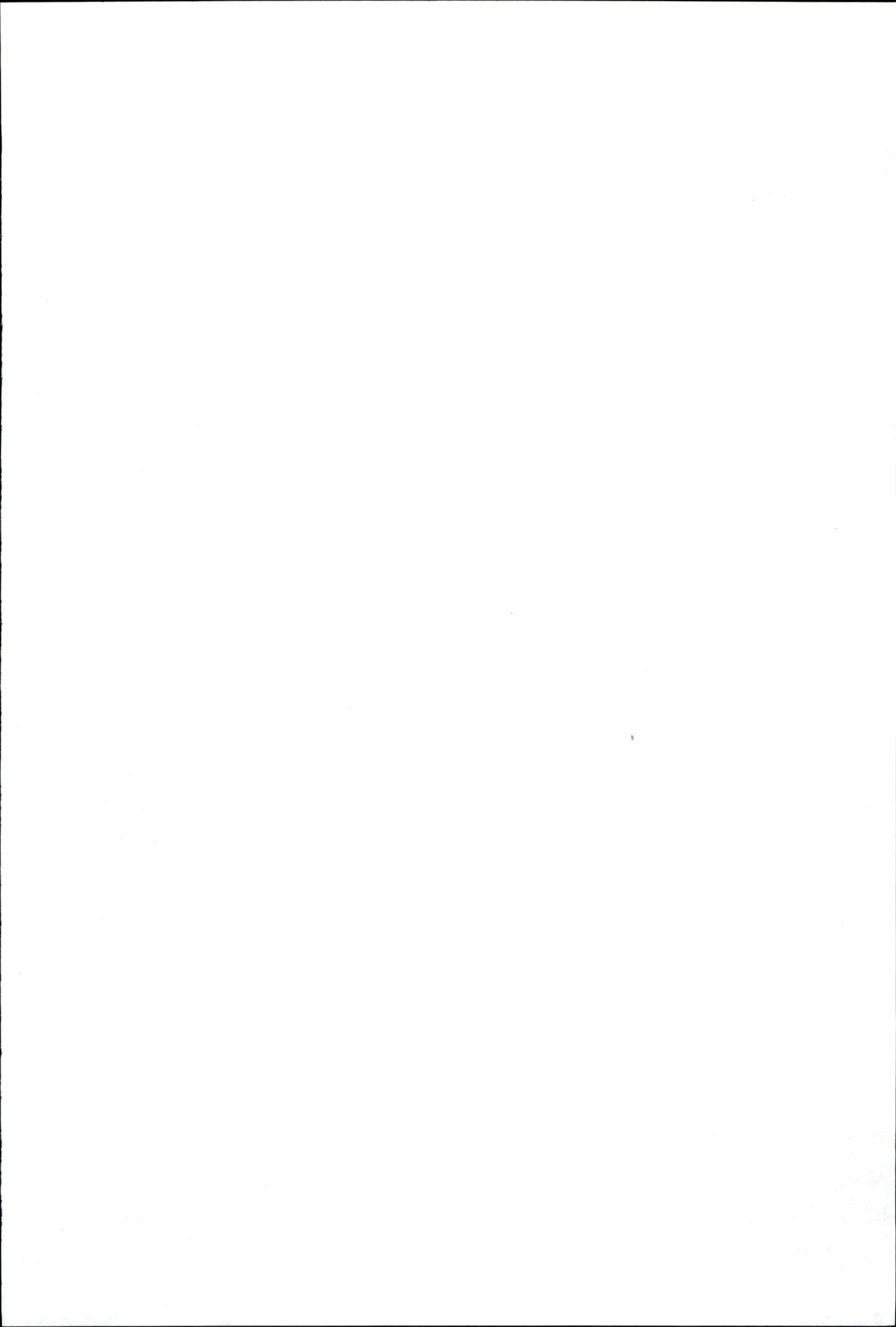
De vangsten van niet-commerciële vissoorten en invertebraten lagen doorgaans merkkelijk lager in het selectieve elektronet. Voor heremietkreeft, gewone zwemkrab, slangster, harnasman en dikkopjes werden vangstreducties genoteerd van respectievelijk 50 - 80 %, 40 - 60 %, 20 - 30 %, 13 - 50 % en 30 - 70 %. Pitvis bleek echter wel te reageren op de elektrische pulsen want zelfs bij ingekorte onderpees werd in het merendeel van de gevallen een toename in de vangst waargenomen. Voor tweekleppige schelpdieren zoals de afgeknotte strandschelp, Amerikaans mesheft en witte dunschaal waren de vangsten in het selectieve elektronet telkens lager dan in het standaard garnalennet met reducties tussen 20 % en 100 %. Ook voor de gewone zeester waren de vangsten veel lager. Andere diersoorten werden minder frequent gevangen maar in het algemeen kan echter gesteld worden dat met het selectieve elektronet de vangstreducties aanzienlijk waren.

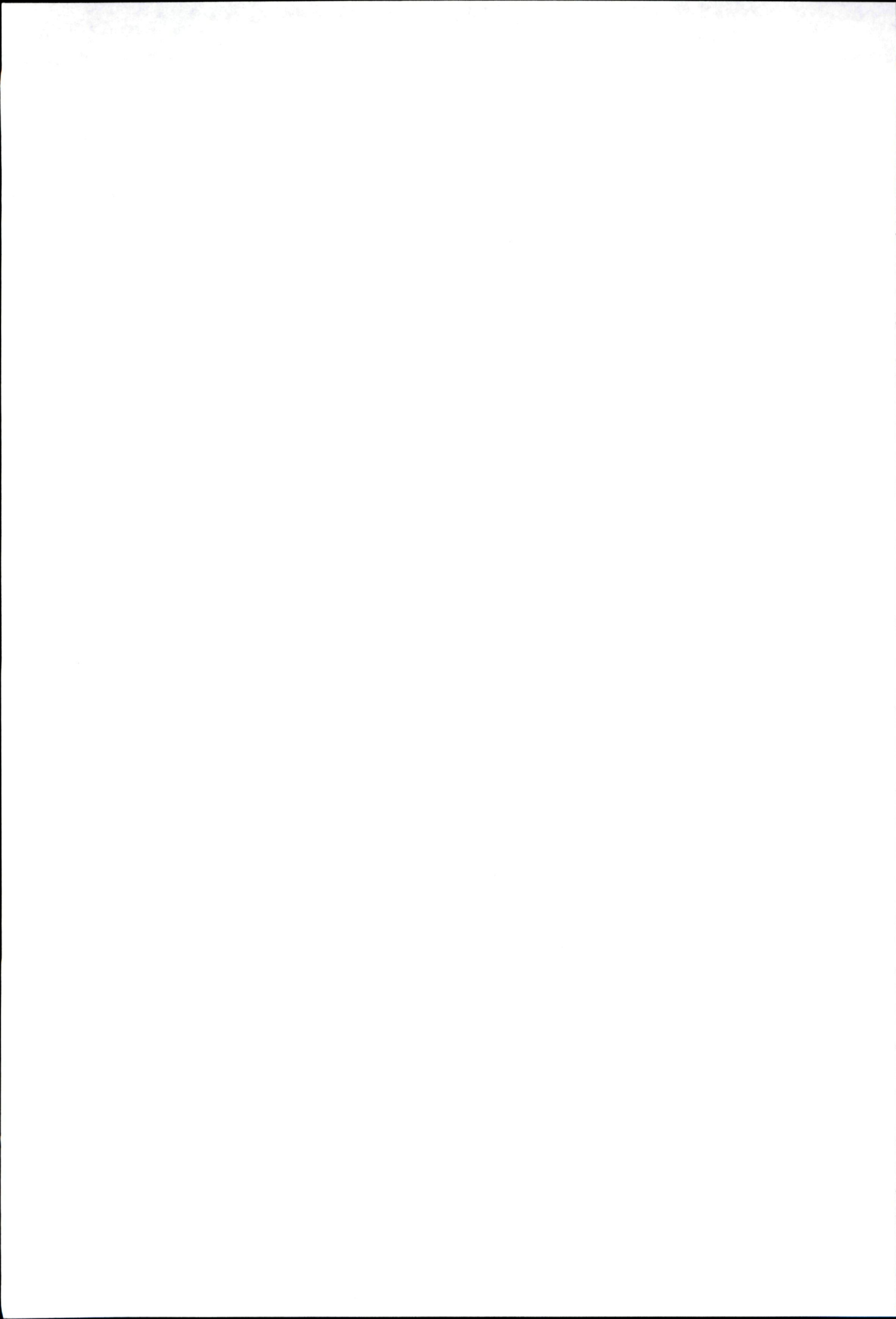
Als besluit kan gesteld worden dat het elektronet met ingekorte onderpees en met een fijnmazig netpaneel in de rug van het net erg bevredigende resultaten gaf. De verliezen aan garnaal waren klein tot nihil. Een deel van de ondermaatse vis kon ontsnappen en vooral voor niet-commerciële vis en invertebraten waren de vangstreducties aanzienlijk. In de toekomst zou de aandacht moeten uitgaan naar het ontwerpen van een elektronet met een grotere netopening voor het elektrisch veld en met een alternatieve bollenpees met minder bodemcontact. Eenmaal dit bereikt, kan verwacht worden dat dit elektronet een haalbaar alternatief zou zijn en een aanvaardbaar compromis tussen de economische belangen van de visser en de ecologische eisen van het mariene milieu. Nochtans moet vermeld worden dat een recente zeereis met het elektronet op de Belgica niet het verhoopte resultaat gaf. Factoren zoals de activiteit van garnaal, temperatuur van het water, stromingen... kunnen een invloed hebben op de resultaten. Het beperkt aantal experimenten tijdens dit project kon onmogelijk alle variabelen in rekening brengen zodat er een aantal onzekerheden blijven waar dit project geen antwoord op kon geven.

Een nieuw te ontwerpen pulsgenerator zou moeten voldoen aan volgende voorwaarden:

- Compact en eventueel inpasbaar in korrestok
- Robuust en bestand tegen de omstandigheden op zee; schokken tijdens binnen- en buitenzetten van het vistuig en trillingen tijdens het vissen. Waterdichtheid is een kritiek punt.
- Gevoed door batterijen zodat een kabel tussen vaar- en vistuig overbodig wordt. Bij voorkeur niet te herladen binnen de 12 uren. De batterijen moeten makkelijk te vervangen zijn op zee door een reserveset.
- Pulsfrequentie 6 Hz
- Pulsspanning minimum 60 V bij volledige belasting maar bij voorkeur 95 V
- Pulsperiode 0.5 ms
- Een controle-eenheid op de brug die toelaat de goede werking van de generator te controleren door middel van bvb. een akoestisch signaal.

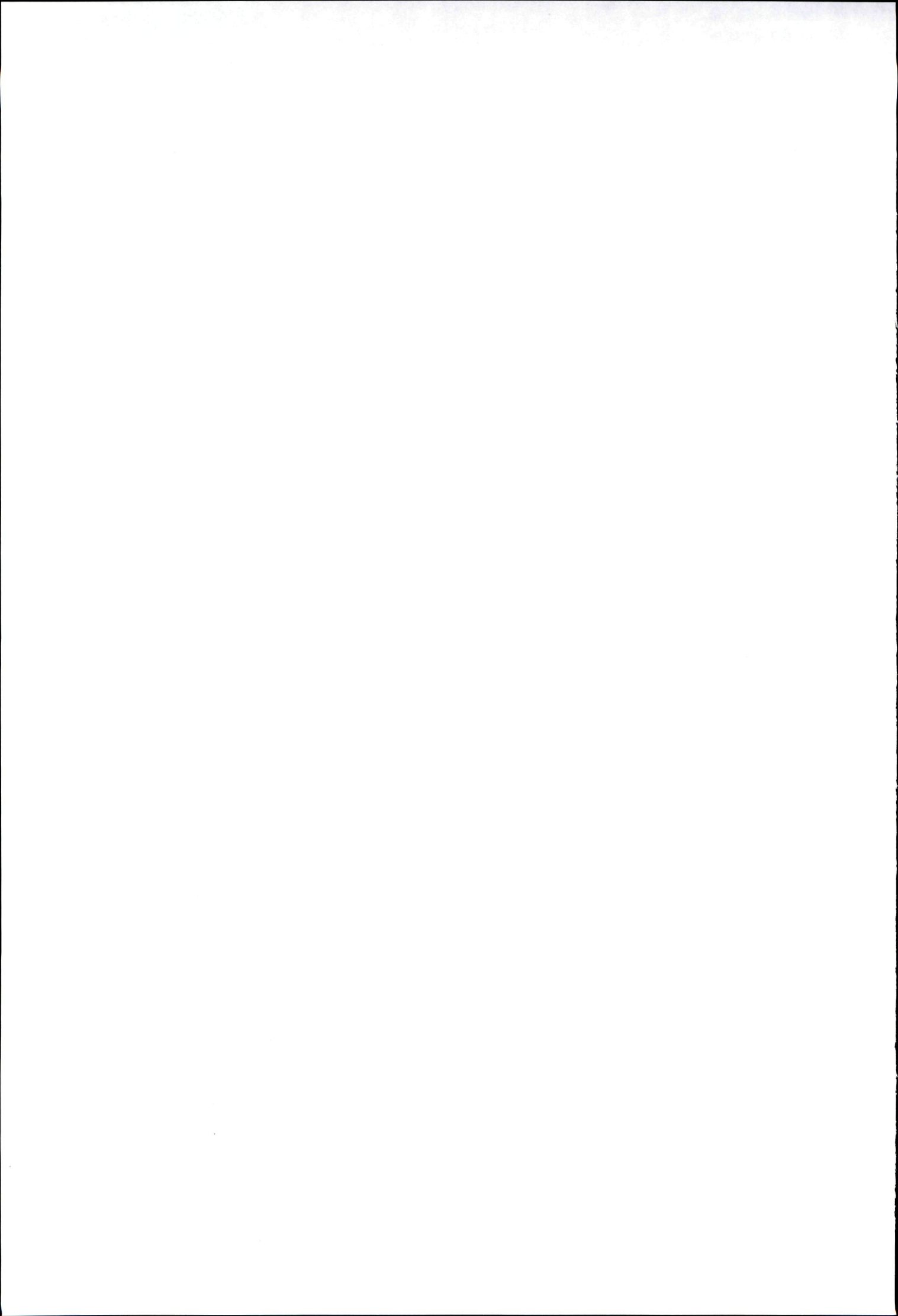






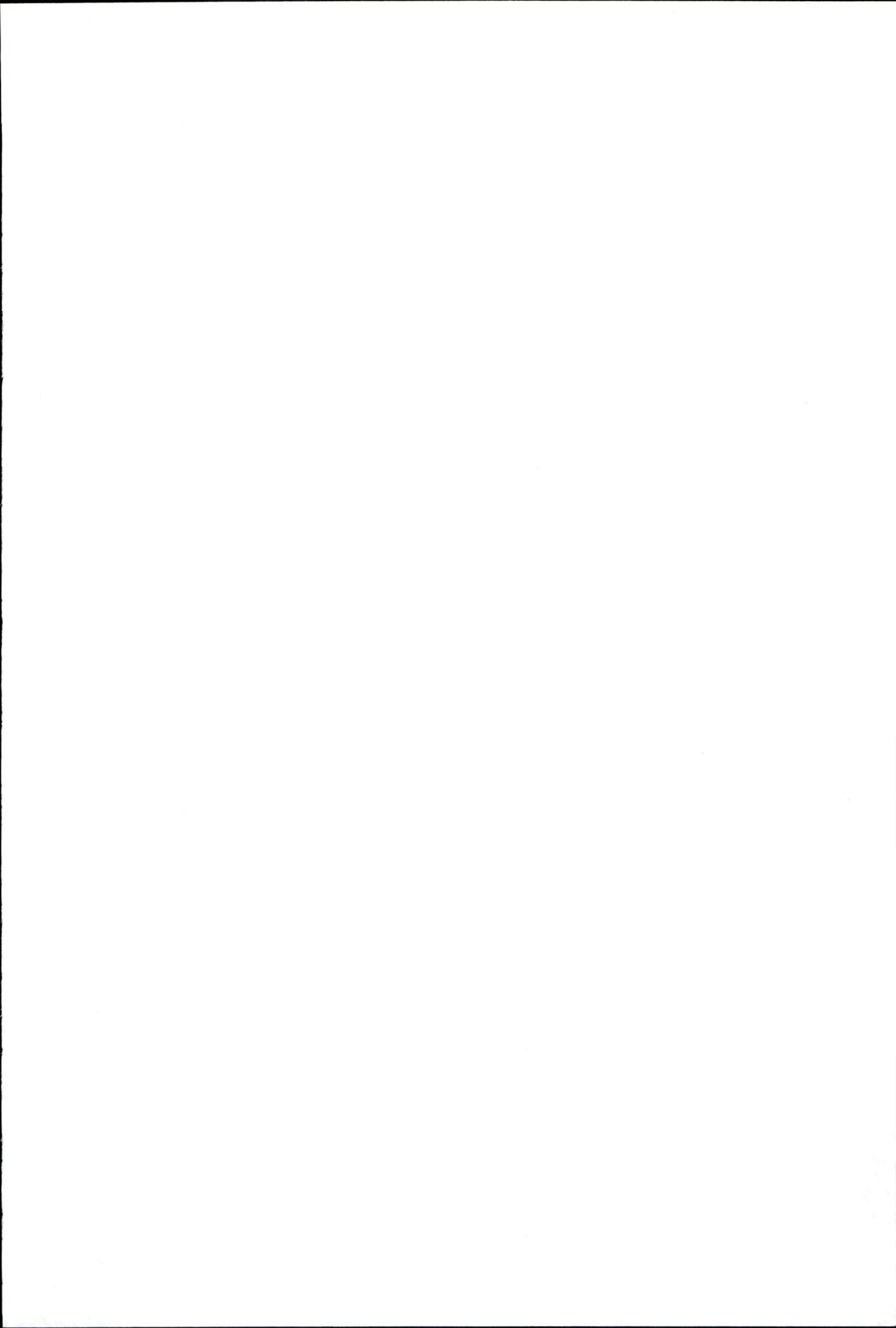
INHOUDSTABEL

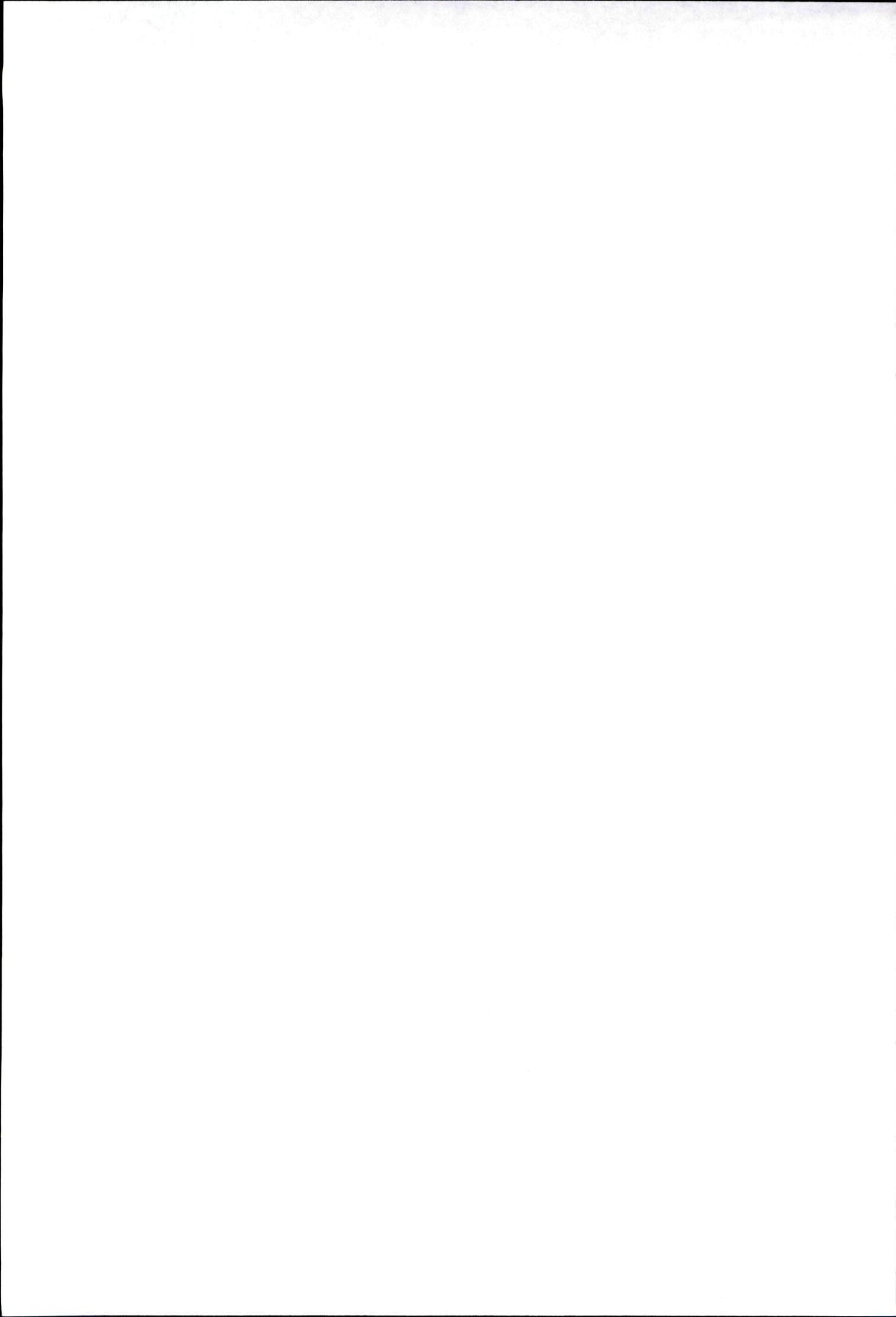
1	INLEIDING	3
2	CONTRACTUELE TAKEN	3
3	WETTELIJKE BEPALINGEN	6
4	UITBOUW AQUARIUM-INFRASTRUCTUUR.....	7
4.1	MATERIAAL EN METHODEN	7
4.2	RESULTATEN	8
5	VERZAMELEN VAN LEVEND MATERIAAL.....	9
5.1	MATERIAAL EN METHODEN	9
6	STUDIE VAN DE PULSGENERATOREN EN HET ELEKTRISCH VELD.....	10
6.1	MATERIAAL EN METHODEN	10
6.1.1	<i>De pulsgeneratoren</i>	<i>10</i>
6.1.1.1	Pulsgenerator type MJX-50 (Fig. 3 A).....	10
6.1.1.2	Pulsgenerator type Tongfa-98 (Fig. 3 B).....	10
6.1.1.3	Pulsgenerator type LWY (Fig. 3 C).....	10
6.1.1.4	Pulsgenerator type LPG (Fig. 3D).....	10
6.1.2	<i>Het elektrisch veld</i>	<i>11</i>
6.1.2.1	Metingen in het labo.....	11
6.1.2.2	Metingen met een elektrodeframe op operationele grootte.....	12
6.1.3	<i>Respons van garnaal en platvis op elektrische pulsen – preliminaire experimenten</i>	<i>12</i>
6.2	RESULTATEN	12
6.2.1	<i>De pulsgeneratoren</i>	<i>12</i>
6.2.1.1	Pulsgenerator type MJX-50.....	12
6.2.1.2	Pulsgenerator type Tongfa-98	12
6.2.1.3	Pulsgenerator LWY I & II.....	13
6.2.1.4	Pulsgenerator LPG	13
6.2.2	<i>Het elektrisch veld</i>	<i>13</i>
6.2.2.1	Metingen in het labo.....	13
6.2.2.2	Metingen met een elektrodeframe op operationele grootte (Fig. 7).....	14
6.2.3	<i>Respons van garnaal en platvis op elektrische pulsen – preliminaire experimenten</i>	<i>14</i>
6.3	DISCUSSIE	15
7	STUDIE VAN DE REACTIE VAN GARNAAL OP ELEKTRISCHE PULSEN	16
7.1	MATERIAAL EN METHODEN	16
7.1.1	<i>De verschillende elektrodeopstellingen.....</i>	<i>16</i>
7.1.2	<i>Minimum pulsspanning</i>	<i>16</i>
7.1.3	<i>De springrespons van garnaal</i>	<i>16</i>
7.2	RESULTATEN	17
7.2.1	<i>Algemeen</i>	<i>17</i>
7.2.2	<i>Minimum pulsspanning</i>	<i>17</i>
7.2.3	<i>De springrespons van garnaal</i>	<i>18</i>
7.2.3.1	Elektrodeopstelling A (Fig. 6).....	18
7.2.3.2	Elektrodeopstelling B tot H (Fig. 6)	18
7.3	DISCUSSIE	19
8	STUDIE VAN DE REACTIE VAN PLATVIS EN ANDERE DEMERSALE DIERSOORTEN OP ELEKTRISCHE PULSEN	21
8.1	MATERIAAL EN METHODEN	21
8.2	RESULTATEN	21
8.2.1	<i>Schol (Pleuronectes platessa).....</i>	<i>21</i>
8.2.2	<i>Tong (Solea solea).....</i>	<i>21</i>
8.2.3	<i>Schar (Limanda limanda).....</i>	<i>21</i>
8.2.4	<i>Tarbot (Psetta maxima).....</i>	<i>21</i>
8.2.5	<i>Rog (Raya spp.).....</i>	<i>22</i>



8.2.6	<i>Zeedonderpad (Myoxocephalus scorpius)</i>	22
8.2.7	<i>Pitvis (Callionymus lyra)</i>	22
8.2.8	<i>Harnasmannetje (Agonus cataphractus)</i>	22
8.2.9	<i>Gewone meun (Ciliata musicla)</i>	22
8.2.10	<i>Gewone zwemkrab (Liocarcinus holsatus)</i>	22
8.2.11	<i>Strandkrab (Carcinus maenas)</i>	22
8.2.12	<i>Andere</i>	22
8.3	DISCUSSIE	22
9	STUDIE VAN DE IMPACT VAN DE PULSEN OP DE CONDITIE VAN GARNAAL EN VIS	23
9.1	MATERIAAL EN METHODEN	23
9.2	RESULTATEN	23
9.2.1	<i>Grijze garnaal (Crangon crangon)</i>	23
9.2.2	<i>Vis en benthos</i>	24
10	MODELPROEVEN	24
11	EXPERIMENTEN OP ZEE.....	24
11.1	MATERIAAL EN METHODEN	24
11.1.1	<i>Opzet van de praktijkproeven</i>	24
11.1.2	<i>Vaartuigen, vistuigen en visgronden</i>	24
11.1.3	<i>Data collectie en analyse</i>	26
11.2	RESULTATEN	27
11.3	DISCUSSIE	30
11.3.1	<i>Garnaal</i>	30
11.3.2	<i>Commerciële vis (Tabel 2)</i>	31
11.3.3	<i>Niet-commerciële vis en invertebraten (Tabel 3)</i>	32
12	ANDERE.....	32
12.1	RAPPORTERING.....	32
12.2	STUDIEBEZOEK VAN PROFESSOR ZHONG WEI GUO	33
12.3	CONTRACTUELE TAKEN EN PLANNING.....	33
13	BESLUITEN	33
14	BIBLIOGRAFIE	36
15	DANKWOORD	36







1 Inleiding

Onderhavig rapport geeft een overzicht van de werkzaamheden in het project "Ontwikkeling van een milieu-vriendelijke visserijmethode voor de garnaalvisserij, gebaseerd op stimulering door elektrische pulsen" dat liep van 20/11/97 tot 31/03/01.

De belangrijkste doelstelling van dit project is, om via wetenschappelijk onderbouwd onderzoek tot een type garnaalvistuig te komen dat (a) soort- en lengteselectief te werk gaat, (b) de ongewenste bijvangsten reduceert, (c) zodoende de impact van de garnaalvisserij op het milieu tot een minimum herleidt, en (d) de kwaliteit van de vangsten verhoogt. Het middel dat daartoe uitgetest werd is de elektrische puls als stimuleringsalternatief in een nieuw type garnaalboomkor.

Grosso-modo kan het project in twee fasen ingedeeld worden:

- Aquariumproeven onder gecontroleerde omstandigheden om de eigenschappen van de pulsgeneratoren te bepalen, om de reactie van garnaal, platvis en benthos op de pulsen na te gaan en om de impact van de pulsen op de overleving van de dieren na te gaan (Fase 2 & 4).
- Experimenten op zee om de werking van het systeem onder bedrijfsvoorwaarden op punt te stellen. Hiervoor zal een vistuig ontworpen worden dat enkel de dieren vangt die zich op zekere hoogte van de bodem bevinden. Hierbij is van groot belang voor de selectieve visserij dat vooral garnaal een goede springrespons vertoont op de pulsen. Deze respons is bij voorkeur minimaal voor juveniele platvis en benthos (Fase 3).

Als voorbereiding op het project in het algemeen, en op de aquariumproeven in het bijzonder, waren enkele inleidende proeven, alsmede de uitbouw van de nodige aquarium-infrastructuur voorzien. Deze voorbereidende werkzaamheden werden gegroepeerd onder Fase 1 van het project.

Het project startte op 20 november 1997, kort na de definitieve goedkeuring door het Management Comité. Op diezelfde datum werd op het Departement Zeevisserij (DvZ) een gegradueerde elektronica (Katrien Ghesquière) in dienst genomen die voltijds werd ingezet in het project. Van het bestaande personeelsbestand van het DZ werkten meerdere assistenten, een industrieel ingenieur, een technicus A2 en twee technici A3 deeltijds mee aan het project. Eind februari 1999 heeft Katrien Ghesquière haar ontslag ingediend op het DvZ en na de wettelijke opzegtermijn van 6 weken verliet ze het Departement op 12/04/1999. Wegens het nijpend gebrek aan gegradueerden elektronica op de arbeidsmarkt en daar het tweede projectjaar nog slechts weinig elektronisch ontwikkelingswerk inhield werd als plaatsvervanger geopteerd voor een A2 elektronica i.p.v. een gegradueerde. Louis de Gheest begon te werken voor het project op 12/04/99. Hij verliet het DvZ bij het einde van zijn contract op 01/01/01.

2 Contractuele taken

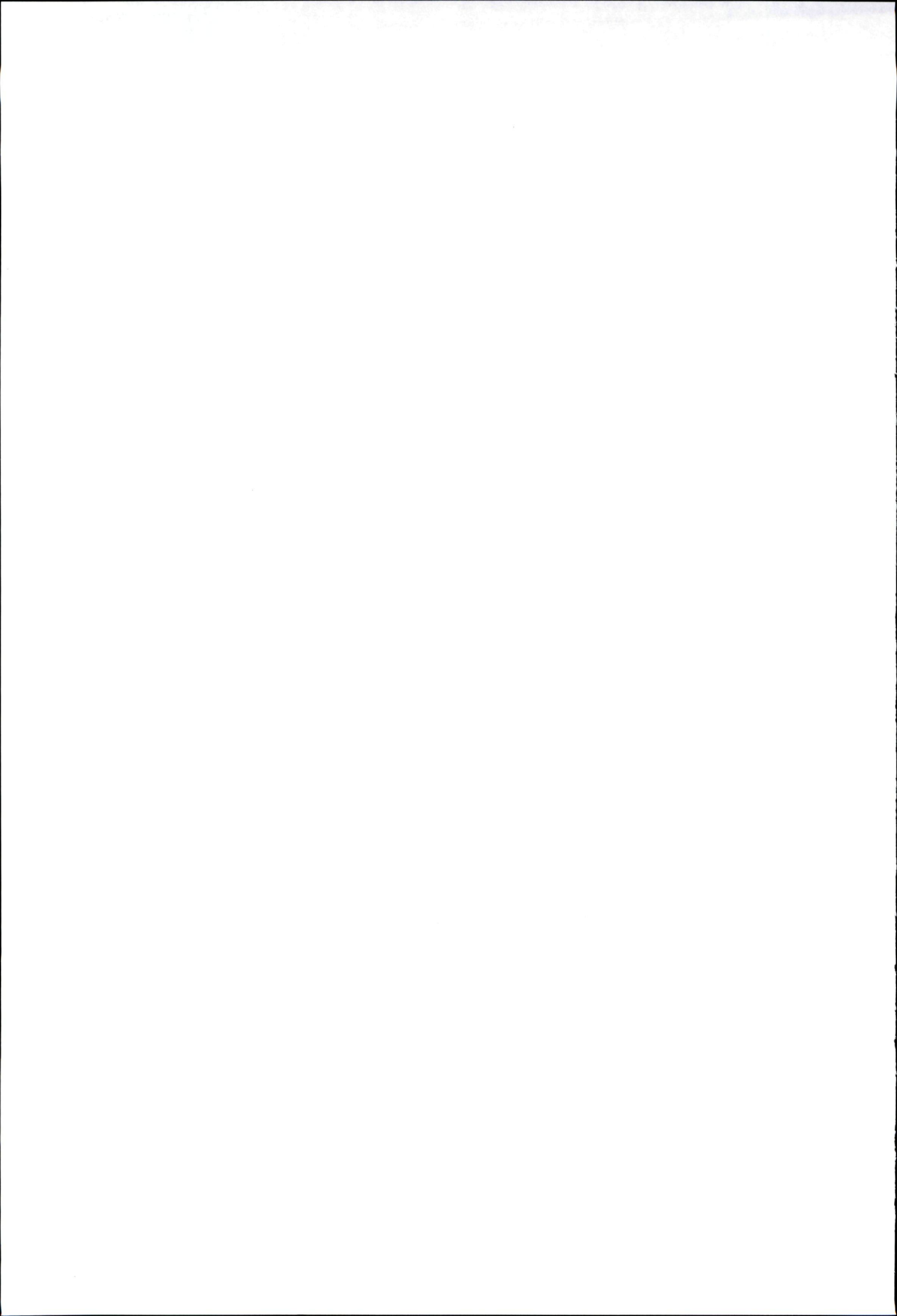
FASE 1 - INFRASTRUCTUUR en INSTRUMENTATIE

Taak 1.1 Voorbereidende studie van de pulsgenerator

Een bestaande pulsgenerator, ontworpen door de Zhoushan Afdeling van de *Oriental Science Industry and Trade Company Group* (Zhoushan, Volksrepubliek China), zal getest worden op zijn toepasbaarheid voor grijze garnaal en Noordzee-vissoorten. Deze pulsgenerator kent voor het ogenblik weliswaar een commercieel gebruik in Zuid-China voor de visserij op subtropische garnaal, maar over de toepasbaarheid in de Belgische garnaalvisserij is nog weinig gekend.

Taak 1.2 Aanpassing van de bestaande of ontwikkeling van een nieuwe pulsgenerator

Na de projectuitbreiding verviel de oorspronkelijke Taak 1.2 en werd vervangen door Fase 4.



Taak 1.3 Uitbouw aquarium-infrastructuur

Voor de laboratorium-experimenten gepland in Fasen 2 en 4 is aquarium-infrastructuur noodzakelijk. Volgende elementen zijn voorzien:

- Een test-aquarium voor de experimenten met elektrische pulsen op de verschillende doelsoorten (cf. Taken 2.1 en 2.2). In dit aquarium is een voorziening aangebracht voor een bestaande onderwatercamera, teneinde de gedragingen en reactiesnelheden van de diverse soorten te registreren.
- Meerdere aquaria met controlepopulaties ten behoeve van de overlevingsproeven op de doelsoorten van het project (cf. Taak 2.3).
- Meerdere bewaarbakken voor het aanleggen van een reserve aan garnaal en platvis.

Taak 1.4 Verzamelen van levend materiaal

In de voorbereidende fase zal het noodzakelijke levend materiaal voor de laboratoriumproeven verzameld worden. Dit zal gebeuren door kruien op het strand en met een commercieel vaartuig. Deze taak heeft een doorlopend karakter zolang de laboratoriumproeven duren. Het verzamelen van levend materiaal wordt reeds in Fase 1 aangevat zodat de proefdieren voldoende tijd hebben om te acclimatiseren in de bewaarbakken.

FASE 2 - LABORATORIUM-EXPERIMENTEN

Taak 2.1 Studie van de reactie van garnaal op elektrische pulsen

In deze taak zal een gedetailleerde studie gemaakt worden van de invloed van elektrische pulsen op garnaal. De criteria die hierbij gebruikt worden zijn reactiesnelheid, puls-moeheid en lengte-afhankelijkheid.

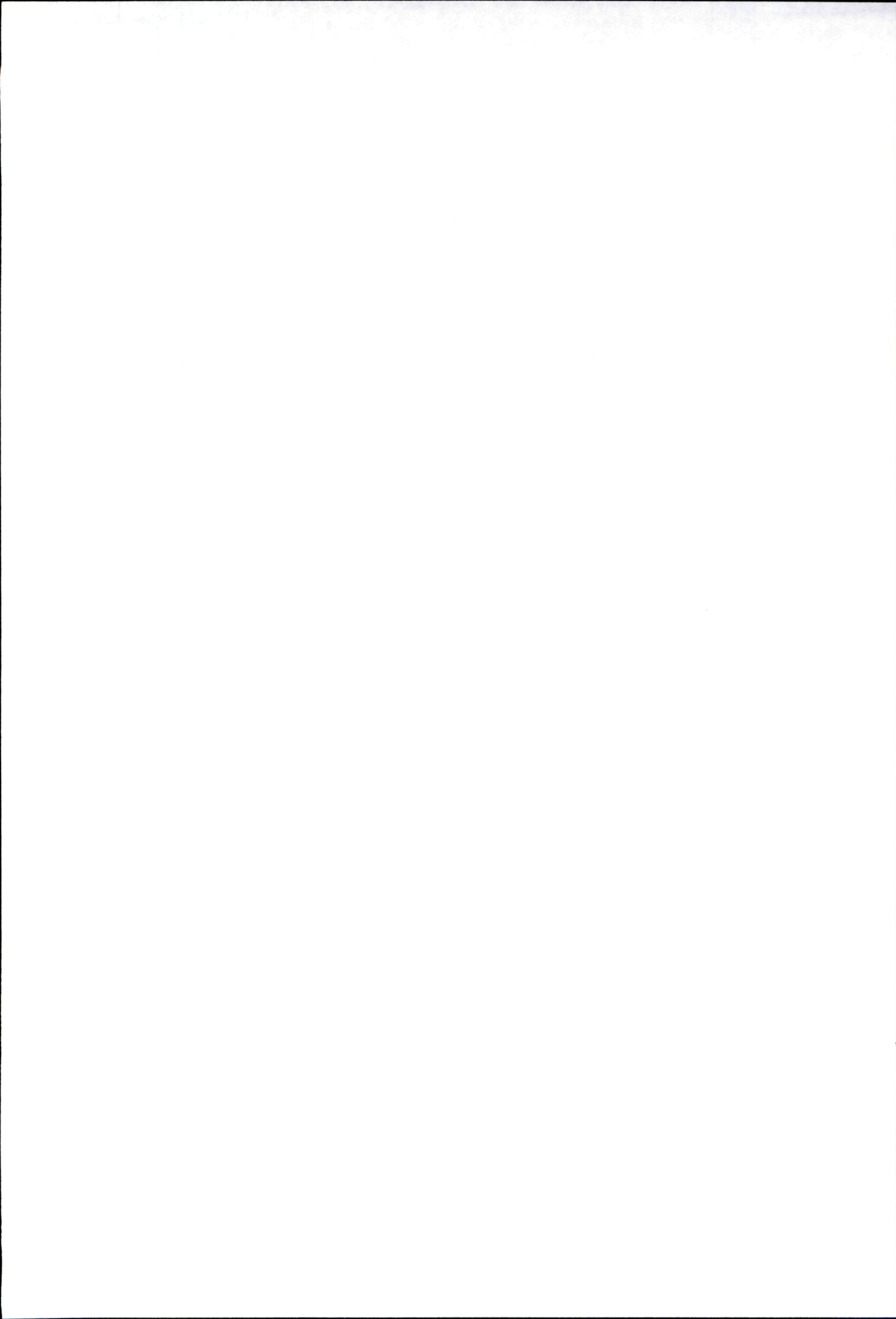
Taak 2.2 Studie van de reactie van platvis op elektrische pulsen

In deze taak zal een gedetailleerde studie gemaakt worden van de invloed van elektrische pulsen op platvis (schol, schar en tong). De criteria die hierbij gebruikt worden zijn reactiesnelheid, puls-moeheid en lengte- en soort-afhankelijkheid.

De belangrijkste doelstelling van Taken 2.1 en 2.2 is na te gaan of een optimale scheiding tussen juveniele en commerciële garnaal gecombineerd kan worden met een optimale scheiding tussen onder- en bovenmaatse platvis, en, zo ja, welk type pulsen daarvoor het meest geschikt zijn. Dit is een cruciaal element in het welslagen van het project. Aangezien de selectieve werking van elektrische pulsen zowel soort- als lengte-afhankelijk is, is het immers niet ondenkbaar dat de 'optimale puls' voor de ene soort geen bevredigende resultaten oplevert voor de overige soorten, en dat de uiteindelijke keuze zal vallen op een type puls dat een aanvaardbaar compromis inhoudt ten aanzien van de scheiding van de verschillende soorten.

Taak 2.3 Studie van de impact van de pulsen op de conditie van garnaal en vis

Aangezien het de bedoeling is om, mits gebruik van elektrische pulsen, soort- en lengte-selectief te vissen, rijst meteen ook de vraag naar de overlevingskansen van de dieren die aan de pulsen blootgesteld worden, maar die niet in het net terechtkomen. Over de invloed van elektrische pulsen op de overleving en de conditie van mariene biota bestaat weliswaar veel literatuur, maar deze is verre van eenduidig. Vandaar dat in het project de impact van specifieke pulsen op de overlevingskansen van garnaal en juveniele platvis zal nagegaan worden. Daartoe zullen de dieren die aan de experimenten onderworpen werden met controlepopulaties vergeleken worden, en dit op langere termijn.



Taak 2.4 Rapportering

Aan het einde van Fase 2 zal een intermediair rapport opgemaakt worden met de resultaten van de laboratorium-experimenten.

FASE 3 - EXPERIMENTEN op ZEE

Taak 3.1 Ontwerp van het vistuig

Er zal een vistuig ontworpen worden waarvan de visnamigheid (¹) voor garnaal, platvis en bodemfauna minimaal is zonder elektrische pulsen. Vervolgens is het de bedoeling dat de elektrische pulsen enkel de doelsoorten opschrikken, zodat een vangst bekomen wordt die hoofdzakelijk uit garnaal en commerciële vissen bestaat. Hierbij zal een evenwicht gezocht worden tussen optimalisatie van de rentabiliteit enerzijds, en minimalisatie van de impact op het milieu anderzijds.

Taak 3.2 Modelproeven

Van het nieuwe vistuig zal een schaalmodel geconstrueerd worden dat vervolgens zal uitgetest worden in de proeftank van IFREMER (²) te Boulogne (Frankrijk). Hier zullen de technische karakteristieken van het vistuig geoptimaliseerd worden om averij tijdens de experimenten op zee tot een minimum te beperken.

Taak 3.3 Constructie van het vistuig op ware grootte

Het prototype zal op ware grootte vervaardigd worden voor de experimenten op zee.

Taak 3.4 Experimenten op zee

Het vistuig zal onder commerciële omstandigheden uitgetest worden aan boord van een garnaalvaartuig (Z.582 – Asanat). Hierbij zal aan één zijde van het vaartuig een standaard garnaalnet opgetuigd worden, en aan de andere zijde het experimentele vistuig. Op deze manier kunnen de visnamigheid en de selectiviteit van het experimentele net vergeleken worden met deze van een gewoon commercieel garnaalnet.

De criteria waarop het experimentele net zal beoordeeld worden zijn:

- Aantallen, gewicht en lengteverdeling van zowel de ondermaatse als de maatse vissen in de vangst.
- Aantallen, gewicht en lengteverdeling van zowel de niet-commerciële als de commerciële garnalen in de vangst.
- Hoeveelheden en soort-samenstelling van de niet-commerciële vissen en bodemfauna in de vangsten.
- Kwaliteit van de vangsten.

Voor wat de vissen betreft, zal in deze fase van het project ook aandacht besteed worden aan de belangrijkste commerciële rondvissoorten, zoals kabeljauw en wijting, en aan minder talrijk voorkomende platvissoorten, zoals tarbot, griet en bot.

¹ Visnamigheid: Het vermogen van een vistuig om vis of andere doelsoorten te vangen.

² IFREMER: Franse wetenschappelijke instelling belast met oceanografisch onderzoek.



Taak 3.5 Rapportering

Aan het einde van Fase 3 zal een intermediair rapport opgemaakt worden met de resultaten van de experimenten op zee.

FASE 4 – VERDERE VERFIJNING VAN DE PULSPARAMETERS

Taak 4.1 Ontwerp en constructie van een pulsgenerator met instelbare puls

In deze taak zal aan de Universiteit van Shanghai in China de opdracht gegeven worden een ontwerp te maken van een pulsgenerator met instelbare puls voor gebruik in het labo. De aanpasbare parameters zijn: type puls, pulsduur, amplitude en frequentie. Met de heer Guo werd overeengekomen dat de schema's voor dit toestel aan het RvZ zullen overgemaakt worden. Op basis hiervan zal beslist worden of het toestel in België kan vervaardigd worden, dan wel of ook de feitelijke constructie in China dient te gebeuren.

Taak 4.2 Bepalen van de optimale puls

Met behulp van het nieuwe toestel zal gezocht worden naar een puls die de respons van garnaal *maximaliseert* en deze van platvis en benthos *minimaliseert*. De invloed van het type puls, de pulsduur, de amplitude en de frequentie zal in detail bestudeerd worden. Hiervoor zijn een groot aantal labo-testen voorzien, waarvoor ook de nodige proefdieren zullen moeten verzameld worden. De infrastructuur, nodig voor de uitvoering van deze testen, is reeds voorhanden.

Taak 4.3 Vereisten voor het prototype

Op basis van de resultaten uit Fasen 3 en 4 zullen de minimum vereisten opgemaakt worden waaraan een pulsgenerator voor de garnaalvisserij in de Noordzee moet voldoen. Een mogelijk ontwerpschema voor een prototype pulsgenerator, op maat gemaakt voor onze visserij, zal het eindproduct zijn van het project.

Taak 4.4 Rapportering

Aan het einde van Fase 4 zal het eindrapport opgemaakt worden.

Taak 4.5 Verspreiding van de resultaten

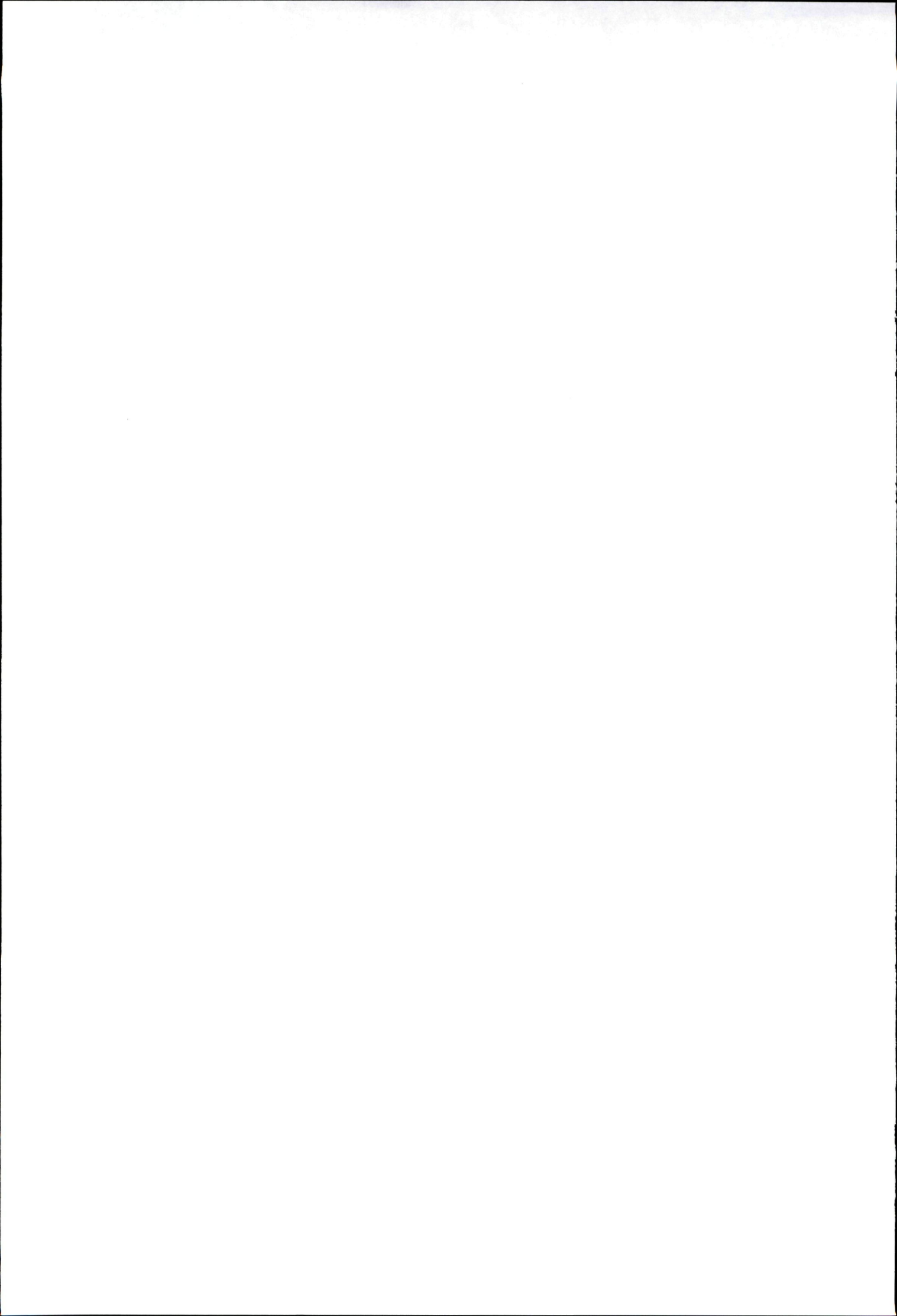
De resultaten van het project zullen zo ruim mogelijk verspreid worden: in het visserijbedrijf via de vakpers, en in de wetenschappelijke wereld via publicaties en voordrachten.

3 Wettelijke bepalingen

Vissen met elektriciteit kan op verschillende manieren. Om ongeoorloofde toepassingen van elektriciteit in de visserij te vermijden werden door de EU beperkende maatregelen opgelegd. Tot eind 1999 waren die vrij beperkt. In EU-verordening 894/97, artikel 12 werd namelijk gesteld dat in het *Kattegat en Skagerrak* behalve voor tonijn en reuzehaai voor het vangen van *vis* geen elektrische stroom mag worden gebruikt.

