

Kommersialisering av komponenter for ny type torsketrål

John Willy Valdemarsen¹ og Kurt Hansen²

¹Havforskningsinstituttet

²SINTEF Fiskeri og havbruk AS



Tittel:

Kommersialisering av komponenter for ny type torsketrål – Sluttrapport prosjekt 343044

Forfattere:

John Willy Valdemarsen, Havforskningsinstituttet, Faggruppe Fangst og
Kurt Hansen, SINTEF, Fiskeri og Havbruk, Avd Hirtshals

Prosjektleder:

John Willy Valdemarsen

Oppdragsgiver:


Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond

Sammendrag:

I det FHF finansierte prosjektet "Ny generasjons torsketrål", som ble gjennomført i årene 2002-2004 ble det bl.a. utviklet en ny type bunngear laget av rektangulære gummiplater med spredningsegenskaper, det såkalte spredningsgearet. Den nye geartypen hadde interessante operative, fangst- og miljømessige egenskaper som både trålfiskere og redskapsprodusenter ønsket å utvikle til kommersiell anvendelse i praktisk trålfiske. I prosjektet var det også utviklet og testet løfteplater av fleksibelt plastmateriale. Disse hadde gode løfteegenskaper, og ble også vurdert som interessante for utvikling til et kommersielt produkt.

Dette prosjektets formål var derfor å videreutvikle interessante delprodukter, basert på resultater oppnådd i det FHF-finansierete prosjektet "Ny generasjons torsketrål", for kommersiell anvendelse. Dette utviklingsarbeidet har vært utført i samarbeid med norske redskapsprodusenter. Operative og fangstmessige egenskaper til et spredningsgearkonsept der kjettingene var innstøpt i platene ble testet om bord i M/Tr "Granit" i 2006. Fangstene, særlig av stor torsk, økte betydelig sammenlignet med et tradisjonelt rockhopper gear. Operativt fungerte dette gearoppsettet også svært godt. En videreutvikling av dette gearoppsettet var å benytte bobbins mellom platene slik at platene ble løftet litt opp fra bunn. Dette reduserer bunnpåvirkningen. Dette gearoppsettet ble funksjonstestet og observert om bord i F/F "G.O.Sars" i 2007. Forsøkene viste at konseptet fungerte godt teknisk. I et vedlegg til rapporten diskuteres problemer med håndtering av plategear som forfatterne har fått kjenskap til ved samtaler med trålfiskere der har brukt plategearet. Løfteegenskaper til fleksible plater av plast har blitt klart demonstrert i prosjektet. Det gjenstår imidlertid framdeles arbeid med å få disse testet i kommersielt trålfiske.

Utforming av et midtgear som reduserer unnsipping under trålen og samtidig har lavest mulig motstand er ikke ferdig utviklet enda. De to løsningene som er testet og omtalt har potensiale, men må videreutvikles for å bli kommersielt anvendelige.


John W. Valdemarsen
Havforskningsinstituttet


Kurt Hansen
SINTEF Fiskeri og Havbruk

Innholdsfortegnelse

Bakgrunn	4
Prosjektinnhold	4
Gjennomføring	5
Resultater	5
Oppsummering av erfaringer med prototyper av selvsprende plategear	5
Fiskeforsøk med nytt plategear konsept	7
Spredningsgearet - funksjonelle egenskaper	9
Fangstegenskaper til trål med plategear	10
Funksjonelle egenskaper til et modifisert plategear	11
Løfteplater av plastduk	12
Alternativt midtgear	13
Vurdering av prosjekresultatene – oppfølging	14
Dokumentasjon	15
Vedlegg 1: Kritiske faktorer ved bruk av selvsprende plategear	16
Vedlegg 2: Forsøk med løftekitter som alternativ til kuler på trål	20
Vedlegg 3: Innovations in trawl components that reduce the trawl drag	23
Vedlegg 4: Self-spreading ground gear – technical features and practical applications in demersal trawl gears	30

Bakgrunn

Det FHF-finansierte prosjektet "Ny generasjons torskestrål" ble gjennomført i årene 2002-2004. I prosjektet ble det bl.a. utviklet en ny type bunngear laget av rektangulære gummiplater med spredningsegenskaper, det såkalte spredningsgearet (Valdemarsen og Hansen 2004, 2005). Den nye geartypen hadde interessante operative, fangst- og miljømessige egenskaper som både trålfiskere og redskapsprodusenter ønsket å videreutvikle for anvendelse i kommersielt trålfiske. I prosjektet ble det også utviklet og testet løfteplater av fleksibelt plastmateriale. Disse hadde gode løfteegenskaper, og ble også vurdert som interessante for utvikling til et kommersielt produkt.

Basert på erfaringene i dette prosjektet, ble det satt i gang et samarbeid mellom FHF og forskningsinstituttene Havforskningsinstituttet og SINTEF sammen med de seks største norske trålprodusentene (Egersund Trål AS, Mørenot AS, NOFI AS, Selstad AS, Refa Frøystad Gruppe (RFG) og Åkrehamn Trålbøteri AS) for å finne ut hvordan plategearet og løfteplatene kunne utvikles til gode kommersielle produkter. Partene ble enige om å samarbeide om en slik utvikling, og FHF bevilget medio 2005 1 million kroner til gjennomføringen av prosjektet.

Prosjektinnhold

Prosjektets formål var å videreutvikle delprodukter for kommersiell anvendelse, basert på resultatene fra det FHF-finansierede prosjektet "Ny generasjons torskestrål". Prosjektet var et samarbeidsprosjekt mellom norske redskapsbedrifter, trålrederier og Havforskningsinstituttet og SINTEF, Fiskeri og Havbruk.

I samråd med de involverte redskapsbedriftene ble det enighet om å fokusere på å videreutvikle følgende tre trålkomponenter i prosjektet.

1. Konstruksjon av spredningsgear

Fordi materialvalg og konstruksjon er kritisk for funksjonaliteten til et spredningsgear, fokuserte denne aktiviteten på å utvikle konstruksjonsstandarder som kunne danne basis for en generell utforming av spredningsgear for torskestrål. I prosjektet inngikk utvikling og testing av alternative konstruksjoner av spredningsgear, bl.a. en platekonstruksjon der kjettingen var innstøpt i selve platen (utviklet av RFG).

2. Utforming av midtgear

Det er dokumentert av relativt mye torsk unnslipper under et tradisjonelt rockhopper bunngear (ref). Selv om tidligere forsøk med spredningsgear har antydnet at plater som midtgear reduserer muligheten for dette, økte tverrstilte plater i midtgearet trålmotstanden. Det ble derfor undersøkt om midtgearet kunne uformes slik at motstanden ikke øker, og at fangst-effektiviteten for torsk samtidig ble bedret sammenlignet med tradisjonelle rockhopper-skiver som midtgear.

3. Utvikling og testing av løfteplater

I prosjektet "Ny generasjons torsketrål" ble det arbeidet med ulike metoder for å åpne trålen vertikalt, d.v.s. å skape høyde uten å benytte normale oppdriftskuler. I slutfasen av dette prosjektet ble det utført modellforsøk med kvadratiske plater av seilduk, montert mellom den ordinære kuletelna og en "falsk" telne foran, slik at platene under tauing fikk løftekraft. I dette oppfølgingsprosjektet inngikk forsøk med alternative utforminger og monteringer av løfteplater produsert av Nofi AS.

Gjennomføring

Den største og viktigste aktiviteten i prosjektet var praktiske forsøk med en ny plategear-utforming (RFG design) og løfteplater om bord i tråleren MTr Granit IV i april 2006. I tillegg ble det gjennomført forsøk i modellskala i forsøkstanken i Hirtshals, samt spesielle forsøk om bord i Havforskningsinstituttets forskningsfartøyer (FF Fangst og FF G.O. Sars). Det ble utviklet et spesielt regneprogram som beregner motstand, spredning og løfteegenskaper av plater til bunngear og løft. Det er også laget en demonstrasjonsvideo som viser hvordan spredningsgearet skal monteres og justeres for å fungere best mulig. Arbeid med å videreutvikle plategearkonstruksjonen, slik at bunnpåvirkningen av gearet reduseres, ble videreført i et prosjekt (DEGREE) delfinansiert av EU.

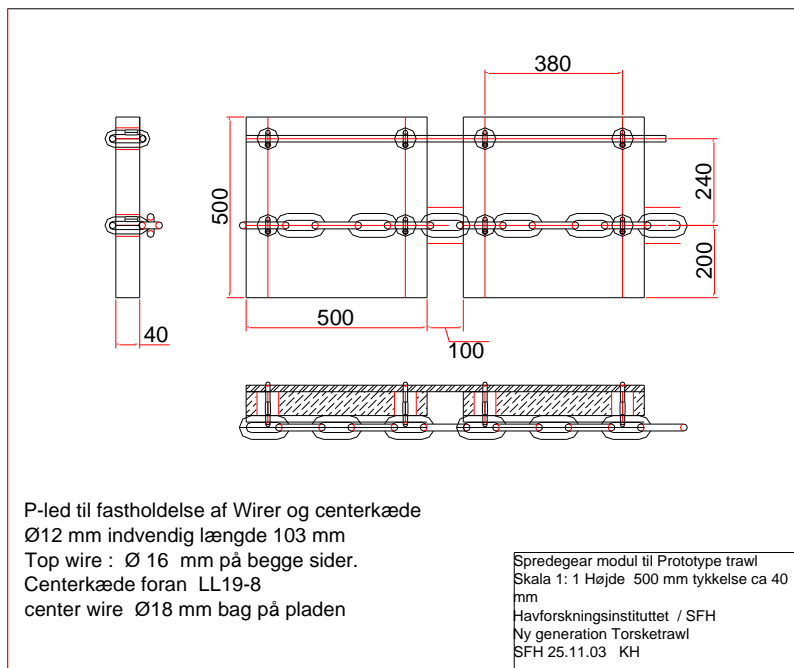
Resultater

Oppsummering av erfaringer med prototyper av selvspredende plategear

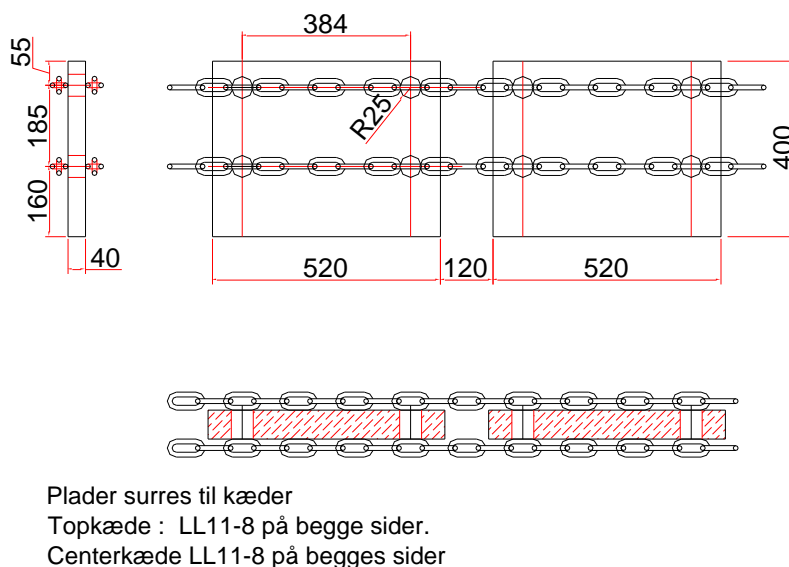
Prototyper av plategear har hatt ulike utforminger, der både platematerial og oppsett av gearet har variert. Platene har enten vært laget av gummi utskåret fra transportbelter eller formstøpt. Tykkelsen av brukte transportbelter har vært opp til 40 mm, mens formstøpte gummiplater med fiberarmering har blitt laget med tykkelser opp til 100 mm. Felles for alle disse platevariantene er at de var tilnærmet kvadratiske og med 4 gjennomgående hull som ble brukt til å låse platene mellom kjettinger eller wire på hver side av platene. Plasseringen av hullene i lengderetningen måtte tilpasses løkkelengden på kjettingene som ble benyttet i gearoppsettet. De øverste hullene ble plassert så nær øverste kant som mulig, mens de nederste hullene vanligvis ble plassert 40 % opp fra platens nederste kant.

Erfaringene med de ulike monteringer av plater var forskjellige, og ikke minst det å holde lik lengde på øverste og nederste kjetting/wire viste seg å være en stor utfordring. Ved stor belastning strekkes kjettingene, og dersom belastningen oppe og nede på gearet er forskjellig kan forholdet mellom de to lengdene endres under bruk. For å vise hvor følsom gearet er for bl.a. lengdeforskjeller på kjettingene oppe og nede på gearet, ble det utviklet et regneark som gir oppførselen til gearet ved ulike rigginger. Det samme regnearket kan også nyttes til å evaluere virkningen av fleksible løfteplater på løft og motstand.

Det har også vært utført betydelig eksperimentering med ulike løsninger for sammenføring av kjettingen og/eller wiren på hver av sidene. I det første gearoppsettet, som blant annet ble benyttet av MTr J.Bergvoll i 2004 (Valdemarsen et al. 2004), var kjettingene på framsiden festet med wire på baksiden av platene ved hjelp av P-ledd (Figur 1). P-ledd har også vært brukt til å forbinde kjetting både foran og bak platene. Ulempene som ble erfart var at koblingen i P-leddene skrudde seg opp under bruk, og at P-leddene kunne være noe vanskelig å montere. Det ble også forsøkt med taubendsling på begge sider at kjettingene. Dette fungerte brukbart fordi taubendslingen på framsiden var beskyttet av kjettingløyken som står vinkelrett på platen (Figur 2). Det ble også laget og testet spesielle koblingsløyker for dette formålet.

