STF80 A044017 – Åpen

RAPPORT

Alternative notkonsepter – Delrapport i prosjekt "nye rømningssikre merdkonsept"

Mats Augdal Heide og Heidi Moe

SINTEF Fiskeri og havbruk AS
havbruksteknologi

Oktober 2004

www.sintef.no

SINTEF

SINTEF RAPPORT

SINTEF Fiskeri og havbruk AS

Postadresse: 7465 Trondheim
Besøksadresse:
SINTEF, Forskningssenteret på Rotvoll
Arkitekt Ebbellsvei 10
7053 Ranheim
Telefon: 73 59 56 50
Telefaks: 73 59 56 60
E-post: fish@sintef.no
Internet: www.fish.sintef.no

Foretaksregisteret: NO 980 478 270 MVA

TITTEL

Alternative notkonsepter –

Delrapport i prosjekt "nye rømningssikre merdkonsept"

FORFATTER(E)

Mats Augdal Heide og Heidi Moe

OPPDRAGSGIVER(E)

Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond v/Innovasjon Norge

RAPPORTNR.	GRADERING	OPPDRAGSGIVERS REF.	
STF80 A044017	Åpen	Svein Hallbjørn Steien, ref.nr 2002/006494	
GRADER. DENNE SIDE	ISBN	PROSJEKTNR.	ANTALL SIDER OG BILAG
Åpen	82-14-03312-8	840099.32	20 + vedlegg
ELEKTRONISK ARKIVKODE		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.)	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.)
Konsept-rapport.doc		Jørgen R. Krokstad	Leif Magne Sunde
ARKIVKODE	DATO	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.)	
	2004-10-04	Jostein Storøy	

SAMMENDRAG

Rapporten inneholder en gjennomgang av hovedkomponentene i dagens oppdrettsnot, og deretter dokumenteres forslag til nye løsninger for neste generasjons oppdrettsnot.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Havbruksteknologi	Aquaculture Technology
GRUPPE 2	Merd	Fish Cage
EGENVALGTE	Rømming	Escapes

Forord

SINTEF har på oppdrag fra FHF gjennomført prosjektet ”Nye rømmingssikre merdkonsept”. Prosjektet er inndelt i flere delområder. Denne rapporten dokumenterer arbeid utført i prosjektet under delaktivitet *Oversikt over notsystemer,* delaktivitet *nye notkonsepter*.

Rapporten inneholder en gjennomgang av hovedkomponentene i dagens oppdrettsnot, og deretter dokumenteres forslag til nye løsninger for neste generasjons oppdrettsnot. Rapport og vedlegg inneholder en rekke illustrasjoner som underbygger diskusjonen.

Selv om ikke alle løsningene vil være fullstendige i den form de er presentert, kan de likevel være et godt grunnlag for videre arbeide. Hensikten har først og fremst vært å presentere et bredest mulig idemateriale. Vi håper at leseren funderer over tankene og prinsippene presentert i materialet. Alle er velkomne til å utvikle sine egne løsninger med bakgrunn i denne rapporten.

Mats Augdal Heide, 07 okt 04

1 Forutsetninger for nytt notdesign

1.1 Innledning

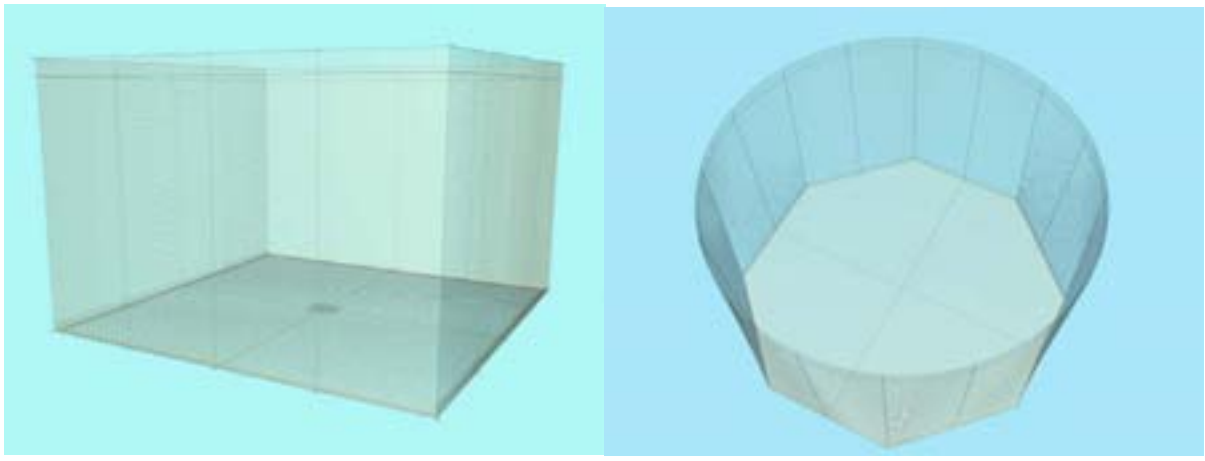
I dette delprosjektet er hovedmålet å komme frem til nye løsninger som kan redusere faren for rømming av fisk fra oppdrettsanlegg. Før ny konseptutvikling iverksettes, er det imidlertid nødvendig å sette noen rammebetingelser for å sikre korrekt fokus i forhold til oppgaven.
I dette kapitlet presenteres disse rammebetingelsene kort, i tillegg til at det gjøres en del produktrelaterte vurderinger.

Arbeidet baserer seg også på rapporten "Oversikt over notsystemer", fra samme prosjekt.

Det har vært muntlig kontakt med bøteri, notprodusent, forskningsinstitutt m.fl. underveis for å innhente mer informasjon og diskutere løsninger. De viktigste punktene fra disse samtalene er inkludert i dette kapitlet.

1.2 Referanseprodukt

To referansenøter er definert i samarbeid med notprodusent (bilde 1.1), og er utgangspunktet for arbeidet med nye løsninger. Dette er to standard nøter med typiske dimensjoner og utforming. Det gjøres oppmerksom på at nøtene ble utformet før standard NS9415 ble offentliggjort, og at de ikke oppfyller alle de siste kravene som stilles til oppdrettsnøter. En teknisk beskrivelse av referansenøtene er gitt i tabell 1.1.



Figur 1.1. Referanseprodukter brukt som utgangspunkt for ny konseptutvikling.

Tabell 1.1. Teknisk beskrivelse av referanseprodukter

Hovedspesifikasjoner firkantnot	
Hoveddimensjoner (L x B x D)	*24 x 24 x 16 m*
Forsterkningstau	*16 sidetau, 2 krysstau* *16 mm Danline, bruddstyrke 4500 kg*
Notlin	*Knuteløs not nr 32 uk R-25,5 mm halvmaske*
Forsterkninger	*Dobbelt notlin 0,5 m opp på sider og 0,5 m inn på bunn. Midt på bunn 2 x 2 m*
Hovedspesifikasjoner sirkulær not	
Hoveddimensjoner (omkrets x dybde)	*Ø 90 x 16 m*
Forsterkningstau	*16 sidetau, 2 krysstau* *16 mm Danline, bruddstyrke 4500 kg*
Notlin	*Knuteløs not nr 32 uk R-25,5 mm halvmaske*
Forsterkninger	*Dobbelt notlin 0,5 m opp på sider og 0,5 m inn på bunn.*

1.3 Overordnet kravspesifikasjon

Kravlisten nedenfor (tabell 1.2) tar utgangspunkt i prosjektets rammebetingelser (primære krav til nytt notdesign), og setter sentrale hovedmål for arbeidet.

Tabell 1.2. Forenklet kravliste for nye notdesign

Primære krav til nytt notdesign:
- Redusere risiko for rømming - Redusere konsekvens/risiko dersom skader og brudd oppstår - Forbedre notas evne til å opprettholde volum
Av dette er følgende tilleggskrav definert:
Nytt notdesign bør: - Redusere sannsynligheten for og konsekvensen av menneskelige feil - Signalisere slitasje/begynnende skader - Redusere konsekvensen av feil/unøyaktig produksjon - Være bedre tilpasset tilgrensende utstyr, herunder flytekrage, lodd, løfteutstyr m.m. - Forbedre forutsigbarhet mhp notposisjon i vann
Markedskrav:
- Total pris for nytt konsept skal være konkurransedyktig - Bedre tilpasset effektiv operasjon
Nytt notdesign vil være basert på, og tilpasset dagens løsninger, med hensyn til:
- Drift/operasjon - Produksjon / produksjonsteknikker - Miljø - Vedlikehold og inspeksjon - Destruksjon/gjenvinning

Øvrige designmessige krav
- Det velges å se på kortsiktige løsninger som kan realiseres innen 1-2 år - Løsninger vil basere seg på å benytte samme materialer som dagens oppdrettsnot er bygget opp av. - Nøter med sylindrisk og kubisk form benyttes som utgangspunkt for nye konsepter

Fra 2004 må kravene i den nye notstandarden NS 9415 oppfylles. Standarden gir nye krav til utforming av oppdrettsnøter. Det gjøres oppmerksom på at mye av arbeidet i denne rapporten er gjort før standarden ble tilgjengelig.

1.4 Produksjonstekniske detaljer

1.4.1 Materialvurderinger og materialbruk i dagens notkonstruksjon

Listen under går igjennom og kommenterer de sentrale komponentene dagens oppdrettsnot er bygget opp av.

Notlin: Vanligvis produsert av nylon-6. Maskestørrelse tilpasses størrelsen på fisken som skal være oppi, samt krav til styrke og gjennomstrømning. Andre materialer er under utprøving, f.eks. "superpolymerer" som Dyneema. I vedlegg 2 til denne rapport finnes en kort vurdering av bruk av Dyneema og Aramid i oppdrettsnøter.

Notlin og tau vil krympe under opphold i sjø, selv om dette har blitt mindre de senere år. Dette medfører en not som i noen grad endrer egenskaper mens den står i sjøen. Det er ukjent i hvilken grad dette påvirker notas styrkeegenskaper og egnethet i løpet av livsløpet. Derimot vet man at notlinet blir svekket av sollys.

Forsterkningstau: Tau av polypropylen og polyetylen er mest vanlig (eks Danline), med bruddstyrke i størrelsesorden 4500 kg. Brudd i tau er vanligvis ikke et problem, men slitasjeskader som følge av gnag kan oppstå. Tauverket må være stivere enn notlinet for at kreftene skal bli tatt opp i tauene.

Opphengsringer: Produsert i sprøytestøpt plast. Eventuelle forbedringer for denne delkomponenten antas å være knyttet til korrekt plassering, utforming og bruk, ikke av materialteknisk art.

Lodd: Det benyttes forskjellige typer lodd av betong og metall. Utforming som gir minimal påvirkning fra strøm er å foretrekke, dvs. størst mulig egenvekt og lite volum. Lodd skal plasseres slik at de ikke kan komme i kontakt med nota.

Innfesting flytekrage: Sidetau festes med tau i flytekrage og gelender, eventuelt benyttes ringer som henges opp på kroker.

Sytau: Tvunnet nylontråd. Bendsling med regelmessige stoppknuter for å forhindre rakning.

Impregnering: Nøtene kan være impregnert med antigroemiddel, og en impregnert not har noe annerledes egenskaper enn en uimpregnert not. Etter evt. impregnering kan notlinet være vesentlig stivere enn den var før behandlingen, avhengig av type impregnering. Dette regnes generelt som en fordel, for da "står" nota bedre i sjøen. Fra Akvaplan Niva hevdes det imidlertid at reststyrke i nota etter impregnering er bare 70 % av original styrke. Deres teori er at det dannes kobberkrystaller i linet som skjærer i fibrene.
Myndigheter setter stadig strengere restriksjoner til bruk av kobberholdig impregnering.

1.4.2 Sammensetning av nøter

Samtaler med notbøteri og notprodusent har gitt produksjonsteknisk informasjon det er viktig å ta med seg. Sentrale tilbakemeldinger er tatt med under.

- Det syes inn forsterkningstau i nota som skal ta opp kreftene i konstruksjonen. Krysstau i notbunnen er viktige komponenter for å unngå riving. Tidligere 120-meters sirkelnøter uten krysstau røk ofte i overgang side/bunn. Etter at krysstau ble introdusert, har dette vært et mindre problem.
    - Forsterkningstau i nota skal ta opp kreftene som nota blir påført.
    - Mange bunntau kan imidlertid være uheldig, da det har lett for å oppstå utposinger og slakke i linet.
    - Det er meget uheldig dersom et forsterkningstau avsluttes i notlinet, da krefter overføres direkte til linet.
- Notlin er et ikke-homogent konstruksjonsmateriale. Det vil være variasjoner i linet allerede fra produksjon, og derfor er det en utfordring å sy sammen panelene nøyaktig. Det benyttes i dag to metoder for å sammenføye notpanelene til en hel not; sying med maskin og for hånd. Eneste garanterte måte å oppnå fullstendig symmetri i den ferdige konstruksjonen er å telle maskene, og sy disse nøyaktig for hånd. Eventuelle skjeve pasninger kan medføre store lokale spenninger i linet ved forskjellige driftstilstander. Dette gir igjen fare for riving.
- Nøtene produseres ofte med dobbelt notlin i spesielt belastede områder, som i overgangen mellom side og bunn, og i senter av notbunnen.
- Orienteringen til notlinet er vesentlig mht hvordan krefter tas opp, og hvor fleksibelt det er. I skrå retning er linet mest fleksibelt. De aller fleste nøtene har i dag flaggorientert notlin, dvs. horisontale og vertikale stolper.

Flere aktører mener hovedårsak til riving er feil operasjon, og med rutiner for sikker operasjon som følges, skal riving ikke kunne oppstå. De store skadene skjer fortrinnsvis ved operasjon av nota.

1.5 Oppsummering

Dette kapitlet har gjennomgått de viktigste delkomponentene i en oppdrettsnot med deres begrensninger og muligheter, og relatert disse til oppgaven som skal løses. Referanseprodukt har gitt utgangspunktet for nye løsninger, og kravspesifikasjonen definerer hvilke mål det skal jobbes etter.

I det følgende kapitlet vil disse rammebetingelsene benyttes for å diskutere konkrete alternative løsninger.

2 Konsepter

2.1 Innledning

Mange års erfaring fra skader og utredninger har gjort næringen oppmerksom på de mest kritiske og skadeutsatte stedene på en oppdrettsnot. Dagens notprodukt er i stor grad et resultat av forbedringer og forsterkninger på disse stedene. Dobbelt notlin i bunn og "magebelte" er eksempler på slike forbedringer.

I dette kapitlet presenteres alternative konseptforslag, med hovedmål å redusere rømming ytterligere. Det presenteres løsninger som er gjeldende både for runde og firkantede nøter, og løsningene fokuserer både på overordnet og detalj-nivå. Hvert delkapittel vil presentere problemstillinger, og deretter foreslå noen alternative løsninger.

I vedlegg 1 finnes utfyllende skissemateriale som underbygger teksten i dette kapitlet. Kapittelinndelingen samsvarer med avsnittene i vedlegget, slik at det skal være enkelt å følge diskusjonen.

2.2 Overordnet - notkonstruksjon

De vanlige notgeometriene i bruk i dag (sylindrisk og kubisk) er resultater av en totalvurdering av volum, produksjonsmetode og funksjon i sjø. For eksempel er en kjeglenot en geometrisk stabil og enkel konstruksjon, men brukes lite grunnet dårlig volumutnyttelse.

Opprettholdelse av volum i strøm er definert som et av målene til prosjektet. Dette kan i noen grad være negativt for det primære målet; å forhindre riving. Dette fordi en stivere konstruksjon har reduserte muligheter til å bøye unna for krefter fra miljøet. Det blir dermed større belastninger på konstruksjonen, og man må muligens forsterke nota i forhold til opprinnelig design. På den annen side vil en stivere konstruksjon lettere kunne holdes der man ønsker, for eksempel i trygg avstand til flytekrager og båtpropeller. Det gjelder dermed å finne en god avveining mellom fleksibilitet og stivhet.

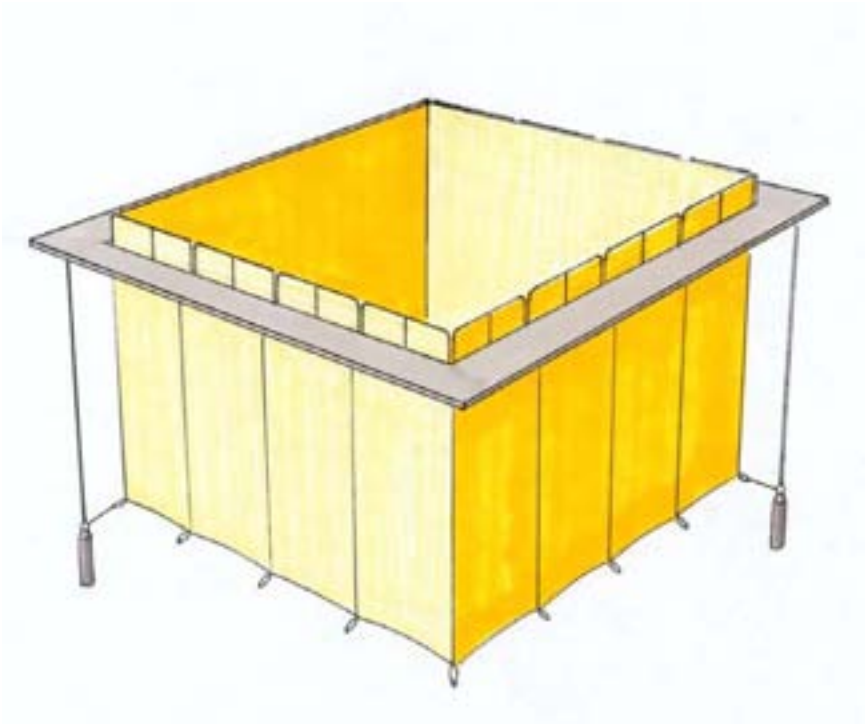
2.3 Fleksibilitet

Sjøen vil belaste nota med langvarige (statiske) strømkrefter, samt kortvarige rykk (dynamisk) fra bølger. Systemet "oppdrettsmerd" består av tre hovedkomponenter som reagerer forskjellig på belastningene. Flytekrage, lodd og not vil ha forskjellig oppførsel, og vil påvirke hverandre med krefter. Dersom man bygger inn fleksibilitet mellom disse komponentene er det mulig å redusere rykkbelastninger som oppstår i kontaktpunktene. Har man en skade, kan rykkabsorbsjon forhindre at allerede oppståtte revner vokser.

Mulige tiltak:

- Fleksibilitet mellom not og flytekrage, eks. bruk av gummiringer i festepunkter
- Fleksibilitet mellom not og lodd, eks. bruk av gummi i festepunkter
- Kan fleksibilitet bygges inn i notlin?

Bruk av fleksible komponenter i notlinet kan også redusere effekten av eventuelle feil/skjeve sammenføyninger.



Figur 2.1. Hovedkomponentene i systemet "Oppdrettsmerd": Notpose, flytekrage og lodd, som innbyrdes vil påføre hverandre dynamiske og statiske laster.