In EU-verordening 850/98 die de nieuwe technische maatregelen bevatte voor het jaar 2000 werd deze maatregel aanzienlijk strenger met een uitbreiding van gebied en organismen. In artikel 31 van deze verordening onder de hoofding "Niet-conventionele visserijmethoden" werd namelijk gesteld dat het verboden is *mariene organismen* te vangen met elektrische stroom, en dit voor *alle gebieden*.

In punt (22) van dezelfde verordening stond echter ook: "Overwegende dat, om het wetenschappelijk onderzoek en het kunstmatig uitzetten en overbrengen van mariene organismen niet te belemmeren, deze verordening niet mag gelden voor activiteiten die met het oog daarop nodig zijn".



Dit betekent dat voor een eventuele commerciële toepassing de nodige stappen zullen moeten ondernomen worden om hiervoor de toelating te krijgen en deze verordening te amenderen. Het wetenschappelijk onderzoek kon echter zonder problemen doorgaan.

4 Uitbouw aquarium-infrastructuur

4.1 Materiaal en methoden

Voor de voorbereidende studie van de pulsgenerator werd voor het bewaren van proefdieren gebruik gemaakt van de bestaande infrastructuur op het DvZ. Twee installaties stonden hiervoor ter beschikking, namelijk aquaria A, bestaande uit drie kleine aquaria met een volume van 700l elk, en aquaria B (Fig. 1), bestaande uit 4 bakken met een totaal volume van 3600l. De aquaria waren gevuld met zeewater. Op de bodem was een laagje zand aangebracht opdat de garnalen en platvissen zich tijdens de periode van inactiviteit zouden kunnen ingraven. Om de lichtinval in natuurlijke omstandigheden na te bootsen en om temperatuurschommelingen te minimaliseren werd het lokaal gedeeltelijk verduisterd.

Op het DvZ zijn grote tanks beschikbaar voor opslag van een voorraad zeewater. Om deze voorraad aan te vullen diende geregeld transport georganiseerd te worden naar het stedelijk zwembad van Oostende. Elke rit werden twee tanks met een volume van 1000 l elk gevuld via de pijplijn die de installaties van het zwembad verbindt met de zee. In de zomer van 1999 werd echter een zeewaterpijplijn operationeel op het DvZ, wat de zeewatervoorziening aanzienlijk vereenvoudigde.

Voor de preliminaire experimenten met elektrische pulsen op vis en garnaal diende eerst een voorraad proefdieren aangelegd te worden. Vóór het verzamelen van deze proefdieren werden de bestaande aquaria grondig gereinigd en voorzien van vers zeewater. Kort na het vullen van de bakken werd de waterkwaliteit bepaald. Volgende parameters werden opgemeten:

<i>parameter</i>	<i>norm</i>
• NH ₃ (ammoniak):	< 0.5 mg/l
• NO ₂ (nitriet):	< 0.5 mg/l
• NO ₃ ⁻ (nitraat):	< 100 mg/l
• Karbonaathardheid:	7° dH ³
• Saliniteit:	30 promille
• Ph:	7.5 – 8.5

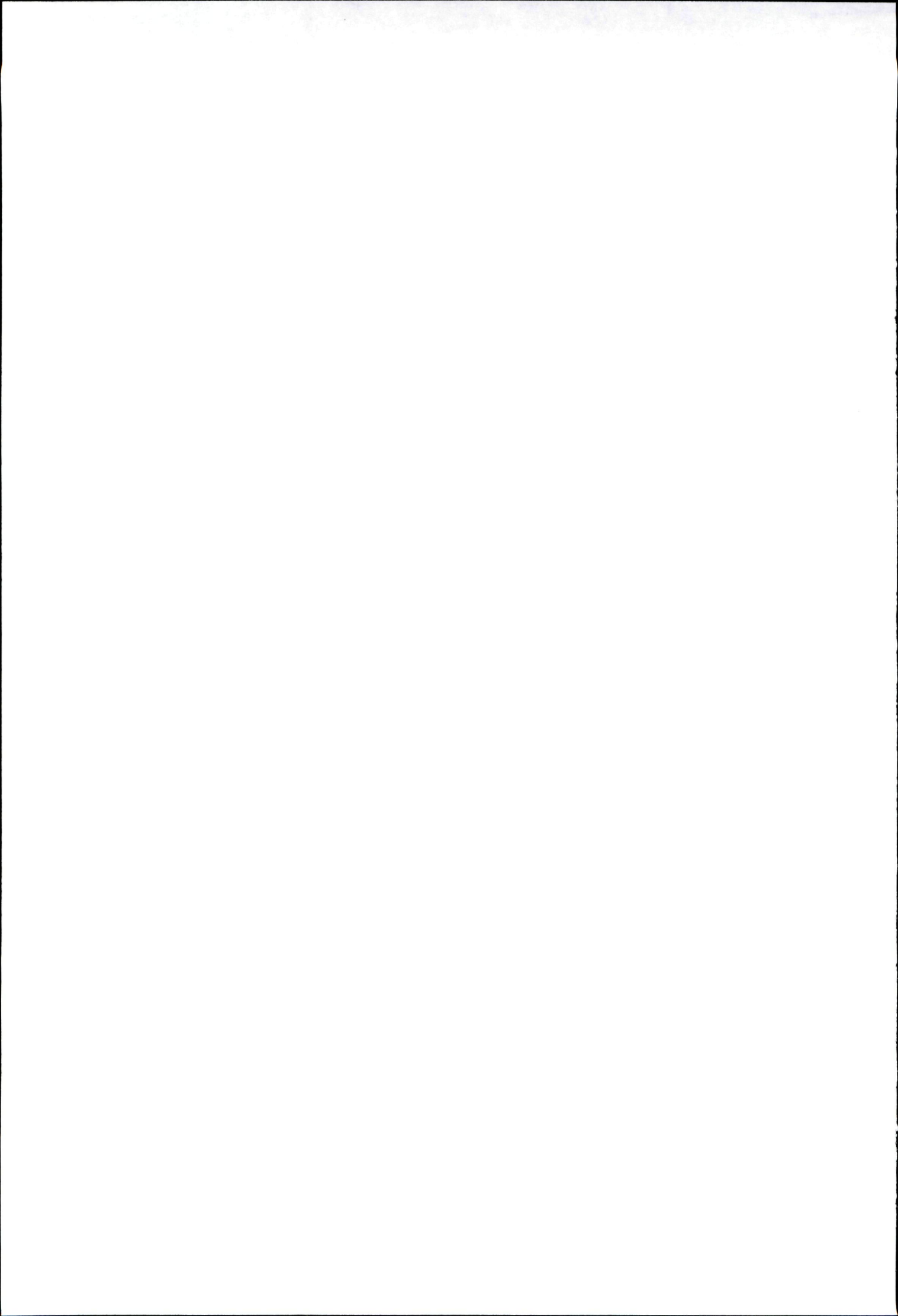
Deze controle werd de eerste weken 3 maal per week en nadien wekelijks uitgevoerd. Bij speciale omstandigheden zoals abnormale sterfte werden de metingen frequenter uitgevoerd.

Voor de testen met de pulsgeneratoren werd een plexiglas waarnemingsaquarium gebruikt van 210 cm L x 110 cm B x 60 cm H.

Voor de overlevingsproeven diende de aquariuminfrastructuur verder uitgebouwd te worden. Er werden drie sets van zes aquariumbakken toegevoegd (Fig. 1). Deze bakken waren vervaardigd uit plastic en maten 80 cm L x 60 cm B x 32 cm H. Er circuleerde een totaal volume van 3500 l water door het systeem. Het geheel werd opgesteld in dezelfde ruimte als het waarnemingsaquarium om het overbrengen van de geteste dieren voor de overlevingsexperimenten zo vlot mogelijk te laten verlopen.

Voor het instandhouden van de kwaliteit van het water werden de aquaria voorzien van een eenvoudige biologische filter (Fig. 1) geënt met bacteriën. Na enting diende meerdere weken gewacht te worden vooraleer de bacteriën in voldoende mate aanwezig waren om vis of garnaal gezond te houden. In deze filter wordt het voor de vissen schadelijke NH₃ (ammoniak) omgezet tot NO₂ (nitriet) door Nitro-

³ ° dH = graden Duitse hardheid. De waarde van de karbonaathardheid (KH) wordt gemeten in ° dH. Deze meting is van belang omdat KH en pH elkaar direct beïnvloeden.



somonas spp. bacteriën. Het eveneens schadelijke NO_2 wordt vervolgens omgezet tot NO_3^- (nitraat) door Nitrobacter spp. bacteriën. Nitraat kan echter enkel afgebroken worden door anaërobe bacteriën. Door het ontbreken van een anaërobe sectie in deze filter blijft het nitraat gehalte accumuleren. Deze stof is minder schadelijk voor de organismen in de aquaria. Toch werd ervoor gekozen het water gedeeltelijk te verversen als de nitraatconcentraties hoger werden dan 100 mg/l. De pH-waarde van het water is een belangrijke factor omdat die bepalend is voor de verhouding tussen de concentratie aan het onschadelijke NH_4^+ (ammonium) en het schadelijke ammoniak. Als de pH-waarde boven 8.5 stijgt wordt steeds meer ammonium omgezet in ammoniak waardoor de ammoniakconcentraties in korte tijd sterk kunnen stijgen met hoge sterfte als gevolg. Vandaar dat de pH-waarde nauwlettend in het oog werd gehouden en indien nodig verlaagd werd door toevoeging van HCl. Indien de pH te laag was werd die aangepast door toevoeging van NaHCO_3 .

De voeding van de garnalen bestond uit een dieet van stukken vis en mosselen, vergelijkbaar met natuurlijke omstandigheden daar garnalen aaseters zijn. Aangezien het dieet van enkele vissoorten in natuurlijke omstandigheden bestaat uit kleine wormen en schelpdieren was het niet mogelijk deze dieren in de aquaria onmiddellijk te laten overschakelen op pelletvoer. Vandaar dat een overgangsfase werd ingeschakeld met een dieet van kleine organismen gevangen tijdens het kruien, stukken vis en mosselen. Daar de dieren de stukken vis en mosselen zeer gemakkelijk aanvaardden als voedsel werd dit dieet verdergezet. Slechts bij uitputting van de voorraad aan natuurlijk voedsel werd overgeschakeld op een dieet van pellets. Deze pellets met een diameter van 0.8-1.2 mm waren samengesteld uit 61% proteïne, 11% vet, 0.5% vezels en 9% as. Op een zak van 25 kg was 30.000 I.U. vitamine A, 3.000 I.U. vitamine D3, 100 mg vitamine E en 100 mg vitamine C toegevoegd.

4.2 Resultaten

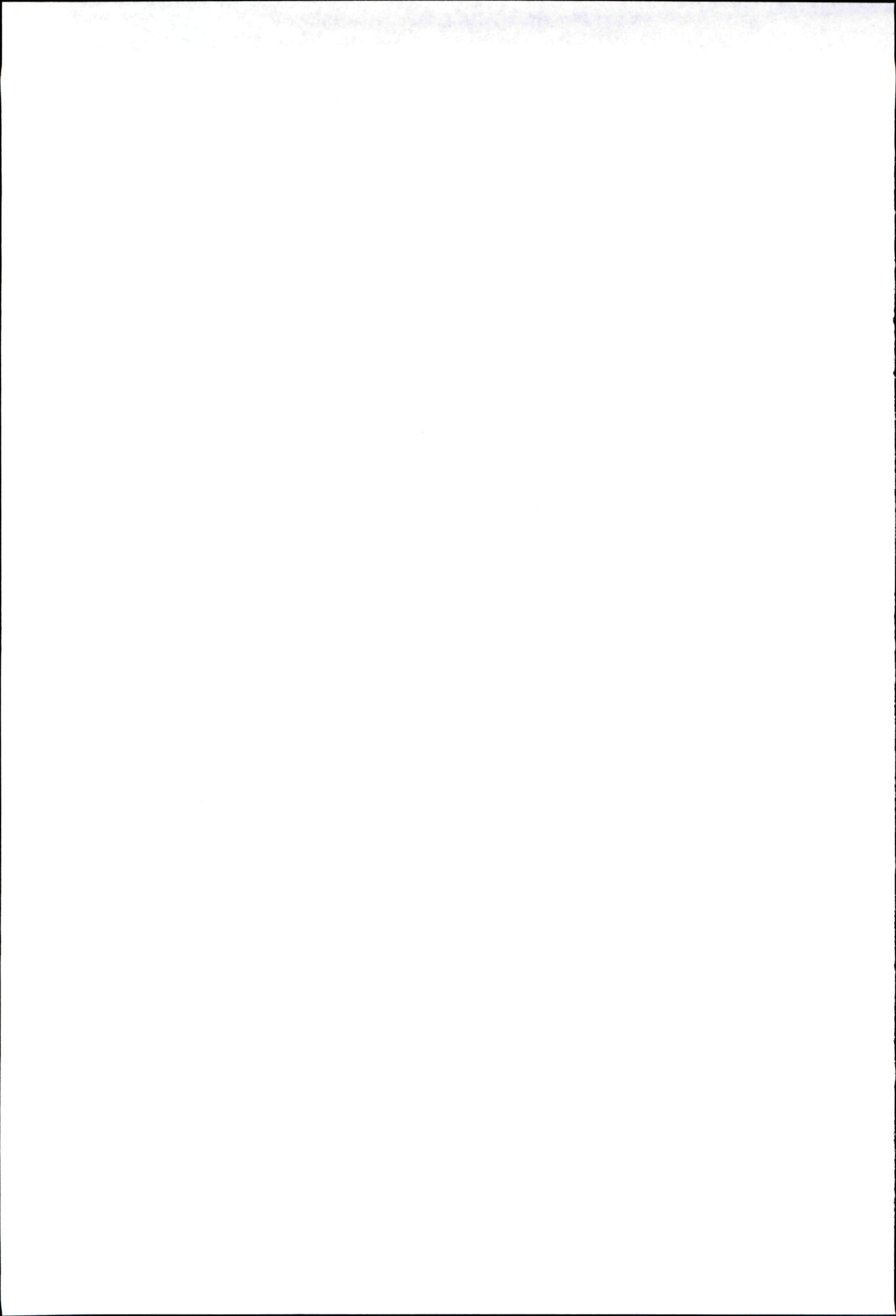
Gezien het groot aantal proefdieren nodig voor de experimenten werden alle beschikbare aquaria gebruikt voor het aanleggen van een voorraad garnalen, vissen en benthos. De vissen konden zich goed aanpassen aan hun nieuwe omgeving met een zeer geringe sterfte tot gevolg. Ook de conditie van de garnalen was goed.

Het verzorgen van de proefdieren is erg arbeidsintensief gebleken en bestond uit volgende handelingen:

- Op peil houden van de voorraad natuurlijk voedsel. Om de kosten te drukken werd vis verzameld tijdens de experimentele zeereizen van dit en van andere projecten. Bij uitputting van de voorraad werd vis aangekocht in de handel, wat echter zelden nodig was. Het zelf verzamelen van mosselen was niet haalbaar. Dit was te arbeidsintensief en het noodzakelijke spoelen vereiste nog een extra aquarium. Vandaar dat de mosselen meestal werden gekocht in de handel.
- Dagelijks ontdooien en versnijden van de vis en mosselen.
- Dagelijks voeren van de proefdieren. Hierbij diende de toegediende hoeveelheid voedsel in nauwe overeenstemming te zijn met de dichtheden aan vis en garnaal. Te weinig voedsel werkte kannibalisme in de hand. Te veel voedsel had een nadelig effect op de waterkwaliteit en verhoogde het risico van bacteriële infecties. Voor de dosering werd gerekend op de ervaring van de verzorger.
- Dagelijks verwijderen van dode proefdieren en voedselresten om rotting en dus een slechte waterkwaliteit tegen te gaan.

De aquaria A en B werden reeds bij de aanvang van het project in gebruik genomen. Dit was mogelijk daar de biologische filter reeds geruime tijd actief was. De bouw van aquaria C, D en E was afgewerkt begin maart 1998. Onmiddellijk werden bacteriën geënt in de filter. Het duurde vervolgens nog tot eind april voor de filter voldoende werkzaam was en de aquaria in gebruik konden genomen worden.

Tijdens het project bleef de kwaliteit van het water meestal optimaal. Begin juni 1998 werd een mobiele koeling geplaatst bij de aquaria B, C, D en E. Kort nadien werden erg hoge koperconcentraties vastgesteld in het water. Daar de zuurstofuitwisseling bij schaaldieren gebaseerd is op koperbindingen in het bloed had dit erg nadelige gevolgen voor de garnalen. Een grote sterfte was het gevolg.



Nadien bleek dat het koper afkomstig was van de leidingen van de foutief herstelde mobiele koeling. Deze werd onmiddellijk verwijderd. Herhaalde pogingen werden ondernomen om het koper uit het water te verwijderen. Hiertoe werd het zeewater meerdere malen ververst en werden "Copper Remover" en actieve kool aan de filter toegevoegd. Het gevolg was dat de aquaria lange tijd buiten bedrijf waren met een vertraging van de experimenten als gevolg. Kort nadien werd een vast koelsysteem geïnstalleerd.

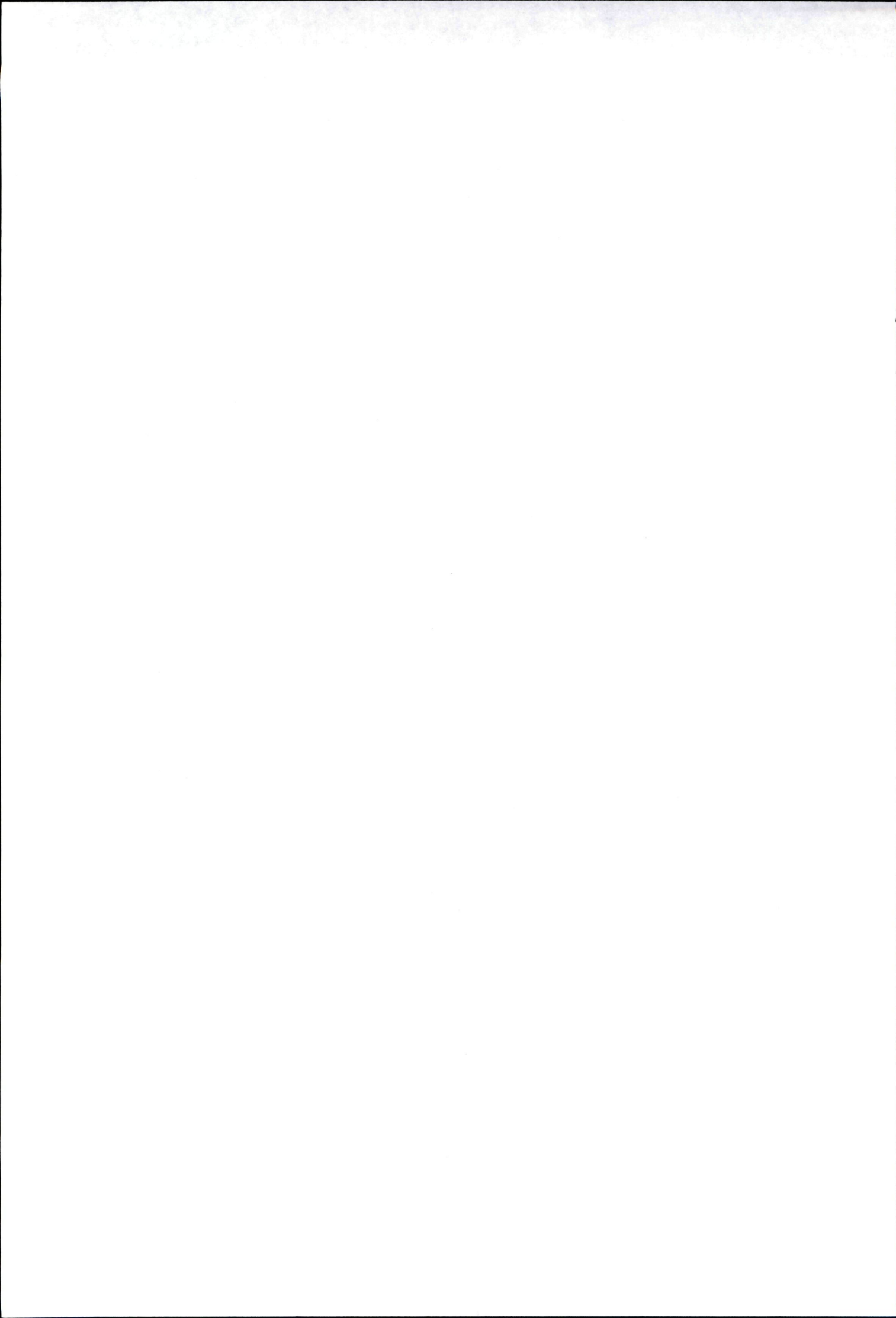
5 Verzamelen van levend materiaal

5.1 Materiaal en methoden

Voor de waarnemingsexperimenten en de overlevingstests waren grote hoeveelheden proefdieren nodig. Dit levend materiaal werd op verschillende manieren verzameld:

- *Kruien op het strand:* Voor het kruien werd een ploeg uitgestuurd naar het strand, 1 uur voor laag water omdat dan de vangstverwachting het hoogst is. De dieren werden gevangen met een 3m kruinet voortgetrokken door twee personen. De gevangen dieren werden gesorteerd en verzameld in emmers door de derde persoon. Deze werden zo vlug mogelijk overgebracht naar de bewaar-aquaria in het labo.
- *Boomkorvisserij op de Belgica:* Op de Belgica werden de dieren verzameld door visserij met een 8m garnalenboomkor. De geselecteerde vissen en garnalen werden aan boord bewaard in grote overlevingstanks (Fig. 2) voorzien van een continue zeewaterstroom en beluchting. Aan het einde van de campagne werd zo vlug mogelijk transport georganiseerd om de dieren van Zeebrugge naar Oostende over te brengen. Tijdens het transport werden de tanks aanvankelijk voorzien van beluchting. Dit werd later vervangen door zuurstof, met betere resultaten.
- *Boomkorvisserij op een commerciële vaartuig:* Op vissersvaartuigen werden de dieren verzameld met het normale commerciële vistuig. Wegens de beperkte ruimte aan boord van deze vaartuigen dienden de grote overlevingstanks vervangen te worden door nieuw ontworpen compacte tanks (Fig. 2). Deze bestonden uit een houten frame waarin zes bewaarbakjes pasten van 40 cm breed, 60 cm lang en 12 cm hoog. Dit had het voordeel dat voor eenzelfde watervolume een vijf maal groter bodemoppervlak ter beschikking was in vergelijking met een monovolume tank.
- *Garnaal:* Voor de experimenten in de waarnemingstank werden de garnalen nooit tweemaal gebruikt. Bijgevolg waren grote hoeveelheden garnalen noodzakelijk. Er werd dan ook uitgekeken naar een eenvoudige manier om grote hoeveelheden levende garnaal te verkrijgen. Hiervoor werd beroep gedaan op de welwillendheid van Manfred Van Elslande (O.700) en Benny Viaene (O.101) en hun bemanning. Van hen werd gevraagd om na de laatste visserijsleep garnalen op te vangen in een bak zonder water. Tijdens vroegere zeereizen werd namelijk vastgesteld dat garnalen meerdere uren kunnen overleven buiten het water, beter dan in water waar bij grote dichtheden de zuurstof zeer snel is opgebruikt. Die werden vervolgens zo vlug mogelijk overgebracht naar de bewaar-aquaria, met goed gevolg. Deze methode was echter enkel toepasbaar voor garnaal.

Voor de preliminaire experimenten in het waarnemingsaquarium (Taak 1.1) werd slechts een beperkt aantal soorten gebruikt. Dit waren garnaal (*Crangon crangon*), schol (*Pleuronectes platessa*), schar (*Limanda limanda*) en tong (*Solea solea*). Deze keuze werd bepaald door het feit dat deze platvissoorten belangrijke bijvangst vertegenwoordigen in de Belgische garnaalvisserij (Van Marlen et al, 1998) en dat garnaal de doelsoort is voor deze visserij. Voor de proeven in Fase 2 werd deze lijst aangevuld tot 21 soorten.



6 Studie van de pulsgeneratoren en het elektrisch veld

6.1 Materiaal en methoden

6.1.1 De pulsgeneratoren

6.1.1.1 *Pulsgenerator type MJX-50 (Fig. 3 A)*

Dit toestel, ontworpen door de Zhoushan Afdeling van de Oriental Science Industry and Trade Company Group (OSITCG) (Zhoushan, Volksrepubliek China), werd door de producent in bruikleen gegeven voor het project. Dit toestel bestond uit de sturingsapparatuur, op te stellen aan boord van het vaartuig, de pulsgenerator te bevestigen op het vistuig, de voedingskabels tussen de sturing en de pulsgenerator en de elektrodes, te bevestigen op het vistuig voor de netopening.

Om de karakteristieken van het toestel op te meten in laboratoriumomstandigheden werd de proefopstelling uitgevoerd zoals weergegeven in Fig. 4 A. De eigenschappen van de pulsen gegenereerd door de pulsgenerator werden opgemeten in "meting 1" en de eigenschappen van de ingangsspanning van de generator werden bepaald in "meting 2" (Fig. 4 A). Voor het opmeten van pulsen kan geen standaard multimeter gebruikt worden maar een oscilloscoop is hierbij wel het aangewezen toestel. Het toestel gebruikt om de puls af te lezen was een oscilloscoop type Hitachi V525 – 50 MHz.

6.1.1.2 *Pulsgenerator type Tongfa-98 (Fig. 3 B)*

Dit toestel, geleverd door de Zhoushan Import and Export Corporation of Zhejiang (Zhoushan, Volksrepubliek China), werd aangekocht op het project. Het bestond uit een pulsgenerator met batterijen in een roestvrij stalen behuizing, te bevestigen op het vistuig en de elektrodes te bevestigen voor de netopening.

De proefopstelling voor het bepalen van de karakteristieken van deze pulsgenerator in laboratoriumomstandigheden is weergegeven in Fig. 4 B. Hierbij werd weerom een weerstand tussen de elektrodes geplaatst ter vervanging van het zeewater dat voor de geleiding zorgt tijdens bedrijfsomstandigheden. Dit toestel bevatte ook een controle elektrode (Fig. 4 B) die ervoor instond dat het toestel geen pulsen genereerde buiten het water, dit voor de veiligheid van de bemanning en om de batterijen te sparen. Vandaar dat twee extra weerstanden dienden toegevoegd aan de opstelling om deze beveiliging te overbruggen.

6.1.1.3 *Pulsgenerator type LWY (Fig. 3 C)*

Met de bedoeling om tijdens de experimenten op zee een voldoende groot elektrisch veld te kunnen aanleggen in de 8 m boomkor werden twee nieuwe krachtiger generatoren gekocht. Deze werden geleverd door de Ningbo Haitian Group Corporation (Ningbo, Volksrepubliek China). Deze toestellen waren wat het vermogen betreft prototypes. Ze bestonden uit de sturingsapparatuur, op te stellen aan boord van het vaartuig, de pulsgeneratoren te bevestigen op het vistuig, de voedingskabels tussen de sturing en de pulsgenerator en de elektrodes, te bevestigen op het vistuig voor de netopening.

De meetopstelling was dezelfde als voor de MJX-50 (Fig. 4A).

6.1.1.4 *Pulsgenerator type LPG (Fig. 3D)*

De beschikbare pulsgeneratoren legden beperkingen op aan het project daar ze ontworpen waren voor de visserij op penaeïde garnalen. De frequentie en de amplitude van de puls lagen vast, waardoor enkel reacties konden uitgelokt worden (in de zin dat de garnalen van de bodem opspringen) maar niet gestuurd (in de zin dat de springhoogte en de duur van de daaropvolgende zwemfase niet kunnen worden beïnvloed). Dit belette weliswaar niet dat de beschikbare toestellen inzetbaar waren voor de experimenten op zee, maar de kans bestond dat de scheiding van de vangsten (garnalen versus ongewenste bijvangst) beneden het optimum bleef. Vandaar dat een studie voor een verdere verfijning van de pulskarakteristieken zich opdrong.



Deze studie bestond hoofdzakelijk uit labo-experimenten met een toestel met instelbare puls. Dit toestel moest de mogelijkheid bieden de optimale puls te bepalen die een maximale respons bij garnaal (in termen van reactiesnelheid en springhoogte) uitlokt. Te samen met de resultaten van de experimenten op zee, moest de aldus ingewonnen kennis leiden tot de definitie van de performantiecriteria voor een pulsgenerator op maat van de garnaalvisserij in de Noordzee.

Het labo-toestel met instelbare puls was niet commercieel beschikbaar. Eén van de mogelijkheden om een dergelijk prototype te laten ontwikkelen, namelijk via de Universiteit van Shanghai, werd spoedig verworpen vanwege de moeilijke communicatie. Prof. dr. ir. A. Van den Bossche van het Laboratorium voor Elektrische Machines en Vermogenslektronica van de Universiteit Gent werd echter bereid gevonden het elektronisch ontwerp van de pulsgenerator te maken en de constructie op te volgen. Voor het tekenen van de schema's en de constructie zelf werd beroep gedaan op een eindejaarsstudent van het Departement Industriële Wetenschappen en Technologie van de Katholieke Hogeschool Brugge – Oostende die deze taak, in samenwerking met het DvZ, uitvoerde als stage voor zijn eindverhandeling. De nieuwe generator diende voorzien te zijn van de mogelijkheid om de spanning en frequentie in te stellen.

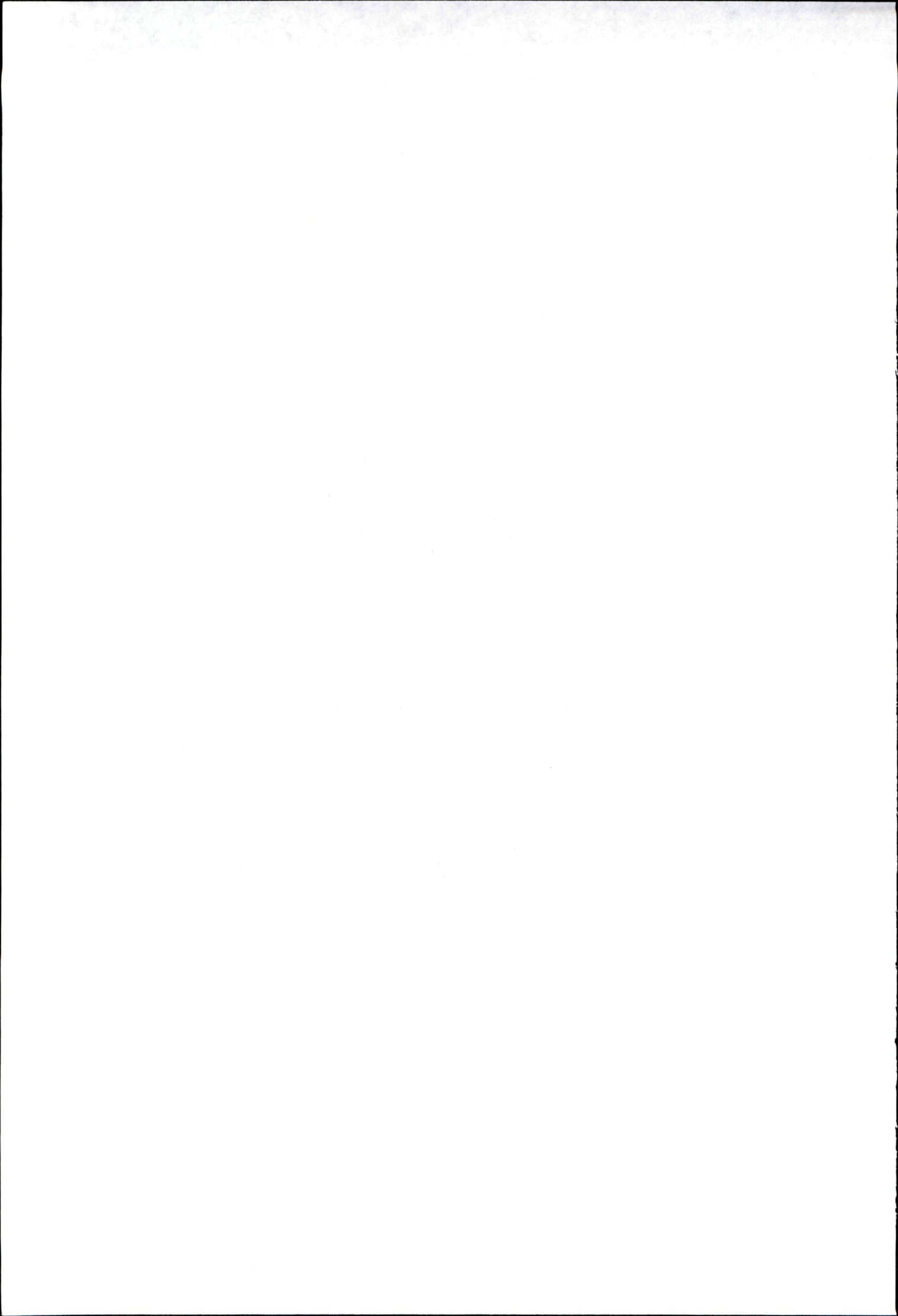
Voor alle generatoren werd bij verschillende elektrodeopstellingen en uiteenlopende belasting van de toestellen ook de geleverde stroom gemeten, samen met de klemspanning. Deze stroom werd gemeten met behulp van een meettransformator bevestigd rond de geleider waardoor de te meten stroom loopt. De meettransformator werkt volgens het principe van een transformator. De stroomvoerende geleider, in dit geval één van de twee elektroden, is de primaire winding. De stroompuls door deze geleider wordt getransformeerd naar een kleinere puls in de secundaire winding die kortgesloten is met een kleine weerstand. De spanning over deze weerstand geeft via een wikkerverhouding, vermeld op het toestel en karakteristiek voor elk type transformator, de stroom in de primaire wikkeling weer. Deze spanning wordt gemeten met de oscilloscoop.

6.1.2 Het elektrisch veld

6.1.2.1 Metingen in het labo

Om een beter inzicht te krijgen in het elektrisch veld in de omgeving van de elektroden werden een aantal karakteristieken van dit veld opgemeten in een proefopstelling in het lab met de generatoren MJX-50 en LWY I. De metingen gingen door in het waarnemingsaquarium waarbij twee 110 cm lange elektroden op de bodem lagen met een tussenafstand van 50 cm.

De pulsspanning aan de uitgang van de generatoren, bij lage belasting, is gegeven in punt 6.2.1. Het is echter de kop-staart spanning die van belang is voor de reactie van een dier. Dit is de spanning tussen de uiterste punten van het lichaam van een dier, gemeten volgens een lijn loodrecht op de elektroden. Hoe groter de afstand tussen die twee uiteinden, hoe groter de spanning zal zijn waaraan het dier onderworpen wordt. Dit betekent ook dat een dier dat parallel ligt met de elektroden een kleinere spanning ondervindt dan als het er dwars tussen ligt, op voorwaarde dat het dier langer is dan breed. Deze spanning werd gemeten in een meetopstelling weergegeven in Fig. 5. Hiertoe werd een meetprobe vervaardigd waarbij de meetklemmen zich op 3 cm van elkaar bevonden. Met behulp van de oscilloscoop werd de pulsspanning over de meetklemmen gemeten op verschillende posities in de drie dimensies van het elektrisch veld. De meetpunten lagen telkens 5 cm van elkaar. De metingen werden uitgevoerd op elektrodeopstellingen die ook in de praktijk werden toegepast (Fig. 6 A en B). Voor opstelling A was de oriëntatie van de meetklem loodrecht op de elektroden. Voor opstelling B werden de metingen uitgevoerd met de meetklem zowel loodrecht op als evenwijdig met de kathoden. Bij deze metingen werd eigenlijk de spanning gemeten die een dier van 3 cm lengte ondervindt in het elektrisch veld.



6.1.2.2 Metingen met een elektrodeframe op operationele grootte

Om de eigenschappen te bepalen van het elektrisch veld in de netopening zoals toegepast tijdens de experimenten op zee werd de elektrodeopstelling A (Fig. 6) nagebouwd op ware grootte in een frame (Fig. 7). In dit frame konden spanningsmetingen uitgevoerd worden op verschillende punten op de elektroden verspreid over de volledige opstelling. Hiertoe werden op de elektroden, met een tussenafstand van 40 cm, meetdraden bevestigd die in een centraal punt samenkwamen waar ze konden bevestigd worden aan de meetklemmen van de oscilloscoop. Ook werd de stroom gemeten die liep door de verschillende elektroden.

6.1.3 Respons van garnaal en platvis op elektrische pulsen – preliminaire experimenten

De pulsgeneratoren Tongfa-98, MJX-50 en LWY I & II die ter beschikking stonden voor het project, zijn op maat gemaakt voor de visserij in Chinese wateren, met name voor penaeïde garnalen. Over de respons van Noordzee garnaal en platvis op de pulsen van deze toestellen was geen informatie beschikbaar. Voor de doelstelling van het project was het echter van groot belang dat de respons van garnaal op de elektrische pulsen maximaal was en de respons van vooral juveniele platvis minimaal. Vandaar dat het noodzakelijk was om bij de aanvang van het project enkele oriënterende proeven uit te voeren om na te gaan of de garnalen en de platvissen de gewenste respons vertoonden. Zo ja kon het project doorgaan met de bestaande generatoren. Zoniet dienden de bestaande toestellen aangepast of diende een nieuwe pulsgenerator ontworpen te worden (zie Taak 1.2).

De waarnemingsexperimenten werden uitgevoerd in het plexiglas aquarium. De elektroden werden op de bodem van de bak gelegd, met tussenafstanden van 50 en 100 cm (Fig. 8). De lengte van de elektroden bedroeg 110 cm. Voor beide pulsgeneratoren geldt een lengte van 30 m als maximale elektrodelenkte maar in het lab was die noodgedwongen beperkt tot maximaal 2 m. De proefdieren werden in het aquarium overgebracht en de proeven werden niet gestart voor de dieren volledig tot rust waren gekomen. Vervolgens werd de generator gestart en niet gestopt tot alle dieren geen reactie meer vertoonden en dus de zogenaamde pulsmoeheid was ingetreden. Bij afwezigheid van reactie duurde de test 30 seconden. Alle testen werden op videoband vastgelegd.

6.2 Resultaten

6.2.1 De pulsgeneratoren

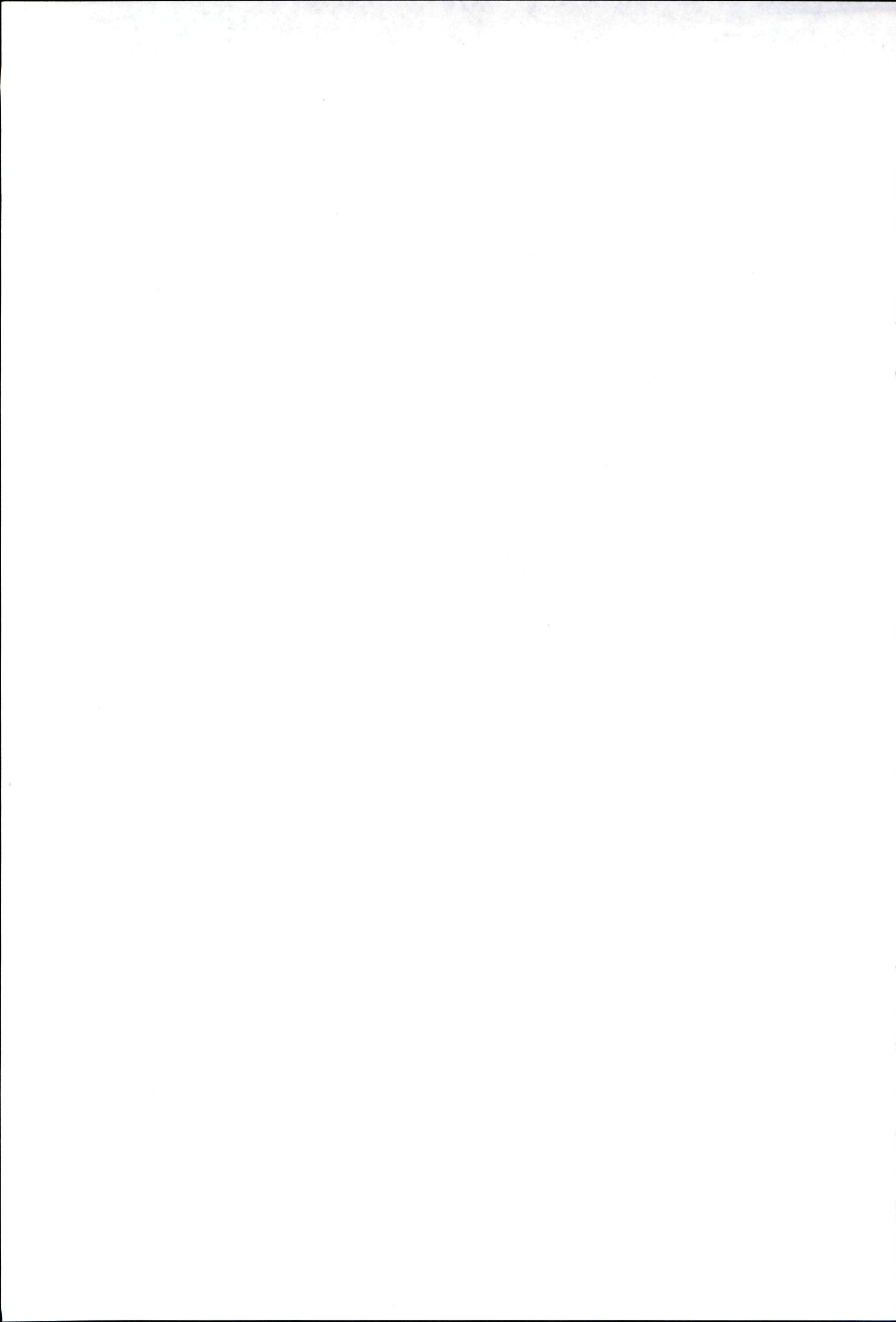
6.2.1.1 Pulsgenerator type MJX-50

De ingangsspanning van de sturingsapparatuur was 24 V DC, geleverd door een externe voeding. De sturing wekte een spanning op van 400 V die diende om de pulsgenerator van spanning te voorzien. Het display van de sturing was voorzien van een voltmeter voor de ingangsspanning en een ampèremeter voor de uitgangsstroom. Tevens was er een alarm voorzien, aangegeven door een led, voor te lage of te hoge uitgangsstroom. De generator leverde een vaste puls aan de elektroden, zonder DC component, met een amplitude van 65 V (bij lage belasting), een pulsduur van 0.5 ms (Fig. 9) en een frequentie van 5Hz.

Indien de weerstand tussen de elektroden enkele eenheden hoger werd dan 0.5 ohm dan werd dit met een alarmsignaal aangegeven. De stroom werd dan te laag en de pulsen vielen geleidelijk weg. Dit is bvb het geval als het vistuig uit het water gehaald wordt.

6.2.1.2 Pulsgenerator type Tongfa-98

De ingangsspanning van de pulsgenerator was 48 V DC, geleverd door een batterij. De generator werkt enkel als die ondergedompeld is in zeewater, tenzij de beveiliging overbrugd wordt. Er moet namelijk een stroom kunnen vloeien tussen de twee elektrodes onderling en tussen de twee elektrodes en een controle elektrode ingebouwd in de stalen koker. Het toestel was niet voorzien van sturingsapparatuur.



De generator leverde een vaste puls aan de elektroden, zonder DC component, met een amplitude van 45 V (bij lage belasting), een pulsduur van 0.6 ms (Fig. 9) en een frequentie van 5Hz.

6.2.1.3 Pulsgenerator LWYI & II

De ingangsspanning van de sturingsapparatuur was 24 V DC, geleverd door een externe voeding. De sturing wekte een spanning op van 350 V die diende om de pulsgenerator van spanning te voorzien. Het display van de sturing was voorzien van een voltmeter voor de ingangsspanning en een ampèremeter voor de uitgangsstroom. Tevens was er een alarm voorzien, aangegeven door een led, voor te hoge uitgangsstroom. De generator leverde een vaste puls aan de elektroden, zonder DC component, met een amplitude van 123 V (bij lage belasting), een pulsduur van 0.5 ms (Fig. 9) en een frequentie van 5Hz.

6.2.1.4 Pulsgenerator LPG

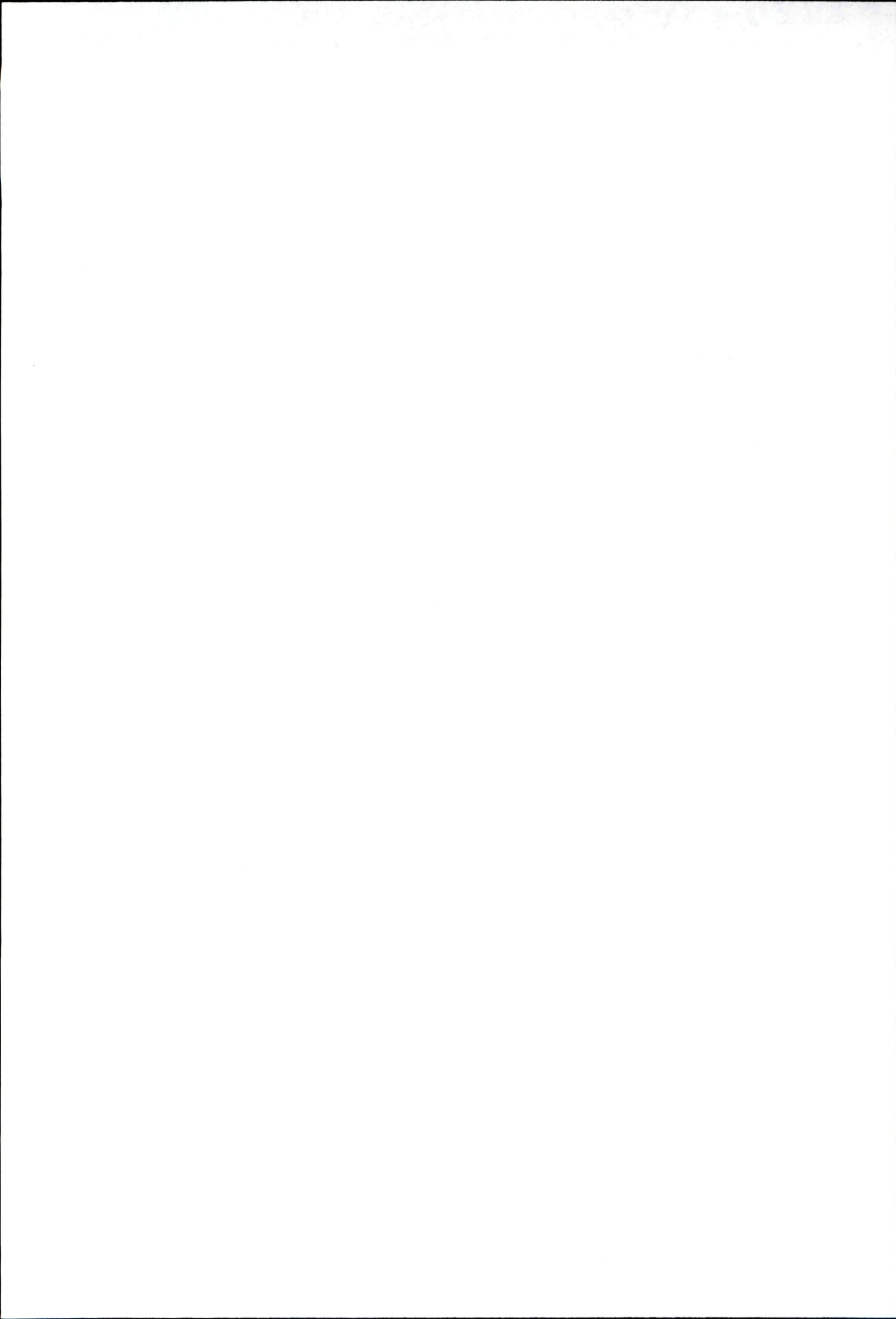
Alle elementen van de generator werden ondergebracht in een compacte kunststof behuizing. De voeding werd geleverd door het elektriciteitsnet. De pulsspanning was traploos regelbaar tussen 0 en 200 V en de frequentie, in stappen van 1 Hz, tussen 1 en 9 Hz. De pulsduur was 0.5 ms. Een detail van de pulsvorm bij een spanning van 80 V is gegeven in Fig. 9. Het toestel was ontworpen voor experimenten in het lab en kon wegens het niet waterdicht zijn en wegens het beperkte vermogen niet op zee gebruikt worden. Alle details over het ontwerp en de technische specificaties van de generator zijn gegeven in Huyghebaert (1999).

De metingen van de klemspanning gegenereerd door de verschillende generatoren wezen uit dat die varieerde in functie van de belasting van de toestellen. Bij een grotere lengte van elektroden werden de toestellen zwaarder belast en werd een grotere stroom geleverd. De gegenereerde klemspanning bleek omgekeerd evenredig te zijn aan de geleverde stroom (Fig. 10). Hoe meer de generatoren belast werden, hoe meer de klemspanning daalde.

6.2.2 Het elektrisch veld

6.2.2.1 Metingen in het labo

De kop-staart spanning voor de generatoren MJX-50 en LWY-I, gemeten op het grondvlak en op 10, 20, 30 en 40 cm van de bodem met een meetklem van 3 cm, loodrecht op de elektroden, is gegeven in Fig. 11 voor elektrodenopstelling A (Fig. 6). De pulsspanning op het grondvlak is maximaal in de omgeving van de elektroden en bedraagt iets minder dan 20 % van de klemspanning (de pulsspanning aan de uitgang van de generator) net binnen de elektroden. Op het grondvlak precies op de elektrode bedraagt de pulsspanning nul aangezien het dier dan met precies dezelfde lengte van zijn lichaam binnen en buiten de elektroden ligt. Tussen de elektroden zakt die naar een waarde die in het centrale deel bij benadering 6 % is van de klemspanning. Die 6 % is een waarde die theoretisch verwacht wordt op het grondvlak daar de lengte van de meetklem 6 % is van de afstand tussen de elektroden. Buiten de elektroden zakt de spanning snel tot een erg kleine waarde. Eenmaal van de bodem daalt de spanning ter hoogte van de elektroden met meer dan 80 % in vergelijking met de waarde op de bodem en dit al op 10 cm hoogte. Deze daling werd ook waargenomen tussen de elektroden maar was minder uitgesproken en slechts 25 % in het midden tussen de elektroden. Bij een verdere toename van de hoogte daalt de spanning verder, maar in mindere mate. Het spanningsverloop in het veld van beide generatoren vertoont hetzelfde beeld, met dit verschil dat de gemeten spanningen van de MJX-50 bij benadering de helft zijn van de LWY-I gezien ook hun respectievelijke klemspanning 60 V en 120 V is. Deze metingen gelden voor een dier dat een loodrechte positie inneemt ten opzichte van de elektroden. Voor een dier dat parallel ligt vertoont het elektrisch veld in principe hetzelfde verloop maar de waarden van de pulsspanning zijn kleiner.