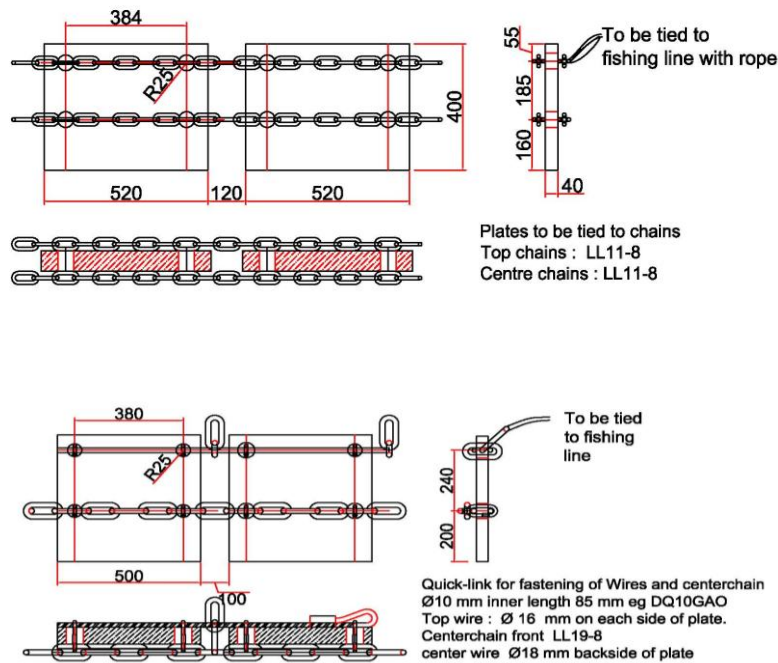


Figur 1. Første utgave av fullskala spredningsgear brukt om bord i MTr J. Bergvoll.



Figur 2. Spredningsgear med fire kjettinger foran og bak platene, der kjettingløykene utenfor hullene i platene står vinkelrett på platen som er surret sammen, slik at bendslingen beskyttes mot slitasje av kjettingen.

En annen stor utfordring ved bruk av plategear har vært sammenkoblingen av gear og fiskelina. Her ble det benyttet ulike former for sjakler og taubendslinger. I noen tilfeller har koblingen vært fra kjetting/wire festet i mellomrommet til platene og til fiskelina, mens i andre tilfelle har sammenføyningen vært mellom P-leddene som forbandt kjetting/wire på fram og baksiden av platene med fiskelina. Disse to måtene å sammenkoble på er illustrert i Figur 3.

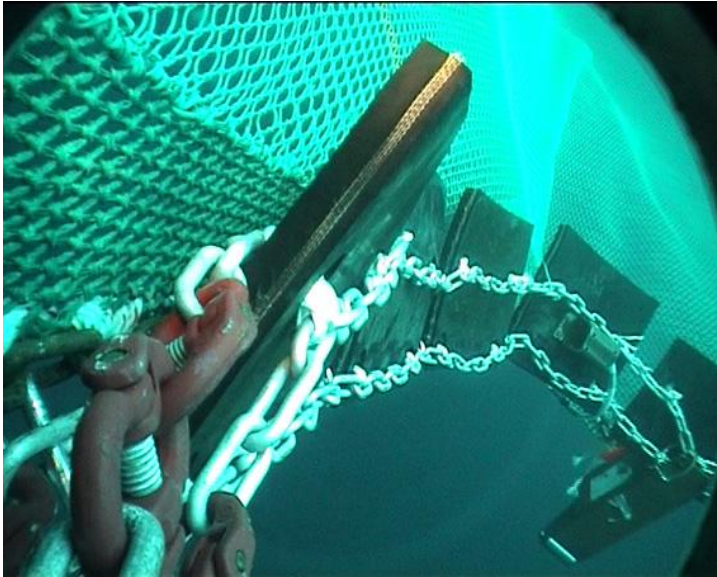


Figur 3. To måter å fastgjøre plategearet til fiskelina. Øverst er vist når innfestingen er via sammenføyningen av platene gjennom de øverste hullene i platen, og nederst er festet i platene mellom disse.

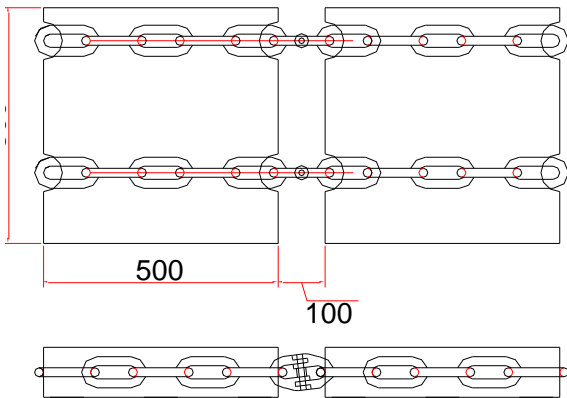
En negativ erfaring ved bruk av plategearet var at noen av platene kom til bunns opp-ned, det vil si at platene vridde seg under skyting av trålen. Denne situasjonen er illustrert i Figur 4 (se også Vedlegg 1). Særlig var dette et problem når det ble benyttet fire like kjeder oppe og nede på platene. Tyngdepunktet for platene sammen med fiskelina, som ofte også består av kjetting, kom for høyt, noe som igjen resulterte i vridning. I dette oppfølgingsprosjektet har vi forsøkt å utvikle tiltak som reduserer muligheten for at dette skjer under utsetting av trålen. Rapporter fra fiskere som har forsøkt seg med forskjellige varianter av plategearet, antyder at dette har vært et stort problem, og det har ført til at plategearet ikke har fungert, ofte med fastkjøring og riving av trålen som resultat.

Fiskeforsøk med nytt plategear konsept

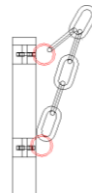
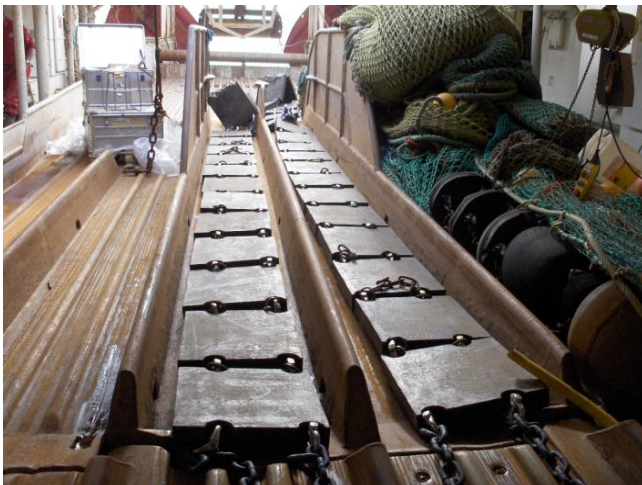
RFG utviklet og fikk laget gummiplater med 19 mm ML kjetting innstøpt i platene (Figur 5 og 6). Denne platekonstruksjonen ble vurdert som særlig interessant. For å få fangst- og driftsmessige erfaringer med dette nye plategearkonseptet, ble det gjennomført praktiske forsøk om bord i MTr Granit IV i april-mai 2006. Granit IV er en fabrikktråler rigget for dobbeltråling, og forsøkene ble gjennomført med en direkte sammenligning av like tråler (Alfredo 5) utstyrt med henholdsvis rockhoppergear og det nye spredningsgearet. Et sammen- drag av resultater fra dette forsøket er gjengitt nedenfor. Resultatene fra hele forsøket finnes i rapport av Valdemarsen og Gamst (2006).



Figur 4. Plater som er flippet opp over fiskelina i forbindelse med utsetting av trålen.



Figur 5, Plater med innstøpte 19 mm ML kjettinger som er koblet sammen med 16 mm lås (RFG design).



Figur 6. Foto av plategear med innstøpte kjettinger som brukt om bord i FT Granit IV i 2006.

Spredningsgearet - funksjonelle egenskaper

Den nye platekonstruksjonen med kjetting innstøpt i platene hadde overraskende gode funksjonelle egenskaper. Det ble ikke erfart vesentlige problemer med platene utenom slitasje på framsiden på grunn av friksjon mot bunn. Det var ingen tendens til at gummien utenpå kjetting løsnet, noe som på forhånd var ansett som et mulig problem. Monteringen med 16 mm koblingsløkker for sammenføring av platene samt hanefotkjettingen som var festet i de samme løkkene på baksiden av gearet, gjorde gearet stabilt, og problemer som tidligere er erfart med andre oppsett av plategear, der platene snudde seg opp-ned på vei ned under skyting, oppsto ikke under disse forsøkene.

Avstanden mellom platene var relativt kort (ca. 5 cm), og dette ga problemer når gearet skulle tas inn i den relativt smale trålbannen. For å unngå dette ble det satt inn to ekstra låser mellom platene i midten av gearet.

Under forsøkene ble det kun testet plater montert langs hele gearet (også i senter). Grunnen var at dette fungerte godt, samtidig som fangstegenskapene til trålen var bedre enn med det tradisjonelle rockhoppergearet.

Måling av platevinkler under forsøkene er mangelfulle på grunn av problemer med sensorene i forsøksperioden (kabelbrudd, etc.), men de målingene som ble gjort samt observasjonene med kamera over midtgearet, viste at platene langs gearet hadde 5-20 graders vinkel innover (løftefunksjon). Med ca. 15 graders vinkel på vingespissene var vinkel til midtplatene ca. 10 grader. Selv om platevinklene indikerte noe løftefunksjon, viste målingene med bunnkontakt-sensor (plassert i midten) og observasjoner over gearet at trålen hadde god bunnkontakt. En interessant observasjon var imidlertid at plategearet "hoppet" på slett bunn. Dette kan kanskje forklares med at gearet var rigget slik at det hadde noen få graders løftefunksjon i midten. Midtgearet var derfor i direkte kontakt med bunnen bare 10-20 % av tiden under tauing. Observasjoner med kamera viste at maksimal avstand mellom gear og bunn var 10-15 cm. Dette førte imidlertid ikke til at fisk prøvde å unnslippe under gearet når det hadde klaring til bunn. En mulig forklaring er at de tverrstilte platene i midtgearet lager en "trykkbølge" foran gearet, slik at hoppebevegelsen bidro til å forsterke stimuleringen slik at fisken svømte over trykkbølgen framfor å passere denne og unnslippe under trålen.

Framkommeligheten til trål med plategear ble vurdert til å være tilsvarende som for trålen med 24"/21" rockhopper gear.

Dekkshåndteringen av plategearet var uproblematisk. Gearet la seg flatt i trålbannen og tok dermed langt mindre plass enn rockhoppergearet. Trålen med plategear var lettere å skyte fra dekk enn trålen med rockhopper gearet fordi friksjonen mellom det tunge rockhoppergearet og tråldekket er ganske stor. Den kanskje største svakheten med denne platetypen, der kjettingen er innstøpt i selve platen, er at platene blir relativt fort nedslitt. Etter toktet ble det forsøkt med jernsko på undersiden av platene. Problemet med disse var imidlertid at de ble slitt av relativt raskt.

Egenskapene til plategearet og følsomhet for rigging er diskutert med utgangspunkt i praktiske erfaringer og teoretiske beregninger utført i regnearket som ble utviklet i prosjektet. Disse vurderingene er gjengitt i Vedlegg 1.

Fangstegenskaper til trål med plategear

Fangstsammensetningen i Alfredo 5-trålen med plategear og Alfredo 5-trålen med rockhoppergear er gjengitt for tre dobbeltråltrekk i Tabell 1. Tilsvarende fangstsammensetninger mellom NGT-trålen utstyrt med plategear og en Alfredo 5 med rockhoppergear er gjengitt for fire dobbeltråltrekk i Tabell 2.

Tabell 1. Fangstsammensetning i Alfredo 5-tråler med henholdsvis plate- og rockhoppergear og dobbeltrålriggering.

Hal nr	A5 plategear							A5 Rockhopper					
	Torsk <2,5kg	Torsk >2,5kg	Sei <2,5kg	Sei >2,5kg	Hyse	Totalt	fangstøkning %	Torsk <2,5kg	Torsk >2,5kg	Sei <2,5kg	Sei >2,5kg	Hyse	Totalt
29	1145	400	2300	60	115	4020	51,5	814	264	1500	0	75	2653
32	4345	2670	3300	200	310	10825	39,8	3005	1605	2733	132	270	7745
36	1950	426	1360		470	4206	20,1	1670	336	1150	0	345	3501
Totalt	7440	3496	6960	260	895	19051	37,1	5489	2205	5383	132	690	13899

Tabell 2. Fangstsammensetning i NGT trål med plategear og Alfredo 5 trål med rockhoppergear

Hal nr	NGT plategear							A5 Rockhopper					
	Torsk <2,5kg	Torsk >2,5kg	Sei <2,5kg	Sei >2,5kg	Hyse	Totalt	fangstøkning %	Torsk <2,5kg	Torsk >2,5kg	Sei <2,5kg	Sei >2,5kg	Hyse	Totalt
9	630	150	380	10	120	1290	4,3	670	75	440	10	42	1237
10	4230	1350	4060	65	390	10095	23,6	3046	810	4080	0	232	8168
13	3230	1950	13100	160		18440	25,2	2500	1350	10750	126		14726
14	1572	726	875			3173	30,8	1160	660	606			2426
Totalt	9662	4176	18415	235	510	32998	24,3	7376	2895	15876	136	274	26557

Begge trålene utstyrt med plategear fanget mer fisk (torsk, sei og hyse) enn trålene med rockhoppergear. Merfangsten var i gjennomsnitt 37,1 % i Alfredo-trålen med plategear og 24,3 % i NGT trålen.