På den annen side kan også en avstiving av utvalgte komponenter gi positive effekter. For eksempel kan et avstivet bunntau spre punktlastene fra lodd, og redusere spenningskonsentrasjoner når et lodd heves. Avstivinger vil derimot kunne begrense notas bevegelsesfrihet, og således påføre høyere belastninger under andre driftstilstander. Eventuell innføring av stivhet må derfor forskes nærmere på.

2.4 Loddsetting

Runde nøter har grunnet sin form et vanskeligere utgangspunkt for en enkel loddsetting. Plastringene har også begrenset oppdrift, som begrenser loddvekten man kan benytte. De runde nøtene monteres vanligvis med ett lodd i hvert sidetau. For en firkantnot kan man klare seg med et lodd i hvert hjørne av nota.

Med tanke på belastninger loddene overfører til nota, bør man ikke bruke større lodd enn nødvendig. På den annen side kan man ikke benytte for små lodd. Da vil volumegenskapene i strøm bli for dårlige, og dessuten øker faren for gnag mot flytekrage og propell i not.

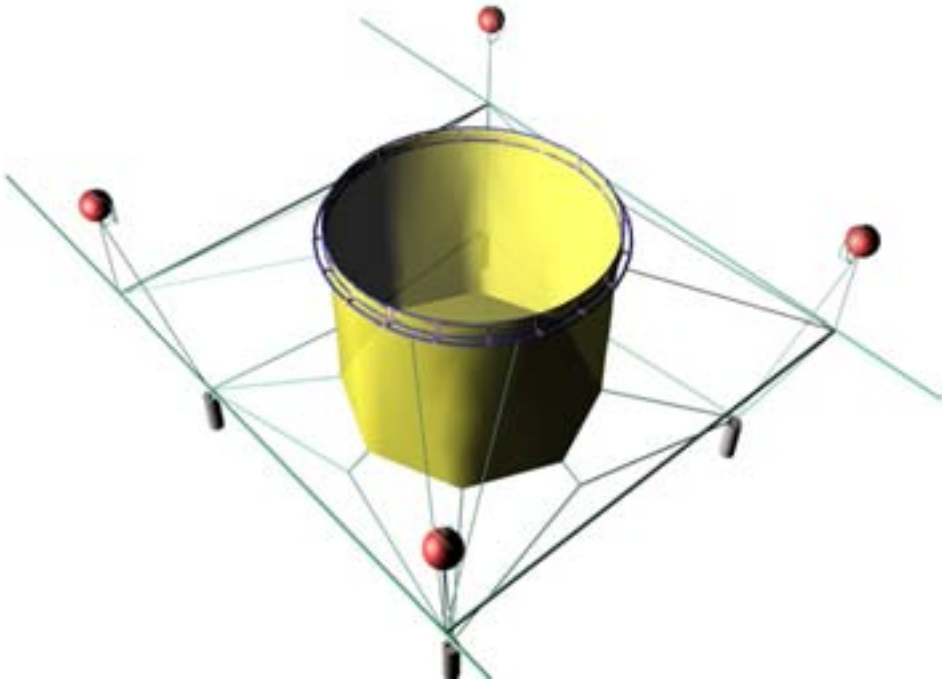
Generelt fører færre lodd til enklere operasjon av not (færre løft), men kan også gjøre en heveoperasjon farligere (større masse i hvert lodd når de må løftes). Dette er løst i Nor-Mærs

miljøanlegg, hvor loddene ikke trenger å heves, men henger permanent i sjøen. Nor-Mærs løsning er også interessant med tanke på at loddene er festet i egne oppheng, og således ikke belaster nøtene statisk med sin egenvekt.

Ved løft av lodd vil det være fare for å belaste notkonstruksjonen med store punktlaster, dersom det dras for hardt i løftetau. I dag finnes det ingen sikringsanordning som kan forhindre dette, med unntak av røkterens prosedyrer.

Mulige tiltak:

- Bunnring er en fordelt last, men spennes i dag inn som punktlaster i notbunn med tau. Kan denne komponenten forbedres slik at den gir en jevnere lastfordeling?
- På plastmerder kan færre lodd forenkle operasjon noe.
- Hensiktsmessig utforming og innfesting av bunnlodd kan redusere rykklaster. Fleksibilitet i innfesting?



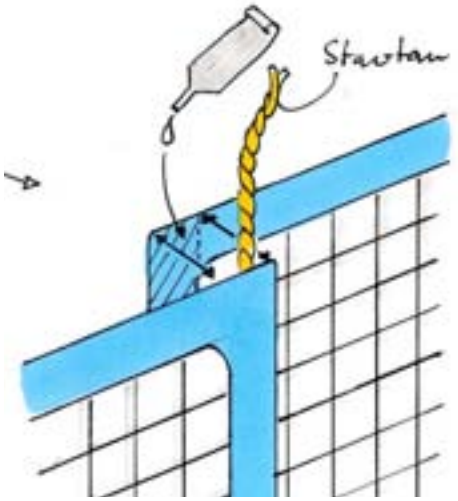
Figur 2.2. Figuren skisserer en løsning hvor fire store lodd erstatter dagens 16 lodd på plastmerder. Loddene spennes ut i kontakt med rammefortøyning.

2.5 Notlin

Nøyaktig sying er kritisk for jevn kraftfordeling i en sammenføyning, og en unøyaktig sying vil kunne gi store punktbelastninger med fare for brudd. Notprodusentene må være nøye med at notpaneler blir sammenføyd uten skjevheter. Det er også mulig å se på alternative sammenføyningsmetoder, som:

- Minimerer faren for skjev sammenføyning, eller
- bedre håndterer en viss unøyaktighet ved produksjon.

Produksjonsteknisk kan det være interessant å se på muligheten til å ta i bruk lim for sammenføyning av notpaneler. Lim kan benyttes som en foreløpig sammenføyning som gjør det enklere å sy etterpå, eller muligens som et fullverdig alternativ til å sy. En limskjøt vil kreve en viss anleggsflate, som kan være negativt for gjennomstrømningen. På den annen side kan en limskjøt kunne gi noe etter og utjevne unøyaktigheter. Dette vil være heldig for eventuelle lokale spenninger i sammenføyningen.



Figur 2.3 Notpaneler som sammenføyes med lim

I spesielt belastede punkter kan det være interessant å se på mulighetene for bruk av alternative forsterkninger eller andre materialer (Dyneema eller andre). Se forøvrig vedlegg 2.

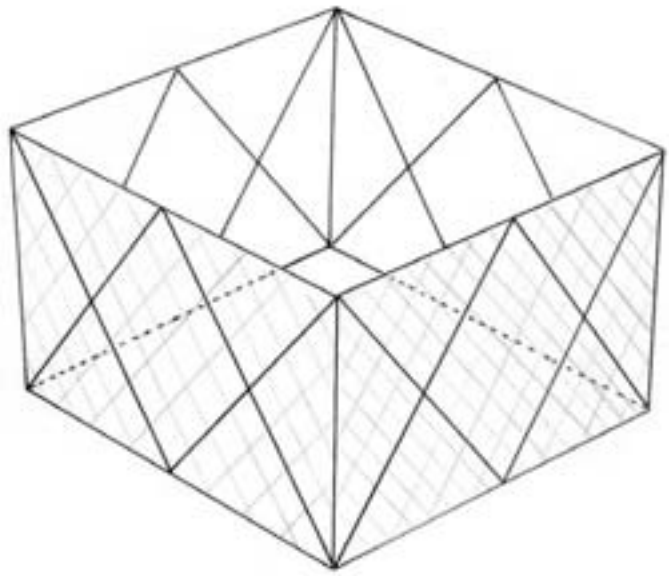
En annen teori som har vært diskutert, er inspirert fra regnjakker, teltduk o.l. som har såkalt rip-stop innebygget. Dette innebærer at materialet er laget slik at en begynnende riveskade hindres i å utvikle seg. Vedlegg 3 ser på mulighetene for bruk av rip-stop i notlin.

Generelt bør en notkonstruksjon lages med følgende mål for øye (i prioritert rekkefølge):

1) Notlinet skal ikke påføres krefter
2) Notlin skal påføres en kontrollert belastning innenfor sikre rammer
3) Dersom notlinet revner, skal dette skje på et ønsket sted, som minimaliserer faren for rømming.

2.6 Forsterkningstau

Sidetau og krysstau er sydd inn i nota for å ta opp belastningene konstruksjonen utsettes for. I dag er disse tauene orientert etter primær kraftgang i konstruksjonen. I prosjektet er det imidlertid sett på løsninger som utfordrer denne tankegangen, se figur 2.4.



Figur 2.4. Not med notlin og forsterkningstau orientert på skrå.

Både praksis og numeriske analyser har vist at notlinet kan bli sterkt belastet ved forskjellige driftstilstander, noe som betyr at forsterkningstauene ikke alltid utfører sin funksjon tilfredsstillende.

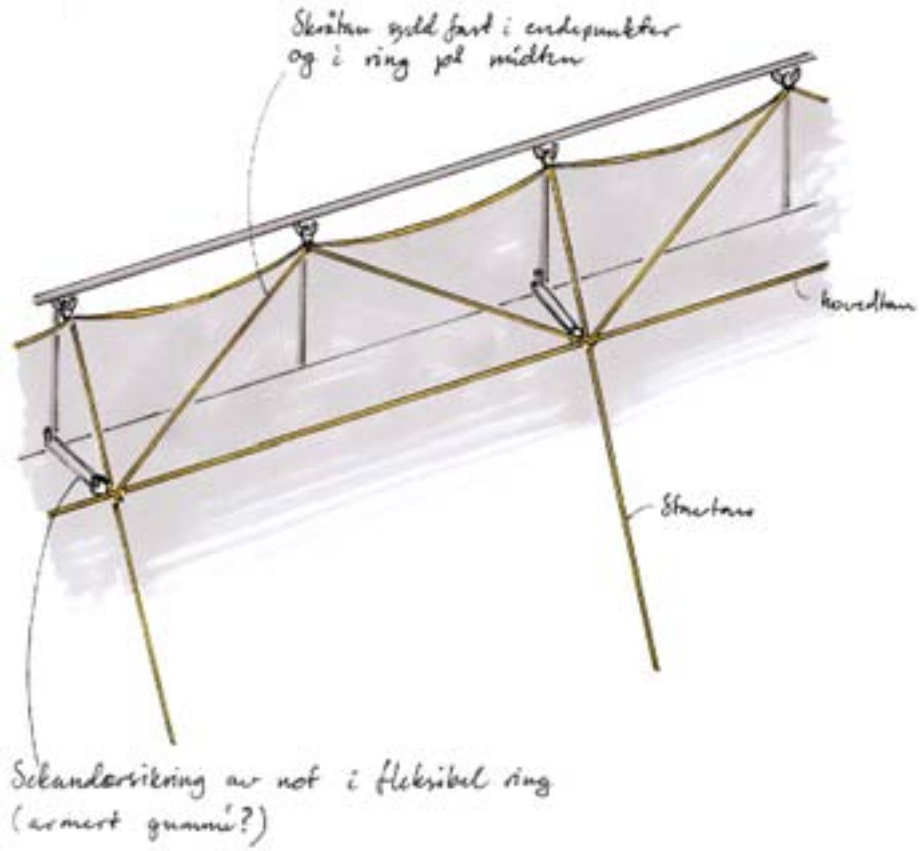
Forslag til forbedringer:

- Alternativ geometri på tau og notlin, eksempel i fig. 2.4.
- Forbedrede rutiner/operasjon eller utstyr
- Flere forsterkningstau (nye krav implementert i NS 9415 – not får kun heves etter tau som krysser bunnen)

Det har også vært diskutert hvorvidt nota kan bygges helt uten forsterkningstau. Dersom nota bygges av et sterkt notlin kan den designes slik at notlinet tar belastningene. Materialkostnaden vil antakelig være høyere ved en slik løsning, men produksjonskostnaden lavere. Nærmere undersøkelser må til for å vurdere om en slik løsning kan benyttes.

2.7 Innfesting til flytekrage

I dag festes nota til flytekrage via topptauet/hoppenettet, og hovedtau. Dette kan være løse tauender som knytes rundt gelender, eventuelt tauløkker eller ringer som henges opp på kroker. Man fester også hoppenett minst en gang mellom hvert stavtau. Generelt kan man si at en stiv innfesting er å foretrekke med hensyn til avdrift og dermed gnag mot flytekrage, mens en fleksibel innfesting vil absorbere rykk-krefter.



Figur 2.5. Bruk av gummiringer i innfesting til flytekrage kan redusere rykkbelastninger på nota.

Gnagslitasje

Det oppstår mye gnagskader i området rundt flytekrage, noe som ofte fører til mindre hull i nota. Dagens tiltak er å benytte dobbelt notlin i dette området.

Alternative tiltak:

- Gnagbeskyttelse på flytekragen, enten i form av glatte, beskyttende flater eller som fikserte avstandsklosser.
- Not som er "litt for liten" for flytekragen vil bedre kunne spennes inn slik at den ikke kommer i kontakt med flytekragen (best funksjon for plastringer). Prinsippet er å øke avstanden mellom flytekrage og not.
- Oftere notbytte og vasking av flytekrage vil forhindre blåskjell og annen påvekst.

2.8 Drift og operasjon

2.8.1 Standardisert operasjon?

En not må anses som et meget generisk produkt, som regel uten spesiell tilpasning til verken merden den skal henges på eller til utstyret som skal operere den. Noen unntak finnes imidlertid, for eksempel miljønøter som brukes til Rabbens miljøtrommel. En forbedret tilpasning av nøtene til hver spesifikke merdløsning og håndteringsutstyr vil kunne gi en mer hensiktsmessig og sikker operasjon.

Det er allerede konkludert med at nøter kan opereres feil, som igjen medfører fare for riveskader. De store skadene har ofte vist seg å oppstå nettopp under operasjon. Standard NS9415 gir krav til generell styrke i nøter. Det er ellers ingen standard for utforming og signalgiving, på detaljer for opphenging, løfteøyer, løftepunkter, operasjon eller andre brukerrelaterte krav. Det er derfor ingen garanti for at røkteren opererer nota slik som produsenten har forutsatt.

Store oppdrettsbedrifter har imidlertid utformet egne driftsmanualer for operasjon av not (gjerne i sammenheng med harmonisering av bedriftens produktløsninger). Dette er i stor grad basert på "erfaringskunnskap", dvs. som har oppstått som følge av at man har opplevd skader eller uønskede hendelser. Deres egne erfaringer gjør altså at de har et bevisst forhold til sine operasjoner, og kan operere sine anlegg med lav risiko. Hva gjør så en nystartet oppdretter som ikke har tilgang på driftsmanualer?

Det finnes ingen standard metode for korrekt nothåndtering, selv om man vet at operasjon er skyld i mange skader. For å konkludere diskusjonen, er budskapet at krav til håndtering er like viktig som styrkekrav til selve notkonstruksjonen.

Fokus rettes nå tilbake til selve notproduktet, og det foreslås noen løsninger som skal redusere sannsynligheten for, eller konsekvensen av feil operasjon.

2.8.2 Generelle anbefalinger

I dag benyttes mange forskjellig nøter, tilgrensende produkter og håndteringsmetoder. De mange ukjente som dette innebærer, gjør at denne rapporten kun vil gi noen generelle designanbefalinger for videre arbeid.

Følgende generelle retningslinjer bør tas i betraktning ved utforming av nytt notdesign:

1) Ny utforming skal gjøre det umulig eller vanskelig å operere et system feil, f.eks. ved deler som passer/ikke passer sammen.
2) Det skal være intuitivt ved utseende eller signalgiver hva som er korrekt operasjon.
3) Det foreslås å introdusere offerkomponenter som skal rives av eller gi etter, før kritisk skade kan inntre.
4) God bruksanvisning med anbefalte operasjonelle metoder bør følge med nota.

Forbedringsforslag for personell og utstyr:

1) Løfteutstyr bør kunne kalibreres til å ikke kunne påføre nota større belastninger enn den er beregnet for. (Dette forutsetter at røkteren får noen grenseverdier å forholde seg til. I dag kjenner man ingen andre grenseverdier enn bruddstyrken på stavtau)
2) I tilfelle brudd i deler av konstruksjonen, må ikke rikosjetter/tilbakeslag kunne føre til personskade.
3) Det må signaliseres til bruker dersom noe holder på å gå galt.

Nytt notdesign må vurderes i forhold til alle driftstilstander, herunder:

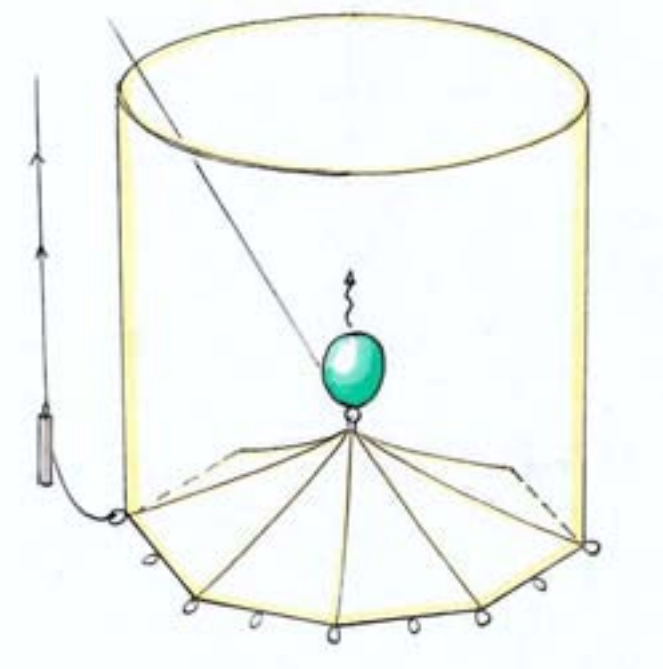
- Produksjon
- Løft av not på kai før utsett
- Løft av not som ligger på båt, før utsett
- Utsetting, under påvirkning av strøm og bølger
- Normal drift i sjø, under påvirkning av strøm og bølger
- Løfting og lining av begrodd not, under påvirkning av strøm og bølger

2.8.3 Operasjon – noen konseptforslag

Avslutningsvis presenteres noen konkrete løsninger som kan bidra til forbedret operasjon.

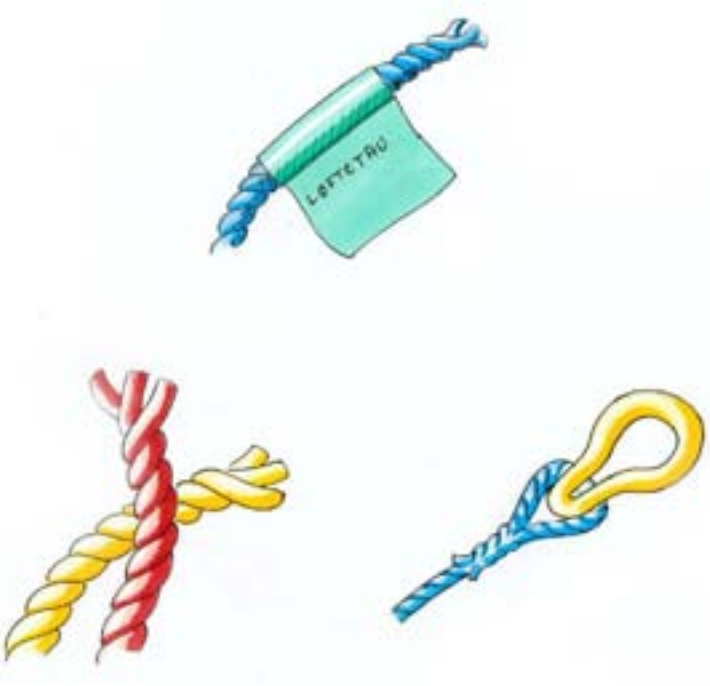
I figur 2.6 foreslås en alternativ løfteteknikk av not, ved at en oppblåsbar ballong senkes ned til notbunnen og blåses opp her. Ballongen vil nå bidra med å løfte notbunnen. Dersom ballongen utfører løftet av hele nota alene, vil det være vanskelig å kontrollere heveoperasjonen. Det beste vil derfor kanskje være å benytte en slik løfteteknikk som supplement til vanlig løfteoperasjon.

