

STF80MK A05079 - Åpen

RAPPORT



Kartlegging av behov for nye materialløsninger i fiskeflåten

Roar Pedersen, Reidar Stokke, Arnt Amble, Reidar Friberg
og Morten Lønseth

www.sintef.no

SINTEF Materialer og kjemi

Februar 2005



SINTEF RAPPORT

SINTEF Materialer og kjemi

Postadresse: Boks 124, Blindern
0314 Oslo

Besøksadresse: Forskningsveien 1
Telefon: 22 06 73 00
Telefaks: 22 06 73 50

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

TITTEL

Kartlegging av behov for nye materialløsninger i fiskeflåten

FORFATTER(E)

Roar Pedersen, Reidar Stokke, Arnt Amble, Reidar Friberg, Morten Lønseth

OPPDRAGSGIVER(E)

Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF)
Norges forskningsråd

RAPPORTNR. STF80MK A05079	GRADERING Åpen	OPPDRAGSGIVERS REF. Terje Flatøy/Turid Hiller	
GRADER. DENNE SIDE Åpen	ISBN 82-14-02387-4	PROSJEKTNR. 24446500	ANTALL SIDER OG BILAG 29
ELEKTRONISK ARKIVKODE		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Reidar Stokke	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Reidar Friberg
ARKIVKODE	DATO 2005-02-24	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Aage Stori, forskningsdirektør	

SAMMENDRAG

Prosjektet "Nye materialløsninger for fiskeflåten" ble startet sommeren 2002. Hovedmålsettingen var å finne frem til nye materialløsninger som kan bidra til å redusere vekt, korrosjon, slitasje, vedlikeholdsbehov samt å forenkle montering og forbedre isolasjon av innredning og lasterom på fiskefartøy.

Prosjektet ble innledet med en omfattende kartleggingsfase for å finne frem til komponenter og delkonstruksjoner på fiskefartøy hvor det er behov og fordeler ved nye materialløsninger. Denne rapporten gir en oppsummering av resultatene fra dette kartleggingsarbeidet. Kartleggingen har omfattet møter og diskusjoner med skipskonsulenter, redere, verft og produsenter, omvisning på utvalgte fiskefartøy, besøk på fiskerimessen Nor-Fishing høsten 2002, søk på internett og i litteraturløstaser og gjennomgang av spesifikasjoner for ulike typer fiskefartøy.

Kartleggingsarbeidet avdekket mellom 20 og 25 komponenter og delkonstruksjoner hvor det ble uttrykt behov for å vurdere nye materialløsninger. Det var en positiv holdning til bruk av nye materialer og det var godt samsvar i de behovene som ble trukket frem fra ulike kilder. Kartleggingsarbeidet avdekket få behov knyttet til slitasje og det ble valgt å fokusere hoveddelen av arbeidet på bruk av kompositt- og sandwichmaterialer. For fire komponenter/delkonstruksjoner er det gjennomført konkrete konseptstudier. Disse er beskrevet i egne rapporter.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Materialteknologi	Materials Technology
GRUPPE 2	Polymerer og kompositter	Polymers and Composites
EGENVALGTE	Sandwich	Sandwich
	Anvendelse	Application
	Fiskefartøy	Fishing vessels

INNHALDSFORTEGNELSE

1	Innledning	3
2	Gjennomføring av kartleggingsarbeidet	3
2.1	Møter og diskusjoner med skipskonsulenter, redere og verft	4
2.2	Møter og diskusjoner med produsenter av fiskefartøy og komponenter i kompositt/sandwich	4
2.3	Gjennomgang av spesifikasjoner for ulike typer store fiskefartøy	4
2.4	Litteraturundersøkelse og søk på internett	5
2.5	Sammensetning av fiskeflåten	5
3	Oppbygging av fiskefartøy og fordeling av fartøy etter størrelse, driftsform og byggemateriale	5
3.1	Oppdeling av fiskefartøy i hovedgrupper	5
3.2	Inndeling av fiskefartøy etter lengde og driftsform	5
3.3	Inndeling av fiskefartøy etter lengde og byggemateriale for nybygg 1999-2001	6
4	Oppsummering av resultater fra kartleggingsarbeidet	7
4.1	Bygging av fiskefartøy i kompositt-/sandwich	7
4.1.1	Fiskefartøy i kompositter opp til ca. 40 fot	7
4.1.2	Større fiskefartøy i kompositt/sandwich	8
4.1.3	Store fiskefartøy i kompositt/sandwich (40-60m)	9
4.2	Overbygninger i kompositt/sandwich	10
4.3	Løse RSW-tanker i kompositt/sandwich	12
4.4	Store dekksluker i kompositt/sandwich	14
4.5	Konstruksjon av signalmast til fiskefartøy i komposittmateriale	14
4.6	Løse tanker	16
4.7	Avsilingskasse og lederenner	17
4.8	Utstyr i syrefast, rustfritt og galvanisert stål	17
4.9	Garnering av lasterom	18
4.10	Gangveier, gangrister og rekkverk	18
4.11	Rør og rørsystemer	19
4.12	Dekk og dørker	19
4.13	Korrugerte skott mellom tanker	19
4.14	Dører og vinduer	20
4.15	Rør og propeller og drivakslar	20
4.16	Rister/skyveskott i brønnbåter	21
4.17	Kraner i komposittmaterialer	21
4.18	Slitasje- og rustutsatte komponenter på fiskefartøy	21
4.19	Toalettromsmoduler og innredningsmoduler	22
4.20	Skorsteiner	22
4.21	Komponenter i maskinrom	23
4.22	Ventiler og pumper	23
4.23	Fundamenter for motor og utstyr	24
5	Referanseliste	24
6	Vedlegg	25
6.1	Vedlegg 1: Oversikt over komponenter på en 70 m tråler og hvilke som prinsipielt kan lages i kompositt/sandwich	25

1 Innledning

Prosjektet "Nye materialløsninger for fiskeflåten" startet på sommeren 2002. Det gjennomføres som et samarbeid mellom SINTEF Materialer og kjemi og SINTEF Fiskeri og havbruk. Prosjektet finansieres av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF) og administreres av Norges forskningsråd.

Bakgrunnen for prosjektet er uttrykte behov i fiskeflåten for å vurdere nye materialløsninger i utvalgte komponenter/delkonstruksjoner på fiskefartøy. De fleste fiskefartøy er vekt-kritiske og en vekt-reduksjon kan avhengig av fartøystype bidra til økt stabilitet, økt lastekapasitet, økt hastighet og reduserte drivstoffkostnader. Det er videre behov for å vurdere nye materialløsninger som kan bidra til å redusere kostnader, behov for vedlikehold, korrosjon og slitasje og som kan bidra til å forenkle montering og forbedre isolasjon av innredning og lasterom på fiskefartøy. Basert på dette ønsket Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond å sette i gang en aktivitet rettet mot å undersøke hvilke fordeler som kan oppnås ved å ta i bruk nye materialer i fiskeflåten.

Prosjektet ble innledet med en omfattende kartleggingsfase for å finne frem til komponenter på fiskefartøy hvor det er behov og fordeler ved å ta i bruk nye materialløsninger. Kartleggingen omfattet bl.a. møter og diskusjoner med skipskonsulenter, redere, verft og produsenter, omvisning på utvalgte fiskefartøy, besøk på fiskerimessen Nor-Fishing høsten 2002, søk på internett og i litteraturl databaser og gjennomgang av spesifikasjoner for ulike typer fiskefartøy. I denne rapporten blir resultater fra dette kartleggingsarbeidet oppsummert.

Kartleggingsarbeidet avdekket mellom 20 og 25 komponenter og delkonstruksjoner hvor det ble uttrykt behov for å vurdere nye materialløsninger. Det var en positiv holdning til bruk av nye materialer og det var godt samsvar i de behovene som ble trukket frem fra ulike kilder.

Kartleggingsarbeidet avdekket få behov knyttet til slitasje og det ble valgt å legge hovedfokus på bruk av kompositt- og sandwichmaterialer.

Basert på resultatene fra kartleggingsarbeidet ble det valgt å konsentrere det videre arbeidet om noen utvalgte komponenter/delkonstruksjoner hvor potensialet for forbedring ble ansett å være størst. I disse mer inngående studiene er det lagt vekt på å dokumentere de fordelene som kan oppnås ved bruk av kompositt-/sandwichmaterialer. Det er gjennomført slike studier for bruk av kompositt-/sandwichmaterialer i overbygninger, RSW-tanker, store dekksluker og i signalmaster. Resultatene av disse studiene er presentert i separate rapporter. I denne rapporten er disse tatt med sammen med øvrige komponenter med referanse til rapportene hvor de er behandlet mer inngående.

2 Gjennomføring av kartleggingsarbeidet

Kartleggingsarbeidet ble gjennomført som et samarbeid mellom SINTEF Materialer og kjemi (Polymerer og kompositter) som representerte materialteknisk kunnskap og spesielt kompetanse om kompositt- og sandwichmaterialer og SINTEF Fiskeri og havbruk (Fiskeriteknikk) med kompetanse om fiskeri og fiskefartøyer og gode kontakter mot miljøet knyttet til fiskeflåten. Forum for plastkompositter som er en gruppe komposittbedrifter som samarbeider om FoU og teknologiutvikling ble trukket med i arbeidet som referansegruppe for vurdering av komponenter/delkonstruksjoner i kompositt/sandwich.

2.1 Møter og diskusjoner med skipskonsulenter, redere og verft

Hoveddelen av kartleggingsarbeidet ble basert på møter og diskusjoner med skipskonsulenter, redere og verft. Til sammen ble det gjennomført møter og diskusjoner med fem skipskonsulentfirmaer, to fiskebåtreidere og seks verft. Resultatene av dette arbeidet ble etter hvert konsistent og det var stort samsvar når det gjaldt de komponenter og delkonstruksjoner som ble trukket frem hvor det var behov for å vurdere om nye materialløsninger kunne være fordelaktig. På disse møtene ble ulike typer fiskefartøy gjennomgått i detalj for å komme frem til komponenter og delkonstruksjoner hvor eksisterende materialer ikke fungerer tilfredsstillende med hensyn til f. eks. høye vedlikeholdskostnader, korrosjon og slitasje samt å finne frem til komponenter hvor vektreduksjon ville være viktig. Omvisning på utvalgte fiskefartøy inngikk som et ledd i disse besøkene. En del av dette arbeidet omfattet også besøk på fiskerimessen Nor-Fishing 2002 hvor det var anledning til omvisning på fiskefartøy, til diskusjoner med en rekke personer og til å se aktuelle komponenter i fiskefartøy.

2.2 Møter og diskusjoner med produsenter av fiskefartøy og komponenter i kompositt/sandwich

På tilsvarende måte ble produsenter av fiskefartøy i kompositt/sandwich og aktuelle leverandører av komponenter i kompositt/sandwich besøkt og kontaktet. Hensikten var å få frem erfaringene de hadde gjort med bruk av kompositt/sandwich i forhold til tradisjonelle materialer som i første rekke er ulike typer stål og aluminium. Til sammen har det vært møter og samtaler med tre produsenter av fiskefartøy i kompositt/sandwich og seks bedrifter som er aktuelle produsenter av komponenter i kompositt/sandwich.

2.3 Gjennomgang av spesifikasjoner for ulike typer store fiskefartøy

Prosjektgruppen fikk anledning til å gjennomgå fullstendige spesifikasjoner for tre ulike typer store fiskefartøy. Dette ble gjort for å skaffe en oversikt over de ulike typer komponenter og utstyr på fiskefartøy som grunnlag for å vurdere hvor det kunne være fordelaktig å vurdere bruk av kompositt-/sandwichmaterialer. Denne gjennomgangen ga også en god oversikt over omfanget av de ulike kategoriene komponenter og utstyr og hvilke materialer som ble benyttet. De spesifikasjonene som ble gjennomgått var for a) en 55.5m kombinert snurper og pelagisk tråler for fiske etter sild og makrell samt bifangst, b) en 55m hekktråler med fabrikk for produksjon av reker samt kapping, sløying og innfrysing av rund fisk og c) et 52m autolinefartøy med dragebrønn og utstyrt for kapping, sløying og innfrysing av rundfisk.

Det er også foretatt en detaljert gjennomgang av slike spesifikasjoner for en 70 m tråler hvor alle delkonstruksjoner, komponenter og systemer i de hovedgruppene fartøyene deles inn i er listet opp i detalj. Basert på denne er det foretatt en enkel vurdering av hvilke av disse som prinsipielt kan lages i kompositt/sandwich uten å vurdere om det er fordelaktig eller ikke. Dette er oppsummert i to tabeller som er tatt med som vedlegg til rapporten.

2.4 Litteraturundersøkelse og søk på internett

Det er gjennomført omfattende søk i litteraturl databaser for å finne frem til artikler som spesielt omfatter bruk av kompositt- og sandwichmaterialer i fiskefartøy og i andre typer fartøyer. Det ble funnet få artikler som omfattet fiskefartøy. De fleste var knyttet til bruk av kompositt- og sandwichmaterialer i militære fartøyer. Tilsvarende ble det gjennomført søk på internett for å finne frem til bruk av kompositt- og sandwichmaterialer i fiskefartøy og andre typer fartøyer. Disse artiklene ga en god oversikt over bruk av kompositt-/sandwichmaterialer i skip. Informasjonen var i god overensstemmelse med mange av de behovene som ble trukket frem i diskusjonene med de forskjellige representantene for fiskeflåten.