For torsk var merfangsten i Alfredo-trålen med plategear henholdsvis 35,5% og 56,5% for fisk mindre og større enn 2,5 kg (sløydevekt som tilsvarer en fiskelengde på ca. 75 cm). Tilsvarende fanget NGT2 trålen med plategear henholdsvis 31% (<2,5 kg) og 44,2 % (>2,5 kg) mer enn Alfredo-trålen med rockhopper. Fangstøkningen med plategearet er således ganske entydig for torsk samtidig som utslaget var størst for stor fisk.

Trål med plategear fanget også mer sei og hyse enn trål med rockhoppergear.

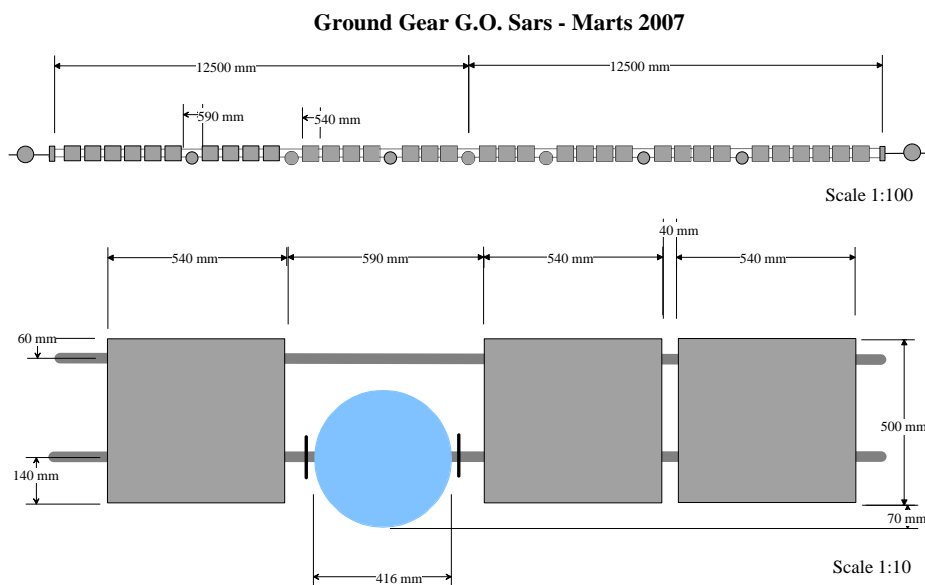
Sju sammenlignende tråltrekk er relativt lite til å konkludere hvor store fangstgevinster som kan oppnås ved å benytte plategear istedenfor rockhoppergear, men 25-50 % merfangst,

spesielt av den største og mest verdifulle torsken sannsynliggjør et ganske stort økonomisk potensiale.

Funksjonelle egenskaper til et modifisert plategear

Basert på erfaringene med plategearet testet om bord i FT Granit IV og omtalt foran, ble det utviklet et nytt bunn gear, der det var montert bobbinskuler mellom platene for å løfte disse litt opp fra bunnen, slik at bunnkontakten, og dermed at slitasje på plater og bunn, ble mindre. Dette utviklingsarbeidet inngår også som et sentralt element i et EU-prosjekt DEGREE, der målet er å utvikle en bunnrålteknologi som er mer skånsom mot havbunnen.

Funksjonstester av det modifiserte plategearet (Figur 7) ble gjennomført om bord i FF G.O. Sars i mars 2007.



Figur 7. Modifisert plategear bestående av plater med innstøpte kjettinger og med 16^{''} bobbins mellom platene som løfter gearplatene opp fra bunn under tauing, testet om bord i F/F "G.O.Sars" i 2007.

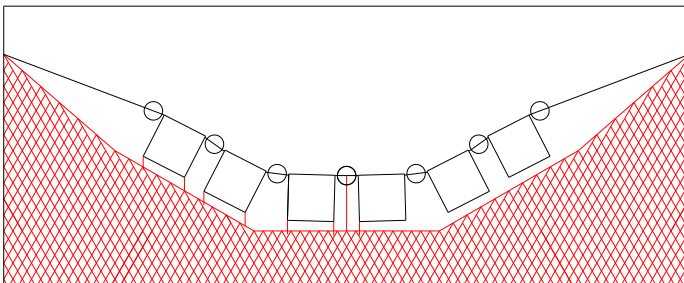
Oppførselen til det modifiserte trålgæret ble dokumentert ved hjelp av vinkelsensorer plassert på gearplater samt med videokameraer festet på trålen i ulike posisjoner og med kamera i tauet farkost (Fokus). En videofilm fra forsøkene som viser funksjonen til det modifiserte plategæret finnes på hjemmesiden til Havforskningsinstituttet.

http://www.imr.no/visste_du/fangstteknologi/utvikling_nytt_bunntralgear

Vinkelmålingene i de fire posisjonene langs gearet viste at platene foran på vingespissene hullet ca. 15 grader utover slik at de hadde "gravefunksjon". Platene mot midten sto tilnærmet vertikalt eller hullet svakt innover, "løftefunksjon". Alle bobbinskulene rullet, mest de tre i midten. Bunnkontaktsensorene viste at fiskelina lå 50-55 cm over bunn, med en platehøyde på 50 cm. Platene mellom bobbinskulene "fløt" lett over bunnen når denne var flat. Åpningen mellom plater og bunn var mellom 5 og 10 cm. Det ble observert noe unnsipping av fisk under gearet, spesielt i midten (6-8 m bredde). Framover vingene ble det sjelden observert at fisk unnslopp under trålen, selv om det her var åpninger under gearet.

Løfteplater av plastduk

Arrangementet for løfteplater består av en kombinasjon av to rigide plater av PA-materiale fremst og et antall fleksible plater som festes mellom et langsgående tau og den ordinære overtelna, med en kule med senterhull mellom hver av platene (Figur 8). Formålet med oppdrift på det ekstra tauet er at platene skal holdes rettvendt under skyting, slik at de har løftefunksjon når trålen kommer i fiskeposisjon.



Figur 8. Skisse og foto av løfteplater monterte på headline.

Platene som ble benyttet i forsøkene om bord i FT Granit IV, hadde en mate på 50 x 50 cm. Kulene var 8", hver med oppdrift på ca. 2,6 kg. Overtauet var 18 mm flettet Dyneema. Under

forsøkene ble det benyttet 10, 8 og 6 plater, med henholdsvis 2,5 m², 2 m² og 1,5 m² areal. I de første forsøkene ble platene bendslet fast både til den ordinære overtelna og til det ekstra tauet av 18 mm Dynema. Det ble erfart ved fastkjøring at trålen ble dratt skjevt slik at all kraft gjennom trålen gikk gjennom det ekstra tauet, slik at platene ble skadet. For å redusere dette problemet, ble det laget ”glidende” fester av platene til ”topptauet”.

Løfteplater på 1,5m² tilsvarte oppdrift av ca. 90 kuler eller 250 kg. Når det ble brukt mer løfteplater økte trålhøyden, 1-2 m ekstra høyde med 2-2,5 m² løfteplater.

Forsøkene demonstrerte at enkle, fleksible plastplater lett kan monteres på en kuletelne for å gi tilsvarende oppdrift som kuler. Beregninger viser også at bruk av løfteplater som oppdriftslegemer reduserer tauemotstanden sammenlignet med bruk av kuler når tauefarten overstiger 3 kn.

En viktig erfaring som ble høstet i dette forsøket, var at det er nødvendig å ha noen kuler på trålen for å sørge for at den holdes ”oppreist” ved fastkjøringer, det vil si når trålen stopper opp. Den andre viktige erfaringen er at den korteste linen må være sterk nok til å tåle kraften som går gjennom overtelna når trålen kjøres fast i den ene siden. Med fleksibelt feste av platene til overtelna, er sannsynligvis belastningen på platene ved håndtering minimal.

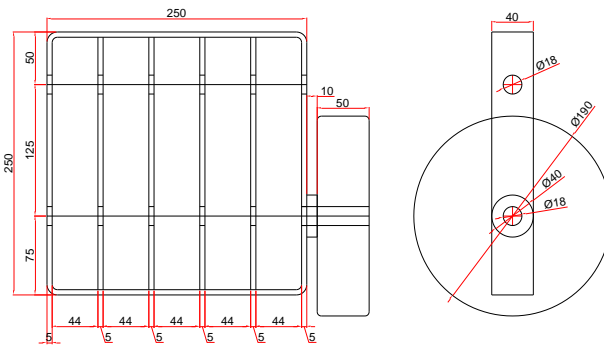
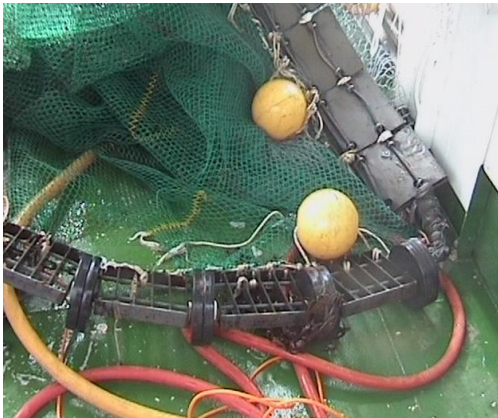
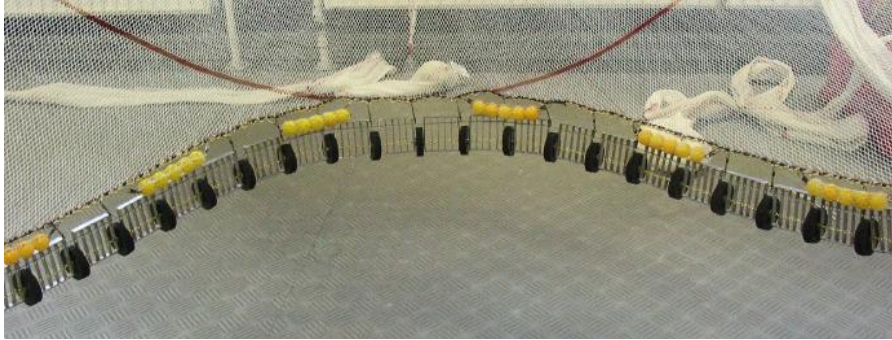
En mer utfyllende beskrivelse av egenskapene til fleksible løfteplater finnes i Vedlegg 2 og i Valdmarsen og Hansen (2006).

Alternativt midtgear

I prosjektet har det vært fokusert på unnsipping av fisk under gearet, men vi har ikke funnet klare svar på hvordan dette tapet kan reduseres samtidig som motstanden ikke øker sammenlignet med et tradisjonelt gir.

En løsning som ble vurdert og delvis forsøkt var å benytte ”børster” mellom rockhopper-skivene i midtgearet. Dette ble sammenlignet med et tradisjonelt rockhoppergear i en dobbeltrålriggering på surveytrålen Campelen 1800 om bord i FF G.O.Sars i januar 2006. Det ble ikke påvist forskjell i fangteffektivitet til trålene med de to geartypene i forsøket.

Det ble også forsøkt å benytte plater konstruert som et gitter (Figur 9). Platene ble testet på en mindre trål om bord i FF Fangst i mai 2005. Forsøkene ble utført på bløt leirbunn, men platene var for tunge og skar seg ned i bunnsedimentet. Sannsynligvis vil gitterplatene fungert bedre på hardere bunn, men dette er ennå ikke testet.



Figur 9. Midtgear laget av gitterplater.

Vurdering av prosjektresultatene – oppfølging

Det selvspredende plategearet som ble utviklet i dette prosjektet, har fått betydelig oppmerksomhet både nasjonalt og internasjonalt, med blant annet flere omtaler i norsk og internasjonal fiskeripresse. Fiskere har vurdert gearkonseptet som interessant og framtidsrettet, med potensiale til å redusere bunnpåvirkning og å øke fangst av enkelte fiskeslag som blant annet torsk.

Det selvspredende plategearet har imidlertid ennå ikke fått særlig innpass i kommersielt fiske. Grunnen til dette er nok flere og sammensatte. Trålerflåten har ikke selv hatt tid og økonomi til å videreutvikle dette gearkonseptet. Selv om det i enkeltforsøk er vist at gearet er funksjonelt og kan fange mer fisk enn et tradisjonelt bunngear, har det vært problemer i andre forsøk som delvis har vært gjennomført av trålerflåten for egen regning. Gearkonseptet er fremdeles for ustabil til at trålerflåten kan ta det i bruk som alternativ til det velprøvde og funksjonelle rockhoppergearet. Det største potensialet for plategearet ligger sannsynligvis i å utnytte dets egenskaper i utviklingen av et bunngear som er mer skånsomt mot havbunnen enn det tradisjonelle rockhopper gearet. Gearet som er utvikling i EU-prosjektet DEGEE og som er kort beskrevet i denne rapporten, har sannsynligvis slike egenskaper. Bruk av plater i kombinasjon med bobbinskuler som ruller vil begrense arealet av gearet som har direkte bunnkontakt, og samtidig vil gearkomponentene som har kontakt med bunn rulle istedenfor å streke mot bunn som er tilfelle med en rockhopperskive.

Det er sannsynligvis mange mulige utforminger av et bunngear med disse egenskapene, der ikke minst motstandsforhold og fangstmessige egenskaper må vektlegges. For at et slikt bunngear skal bli akseptert i trålerflåten bør det være driftsikkert og ha minst like god effektivitet som et tradisjonelt rockhopper bunngear. Et annet perspektiv er imidlertid at trålerflåten i nær framtid kan bli tvunget til å fiske på en slik måte at bunnpåvirkningen blir minimal. Med det siste utgangspunktet er det viktig at det arbeides aktivt med å utvikle alternative bunngearløsninger. Erfaringene med det selvspredende plategearet og seinere modifikasjoner av dette har vist at det er teknisk mulig å få dette til.