Ballongen benytter seg av det sterkeste punktet i nota, og avlaster konstruksjonen ved heving av sidetau.



Figur 2.6. Oppblåsbare elementer kan introdusere en alternativ måte å løfte notbunnen på.

Sikkerheten mot feil håndtering av not kan økes ved å innføre en hensiktsmessig merking på løftetau o.l. Tauender for løftetau kan for eksempel utformes som løftekroker.



Figur 2.6. Alternative måter å merke løftetau på.

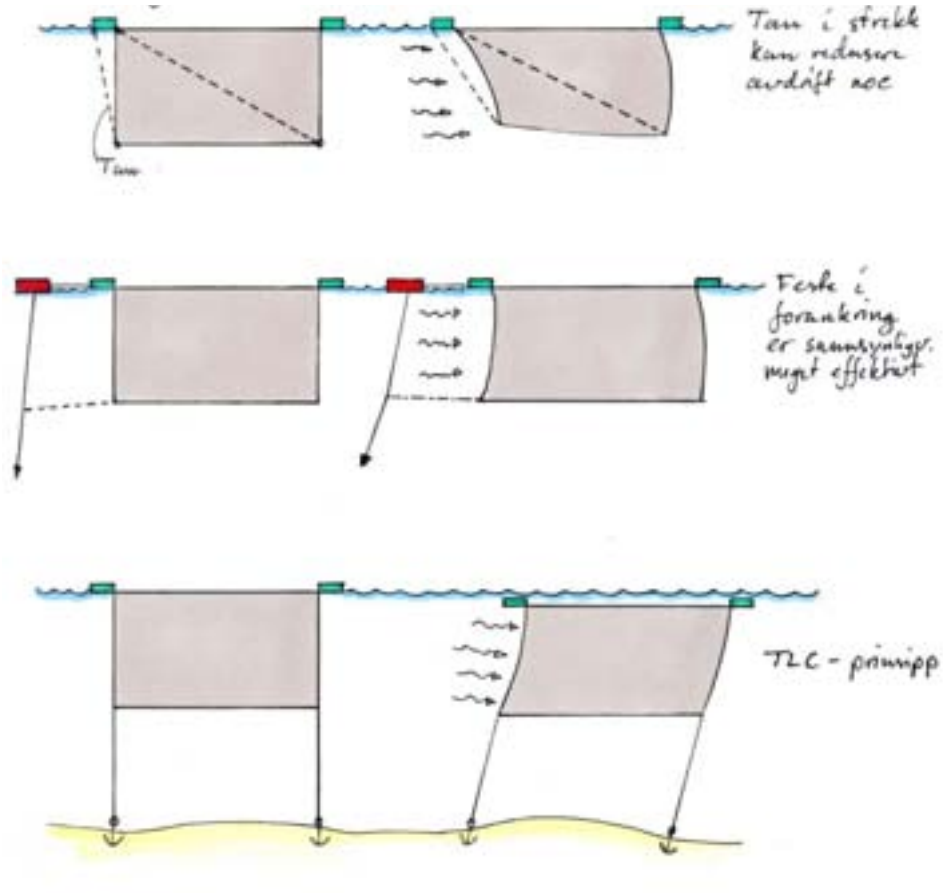
2.9 Volum

Strøm deformerer notveggene, slik at effektivt oppdrettsvolum reduseres. Her tas med noen generelle forslag som kan bidra til bedre volumopprettholdelse:

- Tyngre/flere lodd. Loddene må ikke føre til for store belastninger på nota.
- Bunnring eller annen utspiling av notbunn
- Notlin med mindre strømningsmotstand (drag). Kan oppnås med tynnere tråder, nye materialer m.m.

Dersom man tar flytekrage og forankring med i betraktningene, finnes flere løsninger som kan begrense notdeformasjon:

- Skrå tau som forbinder flytekrage og notbunn. Har effekt på avdrift på leside, dvs mulig effektivt tiltak mot faren for propell i not. Total volumreduksjon i strøm vil imidlertid bli større med denne løsningen.
- Notbunn fortøyes i ankerliner (se figur 2.2). Volum opprettholdes i større grad, men større belastninger på forankring.
- TLC (tension leg cage) forankring av not (merd festet i havbunn via strekkstag, som nota også er festet på).
- Bruk av spiler/annen avstivning av konstruksjonen?



Figur 2.7. Noen alternative måter å opprettholde volum i strøm.

2.10 Oppsummering

Dette kapitlet har belyst en rekke tema med tilhørende løsninger for not og tilgrensende komponenter. Et større skissegrunnlag for videre underbygging av diskusjonen finnes i vedlegg 1. Arbeidet som er presentert, er resultater av idegenerering, og i stor grad uverifiserte konsepter og teorier. Arbeidet må derfor ikke anses som ferdige produktløsninger.

Det er verdt å merke seg at mange av utfordringene henger sammen, og at en forbedret løsning ofte vil kreve tiltak på flere enn ett felt.

Neste kapittel sammenfatter de viktigste punktene fra denne gjennomgangen.

3 Konklusjoner

3.1 Generelt

Dersom man forutsetter fortsatt bruk av dagens løfteredskaper (-og metoder), vil det være vanskelig å sikre seg 100 % mot skader på nota. En del skader kan sannsynligvis forhindres med god opplæring og prosedyrer. Mangelen på krav til prosedyrer/operasjon vurderes som et særlig stort problem. Prosedyrer bør utformes både av oppdrettsselskap som har kjennskap til drift og utstyr, og av notprodusentene som kjenner produktet.

For notprodusenter vil det i fremtiden bli viktigere å tenke på notproduktet som en del av et system. Nota er i interaksjon med flytekrage, lodd, brukere og utstyr. Forbedringer og sikrere drift vil være avhengig av at det også gjøres vurderinger mot de tilgrensende komponentene i systemet (samt at tilgrensende produkter også forbedres).

Det er forventet at det vil stilles større krav til notprodusentene i fremtiden. For å møte dette, vil produsentene også kunne stille større krav til brukerne, i form av operasjonsmetoder, vedlikehold og oppbevaring.

3.2 Riveegenskaper

På generelt grunnlag er det foreslått flere strukturelle forbedringer av dagens produkt. De mest sentrale metodene oppsummeres nedenfor.

Interaksjon med brukeren
Sikkerheten kan økes ved å fjerne *mulighetene* for feil operasjon. Nøtene må lages intuitive, og det skal være vanskelig å gjøre noe feil. Nota bør gi gode signaler på hvordan den skal opereres, ved merker, farger, løftekroker o.l. Dette i tillegg til forbedrede rutiner og løfteutstyr.

Fleksibilitet
Det kan være gunstig å legge inn kontrollert fleksibilitet i konstruksjonen. Dette kan være både i innfesting mellom lodd og not, mellom not og flytekrage eller i selve notlinet. Hensikten er å absorbere rykklaster fra bølger, fra en kran ved notløft m.m. Fleksibilitet kan forhindre at revner oppstår, eller at allerede oppståtte revner blir større. Fleksibilitet kan også redusere pasningsproblemer som følge av krymping.

Økt fleksibilitet mellom komponentene må ikke medføre at de lettere blir liggende mot hverandre og gnage.

Stivhet
Dersom det innføres økt stivhet i områder der store lastkonsentrasjoner kan oppstå, kan laster spres over et større område av nota.

Vekt
Med hensyn til drift og operasjon vil det være en fordel å kunne redusere notas vekt. Svakere og mindre kostbart løfteutstyr kan da benyttes, og reduksjonen i løftekrefter kan redusere faren for å rive nota. Lavere vekt kan også føre til mindre areal for begroing. Nye materialer f.eks. Dyneema bør utforskes videre.

Offerkomponenter
Dersom nota med hensikt lages svak i utvalgte områder, kan man få en kontrollert riving eller andre hendelser som avbryter en løfteprosess før kritisk skade inntreffer. Det bør også innføres andre "sikringer" mot overbelastning, f.eks. hivkompensator, kraftmåler eller effektreduksjon på løfteutstyr. Det kan også vurderes alternative materialer eller konstruksjon av notlinet i hele nota eller på spesielt riveutsatte felt.

Produksjon
Nøyaktig sammensetting av paneler og tau er viktig for å unngå punktbelastninger i notlinet. Samtidig kan nye produksjonsmetoder føre til at en nøyaktig sammensetning blir mindre kritisk for konstruksjonen.

3.3 Volumegenskaper

Dagens not er et "mykt" produkt, slik at den vil deformere seg mye under påvirkning av strøm. Med dagens konstruksjoner er dette nødvendig, da dette reduserer belastningene. En del av de foreslåtte løsningene for volumopprettholdelse har stor konsekvens for driften av nøtene. For de som skulle ønske å se nærmere på løsningene, anbefales det å vurdere konseptet nøye for alle driftstilstander.

3.4 Videre arbeide

SINTEF Fiskeri og havbruk håper at de presenterte løsningene vil være et nyttig idegrunnlag for næringen. I prosjektet vil det arbeides videre med et utvalg av de presenterte løsningene, når det gjelder belastninger, styrke og operasjon. Det vil utføres numeriske analyser og modellforsøk.

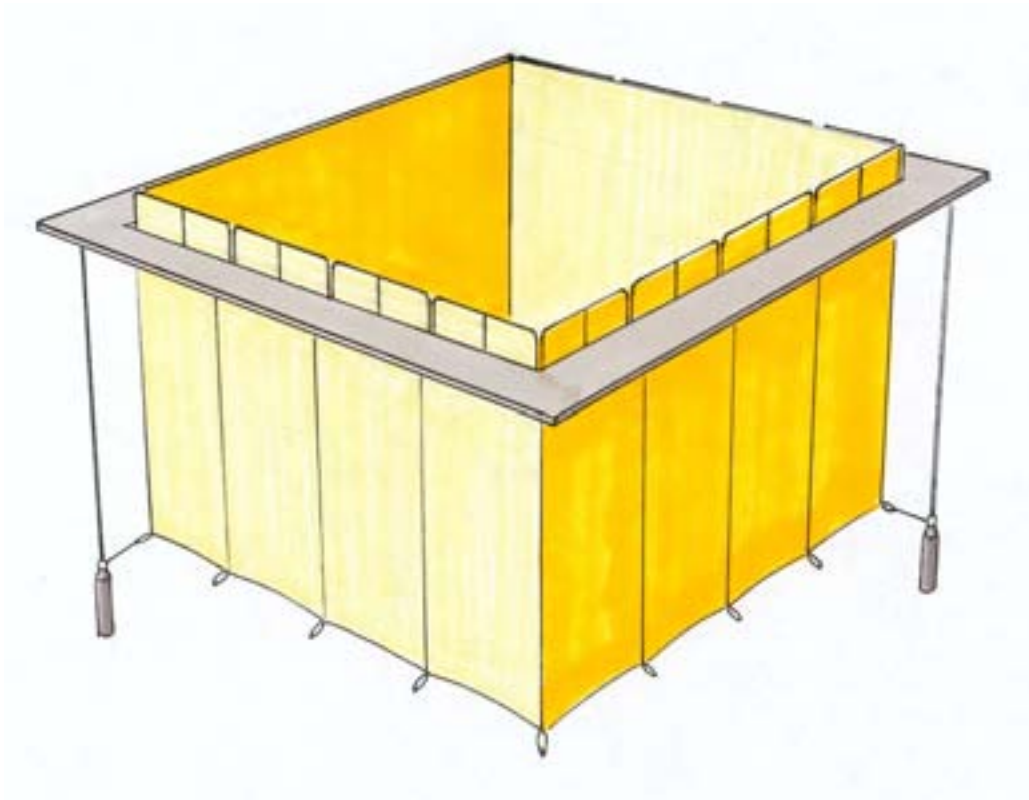
Vedlegg 1 - skisser av konsepter og løsninger

1. Innledning

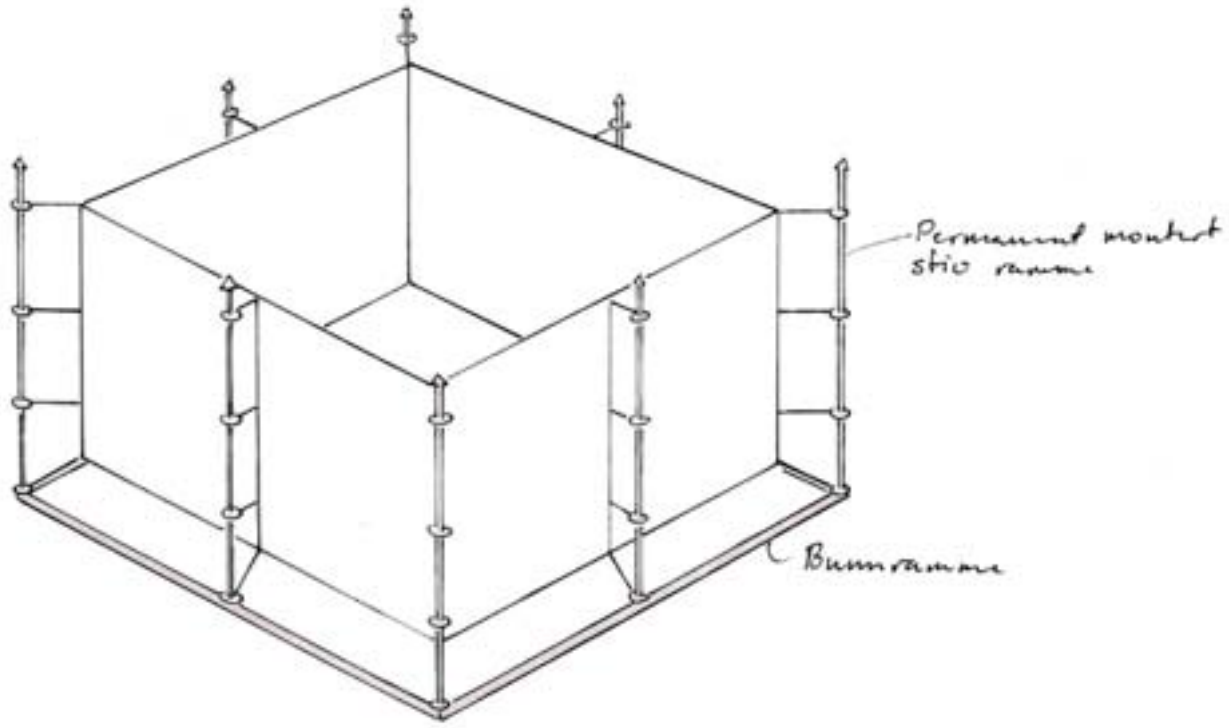
Dette vedlegget inneholder sentrale skisser fra arbeidet med å finne nye notløsninger som kan bidra til å redusere rømming av fisk fra oppdrettsanlegg. Disse skissene underbygger diskusjonen i hovedrapportens kapittel 2. Nummerinndeling i vedlegget følger derfor delkapittelinndelingen fra kapittel 2.

Det er også tatt med et forslag til kravliste i tabell 1, med forslag til nye designkrav til oppdrettsnøter. Denne listen kan benyttes som utgangspunkt ved utvikling av nye nøter.