2.5 Sammensetning av fiskeflåten

Basert på bl.a. statistikk fra Norsk Illustrert Skipsregister som utgis av Krohn Johansen Forlag AS i Larvik er det utarbeidet en oversikt over fartøy i den norske fiskeflåten etter størrelse og så langt som mulig etter de byggematerialene som er benyttet i fartøyene. I tillegg til inndeling av fartøyer etter størrelse er det også utarbeidet en oversikt over inndeling etter driftsformer.

3 Oppbygging av fiskefartøy og fordeling av fartøy etter størrelse, driftsform og byggemateriale

3.1 Oppdeling av fiskefartøy i hovedgrupper

Uavhengig av størrelse og driftsform kan et fiskefartøy splittes opp i hovedgrupper og undergrupper (SFI gruppesystem). Hovedgruppene er som angitt nedenfor:

1. Skipet generelt (generell beskrivelse av fartøyet)
2. Skrog (all struktur i skrog og overbygninger)
3. Utstyr for last
4. Skipsutstyr
5. Utstyr for besetning
6. Maskin – hovedkomponenter
7. Systemer for maskin hovedkomponenter
8. Skipssystemer

I vedlegg 1 er det foretatt en oppstilling av delkonstruksjoner, komponenter og systemer innenfor hver av disse hovedgruppene basert på spesifisering for en 70 m tråler. I tillegg er det tatt med en tabell hvor bare det som kan lages i kompositt/sandwich er tatt med. Her er det ikke foretatt noen vurdering av om det er fordelaktig eller ikke, bare en ren vurdering om komponentene kan lages i disse materialene. Som disse to tabellene viser er det en omfattende liste over komponenter som i prinsippet kan lages i kompositt/sandwich.

3.2 Inndeling av fiskefartøy etter lengde og driftsform

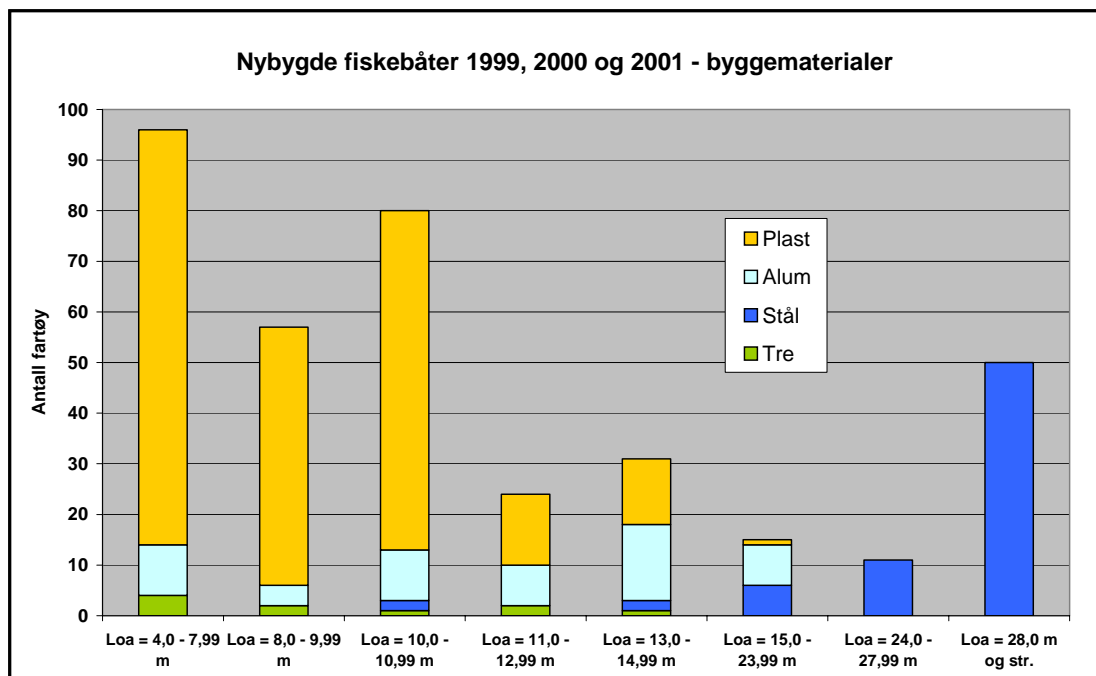
Fiskefartøyer kan grovt deles inn i lengdegrupper og driftsformer og det kan skilles mellom en kystfiskeflåte og en havfiskeflåte. En slik inndeling er vist i tabellen nedenfor.

Lengde (Loa) [m]	Loa [fot]		Juksa	Dorg	Garn	Line	Not	Reke trål	Snur revad	Bunn trål	Flyte trål
< 10.67	<35	kyst	x	x	x	x	x	x			
10.67 – 15	35-50	kyst	x	x	x	x	x	x	x		
15 – 21.35	50-70	kyst			x	x	x	x	x		
21.35 – 27.4	70-90	kyst/hav			x	x	x	x	x	x	
27.4 – 36.6	90-120	hav			x	x	x	x	x	x	x
> 36.6	>120	hav			x	x	x	x	x	x	x

Tabell 1: Inndeling av fiskefartøy i lengdegrupper og driftsformer

3.3 Inndeling av fiskefartøy etter lengde og byggemateriale for nybygg 1999-2001

Figur 1 under viser fordeling av byggemateriale i skrog på fiskefartøy som er bygd i tidsrommet fra 1999 til 2001. Totalt er det bygd 364 fartøyer. Av disse er det 228 som er bygd i komposittmateriale, 71 er bygd i stål, 55 i aluminium og 10 er bygd i tre. De minste fartøyene opp til 13 m domineres av komposittmaterialer. Aluminium som er et alternativ til komposittmaterialer har størst andel av fartøyer fra 13-16 m. Stål dominerer totalt i fartøyer med lengde over 24 m. Andelen av fartøyer bygget i tre har sunket dramatisk de siste 20 år og det forventes ikke at denne trenden vil snu. Med et gitt skrogmateriale er det i utgangspunktet ikke noe problem å anvende samme materiale videre på delkonstruksjoner. Det ligger en utfordring og samtidig en optimaliseringsmulighet i å anvende flere materialtyper på samme konstruksjon. De tre hovedgruppene av materialer vil derfor ha ulikt potensial ved å anvende nye materialløsninger i resten av hovedstrukturen (dekk og overbygning).



Figur 1: Inndeling av fiskefartøy bygd i perioden 1999 til 2001 etter størrelse og byggemateriale i skrog.

4 Oppsummering av resultater fra kartleggingsarbeidet

I dette kapitlet er resultatene fra kartleggingsarbeidet oppsummert. Det er basert på møter, diskusjoner og samtaler med skipskonsulenter, redere, verft og produsenter, på omvisning på utvalgte fiskefartøy og på resultater fra litteratursøk og søk på internett. Det er valgt å oppsummere resultatene i tilknytning til konkrete komponenter og delkonstruksjoner fremfor å gi en oppsummering av inntrykk fra diskusjoner med de enkelte bedriftene og fra litteratur-/internetsøk.

4.1 Bygging av fiskefartøy i kompositt-/sandwich

4.1.1 Fiskefartøy i kompositter opp til ca. 40 fot

Som vist i figur 1 i kapitel 3 dominerer komposittmaterialer som byggemateriale for fiskefartøy opp til ca. 12 -13 m. Figuren gjelder for byggemateriale i skrog, men for båtene som lages i komposittmateriale i denne størrelsen vil også resten av hovedstrukturen og viktige delkonstruksjoner være laget i komposittmateriale. Det bygges en rekke mindre kystfiskefartøy (opp til ca. 40 fot) i kompositter i Norge. Produsenter er bl.a. Norpower, Selfa Arctic, Viksund og Grimsøy. Bildene i figur 2 viser eksempler på fartøyer i denne størrelsesgruppen ved et 35 fots kystfiskefartøy fra Norpower AS og en 38 fots Proff Speedsjark fra Selfa Arctic.



Figur 2: Kystfiskefartøy på 35 fot i komposittmateriale fra Norpower (til venstre). Norpower arbeider nå med et tilsvarende fartøy på 38 fot. Bildet til høyre viser en Proff Speedsjark på 38 fot i kompositt fra Selfa Arctic. Dette fartøyet har en toppfart på 24 knop.

Disse fartøyene (opp til ca. 40 fot) bygges i form som enkeltskallkonstruksjoner. Et formsett til slike båter består av former til skrog, innredning, dekk, overbygning, casing og topphatt (tak på styrehus). Produksjonsprosessen er i dag i hovedsak basert på håndopplegg.

Når utgangspunktet er et komposittskrog så er det naturlig å utnytte dette materialet på alle delkonstruksjoner hvor dette er praktisk gjennomførlig samt kostnadseffektivt. Det er ulik praksis hos de ulike leverandører når det gjelder å utnytte plastmaterialer fullt ut. Noen bygger dekket i aluminium med den begrunnelse at det skal være mer fleksibelt mht plassering av utstyr. I et dekk som er laget av fiberarmert plast må det bygges inn lokale forsterkninger for festing av utstyr. Luker, maskinromsnedgang (casing), notbinge, løse tanker (drivstoff og vann) og master blir også som oftest produsert i aluminium. De fleste av disse komponentene kan sannsynligvis med fordel lages i komposittmateriale.

Fiskefartøy opp til 40 fot produseres som nevnt i dag hovedsakelig i form basert på håndopplegg. Håndopplegg er en enkel, men forholdsvis arbeidskrevende prosess [1] som også medfører miljøproblemer med avdamping av styren i fabrikklokalet og utslipp til omgivelsene.

For disse fartøyene ligger det et potensial for mer kostnadseffektiv og miljøvennlig produksjon ved å gå over til lukket produksjonsteknologi basert på vakuuminjisering [1]. Vakuuminjisering vil også gi mulighet for vektbesparelse ved at fiberinnholdet og dermed de mekaniske egenskapene til laminatene kan forbedres. Prosessen vil også gi en jevnere kvalitet på laminatene. Vakuuminjisering vil bidra til å løse miljøproblemene knyttet til styren fordi det er en lukket prosess og innklimaet vil derfor kunne forbedres kraftig. Flere av produsentene har allerede startet forberedelser for overgang til vakuuminjisering.

4.1.2 Større fiskefartøy i kompositt/sandwich

De største norskbygde fiskefartøyene i kompositt/sandwich er på 70-75 fot. Bildet i figur 3 under viser Bluefin som er et fiskefartøy i sandwich på 70 fot bygget ved Mundal Båt AS. Mundal Båt AS kan bygge fiskefartøy i sandwich opp til 90 fot. Mundal lager hele fartøyene i sandwich med skrog, overbygninger, hovedskott, tankskott, daviter etc. Fartøyene bygges i moduler som lamineres sammen omtrent som på stålfartøy. De viktigste fordelene som trekkes frem ved å bygge slike fartøy i sandwich er:

- De hevdes å være konkurransedyktige i pris med tilsvarende fartøyer i stål
- De har lavere vekt. Dette gir mulighet for finere linjer og redusert drivstofforbruk. Båtene blir lettere å manøvrere. Lettere bevegelser gir også mindre slitasje på brukene i dårlig vær.
- Sandwichfartøyer avgir mindre støy til sjøen
- Vedlikeholdskostnadene blir lavere. Det godtas bl.a. at det settes av mindre midler til vedlikehold for disse båtene.
- Sandwichfartøy er i utgangspunktet isolert og bedre isolert enn stålbåter. Det er ingen problemer med kondens som skaper korrosjonsproblemer.
- Reparasjon og ombygging hevdes å være enkelt.



Figur 3: Bluefin, 70 fots fiskefartøy i sandwich bygget hos Mundal Båt AS

De største fiskefartøyene vi har funnet som lages i komposittmaterialer er opp til ca. 50 meters lengde (ca. 165 fot). Bildet i figur 4 viser et 50m langt fiskefartøy i sandwich fra Greben i Kroatia.

Det er hevdet i litteraturen [2] at det også lages fiskefartøy i denne størrelsen i komposittmaterialer i Japan og at 60 % av den japanske fiskeflåten består av komposittfartøyer.



Figur 4: 50 m langt fiskefartøy i sandwich fra Greben i Kroatia

4.1.3 Store fiskefartøy i kompositt/sandwich (40-60m)

De fleste store fiskefartøy er vekt-kritiske. Vekt-reduksjon vil bidra til å bedre fartøyenes stabilitet, øke lastekapasiteten, forbedre drivstofføkonomien og muliggjøre økt hastighet. Fartøyene i fiskeflåten er også utsatt for korrosjonsproblemer som krever utstrakt vedlikehold. Det er samtidig blitt økt fokus på modularisering innen dagens fartøysbygging. Det er ingen prinsipielle hindringer for å bygge store fiskefartøy i kompositt/sandwich. Fiskefartøy er godt egnet for å lages i kompositt/sandwich fordi de har mange dekk og stor høydeforskjell mellom bunn og øverste dekk. Dette gir høyt treghetsmoment og en bøyestiv konstruksjon. De fordeler som trekkes frem ved å lage store fiskefartøy i kompositt/sandwich er bl.a.