Løfteegenskaper til fleksible plater av plast har blitt klart demonstrert i prosjektet. Det gjenstår imidlertid fremdeles arbeid med å få disse testet i kommersielt trålfiske.

Utforming av et midtgear som reduserer unnsipping under trålen og samtidig har lavest mulig motstand er ikke ferdig utviklet enda. De to løsningene som er testet og omtalt har potensiale, men må videreutvikles for å bli kommersielt anvendelige.

Dokumentasjon

Valdemarsen, J.W., Hansen, K. 2005. Sluttrapport - Ny generasjons torsketrål

<http://www.fiskerifond.no/files/projects/attach/342042sluttrapport.pdf>

Valdemarsen, J.W., Hansen, K. 2004. Nytt bunntrålgear med spredningsegenskaper.

Havforskningstema 4-2004.

Valdemarsen, J.W., Hansen, K., Gamst, K. 2004 Fullskala utprøving av ny generasjons torsketrål om bord i M/Tr ” J.Bergvoll i mai 2004.

http://www.fiskerifond.no/files/projects/attach/342042_fullskalforsok.pdf

Valdemarsen, J.W., Gamst, K.A. 2006. Fiskeforsøk med nyutviklet plategear og løfteplater av plastduk om bord i M/Tr ”Granit IV” i april 2006. Rapport fra Havforskningen, september 2006.

<http://www.fiskerifond.no/files/projects/attach/343044.pdf>

Video: http://www.imr.no/data/page/5718/Kort_video_plategear_mpeg1.mpg

Valdemarsen, J.W., Hansen, K., 2006. Innovation in trawl components that reduce the trawl drag.

http://ec.europa.eu/fisheries/meetings_events/events/archives/events_2006/conf110506/valdemarsenen.pdf

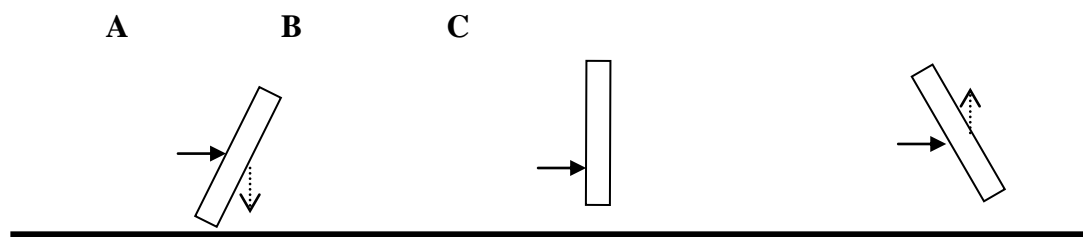
Vedlegg 1: Kritiske faktorer ved bruk av selvspredende plategear

John W.Valdemarsen¹ og Kurt Hansen²

Selvspredende plategear er konstruert for å ha spredningsegenskaper og god framkommelighet på ulike bunntyper. Etter hvert har brukere av denne typen bunn gear fått en del erfaringer som ikke alltid har vist slike egenskaper. Som utviklere av plategearkonseptet vil vi her forklare noen av prinsippene bak funksjonaliteten til et plategear, og ikke minst hva som er viktig for å rigge opp denne type gear for ulike tråltyper og for fiske på ulike bunnforhold

Plategearkonseptet

Det grunnleggende prinsippet for et selvspredende plategear er at det arrangeres plater langs fiskelina slik at platene blir stående mest mulig vertikalt under tauing. Hvis platene heller utover (oppe) vil de ha gravefunksjon, og motsatt hvis de heller innover (Figur 1). Et gear som graver kan være negativt i reke trål på bløt bunn, der resultatet blir at trålen tar inn leire. Et gear med løftefunksjon vil bety at fiskelina får klaring til bunn, som i noen tilfelle betyr at fangstevnen for bunn-nær fisk som torsk blir redusert.



Figur 1. Illustrasjon av krefter som påvirker plater på et bunntrålgear. **A**=Platen heller utover og utsettes for horisontalkraft + en nedoverrettet kraft (graving), **B**= Platen står vertikalt og utsettes for horisontalkraft (spredning og motstand) og **C**= Platen heller innover og utsettes for horisontalkraft + en oppoverrettet kraft (løft).

Platene er festet til kjettinger overfor hverandre med en viss avstand mellom seg. I våre første forslag til rigging av et plategear foreslo vi at nederste kjetting skulle monteres 40% fra den nederste del av platen og den øverste kjettingen så nær overkanten som praktisk mulig. I utgangspunktet anbefalte vi at kjettingene skulle ha lik lengde oppe og nede. Vi tok også utgangspunkt i at plater på 50x50 cm skulle være nok til å erstatte 21” rockhopperskiver. Konseptet var utviklet for fisketrål med maksimal gearlengde på 30 m og der bruk av plater i midten kun var anbefalt på relativt hard bunn, og spesielt for fiske av torsk. Våre forsøk med denne type plategear fungerte utmerket i en dobbeltrålrigger ombord i MTr J. Bergvoll der det ble trålt på mange ulike bunntyper (leire, stein, sand, etc.).

¹ Havforskningsinstituttet, Bergen

² SINTEF, Fiskeri og Havbruk, avd Hirtshals

Tabell 1 Beregninger av egenskaper til et 18 m gear (Alfredo 5), med A) plater langs hele gearet og med B) 6 m rockhopperskiver som midtgear. Bredden er anslått til 12 m. Motstand og krefter refererer til et komplett gear, vinkler til plater er i forhold til vertikalt.

	Forskjell (under-over) (cm)	Platevinkel foran (grader)	Taufart (kn)	Motstand (tonn)	Løftekraft (kg)	Spredekarft (kg)	Vinkel midt-foran (grader)
Kun plater	0	0	3,0	0,777	0	631	0
	0	10	3,0	0,772	29	631	-8/+10
	0,05	10	3,0	0,766	278	631	+10
	0,10	10	3,0	0,723	497	631	+27/+10
Rock i midt	0	0	3,0	0,627	0	466	0
	-0,05	10	3,0	0,624	12	466	-12/+10
	0,10	10	3,0	0,612	269	466	+20/+10
	0,05	10	3,0	0,621	188	466	+10
	0,05	10	4,0	1,105	335	829	+10
	-0,05	10	4,0	1,109	22	829	-12/+10
	-0,1	10	4,0	1,097	-128	829	-23/10

Tabell 2 Beregninger av egenskaper til et 30 m gear (NGT), med A) plater langs hele gearet og med B) 6 m rockhopperskiver som midtgear. Gearbredden er målt til 22 m.

	Forskjell (under-over) (cm)	Platevinkel foran (grader)	Taufart (kn)	Motstand (tonn)	Løftekraft (kg)	Spredekarft (kg)	Vinkel midt-foran (grader)
Kun plater	0	10	3,0	1,455	-5	1059	-9/10
	+0,05	10	3,0	1,444	458	1059	+9/+10
	-0,05	10	3,0	1,382	-458	1049	-29/+10
	0	10	4,0	2,587	-8	1882	-9/+10
	+0,05	10	4,0	2,568	869	1882	+9/+10
	-0,05	10	4,0	2,456	-815	1882	-29/+10
Rock i midt	0	10	4,0	2,243	113	1681	-7/+10
	-0,05	10	4,0	2,188	-424	1681	-25/+10
	0,05	10	4,0	2,225	672	1681	+9/+10

Kritiske faktorer

Etter de innledene forsøkene med M7Tr J. Bergvoll er det utført en rekke forsøk både av oss og i kommersielt fiske. Selv om vi ikke kan påstå å ha kjennskap til alle erfaringene som er gjort så langt, vil vi forsøke å komme med noen konstruktive innspill til hvordan man kan få full nytte av et selvspredende plategear.

Det mest kritiske i oppsettingen av et plategear er forholdet mellom lengden på de to kjettingene som platene festes til. Det er her forholdet mellom to kjettinger som ligger på

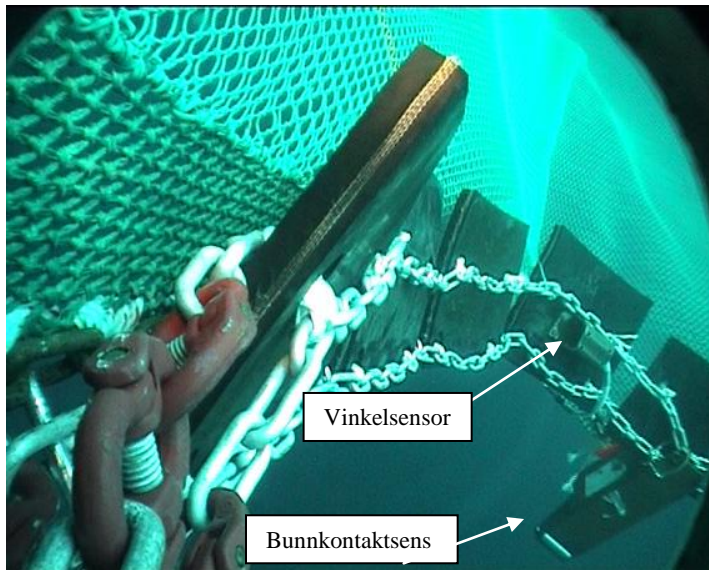
samme side, gjerne foran, som er mest avgjørende. Vi har laget et program som beregner vinkler og krefter for på gearet (løft, spredning og motstand for en gitt gearlengde og vingespredning (må måles med avstandsensor). I Tabell 1 og 2 har vi angitt noen verdier for to ulike gearoppsett beregnet i dette programmet.

Beregningen viser tydelig at små forskjeller i forholdet mellom de to kjettingene gir store utslag på egenskapene til gearet. Våre erfaringer er også at desto lengre gearet er, desto vanskeligere blir det å få det til å stå tilnærmet vertikalt langs hele fiskelina.

Spredningskraften er relativt lite berørt av platevinklene, mens løftekraft og nedadrettet kraft (vekt) er mye påvirket av hvordan gearet er rigget. Det er ganske oppsiktsvekkende at forskjellen i vertikalkraft er på hele 1700 kg ved en forandring på 10 cm på hver side av nedre kjetting i forhold til den øvre (beregnet ved 4 kn tauefart og med plater i hele gearet på 30 m). Dette er til en viss grad dokumentert i de praktiske forsøkene som er gjennomført, men ble ikke kvantifisert. Konsekvensen av dette er at for å kunne utnytte et plategear optimalt, er det svært viktig å overvåke vinkler til platene i minst tre posisjoner langs gearet, framme på spissene og i midten. Overvåkning av vinkler til plater midt på vingene vil gi ekstra og nyttig informasjon om oppførselen til gearet. For fiske på leirbunn med småmasket trål er det utvilsomt uheldig med plater som ”graver”. Et gear som er rigget på den måten vil fort ta inn leire og andre organismer eller partikler som ligger mer og mindre løst på bunn. Når platene framme heller utover, vil de derimot bli utsatt for løft. Dersom kjettingene oppe og nede på gearet er like lange betyr det at platene nærmest midten graver. Det anbefales derfor å benytte rockhopper som midtgear når gearet skal benyttes på bløt bunn. Løft framme på vingspissene og graving mot midten kan kompenseres med ekstra vekter framme på gearet og mindre vekt mot midten.

Løfte- og depressoreffektene som er innebygget i plategearet er klart en utfordring som krever overvåking og finjusteringer for å bli nyttige for ulike tråler under ulike bunnforhold. Virkelig utnyttelse av disse egenskapene vil en få når det blir mulig å justere riggingen av platene under tauing, f.eks ved at en graveegenskap kan kompenseres ved å forlenge den nedre kjettingen med 4-5 cm i et punkt i midten. Dette krever toveis akustisk kommunikasjon og kombinert med en eller flere kraftkilder nede på trålen. Er ikke dette framtidvisjoner som det nå er på tide å realisere?

En annen kritisk fase ved bruk av et selvspredende plategear oppstår under skyting av trålen. Det er observert at når trålen synker, vil vannpresset oppover mot platene påvirke orienteringen av disse. Med vekt av kjetting øverst på gearet sammen med vekten av fiskelina kan det bety at platene vender feil vei under skyting (Figur 2). Hvis gearet har en slik orientering når det treffer bunn vil fiskelina til trålen bli presset ned samtidig som platene ikke har egenskaper som beskytter trålen mot bunnhindringer. Slik orientering av platene er observert med kamera i egne forsøk og erfart av fiskere som har benyttet plategear, og som har observert at platene var slitt på oversiden etter tauing. Selv om denne siste erfaringen kun er en indikasjon på at platene har truffet bunn i en oppoverrettet posisjon, tyder erfaringene samlet på at platene kan bli feilvendt under skyting.



Figur 2. Bilde av plategear (midtgear) under skyting. Platene er vendt oppover. Merk at vinkelsensor er på framsiden og bunnkontaktsensoren som henger ned festet på midten av gearet.

Tiltak for å unngå dette kan være at trålen skytes med mer strekk i wirene, at vekten oppe på platene reduseres, at mer av vekten legges til den nedre del av platene, og eventuelt at selve gearet settes opp slik at det blir stivere. Det siste kan oppnås ved det legges inn fyllstykker mellom platene. I våre første forsøk der det ble benyttet wire på baksiden, erfarte vi ikke problemer med den beskrevne vridning av platene under skyting.