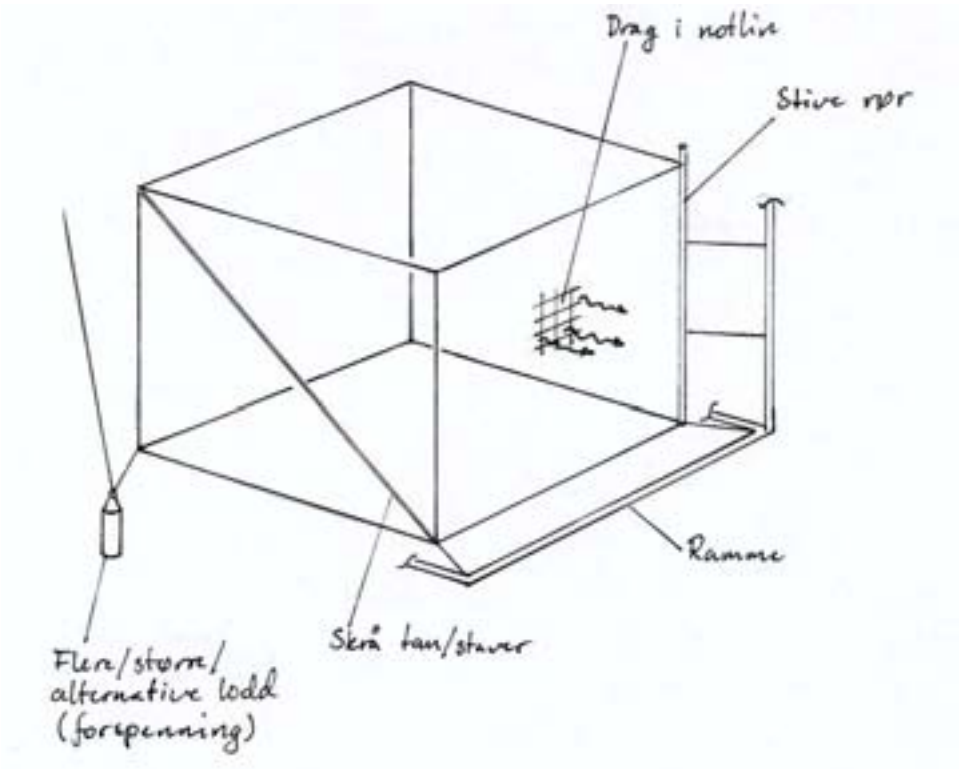
2. Overordnet - notkonstruksjon



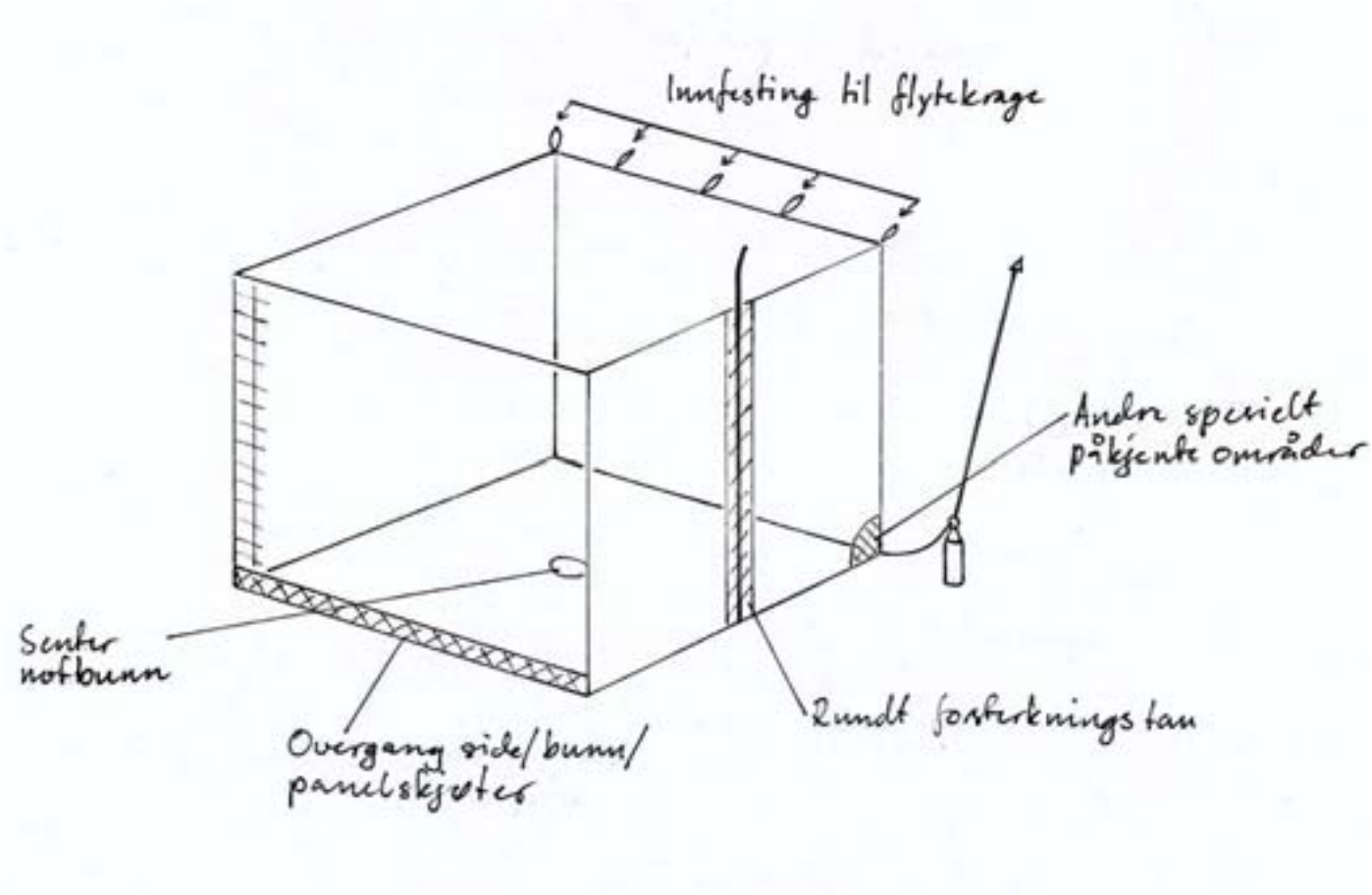
Figur 2.1. En merd er en interaksjon mellom hovedkomponentene not, flytekrage og lodd. Disse har forskjellige bevegelser i sjø, og vil derfor påvirke hverandre med krefter. En del av oppgaven vil være å forbedre denne interaksjonen.



FIgur 2.2. Rammekonstruksjon av stive staver rundt not.

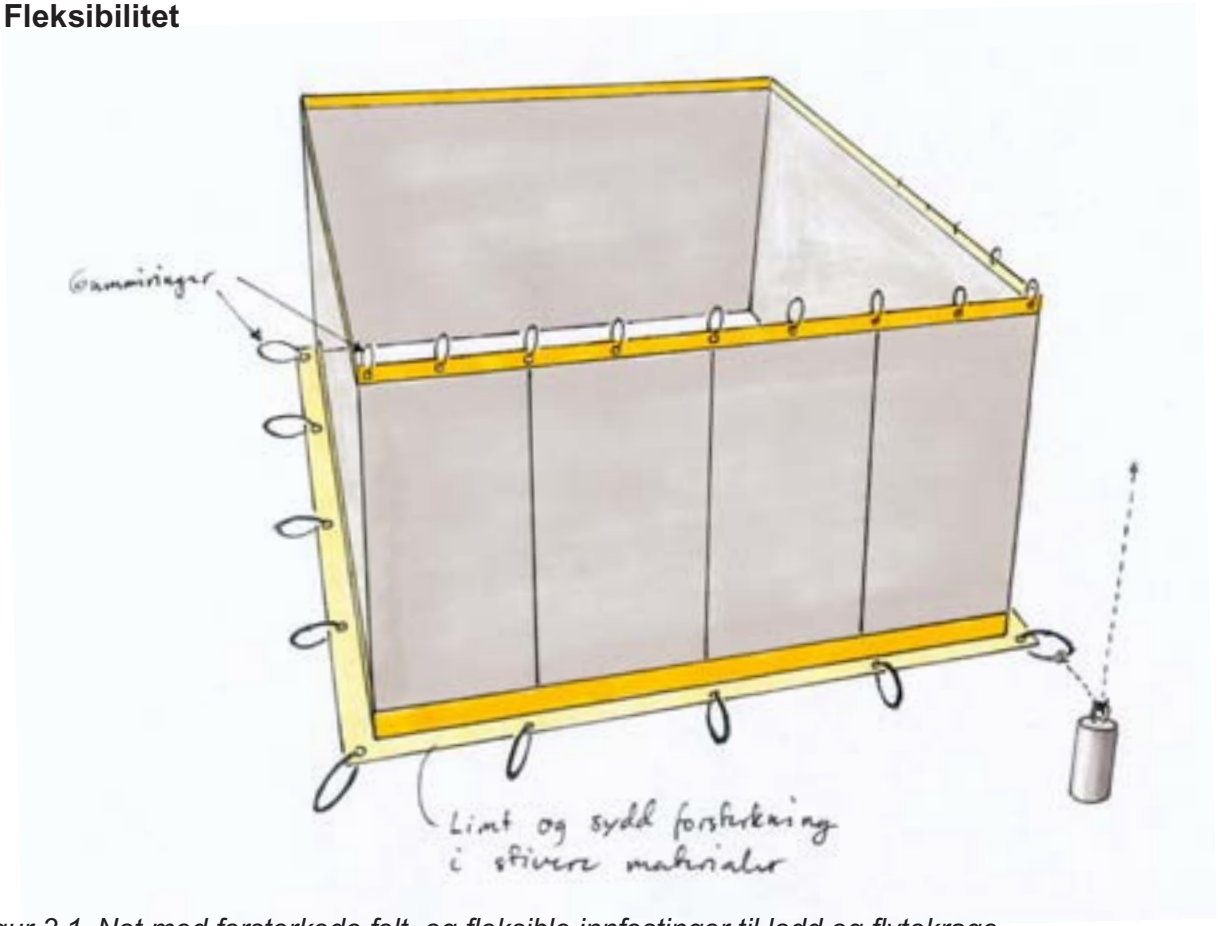


Figur 2.3. Generell sammenfatning: Måter å stive av nota på.

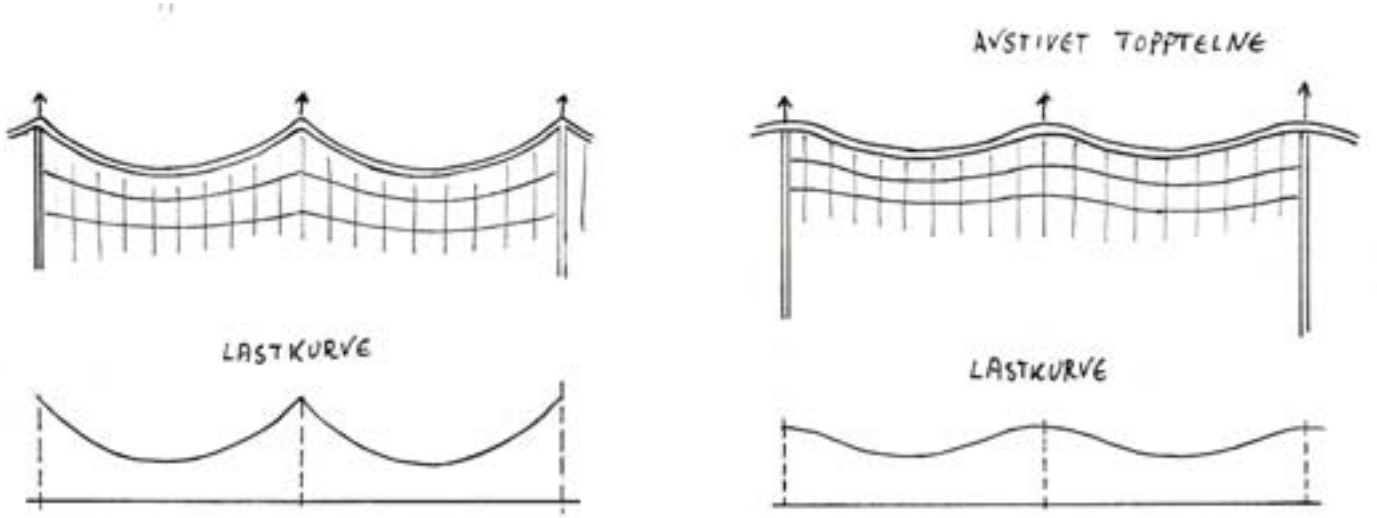


Figur 2.4. Områder på not hvor man bruker/kan vurdere å innføre forsterkninger.

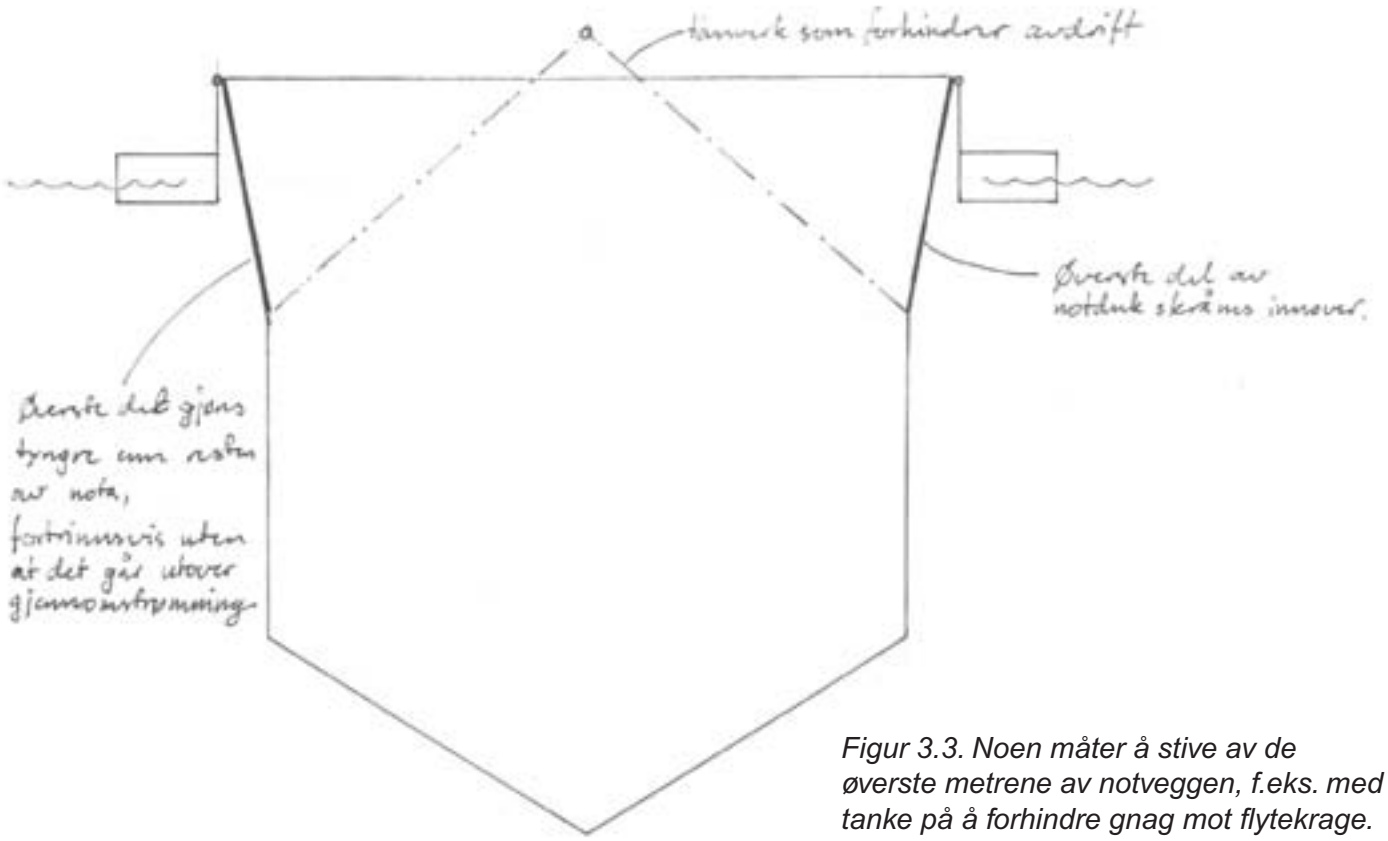
3) Fleksibilitet



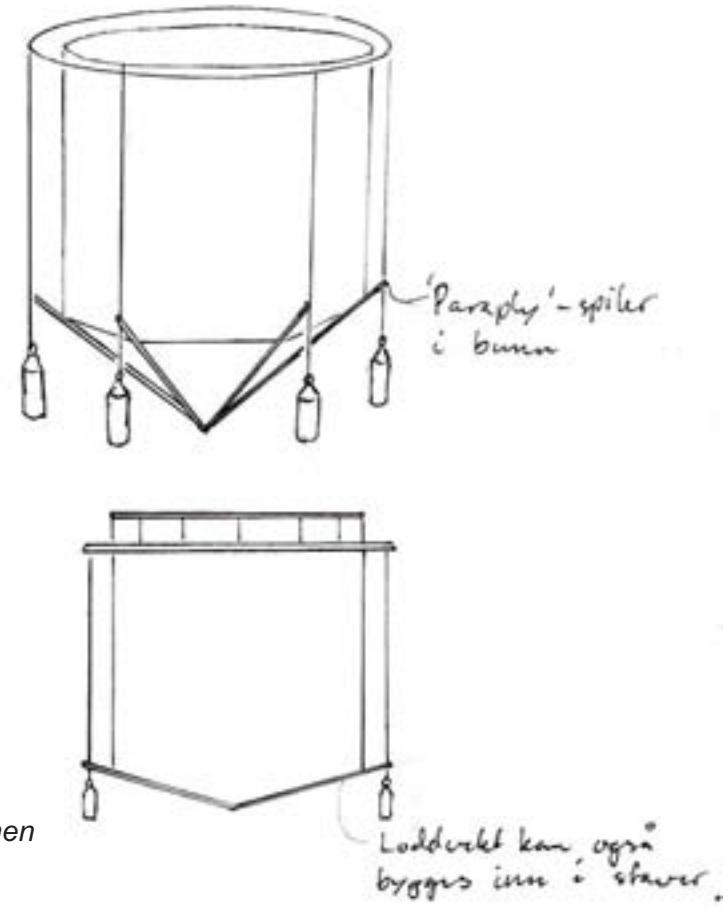
Figur 3.1. Not med forsterkede felt, og fleksible innfestinger til lodd og flytekrage.
Fleksibilitet: gummiringer brukes i innfesting både i topp og bunn.
Stivhet: Felt i topp og bunn/side som stiver av nota, forhindrer riving og begrenser sagging.



Figur 3.2. Prinsipielle lastkurver for dagens not, og not som er avstivet i topptelne. Samme lastkurver gjelder der notbunn festes til lodd eller annen punktlast.

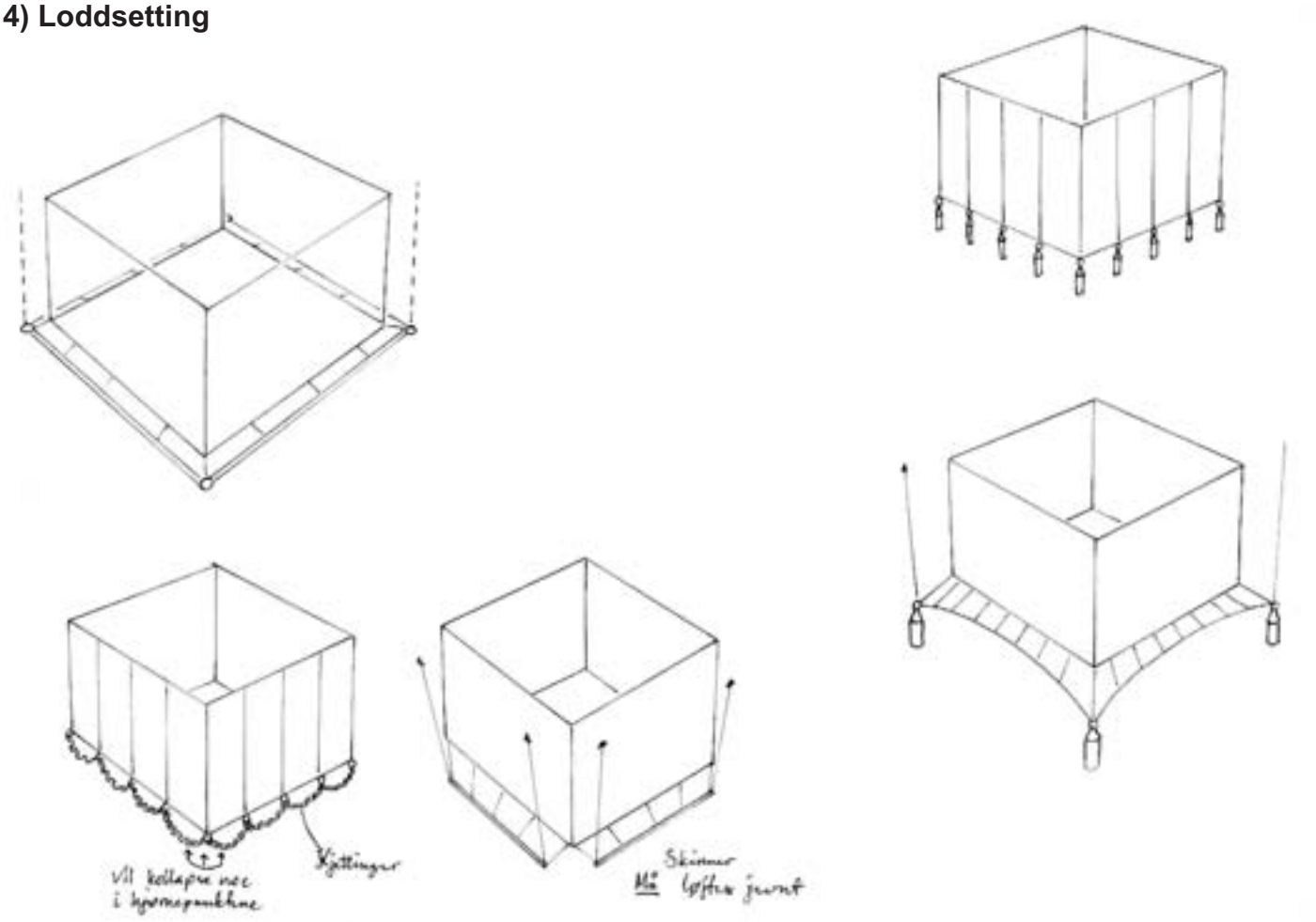


Figur 3.3. Noen måter å stive av de øverste metrene av notveggen, f.eks. med tanke på å forhindre gnag mot flytekrage.