- *Betydelig vekt-reduksjon*
Lavere deplasement gir mulighet for finere skroglinjer, lavere drivstofforbruk og mulighet for økt marsjhastighet. Lavere vekt vil også gjøre båtene enklere å manøvrere og gi lettere bevegelser i sjøen og mindre slitasje på bruk ved fiske i dårlig vær. Vektbesparelse er viktig for fiskefartøy og generelt hevdes det at alle store fartøy er vekt-kritiske.
- *Betydelig reduksjon av vedlikeholdskostnader*
Fartøyer bygget i kompositt/sandwich vil ha betydelig lavere vedlikeholdsbehov enn tilsvarende fartøy i stål.
- *Fartøy i sandwich vil være ferdig isolert*
Det vil ikke være problemer med kondensdannelse som kan bidra til fuktighet, korrosjon, raskere aldring og luktproblemer

- *Enkle å reparere og bygge om*

Fartøy i kompositt/sandwich hevdes å være ukompliserte å reparere, enkle å bygge om og raskere og billigere å utruste

Det foreslås å gjennomføre en konseptstudie for å bygge et større fiskefartøy i kompositt/sandwich. En konkret snurper i stål på ca. 57 m planlegges å benyttes som case for en slik studie. Målsettingen vil være å belyse og dokumentere gevinster, kartlegge problemområder og vurdere hvordan disse kan løses. Studien vil samtidig avdekke nye muligheter og behov for bruk av kompositt/sandwich og gi en totaloversikt over hvor de største potensielle gevinster ligger. Et ledd i en slik konseptstudie vil også være å vurdere hybridløsninger hvor de ulike konstruksjonsmaterialene utnyttes der de er mest fordelaktige. En viktig faktor blir også å avklare effekten man får på fartøyenes drivstofforbruk ved å implementere nye materialløsninger. En slik konseptstudie vil også bidra til at det blir enklere å implementere nye materialløsninger der de er fordelaktige. Det er sendt søknad til FHF om midler til bl.a. å gjennomføre en slik konseptstudie. Den planlegges gjennomført som et samarbeid mellom SINTEF Materialer og kjemi (kompetanse om dimensjonering og bruk av kompositt/sandwich materialer), SINTEF Fiskeri og havbruk (kompetanse om utforming av fiskefartøy), Rolls Royce Marine AS (skipskonsulentfirma med lang erfaring i design av store fiskefartøy), Maritime Engineering AS (skipskonsulentfirma med erfaring fra design av fiskefartøy i kompositt/sandwich), Mundal Båt AS (med erfaring fra bygging av fiskefartøy i kompositt/sandwich). Annen kompetanse vil bli trukket inn i arbeidet etter behov.

4.2 Overbygninger i kompositt/sandwich

Overbygninger ble tidlig trukket frem som en anvendelse hvor det ville være svært interessant å vurdere hvilke fordeler som kan oppnås ved bruk av kompositt-/sandwichmaterialer. Overbygninger i denne sammenheng inkluderer også dekkshus og styrehus. Den viktigste grunnen til interesse for å vurdere bruk av kompositt/sandwich var mulighet for å spare vekt høyt oppe på fartøyet. Dette senker tyngdepunktet, gir bedre stabilitet og kan redusere behovet for ballast. Det ble spesielt uttrykt behov for å sammenligne kompositt/sandwich med ferdig isolerte overbygg i aluminium. Mange uttrykte at de ville være villige til å akseptere noe høyere kostnader for et overbygg i kompositt/sandwich dersom det kan oppnås signifikant vektbesparelse. De fleste, også verftene, var åpne for bygging av overbygg i kompositt/sandwich. De må da leveres fra underleverandør. Det ble uttrykt ønske om at slike overbygg burde leveres ferdig utrustet med kabelgater, ventilasjon, overflatefinish, etc. Kondensdannelse ble fremhevet som et problem i forbindelse med de utvendige veggene på de tradisjonelle overbyggene. Slik kondensdannelse medfører korrosjons- og luktproblemer. Det ble fremholdt at det ville være viktig å dokumentere at overbygninger i kompositt/sandwich tåler de belastningene de kan utsettes for spesielt i dårlig vær (bl.a. fast grønn sjø mot overbygningen). På større fiskefartøy bygges ofte to etasjer av overbygningene i aluminium og det resterende i stål. Det ble også i denne sammenheng uttrykt behov for utrede hvordan innfesting av utstyr på kompositt-/sandwich kan løses. For båter i størrelse 20-30 m er vekt og stabilitet spesielt kritisk og en vektbesparelse på i størrelsesorden 4 kg/m² ble hevdet å være interessant for slike fartøyer.

Det ble av flere referert til fartøyer som hadde installert overbygg i kompositt/sandwich. Søk i litteratur og på internett ga også flere eksempler på slike overbygg. De fordelene som trekkes frem med overbygg i kompositt/sandwich er bl.a.:

- Vektreduksjon høyt oppe på fartøyet
- Overbygg i sandwich er ferdig isolert
- Unngår problem med kondensdannelse

- Ingen korrosjon
- Reduserte vedlikeholdskostnader

Figur 5 viser et sandwichoverbygg på fiskebåten M/S Solgunn (60 meter langt stålfartøy). I dette tilfellet ga bruk av sandwich en vektbesparelse på rundt 50 %. Overbygget er på to etasjer, 10-12 meter langt og 5 meter bredt. Det ble installert i forbindelse med en ombygging av båten. Silverplast AS utførte arbeidet med overbygget.



Figur 5: Sandwichoverbygg til fiskebåten MS Solgunn

Figur 6 viser fergen MS Nordfjord med et overbygg i sandwich. Overbygget ble laget av Norwegian Marine AS i Eikefjord. Skroget er 72 meter langt og laget i stål. Eieren er rederiet Fylkesbåtane i Sogn og Fjordane (FSF). I følge rederiet ble overbygget i sandwich hele 30 tonn lettere enn andre alternativer, ned fra 45 til 15 tonn. Fordi kjernematerialet som benyttes i sandwich har meget gode isolerende egenskaper, slapp man også å etterisolere innredningen.



Figur 6: Sandwichoverbygg til kystfergen MS Nordfjord

Danyard AS har bygget et overbygg i sandwich til en 77m lang superyacht i stål. Dette overbygget var på 2,5 etasjer, ca. 55m langt, ca. 14m bredt og veide totalt ca. 60 tonn. Overbygget ble prefabrikkert og heist på plass i en operasjon innenfor toleranser på i størrelsesorden 1 cm. Overbygget ble boltet fast til ståldekket. Det ble støpt inn en stålskinne på undersiden av overbygget som ble boltet til en tilsvarende skinne som var sveiset fast i ståldekket.

Det finnes også flere eksempler på overbygg i kompositt/sandwich på store militære fartøy. Det har vært vanlig å bruke aluminium i overbygninger på slike fartøy for å spare vekt. Det trekkes imidlertid frem i negativ retning at erfaringer fra Falklandskrigen viste at aluminium hadde dårlige egenskaper i brann [3] på grunn av materialets høye varmeledningsevne og at det mykner og smelter ved relativt lave temperaturer. Det pekes i samme artikkel også på alvorlige problemer med utmattingsprekker der aluminium sveises fast til stålskroget og høyt oppe i overbygningen hvor det er størst deformasjoner på grunn av bevegelser på langs i skroget. Det er registrert store reparasjonskostnader på grunn av slike utmattingsprekker. Dette har bidratt til at det er økt fokus på bruk av kompositter i overbygninger på store militære fartøy. Typisk bruddtøyning i glassfiberarmert plast er 10 ganger høyere enn i stål og problemer med utmattingsprekker forventes å være betydelig mindre. I denne sammenheng fremheves også komposittmaterialenes ballistiske egenskaper og evne til å stoppe splinter og fragmenter. Den største overbygningen vi har funnet på militære fartøy er på den franske fregatten LaFayette [3]. Den bakre delen av overbygningen er bygget i sandwich. Den er 38m lang, 15 m bred og 6,5-8m høy.

På basis av dette ble det besluttet å gjennomføre en studie spesielt for å sammenligne vekt og kostnader for å produsere overbygninger i henholdsvis kompositt/sandwich og aluminium. Denne studien er beskrevet i en separat rapport [4]. Studien viste at et overbygg i sandwich vil være konkurransedyktig eller sammenlignbart i pris med aluminium. Analyser av et konkret styrehus viser at en sandwichløsning vil gi ca. 18 % lavere kostnad når den sammenlignes med et isolert styrehus i aluminium. Resultatene viser at bruk av sandwich vil gi en betydelig vektbesparelse sammenlignet med aluminium. En sandwichløsning vil veie ca. 10 kg/m^2 , mens isolert aluminium vil veie ca. 30 kg/m^2 . Dette gir en vektbesparelse på ca. 20 kg/m^2 eller nær 70 %. Den prosentvise vektbesparelsen vil bli mindre (50-60 %) når ferdig innredete overbygninger sammenlignes. Analyser av mekaniske egenskaper og egenfrekvenser viser at de sandwichpanelene som er vurdert i rapporten er ekvivalente med aluminiumspanelene de er sammenlignet med.

Denne analysen vil bli fulgt opp med en ny undersøkelse for en tilsvarende sammenligning av kompositt/sandwich og aluminium i overbygningen på et stort fiskefartøy.

4.3 Løse RSW-tanker i kompositt/sandwich

RSW-tanker representerer store volum på fiskefartøy. På et 44 m kombinert snurper og snurravadfartøy er det for eksempel 8 RSW-tanker (Refrigerated Sea Water) med et totalt volum på $700\text{-}1000 \text{ m}^3$. Disse tankene er oppbevaringstanker for fisk som fanges på feltet. Død fisk samles opp i tankene som er fylt med avkjølt sjøvann. Dette er en metode som sikrer at fiskens kvalitet ikke forringes i nevneverdig grad før den tas i land. Det er ikke uvanlig at volumet av disse på store fiskefartøy (f. eks. havgående pelagiske trålere) kan være helt opp til 2000 m^3 .

RSW-tankene er i dag faste tanker som inngår som en del av skrogstrukturen. For det tilfellet ble det konkludert med at de da mest hensiktsmessig lages i samme materiale som skroget. Det vil si at for stålfartøy lages tankene i stål og for kompositt/sandwichfartøy lages de mest hensiktsmessig i sandwich.

Det ble av flere uttrykt ønske om å vurdere et konsept basert på løse RSW-tanker i kompositt/sandwich for fiskefartøy med stålskrog. Det var flere grunner til at dette ble trukket frem som en anvendelse hvor det ville være interessant å vurdere bruk av kompositt/sandwich. De viktigste årsakene var:

- Potensial for vektreduksjon
- Forbedret isolasjonsevne som vil gi mindre behov for å sirkulere sjøvann og dermed forbedre kvaliteten på fisken
- Redusert behov for vedlikehold
- Lettere og bedre renhold

Disse lasterommene garneres med 5-7 mm stålplater. Stålplatene sandblåses og pålegges et 300-500µm tykt epoksybelegg. Garneringen utføres på to prinsipielt forskjellige måter. De sveises fast til spantene og bidrar i det tilfellet til styrken i skroget. Det oppstår imidlertid kuldebroer som reduserer isolasjonen. Garneringsplatene kan også avisoleres fra spantene f. eks. med treklosser. De vil da ikke bidra til styrken i skroget, men problemet med kuldebroer blir mindre. Rommet mellom garneringsplatene og skroget trykkprøves og isoleres deretter ved å injisere polyuretanskum mellom stålplater og skott. Et problem med denne løsningen i tillegg til kuldebroer er at det kan oppstå sprekkdannelser i garneringsplatene slik at vann trenger inn i polyuretanskummet. Sprekkskadene kan utbedres men lukten som oppstår på grunn av fuktinntrengningen er vanskelig å bli kvitt. Det er også et betydelig korrosjons- og vedlikeholdsproblemer. Malingen som benyttes for vedlikeholdet har lett for å flasse av.

Fisken pumpes normalt opp i en avsilingskasse og sjøvann skilles ut før fisken ledes via lederenner til RSW-tankene. Normalt er det lite sjøvann i RSW-tankene. For fisk til konsum og for makrell er det en noe høyere andel vann. Vanligvis benyttes 20 % sjøvann for sild og 50 % for makrell. Bruk av kompositter vil gi forbedret isolasjon og mindre behov for å sirkulering av vann. Mindre sirkulasjon av vann vil gi bedre kvalitet på fisken.

Fra flere ble det også uttrykt interesse for å utvikle et helt nytt designkonsept basert på RSW-tanker i kompositt/sandwich for å komme frem til optimale løsninger. Fra flere hold ble det uttrykt interesse for løsninger basert på runde tanker. Det ble fremhevet at runde RSW-tanker kan gi mulighet for større tetthet. Det ble også hevdet å være et poeng å redusere høyden i RSW-tankene for å redusere risikoen for trykkskader på fisken. Ved for høyt trykk kan buken på f. eks sild revne. Utnyttelse av plass ved bruk av løse RSW-tanker ble ikke ansett som noe problem.

Bruk av løse RSW-tanker på brønnbåter ble også vurdert som en aktuell mulighet. Det ble diskutert om en slik løsning ville redusere plassutnyttelse som er meget viktig for denne typen fartøy. Det var ulike meninger om dette og hvilken betydning det ville ha. For brønnbåter kan runde tanker med et effektivt sirkulasjonssystem tillate høyere tetthet av levende fisk. Dette kan kompensere for en eventuell dårligere plassutnyttelse.