Vedlegg 2: Forsøk med løftekiter som alternativ til kuler på trål

John Willy Valdemarsen

<http://www.fiskerifond.no/files/projects/attach/343044>

Bakgrunn

I prosjektet "Ny generasjon torsketrål" framkom ideer om å benytte løfteplater/kiter som alternativ til tradisjonelle trålkuler. Den første ideen som ble lansert var å benytte rigide plater med oppdrift (treplater) arrangere disse mellom den ordinære kuletelna og en ekstra telne. Dette konseptet ble først funksjonstestet på en mindre flytetral med M/S "Fangst" sommeren 2004. Resultatet var overbevisende og ble fulgt opp med tester i modellskala (1:10) i prøvetanken i Hirtshals høsten 2004. Også disse testene viste at å benytte kvadratiske plater langs headlina ga god oppdrift. Konseptet ble lansert for norske redskapsbedrifter, som uttrykte tro og stor interesse for en produktutvikling av denne type oppdriftslegemer. Denne utviklingen pågår nå som et element i FHF prosjektet "Kommersialisering av ny torsketral". NOFI A/S har laget noen prototyper av 50X50 cm plastduk. Disse ble testet på en halvskala trål ombord i M/S "Fangst" i juni 2005. Det ble så gjennomført hydrodynamiske tester i Hirtshalsstanken med de samme platene. I et HI prosjekt som pågår for å utvikle en ny surveytrål for bunnfisk ble det gjennomført et tokt med F/F "Johan Hjort" i september. På dette toktet ble de omtalte løftekitene testet på en fullskala trål tauet med 3-3,5 kn.

Metode

6 fleksible plastdukplater og to kryssfinerplater av samme størrelse ble arrangert mellom to tau og festet til headlina som vist på Figur 1. Mellom platene på den øverste lina var det satt på 5stk 8" kuler.

For å dokumentere effekten av løftekitene ble det gjort opptak med kamera av kitene under tauing samt dokumentasjon av trålhøyde med kiter og ulike antall av kuler på headlina i successive forsøk.

Gjennomføring av forsøk

Løfteeffekt av kiter

Trålen var opprinnelig rigget med 220 kuler som tilsvarer en oppdrift på ca. 550 kg. Trålhøyden med 220 kuler var 5,7 m.. Det ble så fjernet 50 kuler i midten som så ble erstattet med 8 kiter på tilsammen 2 m². Etter at lengden på den ekstra overtelna ble kortet tilstrekkelig inn, ca. 30 cm på hver side, ble høyden målt til ca. 7 m, en økning på 1,3 m som tilsvarer ca. 23 %. For å få et realistisk bilde av løfteevnen til løftekitene ble det gradvis fjernet kuler. Trålhøyde med ulike kulemengder og kiter er vist i Tabell 1. Resultatene viser at trålen hadde en tilsvarende høyde med kiter i midten som med 220 kuler med kun 50 ekstra kuler på vingene (25 på hver side). Dette indikerer at 2m² kiter med 3,3 kn tauet fart gir oppdrift tilsvarende 170 kuler eller 425 kg. Dette er mer enn hva som kan forventes ut fra teoretiske betraktninger som med platevinkler på ca. 35 grader vil et samlet løft på mellom 300 og 400 kg avhengig av hvilken effektivitet man gir hver plate. Sannsynligvis kan denne

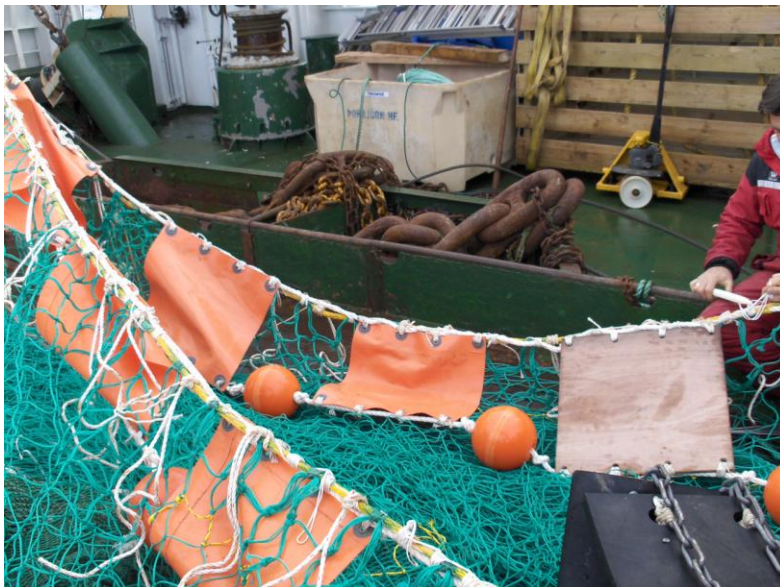
uoverenstemmelsen forklares med at kitene har konsentrert løftekraft i midten og at kulene langs vingene også løfter vingene . Det kan imidlertid stilles spørsmål om det er nødvendig med såvidt mye løftekraft langs vinger da høyden i midten kan være mest avgjørende for fangst av fisk som går inn høgt i trålen.

Tabell 1. Trålhøyde med varierende kombinasjoner av antall kuler og løftekiter.

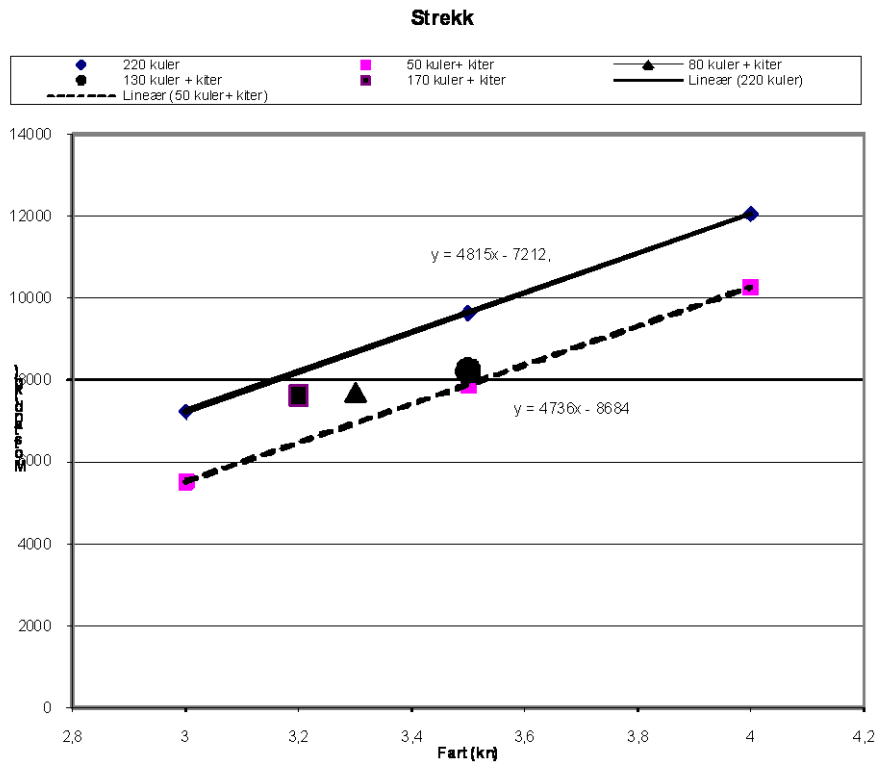
	220 kuler	170 kuler og 2m ² kiter	130 kuler og 2m ² kiter	80 kuler og 2m ² kiter	50 kuler og 2m ² kiter
Høyde	5,6m	7,1m	6,5m	6,1m	5,6m
Fart (kn)	3,1	3,1	3,5	3,3	3,3

Motstandsforhold av kiter

Foruten løfteegenskaper vil kiter i lithet med kuler generere motstand. Forsøkene var imidlertid ikke lagt opp til dokumentere forskjeller i motstands forhold av kiter og kuler. Målingene av motstandsforhold med ulike kite/kule-kombinasjoner ga imidlertid relasjoner som vist på Figur 2. Det framgår av den grafiske framstillingen av motstanden avtok med redusert kuleantall. Mye av denne reduksjonen i motstand kan forklares med lavere trålhøyde, men noe skyldes nok også færre kuler. Motstanden som ble målt for trålen med 220 kuler før kitene ble satt på er høyere enn med kiter selv om trålhøyden er lavere. Dette skyldes nok at disse målingene ble gjort på et annet felt med andre strøm og bunnforhold enn der forsøkene med kiter ble gjennomført (Nysleppen).



Figur 1. Løftekiter montert på trålen



Figur 2. Motstandsforhold av surveytrålen med ulike kombinasjoner av kuler/løftekiter mot tauefart.

Vedlegg 3: Innovations in trawl components that reduce the trawl drag

Conference on Energy Efficiency in Fisheries

11-12 May 2006, Conference Centre Albert Borschette, Brussels

John Willy Valdemarsen³ and Kurt Hansen⁴

Introduction

The most obvious and traditional method to reduce trawl drag is to reduce the surface area of the trawl components (e.g trawl doors, netting surface, number of floats and ground gear equipment) in combination with reduced towing speed. This paper, however, focuses on more non-conventional methods to alter the trawl design to achieve reduced trawl drag while the capture efficiency for target species is maintained. In these considerations knowledge of capture behaviour of targets are basic elements. Also important is the use of gear monitoring equipment, which provide gear performance information during trawling that can be used to adjust the rigging during or after an experimental tow. Some of the design modifications that will be introduced in this presentation have to some extent been developed earlier and are also partly being used in modern trawl fisheries.

Drag of various trawl components

Trawl gears are used to catch a variety of species ranging from non-reacting shrimp to fast-swimming pelagic fish species. The trawl designs and their operation thus range from very small mesh trawls to large mesh mid-water trawls towed with speeds from 1 to 6-7 kn. A generic picture of the drag of various gear components is thus not possible, and the example shown in Table 1 refers to a generic demersal single otterboard trawl.

Table 1. Contributions of total gear drag of various trawl components of a demersal single otterboard trawl.

Trawl doors	24%
Sweep/bridles	3%
Floats	6%
Ground gear	12%
Netting	45%

How to reduce drag while maintaining target efficiency?

As stated in the introduction, reduction of the netting surface is an obvious method to reduce the trawl drag. Thinner netting or larger meshes will result in such benefits. Except for increasing the upper panel meshes in the upper panel of shrimp trawl, this presentation mainly deals with modification of the ground gear and lifting devices that can be beneficial for the

³ Institute of Marine Research, Bergen, Norway E-Mail: John.Valdemarsen@imr.no

⁴ SINTEF , Hirtshals, Denmark. E-mail: kh@SINTEF.dk

trawl resistance. The behaviour of the target species in relation to the capture process is also an important issue in these considerations. Non-herded targets like shrimp will only be retained in trawls having smaller meshes than they can be filtered through, and small meshes is only required where the target shrimp hits the netting and are guided towards the codend. When the shrimp is distributed from the bottom to 3 m above the bottom there is no need for small meshes in the trawl higher than 3 m from the bottom.

Ground gear modification

The rock-hopper groundgear replaced the traditional bobbins groundgear 10-15 years ago. The rockhopper ground gear was a significant improvement for trawl protection on rough grounds, as it both reduced gear damage as well as it increased the trawlable fishing grounds. A typical rockhopper ground gear used by larger stern trawler is shown on in Figure 1.

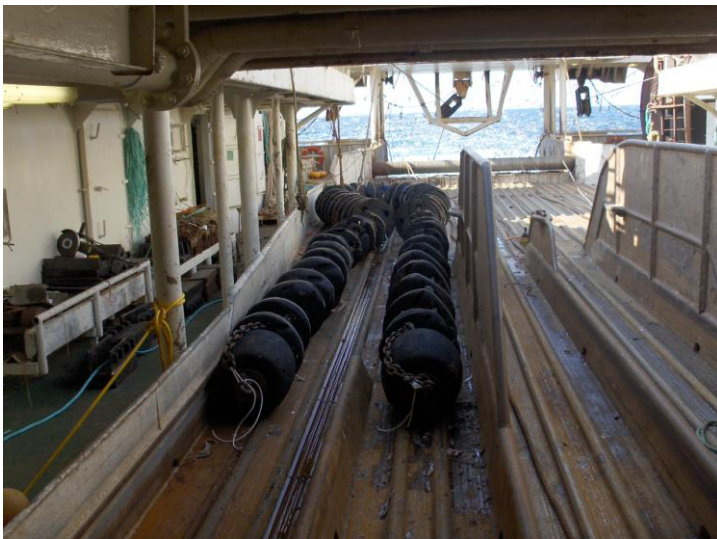


Figure 1. A 22 m long rockhopper ground gear used by a Norwegian factory trawler (24” discs in the center and 21” discs along the wings).

In a Norwegian funded project executed by Institute of Marine Research, Bergen and SINTEF, Hirtsahls the drag of such rockhopper ground gears was found to be relatively high, particularly caused by the orientation of the discs along the wings which has a large surface area against the towing direction. The orientation of the discs might also result in a pressure towards the centre and thus counteract the spread forces by the trawl doors.

In a process to develop an alternative ground gear configuration, the self-spreading ground gear as shown in Figure 3 was created. During 2-3 years of development various plate designs has been designed and produced for experimental and commercial applications. In Figure 4 is shown the most recent concept used to replace the 22 m long rockhopper ground gear shown in Figure 1.

A general conclusion for the ground gear development work is that it is technical feasible to use vertical plates arranged along the fishing line as ground gear. The protection of the trawl is similar as for a rockhopper ground gear. The spreading force when using plates along the wings are obvious. The drag of the gear, however, is similar to a rockhopper gear when all

discs are replaced with plates, while the ground gear drag is reduced when only the wing section of a rockhopper gear is replaced with square plates.