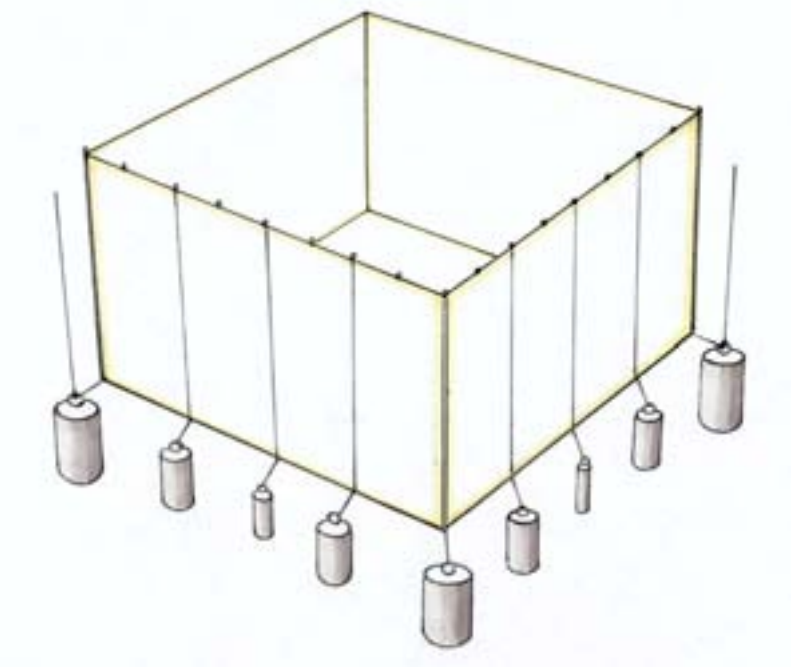


Figur 3.4. Prinsipp for avstivning av bunnen i nota.

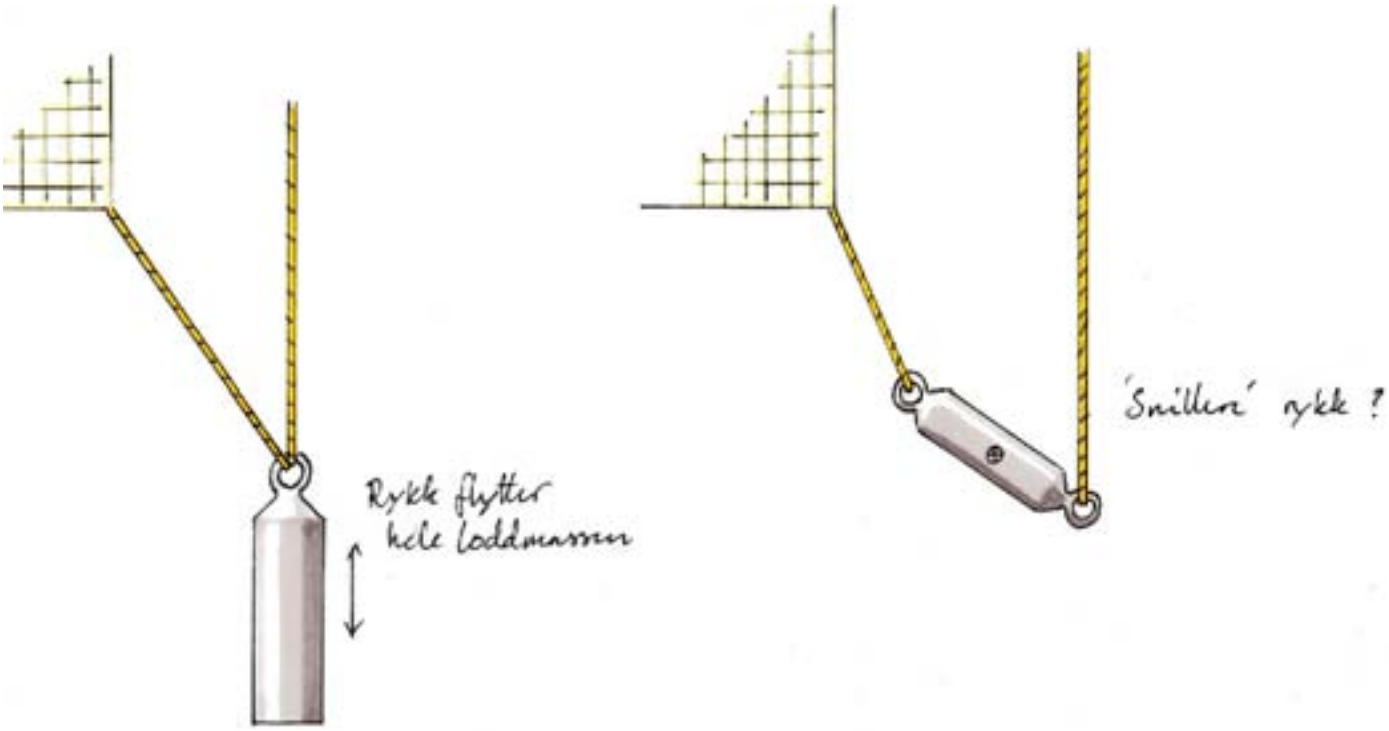
4) Loddsetting



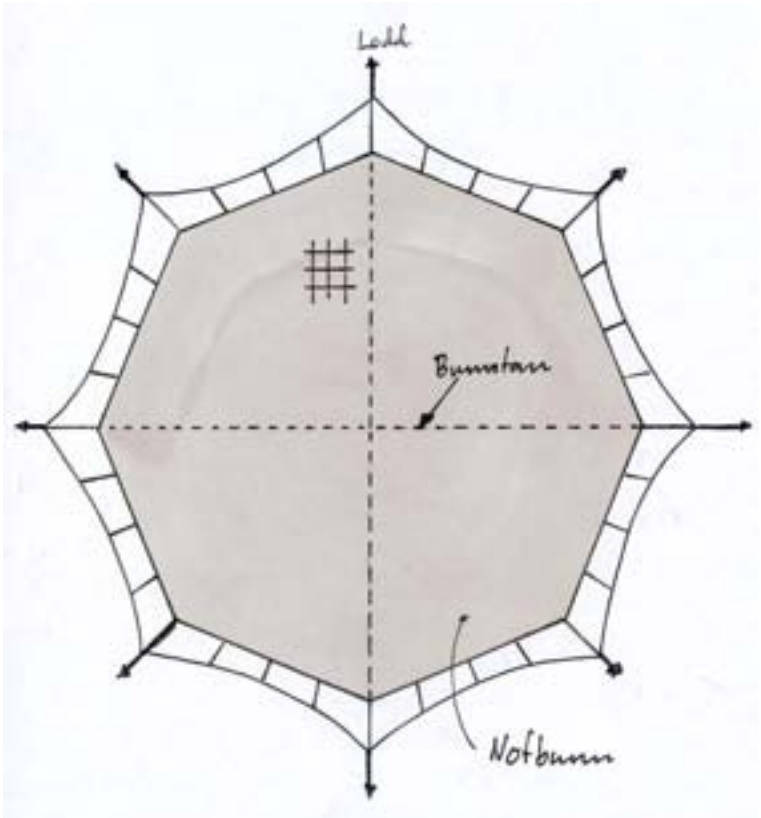
Figur 4.1. Alternative måter å loddsette nota på



Figur 4.2. Nyanserte loddsettinger kan forbedre volumegenskapene til nota.



Figur 4.3. Alternativ utforming av lodd kan kanskje redusere rykkrefter.



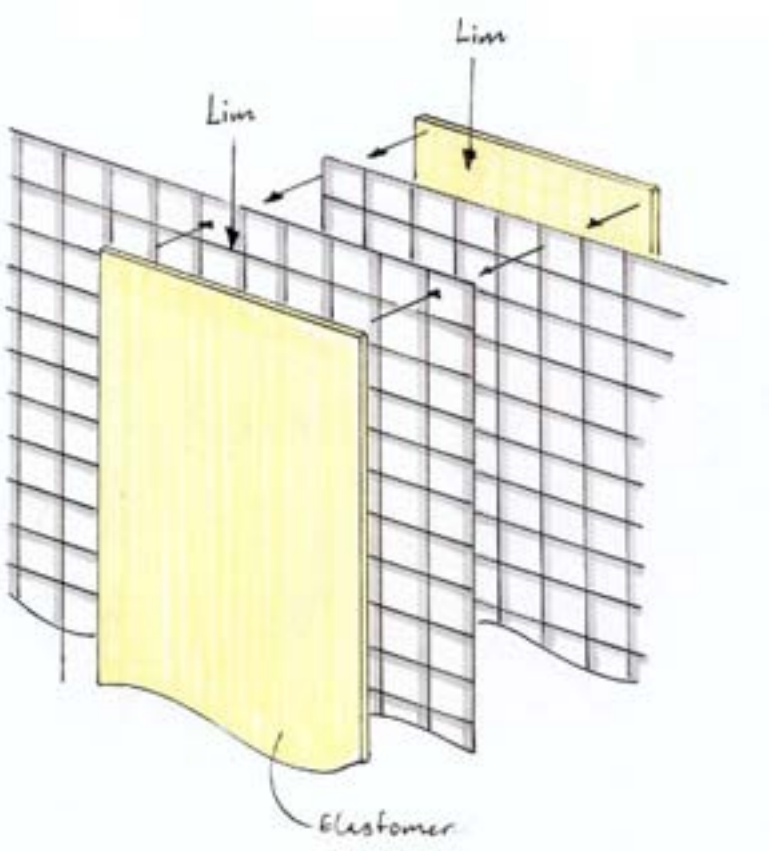
Figur 4.4. Med tanke på at bunnen i sirkelnøter er åttekantet, burde man kunne klare seg med åtte lodd. Skissen viser et forslag på en slik geometri. De ekstra taustrekkene mellom loddene er festet inn i notbunnen med jevne mellomrom, slik at notbunnen skal spennes ut effektivt. Dette muliggjør raskere heving av nota, samt sikrere notløft, fordi at notbunnen dras gradvis opp.

Sying/retning på notlin blir imidlertid mer uhensiktsmessig, med tanke på hvordan krysstau må plasseres.

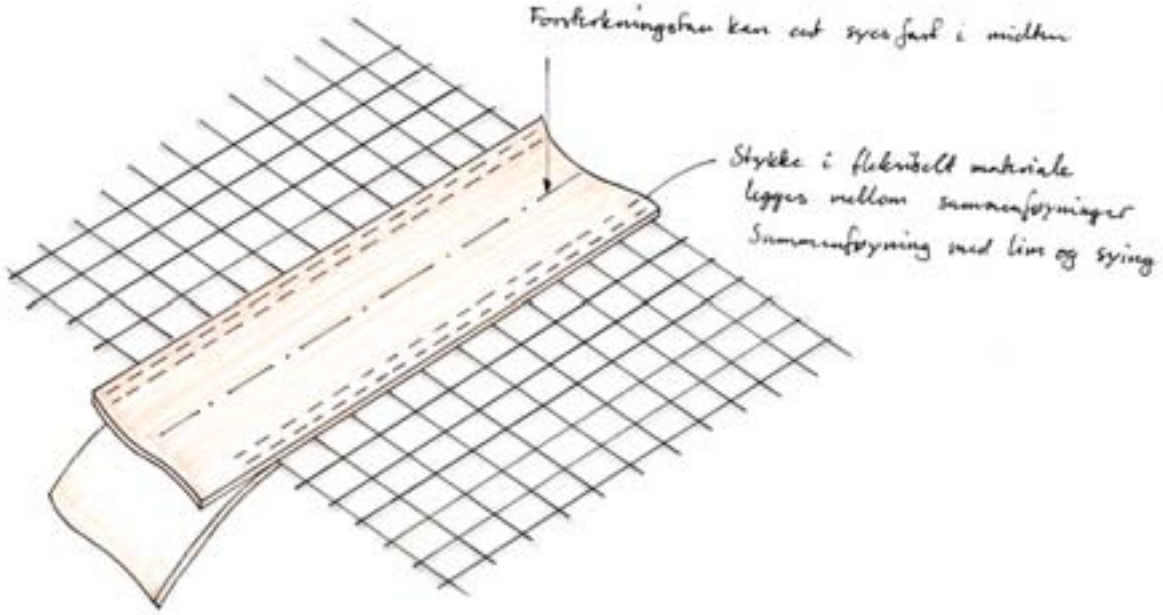
5) Notlin

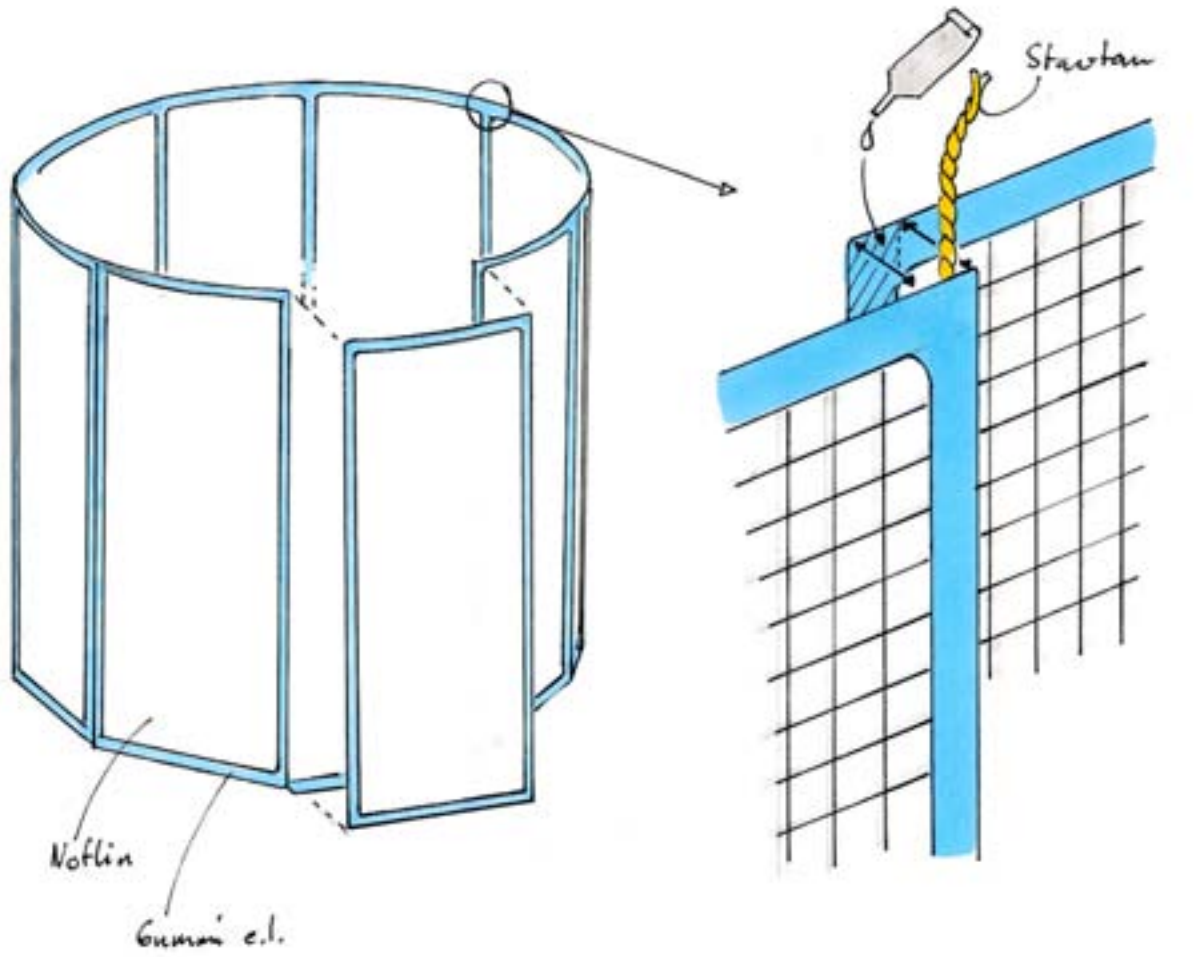
Skisser under viser alternative måter å feste notpaneler, eller notpaneler og tau til hverandre.

Lim som skjøtemetode kan gi helt andre egenskaper enn sying. For eksempel vil et seigt lim gi en del etter før skjøten ryker. Lim vil imidlertid kreve noe anleggsflate. Man kan forsøke seg med lim som alternativ til sying, eventuelt bruke lim i tillegg til sying.



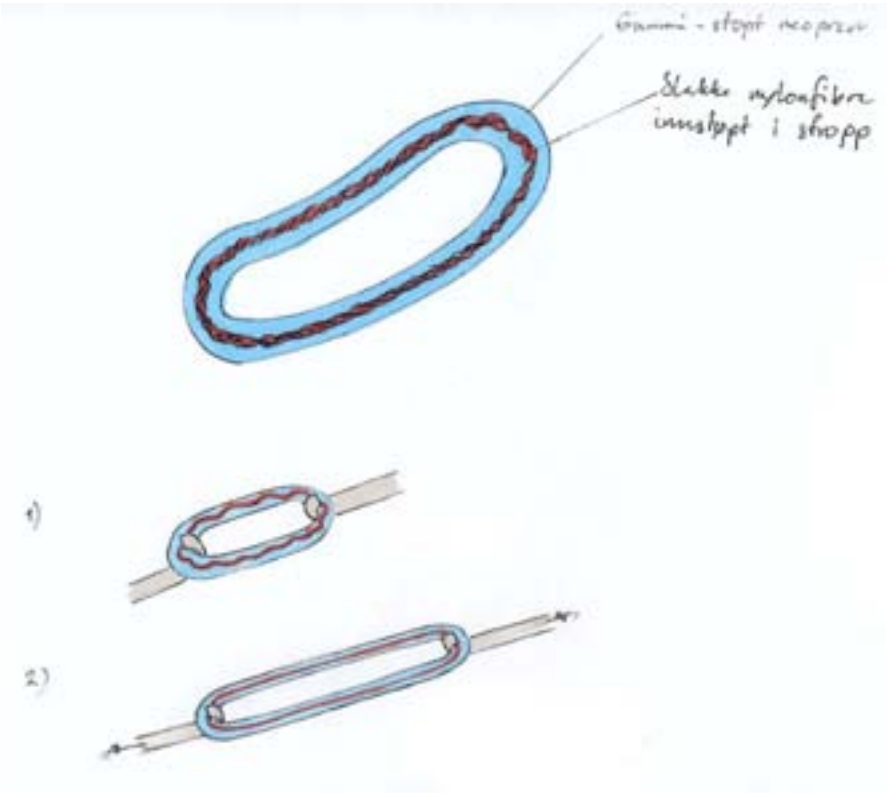
Figur 5.1 og 5.2. Sammenføyninger av notlin, der man benytter lim i sammenføyningen. Materialet brukt mellom stykkene øker anleggsflaten til limet. Dette mellomlegget kan f.eks. være en elastomer, som vil forsøke å absorbere eventuell spennings-konsentrasjoner.