Det ble også nevnt av flere at det var bygget RSW-tanker i kompositt i Danmark. Det er ikke funnet frem til flere detaljer om dette. Det ble også hevdet at det i Chile var bygget fartøy med runde RSW-tanker. Dette dreier seg om båter som ble bygd om til brønnbåter med runde tanker.

Basert på resultatene fra diskusjonene ble det besluttet å gjennomføre en analyse av det potensialet for forbedringer som kan oppnås ved å bygge løse RSW-tanker i kompositt/sandwich. I denne analysen var det viktig å utnytte at komposittmaterialenes spesifikke styrke (styrke i forhold til vekt) er mye høyere enn den spesifikke styrken til tradisjonelle bulkmaterialer som stål og aluminium. I tillegg kan kompositter benyttes i sandwichløsninger der bøyestivhet er totalt overlegen den man finner i vanlige plater. Sandwichmaterialer har også den fordel at de er ferdig isolerte. Resultatene av denne analysen er beskrevet i en egen rapport [5]. Analysen ble gjennomført i tilknytning til et 44 m kombinert snurper og snurravadfartøy med 8 RSW-tanker. Det ble gjennomført en rekke numeriske beregninger (FEM) av de mest kritiske delene av tankene for å komme frem til en tilfredsstillende konstruksjonsløsning i sandwich. Analysene viser at løse

RSW-tanker i sandwich er et realistisk alternativ til stålplategarnering og vil gi en betydelig vektbesparelse. For det aktuelle fartøyet er det beregnet at bruk av sandwich i RSW-tankene vil gi en vektbesparelse på ca. 40 tonn i forhold til nåværende stålplategarnering, en reduksjon fra 65 tonn til 25 tonn. Dette representerer en vektbesparelse på nær 10 % av lettskipsvekten.

4.4 Store dekksluker i kompositt/sandwich

Store dekksluker lages i dag for det meste i aluminium og stål. En gjennomgang av spesifikasjoner for en pelagisk tråler på 55 meter viste at det totalt var omtrent 10 tonn med aluminiumsluker på dette fartøyet. Dette viser at det er et betydelig potensial for vektbesparelse dersom luker i sandwich kan konstrueres lettere. Vektbesparelse vil også forbedre håndterbarheten av lukene, noe som av flere ble trukket frem som en viktig faktor. Håndterbarhet er spesielt viktig for mindre luker som åpnes ofte.

Det var interesse for å vurdere bruk av kompositt/sandwich i store luker på fiskefartøy og for å gjennomføre en sammenligning av store dekksluker i aluminium med en alternativ konstruksjon i sandwich. De viktigste grunnene som ble trukket frem i diskusjonene var:

- Mulighet for betydelig vektbesparelse
- Mulighet for å unngå korrosjon og dermed redusere behov for vedlikehold
- Forbedret håndterbarhet
- Forbedret isolasjon og mulighet for å unngå ekstra isolasjonsplugg i lukeåpningen
- Muligheter for å utvikle standardiserte løsninger

Det ble besluttet å gjennomføre en analyse av bruk av kompositt/sandwich i store dekksluker og sammenligne med en lukekonstruksjon i aluminium. Det ble tatt utgangspunkt i en konkret luke som er bygget i aluminium med hoveddimensjoner 2744 x 2471mm. Undersøkelsen ble gjennomført i samarbeid med Rolls Royce Marine AS som skipskonsulentfirma og Libra Plast AS som produsent av luker i sandwich. Libra Plast AS lager i dag mindre luker og dører i sandwich. Resultatet av denne analysen er beskrevet i en egen rapport [6].

Det er gjennomført numeriske beregninger (FEM) i henhold til krav i gjeldende forskrifter for lukedeksler for ulike materialløsninger i sandwich. Resultatene for denne luken viser at en designløsning i sandwich som tilfredsstillere kravene i gjeldende forskrifter vil veie ca. halvparten av aluminiumsluken når hengsler og låsemekanisme unntas. I tillegg vil den ekstra isolasjonspluggen som benyttes for aluminiumsluker kunne unngås og gi en ytterligere vektbesparelse. På store fiskefartøy (50-60m) kan det være ca. 10 tonn med aluminiumsluker. Det anslås at vektbesparelsen ved å bygge lukene i sandwich vil være 3-4 tonn. Rapporten viser også at en tilfredsstillende løsning i sandwich vil være robust og ha god slagresistens.

4.5 Konstruksjon av signalmast til fiskefartøy i komposittmateriale.

Signalmaster ble diskutert som en anvendelse hvor det ville være ønskelig å vurdere hvilket potensial som lå i å benytte kompositter som konstruksjonsmateriale. De viktigste årsakene til å vurdere en komposittløsning var:

- Lavere vekt høyt oppe på skipets struktur
- Ingen korrosjon og dermed mindre vedlikehold
- Muligheter for standardisering

Det ble fremhevet at det ville være en fordel å benytte et ikke ledende materiale for å redusere interferens med sensorer i masten. Bruk av komposittmaterialer kan bidra til å redusere vibrasjonsproblemer i masten. Materialenes gode utmattingsegenskaper ble også sett på som en fordel i en mastkonstruksjon.

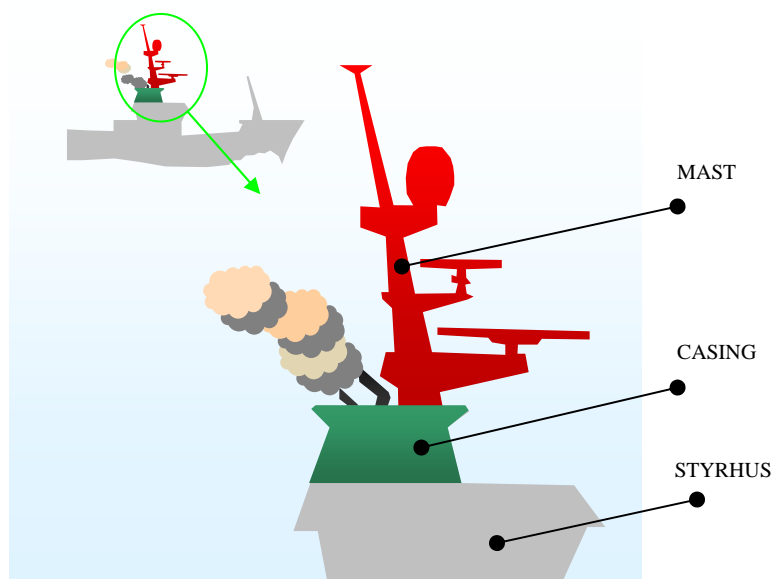
Konstruksjonen av signalmastene på fiskefartøy har mange likhetstrekk, og flere så det som en interessant mulighet å utvikle en standardisert mastkonstruksjon for fiskefartøy som kunne serieproduseres av en underleverandør.

Det kom også frem at det kunne være interessant å vurdere master i kompositter også for mindre fartøyer. For disse ville en problemstilling være å utvikle en kraftigere mastkonstruksjon og integrere en bom i masten.

Det har også blitt gjennomført analyser av å benytte kompositter i mastkonstruksjoner på militære fartøyer [3]. Undersøkelser viste at bruk av kompositter kunne fjerne mange av problemene ved master i stål og aluminium. Dette omfattet bl.a. interferens med sensorer, med skipets radar og kommunikasjonssystemer, problemer med korrosjon og utmatting og med fartøyenes radarsignatur. Konstruksjon av en prototyp (11 m høy) av en fagverksmast basert på en hybridarmring av S-glassfiber og karbonfiber viste at en komposittløsning kunne bli 20-50 % lettere enn en aluminiumskonstruksjon, men en del dyrere. US Navy har gjennomført et stort prosjekt som omfattet utvikling av en lukket mastkonstruksjon basert på bruk av komposittmaterialer [3]. Målet var å vise at en mastkonstruksjon i komposittmaterialer for militære fartøyer kunne bygges til en konkurransedyktig pris og å bekrefte at det kan oppnås forbedret korrosjonsresistens, økt sensorytelse og redusert radarsignatur. Denne mastkonstruksjonen ble utviklet og installert på en destroyer. Masten var 28 m høy og 10.7 m i diameter. En annen fordel som ble trukket frem med en slik konstruksjon var at alle antenner og instrumenter i masten ville bli innelukket og beskyttet. Erfaringen viste at denne mastløsningen tilfresstilte alle kravene som ble stilt av US Navy.

Basert på disse diskusjonene ble det besluttet å gjennomføre en studie for å vurdere kompositt/sandwich som alternativ til aluminium som konstruksjonsmateriale i en signalmast på et stort fiskefartøy. Det ble tatt utgangspunkt i signalmasten på et 44 m kombinert snurper og snurravadfartøy. Analysen ble begrenset til den delen av masten som er over dekket på toppen av casingen som sitter over styrehuset. Denne delen av masten var 7,25 m høy (kfr. Figur 7). Resultatene av analysen er beskrevet i en separat rapport [7].

I en slik mastkonstruksjon med et rektangulært tverrsnitt som er stort i forhold til veggtykkelsen og hvor det er konstruksjonens globale stivhet som er viktig får man ikke utnyttet den høye platestivheten i sandwichpaneler og forskjellen mellom sandwich og enkeltskall i kompositt blir at man ved å benytte sandwich ikke trenger lokale stivere. Analysen viste at for å oppnå vektbesparelse ville det være nødvendig å benytte komposittlaminater med karbonfiberforsterkning. Numeriske analyser viste at mastkonstruksjonen og topprøret som med dagens aluminiumsløsning veier 275 kg ville veie 151 kg ved å benytte karbonfiberlaminater som konstruksjonsmateriale. Det er en vektbesparelse på 57 %. Tar man med plattformer og utstyr og forutsetter at også plattformene lages i karbonfiberlaminater vil totalvekten være 614 kg i forhold til dagens aluminiumsløsning som veier 825 kg. Det vil gi en vektbesparelse på 200 kg. I forhold til skipsvekten blir vektbesparelsen ved å benytte karbonfiber i stedet for aluminium marginal. Sannsynligvis vil derfor andre faktorer som kostnader, vedlikehold, interferens med elektronisk utstyr, utmattingsegenskaper etc. spille en viktigere rolle for materialvalget.



Figur 7: Skisse av signalmasten med casing og del av overbygningen. Masten står montert over styrhuset og den er solid forankret i casingdekket. Dette dekket er kraftig stivet med tversgående bjelke. På de to nederste plattformene er det montert radarer og på den øverste er det satelittkommunikasjonsutstyr.

4.6 Løse tanker

Det finnes en rekke forskjellige tanker på fiskefartøy hvor det ble fremhevet at andre materialvalg kunne være aktuelt. Dette gjelder i første rekke løse tanker som ikke er integrert i skrogkonstruksjonen og inkluderer bl.a. tanker i fabrikkområde og på dekk. Flere av disse kan bygges i komposittmateriale. Det ble spesielt nevnt at det på noen fartøy finnes dekkstanker som kan være 1.5 m høye, 10 m brede og oppdelt i flere seksjoner. Slike tanker som benyttes til fisk og vann lages i dag i rustfritt stål.

Rulledempingstanker er for enkelte fartøyer løse tanker, mens de for andre er integrert i skroget. Løse rulledempingstanker ble trukket frem som aktuelt å lage i komposittmaterialer.

Andre løse tanker som det ble nevnt kunne være aktuelt å lage i komposittmateriale var f. eks. septiktanker, avløpstank (kvadratisk), smøreoljetanker, hydraulikktanker og blødetanker / blødekar.

En gjennomgang av spesifikasjoner for tre ulike fiskefartøy (kfr. side 4) med lengde 50-55 m ga en oversikt over omfanget av tanker og spesielt i denne forbindelse løse tanker på fiskefartøy.

Gjennomgang av disse spesifikasjonene viste en rekke løse tanker og binger/kar. Aktuelle tanker som kan vurderes konstruert i GRP er bl.a. ferskvannstanker, diverse brennoljetanker, slamtanke, smøreoljetanker, lensevannstank, gråvannstanker, avløpstanker, septiktanker, rulledempingstank og diverse dieseloljetanker. På en pelagisk tråler viste gjennomgangen at det kunne være i størrelsesorden 15 tanker av denne typen med et volum i størrelsesorden 70-80 m³. I tillegg er det notbinge på noen fartøy som kan ha et volum på 150-160 m³. Det finnes også flere mottaksbinge for fisk som kan være aktuelt å vurdere utført i komposittmaterialer.

Komposittmaterialer brukes mye i tanker bl.a. i kjemisk prosessindustri og på oljeplattformer til havs. De viktigste grunnene til å velge komposittmaterialer er vektbesparelse, korrosjonsresistens, lang levetid og lave vedlikeholdskostnader. Kompositter ble tatt i bruk i stort omfang på Heidrun plattformen i Nordsjøen. Heidrun er en strekkstagplattform hvor vektbesparelse er viktig. Kompositter ble benyttet i store lagringstanker og drenasjetanker. De største tankene var ca. 7 m i diameter og 16 m høye. Til sammen var det ca. 330 tonn med kompositttanker på denne plattformen.