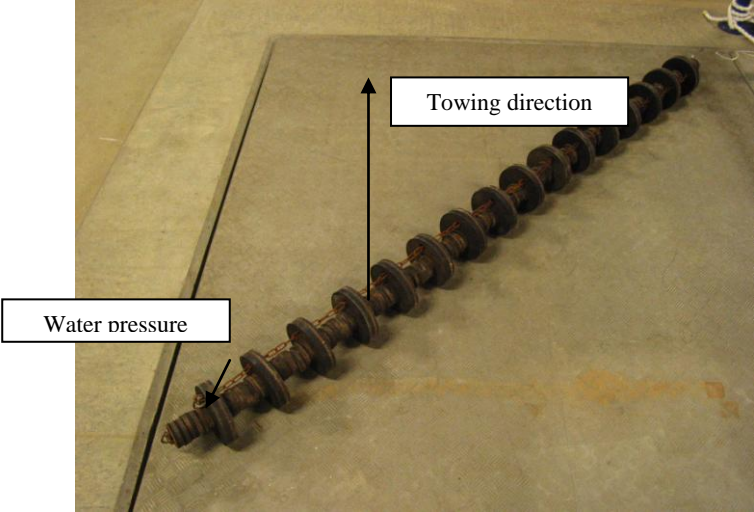


Figure 2. Illustration of a typical wing section of a rockhopper ground gear.

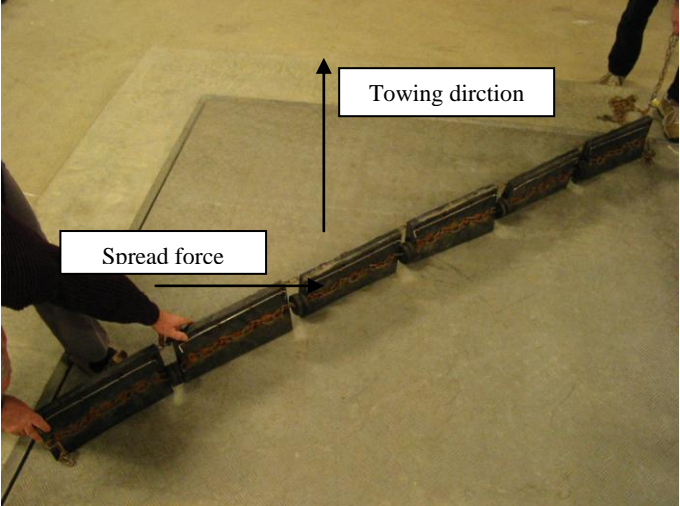


Figure 3. Illustration of a wing section of a self-spreading ground gear.



Figure 4a. The 22 m long selfspreading ground gear used as alternative to the 24/21” rockhopper ground gear illustrated on Figure 1.

In Table 2 is show some calculated forces (drag and spread) for three ground gear configurations, using a spreadsheet program developed for this purpose. The calculations are related to the ground gears shown on Figures 1 and 4 recently tested onboard a Norwegian factory trawler (M/Tr “Granit 4”). The combination of plates and rockhoppers was, however, not tested during that experimental recent cruise.

Table 2. Calculated forces (drag and spread) for three ground gear configurations.

Towing speed (kn)	22m plated gear (50X50 cm)		22 m rockhopper 21”		8 m rockhopper gear + 2X 7m plated gear	
	Drag (kg)	Spread (kg)	Drag (kg)	Spread (kg)	Drag (kg)	Spread (kg)
2	418	315	426	0	373	223
3	941	708	957	0	839	502
4	1673	1258	1702	0	1491	892
5	2614	1966	2659	0	2330	1394

The table indicate a reduction in drag while replacing the wing section with plates, whereas the total gear drag of a rockhopper gear and a plated gear are quite similar.

The most obvious difference is the spread forces of the plated ground gear, which is zero or more likely negative for the rockhopper ground gear. For bottom trawls where the wing spread is a major driving force for the capture efficiency like in shrimp trawls the use of plates along the wings will increase the wing spread with 10-15%.

Although the drag of a plated ground gear is not very much reduced (maximum 15 % of a combined plate and rockhopper gear compared with a rockhopper gear) the increased self-spreading of the trawl will require smaller trawl doors which will contribute to a significant total trawl drag reduction.

Alternative lifting devices

The fish trawl as tested with the 21/24” rockhopper ground gear as well as with the 50X50 cm plated ground gear was equipped with 220pc 8” deepwater floats, each with 2,7 kg buoyancy. In the Norwegian project, which developed the self-spreading ground gear described above, an alternative lifting device constructed of square plastic sheets arranged between the float line and a “false” extra line above was developed. An illustration of the device on a 1:10 scale model in a tank test in Hirtshals is shown on Figure 5.

This lifting device as shown on Figure 6 has recently been tested in two full-scale experiments. In the first experiment 8 flexible plastic sheets of with a total surface area of 2m² replaced 150 8“ floats on a demersal survey trawl, resulting in the same vertical trawl opening. In a second experiment the vertical opening of two identical trawl in a double trawl arrangement was compared. One of the trawls was equipped with 220 floats whereas the other had 120 floats plus the lifting device having a surface area of 1,5m² or 2m² or 2,5m². With

towing speed of 4kn the vertical height of the two trawls were identical when using the 1,5m² kite indicating that this device had a lifting force corresponding to approximately 100 pc. 8” floats.

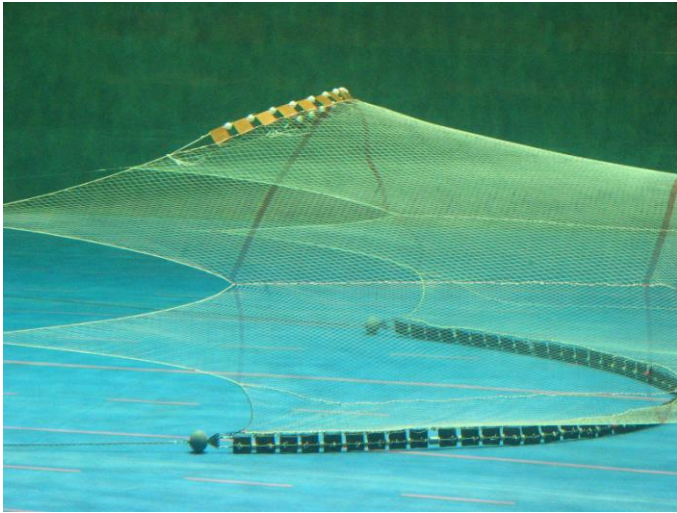


Figure 5. Lifting kites made from square plates arranged on the headrope of a 1:10 scale model of a fish trawl.



Figure 6. The lifting kites as used during the experiments.

Using a spreadsheet program for calculation of lifting and drag forces of the kites and comparing it with the drag of 8” floats that provide corresponding lifting force the trawl resulted in relations for the three sizes of lifting kites as illustrated in Figure 7. The observed lifts in the two full-scale experiments correspond relatively well to the calculated lifts. The model demonstrate that the use of kites reduces drag when towing speed exceed 3 kn, while the drag is less when using floats for lower towing speeds.

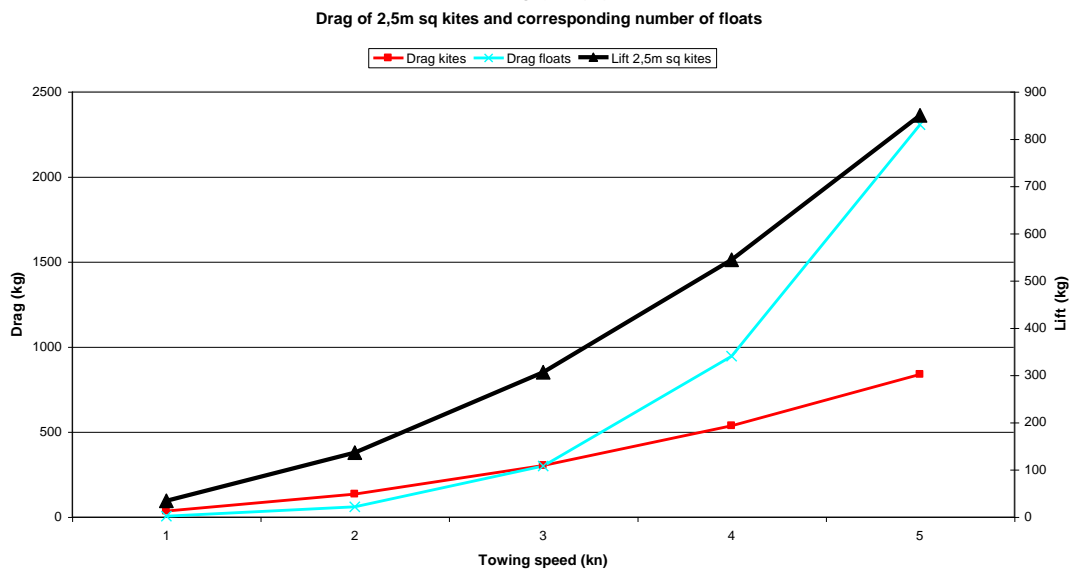
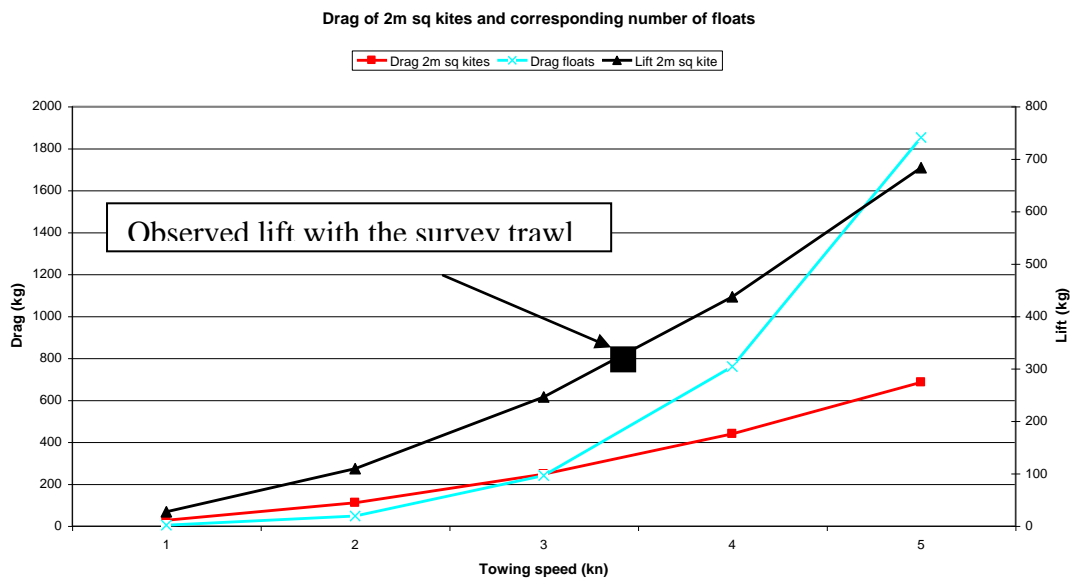
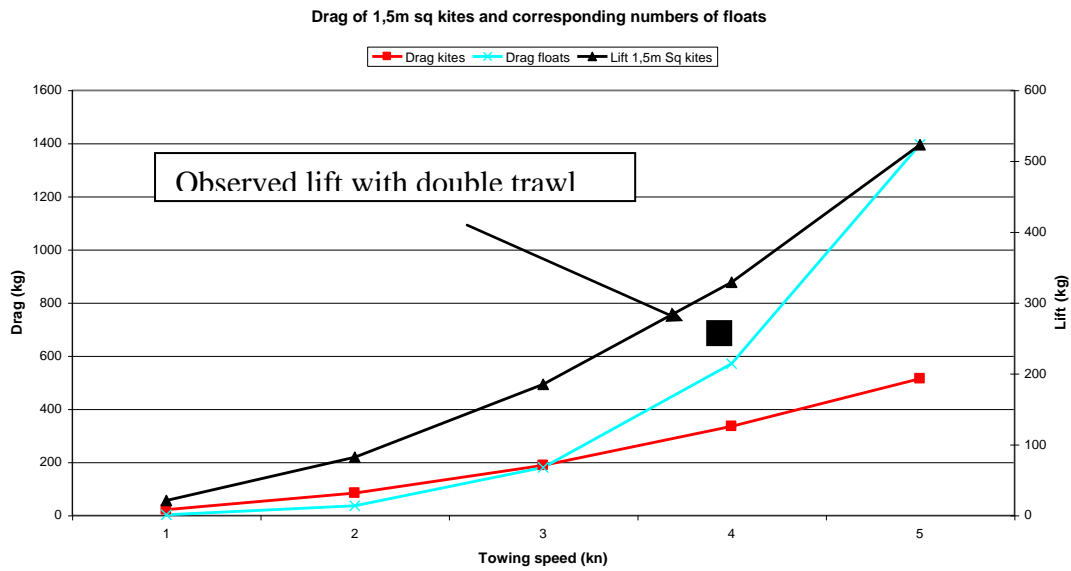


Figure 7. Drag of 3 sizes of kites (1,5m², 2m² and 2,5m²) versus drag of floats with corresponding lift relative to towing speed. The lift force for various speeds is indicated.

Trawl designs for shrimp utilizing the behaviour characteristics of the target species

Behaviour observations of shrimp inside the trawl belly have demonstrated that the target shrimp are guided passively along the sloping belly of a trawl. Another important experience from commercial shrimp trawling is that the highest shrimp densities are found very close to the bottom. These basic behaviour characteristics of shrimp have initiated a development of a shrimp trawl design where the upper panel is replaced with very large meshes (4 m) and where the floatline is longer than and behind the ground gear (the square is in the bottom panel). These basic design features are combined with the use of a self-spreading ground gear to achieve minimum 25% drag reduction of a shrimp trawl while the capture efficiency for shrimp is maintained. This trawl development is still in a model phase, but tank testing of a 1:10 scale model has clearly demonstrated the technical feasibility of this new shrimp trawl concept.