Figur 5.3. Helkonsept-ide basert på ideer om bruk av lim. Her tenker man seg at det syes på en gummikant på hvert panel, og deretter limes panelene sammen, med stavtauet i midten.
Denne løsningen kan gjøre det enklere å ta i bruk moderne produksjonsmetoder. Samtidig kan nøyaktig sammensetning bli enklere, og mindre kritisk for nota.

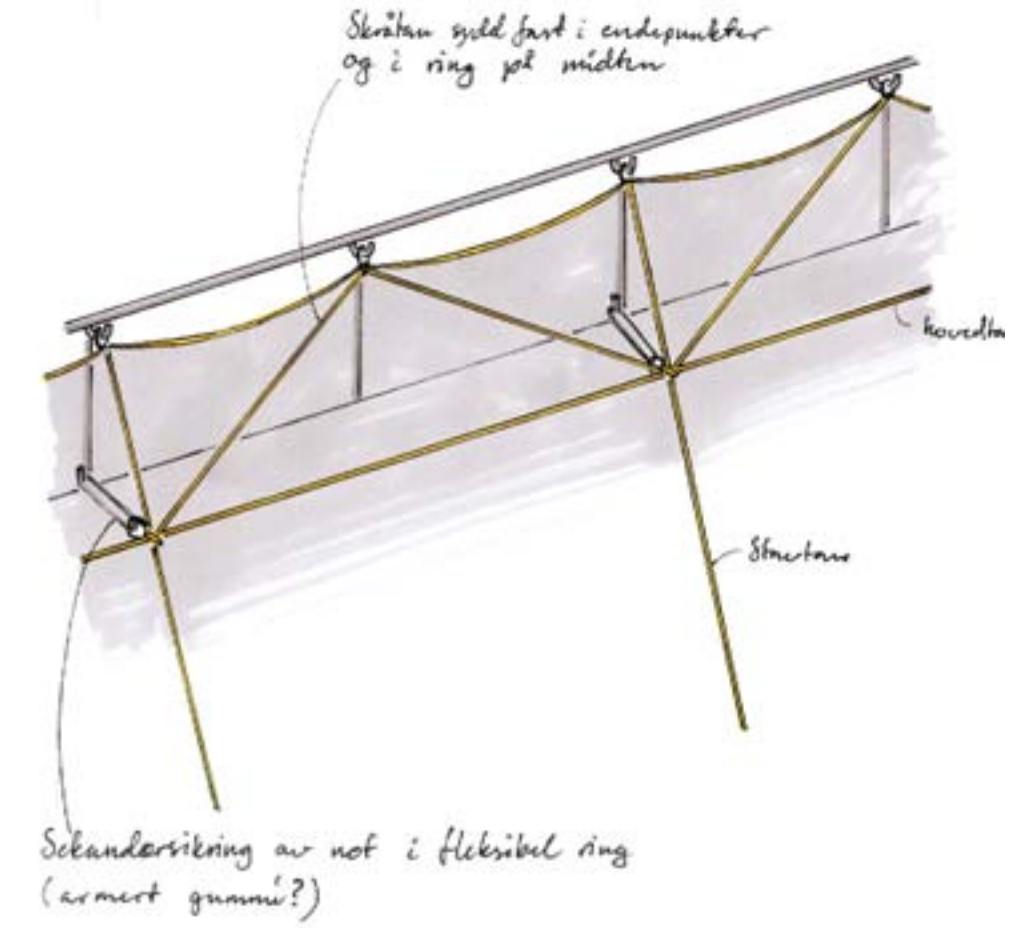
6) Innfesting til flytekrage



Figur 6.1. Forslag til utforming av gummiringer til innspenning av nøter i flytekrage. Denne komponenten kan også benyttes til rykkabsorbering i topptau og i fester til lodd.

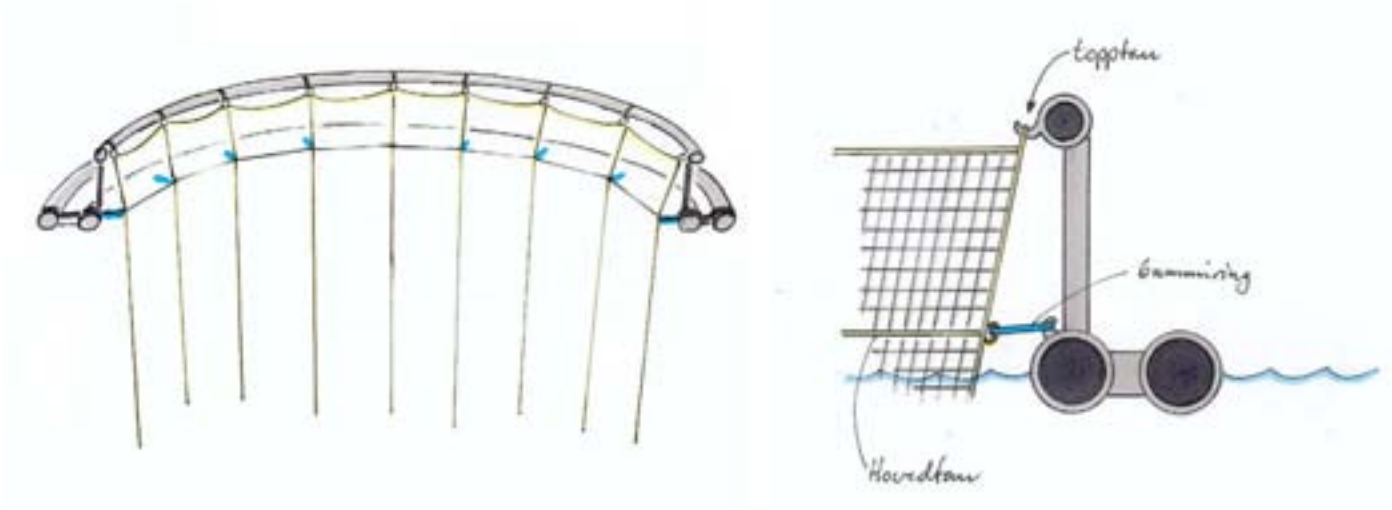
I denne ringen er slakk nylontråd støpt inn i gummien. Med dette vil ringen etter å ha strukket seg et stykke, yte betydelig mer motstand mot videre strekk.

Fleksible komponenter kan også ha noe for seg i forankringer.

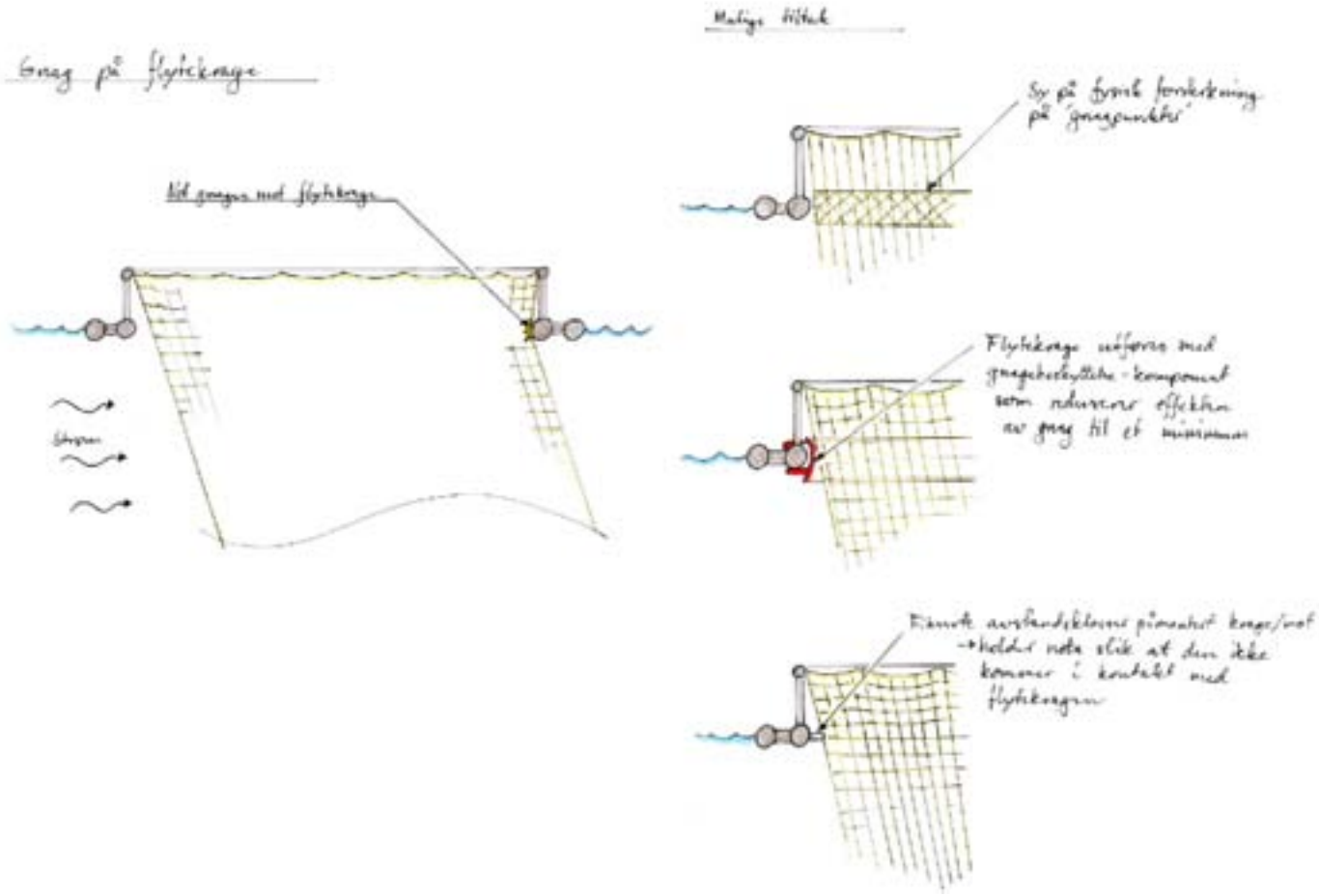


Figur 6.2. En løsning som stiver opp den øverste meteren av nota med skråtau.

En annen fordel med dette arrangementet er at man vil avlaste notlinet i opphengspunktene som ikke er ovenfor stavtau.

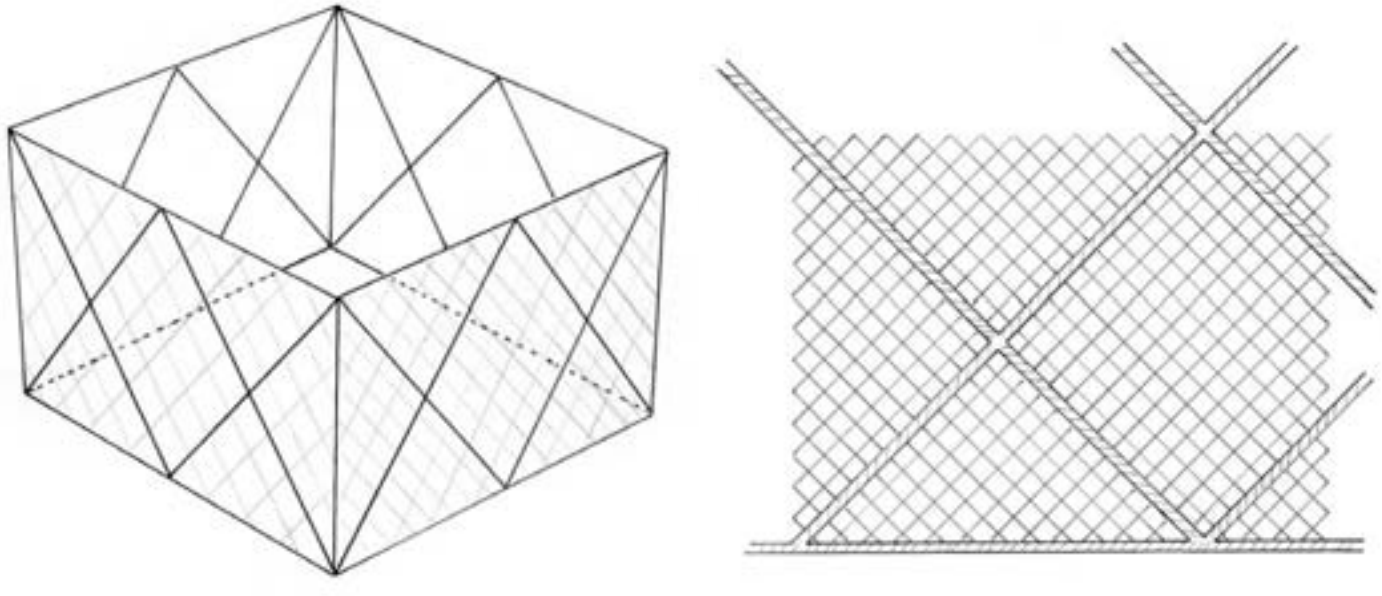


Figur 6.3. Fleksibel infesting av not i flytekragen med bruk av gummiringer.



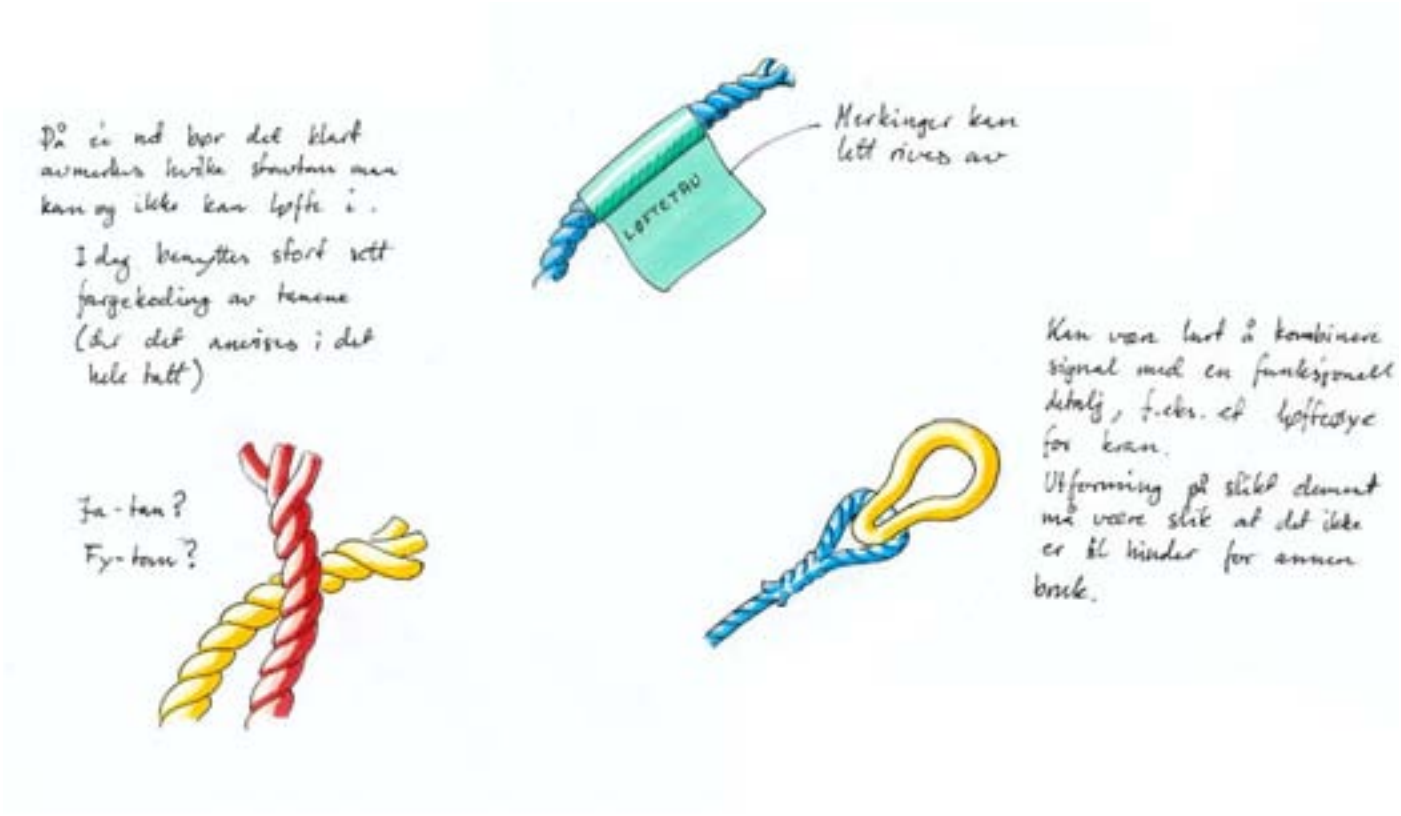
Figur 6.4. Alternative måter å beskytte nota mot gnag fra flytekragen.

7) Forsterkningstau

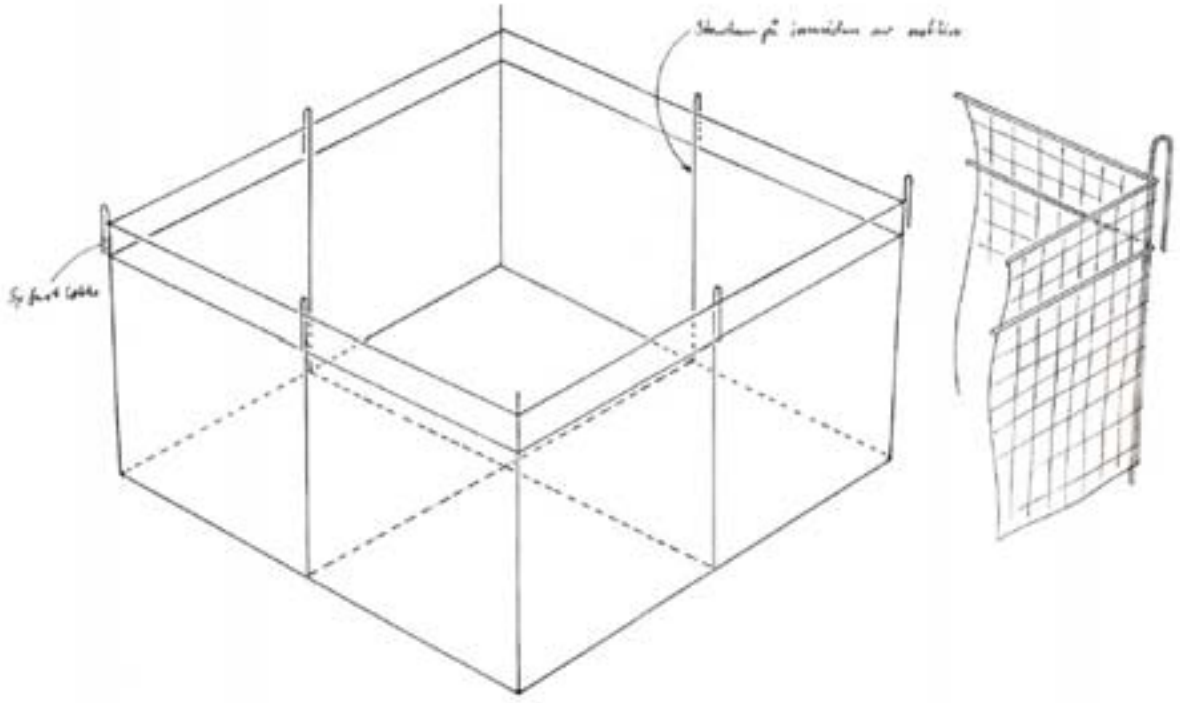


Figur 7.1. Notkonsept med alle forsterkningstau og notlin skråmontert. Dette arrangementet reduserer belastninger i notlin ved håndtering, og reduserer deformasjon av leside i strøm.