Vektbesparelsen ved å benytte kompositter i stedet for stål i tanker avhenger av materialvalg, trykk og dimensjoneringsgrunnlag. Generelt vil vektreduksjonspotensialet ved å benytte komposittmaterialer ligge på 30-60 % [8, 9]. Ståltanker lages generelt ikke med lavere veggtykkelse enn 5 mm, bl.a. på grunn av sveiseproblemer ved tynnere plater. For slike tilfeller vil vektbesparelsen ved å benytte kompositter bli større og for tanker hvor et 5 mm komposittlaminat er tilstrekkelig kan vektbesparelsen bli opp mot 80 %. Generelt regnes det med at kompositttanker vil være noe dyrere enn vanlig karbonstål og konkurransedyktig med rustfritt stål.

Det er ikke uvanlig at kompositttanker designes for levetider opp til 50 år. En omfattende undersøkelse av kompositttanker som hadde vært i drift i mellom 5 og 25 år i kjemisk prosessindustri [8] illustrerer det lave behovet for vedlikehold. Undersøkelsen omfattet 190 tanker laget i glassfiberarmert herdeplast for bl.a. sjøvann, saltsyre, lut og natrium hypokloritt ved driftstemperaturer opp mot 100 °C. Av de 190 tankene som ble undersøkt var det 67 % hvor det ikke hadde vært behov for noen form for vedlikehold. 25 av tankene hadde vært i drift i mer enn 20 år. For 44 % av disse hadde det ikke vært behov for vedlikehold. For 38 % av tankene hadde det vært observert mekanisk skade i stusser og i 31 % av tankene var det satt inn ny liner. Denne undersøkelsen, hvor tankene var utsatt for krevende kjemiske miljøer, illustrerer godt det lave vedlikeholdsbehovet ved å benytte kompositttanker.

4.7 Avsilingskasse og lederrenner

Silkasser og distribusjonssystem for råstoff om bord i snurpefartøyer ble av flere trukket frem som et system hvor det kunne være aktuelt å vurdere bruk av komposittmaterialer. Det er normalt en avsilingskasse for sortering og fordeling av fisk til de ulike RSW-tankene og en avsilingskasse for lossing med renne for levering av fangst til land. Disse avsilingskassene med lederrenner lages i dag i syrefast stål. Det ble også trukket frem at syrefast stål og sjøvann ikke går så godt sammen.

Det kan være aktuelt å vurdere bruk av kompositter i dette systemet. Det kan i denne forbindelse være aktuelt å vurdere en ny konstruksjon av systemet som tilpasses bruk av komposittmaterialer. Komposittmaterialer vil generelt for mange anvendelser være konkurransedyktig i pris med syrefast stål. Dette avhenger imidlertid av konstruksjonen og hvor effektivt det kan produseres

4.8 Utstyr i syrefast, rustfritt og galvanisert stål

Det benyttes mye utstyr på dekk og i fabrikkområde på fiskefartøy hvor det i dag benyttes rustfritt stål, syrefast stål eller galvanisert stål. Det ble trukket frem at det ville være aktuelt å vurdere bruk av kompositter i slikt utstyr. Det ble uttrykt at det ville være interessant å gå systematisk igjennom og kartlegge alt slikt utstyr og å vurdere hvor det ville være gunstig å bruke komposittmaterialer.

4.9 Garnering av lasterom

På snurpere består lasterommene hovedsakelig av RSW-tanker som på større fartøy kan være 1000 – 2000 m³. Garneringen av disse er beskrevet i kap. 4.3 foran hvor en løsning med løse RSW-tanker i sandwich er vurdert. Et alternativ kan være en garneringsløsning basert på komposittlaminater eller sandwichpaneler konstruert som et byggesystem med profiler. En forutsetning vil være å utvikle et system som er enkelt å montere og feste til skroget. Det er referert til et dansk firma som har kledd et lasterom med kompositter slik at kledningen blir helt tett. De benyttet ferdig formaterte paneler (typisk 1 x 2 m) med PVC skumisolasjon på baksiden. Platene ble lagt på et rammeverk av impregnerte trebjelker. Det ble lagt gel-coat på siden inn mot lasterommet og skjøtene ble slipt og overlaminert med remser av glassfiber og polyester.

På linebåter og trålere består lasterommene hovedsakelig av tørre fryserom som er isolert for -30 °C. Disse lasterommene garneres med finerplater og isoleres med Rockwool og polyuretanskum. Finerplatene er vanligvis 12 mm tykke trykklaminater. Skjøtene mellom finerplatene tettes med en silikonmasse. Platene monteres/skrus på et rammeverk av trelektre eventuelt med en plastkloss i mellom for å redusere tap. Det ble uttrykt at vedlikeholdsbehovet for denne typen garnering var forholdsvis lite. Det ble imidlertid uttrykt at det kan oppstå problemer med lekkasje og råteskader på finerplatene som igjen kan føre til luktproblemer. Det ble også fremhevet at garnering og isolering av fryserom på fiskefartøy var arbeidskrevende og ikke særlig rasjonelt. Flere uttrykte at vurdering av en løsning basert på sandwichmaterialer ville være av interesse. Det ville være viktig å komme frem til løsninger slik at kuldebroer unngås. Lasterom for iset last kles normalt som fryserom. Linefartøy iser ofte fisk i kasser. Det kan føre til mye vannsøl. Det vil igjen være viktig å utvikle et byggesystem som vil være enkelt og rasjonelt å montere. Det kan f. eks. være basert på et system med profiler og plater som lett kan festes sammen til en kledning. Det vil være viktig å finne en tilfredsstillende løsning for innfesting til stålet.

Kledninger i fabrikkområdet er enklere enn i tørre lasterom. I dag er såkalte fibo-plater med glatt overflate mye benyttet. Platene er forholdsvis tunge og det er observert problemer med delaminering etter at de har vært bruk i ca. 10 år. Det har vært vurdert å erstatte disse platene med plater av tynne komposittlaminater. En viktig faktor vil være å finne frem til en løsning som gjør monteringen enkel og effektiv.

4.10 Gangveier, gangrister og rekkverk

Disse lages i dag hovedsakelig i galvanisert stål og i noen tilfeller i aluminium (bl.a. på brodekk og brotak). Det ble i diskusjonene trukket frem som aktuelt å vurdere løsninger basert på komposittmaterialer. Det finnes i dag kommersielle løsninger som i hovedsak er basert på pultruderte komposittprofiler. Hovedgrunnen til å vurdere kompositter er vedlikeholdsfrihet og vektbesparelse.

På offshoreplattformen Mars i Mexico-gulven er det utstrakt bruk av kompositter i gangrister på dekk og i gangveier generelt (mer enn 3000 m²). Bruk av kompositter i slike anvendelser trekkes også frem som gunstig i brannsituasjoner. Det henger sammen med materialenes lave varmeledningsevne som gjør det mulig å gå på disse gangveiene nær inntil en brann i motsetning til metallbaserte løsninger hvor det ikke vil være mulig.

US Navy evaluerer også bruk av komposittmaterialer i gangrister på dekk [3]. De har foretatt installasjon av gangrister på dekk på fire hangarskip for å fremskaffe dokumentasjon på hvordan de fungerer. Det antas at denne evalueringen vil vise at bruk av kompositter vil gi en signifikant

kostnadsreduksjon over levetiden sammenlignet med gangrister i stål på grunn av materialenes korrosjonsresistens.

4.11 Rør og rørsystemer

Komposittrør er tatt mye i bruk i sjøvannsførende rørsystemer på oljeplattformer til havs. De erstatter rør i karbonstål, rustfritt stål, Cu/Ni og titan. Kompositter tas bruk for å redusere vekt og korrosjonsproblemer. Komposittrør er også konkurransedyktig i pris med rustfritt stål og titan. Vektbesparelse sammenlignet med stål vil ligge på ca. 50 %.

Det benyttes i dag ofte plastrør (polyetylenrør) i sirkulasjonssystemet i forbindelse med RSW-anlegget. Det ble også uttrykt ønske om å bruke tilsvarende rør i maskinrommet. Det er imidlertid ikke tillatt i dag av hensyn til brannfare. For å få dette til må dokumentasjon av brannsikkerhet frembringes. Et alternativ kan være å vurdere rør av glassfiberarmert herdeplast.

Det ble også uttrykt behov for plast-/komposittrør i brønnbåter. På disse var det et problem med avsetning på vegger i rør og kanaler. Det ble uttrykt behov for en løsning som reduserer slik avsetning eller et system for automatisk rensing av rørene.

Komposittrør brukes også i brannvannssystemer på offshoreplattformer av sikkerhetsmessige grunner. Med komposittrør unngås det bl.a. at korrosjonsprodukter tetter dysene når brannvannssystemet skal tas i bruk. Komposittrørene som benyttes i denne anvendelsen har et brannbeskyttende belegg utvendig.

4.12 Dekk og dørker

Det vil være aktuelt å vurdere bruk av sandwich i forskjellige dekk og dørker på fiskefartøy. Sandwich brukes i dag i dekkstrukturer på fiskefartøy som lages i sandwich opp til 70-90 fot og i hurtigbåter. Den viktigste grunnen til å vurdere sandwich i slike anvendelser er vektbesparelse. I dekkstrukturer benyttes vanligvis stål. Platetykkelsen avhenger av hvilke dekk det er snakk om og varierer fra 7 mm til 14 mm. De fleste dekkene bygges med tverrskips bjelker og langskips dragere og de garneres ofte på undersiden med 5-6 mm stålplater. I en rapport som beskriver kompositt-/sandwichmaterialer for bruk i fiskeflåten [1] er det gjort sammenligninger med stivhet og vekt for plater og bjelker i sandwich og stål. For å vurdere hvor det kan være aktuelt å benytte sandwich vil det være nødvendig med en gjennomgang av de ulike dekkstrukturer og kartlegge krav til belastninger og vurdere løsninger i sandwich som kan tilfredsstille disse. En viktig faktor vil være å utvikle gode metoder for overgang/innfesting til stålstrukturer.

Det benyttes også en del dørker på fiskefartøy som bygges opp med rockwool på aluminium og deretter med ca. 3 mm selvrettende betong ovenpå. I slike løsninger kan det være aktuelt å vurdere bruk av sandwichkonstruksjoner.

4.13 Korrugerte skott mellom tanker

Det ble også diskutert om det kunne være aktuelt å benytte kompositt-/sandwichmaterialer i korrugerte skott mellom tanker på fiskefartøy. De korrugerte skottene fungerer som skillevegger i tankene. Det ble nevnt at det på en 60 m tråler kunne være ca. 1300 m² av disse. Disse korrugerte

platene dimensjoneres for å tåle væsketrykk og skvalpelaster. De inngår ikke i langskipsstyrken. Det benyttes en typisk dybde på korrugeringen på ca. 600 mm og en typisk lengde på skottene kan være 20 m. I dag benyttes det stålplater på 12-14 mm i disse skottene. Det er ikke gjort noen videre vurdering om kompositt/sandwich vil være egnet for denne anvendelsen.

4.14 Dører og vinduer

Det er en rekke dører av ulike typer på fiskefartøy. Dører lages i henhold til regelverk og brannklasse. Normalt benyttes det isolerte ståldører med pulverlakkert eller laminat overflate. Det skilles mellom branndører (pulverlakkert overflate), lugardører og ikke klassifiserte dører (laminatoverflate), våtromsdører (vannbestandig laminatoverflate), utvendige dører, værtette dører og dører/porter i skipsside.

Det er ikke uvanlig å spesifisere komposittmaterialer i dører som skal være værtette på fiskefartøy. Det finnes dørkonstruksjoner i kompositt/sandwich som tilfredsstiller ulike krav til brannklasse. En fordel med å benytte kompositter i dører er at de ikke vrir seg og låses i en brannsituasjon. Det vil være mulig å utvikle dører i kompositt/sandwich som tilfredsstiller funksjonskravene til A60 brannklasse. Slike dører finnes sannsynligvis kommersielt tilgjengelig, men her vil en nærmere undersøkelse være nødvendig. Slike dørkonstruksjoner må dokumenteres ved branntester. Vektbesparelse og lave vedlikeholdskostnader vil være viktige grunner til å øke bruken av kompositt/sandwich i ulike typer dører på fiskefartøy.

4.15 Ror og propeller og drivaksler

Ror og propellere er utsatt for korrosjon. Det finnes i dag løsninger basert på kompositter for propeller og det vil også være mulig å lage roret i komposittmaterialer. På Nor-Fishing messen i 2002 ble det blant annet vist eksempel på et thrusterrør for sidepropeller i komposittmateriale. På større seilbåter er det gjort forsøk på å fremstille ror i komposittmateriale ved injisering. En nærmere studie vil være nødvendig for å kartlegge fordeler ved å benytte komposittmaterialer.

I [3] pekes det også på at ror i kompositter til militære fartøy er under utvikling. Det forventes at bruk av kompositter kan gi en vektbesparelse på 50 % og en kostnadsreduksjon på 20 % i forhold til dagens metalløsninger. Det refereres også at US Navy benytter ror i kompositter på sine Avenger klasse minesveipere.