In een homogeen veld, met evenwijdige veldlijnen, is de kop-staart spanning theoretisch evenredig met de lengte van het dier in verhouding tot de afstand tussen de elektroden. Dit betekent dat een dier van 3 cm een spanning van 3.6 V zou voelen bij een puls van 60 V en een afstand tussen de elektroden van 50 cm, en dit op eender welke positie. In het geval van draadvormige elektroden, zoals in deze proefopstelling, lopen de veldlijnen niet meer evenwijdig en is de kop-staartspanning plaats afhankelijk. In het centrale deel tussen de elektroden ondervinden de dieren de laagste pulsspanningen (± 6 V over 3 cm) om op te lopen naar een piek in de nabije omgeving van de elektroden (± 20 V over 3 cm). Een gevolg daarvan is dat om de gewenste springrespons te bekomen over het volledige grondvlak tussen de elektroden een pulsspanning moet gebruikt worden die in het midden tussen de elektroden de minimum spanning geeft om garnaal te laten reageren. Bijgevolg zal de spanning in de nabijheid van de elektroden hoger zijn dan nodig.

Het gevolg voor de praktijktoepassing is dat het onmogelijk zal zijn om alle garnalen die zich tussen de elektroden bevinden aan een zelfde pulsspanning te onderwerpen. Er zijn namelijk twee factoren die deze spanning beïnvloeden: 1) de positie van het dier in het niet-homogeen elektrisch veld en 2) de hoek die het dier vormt met de elektroden. Bijgevolg zal er naar moeten gestreefd worden om een puls te genereren die in de mate van het mogelijke ook een springrespons uitlokt bij die garnalen die zich in de meest ongunstige positie bevinden. Dit betekent dat een merkelijk hogere pulsspanning nodig zal zijn dan de minimum puls in ideale omstandigheden. Dit betekent dan ook dat het mogelijk is dat vis die zich in een "gunstige" positie bevindt, zal reageren, wat niet gewenst is. Bijgevolg zullen optimale pulskarakteristieken een compromis zijn tussen een minimaal verlies aan commerciële garnaal en minimale respons van vis en andere invertebraten.

De kop-staart spanning voor de generator LWY-I voor elektrodeopstelling B (Fig. 6), gemeten op het grondvlak en op 10, 20, 30 en 40 cm van de bodem met een meetklem van 3 cm, is gegeven in Fig. 12. Fig. 12 A en B geven respectievelijk de spanning voor een garnaal die loodrecht en evenwijdig ligt ten opzichte van de kathode. Uit beide figuren blijkt dat de kop-staart spanning in het veld erg variabel is. In vergelijking met elektrodeopstelling A is de hoogste gemeten spanning op het grondvlak slechts de helft. Tevens komen er enkele zones voor waar de spanning nul is. Ook boven het grondvlak komen vrij veel zones voor waar de dieren geen pulsspanning zullen voelen. Anderzijds is de hoogst waargenomen spanning boven het grondvlak hoger dan de maxima gemeten bij opstelling A. Ook voor dieren die evenwijdig liggen met de kathoden werden hogere pulsspanningen gemeten. Wegens deze variabiliteit is het moeilijk uit te maken welke opstelling het beste resultaat zal geven voor garnaal.

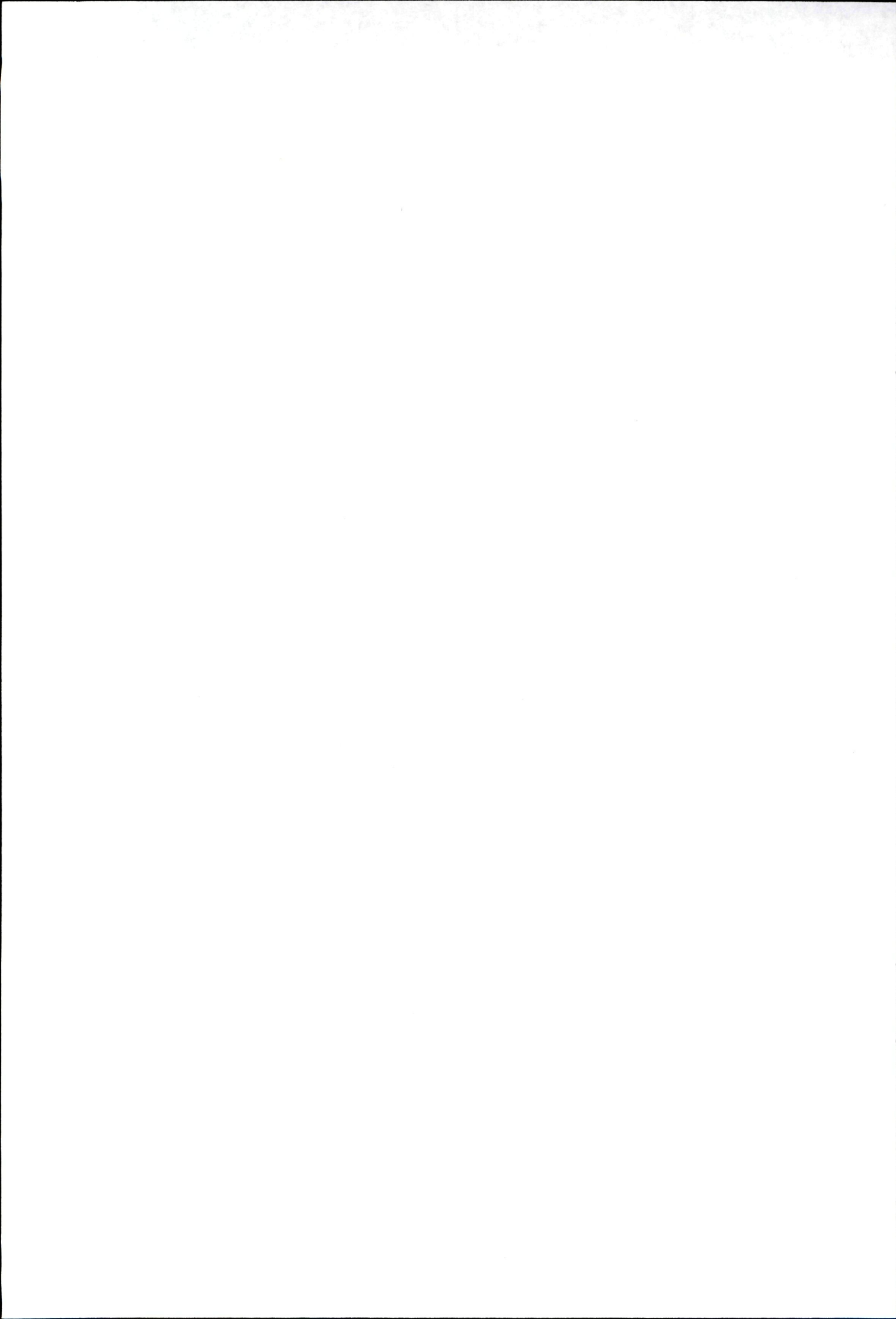
6.2.2.2 Metingen met een elektrodeframe op operationele grootte (Fig. 7)

Bij het aanleggen van een elektrisch veld over het volledige elektrodeframe, was de spanning aan de uitgang van de generatoren Tongfa-98, MJX-50, LWY I en LWY II respectievelijk 29 V, 33 V, 44 V en 42 V bij een stroom van respectievelijk 880 A, 960 A, 1200 A en 1240 A. Er werd een kleine spanningsval gemeten tussen de uitgang van de generatoren en de elektroden zelf ten gevolge van de hoge stroom door de elektroden. Aan het begin van de elektroden bedroeg het verschil bij benadering 1 V. Aan de uiteinden van de elektroden bedroeg dit verschil 1.5 tot 2 V. Bij het aanleggen van een elektrisch veld over de helft van het elektrodeframe, was de spanning aan de uitgang van de generator LWY I 64 V bij een stroom van 900 A.

De stroom door de afzonderlijke elektroden gemeten met de generator MJX-50 is gegeven in Tabel 1. De totale stroom geleverd door de generator verdeelt zich over de elektroden evenredig met hun lengte.

6.2.3 Respons van garnaal en platvis op elektrische pulsen – preliminaire experimenten

De resultaten van de preliminaire experimenten waren positief in het licht van de door het project gestelde doelstellingen. Vrijwel alle garnalen reageerden op de pulsen en maakten een opwaartse of gedeeltelijk opwaartse en zijwaartse beweging. Deze springrespons was voor een aantal dieren zeker voldoende om binnen het bereik van het net te komen. Voor de andere garnalen was dit onzeker. Een gedetailleerde beschrijving volgt onder paragraaf 8. Van de platvissen was het enkel schar die rea-



geerde op de pulsen door uit zijn rustpositie op te zwemmen. Schol en tong bleven in het zand ingegraven.

Dit betekende dat de bestaande pulsgeneratoren bruikbaar waren voor het project. Hierbij diende er echter wel rekening mee gehouden te worden dat de vaste puls gegenereerd door de bestaande toestellen waarschijnlijk niet optimaal was voor grijze garnaal. Vermoedelijk kunnen met andere pulskarakteristieken grotere springhoogtes bereikt worden.

6.3 Discussie

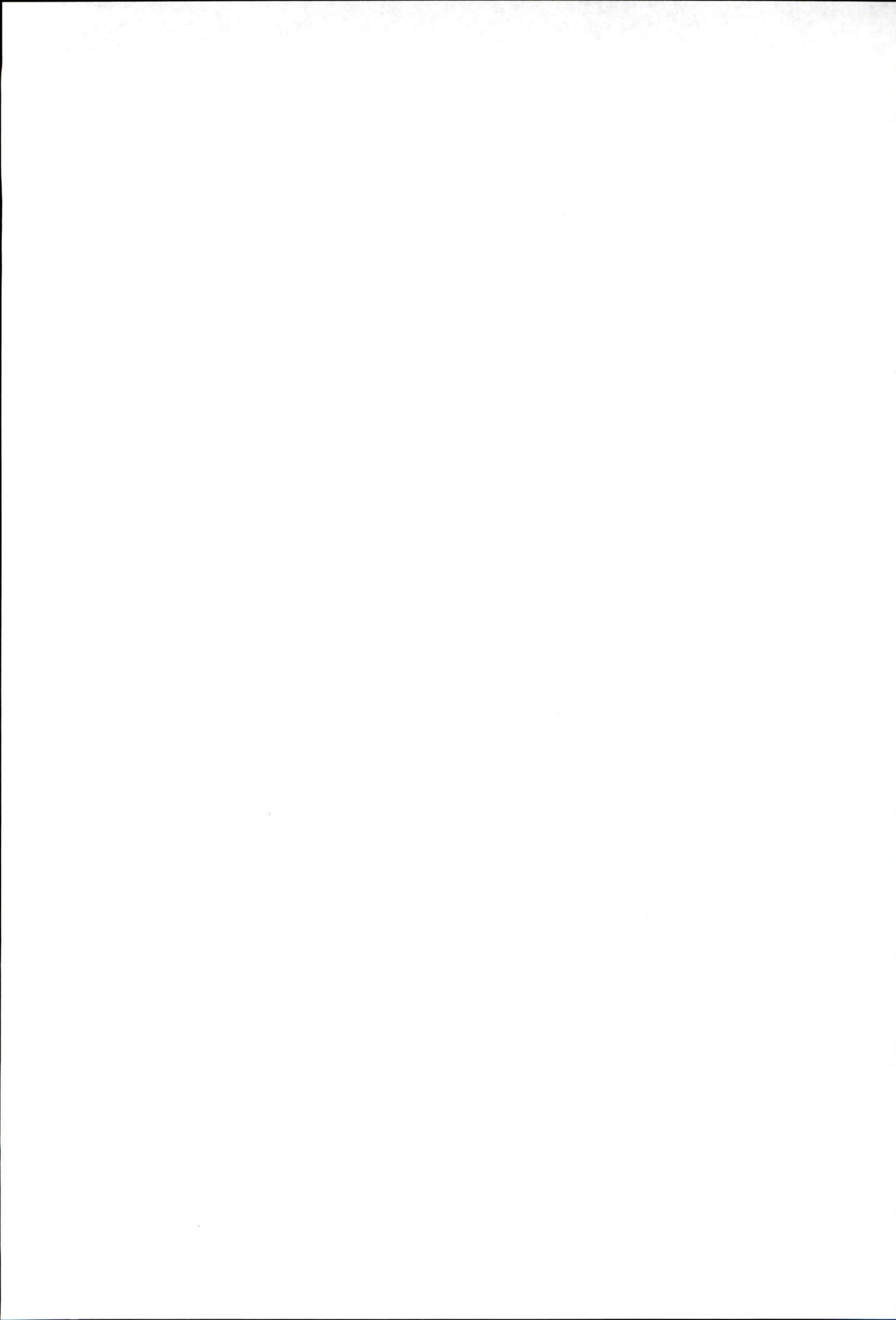
Het nadeel van de pulsgeneratoren MJX-50 en LWY-I & II voor het geplande gebruik op zee was de kabel nodig voor de verbinding tussen de sturingsapparatuur op het vaartuig en de generator op het vistuig. Dit bemoeilijkte de procedure van vieren en winden van het vistuig. Tevens hield de hoge voedingsspanning in deze kabel een risico in voor de bemanning bij eventuele averij. Positief was echter wel dat de werking van de generator op het vistuig kon gecontroleerd worden door de sturing aan boord van het vaartuig. De generator Tongfa-98 had het grote voordeel dat, door het gebruik van een batterij in de generatorkamer, de kabel tussen vaar- en vistuig overbodig was. Dit werkt tijdbesparend bij het vieren en winden van het vistuig, vermijdt averij en is veilig in het gebruik. Een nadeel was dat aan boord geen sturingsapparatuur stond die de goede werking van het systeem controleerde. De gegenereerde pulsspanning was ook erg laag bij zware belasting.

Al deze toestellen leverden een puls waarvan noch de amplitude noch de frequentie kon geregeld worden. Dit betekende dat dit systeem, ontworpen voor doelsoorten in de Chinese visserij, niet kon worden aangepast aan omstandigheden in de Belgische visserij. Vandaar dat de nieuw ontworpen generator LPG onontbeerlijk was om de invloed van de pulsspanning en frequentie na te gaan op de springrespons van garnaal. Het was echter binnen dit project financieel niet mogelijk om ook het effect van de pulsduur en pulsform te bestuderen.

Voor toekomstige experimenten en een eventueel commercieel gebruik zal het noodzakelijk zijn een nieuwe pulsgenerator te ontwerpen gevoed door batterijen die genoeg energie kunnen leveren voor een voldoende krachtige puls. Een toestel aan boord van het vissersvaartuig dat via bijvoorbeeld akoestische signalen de goede werking van de generator kan controleren is hierbij geen overbodige luxe.

Uit de metingen van de kop-staart spanning (Fig. 11) bleek dat deze sterk varieerde afhankelijk van de positie in het veld. Op het grondvlak was deze pulsspanning maximaal dicht bij de elektroden. Deze spanning zakte sterk als het dier zich in het midden tussen de elektroden bevond. Als de oriëntatie van het dier veranderde van loodrecht ten opzichte van de elektroden naar parallel nam deze spanning verder af en wel evenredig met de afname van de lengte van het dier gemeten volgens een lijn loodrecht op de elektroden. Dit betekende dat bvb, bij een klemspanning van 120 V, een garnaal van 3 cm die zich loodrecht tegen een elektrode bevond een kop-staart spanning ondervond van 20 V (Fig. 11). Dezelfde garnaal die in het midden tussen de elektroden lag ondervond een kop-staart spanning van ongeveer 6 V en 1 V (de carapax breedte is ongeveer 1/6 van de lengte, zonder rekening te houden met poten en antennes) voor een respectievelijke positie loodrecht op en evenwijdig aan de elektroden. Om een voor garnaal effectief elektrisch veld te bekomen is het daarom belangrijk dat op deze plaats de pulsspanning minstens gelijk is aan de minimale spanning die bij een garnaal de gewenste springrespons uitlokt (zie paragraaf 7.2.2).

Een bijkomende moeilijkheid was het feit dat de door de beschikbare generatoren geleverde klemspanning afhankelijk was van de belasting van de toestellen (Fig. 10). Bij lage belasting was de gegenereerde pulsspanning voor de generatoren Tongfa-98, MJX-50, LWY I & II respectievelijk 48 V, 65 V, 123 V en 123 V. De pulsspanning in het elektrodeframe, gemeten aan de uitgang van de generatoren, bij een totale elektrodelengete van 15 m en een tussenafstand van 0.5 m, daalde tot respectievelijk 29 V, 33 V, 44 V en 42 V. De pulsspanning tussen de elektroden zelf lag nog 1 tot 2 V lager ten gevolge van een spanningsval veroorzaakt door de hoge stromen door de kabels. Bijgevolg was de pulsspanning bekomen tijdens de visserij in de praktijk merkbaar kleiner dan de specificaties van de fabrikanten.



7 Studie van de reactie van garnaal op elektrische pulsen

7.1 Materiaal en methoden

De bedoeling van de waarnemingsexperimenten was na te gaan welk percentage van de garnaal aanwezig op het pad van het vistuig kon gevangen worden met elektrische pulsen als alternatieve stimulering, als de onderpees van het net zich op een welbepaalde afstand van de bodem bevond. Hiertoe moest bepaald worden hoeveel garnalen opsprongen van de bodem, hoe groot de springhoogte was en hoelang de zwemfase duurde na het aanleggen van de pulsen.

7.1.1 De verschillende elektrodeopstellingen

Als standaard elektrodeopstelling werd gekozen voor de opstelling in Fig. 6 A. Dit was de eenvoudigste en goedkoopste configuratie en werd geacht de minste problemen te geven op zee. Voor de volgende redenen werden echter ook andere opstellingen (Fig. 6 B-G) uitgetest in het lab:

- De grote variatie in pulsspanning in functie van de positie tussen de elektroden in opstelling A
- Het feit dat in de initiële testen werd waargenomen dat garnaal een lichte neiging bleek te hebben aangetrokken te worden door de anode.

In opstellingen B-F was het de bedoeling door een alternatieve elektrodeopstelling de garnalen hoger te laten springen door de anodes op een bepaalde hoogte boven het grondvlak te plaatsen en het elektrisch veld homogener te maken. In opstelling G werd een zo homogeen mogelijk elektrisch veld op de bodem beoogd.

7.1.2 Minimum pulsspanning

Om de minimum pulsspanning te bepalen waarbij een garnaal reageert werd volgende opstelling gemaakt:

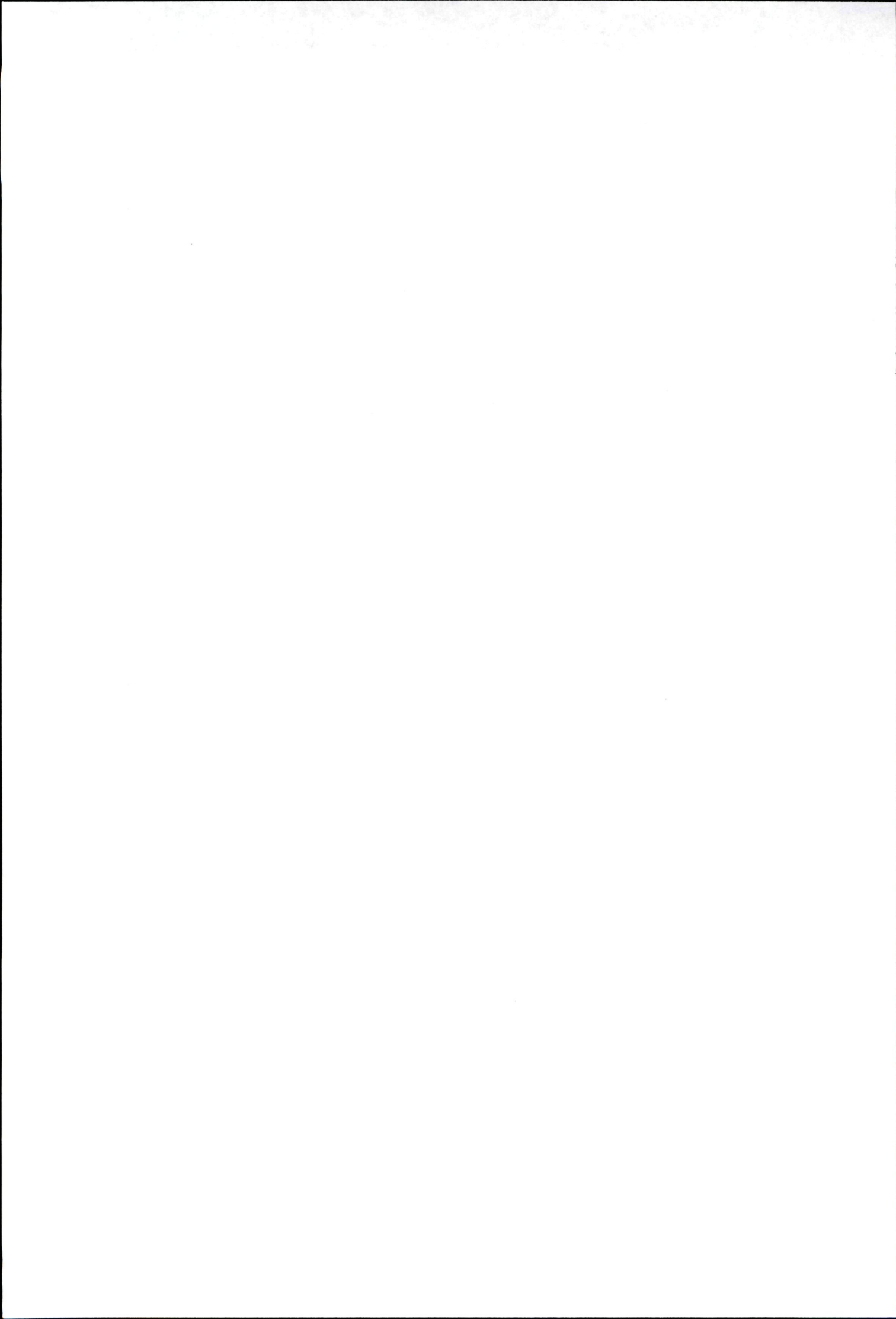
- Er werd een homogeen elektrisch veld opgewekt door twee koperplaten evenwijdig met elkaar te plaatsen op een afstand van 50 cm in het waarnemingsaquarium. Deze platen werden verbonden met de klemmen van de LPG-generator.
- De proeven werden gestart met een spanning $< 1V$ en werd stelselmatig opgevoerd met tussenstappen van 1 V tot alle dieren reageerden.
- Er werden zowel kleine (± 3 cm) als grote (± 6 cm) garnalen getest. De reacties werden opgetekend bij een oriëntatie evenwijdig aan de veldlijnen (maximale kop-staart spanning) en een oriëntatie dwars op de veldlijnen (minimum kop-staart spanning).

Bij elke test werden een dertigtal dieren geobserveerd en werd het aantal dat een reactie vertoonde genoteerd.

7.1.3 De springrespons van garnaal

Voor deze experimenten werd de opstelling gebruikt zoals weergegeven in Fig. 8. Alle elektrodeopstellingen weergegeven in Fig. 6 werden uitgetest. Volgende variabelen werden in de experimenten opgenomen:

- pulsfrequentie,
- pulsspanning,
- elektrodeopstelling,
- grootte van de garnaal,
- watertemperatuur en
- lichtinval (dag of nacht)



Voor elke test werden in principe zes waarnemingen uitgevoerd met telkens tien garnalen. De dieren werden zo snel mogelijk en met een minimum aan manipulatie in het waarnemingsaquarium overgebracht. Twee panelen bestaande uit fijnmazig nylon netwerk zorgden ervoor dat de garnalen tussen de elektroden bleven en binnen het bereik van de camera. Daar deze panelen de garnalen soms hinderden zal de geregistreerde springhoogte waarschijnlijk een onderschatting zijn. Eenmaal de garnalen volledig tot rust gekomen waren werd de generator aangeschakeld. De test ging door tot alle garnalen zich terug op de bodem bevonden en de zogenaamde pulsmoeheid ingetreden was.

Alle tests werden geregistreerd met een Hi-8 videocamera. Dit gaf de mogelijkheid om achteraf de beelden te analyseren a rato van 25 beeldjes per seconde. Hierbij werd in functie van de tijd de springhoogte bepaald van alle garnalen in zwemfase. Er werden vijf zones afgebakend, namelijk 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm en > 30 cm hoogte boven het grondvlak. Per tijdseenheid werd geteld hoeveel garnalen aanwezig waren in die verschillende hoogtezones. Deze gegevens werden in een grafiek geplaatst waarop duidelijk kon afgelezen worden hoeveel garnaal zou gevangen worden op een bepaald tijdstip na het eerste contact met het elektrisch veld in functie van de afstand tussen onderpees en bodem.

Twee omgevingsvariabelen, namelijk de lichtinval en de watertemperatuur, waren beperkend voor de experimenten. De watertemperatuur in de aquaria bedroeg standaard ongeveer 12° C. Een lagere temperatuur voor langere tijd aanhouden betekende een zware belasting voor de koelingapparatuur. Waarnemingsexperimenten bij erg lage lichtintensiteiten waren erg tijdrovend voor de analyse van het beeldmateriaal. Vandaar dat de andere variabelen over een maximaal bereik werden uitgetest bij een temperatuur van ongeveer 12° C en overdag. Bij lagere en hogere temperaturen en lage lichtintensiteiten werden de andere variabelen slechts in beperkte mate uitgetest.

7.2 Resultaten

7.2.1 Algemeen

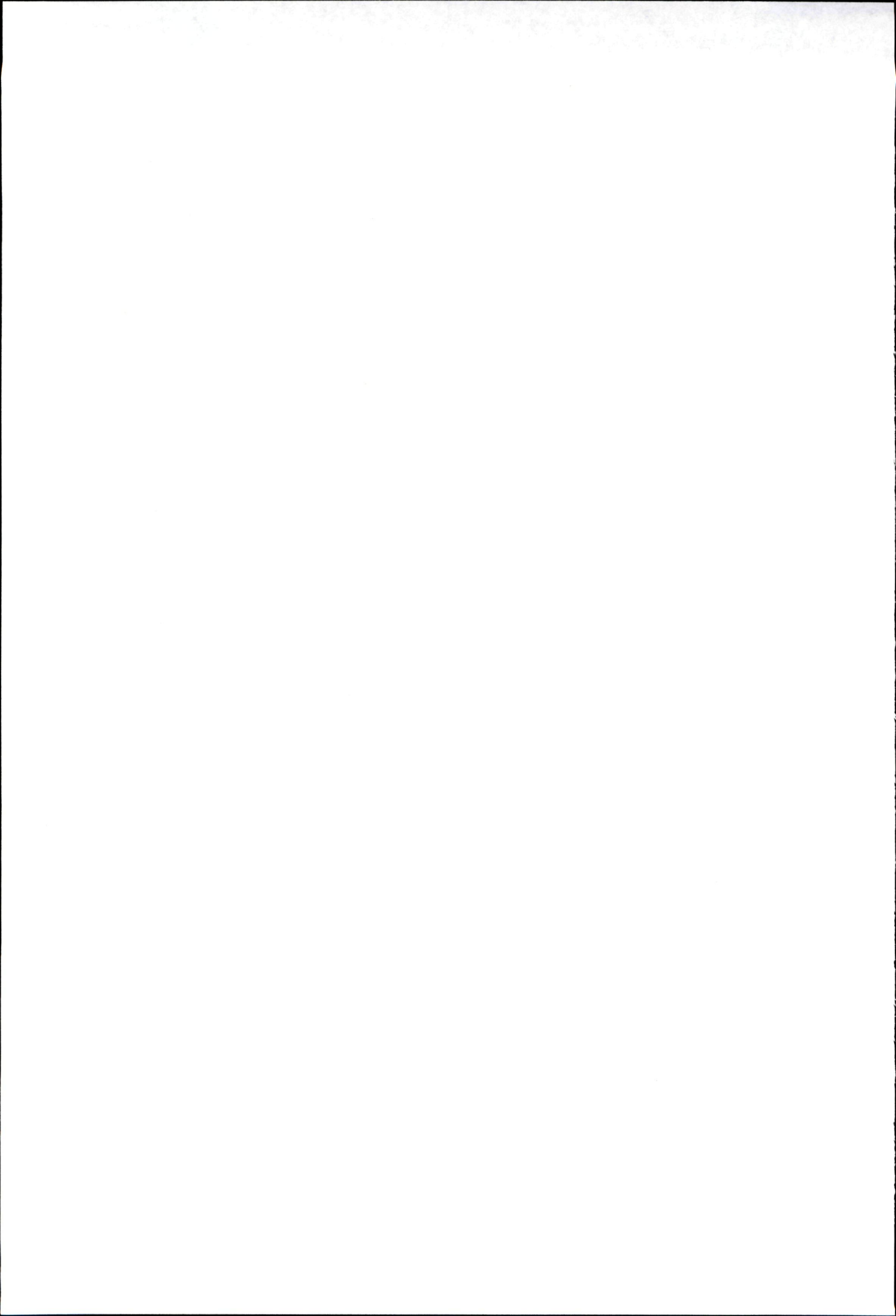
Na het overbrengen van de garnalen in het waarnemingsaquarium groeven de meeste dieren zich in het zand in tot nog enkel de bovenkant van het lichaam zichtbaar was, maar meestal tot enkel nog de antennes en de ogen zichtbaar waren (Fig. 13). Bij het inschakelen van de pulsgenerator sprongen vrijwel alle garnalen reeds bij de eerste puls uit het zand. Bij de volgende pulsen zetten de garnalen hun springbewegingen verder en hielden de zwemfase aan tot de pulsmoeheid intrad en ze roerloos terugzakten naar de bodem. Deze pulsmoeheid hield enkele minuten aan tot de garnalen geleidelijk aan terug in beweging kwamen en opnieuw bescherming zochten in het zand.

Nauwkeurige analyse van de videobeelden toonde aan dat de frequentie van de spiercontracties van de garnalen, die resulteren in de springbeweging, synchroon waren met de frequentie van de elektrische pulsen. Een lage frequentie (< 3 Hz) resulteerde in een onderbroken springrespons waarbij tussen de contracties van het abdomen korte rustpauzes waren. Een frequentie tussen 5 en 6 Hz gaf volledige contracties die elkaar opvolgden zonder tussenpauze. Bij een hogere frequentie volgden de contracties elkaar ook ononderbroken op maar de contractie van het abdomen was niet volledig.

Bij lage spanning (< 30 V) was de respons zwak met onvolledige contractie van het abdomen. Bij het opdrijven van de spanning nam ook de sterkte van de contracties toe.

7.2.2 Minimum pulsspanning

De respons resultaten zijn gegeven in Fig. 14. Voor een grote garnaal die evenwijdig ligt met de veldlijnen (dus loodrecht op de elektroden) was de laagste pulsspanning waarbij een fractie van de dieren reageerde 40 mV/cm. Alle dieren reageerden bij een spanning van 80 mV/cm. Voor kleine garnaal was een iets hogere spanning nodig en werden de eerste reacties waargenomen bij 60 mV/cm. Bij 120 mV/cm reageerden alle dieren. Voor dieren die evenwijdig lagen aan de elektroden was een hogere spanning nodig, namelijk 180 en 240 mV/cm respectievelijk voor grote en kleine garnaal.



7.2.3 De springrespons van garnaal

7.2.3.1 Elektrodeopstelling A (Fig. 6)

De springrespons van garnaal voor elektrodeopstelling A is weergegeven in Fig. 15 als het percentage garnalen dat hoger springt dan 10 cm. In het algemeen kan gesteld worden dat bij een lage pulsspanning (< 20 V) de springrespons > 10 cm minimaal was (< 20 %) (Fig. 15). Bij een toename van de spanning met 10 V was de reactie ongeveer dubbel zo groot. De springrespons bleef sterk stijgen tot ongeveer 35 V. Bij verdere toename van de pulsspanning vlakten de curven af maar de respons bleef stijgen. Elk van de curven bereikte een maximum waarbij de springrespons afnam bij een nog verdere toename van de spanning. Dit maximum verschilde sterk afhankelijk van de variabelen.

Bij curve A nam de repons slechts weinig toe tussen 35 V en 85 V. Het maximum werd bereikt bij 95 V en bij hogere spanningen nam de respons af. Voor curve A zijn de 95 % betrouwbaarheidsintervallen aangegeven in Fig. 15 als "error bars". Bij een hogere frequentie (8 Hz ipv 6 Hz) (curve C) werd het maximum reeds bereikt bij een pulsspanning van 45 V. Alle testen bij een hogere spanning gaven een lagere springrespons. Bij een lagere frequentie (4 Hz ipv 6 Hz) (curve B) werd de maximum respons waargenomen bij een hogere spanning, namelijk 105 V. Kleine garnaal (curve D) reageerde minder sterk dan grote garnaal (curve A) onder dezelfde omstandigheden, alhoewel het verschil niet uitgesproken was.

Het effect van de watertemperatuur blijkt ook duidelijk uit Fig. 15. Een hogere temperatuur (17° C) (curve E en F) gaf over het gehele spanningsbereik een betere respons. De maximum respons werd ook bereikt bij een hogere spanning.

De resultaten van de testen bij lage lichtintensiteit zijn gegeven in Fig. 16, met curve A (daglicht, zie Fig. 15) als referentie. Voor punt J, gemeten onder dezelfde omstandigheden als curve A, met uitzondering van de lichtintensiteit, was de springrespons 20 % hoger. Het effect van de watertemperatuur blijkt ook duidelijk uit deze figuur; punten G, H en K liggen lager dan respectievelijk punten I, J en M. Ook de respons van kleine garnaal bleek lager te zijn dan die van grotere dieren.

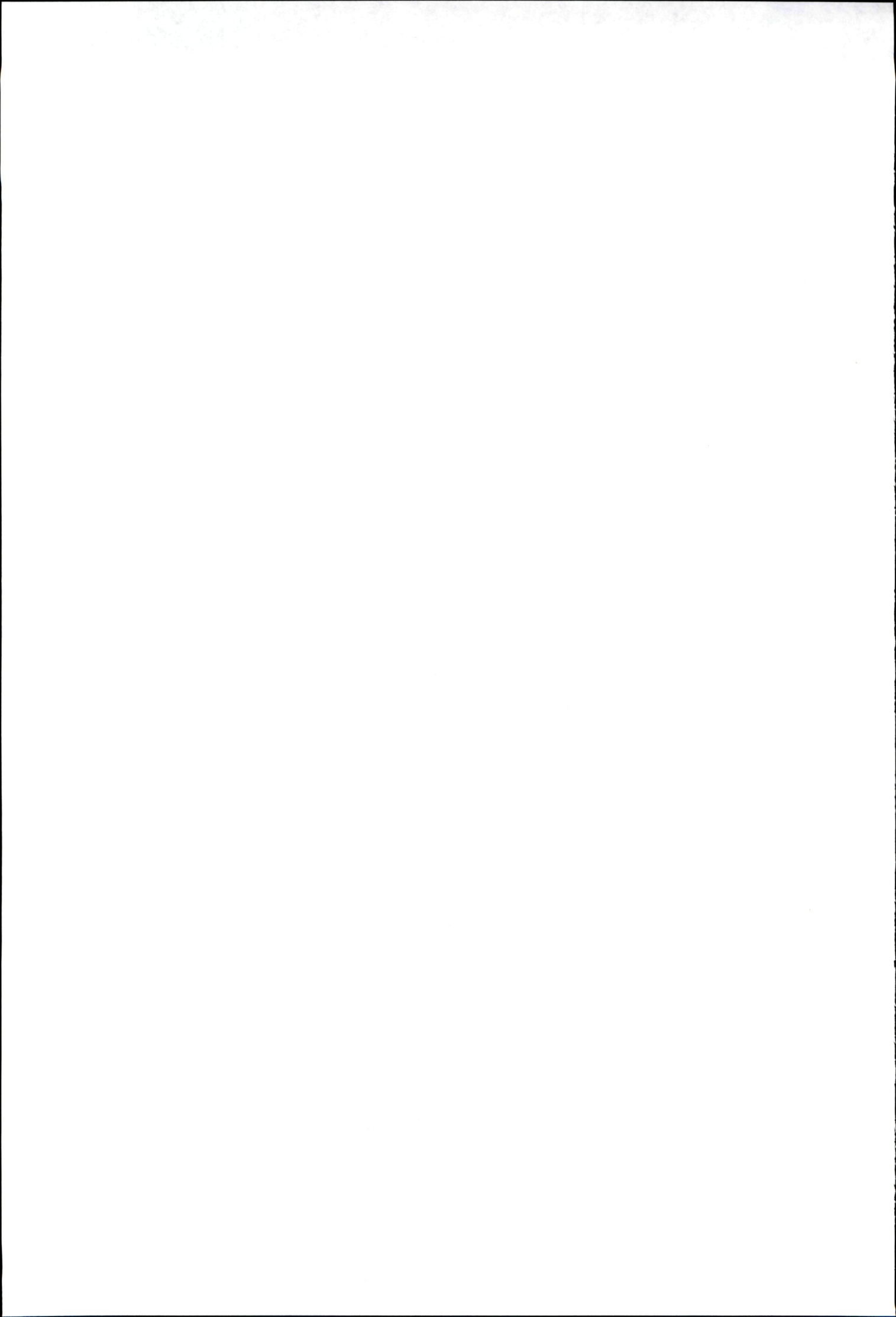
De tijd nodig om na het aanleggen van het elektrisch veld een maximum aantal garnaal boven 10 cm te laten springen is gegeven in Fig. 17. Bij een frequentie van 4 Hz en lage pulsspanning duurde het ongeveer 9 s vooraleer de maximum respons bereikt werd. Bij het opvoeren van de spanning verminderde die tijd tot ongeveer 4 s bij een spanning van 125 V. Bij een frequentie van 6 Hz lag deze tijd beneden de 4 s, ook bij lage spanning. Een hoge spanning leek echter een negatief effect te hebben, in tegenstelling tot de waarnemingen bij 4 Hz. Bij een frequentie van 8 Hz was de maximum responstijd minimaal, waarbij een gemiddelde spanning de beste resultaten gaf. De grootte van de dieren, watertemperatuur en lichtintensiteit hadden geen duidelijk effect op de maximum responstijd.

Fig. 18 toont een grafische weergave van de springrespons van garnaal in een elektrisch veld. Voor elke configuratie uitgetest in de waarnemingsexperimenten werd een dergelijke grafiek gemaakt voor visuele inspectie van de resultaten. Elk kleurvlak geeft het percentage dieren aan dat zich op een bepaalde hoogte bevindt. Deze grafiek geeft een typisch verloop dat in de meeste experimenten terugkwam. De maximum respons, waarvan sprake in vorige paragraaf, wordt hier bereikt na ongeveer 3 s. Dit getal moet echter met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden, want reeds na minder dan 1 s bevindt zich al ongeveer evenveel dieren boven de 10 cm. Na 4 s zakken geleidelijk steeds meer dieren beneden de 10 cm tot, in dit geval, na 29 s alle garnalen zich terug nabij de bodem bevinden en de zogenaamde pulsmoeheid is ingetreden.

7.2.3.2 Elektrodeopstelling B tot H (Fig. 6)

In een homogeen elektrisch veld (Fig. 6) is de respons (Fig. 15) beneden 40 V vrijwel gelijklopend met de andere testen. Het maximum wordt echter reeds bereikt bij 45 V. Boven 65 V loopt de respons vrij sterk terug.

Indien bij elektrodeopstelling A de elektroden op een afstand van de bodem (10 cm of 40 cm) geplaatst werden nam de springrespons van garnaal af (Fig. 19) van 50% tot respectievelijk 42% en 34%.



Opstelling B gaf echter wel betere resultaten (55% ipv 50% - Fig. 19) wat erop zou kunnen wijzen dat garnalen inderdaad aangetrokken worden tot de anode. Dit bleek ook uit de testen met opstelling C waarbij een vergelijkbare respons verkregen werd indien de elektroden op minimum 30 cm van de bodem stonden. Het effect was echter vrij klein. Indien de elektroden dicht bij de bodem stonden verminderde de springrespons. De iets complexere opstellingen zoals opstelling D en E gaven geen betere resultaten dan de standaard opstelling. Voor opstelling F en G werd een vergelijkbaar resultaat bekomen als voor B en C, maar zijn moeilijker toepasbaar op zee.

7.3 Discussie

Tijdens de zwemfase, na het aanleggen van de pulsen, sprongen de garnalen schijnbaar willekeurig in het rond, soms ver van de bodem maar dikwijls ook slechts op enkele centimeter van de bodem. Onderzoek uitgevoerd door Arnott (1998) waarbij grijze garnaal werd blootgesteld aan predatoren toonde aan dat garnalen bij contact met een predator in 84% van de gevallen een min of meer laterale ontspanningsreactie vertonen. In de andere gevallen springen ze omhoog. De resultaten in dit project bevestigen deze waarnemingen en lijken erop te wijzen dat garnalen een gelijkaardige reactie vertonen op predatoren als op elektrische pulsen. Een gevolg is dat, in tegenstelling tot wat gehoopt werd bij aanvang van het project, een elektrisch veld nooit alle garnalen zal kunnen stimuleren om te springen tot een hoogte zodat ze binnen het bereik van het net komen. Ook alternatieve elektrodeopstellingen met de anodes boven het grondvlak blijken dit probleem niet te kunnen oplossen, ondanks het feit dat werd waargenomen dat garnalen de neiging hebben om aangetrokken te worden door de anodes. Bijgevolg kan de efficiëntie van het elektronet nooit 100% zijn. Bij een standaard garnaalnet is dit echter ook niet zo.

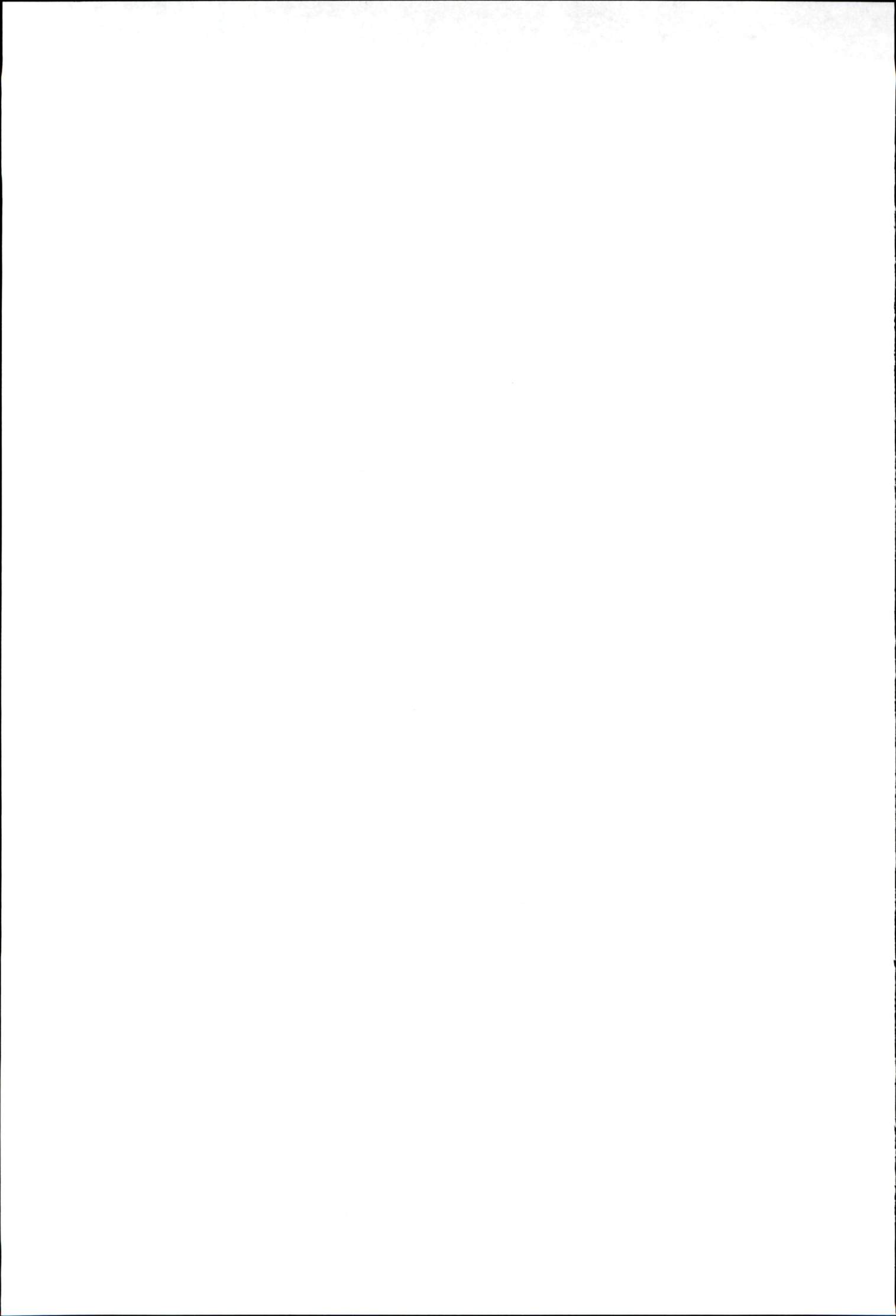
De breedte van een garnaal is ongeveer een zesde van zijn lengte. Theoretisch zou men verwachten dat de minimum pulsspanning die een springrespons uitlokt bij garnaal ook ongeveer een zesde zou zijn voor een dier dat evenwijdig ligt aan de elektroden in vergelijking met een loodrechte positie. De laboproeven toonden echter aan dat slechts een dubbele spanning nodig was om een vergelijkbare respons uit te lokken. Een mogelijke verklaring is dat ook de poten en de antennes bijdragen tot de kopstaartspanning waardoor een lagere pulsspanning voldoende is voor de gewenste respons.

De omstandigheden in het aquarium waren sterk verschillend van de omstandigheden op de zeebodem. De wanden hinderden de garnalen tijdens de zwemfase. Bijgevolg kunnen de resultaten van deze testen niet zomaar geëxtrapoleerd worden naar de praktijk. Ze zijn een ruwe schatting van wat in de praktijk kan verwacht worden maar zijn wel goed bruikbaar om resultaten van verschillende labopstellingen onderling te vergelijken.

Met de klassieke elektrodenopstelling A (Fig. 6) is de minimum spanning in het midden tussen de elektroden ongeveer 2 V/cm voor generator LWY I (klemspanning 123 V) (Fig. 11). Dit is meer dan voldoende in vergelijking met de minimum puls nodig voor een springrespons (Fig. 14). Voor de experimenten op zee zal deze generator aangesloten worden op de helft van de elektroden. In dit geval vermindert de klemspanning van 123 V tot 64 V (zie paragraaf 6.1.2.2). Bijgevolg vermindert de spanning per lengte-eenheid tot ongeveer 1 V/cm, wat nog steeds voldoende is voor de gewenste springrespons.

De maximum waargenomen springrespons was voor de drie geteste puls-frequenties ongeveer gelijk. De frequentie heeft echter vooral invloed op de grootte van de pulsspanning waarbij dit maximum wordt waargenomen. Bij een hogere frequentie is een lagere spanning nodig. Dit heeft gevolgen voor het energieverbruik, wat vooral van belang kan zijn bij een puls-generator op batterijen. Uit Fig. 15 blijkt dat bij een toename van de frequentie van 4 of 6 Hz naar 8 Hz minder dan de helft van de pulsspanning nodig is om dezelfde springrespons te verkrijgen. De 8 Hz puls geeft de zuinigste werking. Het nadeel van de 8 Hz puls is echter de korte duur van de responsiek. De 4 Hz puls heeft dan weer het nadeel dat het lang duurt vooraleer de responsiek wordt bereikt zodat erg lange elektroden noodzakelijk worden.

Garnalen hebben de eigenschap zich in helder water overdag in het zand in te graven. Bij slechtere zichtbaarheid ('s nachts of in troebel water) verlaten ze deze schuilplaats en worden ze actief. Dit



blijkt ook uit het feit dat in de garnaalvisserij enkel 's nachts of overdag in troebel water goede vangsten worden bekomen. Dit typische gedrag beschermt deze dieren tegen predatoren. Het is duidelijk uit de waarnemingsexperimenten (Fig. 16) dat garnalen bij lage lichtintensiteiten hoger springen dan in het daglicht. Door dit natuurlijke gedrag kan dus ook verwacht worden dat met elektrische pulsen garnaalvangsten hoger zullen zijn in donkere omstandigheden.

Samenvattend kunnen volgende besluiten getrokken worden uit de springresponstesten:

- Optimale pulsspanning: tussen 40 en 110 V. Te lage en te hoge spanning heeft een negatief effect.
- De puls frequentie heeft weinig invloed op de maximum springrespons maar de keuze van de frequentie is wel van belang voor het energieverbruik van de generator.
- De springrespons van kleine garnaal is lager dan die van grote garnaal.
- Een hogere watertemperatuur geeft een hogere springrespons.
- Een lagere lichtintensiteit geeft een hogere springrespons.
- De maximum springrespons wordt meestal bekomen binnen de eerste 4 seconden na het aanleggen van het elektrisch veld.