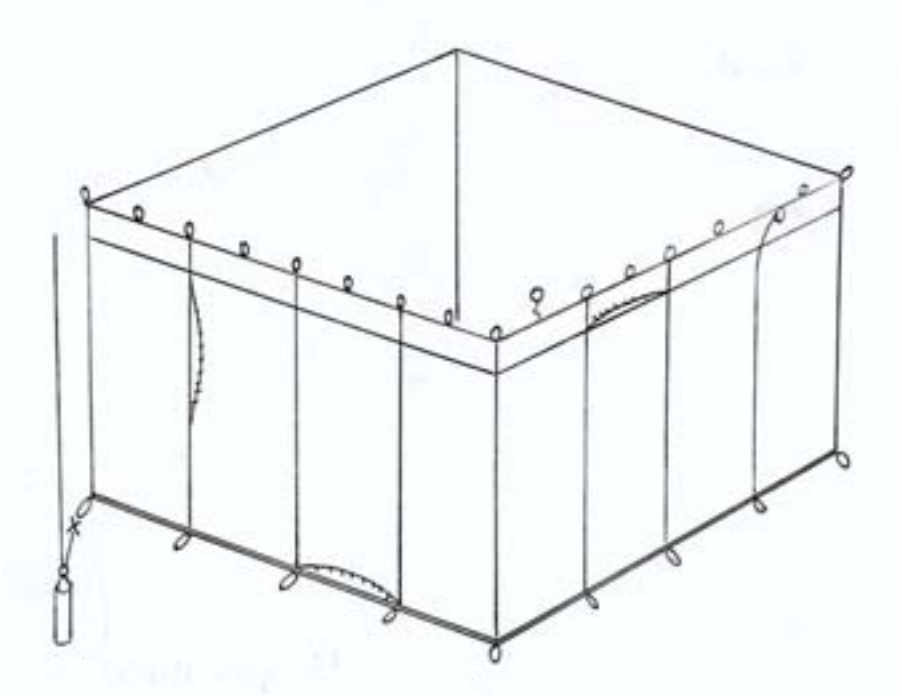
8) Drift og operasjon



Figur 8.1. Noen forslag til merking av løftepunkter på nota.

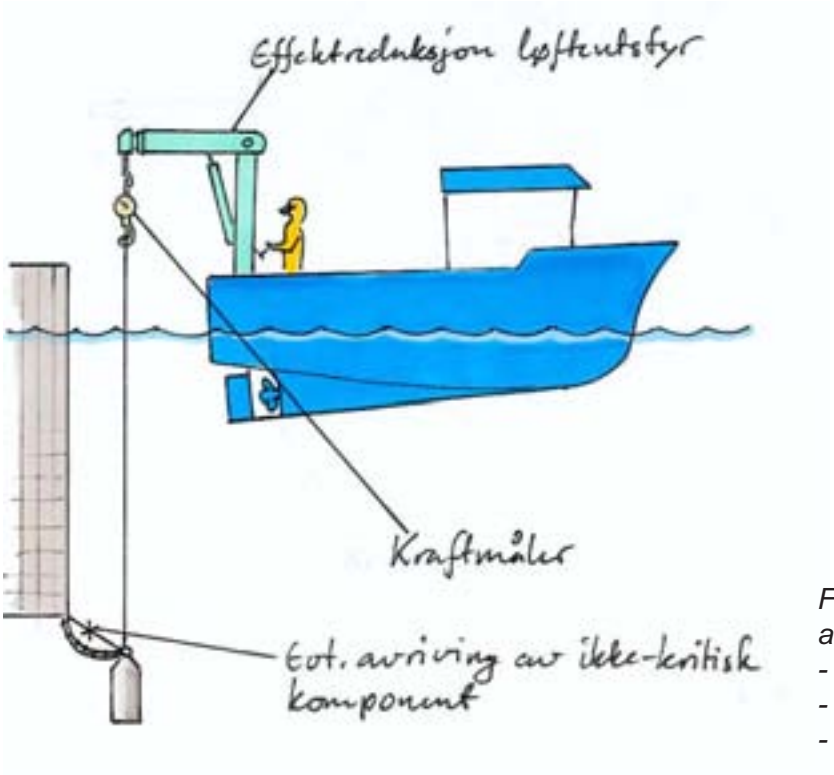


Figur 8.2. Vil man at nota ved overbelastning skal ryke i løftehempene, eller annet ikke-kritisk sted? Figur viser en not konstruert med svake løftepunkter, som skal forhindre global overbelastning.

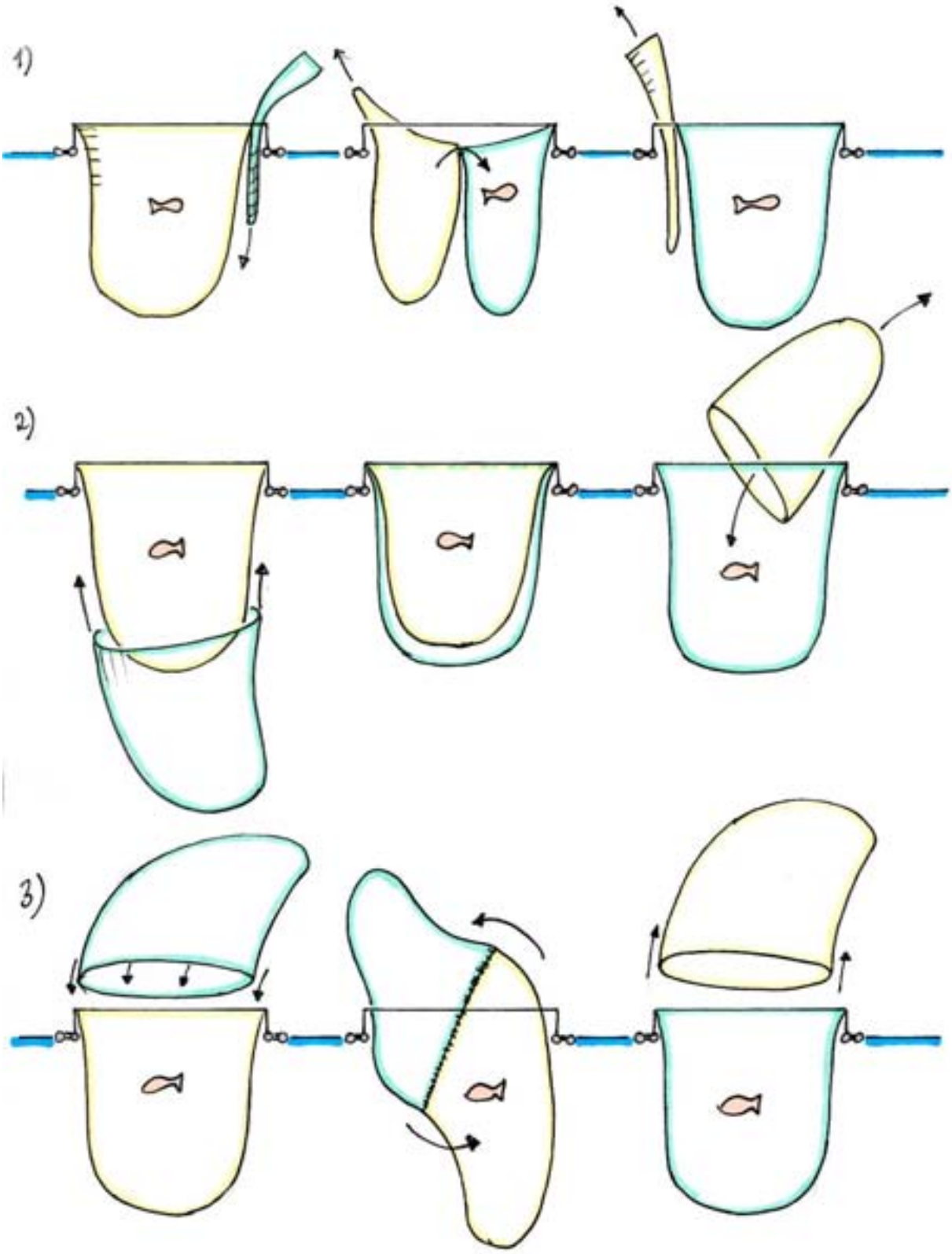


Figur 8.3. En måte å sikre seg mot revner i linet, kan være å introdusere bevisst svake punkter i mindre kritiske deler av nota. Ved feil operasjon vil en ikke kritisk skade oppstå, og operasjonen avbrytes før en overbelastning kan inntreffe. Krav til slik sikring vil være:

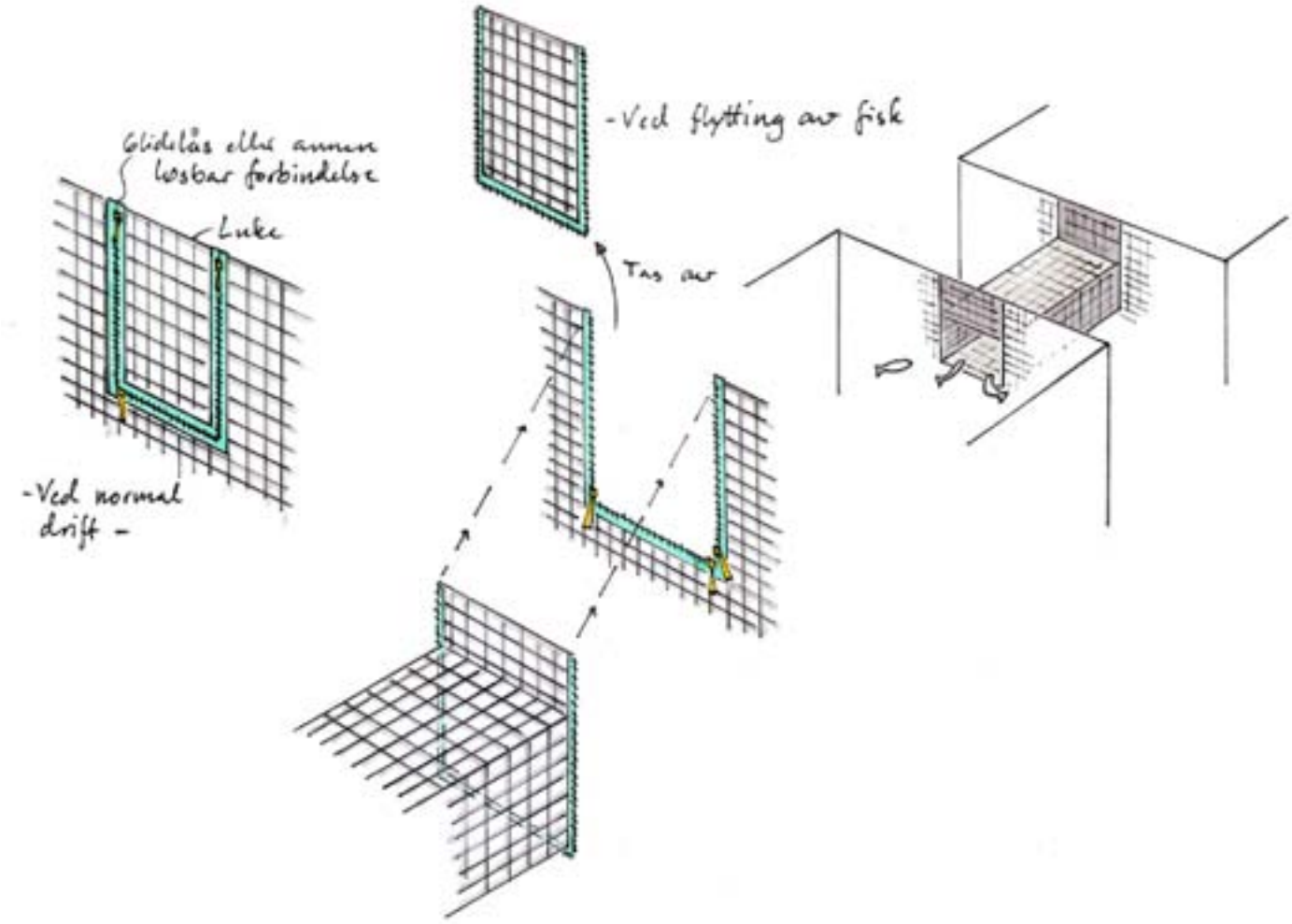
- *Avbrutt operasjon må klart signaliseres til operatør*
- *Avbrutt operasjon må ikke forhindre at den ønskede operasjonen kan utføres på korrekt måte*
- *Eventuell avriving av komponenter må ikke medføre rikosjetter som kan være til fare for operatør eller andre*
- *Skader som påføres nota må ikke øke fare for at rømming kan inntreffe.*



Figur 8.4. Løsninger for sikker operasjon av not:
- Effektreduksjon i løfteutstyr
- Kraftmåler
- Offerkomponent på not



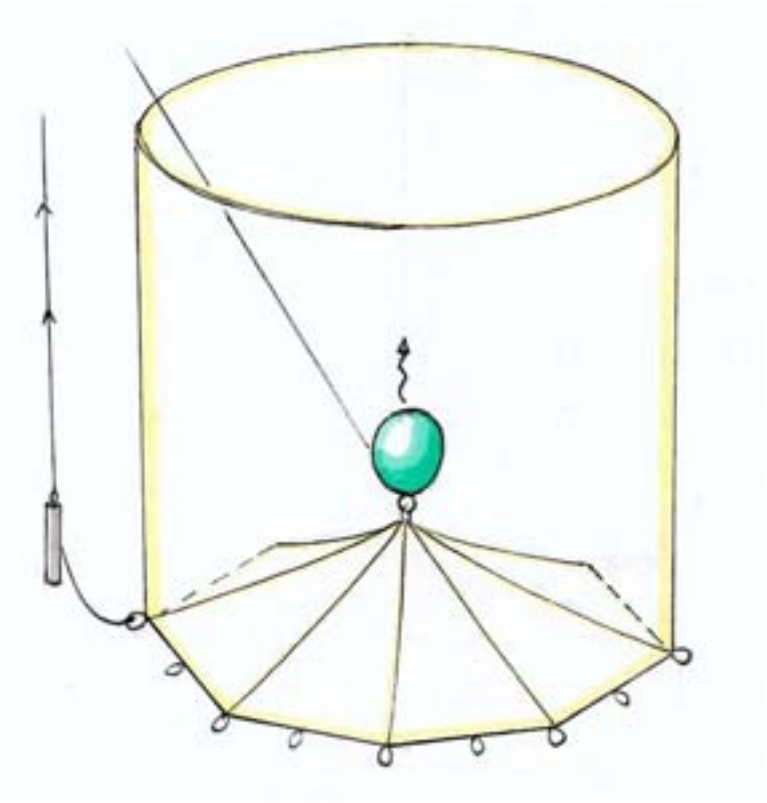
Figur 8.5. Noen prinsipper for alternative notbyttemetoder:
1) Sammensying og overføring av fisk som i dag
2) Ny not smettes på under den gamle nota. Dette sikrer fisken før man begynner notskiftet.
3) Ny not festes langs hele topptelne. Så snues de to notposene slik at den gamle posen kommer opp.



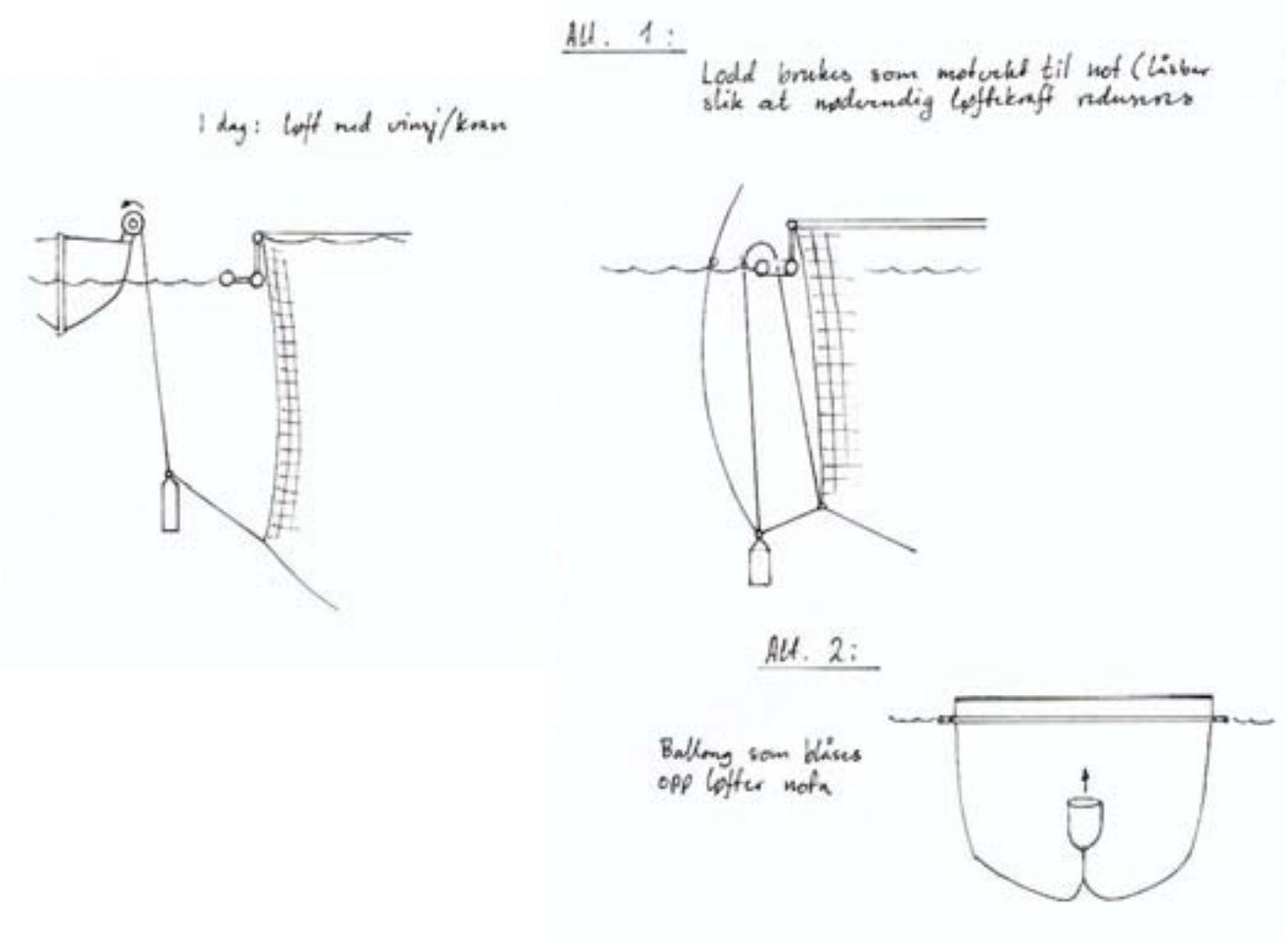
Figur 8.6. Forslag til en måte som gjør flytting av fisk mellom nøter enklere. Glidelås som sammenføyningsmetode er tidligere forsøkt med hell.