Bruk av komposittmaterialer i propeller er også undersøkt i tilknytning til militære fartøyer [3]. Det benyttes vanligvis en nikkel-aluminium-bronse (NAB) legering i propeller på slike fartøy. Dette materialet er imidlertid relativt dyrt å maskinere i den kompliserte geometrien til slike propeller. Det er også utsatt for utmattingssprekker og har noe dårlig akustisk demping som kan føre til problemer med lyd og vibrasjoner i fartøyet. Propellblader i komposittmaterialer kan designes med optimal orientering av armeringsfibrene i forhold til belastningene de utsettes for. De kan bygges opp av faste laminater basert på glass og karbonfiber eller som sandwichkonstruksjoner. Et tynt lag av polyuretan eller rustfritt stål kan være aktuelt for å beskytte spissen av bladet mot skader. Det refereres til at den første anvendelsen av komposittmaterialer i propellblader opp til 2 m i diameter var i sovjetiske fiskefartøy på 60 tallet. Dette ble fulgt opp av propellblader opp til 6 m i diameter på store kommersielle fartøyer på begynnelsen av 70-tallet. En sammenligning viste at fartøy med komposittpropeller hadde tilsvarende ytelse som fartøy med metallpropeller med hensyn til hastighet, drivstofforbruk, effektforbruk og levetid. De viktigste potensielle fordelene som trekkes frem ved å lage propeller i

komposittmaterialer er mulighet for å redusere kostnader (ved store serier), reduserte vedlikeholdskostnader, vektreduksjon og reduksjon av støy og vibrasjon. Et viktig problem med propeller er kavitasjon, det vil si pulserende undertrykk på utsatte posisjoner som fører til tæring. Det er i denne sammenheng vurdert propeller i kompositt som på grunn av sin elastisitet kan forme seg under belastning slik at problemer med kavitasjon kan reduseres. På ekstreme propeller f. eks i islagt farvann og hvor det er behov for økt styrke blir det ofte brukt rustfritt stål. Det må også tas med i vurderingen at propellene på mange fiskefartøy dimensjoneres etter en isklasse. Det finnes eksempler på bruk av kompositter i propeller på militære fartøyer (bl.a. på minesveipere), men bruken er ikke så mye utbredt.

I tilknytning til evaluering av kompositter til propeller vurderes det også å benytte kompositter i drivakslinger for store militære fartøy. Drivakslingene på store fartøy som fregatter og destroyere utgjør opp mot 2 % (eller 100-200 tonn) av den totale skipsvekten. Det trekkes frem at fremstilling av drivakslinger basert på glass- og karbonfiberarmert epoksy har potensial for å redusere vekten med 25 – 80 %. Det hevdes også at drivakslinger i kompositter på grunn av materialenes gode dempningsegenskaper vil bidra til å redusere støy. Bruk av kompositter hevdes å kunne bidra til å redusere korrosjonsproblemer og til en reduksjon av levetidskostnadene. Drivakslinger i karbonfiberarmert kompositt er bl.a. benyttet på store hurtigbåter.

4.16 Rister/skyveskott i brønnbåter

Det ble uttrykt at det kunne ligge et potensial i utvikling av rister i plast/kompositt som kunne erstatte rister i galvanisert stål i brønnbåter. Ristene dekker de områdene i tanken hvor vannet strømmer inn og ut. Potensialet ved plastrister vil sannsynligvis ligge i at de vil være rimeligere i innkjøp og lettere å vedlikeholde. Utfordringen ved utvikling av slike rister i plast vil være å møte designkriteriene. Lysåpningen må være så liten at smolt ikke kan svømme ut, overflaten på ristene må være 40 % hull med typisk dimensjon på 8 – 12 mm. Tykkelsen vil typisk være 7-8 mm. Ristene må samtidig være sterke nok til å tåle belastningene de blir utsatt for. Det brukes i dag flere tonn med galvaniserte/syrefaste stålplater til slike rister. Et problem som ble trukket frem med disse var galvanisk korrosjon. Rister i form av perforerte plater i syrefast stål benyttes også i RSW-tanker på fiskefartøy.

4.17 Kraner i komposittmaterialer

Det er flere ulike kraner på fiskefartøy. Det ble også diskutert å foreta en vurdering av å konstruere kraner i komposittmaterialer. Det ble referert til en studie på dette for å dimensjonere og sertifisere en kran i komposittmaterialer for et middels stort fiskefartøy. Det vil være en kran med leddet arm.

4.18 Slitasje- og rustutsatte komponenter på fiskefartøy

Dette var en problemstilling som ble tatt opp i forbindelse med diskusjonene med redere, skipskonsulenter og verft. Det ble avdekket få problemstillinger hvor det ble ytret behov for nye forbedrede materialløsninger på grunn av høy slitasje. Det ble uttrykt at fiskefartøy ikke er spesielt utsatt for slitasjeskader på selve strukturen og skipsutrustningen. Det meste er dimensjonert for å holde i skipets levetid. Et unntak som ble trukket frem var trålbanen hvor trålbruket blir dratt over dekket. Wirer og stålkuler (bobbins) sliter ned dekket og det ble trukket frem et eksempel hvor tykkelsen på trålbanen var kommet ned i minimums tykkelse etter 16 års

drift. Det benyttes et spesielt slitestål i disse områdene og en løsning som ble nevnt var å legge på doble plater i slike spesielt slitasjeutsatte områder. En annen løsning kan være å vurdere om det kan benyttes slitasjebelegg basert på f. eks. keramiske materialer som kan bidra til å redusere slitasjen.

En spesiell problemstilling som ble trukket frem var i forbindelse med linebåter som benytter en dragebrønn for draging av line. Dragebrønnen er et vertikalt hull, såkalt Moon-pool, som er plassert litt aktenfor midtskipet. Hensikten med en slik brønn er å redusere belastning og fare for fiskere som ved en konvensjonell løsning står ganske eksponert forut ved en luke i skipssiden ved draging av linen. Her er skipsbevegelsene store og det hender at sjøen slår inn gjennom drageluken. Et problem med en slik dragebrønn er at linen gnager mot stålet i utløpet av hullet slik at det blir spor i stålplatene. Normalt må båter som har en slik dragebrønn legge på et nytt lag med spesialstål en gang i året i området hvor det oppstår slitasje. Dette koster ca. NOK 20.000 pr. gang. Det ble uttrykt interesse for finne frem til en billigere og mer varig løsning basert på en annen type slitasjeresistent belegg som f. eks kunne være basert på keramer.

Rust ble ikke uttrykt å være noe spesielt stort problem på fiskefartøy. Det meste er dimensjonert for skipets levetid som vanligvis er 30 – 35 år. De fleste seriøse fiskebåteiere bruker likevel mye penger på maling og vedlikehold fordi båtene skal se fine ut og fungere tilfredsstillende. Utvendig rust er knyttet til komponenter som ikke er rustfrie og til skarpe kanter der malingslaget er tynt. Store plane flater er generelt ikke noe problem. Detaljutforming med avrundete kanter kan redusere rustproblemer. Vinduskarmer er særlig utsatt for rust p.g.a. skarpe kanter og områder mellom pakningslist i gummi og stål der man ikke kommer til med maling. Rust kommer også ofte på rørklammere som blir sveiset på i ettertid.

Skrog som blir bygd i utlandet blir primet før sleping til Norge. Ofte tar det lang tid for skrogene blir påført maling og da blir primeren så hard at malingen ikke sitter. Overflaten må derfor rubbes ned før maling påføres.

I fabrikkområdet er det en svært fuktig atmosfære som fører til strøml lekkasjer. Dette fører til en del galvanisk tæring på syrefast stål og aluminium. I den grad det er tillatt i henhold til regelverket å benytte plastrør så benyttes dette for å unngå rust og dessuten lekkasjestrøm.

4.19 Toalettromsmoduler og innredningsmoduler

Det har vært diskutert å prefabrikere slike moduler i kompositt-/sandwichmaterialer. En slik studie er tidligere gjort i forbindelse med produksjon av slike moduler til offshoreplattformer. En av konklusjonene da var at kompositt-/sandwichmaterialer ville være mest aktuelt dersom slike moduler kunne standardiseres og serieproduseres.

4.20 Skorsteiner

Det fremheves at kompositter sannsynligvis i økende grad vil bli tatt i bruk i skorsteiner på store militære fartøyer [3] for å redusere vekt høyt oppe på skipet og at det sannsynligvis også vil bidra til å redusere kostnader. Kompositter har i mange år blitt brukt i skorsteiner på minesveipere [3] og av nyere eksempler nevnes bruk av kompositt/sandwich i skorsteinen på den svenske Visby-korvetten og den franske fregatten La Fayette (se også [1]). Det arbeides med å utvikle skorsteiner til store militære fartøyer i sandwich og det nevnes også at US Navy vurderer å installere skorstein i komposittmateriale på destroyere. I tillegg til å redusere kostnader og vekt trekkes det også frem

at bruk av komposittmaterialer i skorsteiner vil bidra til å redusere radarsignatur og infrarød signatur. I en artikkel [10] vises til et italiensk rederi som har installert skorsteiner i komposittmateriale på to cruise skip. Skorsteinene ble bygget som en elliptisk sandwichstruktur med dimensjoner 3 x 5 x 12 m. Bruk av sandwich skorsteinene ble hevdet å gi en vektbesparelse på 50 % og en kostnadsbesparelse på 20 % i forhold til strukturene i aluminium og stål som de erstattet.

Dette viser at bruk av kompositt-/sandwichmaterialer i casing og skorstein på fiskefartøy kan gi et potensial for både vekt- og kostnadsreduksjon i forhold til dagens materialløsninger. Det er i dag mest vanlig å benytte stål.

4.21 Komponenter i maskinrom

US Navy har undersøkt mulig bruk av kompositter i komponenter til maskinrommet på militære fartøy. De undersøkte først bruk av kompositter i deksel til giret. De fant at en løsning basert på kompositter ville være 90 % lettere enn stålløsningen som ble benyttet, men på grunn av økt støy ble den ikke tatt i bruk. De har mer nylig undersøkt mulighet for å ta i bruk kompositter i en rekke komponenter i maskinrommet. Dette omfatter bl.a. bruk av glassfiberarmert fenol (god brannresistens) i deksel for gassturbin, ventilasjonskanaler, pumper og diverse tanker. Fordeler som trekkes frem er vektreduksjon, kostnadsreduksjon, støyreduksjon, forbedret elektromagnetisk signatur og økt motstand mot korrosjon, slitasje og utmatting. Selv om mange fordeler ble trukket frem er bruken av komposittmaterialer i komponenter i maskinrommet meget begrenset.

4.22 Ventiler og pumper

På 1980-tallet installerte US Navy [3] ca. 100 kuleventiler i komposittmateriale i et av sine amfibie lasteskip. Erfaringer med disse var meget bra og de krevde praktisk talt ikke vedlikehold på de 10 årene som gikk før skipet ble tatt ut av bruk. Kommersielle komposittventiler hevdes å ikke oppfylle alle kravene med hensyn til bl.a. sjokk og brannresistens som gjelder for militære fartøy. Det hevdes at US Navy designer sine egne kuleventiler i komposittmateriale som møter alle de strenge kravene som stilles til ytelse. Sammenlignet med konvensjonelle kuleventiler i bronse trekkes det frem at de tilsvarende komposittventilene er mer korrosjonsresistente, lettere å vedlikeholde, 70-80 % lettere og 50-75 % billigere å produsere.

Det arbeides også med å utvikle komposittpumper for US Navy. Dette inkluderer både pumpehus og impellere. Sentrifugalpumpene som benyttes til å pumpe sjøvann og "brine" er utsatt for korrosjon og erosjon. Slike pumper i komposittmaterialer hevdes å være mer korrosjonsresistente, lettere, mindre magnetiske, mer stillegående og opp til 30 % billigere enn tilsvarende metallpumper.

Bruk av kompositter både i ventiler og pumper vil være aktuelt på fiskefartøy av samme grunner som trukket frem ovenfor. Anvendelsen vil være avhengig av at det finnes gode kommersielle løsninger tilgjengelig. Det vil kreve en markedsundersøkelse for å få frem en oversikt over aktuelle alternativer, produsenter og leverandører.

4.23 Fundamenter for motor og utstyr

På store militære fartøy er det typisk over 1500 fundamenter i stål for å understøtte maskineri og utstyr. Disse hevdes å ha en total vekt på 700-800 tonn. Det er gjennomført flere studier [3] for å undersøke om bruk av kompositter kan tilfredsstille funksjonskrav og bidra til vektreduksjon. I slike anvendelser kan det utnyttes at komposittmaterialer har en høyere spesifikk styrke enn stål. Det refereres bl.a. til en analyse av et fundament på 1,2 x 1 m hvor det ble funnet at en løsning glassfiberarmert polyester ville bli 58 % lettere enn et fundament i stål. I et annet demonstrasjonsprosjekt ble det vist at et fundament til en friskvannspumpe i komposittmateriale ville være ca. 40 % lettere og 50 % billigere å fremstille enn et tilsvarende fundament i stål. Til tross for lavere vekt, fremheves det at fundamenter i komposittmateriale vil gi tilstrekkelig beskyttelse av utstyret mot undervanns sjokkbelastninger og at de vil være tilstrekkelig resistente mot slagbelastninger.

Det er mange slike fundamenter og forsterkninger på fiskefartøy hvor også bruk av kompositter bør vurderes og hvor materialenes høye spesifikke styrke kan utnyttes. Dette vil være spesielt interessant i forbindelse med bruk av kompositt-/sandwich i dekkstrukturer.