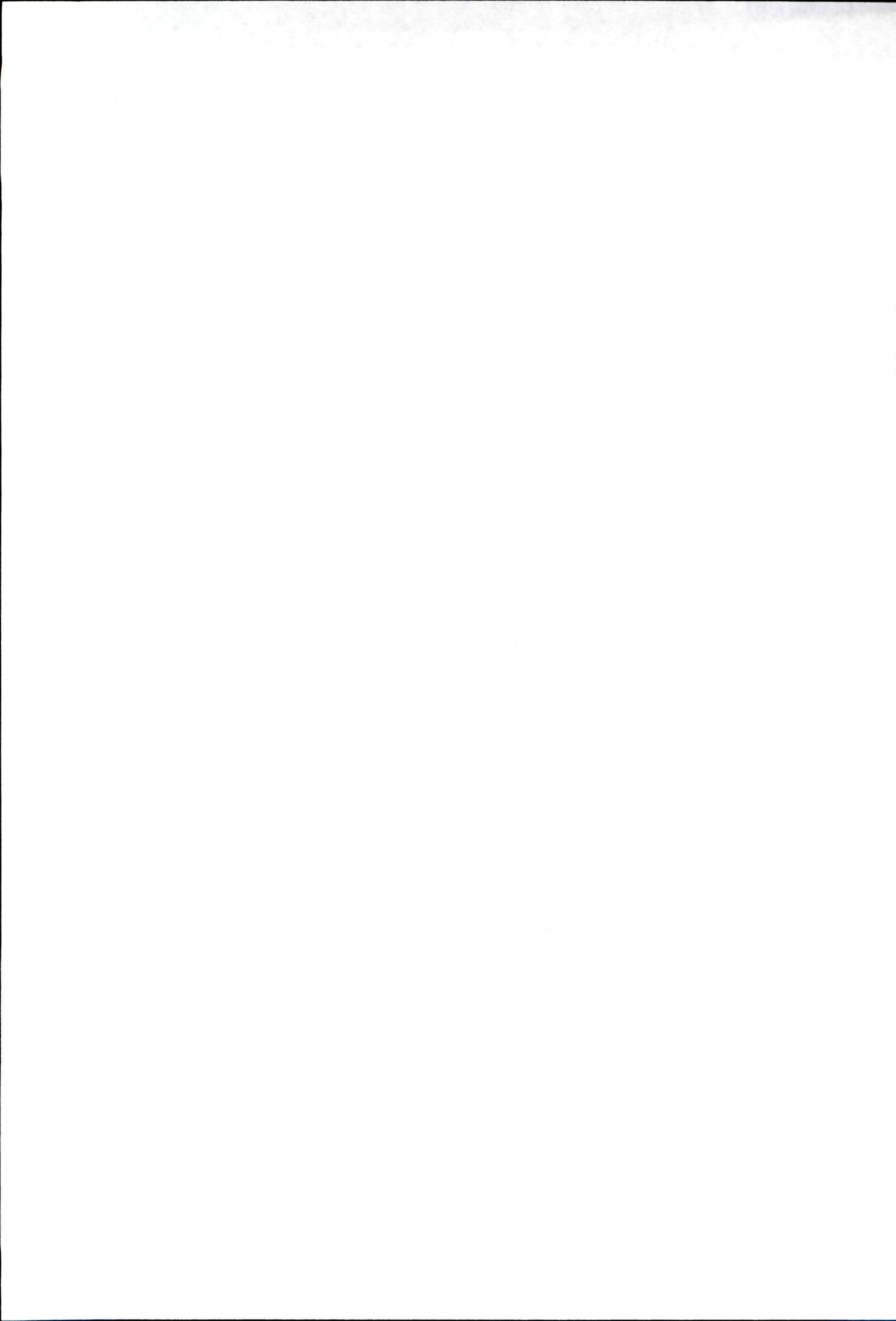
De beste springrespons bij lage spanning werd bekomen met een homogeen veld (Fig. 15). Indien in de praktijk een homogeen elektrisch veld zou kunnen opgewekt worden in een vistuig kunnen goede garnaalvangsten verwacht worden bij een minimum pulsspanning. Het opwekken van een homogeen elektrisch in een boomkor schept echter praktische problemen. De beschikbare pulsgeneratoren zijn niet krachtig genoeg om de korijzers van de boomkor als elektroden te gebruiken. Ook het gebruik van plaatvormige elektroden in de netopening is praktisch niet haalbaar. Vandaar dat voorlopig het gebruik van draadvormige elektroden wordt aangehouden voor de experimenten op zee.

Indien de twee beschikbare pulsgeneratoren LWY I & II elk aangesloten worden op een halve elektrodenset in de netopening van een garnaalboomkor genereren ze een puls van ongeveer 60 V met een frequentie van 6 Hz. De gemiddelde watertemperatuur voor de Belgische kust is ongeveer 12° C (informatie verkregen bij de Afdeling Waterwegen Kust van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap). Bijgevolg is het verwachte (op basis van de laboproeven) percentage van de garnaal aanwezig op de visgrond dat kan gevangen worden met elektrische pulsen:

- grote garnaal, overdag: 50 %
- grote garnaal, 's nachts: 70 %
- kleine garnaal, overdag: 47 %
- kleine garnaal, 's nachts: 60 %

Indien pulsgeneratoren beschikbaar zouden zijn met of een hogere spanning of een hogere frequentie dan zouden die percentages een tiental procent kunnen toenemen.

Het percentage garnalen dat na het aanleggen van de pulsspanning boven een bepaalde hoogte springt is belangrijk voor de efficiëntie van een elektrisch vistuig. Daarnaast is echter ook de duur van de responspiek erg belangrijk. Een goede springrespons die van korte duur is zou het namelijk erg moeilijk maken om de garnalen op het precieze tijdstip binnen het bereik van het net te brengen. De optimale sleepsnelheid van een vaartuig kan wel berekend worden in functie van de springrespons maar een constante sleepsnelheid op zee is niet haalbaar. Vandaar dat de ideale pulsgenerator naast een goede springrespons ook een brede *responspiek* moet vertonen bij garnaal. Voor de beschikbare apparatuur (zie vorige paragraaf) lag de responspiek op ongeveer 3 s. Er werd echter meestal een vrij brede responspiek waargenomen, tussen 0.5 s en 4 s na het aanleggen van het elektrisch veld.



Deze proeven tonen duidelijk aan dat de springrespons van garnaal afhangt van een aantal toevalligheden. Tijdens eenzelfde test vertonen sommige garnalen een minieme reactie, anderen vertonen een hevige reactie maar blijven dicht bij de bodem en nog anderen springen tot tegen het wateroppervlak. De conditie van de dieren en de positie in het niet-homogeen elektrisch veld spelen hier een belangrijke rol en zullen in praktijkomstandigheden niet te sturen zijn.

Tot slot kan gesteld worden dat dit systeem bruikbaar is als alternatieve stimulering voor garnaal. Als ruwe schatting kan aangenomen worden dat 's nachts meer dan 60 % van de op de visgrond aanwezige commerciële garnaal kan gevangen worden. Indien rekening gehouden wordt met het feit dat meer dan 10 % van de garnaal ontsnapt onder de onderpees van een klassiek net (Polet, 1998) betekent dit een verlies van ongeveer 20 % garnaal in vergelijking met de huidige commerciële visserij. Er kan echter aangenomen worden dat dit een onderschatting is daar de springrespons in het aquarium gehinderd werd door de wanden. Ook is niet geweten wat de invloed is van het verblijf in gevangenschap op de conditie van garnalen.

8 Studie van de reactie van platvis en andere demersale diersoorten op elektrische pulsen

8.1 Materiaal en methoden

Voor de studie van de reactie van platvis, niet commerciële vis en invertebraten op elektrische pulsen werd de opstelling gebruikt zoals weergegeven in Fig. 8. De dieren werden overgebracht in het waarnemingsaquarium en kregen voldoende tijd om tot rust te komen en zich eventueel in het zand in te graven. Vervolgens werd de videocamera gestart en na 15 seconden werd de generator ingeschakeld. Na 15 seconden werd de generator uitgeschakeld en werden de reacties nog 15 seconden gefilmd.

De experimenten werden uitgevoerd bij zwakke verlichting, een watertemperatuur van 12° C en een puls met 65 V spanning en een frequentie van 6 Hz.

8.2 Resultaten

8.2.1 Schol (*Pleuronectes platessa*)

Na de rusttijd van 15 seconden was schol ingegraven in het zand tot enkel nog een deel van de kop zichtbaar was. Bij het inschakelen van de generator begon schol kleine schokjes te vertonen op het ritme van de puls zonder zich evenwel te verplaatsen. Dit hield gedurende de volle 15 seconden aan.

8.2.2 Tong (*Solea solea*)

Tong vertoonde dezelfde reactie op de pulsen als schol in het merendeel van de gevallen. Bij ongeveer een kwart van de experimenten zwom tong op van de bodem.

8.2.3 Schar (*Limanda limanda*)

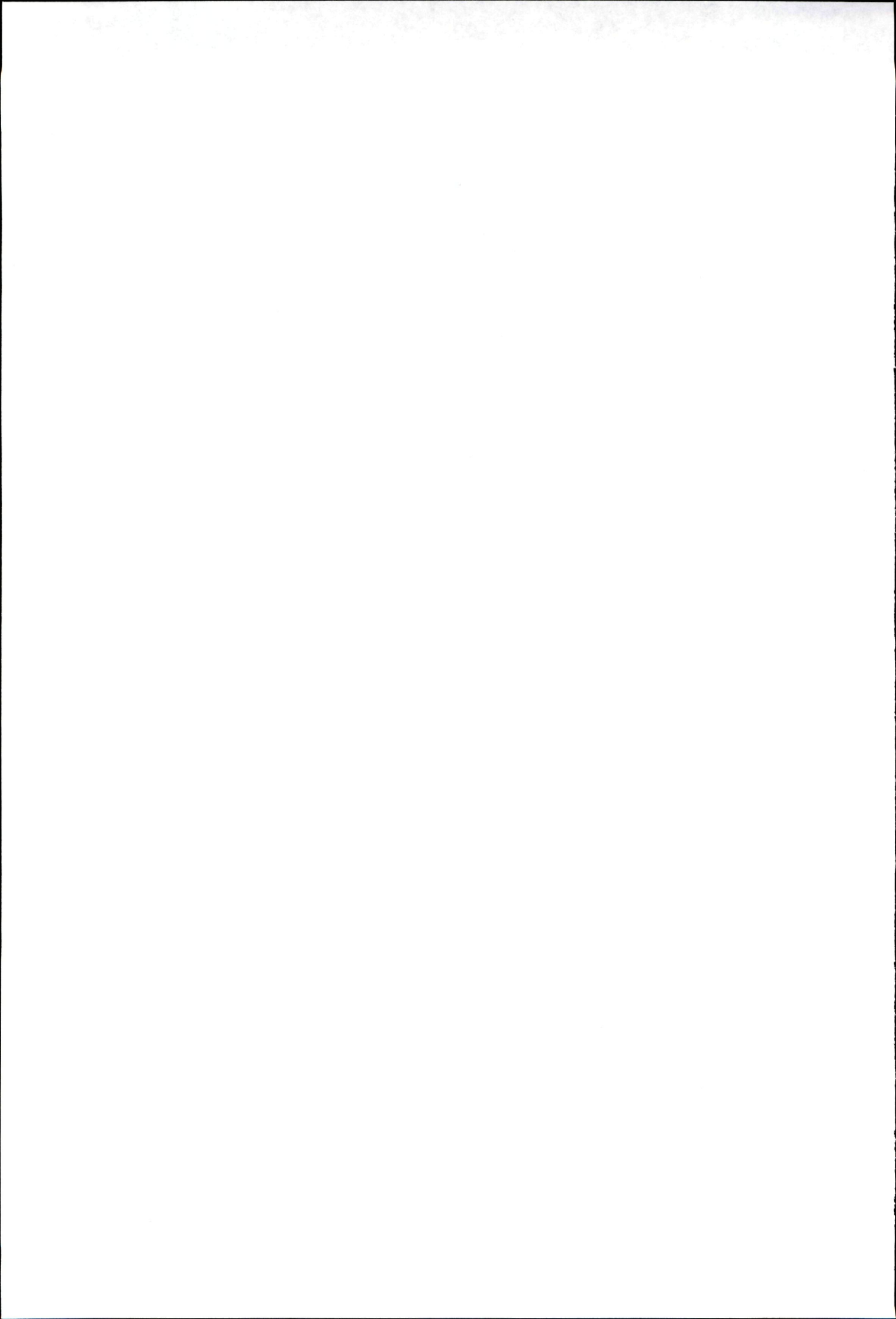
Net zoals schol en tong was schar bij het begin van de test ingegraven in het zand. Bij het starten van de pulsen vertoonde deze vis een hevige reactie. Ofwel zwom die weg langs de bodem ofwel onder een steile hoek omhoog tot aan het wateroppervlak, in dit geval 50 cm. De scharren deden telkens pogingen terug te keren naar de bodem waar ze in het sterker elektrisch veld terechtkwamen en onmiddellijk weer omhoog zwommen. Na het uitschakelen van de pulsen keerden de scharren zo vlug mogelijk naar de bodem terug.

8.2.4 Tarbot (*Psetta maxima*)

Tarbot vertoonde dezelfde reactie als schol.

8.2.5 Rog (*Raya spp.*)

Rog vertoonde dezelfde reactie als schol.



8.2.6 Zeedonderpad (*Myoxocephalus scorpius*)

Donderpadden lagen op de bodem, zonder zich in te graven. Onder invloed van de pulsen vertoonden deze vissen lichte schokjes maar bleven ter plaatse liggen.

8.2.7 Pitvis (*Callionymus lyra*)

Tijdens de rustfase van de test groeven pitvissen zich gedeeltelijk in de bodem in. Bij het inschakelen van de generator vertoonden de vissen hevige lichaamsbewegingen en ongecontroleerde verplaatsingen over korte afstand. Ze bleven echter dicht bij de bodem.

8.2.8 Harnasmannetje (*Agonus cataphractus*)

Net zoals de donderpad bleven de meeste harnasmannetjes vóór het inschakelen van de pulsen op de bodem liggen. Enkele vissen bleven echter rondzwemmen in de waterkolom. Na het inschakelen van de generator begonnen de vissen die zich op de bodem bevonden traag rond te zwemmen terwijl hun lichaam schokjes vertoonde op het ritme van de pulsen. De harnasmannetjes die zich op zekere hoogte bevonden zwommen na het aanleggen van de pulsen onmiddellijk naar de bodem.

8.2.9 Gewone meun (*Ciliata mustela*)

Tijdens de rustfase lagen de meunen stil op de bodem of zwommen rustig rond op het zand. Na het inschakelen van de generator zwommen deze vissen nerveus langs de bodem, aan hoge snelheid, om tot rust te komen na het uitschakelen van de pulsen.

8.2.10 Gewone zwemkrab (*Liocarcinus holsatus*)

In rust groef de zwemkrab zich in het zand in. Onder invloed van de pulsen verlieten de krabben hun beschermde positie en sloegen hevig met hun zwempoten maar bleven op de bodem. Na de test groef de zwemkrab zich zo vlug mogelijk terug in.

8.2.11 Strandkrab (*Carcinus maenas*)

Ook de strandkrabben groeven zich in rust in het zand in. Bij het inschakelen van de generator begonnen ze onrustig op de bodem heen en weer te lopen. Na de test zochten ze onmiddellijk terug bescherming in het zand.

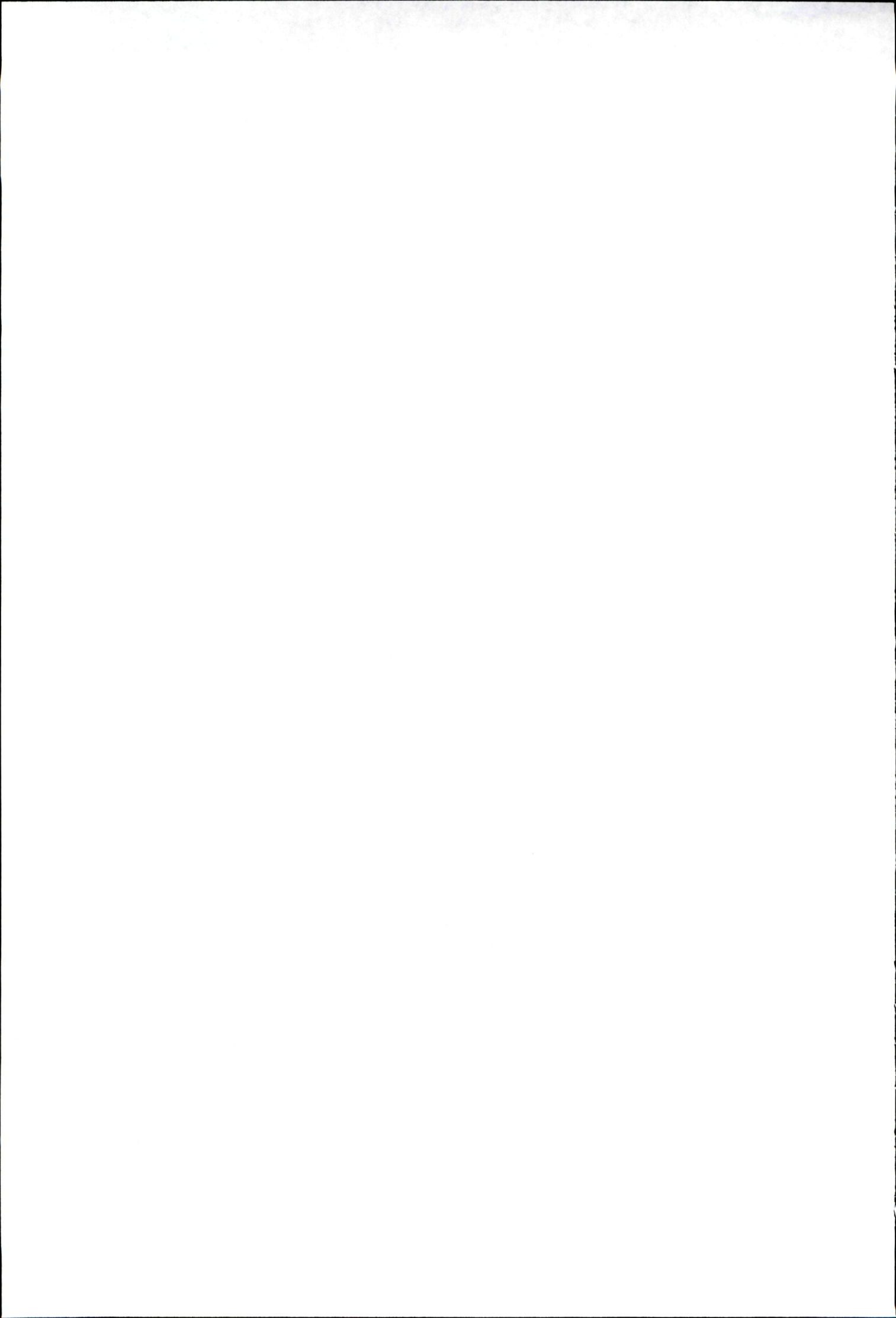
8.2.12 Andere

Met een aantal minder mobiele diersoorten werden ook testen uitgevoerd, zoals Heremietkreeft (*Bernhardus pagurus*), de gewone zeester (*Asterias rubens*), *spisula subtruncata* en slangster (*Opiura spp.*). Hierbij werden vrijwel geen bewegingen waargenomen.

8.3 Discussie

Uit deze resultaten blijkt dat behalve garnaal, tong en schar geen enkele van de geteste diersoorten de bodem verliet onder invloed van de elektrische pulsen. Voor de doelstellingen van het project is dit van belang daar op deze manier, in principe, een scheiding van de vangsten bekomen kan worden. Indien een vistuig kan ontworpen worden waar de onderpees op een bepaalde afstand, bijvoorbeeld 10 cm, van de bodem staat en de elektrische pulsen de enige stimulering zijn dan kan een goede selectiviteit bekomen worden. Op deze manier kunnen soorten als schol, donderpad, meun, pitvis, harnasmannetje, zeesterren, schelpdieren, krabben en in zekere mate ook tong uit de vangsten geweerd worden. Deze lijst is beperkt door het feit dat het niet mogelijk was alle diersoorten in de garnaalvangsten levend over te brengen naar de aquaria. Maar het is wel waarschijnlijk dat de lijst met dieren die voordeel kunnen ondervinden van een selectieve elektrische visserij langer is dan de geteste dieren.

Het kritieke element is hier dat de elektrische pulsen de enige stimulering moeten zijn. Over het effect van bijvoorbeeld geluid van het gesleepte vistuig, zandwolven, trillingen... in de visserij met garnaalboomkorren op het opschrikken van dieren op de zeebodem is weinig gekend. Indien deze elementen



een verwaarloosbaar effect hebben dan kan een goede selectiviteit bekomen worden met elektrische visserij. Daarenboven kunnen de elektroden in de netopening een wekkerend effect hebben. De experimenten op zee zullen hierover uitsluitsel moeten geven.

9 Studie van de impact van de pulsen op de conditie van garnaal en vis

9.1 Materiaal en methoden

De bedoeling van deze experimenten was na te gaan of de elektrische pulsen gegenereerd door de beschikbare generatoren sterfte veroorzaakten bij de verschillende diersoorten die voorkomen op de visserijgronden van de Belgische garnaalvloot. Hiertoe werd de opstelling gebruikt zoals in Fig. 8. De dieren werden overgebracht in het waarnemingsaquarium en werden de nodige tijd gegund om tot rust te komen. Garnaal en de andere soorten werden vervolgens gedurende respectievelijk dertig en vijftien seconden onderworpen aan de pulsen. Hierbij werd dus gekozen voor een erg conservatieve benadering daar in praktijkomstandigheden de dieren zich slechts enkele seconden in het elektrisch veld zullen bevinden. Ten vroegste vijftien seconden na het stopzetten van de generator werden de dieren overgebracht naar de bewaaraquaria. Daar werd de overleving gevolgd gedurende minimum 10 dagen tot maximum een maand.

Om mortaliteit te wijten aan stress te vermijden werden de dichtheden in de aquaria zo laag mogelijk gehouden. Omdat deze mortaliteit hoe dan ook voorkomt in aquaria was het noodzakelijk bij elke test ook een controlegroep te volgen. Deze controlegroep onderging identiek dezelfde behandeling als de geteste dieren met uitzondering van de behandeling met de pulsen. De overleving van de met pulsen geteste dieren werd aan het eind van het experiment bepaald op basis van de overleving van de controlegroep. Bijgevolg is het mogelijk dat overlevingspercentages bekomen worden hoger dan 100 %, namelijk als de mortaliteit in de controlegroep groter was dan bij de geteste dieren.

Voorlopig werden grijze garnaal, steurgarnaal, schol, tong, schar, rog, tarbot, kabeljauw, zeedonderpad, pitvis, harnasmannetje, gewone meun, *Pomatoschistus spp.*, gewone zwemkrab, strandkrab, heremietkreeft, en *Spisula subtruncata* getest.

9.2 Resultaten

9.2.1 Grijze garnaal (*Crangon crangon*)

In totaal werden in vijf testreeksen een 700-tal garnalen getest op overleving na contact met het elektrisch veld. Er werd met verschillende spanningen en met verschillende afstanden tussen de elektroden gewerkt. In alle gevallen waarbij de garnalen werden onderworpen aan de maximale pulsspanning was de overleving 100 %. Het gemiddeld overlevingspercentage, gewogen naar het aantal garnalen in de test, was 105.5 %. Dit betekent dat in de controlegroep zelfs iets grotere mortaliteiten werden opgetekend dan bij de geteste dieren. Dus kan gesteld worden dat de elektrische pulsen geen nadelige invloed hebben op garnalen. Wanneer ook de resultaten van de deelspanningen worden gebruikt dan is het gemiddeld overlevingspercentage, weerom gewogen naar het aantal dieren in de test, 104.5 %. Dit bevestigt de bevindingen.

9.2.2 Vis en benthos

Met volgende soorten werden overlevingstesten uitgevoerd: steurgarnaal, schol, tong, schar, rog, tarbot, kabeljauw, zeedonderpad, pitvis, harnasmannetje, gewone meun, *Pomatoschistus spp.*, gewone zwemkrab, strandkrab, heremietkreeft, en *Spisula subtruncata*. De overleving was 100 %.

Voor alle dieren werd ook het gedrag en de voedselopname geobserveerd. Hierbij werden geen opmerkelijke verschillen met de controlegroepen vastgesteld.

10 Modelproeven

Met de bedoeling een vistuig te ontwerpen met een grotere netopening voor het elektrisch veld en een bollenpees met minder bodemcontact werden enkele ideeën omgezet in een schaalmodel. Dit model werd op 7 januari en 18 maart 2000 uitgetest in de proeftank te Boulogne. Daar bleek dat de toegepaste principes geschikt waren voor het gestelde doel maar dat nog heel wat ontwikkelingswerk nodig zou zijn om het vistuig operationeel te maken op ware grootte. Daarvoor waren binnen het kader van het project noch de beschikbare tijd noch de nodige financiële middelen voorhanden. In maart 2000 was het namelijk noodzakelijk dat de experimentele zeereizen van start gingen. Gezien een eerste reeks testen op het onderzoekingsvaartuig *Belgica* aantoonde dat een aangepaste versie van de bestaande garnalenboomkor ook geschikt was (doch niet optimaal) werd beslist de experimentele zeereizen uit te voeren met dit vistuig.

11 Experimenten op zee

11.1 Materiaal en methoden

11.1.1 Opzet van de praktijkproeven

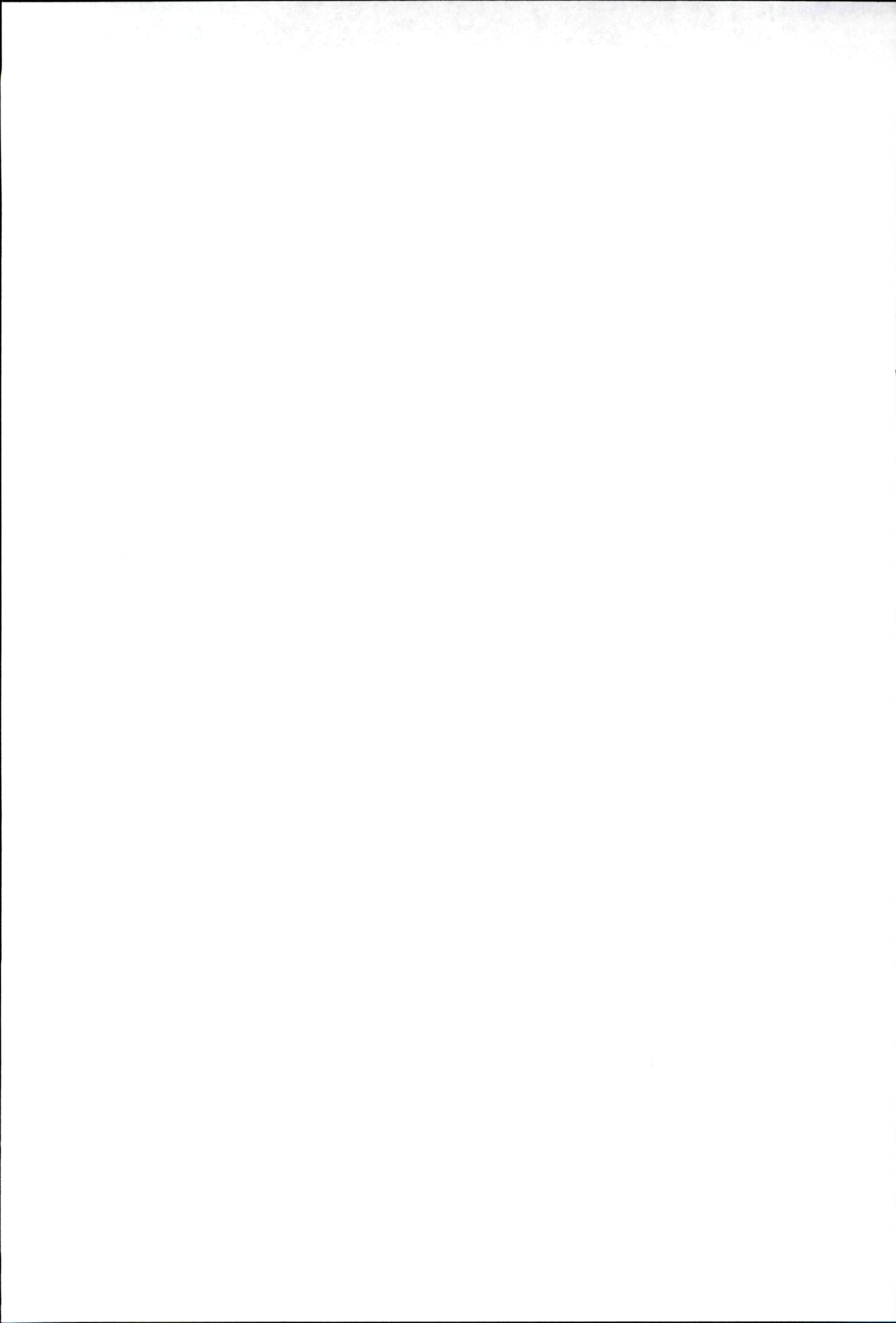
De bedoeling van de experimenten was een systeem te vinden waarbij zoveel mogelijk invertebraten, niet-commerciële vis en ondermaatse commerciële vis konden ontsnappen onder het net door, waarbij de verliezen aan garnaal (en eventueel de vangst van maatse commerciële vis) tot een minimum beperkt werden. Om dieren onder het net door te laten ontsnappen werd geopteerd voor een aanpassing aan de onderpees waarbij die op een grotere afstand van de bodem staat dan in de huidige garnaalvisserij (Fig. 20). Om te verhinderen dat de garnalen ook onder het net door zouden ontsnappen werd de netopening voorzien van een elektrisch veld dat bij garnaal de vereiste springrespons zou moeten uitlokken. De elektrische puls was zodanig gekozen dat slechts bij een minimum aan andere diersoorten een respons zou uitgelokt worden. Er werden twee elektrodeopstellingen uitgetest, namelijk A en C (Fig. 6).

De vangsten van het elektronet werden telkens vergeleken met die van een simultaan gesleept standaard net. Er werden in totaal 16 reeksen experimenten uitgevoerd waarbij telkens een specifieke configuratie werd uitgetest. Met het elektronet werd gevist met en zonder pulsen, met een standaard onderpees en een aangepaste onderpees, met een gewoon net en met een net voorzien van fijnmazig netwerk in de rug.

11.1.2 Vaartuigen, vistuigen en visgronden

Een eerste oriënterende zeereis ging door van 22 tot 26 november 1999 op het onderzoekingsvaartuig "*Belgica*" (campagne 99/26). Dit vaartuig heeft een lengte van 50.9 m, een GRT van 765 t en een motorvermogen van 1154 kW. De bedoeling van deze eerste zeereis was de generatoren en de optuiging van de elektroden uit te testen op zee en na te gaan welke de praktische problemen waren met elektrisch vissen.

Hierbij werd met het experimenteel net gevist, zonder pulsen en met elektrodeopstellingen A en C met pulsen (Fig. 20). De onderpees was ingekort zodat deze boven op de bollenpees kwam te liggen. Bij deze optuiging kan een groot deel van de potentiële vangst ontsnappen onder het net door. De bedoeling was de garnalen onder invloed van de pulsen in de waterkolom te laten springen zodat ze binnen het bereik kwamen van het net. Om de experimentele vangsten te kunnen vergelijken met standaard garnaalvangsten werd door het commercieel vaartuig *Z.582* simultaan met de "*Belgica*" gevist. De *Z.528* is een typisch garnaalvaartuig van 21 m lang, een GRT van 62 t en een motorvermogen van 221 kW. Twee personeelsleden van DvZ scheepten tijdens deze visserijlepen in aan boord van de *Z.582* om de vangsten te bemonsteren en te meten. De visserij ging door op de Vlakte van de Raan.



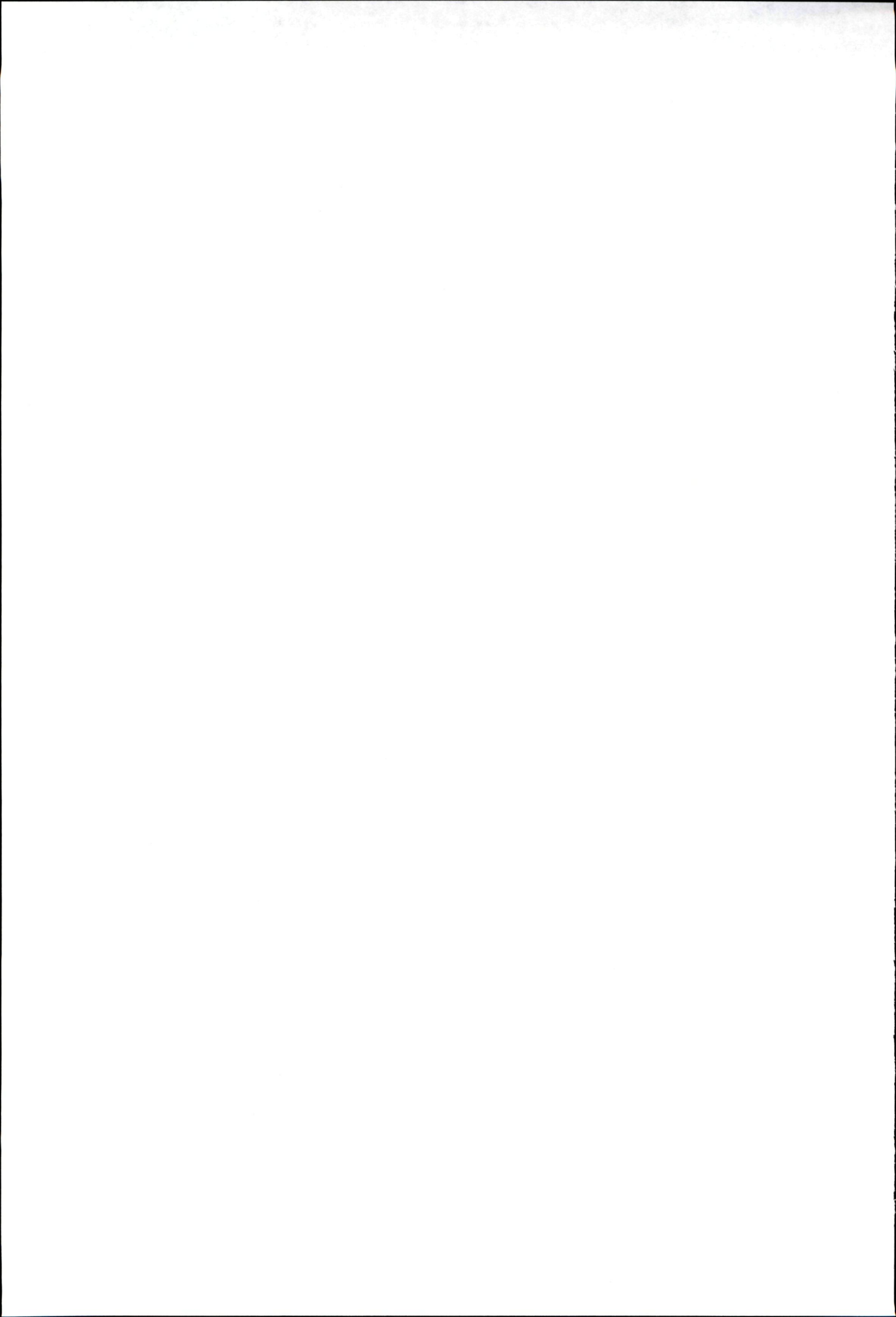
De experimentele elektrovisserij in commerciële omstandigheden ging door in het jaar 2000 op het vaartuig O.700, een garnalenvaartuig van 16.8 m lang, met een GRT van 33 ton en een motorvermogen van 177 kW. In totaal werden 12 zeereizen en 90 experimentele visserijslepen uitgevoerd.

In het ideale geval zou een experimenteel vistuig moeten gebruikt worden, speciaal ontworpen voor de elektrovisserij. Gezien het ontwerp van dit vistuig echter nog niet ver gevorderd was op het ogenblik dat de experimenten op zee dienden van start te gaan, werden de generatoren en elektroden opgetuigd in een standaard 8 m garnaalboomkorre. Het principe van de selectieve elektrovisserij, namelijk verhoogde onderpees (Fig. 20) waarbij het merendeel van de vangst kan ontsnappen onder het net door, is evenzeer mogelijk in een dergelijk vistuig. De oriënterende testen tijdens Belgica campagne 99/26 toonden dit trouwens al aan. Het nadeel was echter dat door de mechanische stimulatie van de standaard bollenpees de ongewenste bijvangst hoger was dan bij een speciaal ontworpen bollenpees. Tevens waren de elektroden aan de zijkant van het net vrij kort waardoor de reactietijd voor een goede springrespons ook vrij kort werd. De precieze gevolgen waren moeilijk in te schatten maar bij langere elektroden kan verwacht worden dat de visnamigheid voor garnaal hoger zal zijn.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de geteste optuigingen aan boord van de Belgica en de O.700:

Reeks	Vaartuig	Pulsen	Aantal generatoren	Elektroden-opstelling	Onderpees	Bindnels	Kleine mazen in de rug
1	Belgica	nee	2	A / C	ingekort	kort	nee
2	Belgica	ja	2	A	ingekort	kort	nee
3	Belgica	ja	2	C	ingekort	kort	nee
4	O.700	nee	-	A / C	ingekort	lang	nee
5	O.700	nee	-	A / C	ingekort	kort	nee
6	O.700	nee	-	A / C	standaard	standaard	nee
7	O.700	ja	1	A	standaard	standaard	nee
8	O.700	ja	2	A	standaard	standaard	nee
9	O.700	ja	2	A	standaard	standaard	ja
10	O.700	ja	2	A	ingekort	lang	nee
11	O.700	ja	2	A	ingekort	kort	ja
12	O.700	ja	2	A	ingekort	kort	nee
13	O.700	ja	1	C	standaard	standaard	nee
14	O.700	ja	2	C	standaard	standaard	ja
15	O.700	ja	1	C	ingekort	lang	nee
16	O.700	ja	2	C	ingekort	kort	nee

De eerste drie Reeksen (4 tot 6) op de O.700 werden uitgevoerd zonder pulsen met de bedoeling na te gaan wat het effect was van wijzigingen aan de optuiging zonder elektrische pulsen. In Reeksen 7 tot 16 werd wel een elektrisch veld aangelegd. De geteste elektrodeopstellingen waren A en C (Fig. 20). Bij de reeksen zonder pulsen staat als opstelling aangegeven A/C omdat ook bij afwezigheid van het elektrisch veld de elektroden toch nog aanwezig waren in de netopening en een zeker wekkereffect als gevolg hadden. Bij de configuraties met een ingekorte onderpees kwam die boven op de bollenpees te liggen waardoor een ontsnappingsweg onder het net door ontstond. Bij de ingekorte onderpees werden in een eerste fase lange bindnels (verbindingstouwen tussen bollenpees en onderpees, Fig. 20) gebruikt. Daar dit een onstabiele onderpees tot gevolg had werden deze vervangen door korte bindnels



zodat de onderpees tegen de bollenpees werd bevestigd. In de rug van het net werden in een aantal experimenten de grote mazen van de rug (28 mm) vervangen door kleine mazen (11 mm) omdat de mogelijkheid voorzien werd dat bij sterke springrespons van de garnaal een deel van de garnalen zou kunnen ontsnappen door de grote mazen in de rug van het net.

De visserij ging door op de Vlaamse banken en de keuze van de visgrond werd overgelaten aan de schipper. De sleepsnelheid was tussen 2 en 3 knopen. De lengte van de vislijn was in regel drie maal de waterdiepte. Tijdens de visserij werd aan één zijde van het vaartuig een standaard commerciële garnalenboomkorre gesleept en aan de andere zijde het experimentele elektronet. Tijdens deze simultane visserij worden het standaard en het experimenteel net onder identieke omstandigheden gesleept wat optimaal is voor de beoogde vangstvergelijking. De gebruikte vistuigen hadden een boomlengte van 8 m en een verticale netopening van ongeveer 50 cm. De lengte van de bovenpees en onderpees waren respectievelijk 7.8 en 9.8 m. Om de onderpees boven op de bollenpees op te tuigen werd die niet ingekort tot een vaste lengte, maar werd het vistuig elke zeereis opgezet en werd de onderpees ingekort tot het midden van de onderpees boven op het midden van de bollenpees lag. Het net was vervaardigd uit geknoopt nylon netwerk met een nominale maaslengte van 28 mm vooraan in het net en 22 mm in de kuil. De kuil was beschermd met een grootmazige (80 mm) overkuil.

De pulsgeneratoren werden met spanbanden bevestigd op de korrestok. Tussen de korjzers werd een spanketting aangebracht waaraan de elektroden werden vastgemaakt met een tussenafstand van 50 cm. De lengte van de elektroden was zodanig dat de uiteinden zich op ongeveer 40 cm van de bollenpees bevonden. De elektroden werden vooraan en achteraan verzwaard met een stuk ketting van 5 schakels om een matig bodemcontact te verzekeren. De elektroden in de rug van het net werden door het netwerk geweven. Aan boord van het vaartuig werd voor elke pulsgenerator een manueel bediende lier opgesteld die voorzag in de voeding van de generatoren. De stuureenheden werden opgesteld in de brug van het vaartuig en waren een controle op het functioneren van de toestellen.

11.1.3 Data collectie en analyse

Voor de experimenten aan boord van de Belgica werd enkel grijze garnaal geanalyseerd. Tijdens de commerciële zeereizen werden alle soorten in de vangst onderzocht.

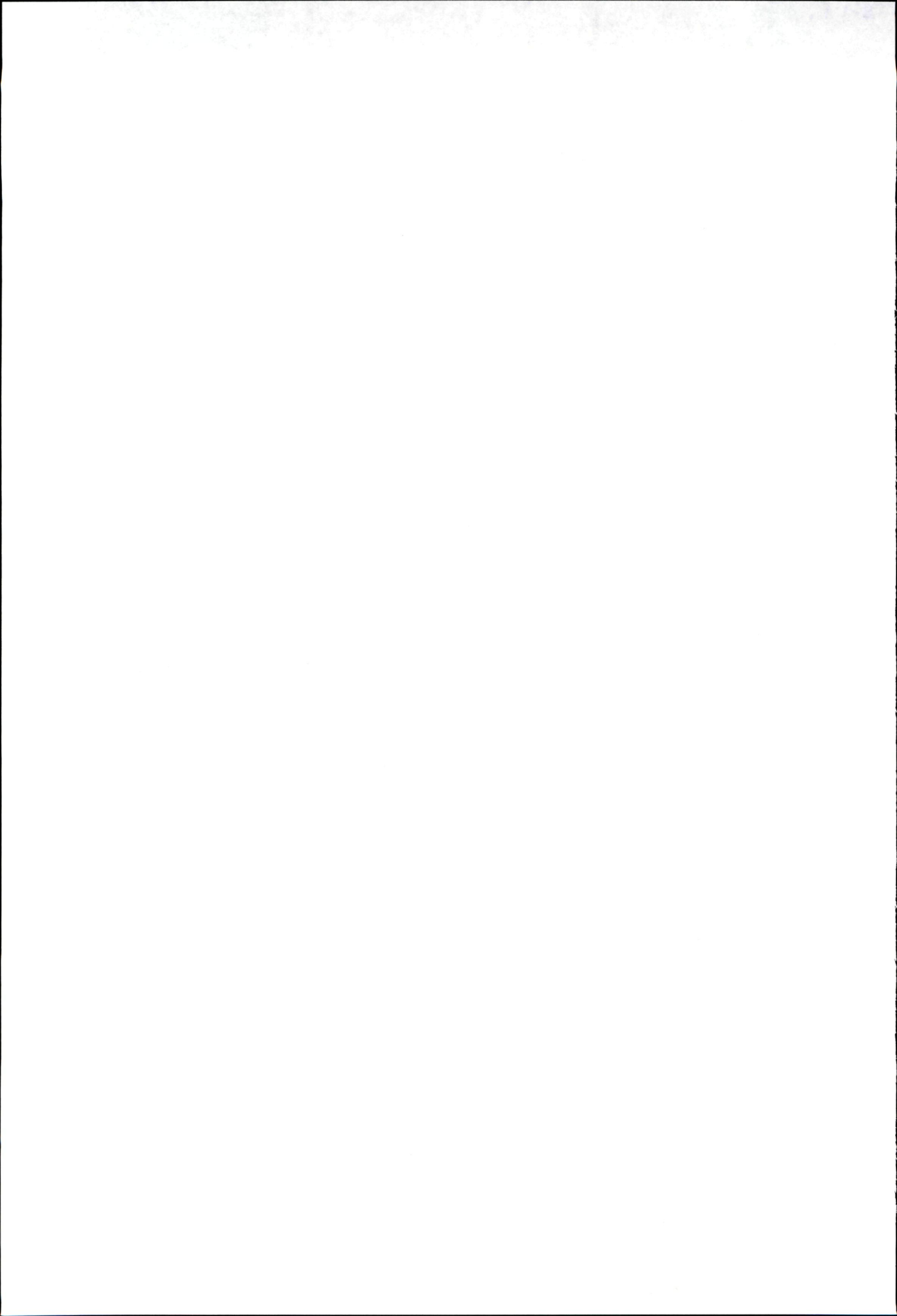
Na iedere sleep werd de vangst gesorteerd in een spoel- en sorteermachine. Volgende fracties werden bekomen:

- De grove bijvangst met de grotere vissen, krabben, zeesterren, afval enz.
- De commerciële garnaalfractie met 0- en 1-jarige platvis en occasioneel juveniele rondvis.
- De niet-commerciële garnaalfractie met 0- en 1-jarige platvis en de kleinere invertebraten en niet-commerciële vissoorten.

Het volume van elke vangstfractie werd genoteerd. Na elke sleep werd de lengte van de vissen in elke fractie gemeten op 1 cm nauwkeurig. Van iedere garnaalfractie werd een staal van 1.5 liter genomen voor verdere analyse in het lab. Daar werd met behulp van beeld analyse software de totale lengte van de garnalen gemeten op 1 mm nauwkeurig.

Ook de niet-commerciële benthische dieren in de vangsten werden geanalyseerd. Van de grove bijvangstfractie werd, na het uitsorteren van de commerciële vis, een 6 tot 10 liter staal genomen. In het lab werden de dieren per soort geteld en gewogen. Dit werd ook gedaan voor het benthos in de garnaalstalen. Al deze gegevens werden gerecombineerd om de samenstelling van de totale vangst te schatten van zowel het standaard als het experimenteel net.

Voor garnaal en de commerciële vissoorten werden lengtefrequentieverdelingen opgemaakt om de visnamigheid van het standaard en het elektronet te vergelijken. Voor de niet-commerciële soorten werd het percentage in aantal dieren in het elektronet ten opzichte van het standaardnet berekend.



11.2 Resultaten

De vangstresultaten zijn gegeven in Tabel 2 per reeks experimenten met een bepaalde configuratie (zie bovenstaande tabel). Deze tabel geeft het totaal aantal dieren gevangen in een reeks visserijslepen (standaard + experimenteel net). Tabel 2 geeft ook het percentage dieren gevangen in het experimentele net ten opzichte van het standaardnet en geeft dus de grootte aan van het vangstverlies (of toename) aan garnaal en commerciële vis in het elektronet en de mogelijke reductie (of toename) aan teruggooi. Een grafische weergave van de lengteverdelingen voor garnaal in beide netten en het percentage in het experimentele net ten opzichte van het standaard is gegeven in Fig. 21. Tabel 3 geeft dezelfde informatie maar voor niet-commerciële vis en invertebraten.

Ook wanneer slechts weinig dieren van een bepaalde soort werden gevangen, werd het resultaat voor de volledigheid toch in de tabellen vermeld. In dit geval zijn de resultaten echter minder betrouwbaar.

Reeks 1

Zonder pulsen is het verlies aan garnaal erg groot, namelijk 91 % voor kleine garnaal en bijna 80 % voor grote garnaal (Tabel 2). Hieruit blijkt dat het inkorten van de onderpees inderdaad toelaat dat heel wat garnaal kan ontsnappen onder het net door. Uit Fig. 21 – Reeks 1 blijkt ook een lengte-effect. Hoe kleiner de garnaal, hoe meer dieren ontsnappen.

Reeks 2

Bij het aanleggen van de pulsen (elektrodeopstelling A) in hetzelfde vistuig als Reeks 1 wordt een aanzienlijk deel van het verlies weggewerkt. Voor kleine garnaal is dit verlies weliswaar nog erg groot (bijna 80 %) maar voor grote garnaal is dit gereduceerd tot 34 % (Tabel 2). Uit Fig. 21 – Reeks 2 blijkt bovendien dat voor garnaal met een lengte van 6 cm en groter dit verlies volledig is weggewerkt en dat de vangst gemiddeld zelfs iets hoger is dan in het standaard net.

Reeks 3

Bij het aanleggen van de pulsen met elektrodeopstelling C in hetzelfde vistuig als Reeks 1 wordt het verlies aan garnaal nog sterker gereduceerd. Het verlies aan kleine garnaal is 51 % en voor grote garnaal is dit nog slechts 26 % (Tabel 2). Weerom blijkt dat hoe groter de dieren hoe kleiner het vangstverlies.

Reeks 4

Bij deze testen met ingekorte onderpees, lange bindsels en geen elektrische pulsen is het verlies aan garnaal aanzienlijk, ongeveer 70 % (Tabel 2). Er werd geen duidelijk lengte-effect vastgesteld (Fig. 21 – Reeks 4).

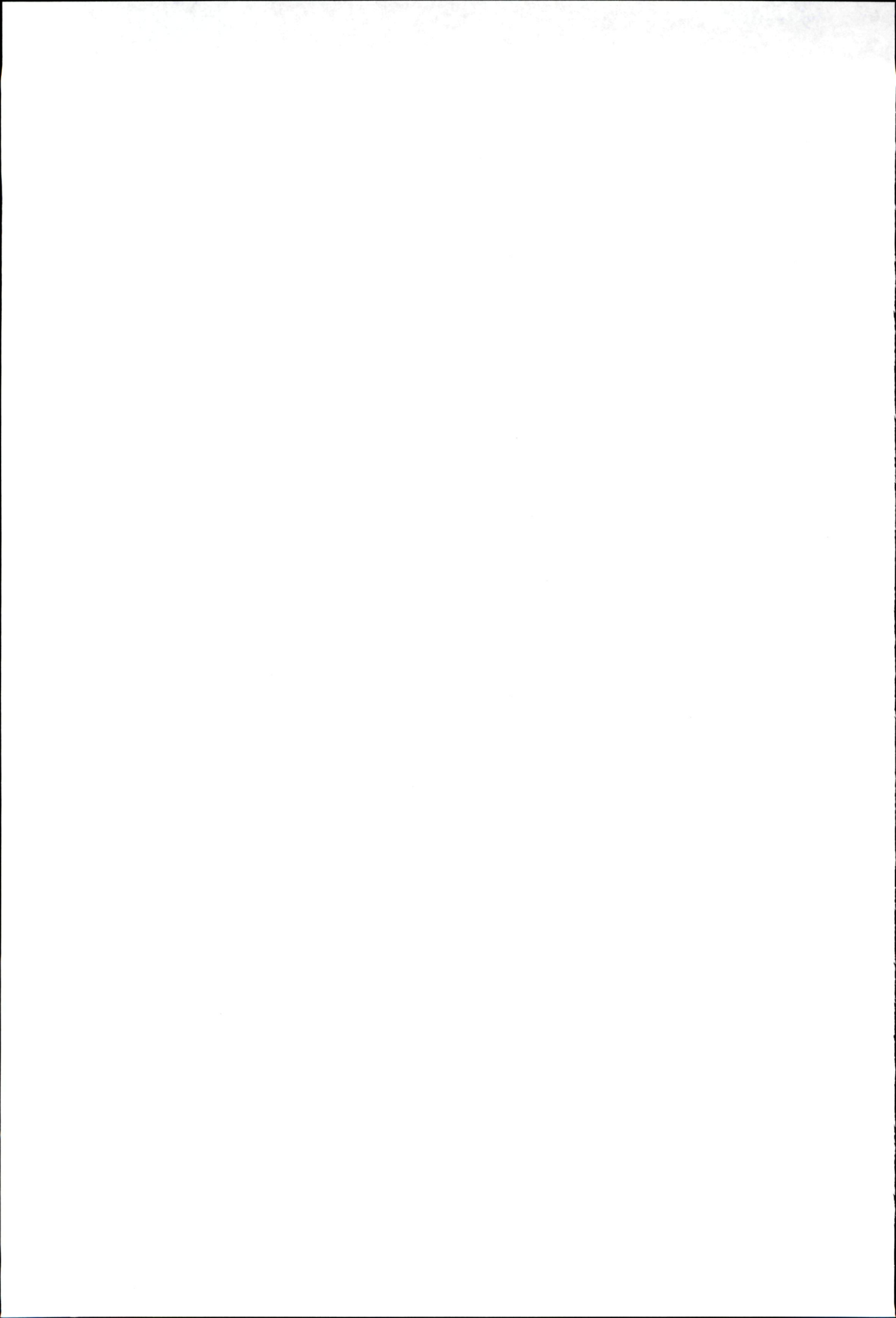
Voor alle vissoorten, zowel maats als ondermaats was het verlies aanzienlijk, variërend van 20 % tot 80 % (Tabel 2). Hetzelfde gold voor het benthos (Tabel 3).