Conclusions

Although the alternative ground gear made from plates arranged along the fishing line differently from rockhopper discs as well as the new design of lifting kites alone are not contribution much to trawl drag reduction, the innovative use of such devices in the design of new trawl gears as the shrimp trawl just described might open up for design of trawls with significantly lower drag than presently in use.

Vedlegg 4: Self-spreading ground gear – technical features and practical applications in demersal trawl gears

Manuscript to ICES Symposium on Fishing Technology in the 21st Century Boston 2006

Kurt Hansen and John Willy Valdemarsen

Abstract

A ground gear designed from rectangular rubber plates arranged along the fishing line has been developed to partly replace traditional rock-hopper ground gear. This gear has been shown to have horizontal spreading capabilities and reduced towing resistance when used on the trawl wings in combination with a central gear of rock-hopper discs. For some demersal species such as cod (*Gadus morhua*), escapes under the trawl have been shown to be less when square plates are used as a centre ground gear, resulting in improved capture efficiency.

The new type of ground gear has been tested successfully with various trawl designs and under different bottom conditions. Optimal use of the new self-spreading ground gear requires careful rigging and monitoring of its performance during towing. The vertical angle of the plates along the ground gear is the most critical parameter and governs whether the gear will produce an upward or a downward force, which thus affects seabed contact. The vertical angle is mainly dependent on the difference between the length of a chain attached to the centre of the plates and a chain along the top of the plates. Minor adjustments in the difference in lengths greatly affect the lift/depressor function of the plated ground gear. The inherent spreading capabilities of the plate gear along the trawl wings can be utilized to reduce the size of the trawl door in some trawl fisheries, and thus also towing resistance. The bottom friction of the wing gear with plates is reduced in comparison with rock-hopper wing gear, which in turn may reduce the impact of the gear on the bottom habitat. Possible future applications of the self spreading ground gear are discussed in relation to reduced bottom impact, energy saving during trawling and representative capture of demersal organisms in resource surveys.

Keywords: Bottom impacts, bottom trawl, cod, ground gear, rock-hopper ground gear, rubber plates, self-spreading ground gear.

Kurt Hansen: SINTEF Fisheries and Aquaculture, The North Sea Centre, P.O.Box 104, DK-9850 Hirtshals, Denmark. John Willy Valdemarsen, Institute of Marine Research, Postbox 1870 Nordnes, NO-5817 Bergen, Norway

Correspondence to K. Hansen [tel: +45 9894 4300, fax: +45 98942226, [e-mail: kh@sintef.dk]

Introduction

An important component of a bottom trawl is the ground gear. A ground gear has two main functions; to avoid hook-ups and protect the netting from damage while towing across an uneven bottom, and to have sufficient weight to ensure that the trawl has bottom contact. Ground gears are thus often custom-designed. The largest ground gears are used on the roughest fishing grounds. On flat, sandy or muddy bottom a thick weighted rope or chain may well be sufficient as a ground gear (Valdemarsen and Suuronen, 2003).

The ground gear is the main bottom contact area of a bottom trawl, and it is therefore the main source of bottom impact in addition to the trawl doors and bridles/sweeps. A ground gear is composed of solid structures, which thus also create water resistance and ground friction when towed.

In industrial bottom trawling, the rock-hopper ground-gear replaced the traditional bobbin ground-gear in the early 90s (Valdemarsen, 2001). The rock-hopper ground gear was a significant improvement as far as trawl protection on rough grounds was concerned, as it reduced gear damage as well as extending the trawlable fishing grounds. Its design and rigging, however, appeared to increase towing resistance in comparison with traditional bobbin gears. The increased gear resistance also required larger and more powerful trawl doors to open the trawl horizontally.

A project, supported by a Norwegian fishing industry fund since 2002, aimed to develop an alternative ground gear design that would have less drag and be more bottom habitat-friendly, without loss of catching efficiency for target species.

Concept development

As an alternative to the traditional rock-hopper ground gear illustrated in Figure 1a, a ground gear composed of square or rectangular plates arranged parallel to the ground rope was constructed as illustrated in Figure 1c. This new ground gear concept is referred to as self-spreading ground gear in the context of this paper. During the development period several designs of self-spreading ground gear were developed and tested at both model and full scale, rigged on various trawl types (fish trawl, demersal survey trawls and shrimp trawls). Some of the tests have included comparisons with the rock-hopper ground gear as a reference gear. In addition to the reference rock-hopper ground gear, a ground gear comprising plates along the wings and a rock-hopper section as centre gear, as illustrated in Figure 1b, was designed and tested during the trial period.

Material and Methods

The development of the self-spreading ground gear has included simulations of trawl performance using computer software, flume tank tests of 1:10 scale models, tests of 1:2 scale models on fishing grounds and full-scale testing of various ground gear designs on board research vessels and commercial fishing vessels. A wide range of designs and sizes of plates

as well as many different rigging configurations, including various ground gear lengths, have been tested during the development period since 2002.

Ground gear designs

Details of the design of the first full-scale version of the plate gear are shown in Figure 2a. The plates are cut from used conveyor belts, and are kept in position between two upper wires and a lower chain on one side and a wire on the other. Quick links are used to connect the wires and chain through the four holes in the plates. Chain links connect the upper wires of the plates to the fishing line.

The next version used with the survey trawl is illustrated in Figure 2b. Four chains hold the plates together. The plates are tied to the four chains using rope passing through the four holes. The advantage of using four identical chains is that it is easier to control the length of the individual chains and thus also the vertical angle of the plates. The ground gear in this version is tied to the fishing line with ropes. A modified version of the survey trawl gear consisted of 16 mm mid-link (ML) chain in front and the original 11 LL chain on the backside of the plates (The two chain types have identical lengths of links and can be matched).

The latest development consists of two 19 mm mid-link chains moulded inside reinforced rubber plates as illustrated in Figure 2c. The gear is connected to the fishing line using a crowfoot attached to the two chains between the plates

Test trawls

The plate gear has been tested with three different trawl designs, the new-generation cod trawl (NGT), an experimental survey trawl (DST), and the traditional fish trawl of the Alfredo type, the trawl used most commonly by Norwegian bottom fish trawlers. The wings and bosom of an Alfredo type is illustrated in Figure 3a, with a fishing line length approximately 20 metres in length. There is normally an abrupt change of cutting rates from bar-cut along the wings to T-cuts along the centre. The shape of the lower wings of the NGT and DST has been modified to better fit a parabolic curve of the fishing line, by introducing a suitable combination of T-cuts and B-cuts. The design of the lower wing of the prototype NGT is shown in Figure 3b.

The NGT is operated at the relatively high towing speed (4 knots), which gives a favourable balance between hydrodynamic and static forces acting on the plates. The trawl has a relatively short fishing line with a total length of 33.5 m. The short length of the ground gear makes it easy to control the vertical angle of the plates. The plates used in this trawl are all 500 x 500 mm. The Alfredo type is operated at a similar towing speed, but the fishing gear is only approximately 20m long.

The DST is characterised by a medium towing speed around 3 knots and a longer fishing line with a total length of 48.4 m (Valdemarsen et al, this volume). The towing speed still gives a reasonable balance between hydrodynamic and static forces. Smaller plates 520 mm long x 400 mm high were used with this trawl in order to obtain an acceptable balance between the

forces acting directly on the plates and the forces due to the interaction between the trawl and the plate gear.

Methods of evaluating the performance of the self-spreading ground gear

The key success criteria for an alternative ground gear to replace a traditional rock-hopper gear are:

- Proper trawl protection when trawling on uneven bottom
- Spreading features
- Lower towing resistance
- Less bottom impact
- Similar catch performance.

These requirements have been the main focus in the design and rigging of the self-spreading ground gear for various bottom trawls. To evaluate the performance of the various plate gear concepts the model and full scale tests have included both measurements with appropriate instrumentation (distance sensors, tilt sensors for plates, bottom contact sensors, load cells, trawl height recorders, trawl speed sensors etc.), and observations with cameras fixed to the trawl and in a towed underwater vehicle.

A practical method of comparing trawl protection provided by an experimental plate gear and a traditional rock-hopper ground gear was to compare any hook-ups and damage to the trawls when towed as twin trawls. Twin trawl hauls were therefore performed on various trawl grounds during the full-scale tests with M/T “J. Bergvoll” in 2004.

The spreading features and towing resistance of trawls equipped with self-spreading ground gears made from plates and a combination of plates along the wings and a section of rock-hopper discs as centre gear, were compared with a standard rock-hopper gear using a 1:10 scale model of the new-generation cod trawl in the flume tank in Hirtshals.

The bottom impact of the self-spreading ground gear was not scientifically evaluated during the trials, except for direct camera observations of the performance of the various ground gear components (plates and discs) while the gear was being towed across various bottom types (sand, gravel and stones).

The catch performance of trawls equipped with plate ground gear was mainly studied by comparing the catches made by two trawls towed by the commercial twin-rigged trawlers M/T “J.Bergvoll” and M/T “Granit IV” in 2004 and 2006, respectively.

A program capable of estimating the drag, vertical lift and horizontal spreading performance of ground gears composed of plates and/or rock-hopper discs was developed in order to provide a better understanding of the observed behaviour of various ground gear configurations.

Results

Spreading features

The spreading feature of square plates oriented vertically along the wings and with 20-45° orientation relative to the towing direction is obvious, as hydrodynamic forces are acting on the plates illustrated in Figure 1c.

The effect on the wing spread from such spreading plates was documented in most of the tank experiments, where the same trawl were equipped with either plates or rock-hopper ground gear or a combination of both.

Measurements and calculations derived from tests of three designs of ground gear on the new generation cod trawl are shown in Table 1. The three ground gear designs had the following characteristics:

Spreading plate gear (500 X 500 mm) all along the fishing line, total gear length 33 m.

Spreading plate gear 2 X 12.5 m along the wings and 8 m 21" dia. rock-hopper discs in the centre.

21" dia. rock-hopper gear all along the fishing line, total gear length 33 m.

The lower wing spread increased by nearly 15 % with the plate gear (tests 1 and 2) compared with the rock-hopper ground gear (test 3). This increase was slightly bigger when the centre gear was made from rock-hopper discs instead of plates.

The effect of the spreading gear can also be seen from the change in the ratio between upper and lower wing end spread and in the reduced angles of the lower sweep lines when using plates along the wings.

Using plates instead of rock-hopper discs along the wings will require smaller trawl doors to maintain the same wing spread (test 2 versus 3A and 2A versus 3B). The inward component of the tension in the sweep line is 45% higher with rock-hopper gear than in the same trawl equipped with a spreading gear.

Towing resistance

The model tests of the NGT also show that trawl resistance is reduced when the trawl is equipped with a wing gear of plates and a centre section of rock-hopper discs. (Table 1). On the other hand, if the ground gear consists of plates alone, the trawl drag is marginally reduced compared with rock-hopper gear. Vertically oriented plates in the centre create more drag than rock-hopper discs in this position.

Computer simulations showed that it is possible to obtain the same horizontal distance at the lower wing ends with smaller otter boards when the trawl is equipped with plate gear along the wings, compared with a trawl equipped with rock-hopper gear. The simulation

shows that the otter board area needed to obtain the same spread is 20% smaller, while a 5% reduction in towing resistance is also estimated.

Ground gear behavior

A major challenge with the plate gear concept is that of controlling the vertical angle along the fishing line while towing. Plates that heel inward will create a lifting force on the ground gear (lifting mode), while plates that heel outward will create a downward force (depressor or digging mode). The first full-scale tests with M/T “J.Bergvoll” revealed that the plate gear is very sensitive to small differences in the lengths of the two wires that suspend the plates. The gear will lift from the bottom when the lower chain is longer than the top wire, and be pressed towards the bottom when the lower chain is shorter .

The bottom-contact sensor, which is an inclinometer attached to a 75 cm-long metal plate hanging from the fishing line in the middle of the ground-gear, indicated that the gear lifted off the bottom when the towing speed rose, as the angle of the bottom-contact plate increased from approximately 40 to 50 degrees. When the lower chain was shortened by 10 cm the bottom contact sensor displayed 40 degrees continuously, equivalent to the vertical height of the plate. These measurements were also confirmed by observations made using a camera mounted on the headline and observing the centre ground gear.

Inclinometers have also been used to measure the vertical angle of plates at different positions along the gear. When a 18 m-long plate gear made up of 300 x 300 mm plates was mounted on the Campelen 1800 demersal survey trawl (Anon, 2005), plates along the entire gear were nearly vertical. On trawls with longer gear length it is difficult to obtain vertical orientation of all the plates along the gear. When rigged with the upper and lower chains identical in length, the orientation of the front wing plates influences the orientation of the remaining plates along the gear. When the front plates are heeling outwards the plates towards the centre will heel inwards., while inward-heeling front plates will result in plates adopting digging mode towards the centre gear. Such performance has been confirmed in measurements of plate angle in most of the experiments, often supported by direct observations using either cameras mounted in the trawl or in a towed vehicle. The spreadsheet program developed as part of the project convincingly calculates the plate angles at various gear positions.

With some of the plate gear designs there were problems with the orientation of the plates when they hit the bottom. Some of the plates turned upside-down during the sinking process, probably as a result of too much weight on top of the plate gear relative to the bottom weight. The situation deteriorated when the same type of chain was used in both upper and lower positions in addition to a fishing line of heavy chain. The problems were not encountered when a top-wire was used, as illustrated in Figure 2a. Another remedy for this problem was to use a crow-foot behind the plates for attachment to the fishing line, as illustrated in Figure 2c. This arrangement was successfully used in the full-scale tests with M/T “Granit IV”.