5 Referanseliste

- [1] Andersen, A, Stokke, R, "Kompositt-/sandwichmaterialer for bruk i fiskeflåten", SINTEF Rapport STF24 A04014, Desember, 2004, 46s
- [2] Sheno, R.A.: "FRP Composite Materials for Ship Construction", Proceedings of the 5th International Maritime Conference on "Shipping Trends for the Next Millennium", Institute of Marine Engineers (India), Mumbai, 19.-21, November, 1998, Vol. 1, pp 11.1 – 11.19.
- [3] Mouritz A.P., Gellert E., Burchill P., Challis K., "Review of advanced composite structures for naval ships and submarines", Composite Structures, 53 (2001) pp 21-41
- [4] Friberg, R, Stokke, R, Andersen, A, "Pris- og vektvurdering av overbygg i sandwich til fiskefartøy", SINTEF Rapport STF24 A04013, Juli 2004, 30s
- [5] Andersen, A, Stokke, R, "Designstudie av RSW tanker fremstilt av sandwich med PVC kjerne og glassfiberarmert herdeplast hud", SINTEF Rapport STF24 A04011, Juli 2004, 25s
- [6] Andersen, A, "Studie av dekksluke i GRP sandwich", SINTEF Rapport STF24 A04012, 26s
- [7] Andersen, A, "Vurdering av alternativ konstruksjonsløsning for signalmast til fiskefartøy", SINTEF Rapport STF24 A04010, 32s
- [8] Anisdahl, L, "Guidelines for Composite Tanks and Vessels Offshore", SINTEF Rapport STF24 A97059, September 1997, 42s
- [9] Mathiesen, R, Strømsodd, Ø, Pålsson, G, Thon, H, "Design of a Produced Water Separator in GRP for the Gullfaks A Platform", SI Rapport (now SINTEF) 850202-3, Desember 1987, 46s
- [10] Horsmon, A,W, "Composites for large ships", Journal of Ship Production, Vol 10, No. 4, Nov. 1994, pp 274-280

6 Vedlegg

6.1 Vedlegg 1: Oversikt over komponenter på en 70 m tråler og hvilke som prinsipielt kan lages i kompositt/sandwich

I tabell 6.1 er det foretatt en oppstilling av delkonstruksjoner, komponenter og systemer innenfor hver av de hovedgrupper et fiskefartøy kan deles inn i (kfr. Kap. 3.1) basert på spesifikasjon for en 70 m tråler. I tabell 6.2 er bare de som i prinsippet kan lages i kompositt-/sandwichmaterialer tatt med. Her er det ikke foretatt noen vurdering om det er fordelaktig eller ikke, bare en ren vurdering om komponentene kan lages i disse materialene. Som de to tabellene viser er det en omfattende liste over komponenter, delkonstruksjoner og systemer som prinsipielt kan lages i kompositt/sandwich.

	Hovedgrupper	Hoved komponenter	
1	Skipet generelt		
2	Skrog (all struktur i skrog og overbygninger)	<p>Skroghud, spant, profiler og kneplater, dragere, bjelker, senterbærere, skott, kollisjonsskott, dobbeltbunn/tanktopp, bunnstokker, fundamenter for hovedmotor, gear, akselgenerator og hjelpemaskineri, kassekjøl, aktre hæl, ror, rorfisk (isfinne), propellhylse-tank, propellhylse, slingrekjøler, arrangement for bunnutstyr, thrusterhull, lensebrønner og sjøkasser (m/rister, bunnplugg, sjøvannsventiler, aktuatorer, filtre, avstengingsventiler og crossover mellom sjøkasser m/suksjoner for brann-/spylepumper etc.)</p> <p>Integrerte og løse tanker (vann, smøreolje, girolje, LT/HT hydraulikkolje, dieselolje, skittenolje, slamolje, gråvann, lensevann, septiktank, vannballast)</p> <p>Rør (ventilasjon, sentralvarme, drenering, forbindelser til tanker forøvrig),</p> <p>Hoveddekk, shelterdekk, bakkdekk, øvrige dekk, lukekarmer, luker, flushluker, rennesteiner, ventilasjonskanaler, binger (alu), lenseporter, pullere, forsterkninger og fundamenter for vinsjer, styremaskin, dekkskraner etc, skanseledning, maskinromscasing, plattformdekk, A-mast/bipodmast, trålslipp, trålbåner, notbinger, mottaksbinger, slitelister på dekk, fenderlister skrogside, ankerlommer, klyssrør og kjettingkasser</p> <p>Isolert kontrollrom, tekniske rom (frysemaskineri), lasterom (isolert og garnert), isolert emballasjerom, fryserom, kjølerom</p> <p>Dekkshus, støyisolert rulledeampingstank med dempingsgitter, skottavdelinger div. rom, trapper, styrehus med skjerm, signal/radar mast</p>	
3	Utstyr for last	<p>Lukedeksel, tersesystem, gummipakninger, løfteanordninger for luke, løftestropper, demonterbart rekkverk for flush-luker/lave luker, hydrauliske vertikal port i knekk mellom trålslipp og tråldekk, rull på topp av port med sjøvannsbestandige (tette) rullelagre i hver ende. Fullisolert skyvedør for minus 30 gr. mellom emballasjerom og fryselasterom (glassfiber eller plastbelagt galvanisert stål tynnplate). Fryseromsdører utstyres med varmekabler i pakningsanlegg. Løse rister med ribber i lasterom og emballasjerom. Bingemateriell av aluminium profil, dimensjoner iht. avstand mellom støtter i lasterom. Elektrisk evt. hydraulisk drevet lastelevatør arrangeres forut på hoveddekk, ca 1400 x 1200 mm, kapasitet ca 1.5 tonn. Transportbånd i lasterom for transport av kartonger fra elevator. Arrangement for løfting av transportbånd etter hvert som rommene fylles. Rullebånd i rustfritt stål arrangeres for videre fordeling i lasterom. Elektrohydraulisk losse-/dekkskran på SB-side nedre bakkdekk med leddet bom. På øvre bakkdekk monteres davit for å betjene redningsbåt. På øvre bakkdekk forut monteres proviantkran av foldbar type. Hydraulikkjøler til kraner skal være av rustfritt stål med rustfrie beslag. Last- og emballasjerommet under hoveddekk skal isoleres, K-verdi: 0.46 W/m²/°C (dimensjoneres for -30 °C i rommet ved en sjøvannstemp på +20 °C og utvendig lufttemp. på +25 °C). Isolasjon i skipssider - mineralull, 45 kg/m³, tykkelse-min. 200 mm ute mot hud, deretter polyurethane skum inn mot kledning, innvendige stivere dekkes med min. 80 mm polyurethane isolasjon, deretter kledning av 15 mm plywood. Samme under dekk (langskipsbærere kasses ned). Tanktopp isoleres med 2 x 70 mm polyurethane skumblokker, 60 kg/m³ og dekkes med ca 100 mm armert betongplate, deretter ristverksplater av type Warkhaus i håndterlige seksjoner. Rundt lensebrønner og mannhull på tanktopp sveises fast karm av 7 mm stålplater, deretter monteres solid trekarm med anlegg for isolert plugg. Isolerte plugg monteres over lensebrønner, mannhull og i luker iht. vanlig standard. Vertikale lister i plast for luftsirkulasjon monteres på skott og</p>	

		<p>skipssider i fryse- og emballasjerom, dimensjon 15 x 50 mm, avstand ca 400 mm. Frysemaskineri m/komplett utstyr, inkl. diverse trykktanker (kjølemedium?) Trykktanker over 50 liter leveres med DNV-sertifikater. Alle fryserør for R-717 skal være av AISI 316 L syrefast stål. Alle rør som isoleres, isoleres med polyurethane-skum og kapsles med rustfritt stål. Anlegget skal testes og atteres iht Norsk Kuldenorm. RSW-anlegg for overrisling av mottakstanker og blødetanker, buffertank på ca. 10 m³ med pumpeirkulasjon ca 75 m³/h for kjøling. Fra buffertank arrangeres egen pumpe på ca 15 m³/h (20 % av blødning) for fordeling til binger og blødetank. Mottaksbinger kan alternativt brukes som buffertank.</p>	
4	Skipsutstyr	<p>Ror, styremaskin, styresøyle, rorindikator, nødstyreanlegg, 2 stk. elektrohydrauliske pumper med frekvensregulert turtall. Elektrisk drevet CP sidepropeller, tunnelåpninger utstyres med beskyttelsesristverk. Radar- og signalmast av aluminium på styrehustak. På plattformdekk akter og på topp av bipodmast monteres mast for lanterner. I forkant av brotak monteres mast for fiskelanterner. Baugankere arrangeres i recesser forut, SB og BB side. Kjetting med kentersjakkel - 1 stk. LT – hydraulisk ankerspill arrangeres på øvre bakkdekk, 2 stk kjettingstoppere med rull og strekkfisk for låsing i øvre posisjon arrangeres. På tråldekk akter SB side monteres en capstan, LT – hydr. drevet. Løst fortøyningsutstyr iht. klassekrav. På øvre bakkdekk forut for stab.tank monteres 4 stk. fortøyningspullere, samt 1 stk. slepepuller i senter skip, 4 stk innsveiste fortøyningsklyss. På nedre bakkdekk midtskips 2 stk. pullere og 2 stk. klyss, forut på nedre bakkdekk arrangeres binger for fortøyninger. På plattformdekk akterut monteres 2 stk pullere og 4 stk fortøyningsklyss + 2 tromler for fortøyninger. Akter på tråldekk monteres 2 stk. pullere og 2 stk fortøyningsklyss, samt 2 stk klyss mot trålslipp. En hengslet fortøyningsluke monteres i skipssider akter på hver side, over tråldekk, str. 1 x h ca 600 x 800 mm. Felles hydraulisk system for vinsjer bestående av LT-rør, lagertank olje, transferpumpe, filter, pumper, elektriske motorer, brytere, oljekjøler, ekspansjonstank, trykkmålere, termometer, sluseventiler. Vinsjer: 2 trålvinsjer, kombinert trålvinsj/nettrommel, 6 sveipelinevinsjer, 2 gilsevinsjer, 1 tømmevinsj, 1 uthalervinsj, 2 fremhaler-/hjelpvinsjer. For drift av vinsjer installeres elektrohydrauliske pumpeaggregater. Databasert trålvinsjkontrollsystem med alarmer og styringssystemer. 2 stk. HT-hydraulisk opererte istråle-galger, lagret akter på tråldekk. Arrangement for oppheng av trålblokker, SWL 37 tonn. Div systemer rundt trålgalger. Bipodmast med enkel legg arrangeres på BB side akter. Kombineres med eksosopptak og returluft fra maskinrom. Dimensjoneres med tanke på dynamiske krefter i blokkoppheng, basert på SWL 12 tonns vinsj. En arbeidsplattform med leder installeres på bipodmast for å gjøre service på blokkene. Lanternemast for akter topplanterne arrangeres på topp av bipodmast. En A-formet uthalerbom basert på SWL 12 tonns vinsj monteres akter på plattformdekket. Lengde ca. 4000 mm. Rørpost for toppwire monteres. Øye for blokk monteres på akter enden av bom. Ristverk i galvanisert strekkmetall monteres mellom legger. Legger også i galvanisert stål. Trålområde arrangeres med baner for 3 stk. tråler. I tillegg arrangeres gangbane i senter. Løpekattbjelker for 1,0 tonn SWL arrangeres over de to ytre trålbanner. Sliteståldetaljer i trålområdet/tråldekk, rull mellom trålslipp og shelterdekk, dører, lufterør, hendler og andre detaljer på tråldekk som kan være utsatt for skade, beskyttes med rørbøyler, el. lign. For trål og fiskeri monteres følgende blokker: 2 trålblokker, SWL 37 tonn, 1 trålblokk for 3. trålvinsj, SWL 45 tonn, 2 ledeblokker akter for trålwire, 1 wireskive for blokkvogn 3. trålblokk i forkant trålgalge, 2 blokker, SWL 12 tonn hver i bipodmast, 1 blokk på uthaler bom, SWL 12 tonn. Mindre blokker iht. normal standard/praksis. Alle blokker utstyres med rullelager. 2 stk. reserve skiver m/bolt leveres. Det arrangeres stuingsplass og stativ med plass for 2 tråldører på babord side akter på tråldekk. Solide stuingsbeslag arrangeres. Binger for diverse tyngre trålutstyr arrangeres på tråldekk som vist på G.A. Solide støtter/karmer arrangeres i galv. stål. Fabrikkanlegg med utstyr: platefrysere, spesialiserte maskiner for bearbeiding av råstoff, tanker og transportbånd. 2 vannrette luker på front av mottaksbinger skal være hydr. operert, material av syrefast stål. Sjøvannstilførsel gjennom ND 100 galvaniserte stålrør med nedover-spylende dyser med jevne avstander, arrangeres på senter- og ytterskott i mottaksbinger under tråldekk. Hver mottaksbinge skal ha et langskips slingreskott med åpning mot bunn i forkant. Alle hydrauliske sylindere/motorer skal være av narine type (aksel og stang i rustfritt stål) Alle H.T. rør skal være av syrefast stål med syrefast snittrings koblinger.</p>	
5	Utstyr for besetning	<p>Redningsbåt med davit og utstyr, redningsflåter med utstyr, rednings-, sikkerhets- og nødutstyr, Medisiner og førstehjelpsutstyr, Brannslanger, apparater og løst brannutstyr Isolasjon, Paneler, Lettskott, Dører, Vinduer etc. Brodekk: 1 stk styrehus, Øvre Bakkdekk: 1 stk kapteinslugar med separat soverom og WC/dusj, 1 stk maskinsjeflugar med separat soverom og WC/dusj, 3 stk 1-persons lugarer med separat WC/dusj, 2 stk 2-persons lugarer med separat WC/dusj, 1 stk. rom for elektronisk utstyr bro, 1 stk. WC for bro. Nedre Bakkdekk: 7 stk 2-persons lugarer med separat WC/dusj, 1 stk 1-persons lugar</p>	