Reeks 5

Het enige verschil tussen deze testen en Reeks 4 zijn de ingekorte bindsels.

Het verlies aan garnaal was in dit geval kleiner dan 50 %. Ook hier werd geen lengte-effect vastgesteld.

Een aantal vissoorten zoals wijting, tong en schol konden van deze ontsnappingsroute gebruik maken (Tabel 2). Voor schar en steenbolkw werd echter geen vangstreductie opgetekend. Van de meeste benthossoorten kon een aanzienlijk deel ontsnappen. Voor zeenaald, rode poon en pitvis werd echter een vangsttoename vastgesteld.



Reeks 6

Bij deze testen was het experimenteel net identiek opgetuigd als het standaardnet, met als enige verschil de aanwezigheid van elektroden in de netopening (zonder pulsen). Met deze Reeks kon dus het wekkereffect van de elektroden geëvalueerd worden.

De vangsten aan garnaal waren vrijwel gelijk (Tabel 2, Fig. 21 – Reeks 6). Voor de meeste vissoorten werd echter een hogere vangst opgetekend in het experimentele net. Ook voor heel wat benthossoorten was de vangst iets hoger (Tabel 3). De uitzonderingen waren witte dunschaal, fuikhoren en kleine pierman met een respectievelijke vangstreductie van 79 %, 83 % en 40 %.

Reeks 7

In deze reeks werd gevist met een experimenteel net dat standaard opgetuigd was maar met pulsen geleverd door 1 generator. Reeks 7 verschilt van Reeks 6 enkel door de aanwezigheid van pulsen tijdens het vissen.

Er werd een opmerkelijk vangstverlies aan garnaal vastgesteld van 50 % voor kleine garnaal en 20 % voor grote garnaal (Tabel 2). Het lengte-effect is zeer duidelijk te zien in Fig. 21 – Reeks 7. Voor wijting en ondermaatse schar werd een verlies opgetekend. Voor de andere commerciële vissoorten was de vangst gelijk of hoger.

Voor de niet-commerciële soorten werd ongeveer de helft van de soorten in grotere aantallen gevangen in het experimentele net en de andere helft in lagere aantallen (Tabel 3).

Reeks 8

Het enige verschil met Reeks 7 is dat hier met twee generatoren in plaats van één generator werd gevist.

Net zoals in Reeks 7 is ook hier het vangstverlies aan garnaal groot, doch iets minder uitgesproken (Tabel 2). Ook het lengte-effect is gelijklopend (Fig. 21 – Reeks 8). Ondermaatse wijting, tong, schol, schar en bot worden in kleinere aantallen gevangen. Marktwaardige tong wordt echter in grotere aantallen gevangen (hoewel de vangst te klein was om solide conclusies te trekken).

Voor de niet-commerciële soorten is ook hier het resultaat afhankelijk van de soort.

Reeks 9

De opstelling in deze reeks is gelijk aan die van Reeks 8 maar nu werd in de rug van het net een fijnmazig stuk netwerk aangebracht zodat het vrijwel onmogelijk werd dat dieren langs deze weg zouden ontsnappen.

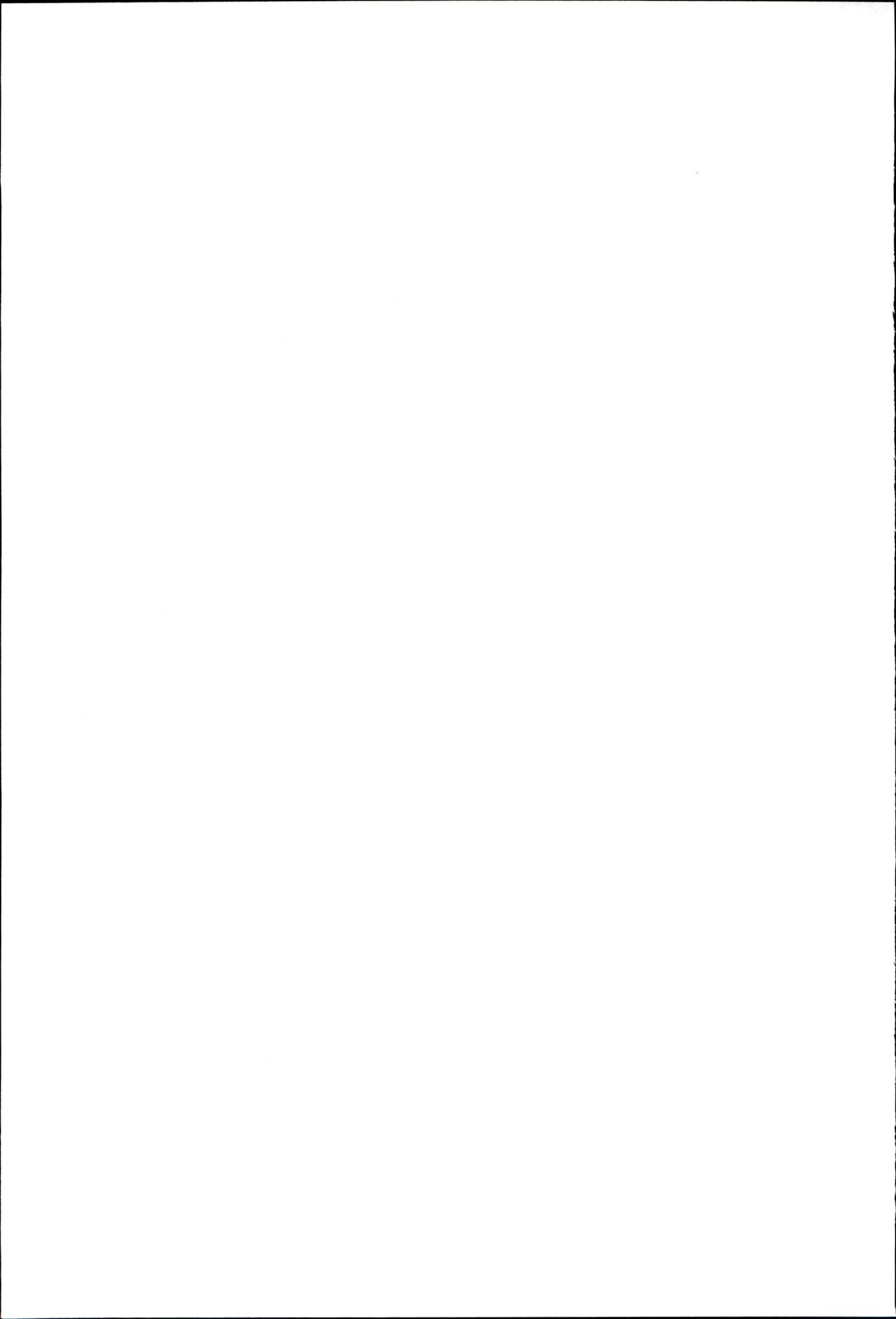
De vangst aan ondermaatse garnaal in het standaard en het elektronet was vrijwel identiek. De vangst aan grote garnaal was 12 % hoger in het elektronet (Tabel 2). Een uitgesproken lengte-effect werd niet waargenomen (Fig. 21 – Reeks 9). Ondermaatse wijting, tong en schol werden in kleinere aantallen gevangen in het elektronet.

De vangstverschillen voor de niet-commerciële soorten waren weerom soortafhankelijk, maar vrij gelijklopend met Reeks 8 (Tabel 3).

Reeks 10

In deze reeks werd gevist met een optuiging identiek aan deze in Reeks 4 (ingekorte onderpees, lange bindsels), maar ditmaal met pulsen.

Het verlies aan kleine en grote garnaal was respectievelijk 47 % en 25 %. Het lengte-effect is opnieuw te zien in Fig. 21 – Reeks 10. Er werd een sterke reductie in de vangsten van de commerciële vissoorten en het benthos vastgesteld (Tabel 2 en Tabel 3).



Reeks 11

Deze experimenten werden uitgevoerd met dezelfde configuratie als Reeks 12 maar met een fijnmazig netpaneel in de rug van het net.

Er werd een verlies genoteerd van 12 % grote garnaal. Voor kleine garnaal lagen de vangsten in het elektronet 16 % hoger. Het lengte-effect waargenomen in andere reeksen was in dit geval omgekeerd (Fig. 21 – Reeks 11). Voor anemoon, gewone zwemkrab, pitvis en goudkammetje lagen de vangsten hoger in het elektronet. Voor de andere benthosoorten was er een vangstreductie (Tabel 3).

Reeks 12

In deze reeks werd gevist met een opstuiging identiek aan deze in Reeks 5 (ingekorte onderpees, korte bindsels), maar ditmaal met pulsen.

Het verlies aan kleine en grote garnaal is respectievelijk 19 % en 8 %. Het verlies aan kleine garnaal is groter dan grote garnaal (Fig. 21 – Reeks 12), maar het lengte-effect is niet uitgesproken. Van alle commerciële vissoorten, met uitzondering van steenbolk, kan een deel ontsnappen onder het net door (Tabel 2). Voor alle benthosoorten, met uitzondering van pitvis, zijn de vangstreducties aanzienlijk (Tabel 3).

Reeks 13

In deze reeks werd gevist met een experimenteel net dat standaard opgetuigd was maar met pulsen geleverd door 1 generator en elektrodenopstelling C.

Het verlies aan kleine garnaal was 26 % en aan grote garnaal 9 %. Er werd een uitgesproken lengte-effect waargenomen waarbij de vangsten toenamen met toenemende lengte van de garnaal (Fig. 21). Met uitzondering van maatse wijting en schol en ondermaatse steenbolk lagen de commerciële visvangsten lager in het elektronet. De vangstverschillen voor benthos waren soortafhankelijk (Tabel 3).

Reeks 14

Het vistuig was standaard opgetuigd en voorzien van elektrodeopstelling C gevoed door 2 generatoren. In de rug van het net werd een fijnmazig netpaneel bevestigd.

Van kleine garnaal werd 11 % meer gevangen in het experimenteel net. Voor grote garnaal waren de vangsten vrijwel gelijk. De vangstverschillen voor de andere soorten zijn gegeven in Tabel 2 en Tabel 3 en zijn soort afhankelijk.

Reeks 15

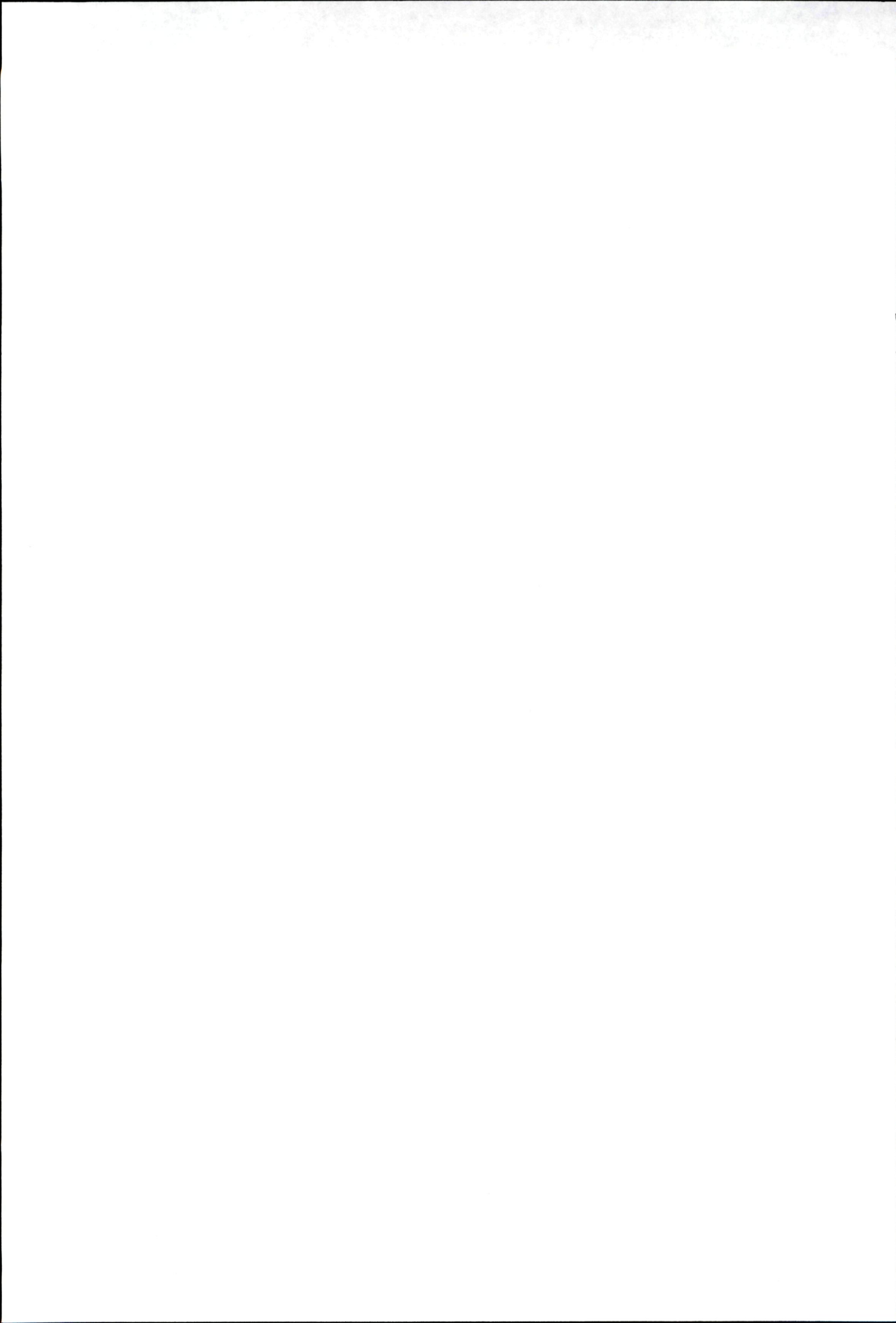
De opstuiging in deze reeks is identiek aan Reeks 4 maar ditmaal werd met pulsen gevist.

Het grote vangstverlies aan garnaal in Reeks 4 werd hier gereduceerd tot 30 % en 23 % voor respectievelijk kleine en grote garnaal. Voor alle vis- en invertebratensoorten werden sterke vangstreducties genoteerd.

Reeks 16

Tijdens deze testen werd gevist met hetzelfde vistuig als in Reeks 5 maar met pulsen.

Er werd 26 % minder kleine garnaal gevangen dan in het standaardnet en de vangsten aan grote garnaal waren gelijk. Er is dus wel een lengte-effect, maar uit de grafiek (Fig. 21 – Reeks 16) blijkt dat dit minder uitgesproken is dan bij andere configuraties. Met uitzondering van bot en pitvis was er een vangstreductie in het elektronet voor alle vis- en invertebratensoorten.



11.3 Discussie

11.3.1 Garmaal

Uit de oriënterende experimenten op de Belgica (Reeks 1 – 3) bleek duidelijk dat de elektrische pulsen een effect hadden op garmaal. Een verlies aan commerciële garmaal van 77 % zonder pulsen werd gereduceerd tot 34 % en 26 % voor respectievelijk elektrodeopstelling A en C. Het lijkt logisch dat een deel van de garnalen door de pulsen een springrespons vertoonden die sterk genoeg was om ook bij een ingekorte onderpees binnen het bereik van het net te komen. Uit het lengte-effect (er worden meer grote dan kleine dieren gevangen - Fig. 21 – Reeksen 2 & 3) zou kunnen besloten worden dat grote garnalen een sterkere springrespons vertonen dan kleine. Nochtans bleek uit de laboproeven (Fig. 15, Fig. 16) dat het verschil in springrespons tussen kleine en grote dieren toch vrij klein (10 % of minder) was bij het type puls gebruikt in de praktijkproeven. Een tweede mogelijkheid is echter dat de garnalen onder invloed van de pulsen sprongen tegen het netwerk van de rug en de zijpanelen van het net. Daar de maaswijdte in deze panelen vrij groot was, was het mogelijk dat een aanzienlijk deel van de garnalen door de mazen ontsnapten. Kleine garnalen zouden in dit geval in grotere aantallen ontsnappen dan grote, wat ook het waargenomen lengte-effect zou kunnen verklaren.

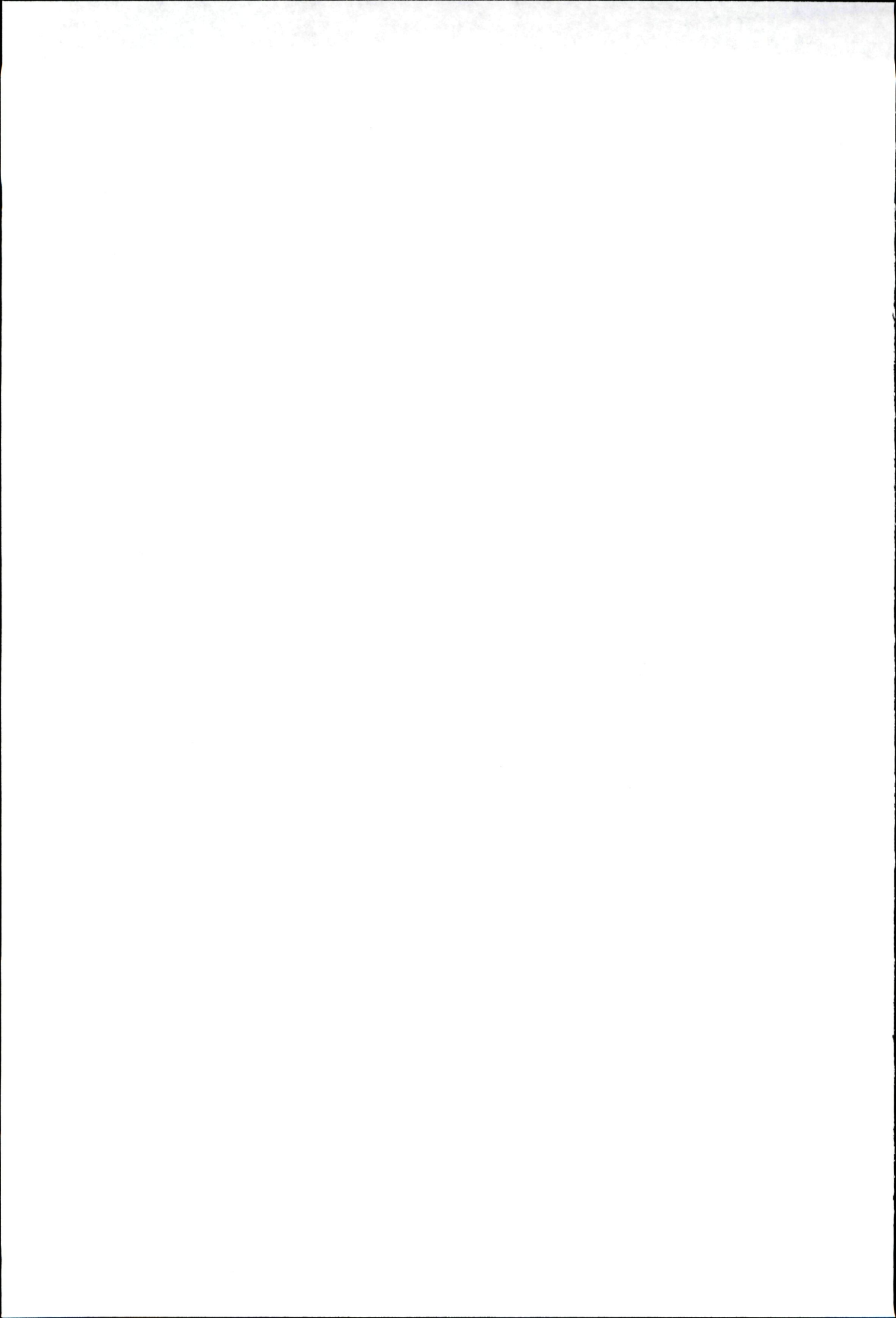
Tijdens de eerste reeksen experimenten met ingekorte onderpees (Reeksen 4, 10 & 15) werden de bindsels op hun oorspronkelijke lengte gelaten (± 30 cm). De onderpees lag in dit geval wel boven de bollenpees, maar de lange bindsels lieten de onderpees toe op en neer te bewegen. Bijgevolg kon de afstand tussen de onderpees en de bodem, en dus ook de visnamigheid, continu variëren. Dit leidde tot te grote vangstverliezen. Bij verdere proeven met korte onderpees werd de lengte van deze bindsels ingekort zodanig dat de onderpees tegen de bollenpees werd gehouden met een veel stabielere visnamigheid tot gevolg.

Het basisprincipe waar reeds bij de aanvang van het project "Elektrisch Vissen" werd van uit gegaan was om de visnamigheid van het elektronet sterk te verlagen door aanpassingen aan de onderpees. Hierbij zou een ontsnappingsroute gecreëerd worden voor de dieren die bij de passage van het vistuig dicht tegen de bodem verblijven en zouden heel wat dieren onder het net door kunnen ontsnappen, ook garmaal. De resultaten van Reeksen 4 en 5 (geen pulsen) gaven inderdaad aan dat het inkorten van de onderpees een groot vangstverlies tot gevolg had voor garmaal en voor de meeste vissoorten en invertebraten. Er werd dan ook gehoopt dat door het aanleggen van een elektrisch veld, de garnalen zouden opspringen in de waterkolom en zo binnen het bereik van het net zouden komen. Alle Reeksen waarbij gevist werd met elektrische pulsen gaven duidelijk aan dat garnalen de gewenste respons vertoonden op elektrische pulsen. Enkele voorbeelden bij identieke opstuiging met korte onderpees:

- Reeks 1 (geen pulsen, onderpees kort, bindsels kort): vangstverlies grote garmaal 77 %. Dit verlies werd in Reeksen 2 en 3 gereduceerd tot respectievelijk 34 % en 26 %.
- Reeks 4 (geen pulsen, onderpees kort, bindsels lang): vangstverlies grote garmaal bijna 70 %. Dit verlies werd in Reeksen 10 en 15 gereduceerd tot respectievelijk 25 % en 23 %.
- Reeks 5 (geen pulsen, onderpees kort, bindsels kort): vangstverlies grote garmaal 43 %. Dit verlies werd in Reeksen 12 en 16 gereduceerd tot respectievelijk 8 % en 1 %.

Een mogelijk nadeel van elektrisch vissen is echter dat elektroden moeten bevestigd worden in de netopening die dicht tegen de bodem gesleept worden. Deze zouden een wekkereffect (opschrikken van dieren op de bodem door contact met de gesleepte elektroden) kunnen hebben. Hoe groot dit wekkereffect was bij ingekorte onderpees, was moeilijk in te schatten maar ondanks dit gegeven kon toch een aanzienlijk deel van de ongewenste bijvangst ontsnappen. Een alternatief elektrodeontwerp zou dit wekkereffect echter kunnen opheffen waardoor de reductie aan ongewenste bijvangst nog groter zou kunnen zijn. Hieraan zou in de toekomst de nodige aandacht moeten gegeven worden.

Uit Reeks 6 blijkt het effect van het wekkerend vermogen van de elektroden bij een standaard opgestuigde onderpees in het experimenteel net (zonder pulsen). Voor de meeste vis- en invertebratensoor-



ten zijn de vangsten in het experimentele net hoger. De reden waarom er toch een vangstreductie is voor witte dunschaal, fuikhoren en kleine pieterman is niet duidelijk.

In Reeks 7 en 8 (standaard optuiging van de onderpees, met pulsen) werden opmerkelijke vangstverliezen aan garnaal opgetekend in vergelijking met Reeks 6 waar geen pulsen werden aangelegd. Nochtans werden hogere garnaalvangsten verwacht. Wanneer echter een fijnmazig netpaneel in de rug van het net werd aangebracht (Reeks 9) was er geen vangstverlies meer en werden integendeel meer grote garnalen gevangen in het elektronet. Dit wijst erop dat de garnalen opspringen in het elektrisch veld en dat een aantal een danig sterke springrespons vertonen dat ze in contact komen met de mazen in de rug van het net waardoor een aantal ervan kan ontsnappen. Het uitgesproken lengte-effect (Fig. 21 – Reeks 7 en 8) onderbouwt deze stelling. Door de selectiviteit van de 28 mm mazen ontsnappen kleine garnalen in grote aantallen en ontsnappen de grootste garnalen helemaal niet. Wanneer deze zone wordt afgeschermd met kleine mazen kunnen deze dieren niet meer ontsnappen en is er geen verlies meer (Reeks 9).

11.3.2 Commerciële vis (Tabel 2)

Uit Reeks 6 bleek dat voor het elektronet met standaard opgetuigde onderpees en zonder pulsen, de vangst aan ondermaatse wijting 27 % hoger was dan in een standaard garnalennet. Dit was waarschijnlijk te wijten aan het wekkerend vermogen van de elektroden. Bij het aanleggen van de pulsen (Reeksen 7, 8, 9, 13 & 14) werd telkens een verlies aan wijting opgetekend dat kon oplopen tot 42 %. Blijkbaar heeft het elektrisch veld een afschrikkend effect voor deze vissoort. Wanneer gevist werd zonder pulsen en met ingekorte onderpees (Reeksen 4 & 5) ontsnapte meer dan 30 % van deze vissen onder het net door. Dit verlies bleef gehandhaafd bij het aanleggen van de pulsen in het geval van lange bindsels (Reeksen 10 & 15). Bij korte bindsels (Reeksen 11, 12 en 16) was het vangstverlies echter kleiner (10 à 15 %). Waarschijnlijk verhinderden de pulsen dat een deel van de wijtingen dicht bij de bodem bleven zodat ze toch gevangen werden.

Voor steenbolk werden vrijwel geen vangstreducties vastgesteld. Noch het inkorten van de onderpees, noch het elektrisch veld bleken een invloed te hebben op de vangsten van steenbolk.

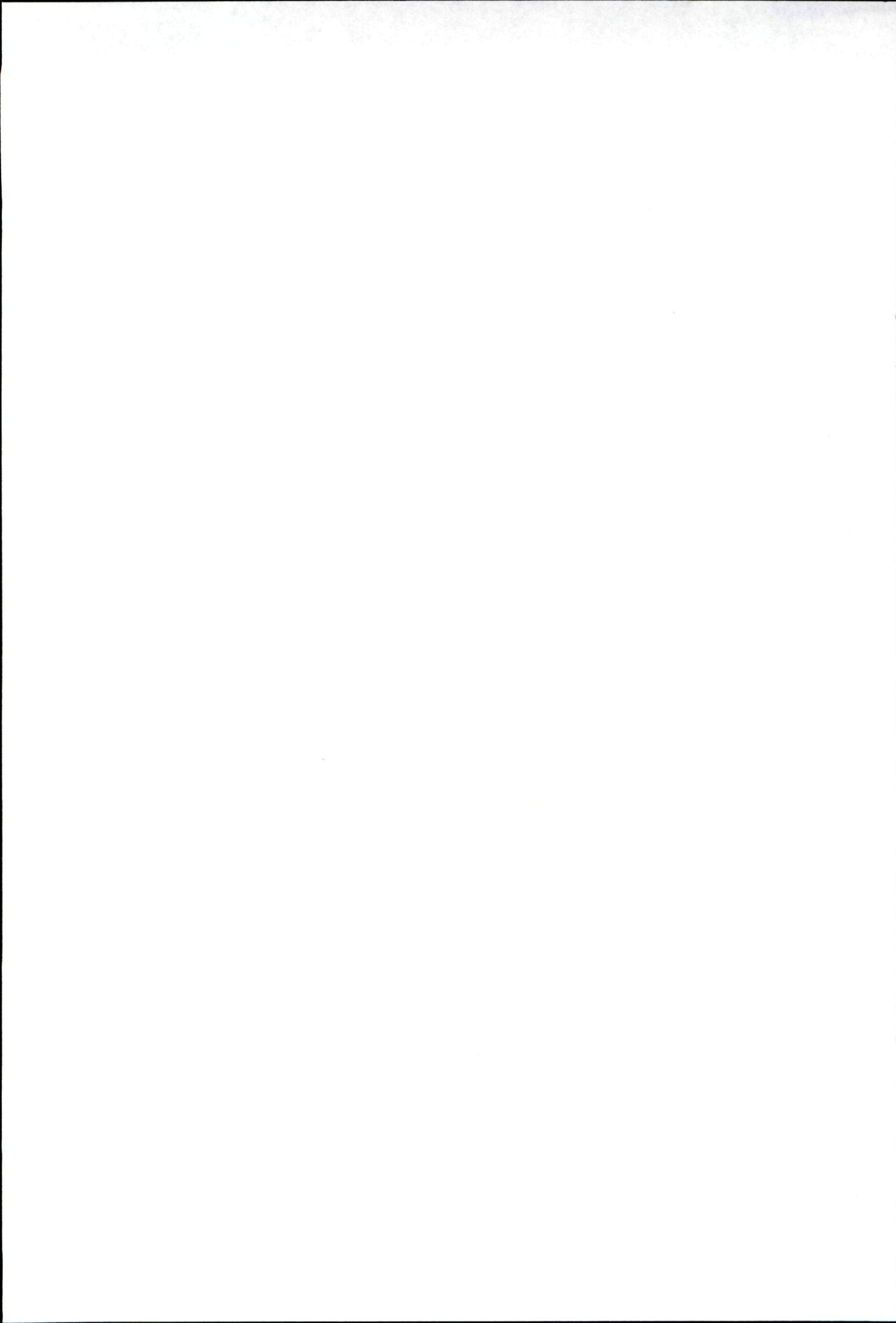
Het wekkeren van de elektroden (Reeks 6) bleek weinig effect te hebben op de vangst van ondermaatse tong. Het inkorten van de onderpees (Reeks 4 & 5) had echter een vangstreductie tot gevolg van meer van 50 %. Voor alle experimenten met pulsen (zowel met als zonder ingekorte onderpees) was er een vangstreductie aan ondermaatse tong tussen 10 en 40 %. Gezien maatse tong slechts in zeer kleine aantallen werd gevangen was het moeilijk besluiten te trekken maar er bleek toch een neiging te zijn dat met pulsen meer grote tong werd gevangen.

Het wekkeren van de elektroden (Reeks 6) zorgde voor een toename van de vangst aan ondermaatse schol van 55 % indien geen pulsen werden aangelegd. Met pulsen geleverd door 1 generator werd deze toename verminderd tot 17 % (elektrodeopstelling A) of zelfs omgezet in een vangstreductie van 30 % (elektrodeopstelling C). Met twee generatoren werd bij opstelling A de 17 % toename omgezet in een verlies > 10 %. Bij opstelling C nam het verlies niet verder toe. Bij ingekorte onderpees werden vangstreducties van ondermaatse schol bekomen tussen 20 % en 60 %. Op basis van deze gegevens kan besloten worden dat ondermaatse schol onder invloed van de pulsen dichter bij de bodem blijft waardoor er minder gevangen worden. Net zoals tong werd ook maatse schol in kleine aantallen gevangen maar ook hier was er een neiging iets hogere vangsten te bekomen onder invloed van de pulsen.

Voor schar zijn de resultaten erg variabel en lijkt er geen logica te zitten in de vangstverschillen.

11.3.3 Niet-commerciële vis en invertebraten (Tabel 3)

Voor heremietkreeft werden hogere vangsten opgemeten in het elektronet indien gevist werd met de standaard onderpees, waarschijnlijk te wijten aan het wekker-effect van de elektroden. Indien de onderpees echter werd ingekort, dan was er een vangstreductie tussen 50 % en 99 %.



Voor de gewone zwemkrab werden bij ingekorte onderpees vangstreducties vastgesteld van > 40 %. De enige uitzondering hier was Reeks 11. In dit geval werden enorme hoeveelheden erg kleine zwemkrabben gevangen (ongeveer 1 cm carapaxbreedte in tegenstelling tot de 3 à 4 cm brede krabben die normaal gevangen worden). Blijkbaar hebben de pulsen tot gevolg dat deze kleine krabben zich verder van de bodem begeven en in grotere aantallen gevangen worden in het elektronet. Dit werd niet vastgesteld bij de grotere dieren.

Voor slangster was er een lichte toename (tot 20 %) in de vangst van het elektronet met standaard onderpees. Bij het inkorten van de onderpees (met korte bindsels) was er een vangstreductie tot 30 %.

In het elektronet met standaard onderpees en geen elektrisch veld werd 50 % meer harnasman gevangen wat duidelijk wijst op het wekkerend vermogen van de elektroden voor deze soort. Bij het inkorten van de onderpees werden echter vangstreducties genoteerd tot 50 %.

Pitvis blijkt wel te reageren op de elektrische pulsen want zelfs bij ingekorte onderpees werd in het merendeel van de gevallen een toename in de vangst waargenomen.

Dikkopjes werden in alle experimenten in lagere aantallen gevangen in het elektronet met reducties die konden oplopen tot meer dan 70 %.

Voor tweekleppige schelpdieren zoals de afgeknotte strandschelp, Amerikaans mesheft en witte dun-schaal waren de vangsten in het elektronet met ingekorte onderpees telkens lager dan in het standaardgarnalennet met reducties tussen 20 % en 100 %. Ook voor de gewone zeester waren de vangsten veel lager.

De andere diersoorten vermeld in Tabel 3 werden minder frequent gevangen en werden in het merendeel van de reeksen niet aangetroffen in de vangsten. In het algemeen kan echter gesteld worden dat bij het elektronet met ingekorte onderpees de vangstreducties aanzienlijk waren.

Als besluit kan gesteld worden dat het elektronet met ingekorte onderpees en met een fijnmazig netpaneel in de rug van het net erg bevredigende resultaten gaf. De verliezen aan garnaal waren klein tot nihil. Een deel van de ondermaatse vis kon ontsnappen en vooral voor niet-commerciële vis en invertebraten waren de vangstreducties aanzienlijk. In de toekomst zou de aandacht moeten uitgaan naar het ontwerpen van een elektronet met een grotere netopening voor het elektrisch veld, met een alternatieve bollenpees met minder bodemcontact en met een pulsgenerator op batterijen. Eenmaal dit bereikt, kan verwacht worden dat dit elektronet een haalbaar alternatief zou zijn en een aanvaardbaar compromis tussen de economische belangen van de visser en de ecologische eisen van het mariene milieu.

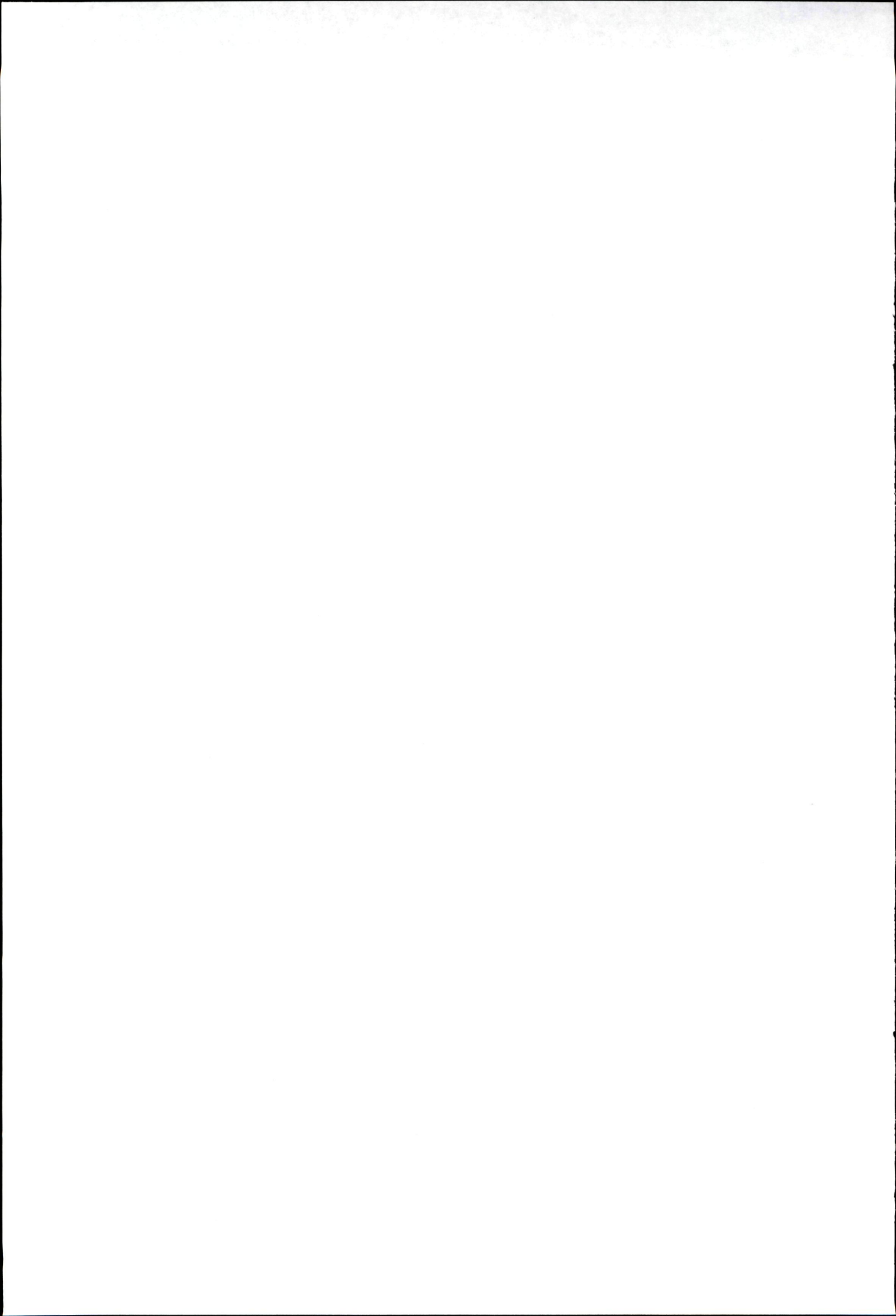
12 Andere

12.1 Rapportering

Een eerste projectverslag werd voorgesteld op de eerste vergadering van de projectstuurgroep op 06/02/98. Op 26/10/98 vond de tweede vergadering van de stuurgroep plaats waar het tweede verslag werd voorgesteld. Het gedetailleerde interim rapport voor het eerste projectjaar werd voor verdere verspreiding overgemaakt aan de promotor tegen eind november 1998. Op 18/05/99 vond de derde vergadering van de stuurgroep plaats. De vierde stuurgroepvergadering ging door op 28/04/00. Op 20/09/01 vond de laatste stuurgroepvergadering plaats. Op deze vergadering werd een samenvatting van de projectresultaten naar voor gebracht.

Onderstaande lijst geeft een overzicht van de inspanningen die werden gedaan om de projectresultaten verder te verspreiden:

- De resultaten van het interim rapport (1998) werden verspreid in de dagpers en de vakpers eind 1998.
- Artikels verschenen in het infomagazine van het Vlaams Visserij Informatiecentrum:



- jaargang 2 nr. 1
- jaargang 2 nr. 2
- jaargang 4 nr. 2
- Op de vergadering van de ICES werkgroep "Fishing Technology and Fish Behaviour" in St. John's (Canada) in april 1999 werd een presentatie gegeven van de projectresultaten.
- Radio 1 programma "Voor de Dag": 13/07/00 om 06u30 en 08u30.
- Focus journaal: 13/07/00
- NRC Handelsblad (Nederland): een paginagroot artikel in het wetenschappelijk katern op 15/08/00.
- De Standaard: een paginagroot artikel in het wetenschappelijk katern op 20/08/00.
- In mei 2000 scheidt een journalist in met de O.700 om een portret te maken van de bezigheden in het project. Een verslag verscheen in boekvorm met als onderwerp "veldonderzoek".

12.2 Studiebezoek van Professor ZHONG Wei Guo

Tussen 11 en 15 mei 1998 werd door Professor ZHONG Wei Guo een studiebezoek gebracht aan het Departement Zeevisserij. Het verslag was gevoegd bij het interim rapport onder appendix 2.

12.3 Contractuele taken en planning

Alle contractuele taken zijn uitgevoerd.

13 Besluiten

De labexperimenten hebben aangetoond dat elektrische pulsen goede perspectieven bieden als stimuleringsalternatief in de boomkorvisserij op garnaal. Bij het aanleggen van een elektrisch veld reageerden vrijwel alle garnalen op de pulsen en maakten een opwaartse of gedeeltelijk opwaartse en zijwaartse beweging. De contracties van het abdomen die zorgen voor de springrespons bij garnaal volgden een frequentie die gelijk was aan de frequentie van de puls. Een frequentie tussen 5 en 6 Hz leek hierbij het efficiëntst met een volledige contractie zonder tussenpauze. Een te lage, maar ook een te hoge pulsspanning hadden een negatief effect op de respons. In bepaalde omstandigheden sprong 70 % van de garnaal boven 10 cm in een elektrisch veld, en dit reeds na minder dan 2 seconden.

Samenvattend kunnen volgende besluiten getrokken worden uit de springrespons testen in het lab:

- Optimale pulsspanning: tussen 40 en 110 V. Te lage en te hoge spanning heeft een negatief effect.
- De puls frequentie heeft weinig invloed op de grootte van de maximum springrespons maar de keuze van de frequentie is wel van belang voor het energieverbruik van de generator.
- De springrespons van kleine garnaal is lager dan die van grote garnaal.
- Een hogere watertemperatuur geeft een hogere springrespons.
- Een lagere lichtintensiteit geeft een hogere springrespons.
- De maximale springrespons wordt meestal bekomen binnen de eerste 4 seconden na het aanleggen van het elektrisch veld.

De proeven toonden duidelijk aan dat de springrespons van garnaal afhangt van een aantal toevalligheden. Tijdens een zelfde test vertoonden sommige garnalen een minieme reactie, anderen vertoonden een hevige reactie maar bleven dicht bij de bodem en nog anderen sprongen tot tegen het wateroppervlak. De conditie van de dieren, de positie in het niet-homogeen elektrisch veld en de schijnbaar willekeurige richting van de springrespons speelden hier een belangrijke rol en waren in praktijkomstandigheden niet te sturen zijn.

Het percentage garnalen dat na het aanleggen van de pulsspanning boven een bepaalde hoogte springt is belangrijk voor de efficiëntie van een elektrisch vistuig. Daarnaast is echter ook de duur van de respons erg belangrijk. Voor de beschikbare generatoren lag de responspiek op ongeveer 3 s. Er werd

echter meestal een vrij brede responsiek waargenomen, tussen 0.5 s en 4 s na het aanleggen van het elektrisch veld, wat voldoende is om de schommelingen in sleepsnelheid te overbruggen.

Op basis van de laboproeven is het geschatte percentage van de garnaal aanwezig op de visgrond dat kan gevangen worden met elektrische pulsen bij gebruik van een selectieve bollenpees:

- grote garnaal, overdag: 50 %
- grote garnaal, 's nachts: 70 %
- kleine garnaal, overdag: 47 %
- kleine garnaal, 's nachts: 60 %

Indien pulsgeneratoren beschikbaar zouden zijn met of een hogere spanning of een hogere frequentie dan zouden die percentages een tiental procent kunnen toenemen. Indien ook rekening gehouden wordt met het feit dat meer dan 10 % van de garnaal ontsnapt onder de onderpees van een conventioneel net betekent dit dat een selectief elektronet minder dan 10 % aan commerciële garnaal zou inboeten. Dit alles is echter slechts een schatting op basis van de labexperimenten.

Tijdens de labtesten met vis- en benthosoorten verliet met uitzondering van schar en tong geen enkel van de geteste dieren de bodem onder invloed van de elektrische pulsen. De erg beperkte respons van deze dieren biedt goede mogelijkheden voor een selectieve visserij. Om echter aanvaardbaar te zijn als alternatieve visserijmethode is het van belang dat de elektrische pulsen geen schade berokkenen aan de organismen op de visgronden. Daarom werden overlevingsexperimenten uitgevoerd. Bij geen enkele soort werd sterfte of een wijziging in gedrag vastgesteld na blootstelling aan het elektrisch veld.

De pulsgeneratoren LWY I & II bleken geschikt voor de elektrovisserij op garnaal. Ze waren goedkoop, robuust en eenvoudig in gebruik maar hadden toch enkele nadelen. Vooral de noodzaak een voedingskabel mee te vieren tijdens het vissen maakte het werk aan boord erg belastend. Aversij aan de kabel verhoogde de operationele kosten en was verantwoordelijk voor verlies aan vistijd. Bovendien hield de hoge spanning in deze kabel een veiligheidsrisico in. Volgens de specificaties van de fabrikant was de gegenereerde pulsspanning 120 V. Deze klemspanning bleek echter afhankelijk te zijn van de belasting van de toestellen. Wanneer één generator werd aangesloten op de elektroden van het elektronet daalde de klemspanning tot 44 V. De laboproeven wezen uit dat dit dicht bij de benedengrens lag voor een optimale respons. Bijgevolg dienden twee generatoren gebruikt te worden zodat een pulsspanning van 64 V werd bekomen. De generatorspecificaties van de fabrikant zouden moeten gelden voor operationele omstandigheden.

De bedoeling van de experimenten op zee was een systeem te vinden waarbij zoveel mogelijk invertebraten, niet-commerciële vis en ondermaatse commerciële vis konden ontsnappen onder het net door, waarbij de verliezen aan garnaal (en eventueel de vangst van maatse commerciële vis) tot een minimum beperkt werden. Om dieren onder het net door te laten ontsnappen werd geopteerd voor een aanpassing aan de onderpees waarbij die op een grotere afstand van de bodem staat dan in de huidige garnaalvisserij. Om te verhinderen dat de garnalen ook onder het net door zouden ontsnappen werd de netopening voorzien van een elektrisch veld dat bij garnaal de vereiste springrespons zou moeten uitlokken. De elektrische puls was zodanig gekozen dat slechts bij een minimum aan andere diersoorten een respons zou uitgelokt worden. De vangsten van het elektronet werden telkens vergeleken met die van een simultaan gesleept standaard net.

De experimenten op zee toonden duidelijk aan dat de verhoogde onderpees een ontsnappingsroute creëerde voor de dieren die bij de passage van het vistuig dicht tegen de bodem verbleven. Dit gold voor vrijwel alle gevangen diersoorten, ook voor garnaal waarvan bijna de helft ontsnapte. Het aanleggen van een elektrisch veld reduceerde dit verlies tot 8 % en 1 % afhankelijk van de elektrodeopstelling. De springrespons bleek zodanig groot dat heel wat garnalen sprongen tot tegen de rug van het net en ontsnapten door de mazen van de rug. Het was noodzakelijk een stuk fijnmazig netwerk aan te brengen in de rug om de vangstverliezen op te heffen.

De vangsten aan ondermaatse wijting, tong en schol waren lager in het selectieve elektronet, namelijk respectievelijk 10 - 15 %, 20 % en 20 - 60 %. Voor steenbolk werden vrijwel geen vangstreducties vastgesteld. Voor schar waren de resultaten erg variabel en leek er geen logica te zitten in de vangstverschillen. Voor maatse vis waren de aantallen te klein om duidelijke conclusies te trekken. Nochtans leken de resultaten te wijzen op betere tong en schol vangsten voor het elektronet.

De vangsten van niet-commerciële vissoorten en invertebraten lagen doorgaans merkkelijk lager in het selectieve elektronet. Voor heremietkreeft, gewone zwemkrab, slangster, harnasman en dikkopjes werden vangstreducties genoteerd van respectievelijk 50 - 80 %, 40 - 60 %, 20 - 30 %, 13 - 50 % en 30 - 70 %. Pitvis bleek echter wel te reageren op de elektrische pulsen want zelfs bij ingekorte onderpees werd in het merendeel van de gevallen een toename in de vangst waargenomen.

Voor tweekleppige schelpdieren zoals de afgeknotte strandschelp, Amerikaans mesheft en witte dun-schaal waren de vangsten in het selectieve elektronet telkens lager dan in het standaard garnalennet met reducties tussen 20 % en 100 %. Ook voor de gewone zeester waren de vangsten veel lager.

De andere diersoorten vermeld in Tabel 3 werden minder frequent gevangen. In het algemeen kan echter gesteld worden dat met het selectieve elektronet de vangstreducties aanzienlijk waren.