The most obvious difference in the behaviour of a gear composed of plates and a gear composed of rock-hopper discs is that the plates flip over obstacles like stones, while the rock-hopper discs will catch up the stones and move them along the bottom for a short period. On the other hand turbulence behind the plates seems to be more significant than behind the rock-hopper discs. The impact on the bottom habitat of the two gears is not evaluated any further.

Catching efficiency of the self-spreading gear

In the “J.Bergvoll” experiments the plate gear was tested on different designs of the NGT, with a 200 mm mesh size in the square and belly sections, whereas the rock-hopper gear was mounted on the standard Alfredo 5 trawl with the normal mesh size of 155 mm in the square and belly sections. The catch rate might therefore have been affected by both the trawl design and the ground gear configuration, and a comparison is not straightforward. Table 2 compares the catches caught in the various designs of the NGT with different plate gear configurations, with those of the Alfredo trawl.

When the gear consisted of plates alone, the trawl caught more large cod. In most hauls the catches of haddock and saithe in the trawl equipped with the plate gear were similar or lower. Table 3 gives the catch results from three comparative double trawl hauls between Alfredo 5 trawls equipped with 21/24” dia. rock-hopper gear and a plate-only gear, and from four comparative hauls with a modified NGT with plate gear and an Alfredo 5 with the rock-hopper gear, respectively. There was an increase in catches of all tree species in all seven comparative hauls. There was a larger increase in catches of the largest cod in this trial.

Discussion

The self-spreading ground gear concept is so different from all existing ground gears that it can be regarded as a major innovative trawl component development. resulting from three to four years of experimental work, partly led by gear technologists and partly by the fishing gear industry. However, this is still too short a time allow any conclusions as to its future application in various trawl fisheries to be drawn, although the industry has been impressed by the increase in catch efficiency of trawls equipped with plate gear.

Practical experiences from research as well as commercial trials with the new ground gear have clearly demonstrated the problems involved in rigging and operating such gears. One of the problems is that the plates tend to turn upside-down during shooting, as described above. Another major problem is the uncertainty regarding the orientation of the plates along the gear during towing. As described above, the performance of the plate gear is very dependent on the relative lengths of the chains to which the plates are attached. The spreadsheet program developed by the authors clearly illustrates the plate angles along the entire gear with different lengths of the upper and lower chain. The optimal performance of a plate gear also depends on the orientation of the front plates. Inward heeling, which often occurs if there is insufficient lift of the front gear plates from the wing, will cause the plates towards the centre of the gear to be oriented in a digging mode even when the upper and lower chains are of equal length. This situation is not acceptable while towing with a small mesh trawl on muddy

grounds. We have fatal experiences of such occurrence during the experiments with the experimental survey trawl. On the other hand, outward heeling of the front plates results in the centre plates lifting, which has a negative effect on the catchability of demersal fish like cod.

In order to remedy the problems described above, the use of inclinometers at various position along the gear will facilitate proper rigging and operation. A lower wing with a vertical breast in front is beneficial as a means of keeping the front plates close to the vertical. The use of a crow-foot to attach the plate gear to the fishing line, as illustrated in Figure 2c, greatly reduced the problem of plates turning upside down during shooting.

The most interesting future utilization of the self-spreading ground gear concept is in the development of shrimp trawls, where wing spread is the most important parameter of catch efficiency. The authors are currently developing a shrimp trawl concept that will incorporate such self-spreading ground gear.

Conclusions

The various designs of a ground gear comprising square or rectangular plates arranged parallel to the fishing line have clearly demonstrated its spreading features. The reduced drag of plates arranged as wing gear, and its self-spreading capabilities, are thus capable of reducing the trawl door size required, which helps to reduce both gear drag and friction forces on the bottom.

Escapes of cod under the trawl when plate ground gear was used all along the fishing line was clearly demonstrated in the experiments with white-fish trawls. The improved efficiency which results will reduce the trawl swept area needed to catch a given quota, which in turn will reduce the bottom impact in a quota-regulated fishery.

In trawl fisheries that target species like shrimp and nephrops, which not react to sweeps and bridles, the self-spreading feature of the wing gear can be used to develop trawls with larger wing spread and smaller trawl doors than are used in traditional shrimp trawls. A major challenge to any future development of an efficient low-drag shrimp trawl will be to develop a trawl design that perfectly matches the spreading features of a ground gear consisting of plates along the wings and rock-hopper discs in the center.

The self-spreading ground gear requires less space on net-drums than rock-hopper gear, and is therefore a possible alternative for use on demersal survey trawls, which are used on various bottom types and which aim to catch representative samples of organisms in the survey area. The handling on deck of a trawl with spreading gear is easier and less power and smaller winches are needed to shoot the trawl, due to its lower weight in air and low friction between gear and deck. The spreading gear also leaves more space for floats when the trawl is stored in the trawl lanes between tows.

References

- Anon., 2005. Håndbok for vitenskaplig tråling. Institute of Marine Research, Bergen, Norway. 80 pp [In Norwegian]
- Valdemarsen, J.W, 2001. Technological trends in capture fisheries. *Ocean & Coastal Management* 44 (2001) pp 635-651
- Valdemarsen, J.W. and P Suuronen 2003. Modifying fishing gear to achieve ecosystem objectives. *FAO. Responsible Fisheries in the Marine Ecosystem*. Eds M. Sinclair and G. Valdimarsson. <http://ftp.fao.org/fi/document/reykjavik/pdf/19Valdemarsen.PDF>
- Valdemarsen, J.W. and Hansen, K., 2005 Sluttrapport til Norges Forskningsråd. Ny generasjons torsketral. <http://www.fiskerifond.no/files/projects/attach/342042sluttrapport.pdf> [In Norwegian]
- Valdemarsen, J.W., Engås, A., Jørgensen, T., Huse, I., Vincent, B., and Bavouzet, G. Development of a new demersal survey trawl – status quo. symposium.

Table 1. Measured and calculated data from tests of a 1:10 scale model of the new-generation cod trawl equipped with three different ground gear designs.

Ground Gear type		Spreading plate gear/ rock hopper in centre					
		All spreading plate gear	2	2A	3	3A	3B
Test	No	1	2	2A	3	3A	3B
Sweep length	M	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0
Towing speed	Knots	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Door spread	m	57,7	55,6	68,9	57,0	68,7	72,0
Spread upper wing	m	18,8	18,8	21,4	18,4	20,4	22,7
Spread lower wing	m	19,7	20,0	22,4	17,4	19,7	22,1
Spread upper /spread lower		0,95	0,94	0,96	1,06	1,04	1,03
Lower sweep angle	Deg.	12,9	12,1	15,9	13,5	16,8	22,6
Wing end	m	6,8	6,5	5,1	6,6	5,6	5,4
Height							
Trawl centre	m	9,3	9,1	6,9	9,2	7,7	6,4
Trawl wire tension	tons	5,60	5,25	5,58	5,45	5,67	5,92
Sweep line tension	tons	4,50	4,31	4,59	4,56	4,75	4,95
Trawl resistance	tons	8,76	8,41	8,81	8,88	9,11	9,16
Inward force comp	%		68	94		100	139

Table 2: Catch comparison in twin-trawl hauls with rock-hopper and self-spreading ground gear and combination of the two gear types (gilled and gutted weight [kg])

Trawl type	A5	NGT2	A5	NGT2	A5	NGT4	
Gear type	Rh	Spg/Rh	Rh	Spg	Rh	Spg	
No of comp. hauls	6		3		8		
	Catch (kg)	Catch (kg)	Catch (kg)	Catch (kg)	Catch (kg)	Catch (kg)	
Cod	<2.5 kg	9288	8092	5644	4868	7791	8355
	>2.5 kg	2726	2718	1788	2018	3642	4569
Haddock	(All)	229	208	156	89	1091	877
Saithe	(All)	1824	1140	716	1569	1913	2935

Table 3: Catch comparisons in trawls equipped with rock-hopper and self-spreading ground gear in double trawl tests onboard M/T “Granit IV” (round weight [kg])

Trawl type	A5	A5	A5	NGT2			
Gear type	RH	SPG	RH	SPG			
No. comp. hauls	3			4			
	Catch (kg)	Catch (kg)	Catch increase (%)	Catch (kg)	Catch (kg)	Catch increase (%)	
Cod	<2.5 kg	5489	7440	35,5	7376	9662	31,0
	>2.5 kg	2205	3496	58,5	2895	4176	44,2
Haddock	(all)	690	895	29,7	274	510	86,1
Saithe	<2.5 kg	5383	6960	29,3	15876	18415	16,0
	>2.5 kg	132	260	97,0	136	235	72,8

A5 : Alfredo 5 trawl

NGT2: 2 panel version of new generation Cod trawl

NGT4: 4 panel version of new generation Cod trawl

RH: Rock-hopper gear SPG: Self-spreading ground gear

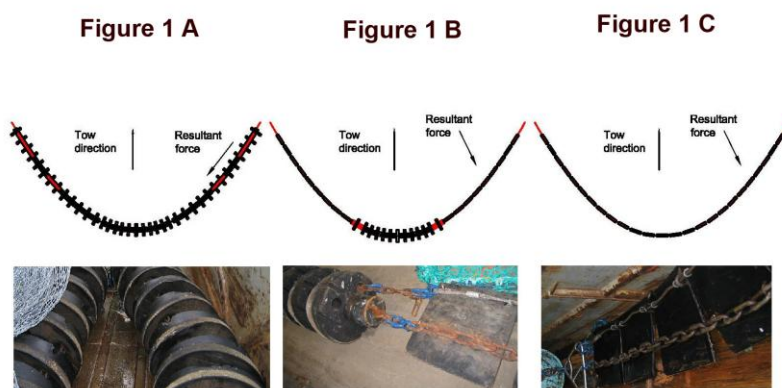


Figure 1. Illustration of three ground gear configurations consisting of; 1a - a standard rock – hopper gear, 1b – a gear composed of rock-hopper discs as centre gear and plates as wing gear and 1c – a gear composed of plates all along the fishing line.

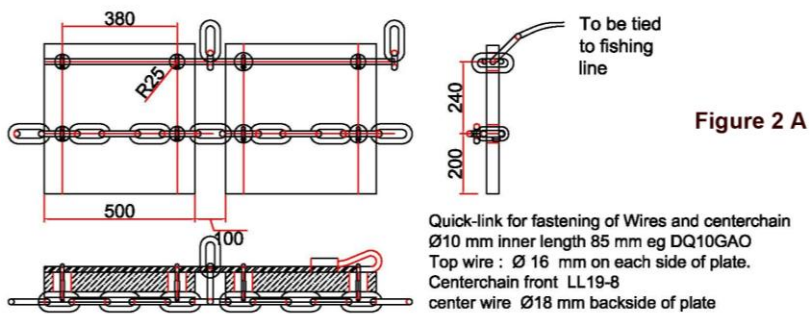


Figure 2 A

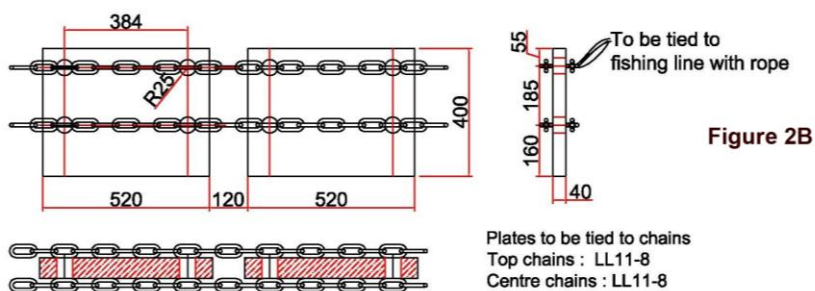


Figure 2 B

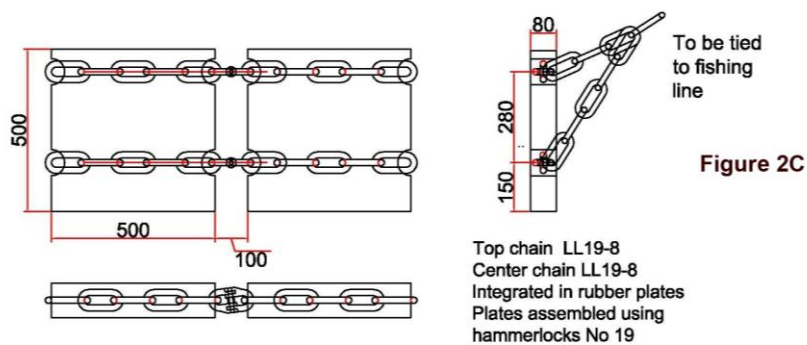


Figure 2 C

Figure 2. Details of three gear designs evaluated during the experiments.

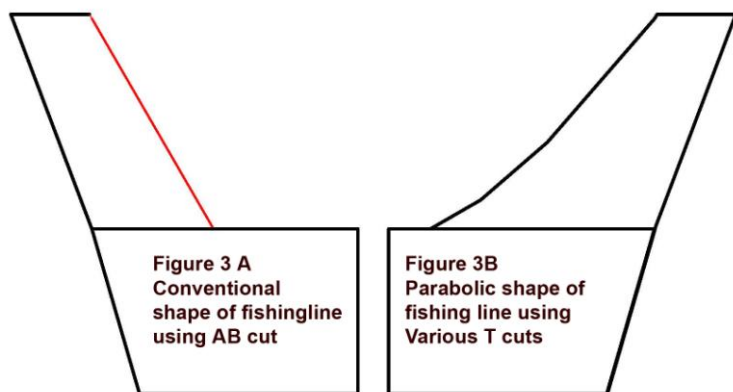


Figure 3. Wing and bosom design of a traditional Alfredo 5 type trawl (3a) and of the novel trawl designs (3b).