		<p>med separat WC/dusj (stuert), 1 stk bysse, 1 stk messe, 1 stk dagrom, 1 stk proviantrom for tørrproviant, 1 stk proviantrom for +2 °C, 1 stk proviant fryserom for minus 25 °C, 1 stk WC, 1 stk vaskeri, 1 stk ventilasjonsrom, 2 stk storesrom i forepeak. Tråldekk: 1 stk trimrom med separat WC/dusj, 1 stk sykkelugar med separat WC/badekar, 1 stk garderobe med WC, 1 stk dekkssverksted, 1 stk notbøterom, 1 stk hydraulikkrom. Hoveddekk: 1 stk hjelpemotorrom, 1 stk styremaskinrom, 1 stk storesrom, 1 stk maskin/fabrikkverksted, 1 stk garderobe for fabrikk, 1 stk fabrikkontor, 1 stk kaffekar. Under hoveddekk: 1 stk tavlerom/kontrollrom.</p> <p>Rom for elektrisk utstyr, trapperom, ventilasjonsrom, proviantrom, bysse, vaskerom/garderober, lagerrom, verksteder og kontrollrom skal omsluttes av stålskott. For tilgang til avløpsrør skal nedre del av kledning være demonterbar mot skutesider på fabrikkdekk, i isolert lagerrom, verksted og i innredning, hvor praktisk mulig. Innredningsdører m/karmer, utvendige dører m/karmer. Lysventiler og vinduer m/utstyr. Materiale i alle vinduskarmer skal være av sjøvannsbestandig aluminium eller syrefast stål. Materiale i glass skal være sikkerhetsherdet med tykkelse i henhold til myndighetenes krav. Forbindelse mellom vindu og vindusboks/karm skal utføres slik at man unngår kuldebroer og skrangling. Alle vinduer og lysventiler skal utstyres med drenering gjennom plastslange til rennestein.</p> <p>Som komfortisolasjon og støyisolasjon mot tråldekk skal lugarer, korridorer, messe og dagrom på nedre bakkdekk utføres med flytende dørk. Trapper, ledere, rekkverk, håndrail etc. i innredning. Dørker, løse ledere, repoer, rekkverk etc. i maskinrom. Ledere i ballast- og brennoljetanker. Trapper og ledere i lasterom. Håndreker, rekkverk, ledere, trapper, gangbro etc. utvendig. Møbler, inventar og underholdningsutstyr. Manøverbatter og konsoller styrehus, diverse skap og kartbord styrehus. Utstyr og innredning i bysse, messe og lugarer. Isolasjon, kledning og garnering, isolerte dører, skillevegger, binger, hyller, ristverk, etc. i proviantrom. Vaske-, tørke- og strykeutstyr. Landgangsutstyr. Ventilasjons-/klimaanlegg for innredning. Ventilasjon av tørrproviantrom. Ventilasjonssystem for maskinrom, kontrollrom, styremaskin, baugthruster rom, hydrauliske rom og fabrikk. Sentralvarmesystem. Sanitærsystem med avløp, drengssystem for innredningen. Baderomsmoduler, dusjer, WC, servanter i garderober, vaskeri, bysse</p>	
6	Maskin – hovedkomponenter	Hovedmotor med tilbehør, Vripropellanlegg, hovedgear, eksos-/oljefyrt kjele, hjelpemotorer, aggregater, akselgenerator	
7	Systemer for maskin hovedkomponenter	Dieseloljesystem, smøreoljesystem, kjølesystem, trykkluftsystem, avgass- og luftinnsugingssystem, destillert vannsystem, automasjonssystem for maskinanlegget	
8	Skipssystemer	Ballast- og lenseystem, drengssystem utenom innredning, brann- og nødalarmsystem, spylesystem, luften- og peilesystem, Spesielle felles hydrauliske oljesystem, elektriske og elektroniske fellessystemer, elektrisk forsyning, felles elektriske fordelingsystemer, elektriske kabelinstallasjoner	

Tabell 6.1 Oversikt over komponenter, delkonstruksjoner og systemer innenfor de hovedgrupper et fiskefartøy deles inn i, basert på spesifikasjon for en 70 m tråler.

	Hovedgrupper	Hoved komponenter	
1	Skipet generelt		
2	Skrog (all struktur i skrog og overbygninger)	<p>Skroghud, spant, profiler og kneplater, dragere, bjelker, senterbærer, skott, kollisjonsskott, dobbeltbunn/tanktopp, bunnstokker, fundamenter for hovedmotor, gear, akselgenerator og hjelpemaskineri, kassekjøl, akte hæl, ror, rorfisk (isfinne), propellhylsetank, propellhylse, slingrekjøler, arrangement for bunnutstyr, thrusterhull, lensebrønner og sjøkasser (m/rister, bunnplugg).</p> <p>Integrerte og løse tanker (vann, smøreolje, gearolje, LT/HT hydraulikkolje, dieselolje, skittenolje, slamolje, gråvann, lensevann, septiktank, vannballast)</p> <p>Rør (ventilasjon, sentralvarme, drenering, forbindelser til tanker forøvrig).</p> <p>Hoveddekk, shelterdekk, bakkdekk, øvrige dekk, lukekarmer, luker, flushluker, ventilasjonskanaler, binger, lenseporter, forsterkninger og fundamenter for vinsjer, styremaskin, dekkskraner etc, skanseledning, maskinromscasing, plattformdekk, A-mast/bipodmast, trålslipp, trålbanner, notbinger, mottaksbinger, slitelister på dekk, fenderlister skrogside, ankerlommer, klyssrør og kjettingkasser</p>	

		<p>Isolert kontrollrom, tekniske rom (frysemaskineri), lasterom (isolert og garnert), isolert emballasjerom, fryserom, kjølerom</p> <p>Dekkshus, støyisolert rulledeмпingstank med dempingsgitter, skottavdelinger div. rom, trapper, styrehus med skjerm, signal/radar mast</p>	
3	Utstyr for last	<p>Lukedecksel, tersesystem, gummipakninger, demonterbart rekkverk for flush-luker/lave luker, hydraulisk vertikal port i knekk mellom trålslipp og tråldekk. Fullisolert skyvedør for minus 30 °C mellom emballasjerom og fryselasterom. Fryseromsdører utstyres med varmekabler i pakningsanlegg. Løse rister med ribber i lasterom og emballasjerom. Bingemateriell. På øvre bakkdekk monteres davit for å betjene redningsbåt. Laste- og emballasjerommet under hoveddekk skal isoleres, Samme under dekk og tanktopp.</p> <p>Isolerte plugges monteres over lensebrønner, mannhull og i luker iht. vanlig standard. Vertikale lister i plast for luftsirkulasjon monteres på skott og skipssider i fryse- og emballasjerom, dimensjon 15 x 50 mm, avstand ca 400 mm. RSW buffertank på ca 10 m³.</p>	
4	Skipsutstyr	<p>Ror, rorindikator, radar- og signalmast på styrehustak. På plattformdekk akter og på topp av bipodmast monteres mast for lanterner. I forkant av brotak monteres mast for fiskelanterner. Forut på nedre bakkdekk arrangeres binger for fortøyninger. En hengslet fortøyningsluke monteres i skipssider akter på hver side, over tråldekk, str. l x h ca 600 x 800 mm. Arrangement for oppheng av trålblokker, SWL 37 tonn. Div systemer rundt trålgaller. Bipodmast med enkel legg arrangeres på BB side akter. Kombineres med eksosopptak og returluft fra maskinrom. Dimensjoneres med tanke på dynamiske krefter i blokkoppheng, basert på SWL 12 tonns vinsj. En arbeidsplattform med leder installeres på bipodmast for å gjøre service på blokkene. Lanternemast for aktre topplanterne arrangeres på topp av bipodmast. En A-formet uthalerbom basert på SWL 12 tonns vinsj monteres akter på plattformdekket. Lengde ca. 4000 mm. Rørpost for toppwire monteres. Øye for blokk monteres på aktre enden av bom. Ristverk monteres mellom legger.</p> <p>Trålområde arrangeres med baner for 3 stk. tråler. I tillegg arrangeres gangbane i senter. Løpekattbjelker for 1,0 tonn SWL arrangeres over de to ytre trålbaner, rull mellom trålslipp og shelterdekk, dører, lufterør, hendler og andre detaljer på tråldekk som kan være utsatt for skade, beskyttes med rørbøyer, el. lign.</p> <p>Det arrangeres stuingsplass og stativ med plass for 2 tråldører på babord side akter på tråldekk. Solide stuingsbeslag arrangeres. Binger for diverse tyngre trålutstyr arrangeres på tråldekk som vist på G.A. Solide støtter/karmer arrangeres. 2 vannette luker på front av mottaksbinger skal være hydr. operert. Sjøvannstilførsel gjennom (ND 100 galvaniserte stålrør) med nedover-spylende dyser med jevne avstander, arrangeres på senter- og ytterkott i mottaksbinger under tråldekk. Hver mottaksbinge skal ha et langskips slingreskott med åpning mot bunn i forkant.</p>	
5	Utstyr for besetning	<p>Redningsbåt med davit og utstyr.</p> <p>Isolasjon, paneler, lettskott, dører, vinduer etc.</p> <p>Brodekk: 1 stk styrehus, Øvre Bakkdekk: 1 stk kapteinslugar med separat soverom og WC/dusj, 1 stk maskinsjeflugar med separat soverom og WC/dusj, 3 stk 1-persons lugarer med separat WC/dusj, 2 stk 2-persons lugarer med separat WC/dusj, 1 stk. rom for elektronisk utstyr bro, 1 stk. WC for bro.</p> <p>Nedre Bakkdekk: 7 stk 2-persons lugarer med separat WC/dusj, 1 stk 1-persons lugar med separat WC/dusj (stuert), 1 stk bysse, 1 stk messe, 1 stk dagrom, 1 stk proviantrom for tørrproviant, 1 stk proviantrom for +2 °C, 1 stk proviantfryserom for minus 25 °C, 1 stk WC, 1 stk vaskeri, 1 stk ventilasjonsrom, 2 stk storesrom i forepeak. Tråldekk: 1 stk trimrom med separat WC/dusj, 1 stk sykkelugar med separat WC/badekar, 1 stk garderobe med WC, 1 stk dekkssverksted, 1 stk notbøterom, 1 stk hydraulikkrom. Hoveddekk: 1 stk hjelpemotorrom, 1 stk styremaskinrom, 1 stk storesrom, 1 stk maskin/fabrikkverksted, 1 stk garderobe for fabrikk, 1 stk fabrikkontor, 1 stk kaffebær. Under hoveddekk: 1 stk tavlerom/kontrollrom.</p> <p>Rom for elektrisk utstyr, trapperom, ventilasjonsrom, proviantrom, bysse, vaskerom/garderobe, lagerrom, verksteder og kontrollrom. For tilgang til avløpsrør skal nedre del av kledning være demonterbar mot skutesider på fabrikkdekk, i isolert lagerrom, verksted og i innredning, hvor praktisk mulig.</p> <p>Innredningsdører m/karmer, utvendige dører m/karmer. Lysventiler og vinduer m/utstyr. Materiale i glass skal være sikkerhetsherdet med tykkelse i henhold til myndighetenes krav. Forbindelse mellom vindu og vindusboks/karm skal utføres slik at man unngår kuldebroer og skrangling. Alle vinduer og lysventiler skal utstyres med drenering gjennom plastslange til rennestein.</p> <p>Som komfortisolasjon og støyisolasjon mot tråldekk skal lugarer, korridorer, messe og dagrom på nedre bakkdekk utføres med flytende dørk. Trapper, ledere,</p>	

		rekkeverk, håndrail etc. i innredning. Dørker, løse ledere, repoer, rekkeverk etc. i maskinrom. Ledere i ballast- og brennoljetanker. Trapper og ledere i lasterom. Håndreker, rekkeverk, ledere, trapper, gangbro etc. utvendig. Manøverpult og konsoller i styrehus, diverse skap og kartbord i styrehus. Innredning i bysse, messe og lugarer. Isolasjon, kledning og garnering, isolerte dører, skillevegger, binger, hyller, ristverk, etc. i proviantrum. Landgangsutstyr. Ventilasjons-/klimaanlegg for innredning. Ventilasjon av tørproviantrum. Ventilasjonssystem for maskinrom, kontrollrom, styremaskin, baugthruste.rom, hydrauliske rom og fabrikk. Sentralvarmesystem. Sanitærsystem med avløp, drens-system for innredningen. Baderomsmoduler, dusjer, WC, servanter i garderobes, vaskeri, bysse	
6	Maskin – hovedkomponenter	Ikke relevant	
7	Systemer for maskin hovedkomponenter	Ikke relevant	
8	Skipssystemer	Ikke relevant	

Tabell 6.2 Oversikt over komponenter, delkonstruksjoner og systemer på en 70 m tråler som prinsipielt kan lages i kompositt-/sandwichmaterialer. Utgangspunktet er tabell 6.1 hvor alle er listet opp innenfor hovedgrupper basert på spesifikasjon for en 70 m tråler