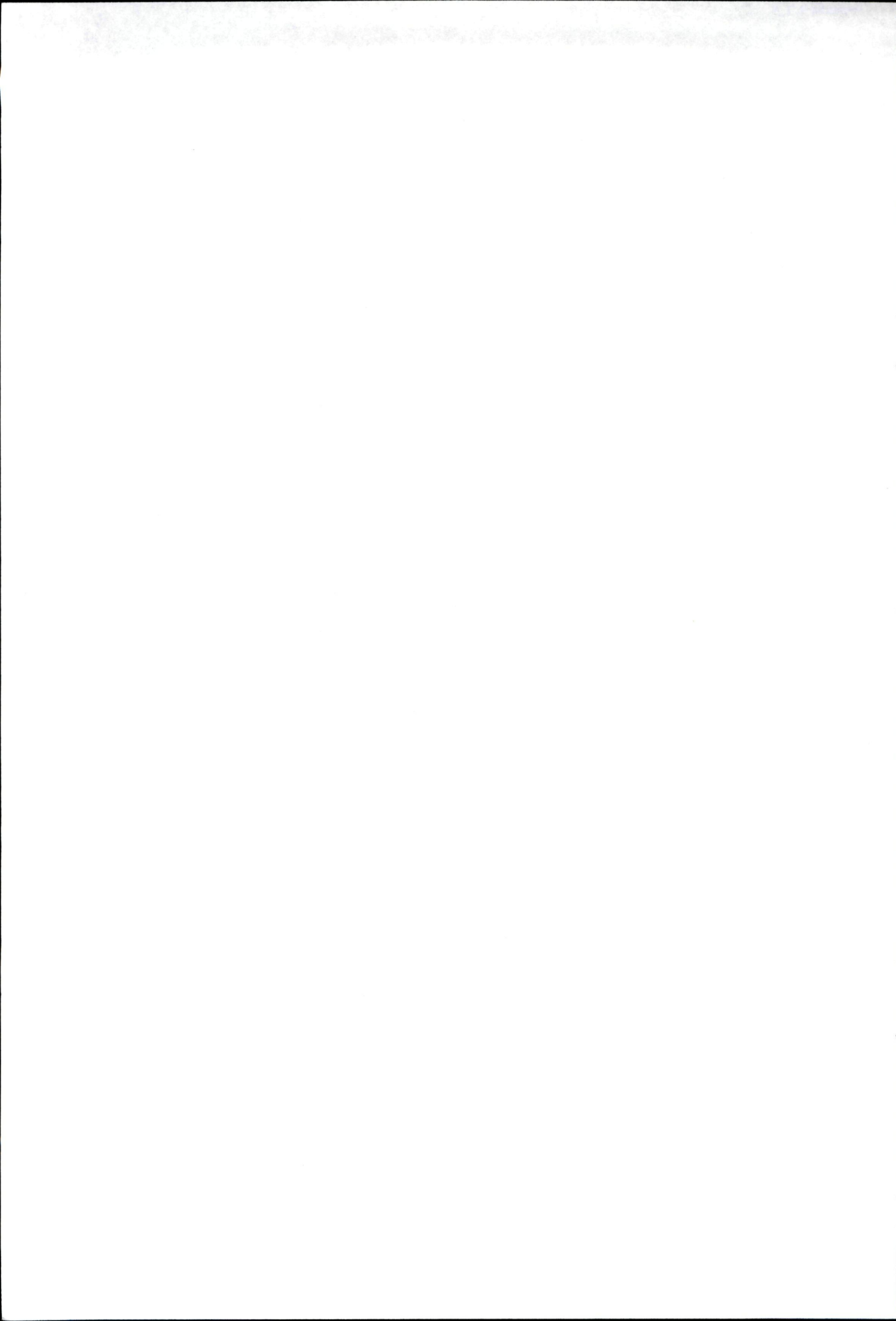
Als besluit kan gesteld worden dat het elektronet met ingekorte onderpees en met een fijnmazig netpaneel in de rug van het net erg bevredigende resultaten gaf. De verliezen aan garnaal waren klein tot nihil. Een deel van de ondermaatse vis kon ontsnappen en vooral voor niet-commerciële vis en invertebraten waren de vangstreducties aanzienlijk. In de toekomst zou de aandacht moeten uitgaan naar het ontwerpen van een elektronet met een grotere netopening voor het elektrisch veld en met een alternatieve bollenpees met minder bodemcontact. Eenmaal dit bereikt, kan verwacht worden dat dit elektronet een haalbaar alternatief zou zijn en een aanvaardbaar compromis tussen de economische belangen van de visser en de ecologische eisen van het mariene milieu. Nochtans moet vermeld worden dat een recente zeereis met het elektronet op de Belgica niet het verhoopte resultaat gaf. Factoren zoals de activiteit van garnaal, temperatuur van het water, stromingen... kunnen een invloed hebben op de resultaten. Het beperkt aantal experimenten tijdens dit project kon onmogelijk alle variabelen in rekening brengen zodat er een aantal onzekerheden blijven waar dit project geen antwoord op kon geven.

Een nieuw te ontwerpen pulsgenerator zou moeten voldoen aan volgende voorwaarden:

- Compact en eventueel inpasbaar in korrestok
- Robuust en bestand tegen de omstandigheden op zee; schokken tijdens binnen- en buitenzetten van het vistuig en trillingen tijdens het vissen. Waterdichtheid is een kritiek punt.
- Gevoed door batterijen zodat een kabel tussen vaar- en vistuig overbodig wordt. Bij voorkeur niet te herladen binnen de 12 uren. De batterijen moeten makkelijk te vervangen zijn op zee door een reserveset.
- Pulsfrequentie 6 Hz
- Pulsspanning minimum 60 V bij volledige belasting maar bij voorkeur 95 V
- Pulsperiode 0.5 ms
- Een controle-eenheid op de brug die toelaat de goede werking van de generator te controleren door middel van bvb. een akoestisch signaal.

14 Bibliografie

Arnott, S., Neil, D. and Ansell, A., 1998. Tail-flip mechanism and size dependent kinematics of escape swimming in the brown shrimp *Crangon crangon*. The Journal of Experimental Biology 201, 1771-1784 (1998).



Huyghebaert, 1999. Het bouwen en uittesten van een impulsgenerator met een in frequentie en spanning instelbare impuls. Verhandeling tot het behalen van de graad van gegraduateerde in elektriciteit optie elektronica, Katholieke Hogeschool Brugge – Oostende.

Polet, H., 1998. Cod-end and whole trawl selectivity of shrimp beam trawls. ICES Fish. Technol. Fish. Behav. Work. Group Meeting, La Coruña, Spain, April 1998.

Van Marlen, B., Redant, F., Polet, H., Radcliffe, C., Revill, A., Kristensen, P.S., Hansen, K.E., Kuhlmann, H.J., Riemann, S., Neudecker, T. And Brabant, J.C., 1998. Research into the Crangon fisheries unerring effect. RIVO-DLO report C054/97.

15 Dankwoord

De afdeling "Technisch Visserijonderzoek" van het Departement Zeevisserij wenst volgende personen en instanties te danken:

- Het EFRO en het Vlaams Gewest voor de financiële steun,
- De Rederscentrale, in het bijzonder Mieke Blomme en Marc Bruyer, voor de administratieve en boekhoudkundige werkzaamheden,
- Willy Versluys (bvba Brevisco) voor de medewerking in het project en het niet aflatende enthousiasme,
- De personeelsleden van het Departement Zeevisserij voor hun enthousiaste medewerking aan het project, in het bijzonder Eddy Buyvoets, Katrien Ghesquière, Frank Redant en Christian Vanden Berghe.
- De bemanning van de vaartuigen Z.582 en O.700 voor de goede samenwerking op zee,
- Manfred Van Elslande en Benny Viaene voor het leveren van levende garnaal,
- Prof. Dr. ir. Alex Van den Bossche van de Vakgroep Elektrische Energietechniek van de Universiteit Gent voor het ontwerp van de pulsgenerator LPG.
- Dirk Florizoone en Miet Verhamme van het Vlaams Visserij Informatiecentrum voor het verstrekken van de nodige informatie en de administratieve bijstand.
- Het Departement Industriële Wetenschappen en Technologie van de Katholieke Hogeschool Brugge – Oostende voor de samenwerking met een stageair.

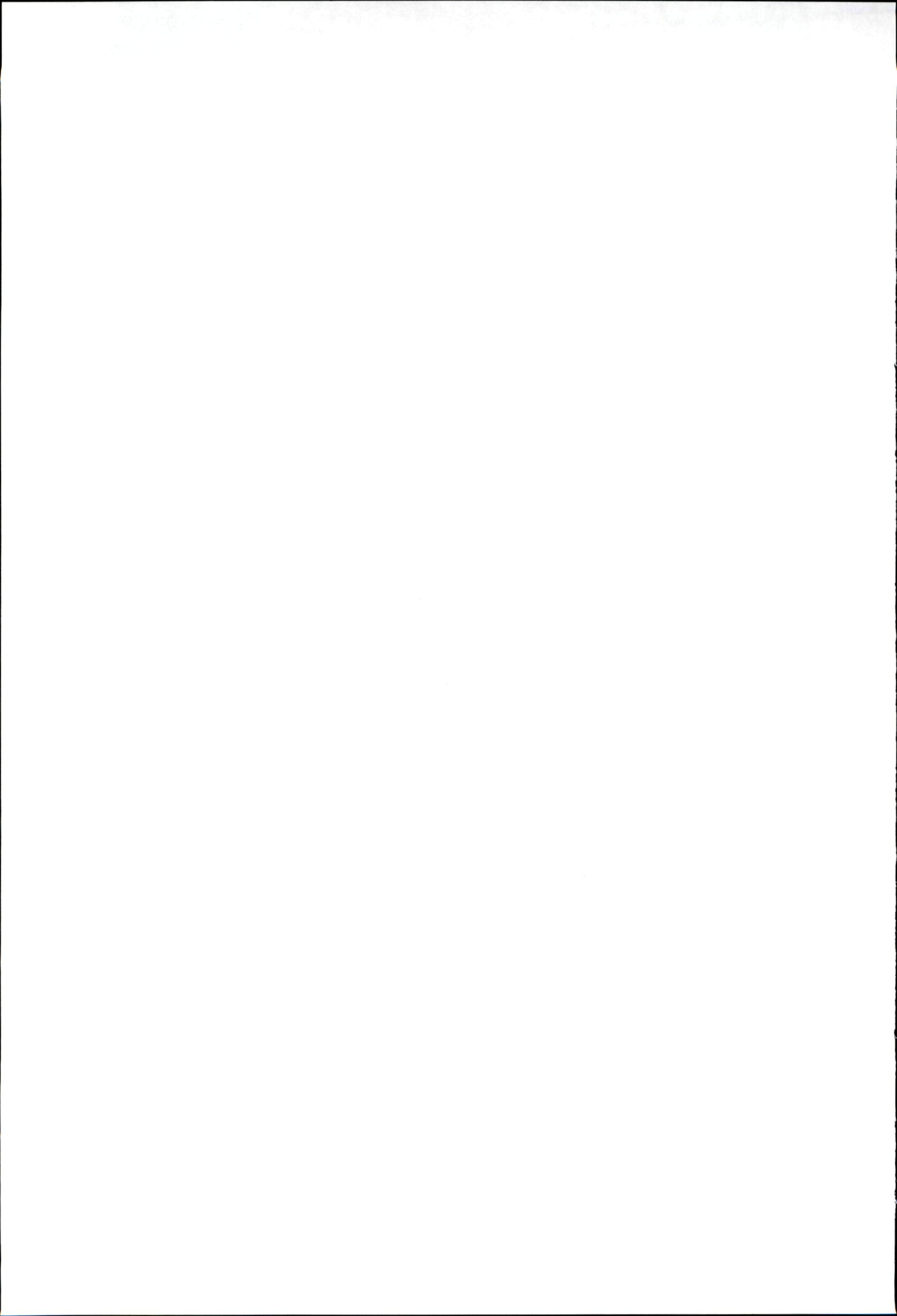


TABELLEN

Tabel 1

De stroom door de afzonderlijke elektroden in het elektrodeframe met de generator MJX-50

Elektrodelengte (m)	Stroom door een elektrode (A)	A/m
0.50	34	68
1.07	66	62
1.56	100	64
1.96	116	59
2.24	134	60
2.47	144	58
2.63	160	61
2.69	162	60
2.69	180	67
2.63	168	64
2.47	168	68
2.24	152	68
1.96	130	66
1.56	106	68
1.07	70	65
0.50	35	70
Totaal :	963	



Tabel 2: Het totaal aantal dieren (garnaal en commerciële vis) gevangen per reeks experimenten en het percentage dieren gevangen in het experimentele net ten opzichte van het standaardnet

Reeks	Garnaal		Kabeljauw		Wijting		Steenbolk		Tong		Schol		Schar		bot		
	Onder- maats	Maats	Onder- maats	Maats	Onder- maats	Maats	Onder- maats	Maats	Onder- maats	Maats	Onder- maats	Maats	Onder- maats	Maats	Onder- maats	Maats	
1	9133 9%	10614 23%															
2	10299 23%	14347 66%															
3	12482 49%	15074 74%															
4	35417 33%	41918 32%	8 60%		659 69%		9 80%		130 41%		68 49%	12 50%	111 62%	18 20%		24 26%	
5	264998 54%	60076 57%			200 66%		2189 102%		162 47%	2 100%	205 66%	3 200%	919 100%	6 0%	1 0%	13 160%	
6	368239 94%	94872 100%			351 127%	0%	5442 130%		527 104%	23 286%	547 155%		653 103%			13 70%	
7	23024 50%	35885 80%			1116 94%	20 34%	82 122%	4 100%	279 98%	23 109%	50 117%	47 147%	16 60%	6 100%		42 100%	
8	768721 54%	267929 86%			1311 64%	4 100%	1220 99%		688 75%	38 375%	441 87%	8 100%	839 58%	23 137%	6 22%	24 0%	
9	50564 99%	53917 112%			1078 83%		5872 98%		477 76%	37 200%	264 89%		34 282%	34 80%		24 48%	
10	61164 53%	71561 75%	5 25%		938 63%	2 0%			99 62%	1 0%	89 39%	29 71%	85 60%	16 33%		25 39%	
11	280457 116%	105379 88%			1778 85%	5 42%	7282 104%		1827 87%	58 142%	560 81%	3 50%	217 158%	57 79%	6 133%	61 69%	
12	88306 81%	38183 92%			365 85%		142 103%		25 81%		37 65%	3 50%	18 38%			2 0%	
13	34711 74%	52057 91%	9 13%		3717 97%	32 144%	76 217%	3 0%	460 76%	8 33%	1135 70%	58 176%	1721 63%	696 91%	21 24%	164 37%	
14	293129 111%	74782 101%			221 58%		128 93%		133 88%	4 300%	77 74%	1 0%	399 135%	3 74%		5 150%	
15	82436 70%	95753 77%	7 75%		1304 72%	19 61%			118 33%	2 1111111	121 50%	27 125%	221 36%	50 67%	1 0%	17 31%	
16	66979 74%	38897 99%			417 90%	2 100%	1318 92%		100 78%	12 100%	21 41%		9 49%	4 300%	2 100%	11 1000%	

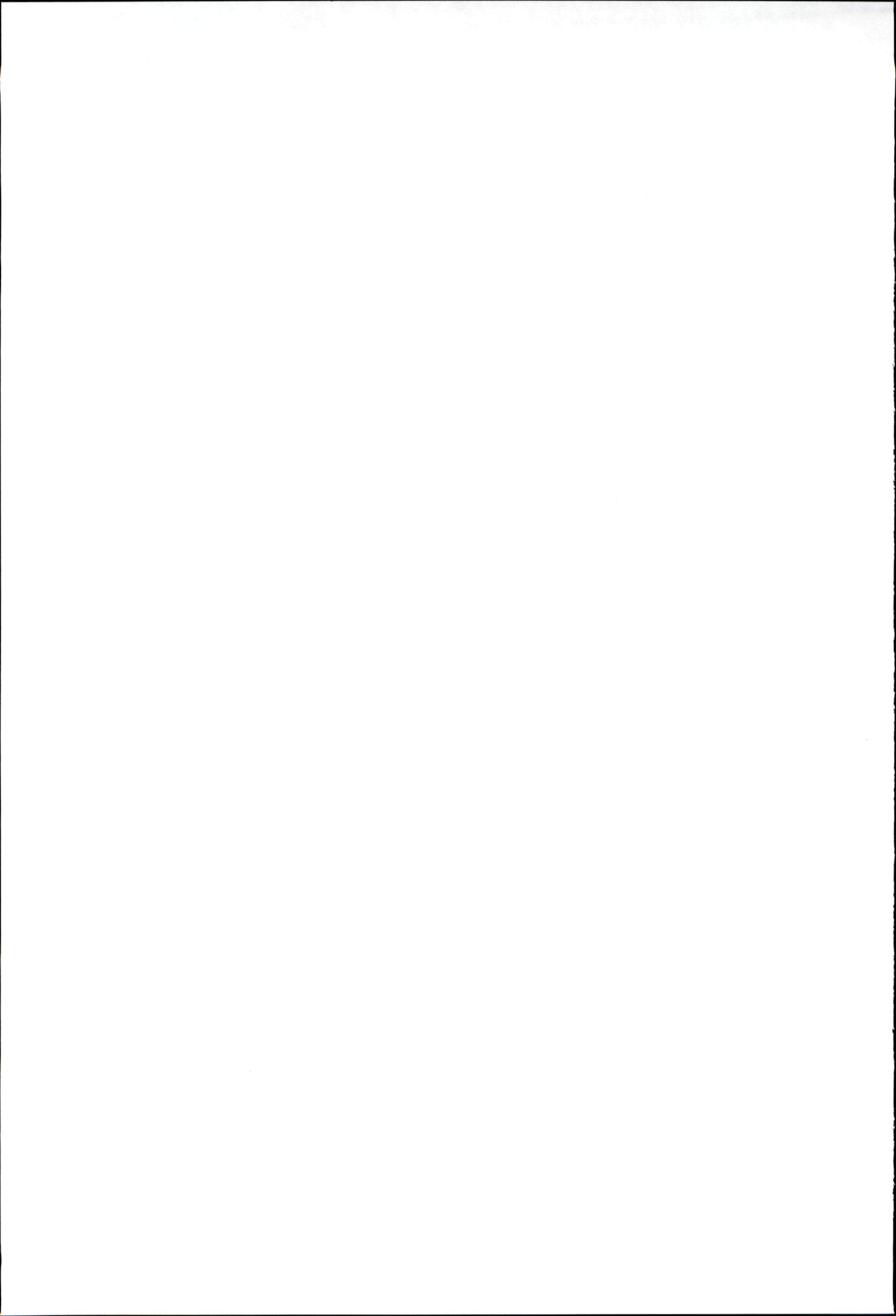
/////////: Geen vangst in het standaardnet



Tabel 3: Het totaal aantal dieren (niet-commerciële vis en invertebraten) gevangen per reeks experimenten en het percentage dieren gevangen in het experimentele net ten opzichte van het standaardnet

Reeks	hermiet- kreeft	gewone zwemkrab	slang- ster	harnasma nnetje	harnasma nnetje	pitvis	dikkopje	afgeknotte strand- schelp	Ameri- kaans mesheft	witte dun- schaal	gewone zeester	smelt	anemoon	kleine pieterman	dwerg- inktvis	Hinia reticulata
1																
2																
3																
4	54 91%	3290 35%	1875 32%	53 43%	180 45%	772 42%	50 35%	15 53%	47 21%	79 33%	46 5%					
5	60 65%	20494 87%	1255 86%	866 62%	11 /////	10906 74%	24 81%	147 69%	192 47%	4 50%	204 1%			92 13%	88 25%	289 26%
6	83 110%	38399 113%	9518 99%	6547 150%	216 106%	26924 101%	125 167%	1003 116%	386 21%	32 121%	4 0%			418 60%	167 98%	729 17%
7	807 170%	1547 93%	43944 106%	19 27%	239 100%	220 36%	5763 131%	6223 129%	2107 88%	89 128%	37 0%			146 76%		207 55%
8	159 105%	52316 124%	19594 97%	5873 87%	678 136%	56581 59%	683 104%	436 116%	1882 86%	57 122%	21 0%			74 45%	98 91%	104 91%
9	56 112%	29238 180%	2232 110%	8418 83%	52 /////	6555 50%	9 116%	461 111%	47 47%	9 0%	14 113%				592 50%	218 106%
10	83 1%	7611 35%	3076 11%	11 63%	109 68%	395 30%				76 25%						
11	160 53%	52606 160%	8690 81%	3328 72%	35 1306%	5571 67%	65 17%	1712 49%	423 80%	20 61%	53 70%			14 453%	860 51%	426 74%
12	66 30%	10131 56%	153 71%	205 51%	15 /////	6958 54%	37 69%		528 12%							
13	184 252%	3204 43%	1764 110%	3 0%	389 214%	1022 62%		1007 113%						16 58%		
14	90 109%	12269 110%	3627 119%	2418 128%	464 242%	12367 65%	27 100%	72 38%	272 75%	7 0%				35 430%		36 0%
15	216 20%	4887 41%	3924 14%	122 93%	182 51%	660 75%	106 56%	15 0%		110 24%	99 10%			16 0%		
16	43 50%	11395 59%	1756 79%	614 87%	28 117%	1455 28%	10 0%	163 51%		303 1%	4 0%			11 /////	697 57%	112 34%

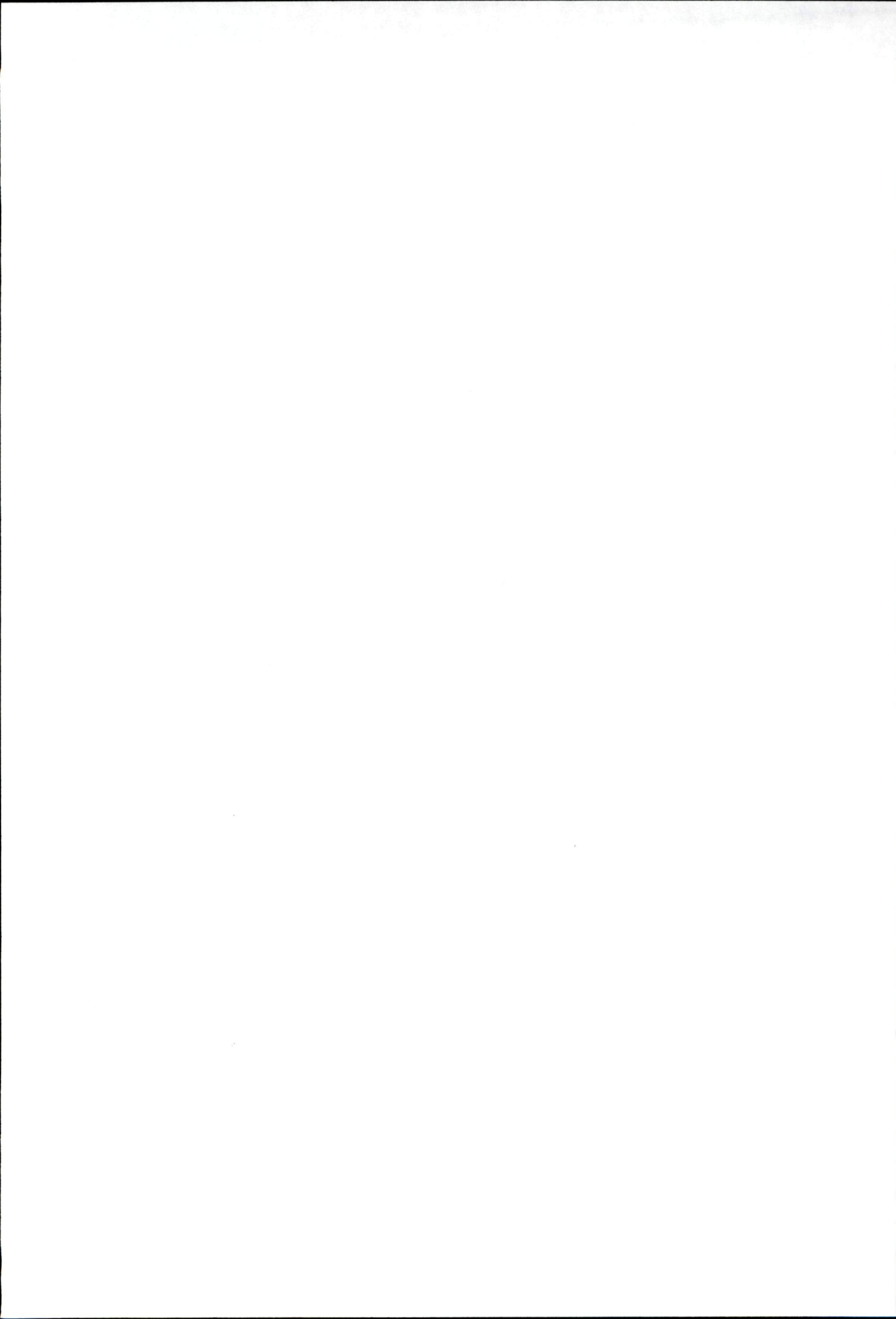
/////: Geen vangst in het standaardnet



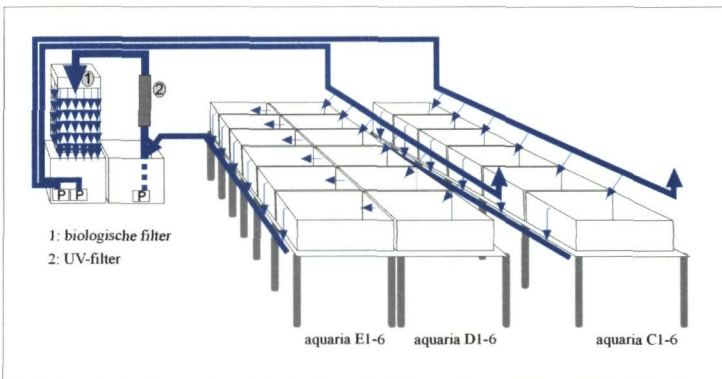
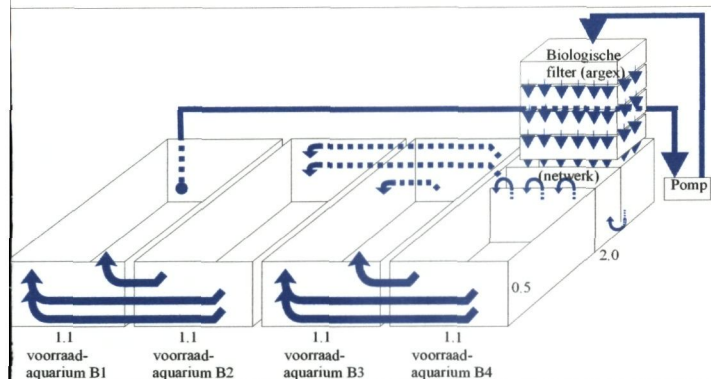
Tabel 3 (vervolg): Het totaal aantal dieren (niet-commerciële vis en invertebraten) gevangen per reeks experimenten en het percentage dieren gevangen in het experimentele net ten opzichte van het standaardnet

Reeks	vijfdradige meun	goud-kammetje	slakdolf	Allo-teuthis subulata	zee-naald	rode poon	Macoma balthica	hooi-wagenkrab	zee-donderpad	zand-spiering	gewone zee-pissebed	Amphi-poda	Loligo forbessi	ringspriet-garnaal	pijl-inktvis	grauwe poon
1																
2																
3																
4	19 63%		18 0%					52 0%	19 0%	5 0%				13 46%		
5		75 460%			22 //////	31 //////										
6				18 //////	168 110%	30 //////							11 0%			
7	3 0%	80 0%	2 0%		10 0%		9106 91%		4 133%			40 200%				
8						50 0%					33 0%	190 1040%				
9				40 0%	22 //////	10 //////	17 0%		9 0%				58 36%			
10	10 77%															
11		79 170%	11 //////	3 0%		11 //////	52 34%									
12																
13		8 //////									9 0%					
14		49 //////	7 0%			100 7%										
15	44 97%		2 0%			117 0%									104 128%	61 0%
16				14 0%												

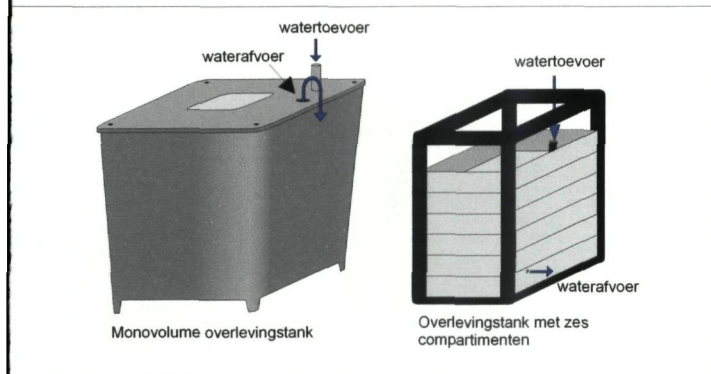
//////: Geen vangst in het standaardnet



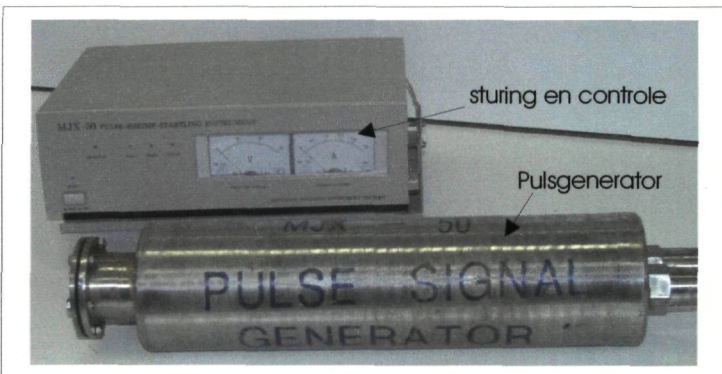
FIGUREN



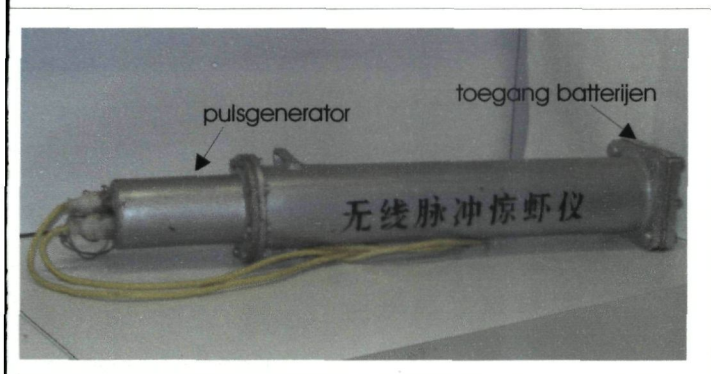
figuur 1 - Aquaria B, C, D en E



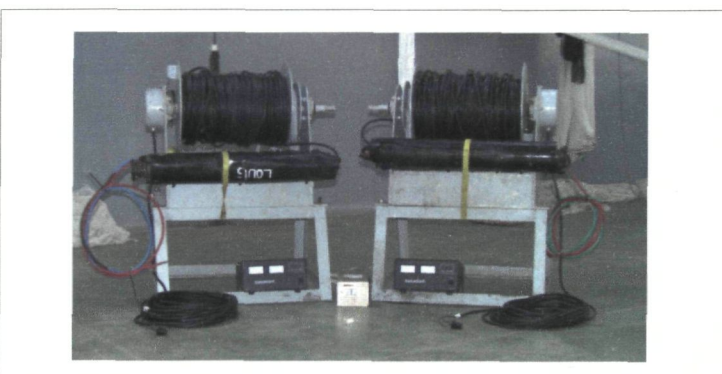
figuur 2 - De 2 types overlevingstanks



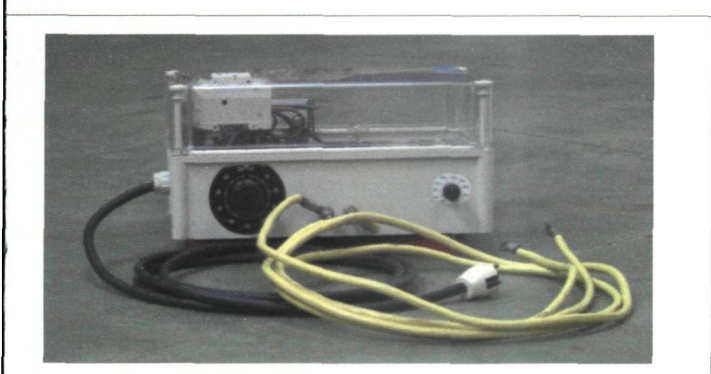
Figuur 3A - Pulsgenerator MJX-50



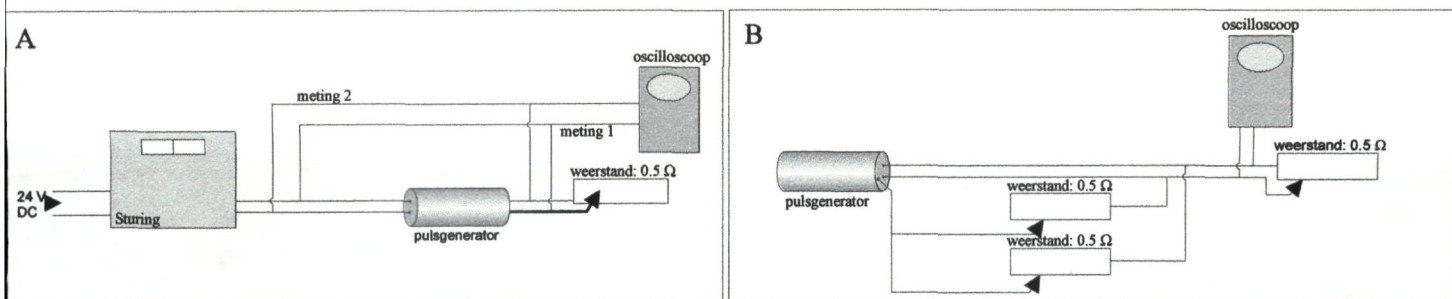
figuur 3B - Pulsgenerator Tongfa-98



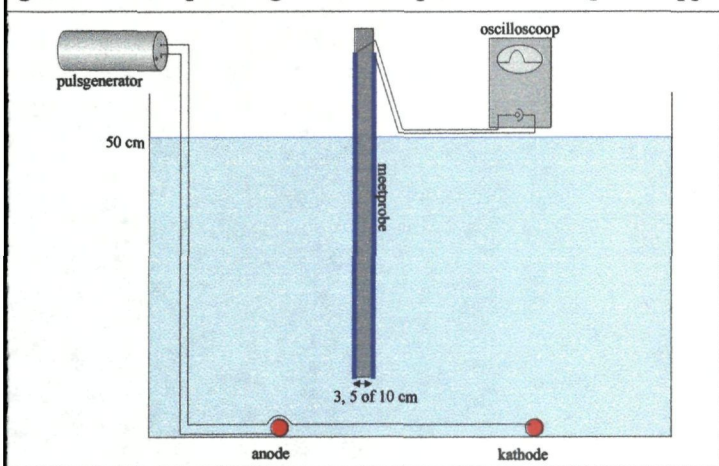
Figuur 3C - Pulsgenerator LWY



figuur 3D - Pulsgenerator LPG



figuur 4 - Meetopstelling voor het bepalen van de eigenschappen van de pulsgeneratoren



figuur 5 - Meetopstelling voor het meten van de kop-start panning

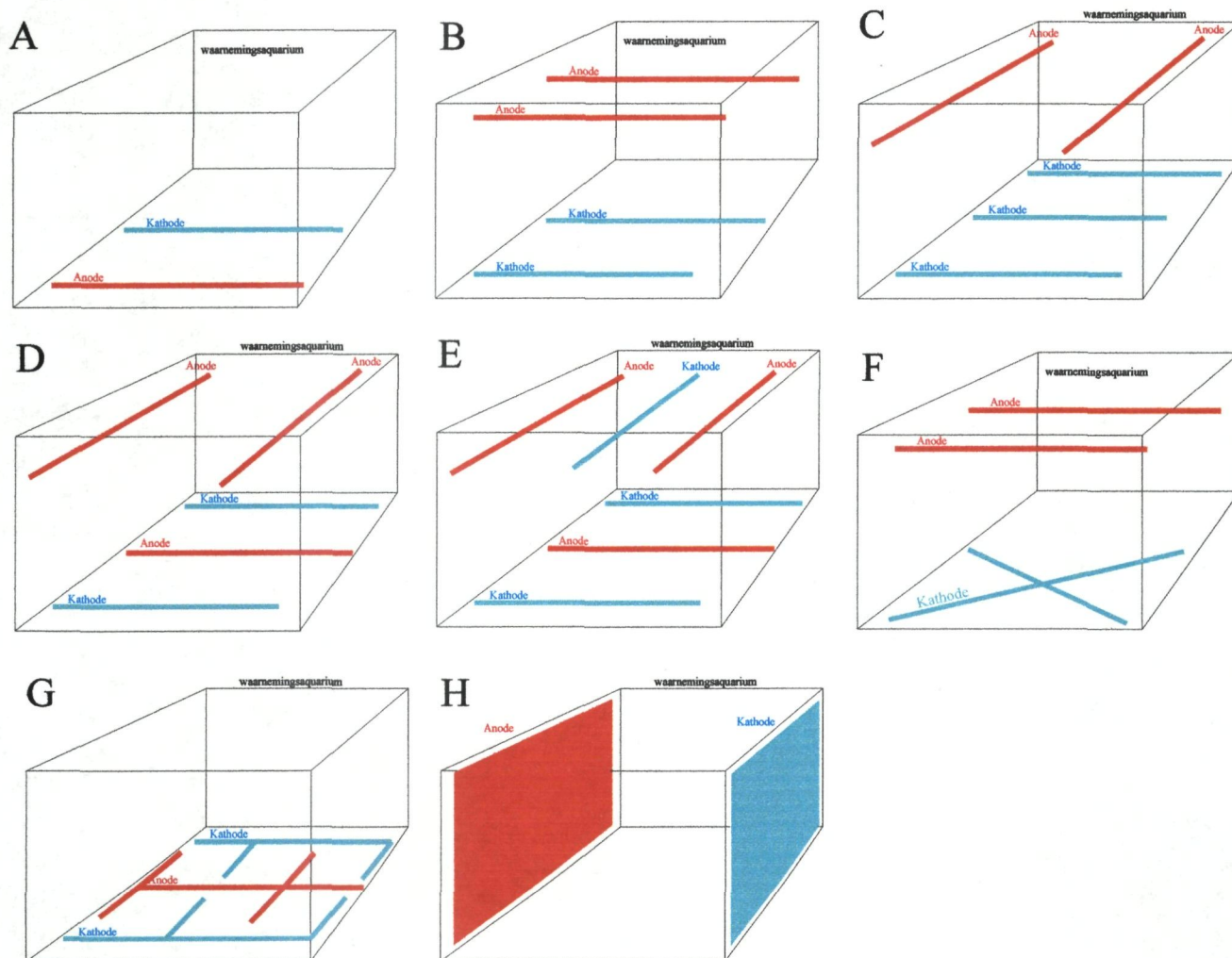


Fig 6 - De verschillende uitgeteste elektrodenopstellingen

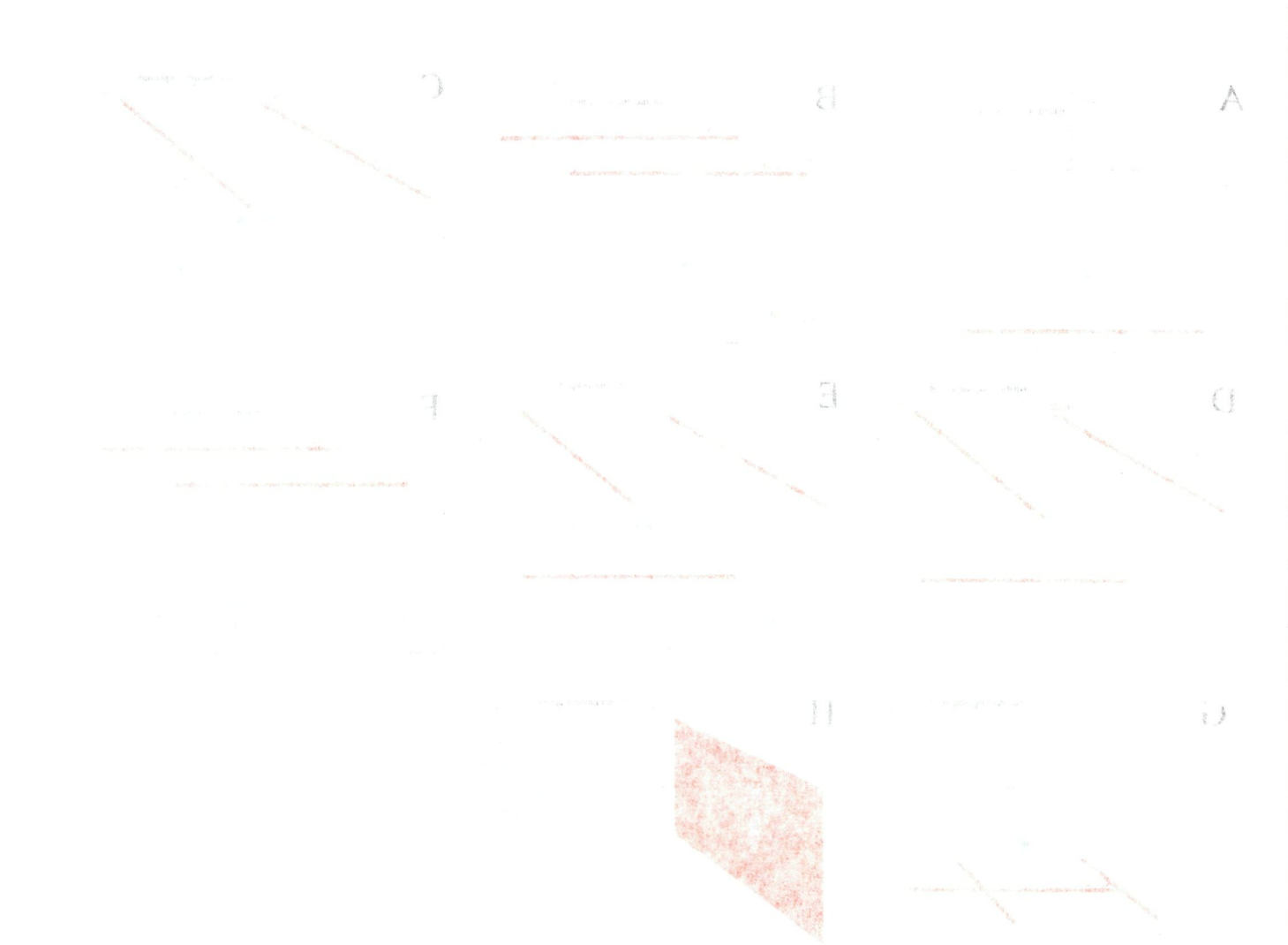
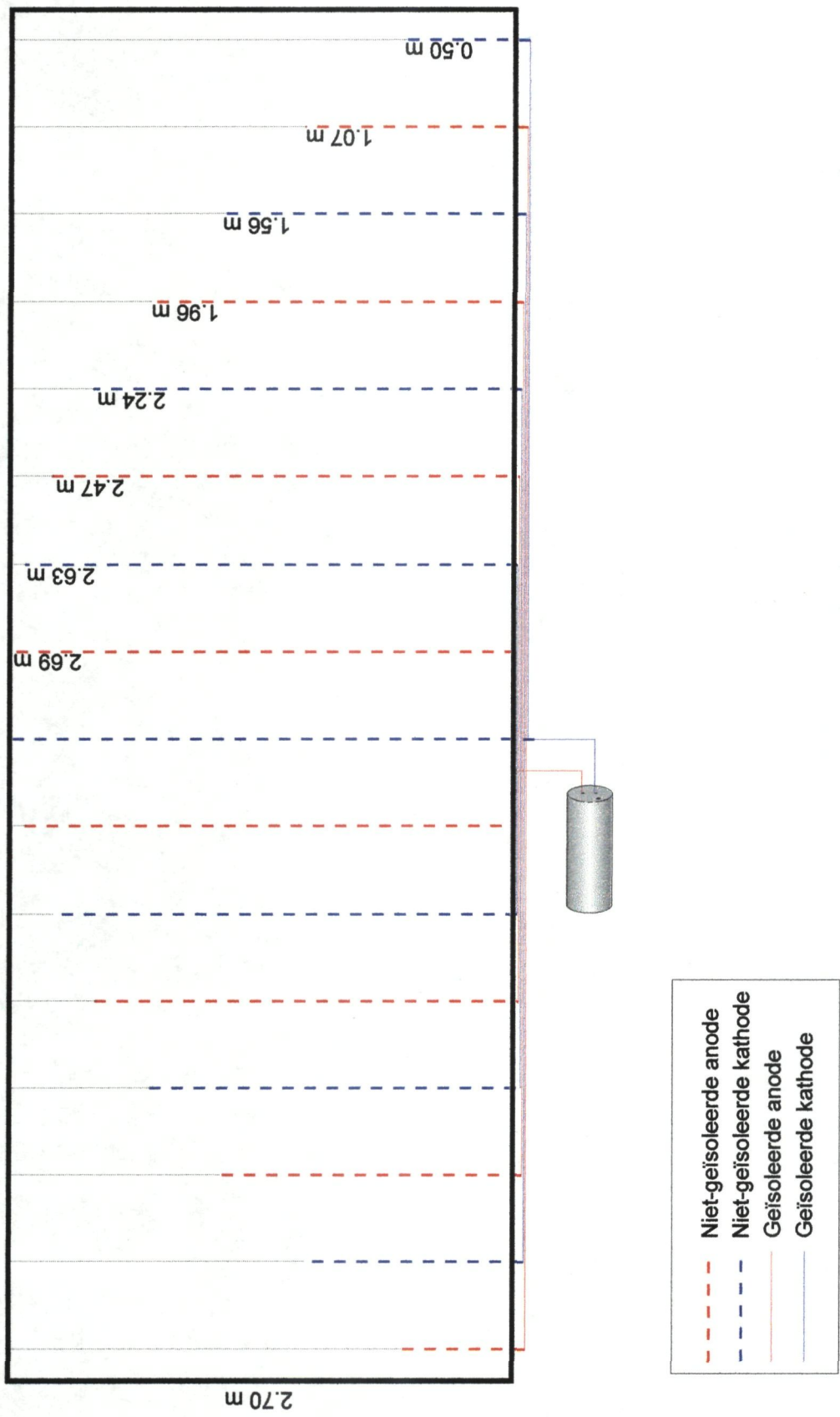


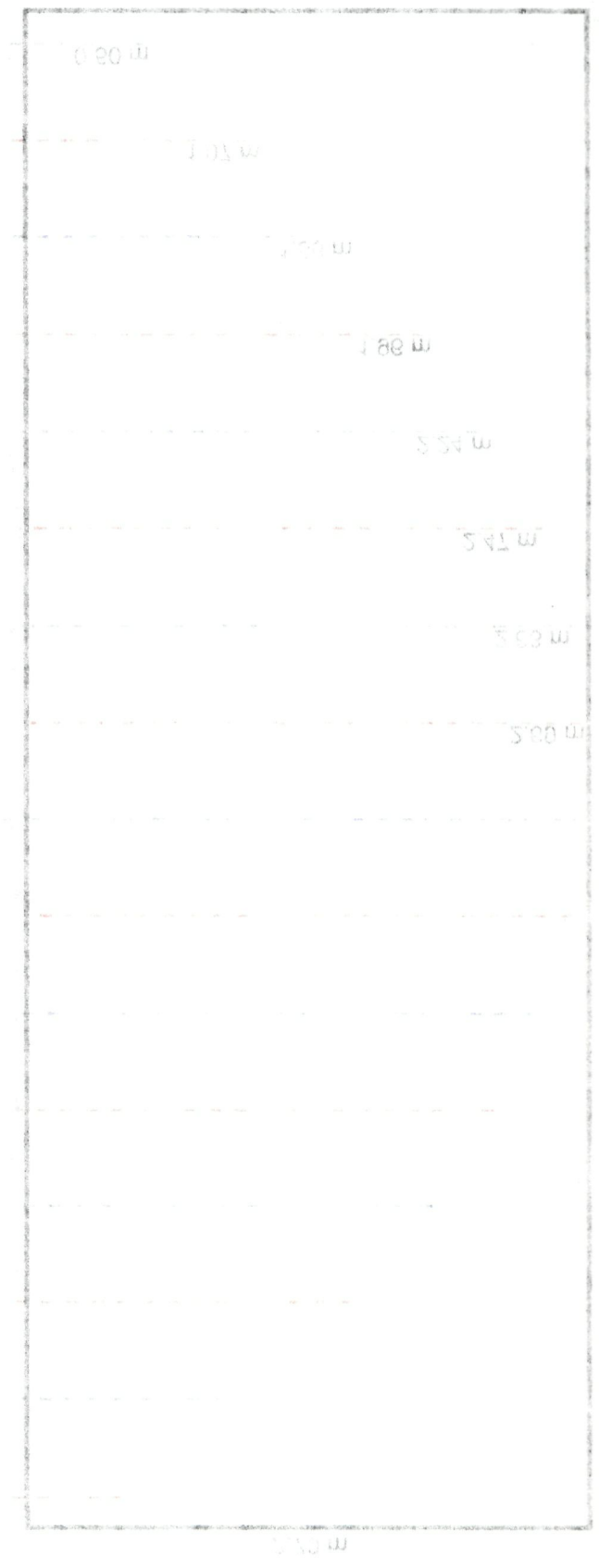
Fig. 3 - De verschillende microtopografische kenmerken

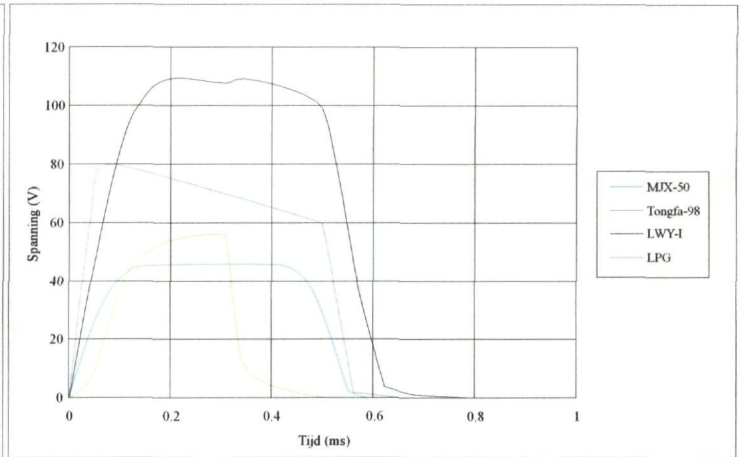
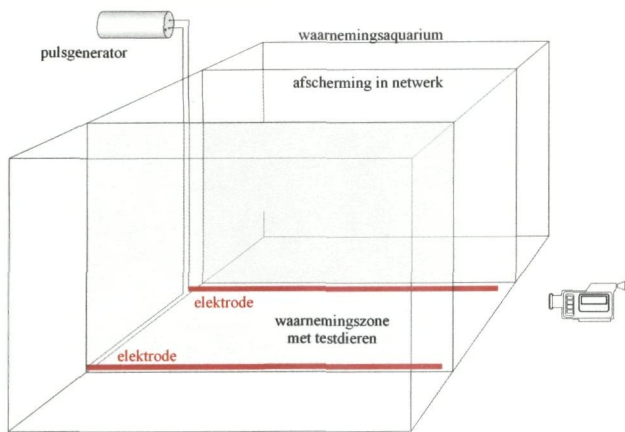


Figuur 7 - Proefopstelling van elektrodeopstelling A voor metingen van het elektrisch veld op ware grootte.

απόδοση των 100 λίτρων θειώδη οξυγόνη από την οξείδωση των Α γλυκόζης οξυγόνη από γλυκόζης οξυγόνη - 100 μμγ/λίτρο

- Οξείδωση γλυκόζης
- Οξείδωση γλυκόζης
- Οξείδωση γλυκόζης
- Οξείδωση γλυκόζης





figuur 8 - Meetopstelling in het waarnemingsaquarium

Figuur 9 -Karakteristieken van de pulsen van de generatoren



Fig 13 - Een garnaal in rust, ingegraven in het zand, net voor het starten van de pulsen

Fig. 10 – De door de pulsgeneratoren gegenereerde klemspanning in functie van de geleverde stroom

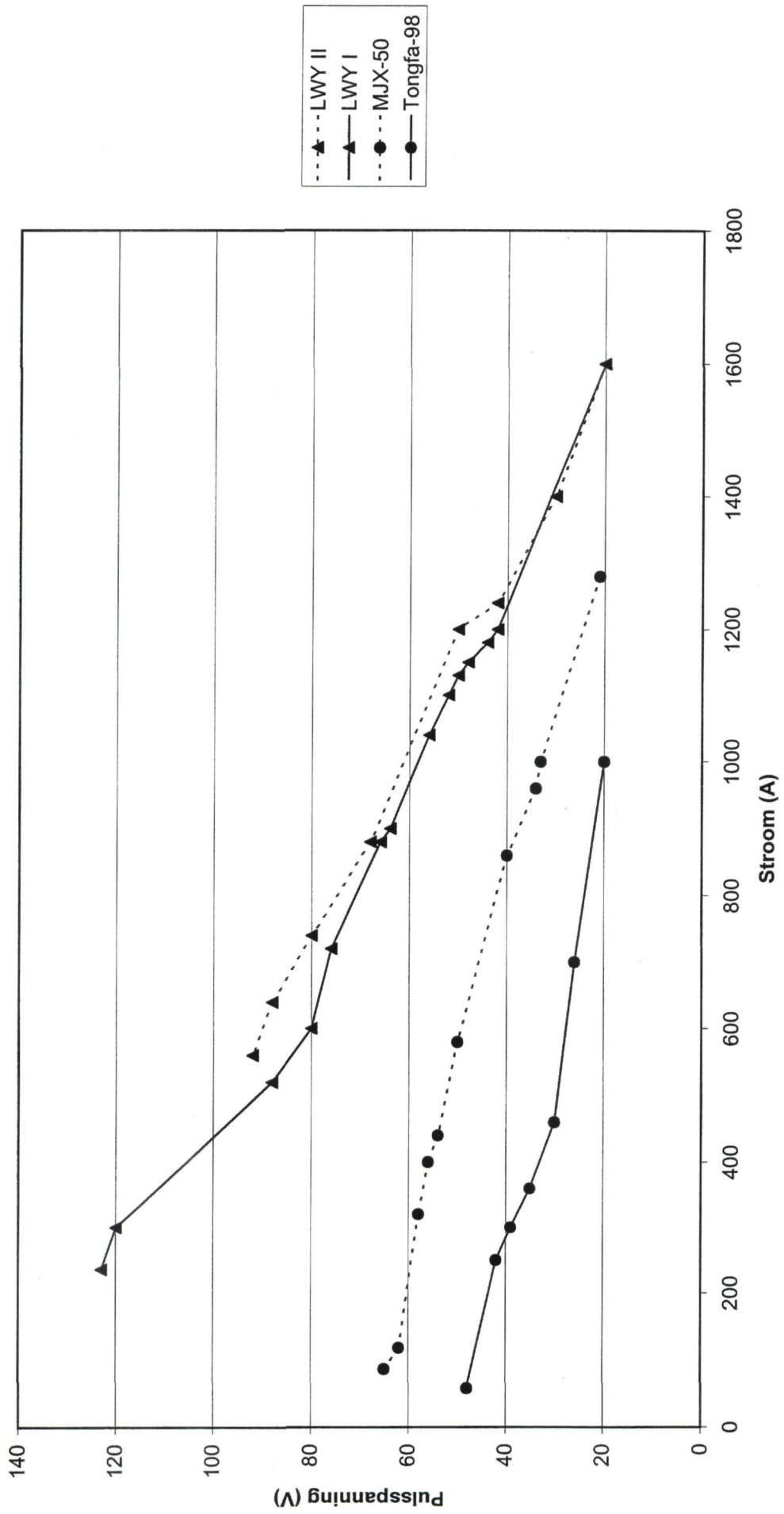
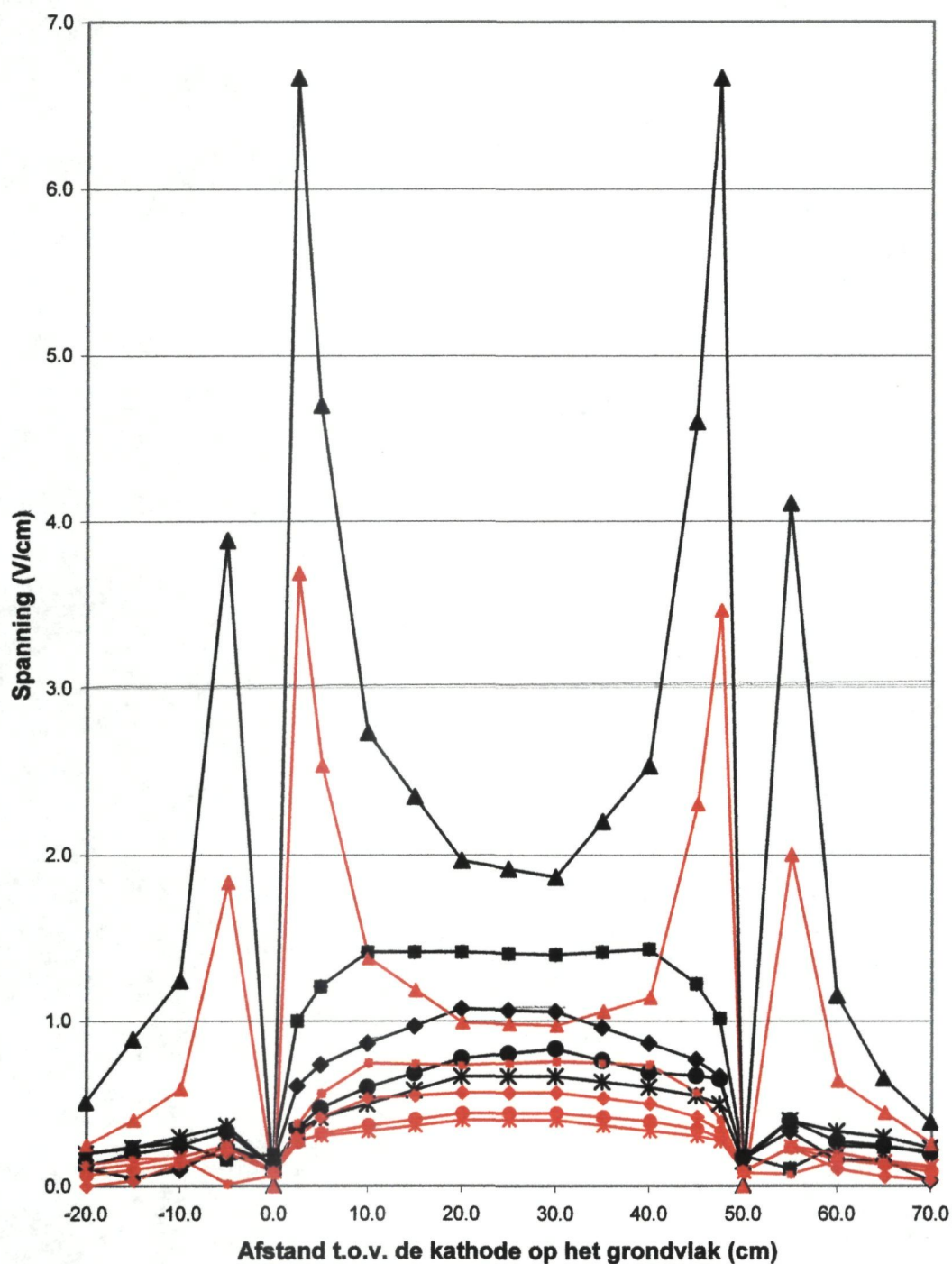


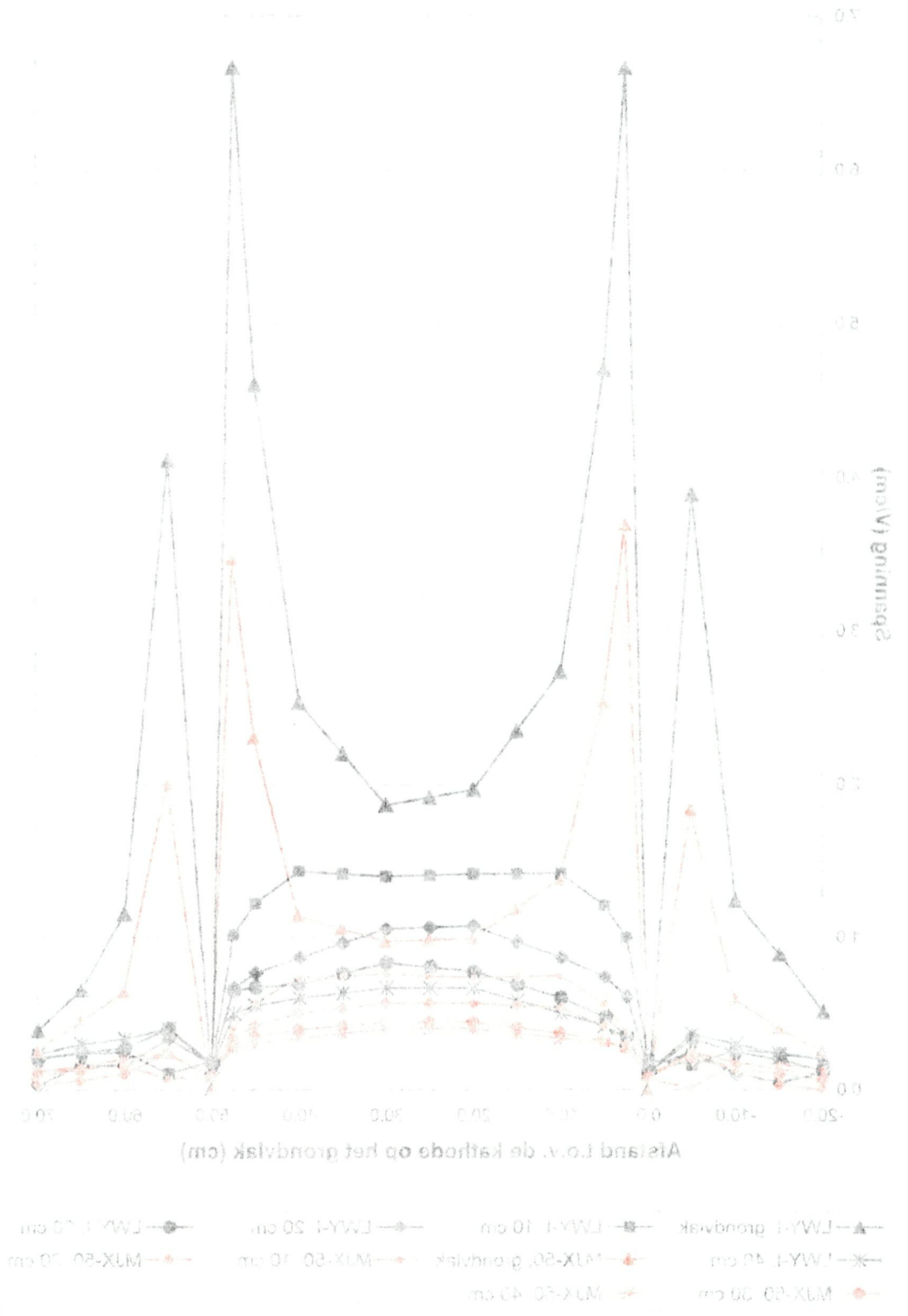


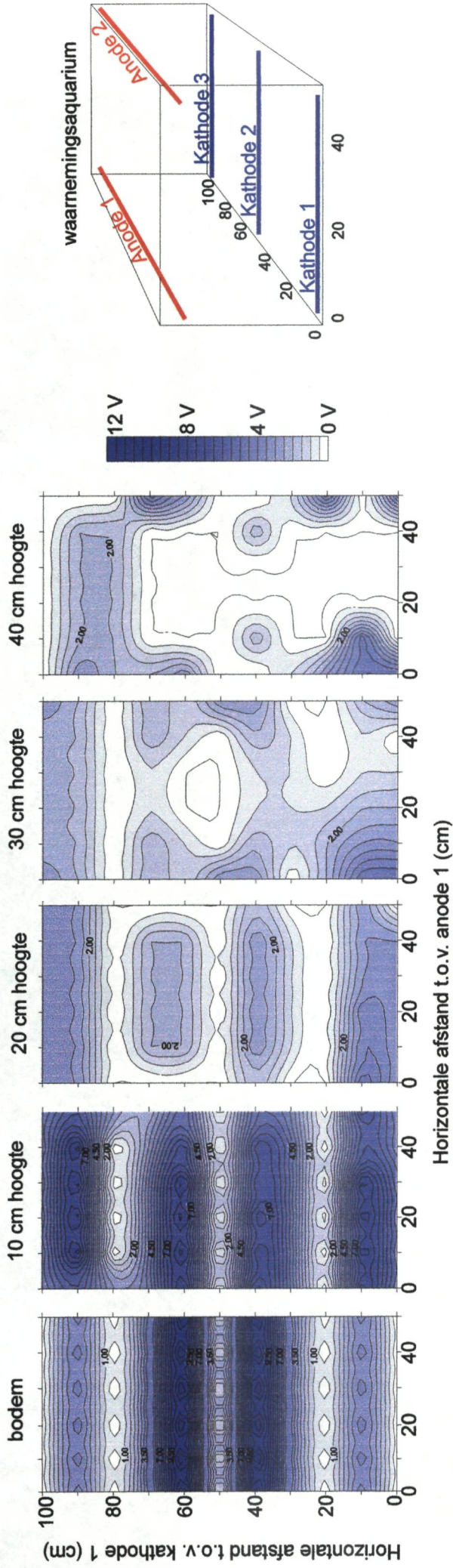
Fig. 11 – De kop-staart spanning (V/cm) voor de generatoren MJX-50 en LWY-I, gemeten op het grondvlak en op 10, 20, 30 en 40 cm van de bodem, loodrecht op de elektroden voor elektro-deopstelling A



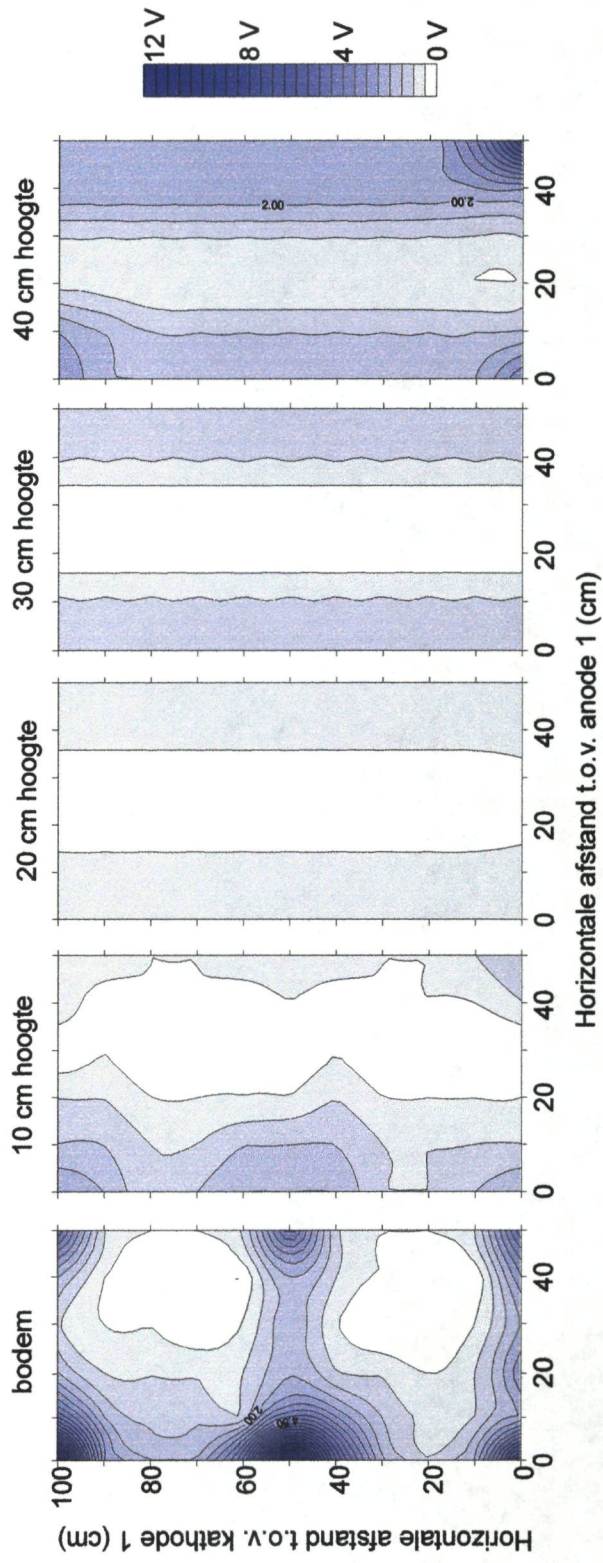
- | | | | |
|--------------------|---------------------|-----------------|-----------------|
| ▲ LWY-I, grondvlak | ■ LWY-I, 10 cm | ◆ LWY-I, 20 cm | ● LWY-I, 30 cm |
| * LWY-I, 40 cm | ▲ MJX-50, grondvlak | ● MJX-50, 10 cm | ● MJX-50, 20 cm |
| ● MJX-50, 30 cm | * MJX-50, 40 cm | | |

Fig. 11 - De kop-start spanning (V/cm) voor de generatoren MX-50 en LWY-1 gemeten op het grondvlak en op 10, 20, 30 en 40 cm van de bodem, loodrecht op de elektroden voor elektro-depositie A



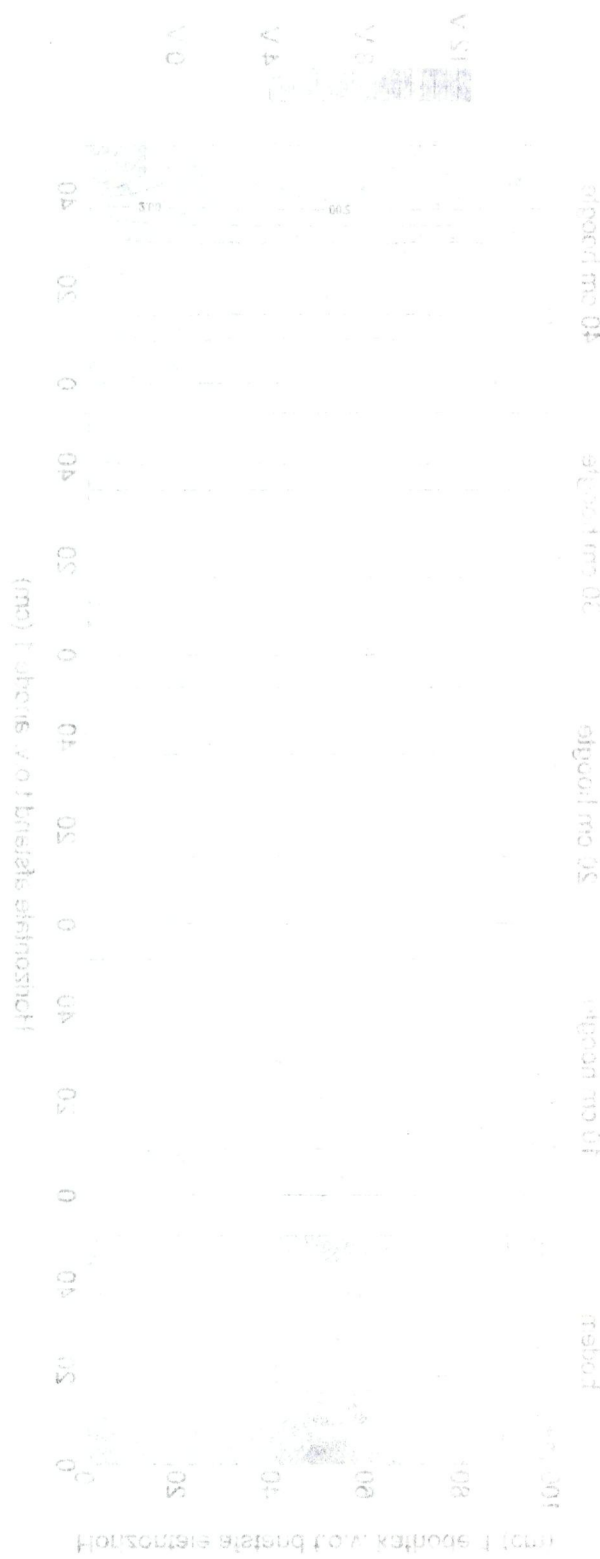


B Bovenaanzicht van het elektrisch veld gemeten met een meetkleem evenwijdig met de kathoden



Figuur 12 - De kop-staart spanning voor de generator LWY-I, gemeten op het grondvlak en op 10, 20, 30 en 40 cm van de bodem met een meetkleem van 3 cm loodrecht op en evenwijdig met de elektroden voor elektrodeopstelling B

met een draagvlak van 2 cm voor de 0,5 cm en 1 cm draagvlak met de elektrische veldverdeling. Het draagvlak is 15-100 cm voor de veldverdeling. De draagvlak is 10-50 cm voor de veldverdeling.

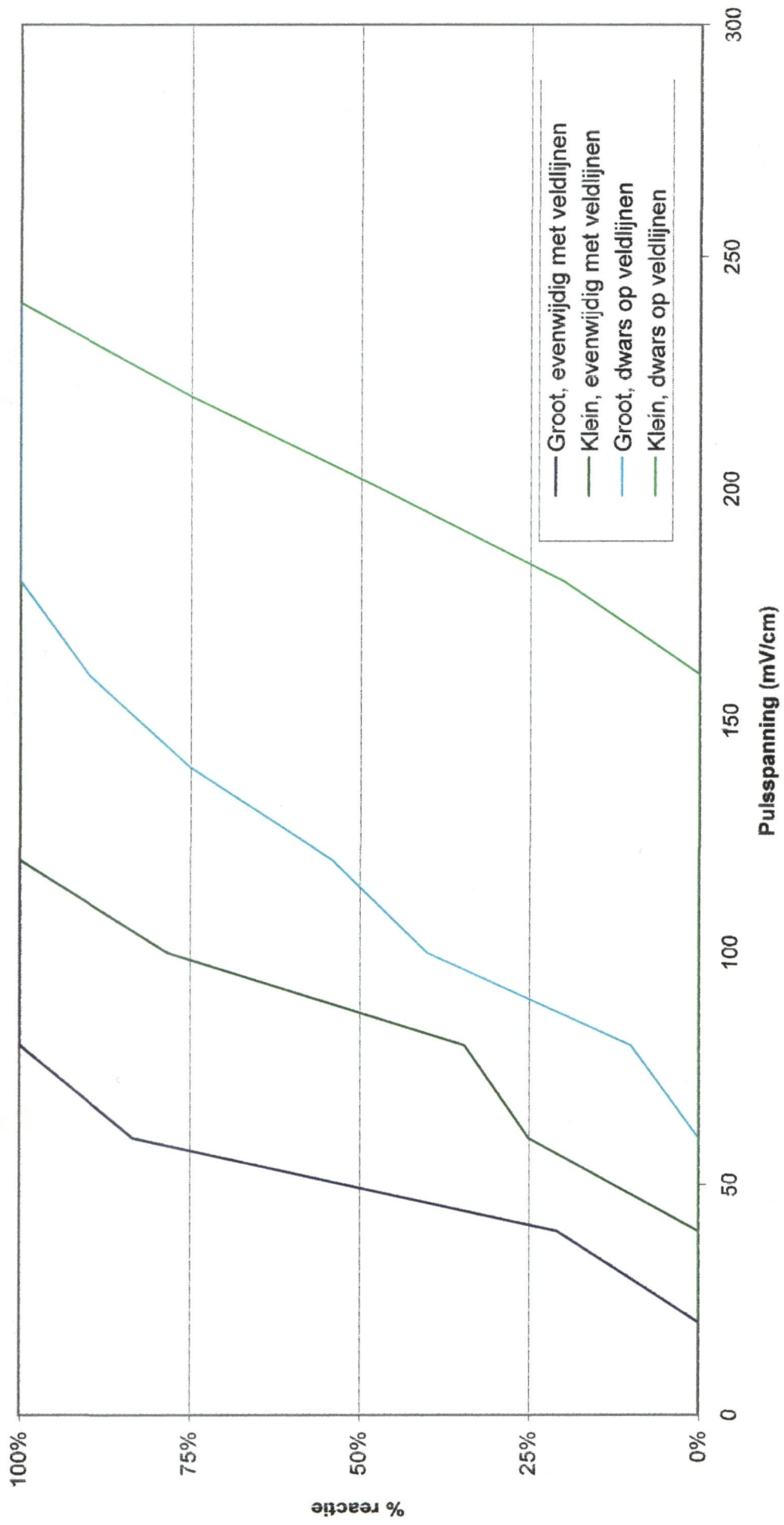


De veldverdeling van het elektrische veld bij de veldverdeling met een draagvlak van 2 cm voor de veldverdeling.



De veldverdeling van het elektrische veld bij de veldverdeling met een draagvlak van 2 cm voor de veldverdeling.

Fig. 14 - Het percentage reactie van grote en kleine garnaal in functie van de pulsspanning ter bepaling van de minimum puls die een springrespons uitlokt.



1. *Handwritten text, possibly a title or header.*
 2. *Handwritten text, possibly a date or location.*
 3. *Handwritten text, possibly a name or identifier.*

4. *Handwritten text, possibly a reference or note.*

5. *Handwritten text, possibly a date or location.*

6. *Handwritten text, possibly a date or location.*

7. *Handwritten text, possibly a date or location.*

8. *Handwritten text, possibly a date or location.*

9. *Handwritten text, possibly a date or location.*

10. *Handwritten text, possibly a date or location.*

11. *Handwritten text, possibly a date or location.*

12. *Handwritten text, possibly a date or location.*

13. *Handwritten text, possibly a date or location.*

14. *Handwritten text, possibly a date or location.*

15. *Handwritten text, possibly a date or location.*

16. *Handwritten text, possibly a date or location.*

17. *Handwritten text, possibly a date or location.*

18. *Handwritten text, possibly a date or location.*

19. *Handwritten text, possibly a date or location.*

20. *Handwritten text, possibly a date or location.*

21. *Handwritten text, possibly a date or location.*

22. *Handwritten text, possibly a date or location.*

23. *Handwritten text, possibly a date or location.*

24. *Handwritten text, possibly a date or location.*

25. *Handwritten text, possibly a date or location.*

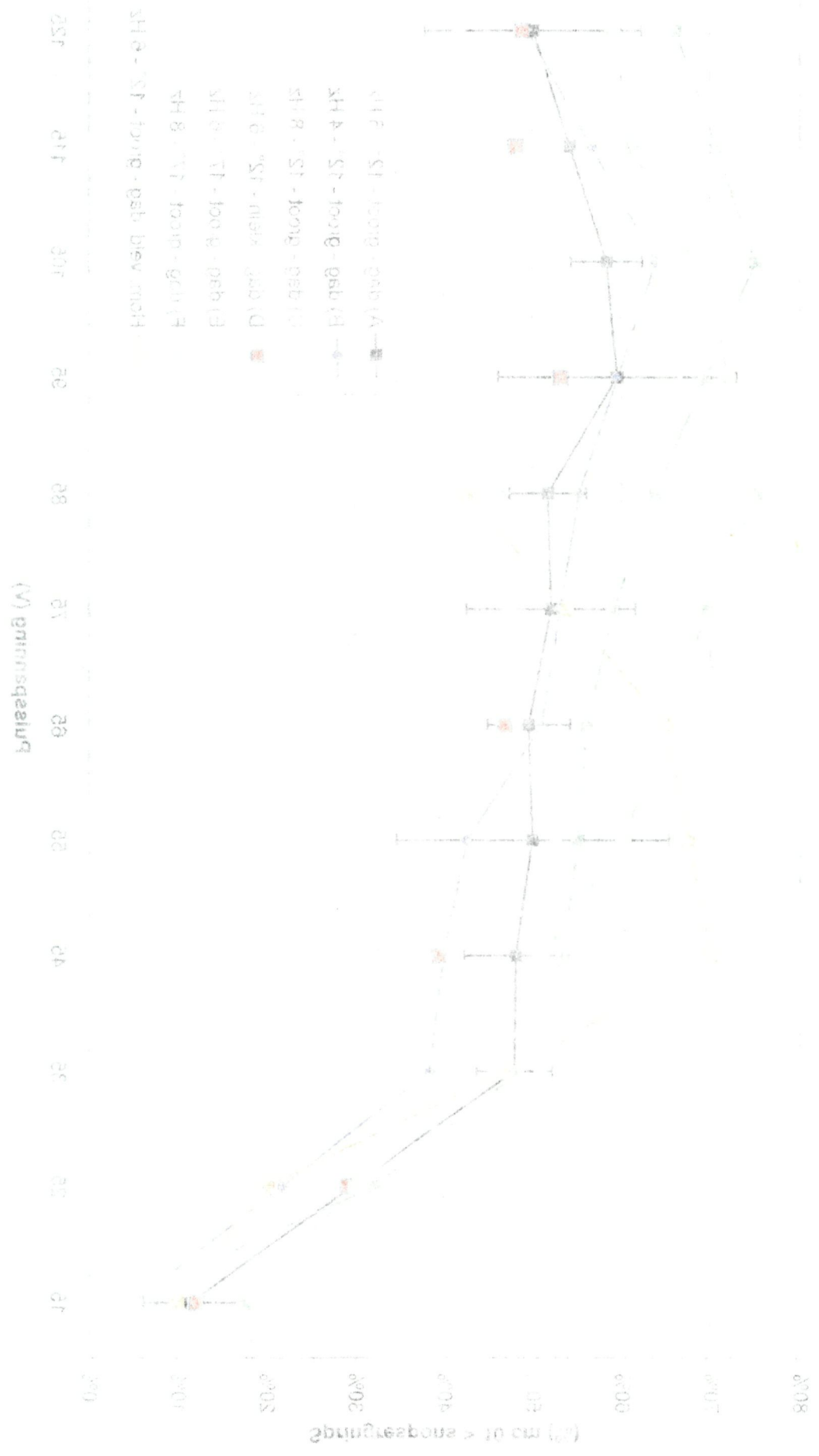
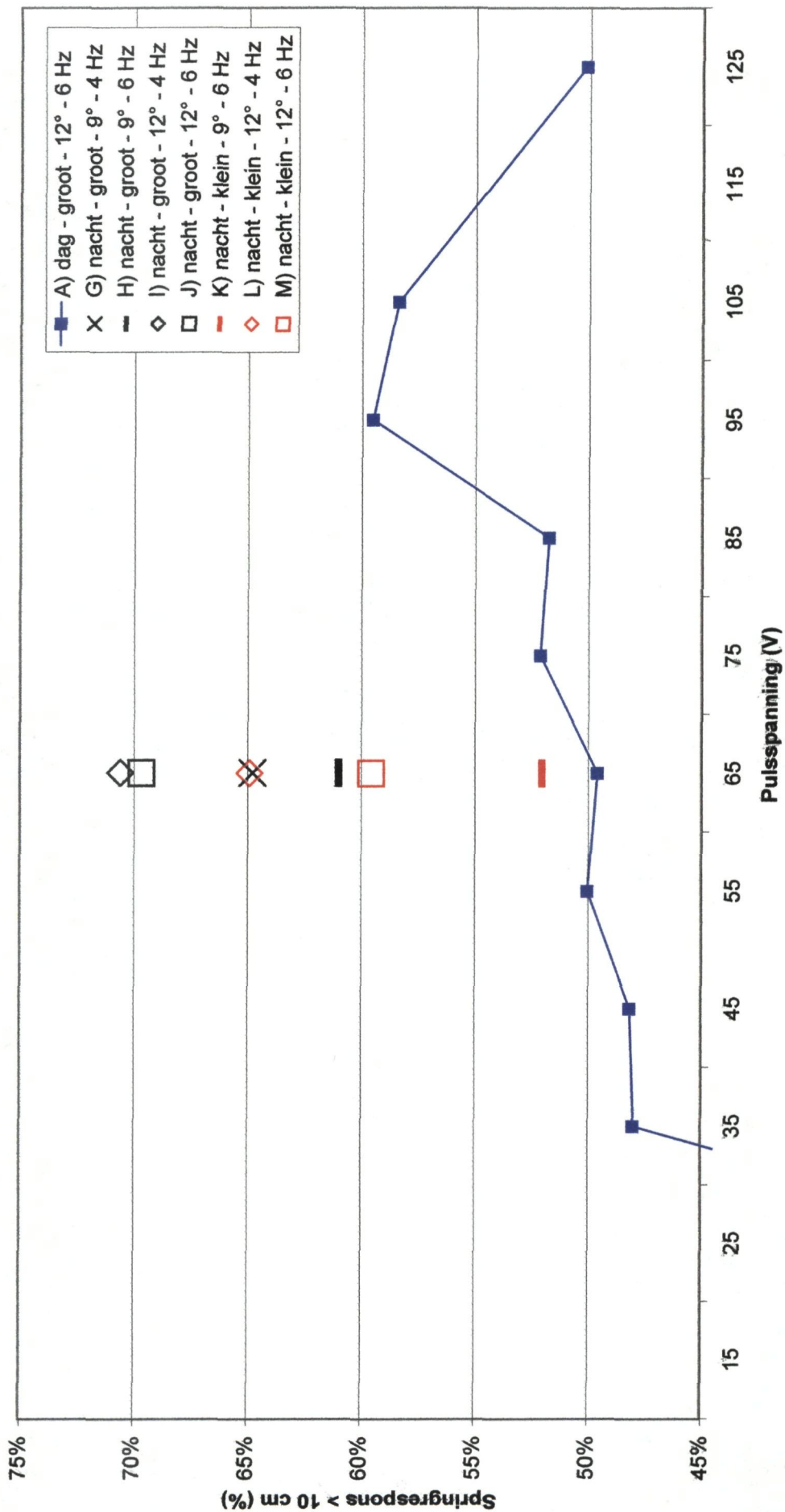


Fig. 12 - The percentage response of 10 cm aphids to various treatments - percentage response of 10 cm aphids

Fig. 16 - De springrespons van garnaal bij lage lichtintensiteit – percentage garnaal dat hoger dan 10 cm springt



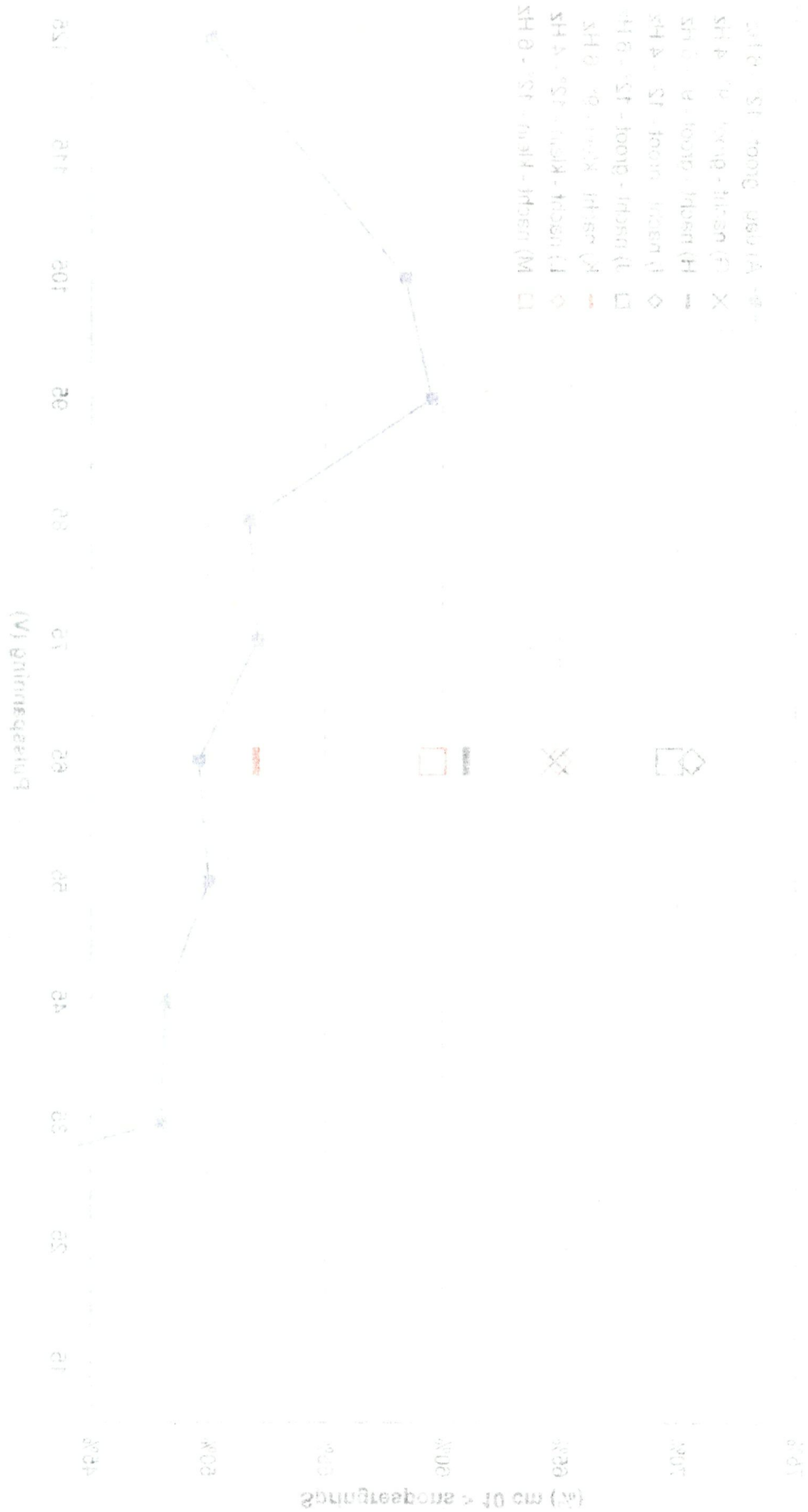
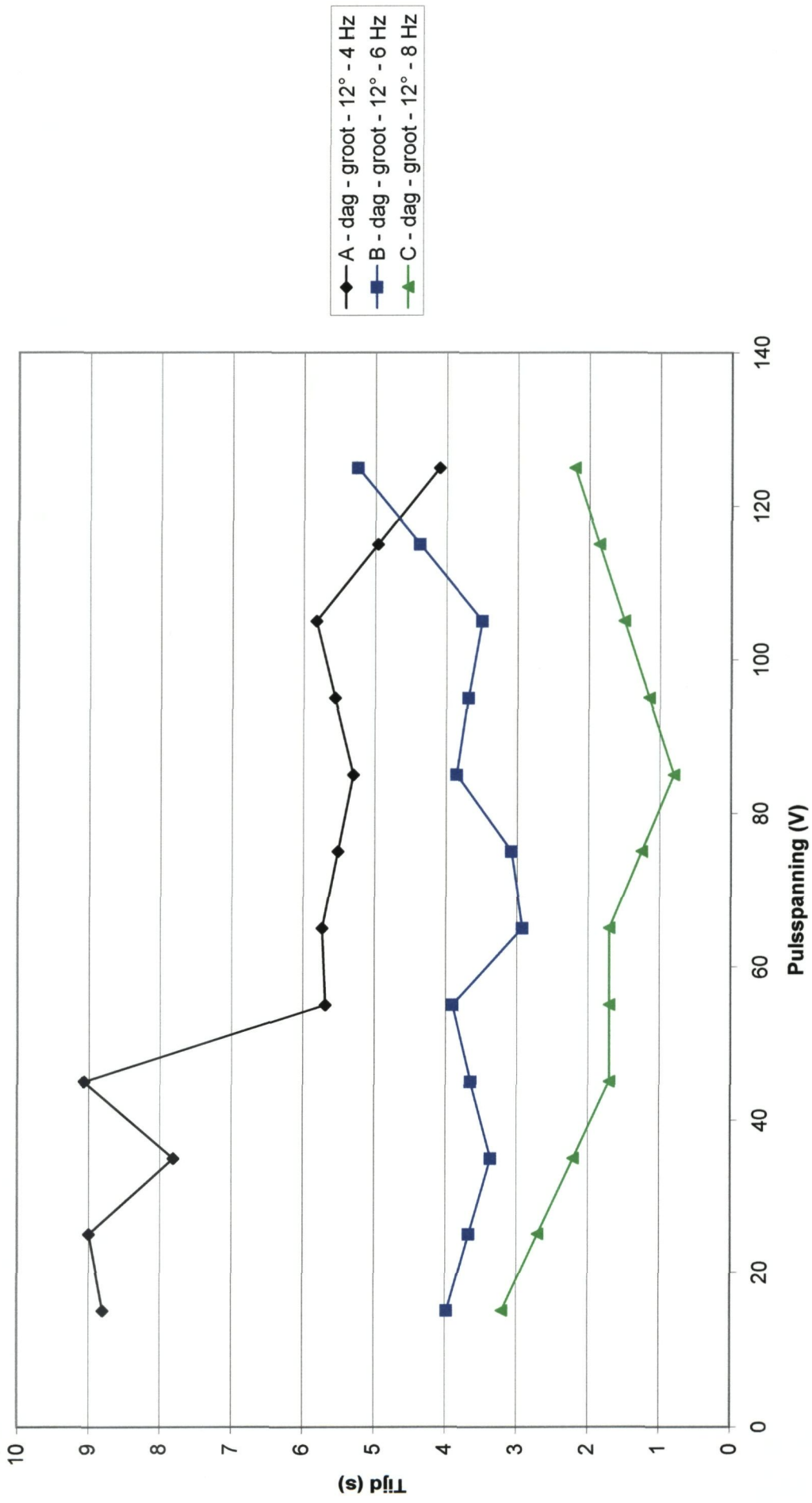


Fig. 10 - Die Spannungserhöhung von Spinnung bei verschiedenen Einsparungen - bei verschiedenen Spinnungen

Fig. 17 – De tijd tussen het aanleggen van het elektrisch veld en de maximum springrespons.



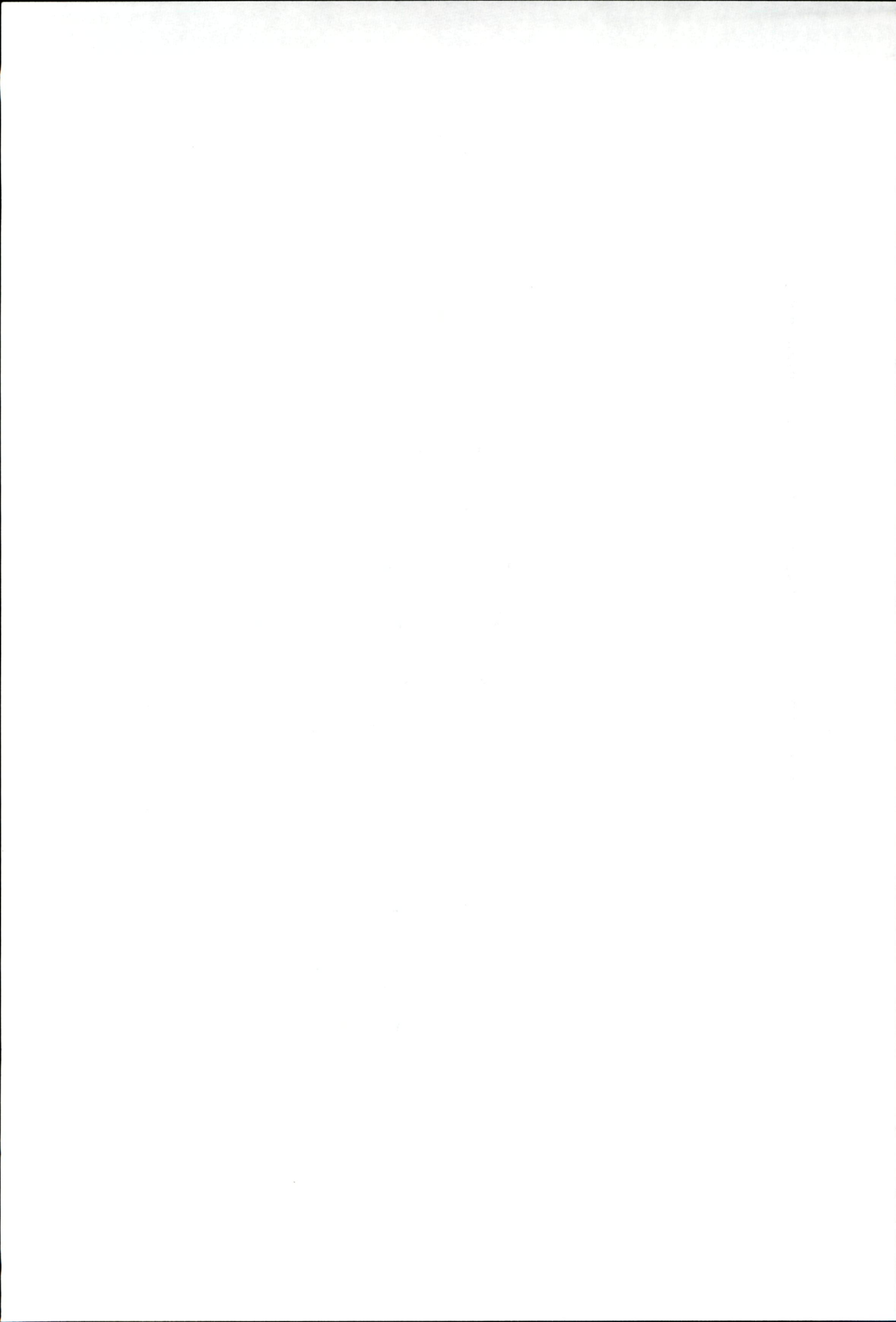


Fig. 18 – Een voorbeeld van een grafische weergave van de springrespons van garnaal in functie van de tijd na het aanleggen van het elektrisch veld.

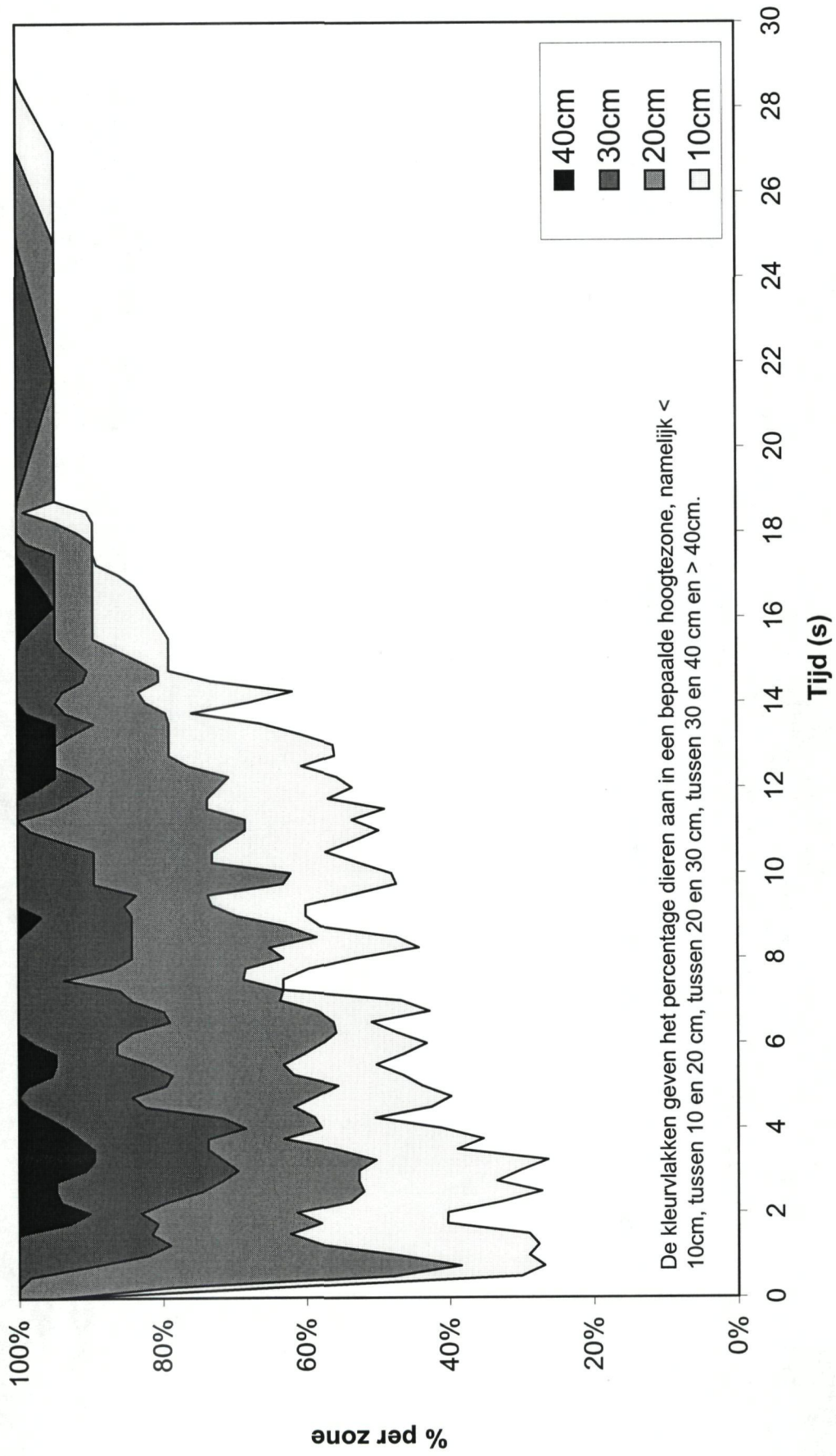
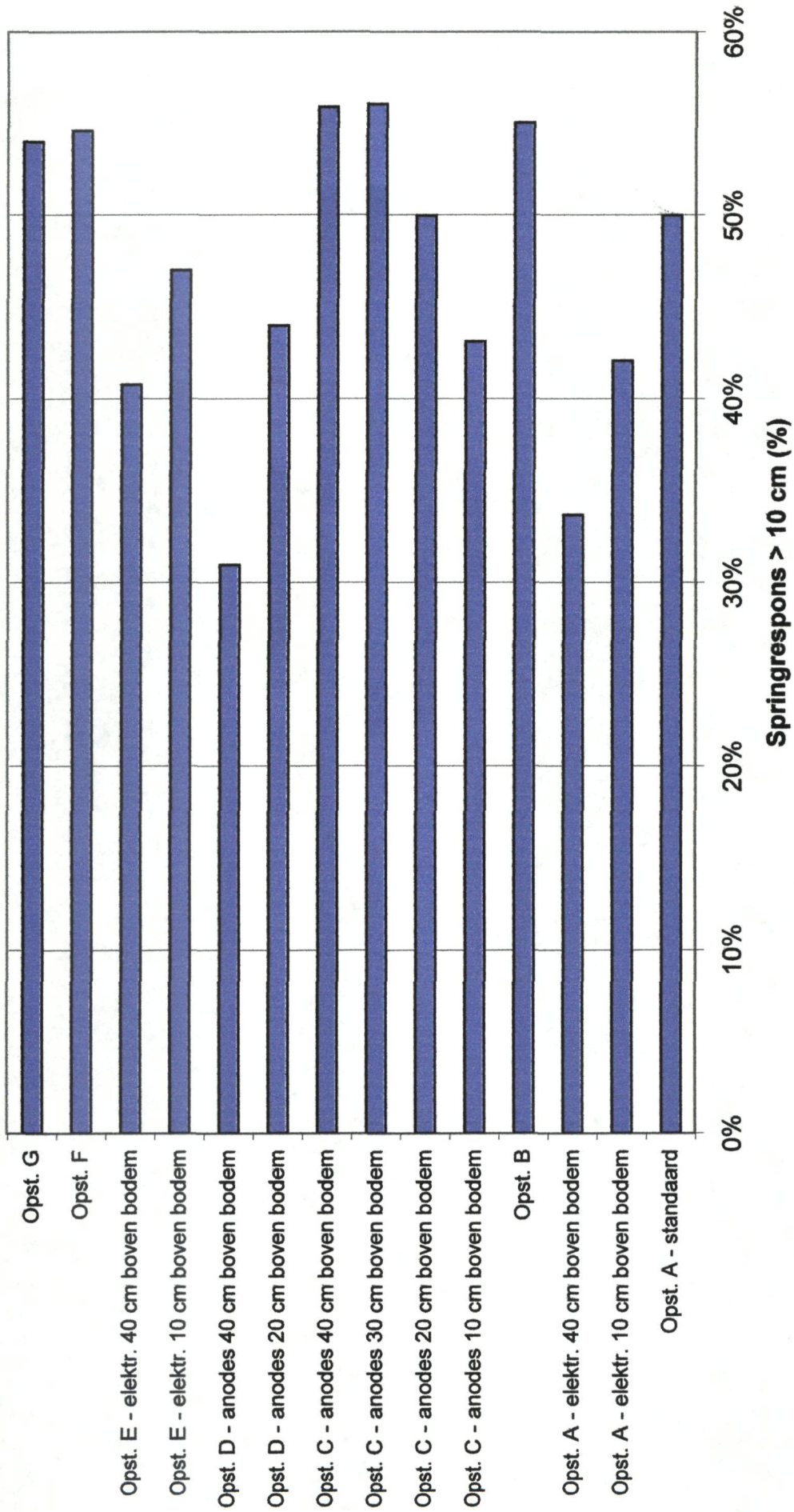


Fig. 19 - De springrespons van garnaal – percentage garnaal dat hoger dan 10 cm springt voor de verschillende elektrodeopstellingen (bij 65 V, 6 Hz, 12° C, overdag en voor grote garnaal).



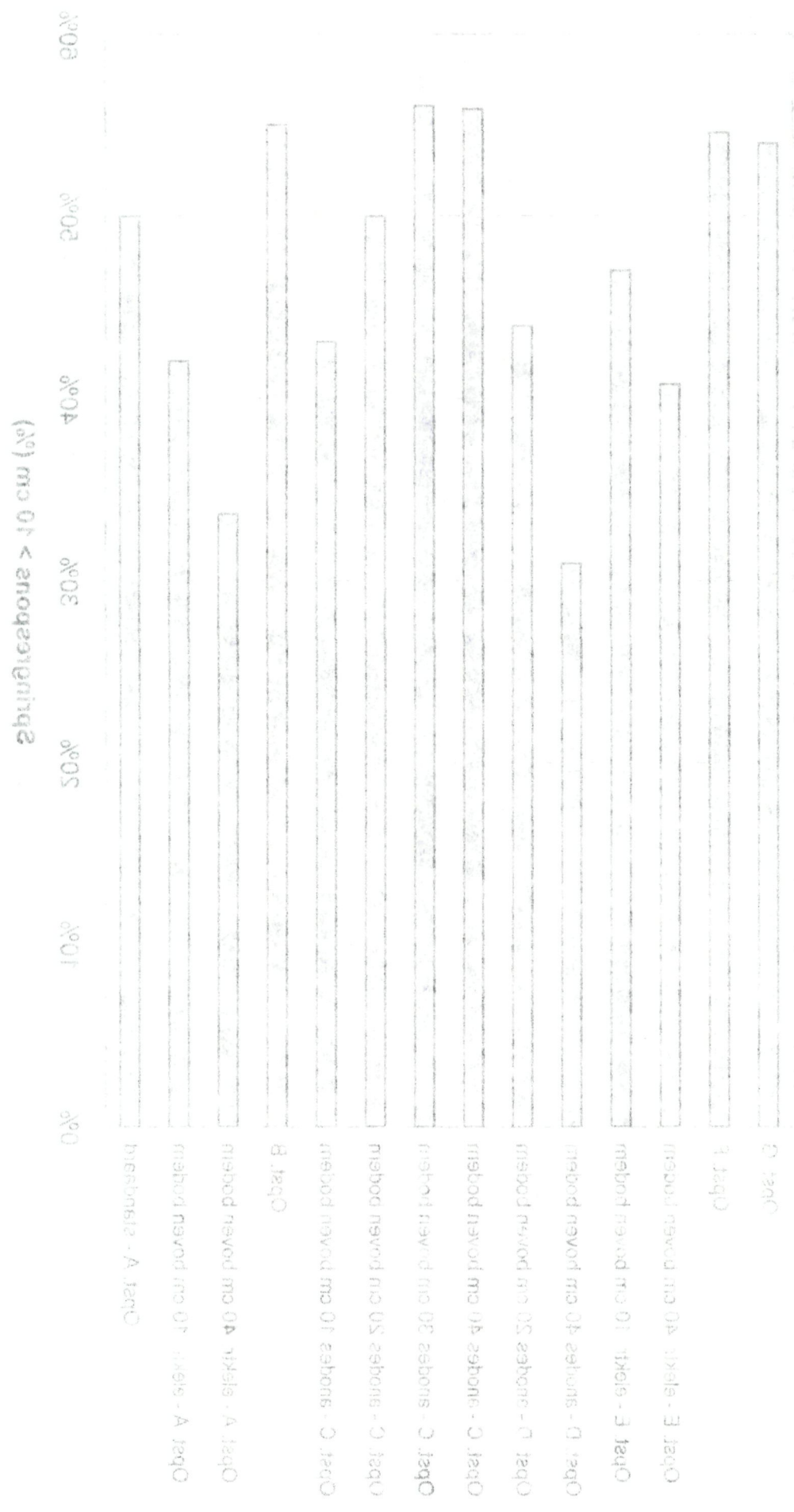
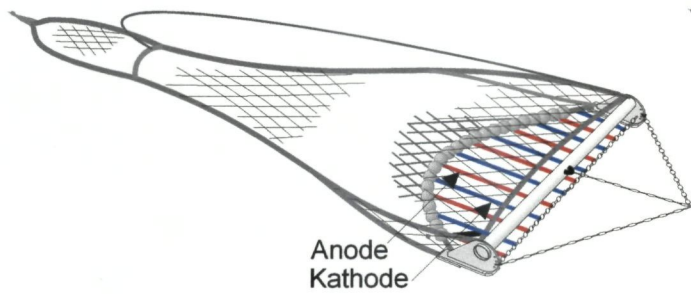
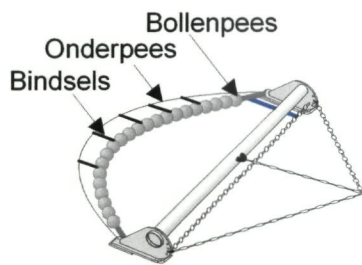
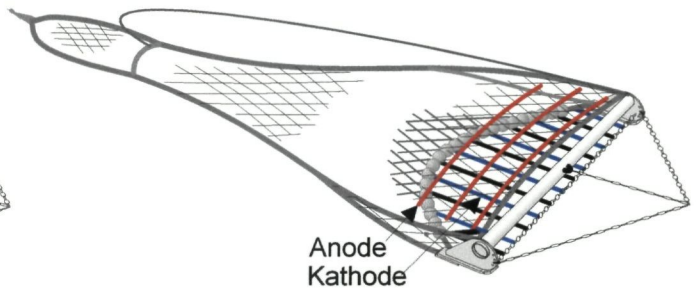


Fig. 18 - De elektrische veldsterkten (rijen A, B, C, D, E, F, G) overlagen voor grote grasland (verspreide elektrodeafstanden) - percentage van planten met hoogte van 10 cm springt voor de

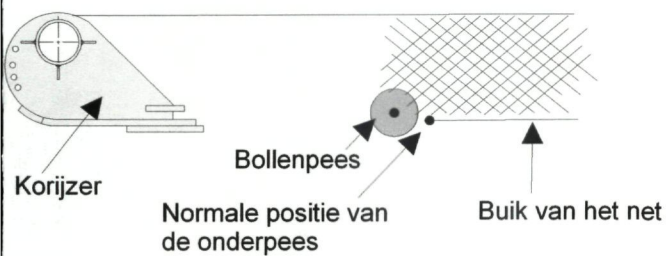
Elektrodenopstelling A



Elektrodenopstelling B



Schematische voorstelling van een standaard garnalenvistuig



Schematische voorstelling van het elektrotuig met ingekorte bindsels

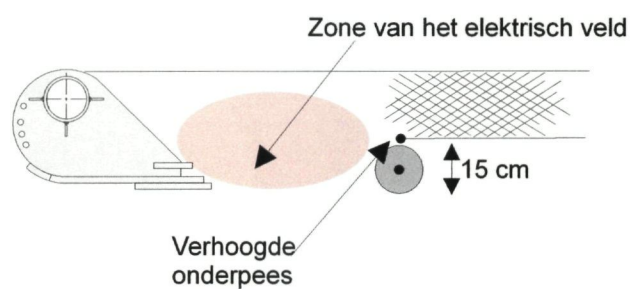
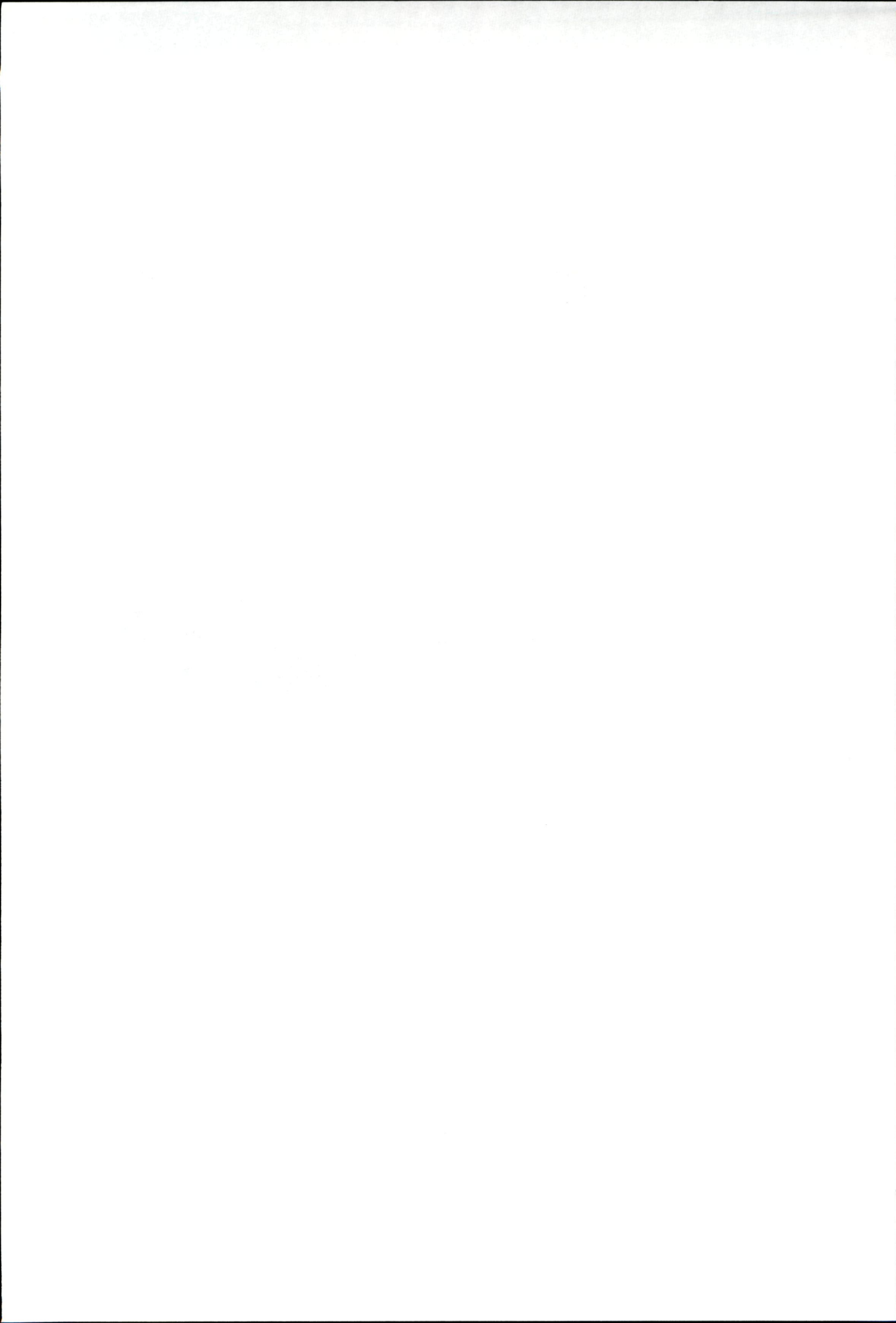


Fig. 20 - Details i.v.m. De optuiging van het elektonet



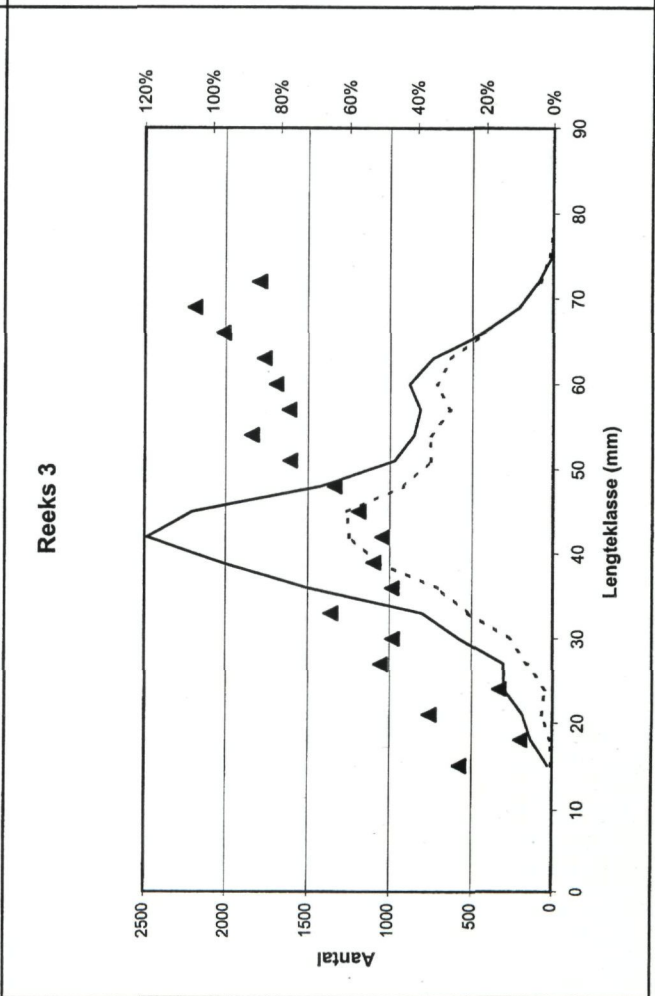
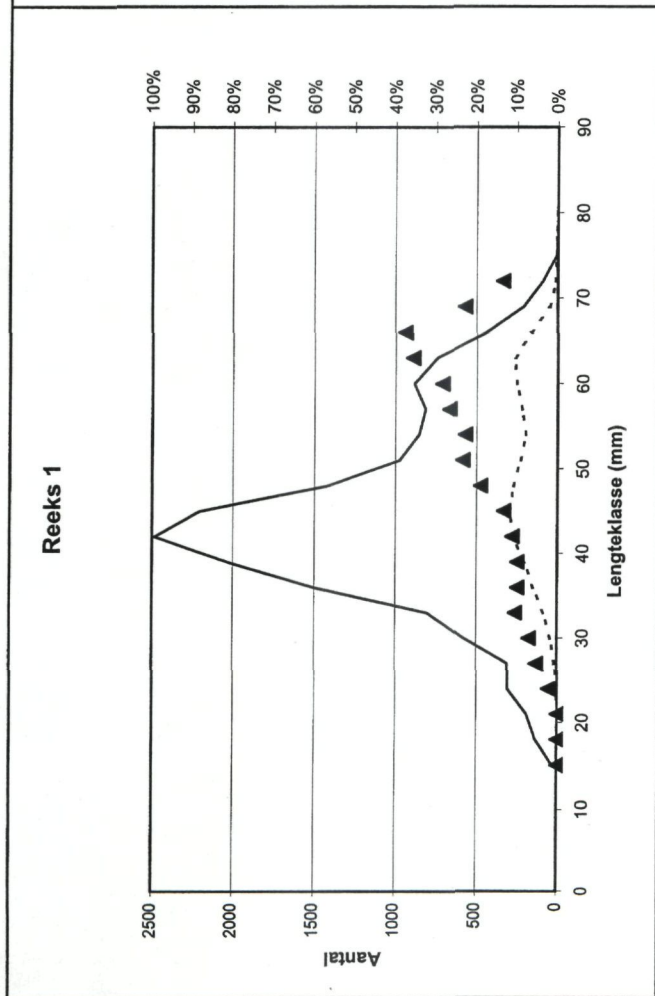
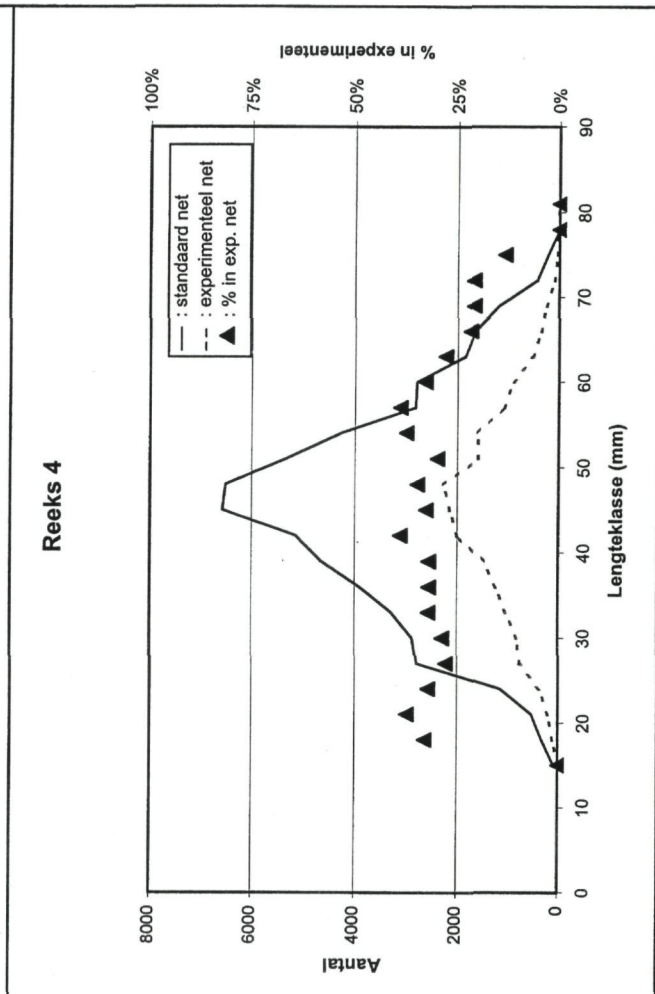
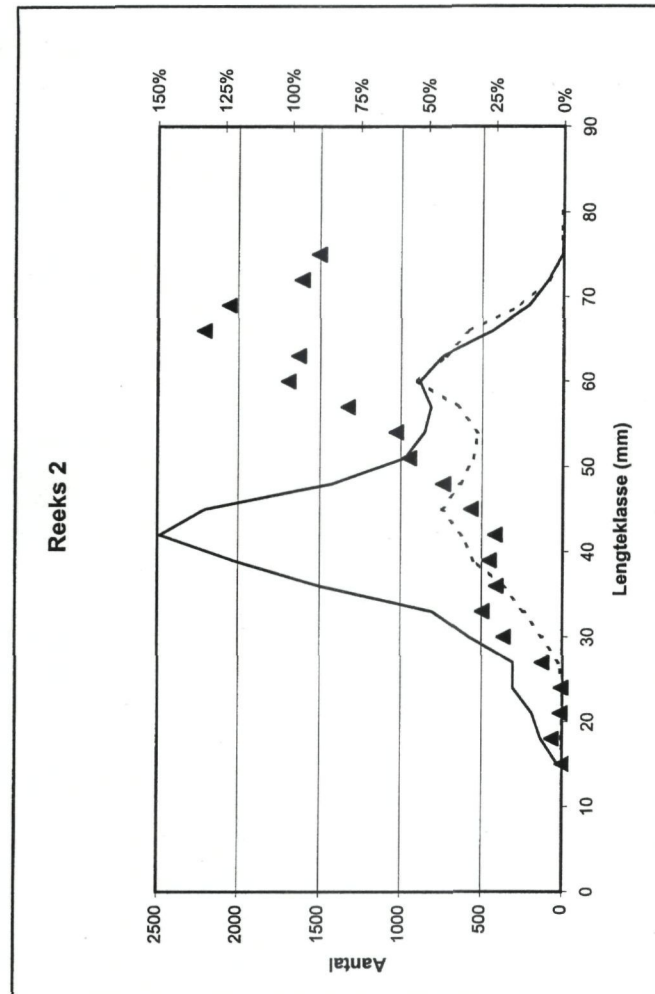
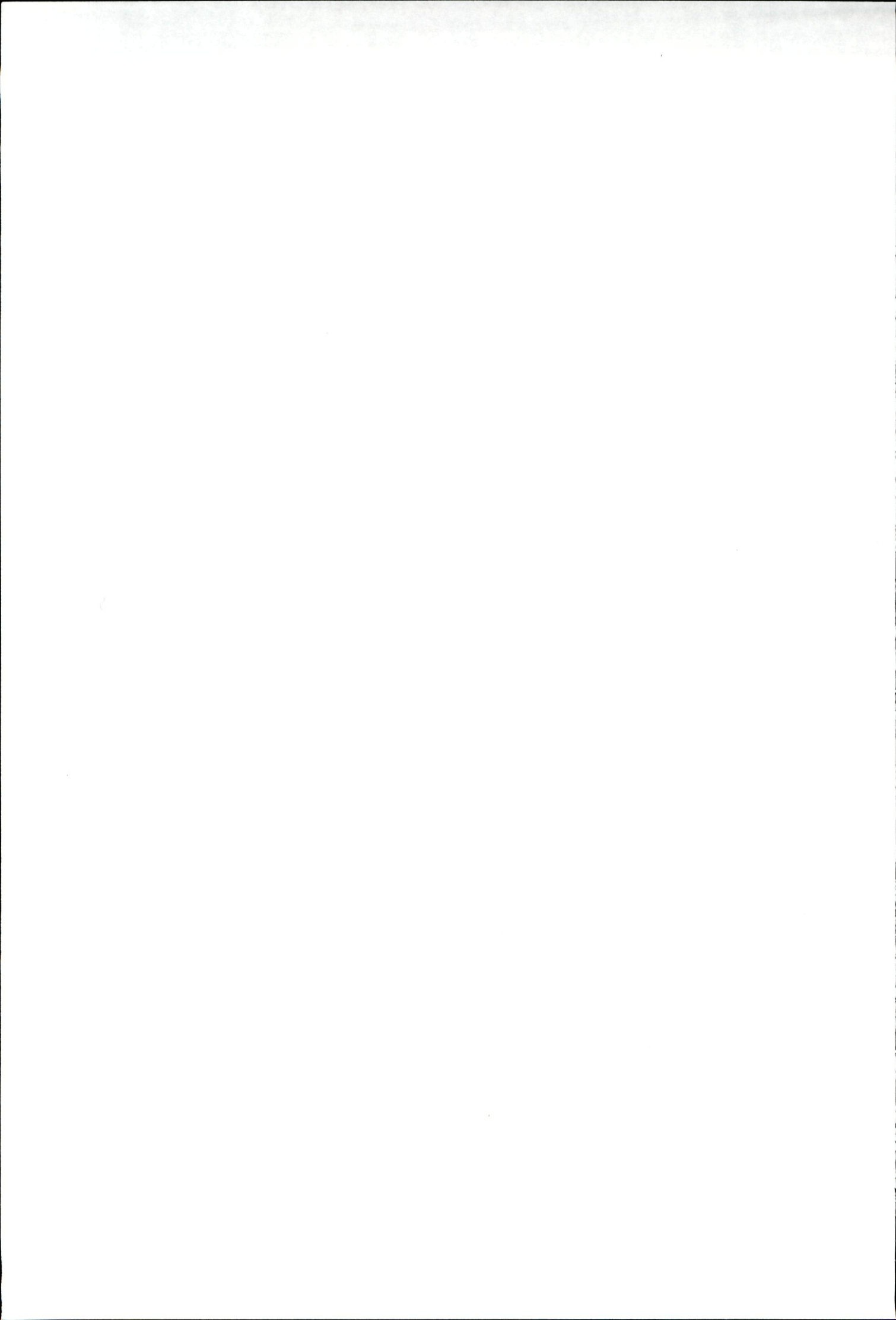


Fig. 21 – De lengteverdelingen voor garnaal in het standaard en het experimenteel net en het percentage garnaal in het experimenteel net ten opzichte van het standaard net.



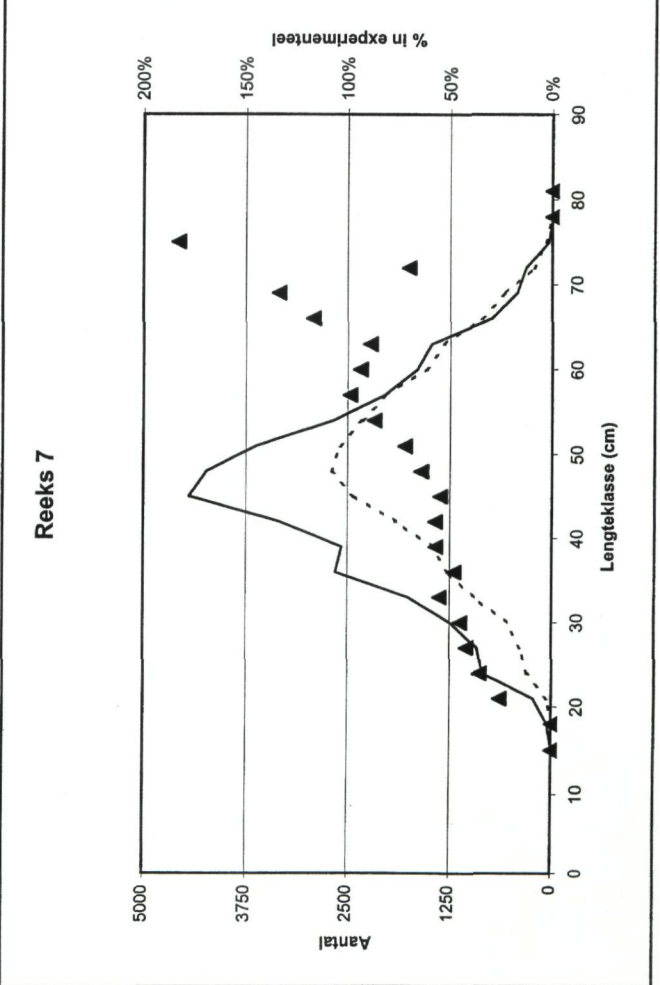
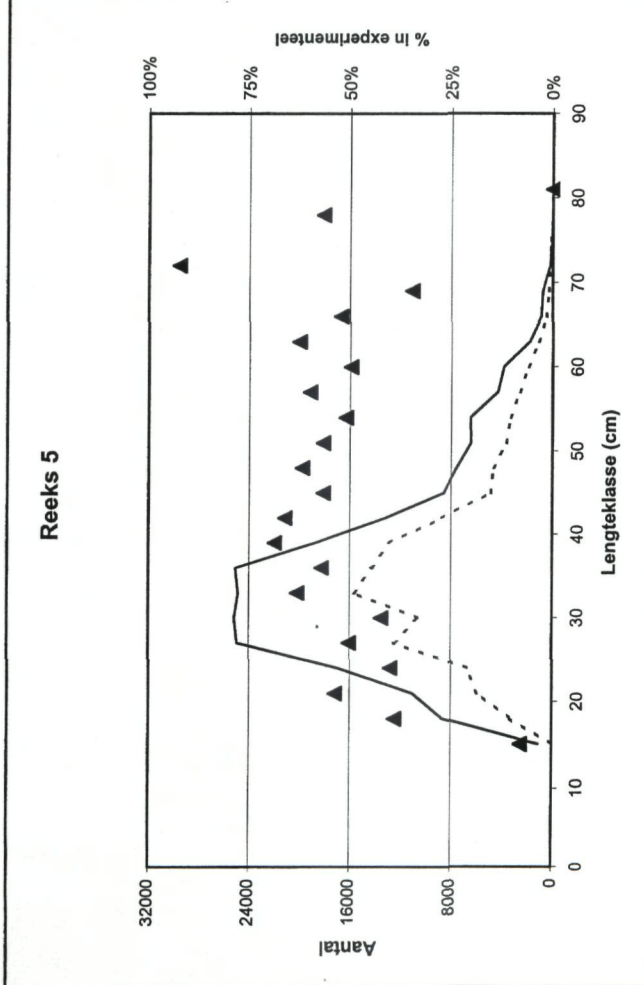
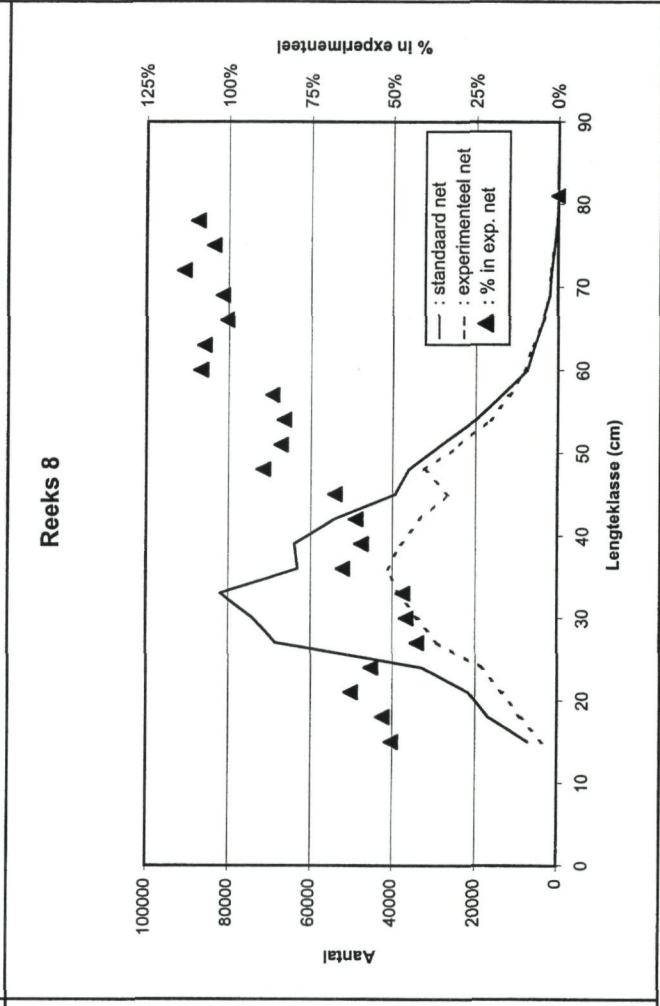
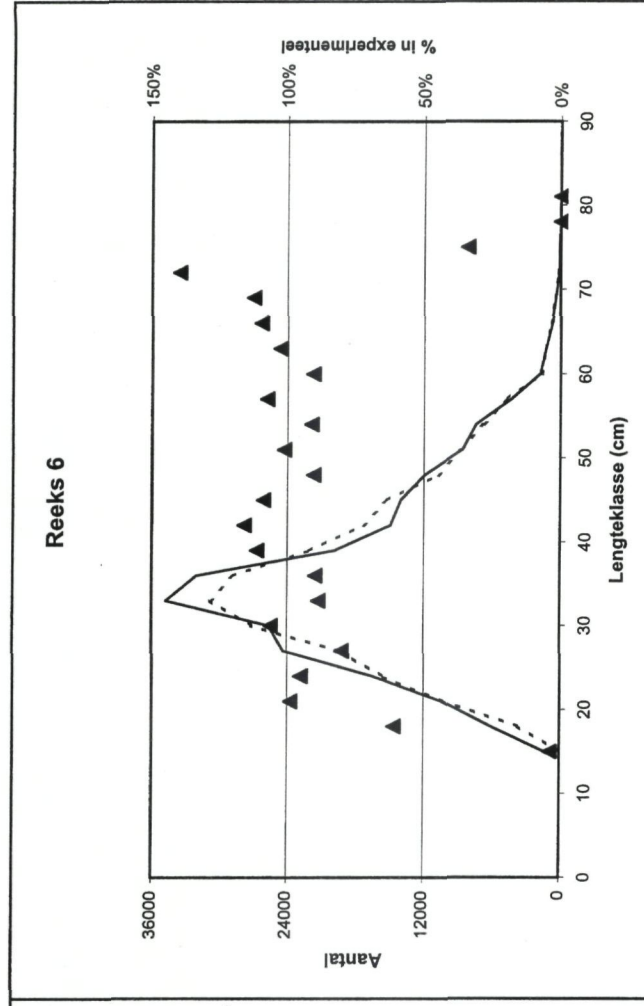


Fig. 21 – De lengteverdelingen voor garnaal in het standaard en het experimenteel net en het percentage garnaal in het experimenteel net ten opzichte van het standaard net.



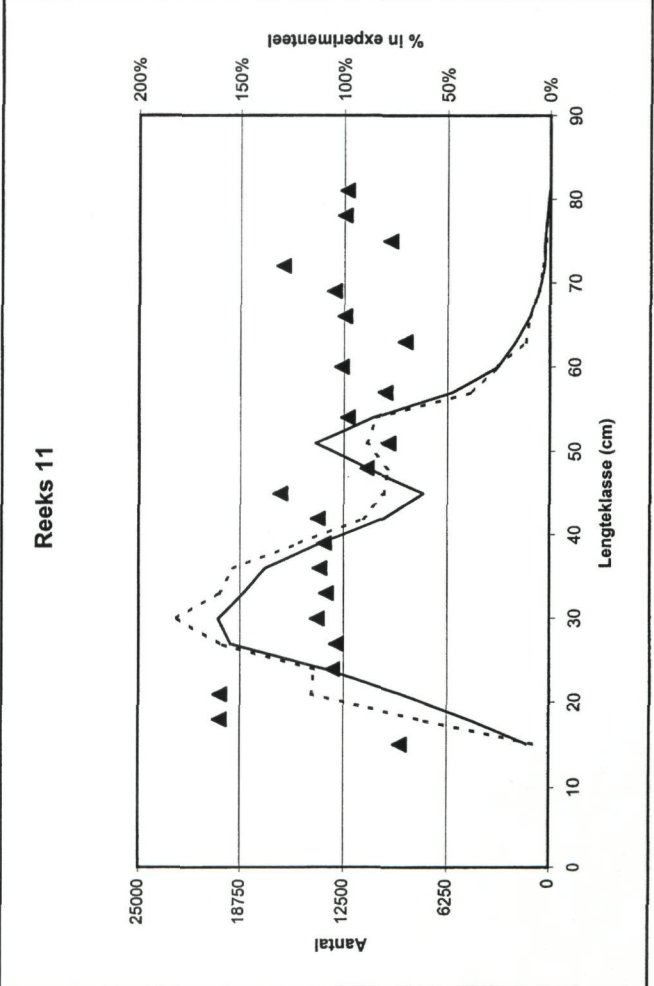
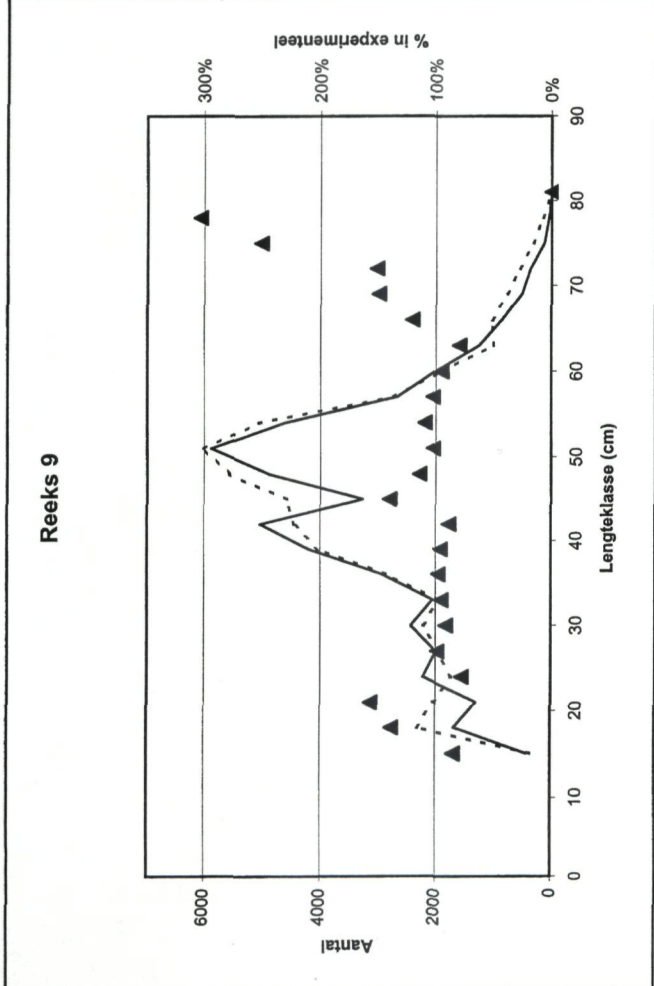
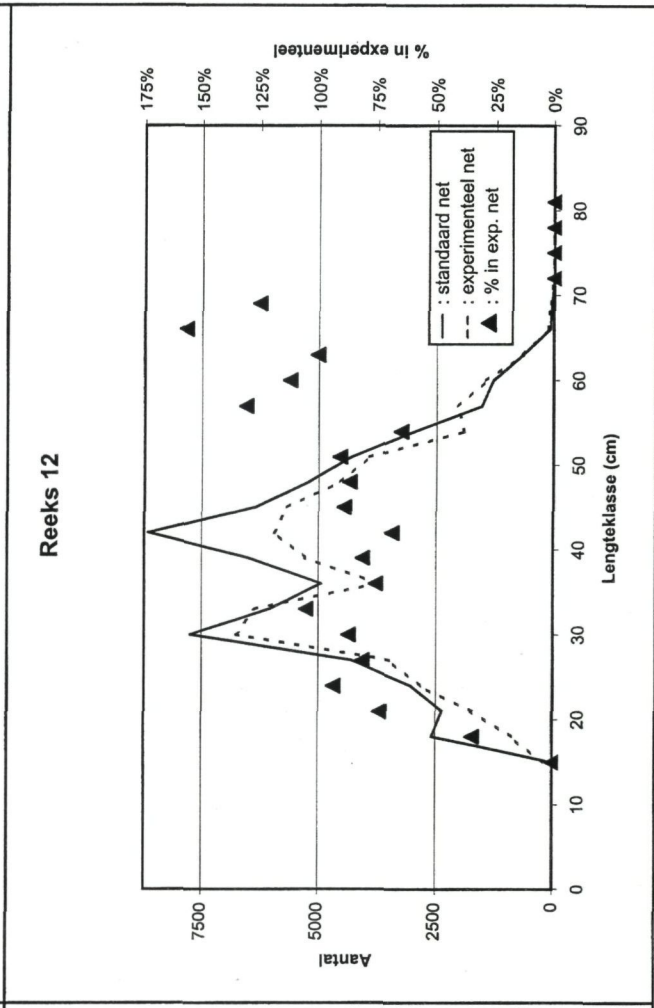
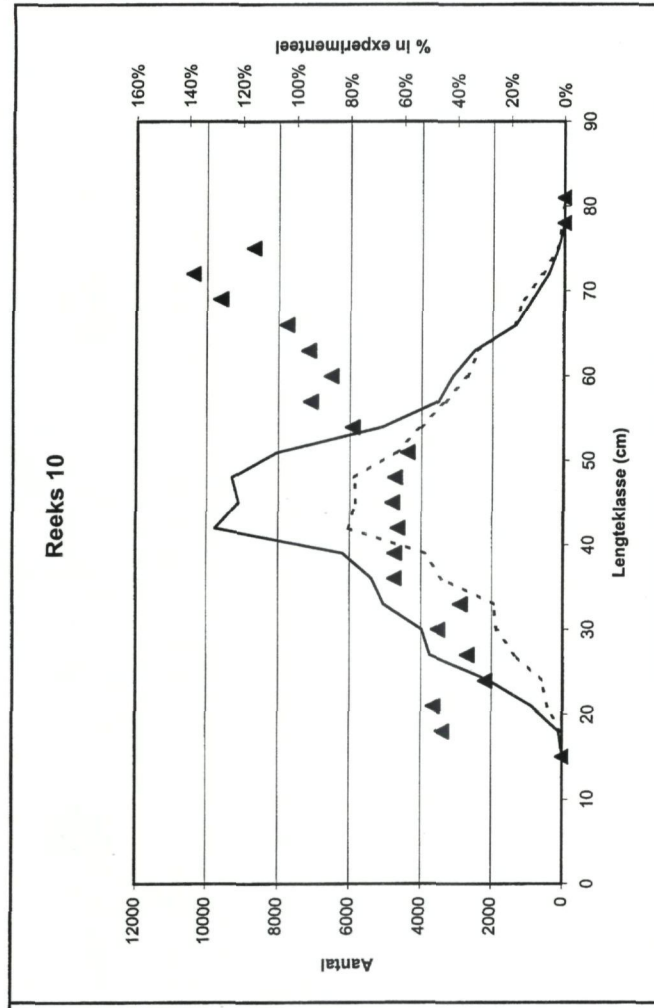


Fig. 21 – De lengteverdelingen voor garnaal in het standaard en het experimenteel net ten opzichte van het standaard net.



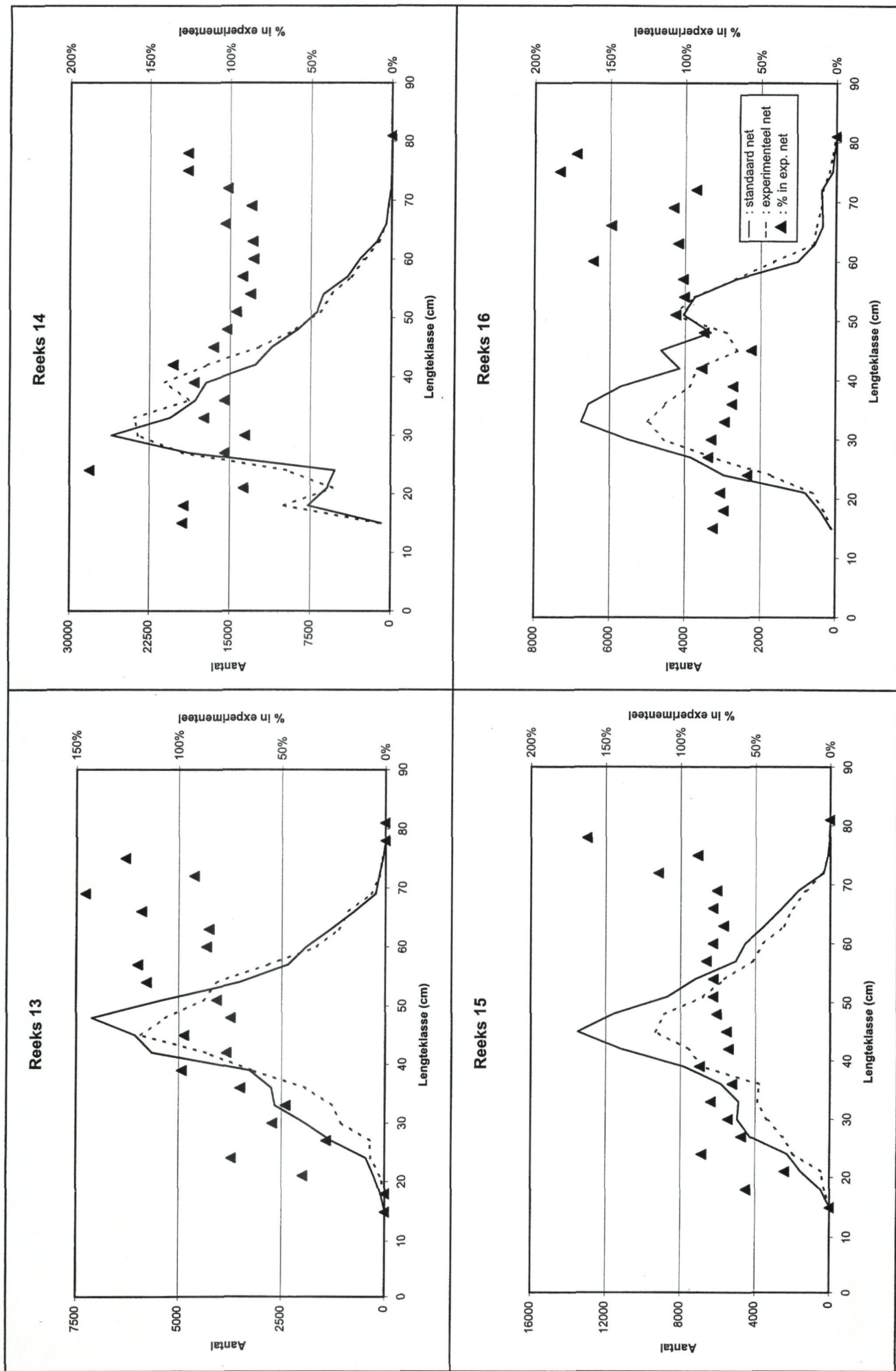
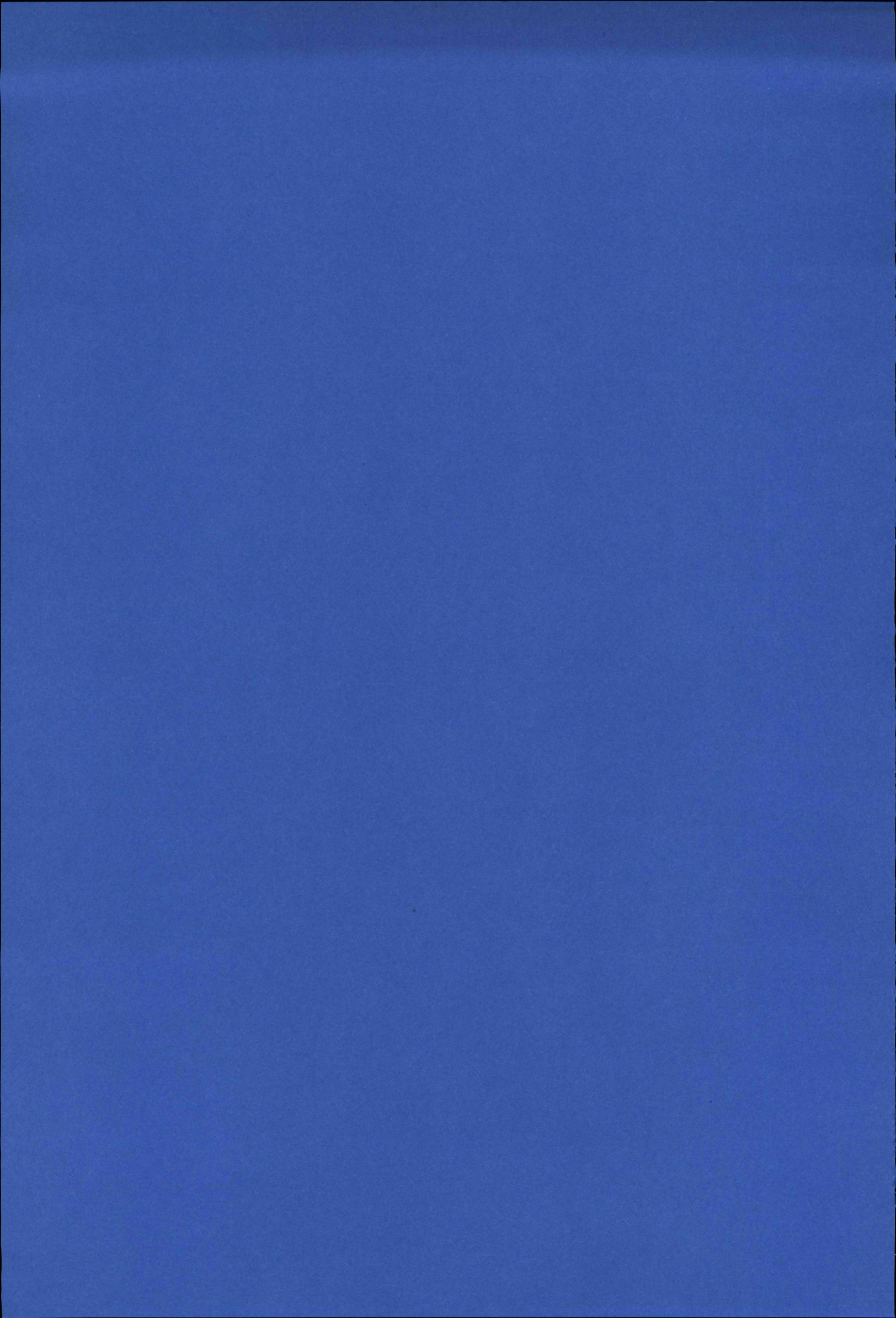


Fig. 21 – De lengteverdelingen voor garnaal in het standaard en het experimenteel net en het percentage garnaal in het experimenteel net ten opzichte van het standaard net.



AN ORIGINAL BINDOMATIC DFS COVER
Classic 9 mm for 61-90 sheets