Man kan også vurdere å bruke glidelås som et alternativ til sammensying av nøter.

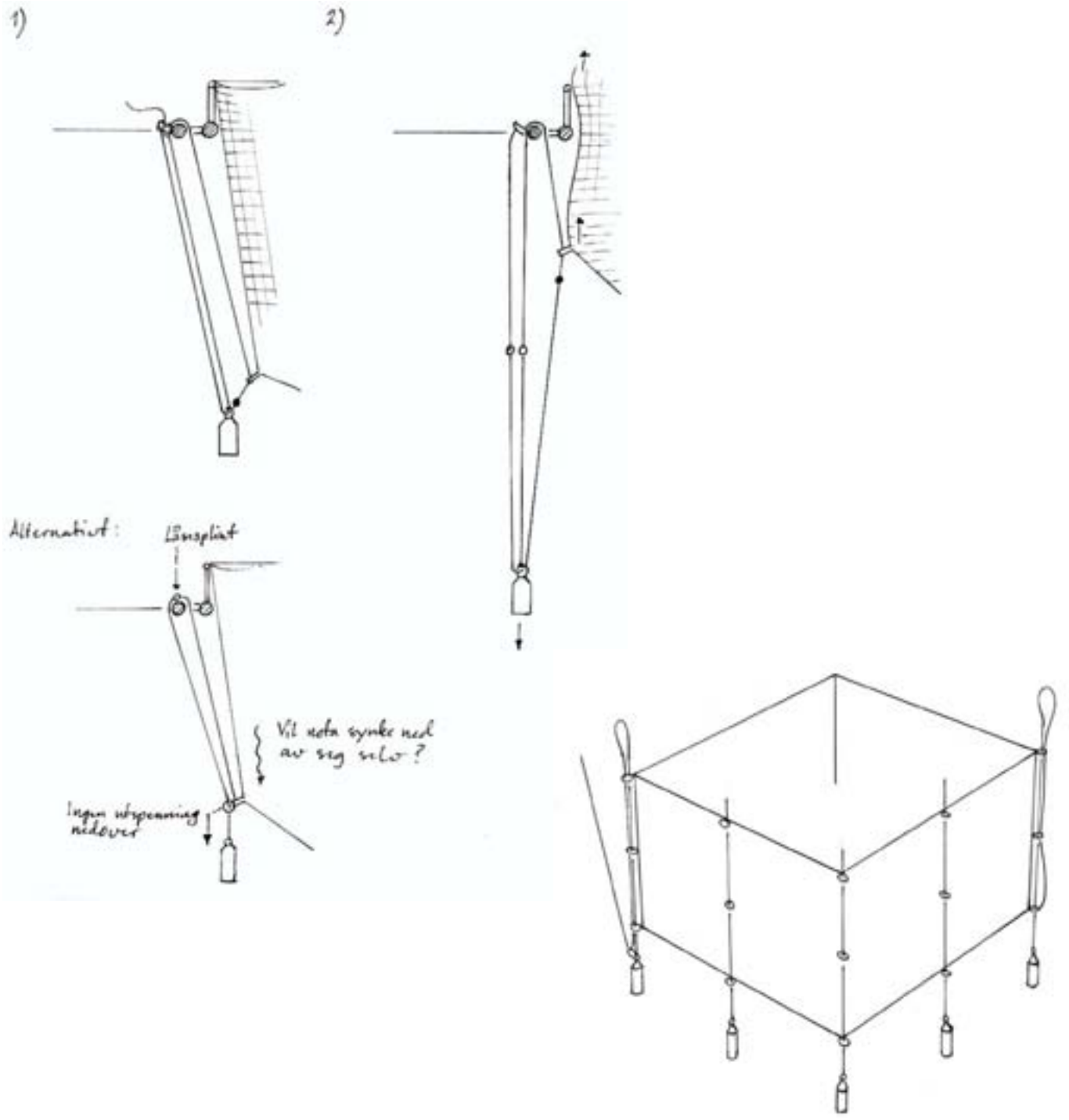
Figur 8.7. Fysisk test har vist at belastningen på sidekantene i bunn sannsynligvis blir mindre dersom man hever opp senter av bunnen først.



Figur 8.8. Ved å benytte en blåse i senter av nota, kan "spissen" i bunn heves opp. Blåsa skal ikke ha så stor oppdrift at den løfter hele bunnen. Med bunnen vrengt slik, kan man løfte sidene med meget begrenset belastning på linet.



Figur 8.9. Alternative måter å løfte en not på.

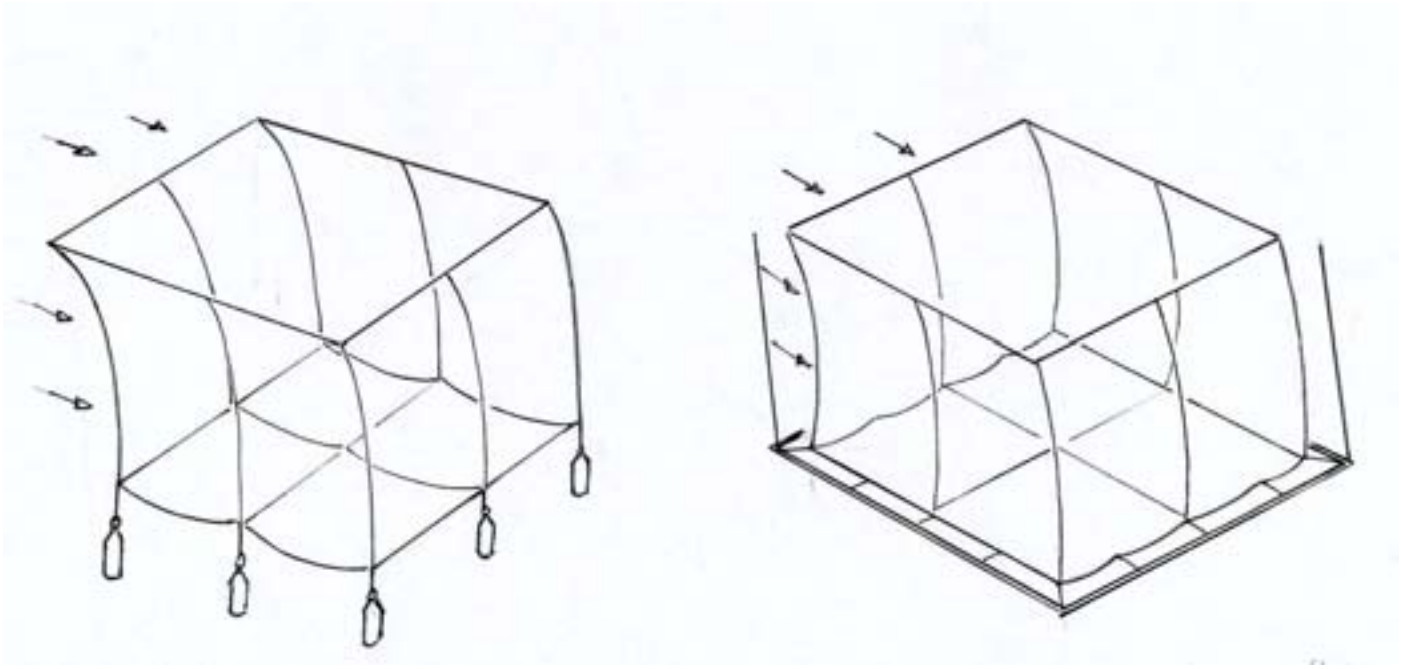


Figur 8.10. En mer detaljert skisse av alternativ metode nr 1 på forrige side.

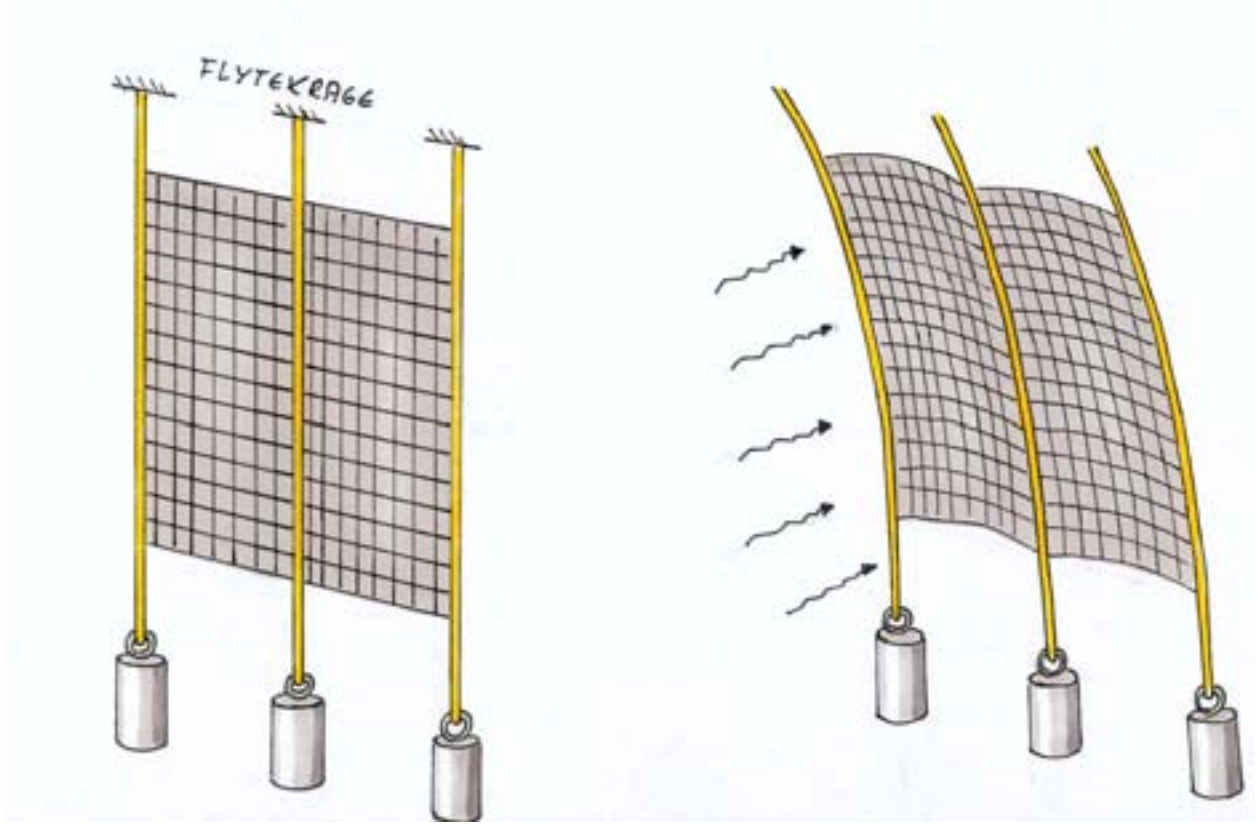
Hovedprinsipp: Ideen har som mål at det skal gå an å løfte selv en stor not uten løfteutstyr som kran e.l. Denne ideen tar utgangspunkt i at både nota og lodd er tunge komponenter som hver for seg er for tunge til å løftes for hånd. Hvis man kombinerer disse komponentene slik at loddene fungerer som motvekt når nota løftes, kan man løfte nota uten, eller med lite ekstra løftehjelp. Ideen krever et dyp på lokaliteten som er mer enn 2 ganger notas dybde.

Kan man klare seg med mindre løftekraft, får man mer kontroll med kreftene og faren for overbelastning av nota reduseres.

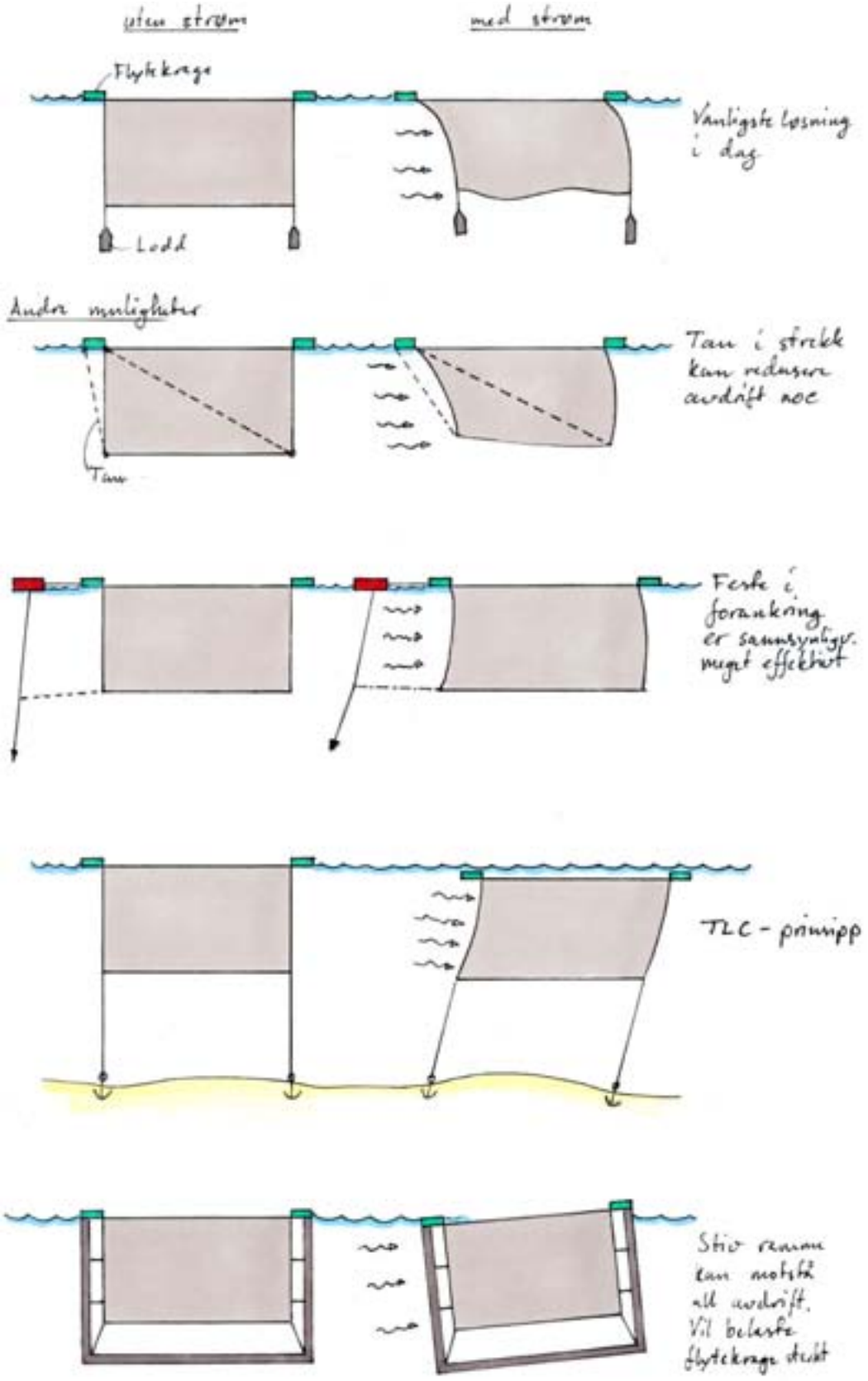
9) Volum



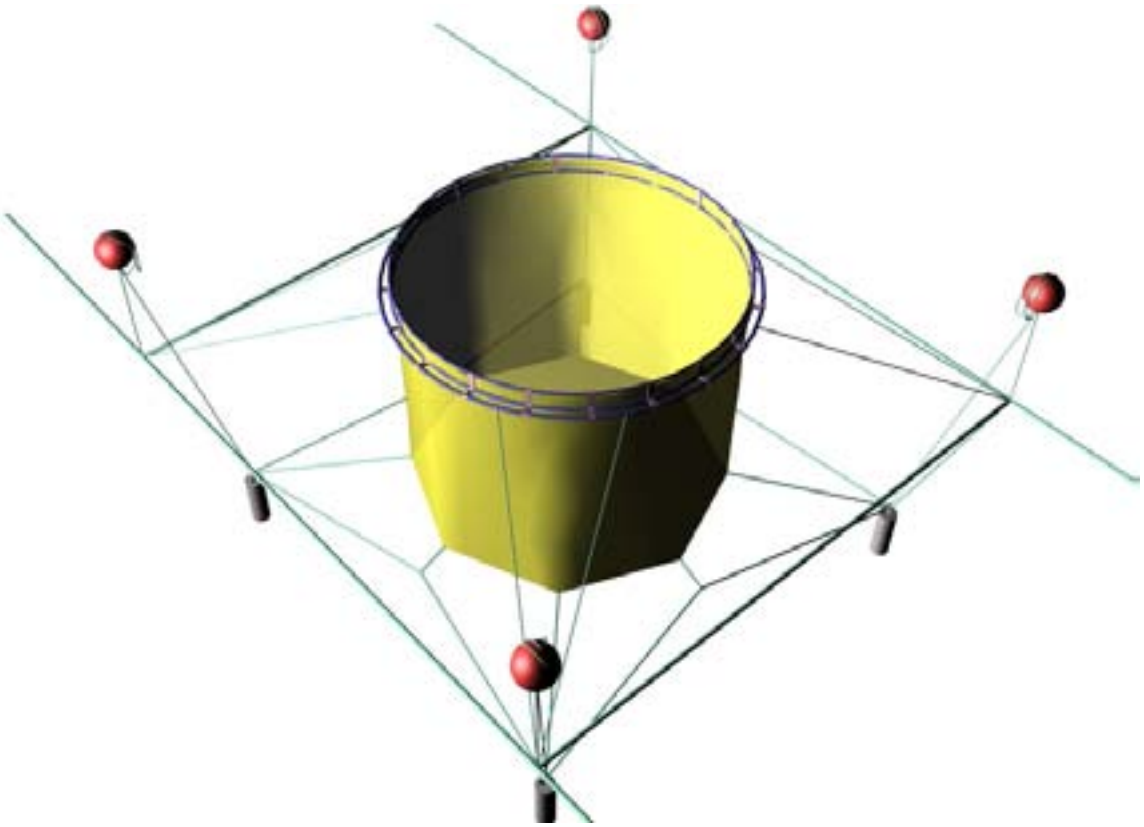
Figur 9.1. Studie av global deformasjon av not i strøm. Løsning med tradisjonell loddsetting, og alternativ løsning med stiv bunnramme.

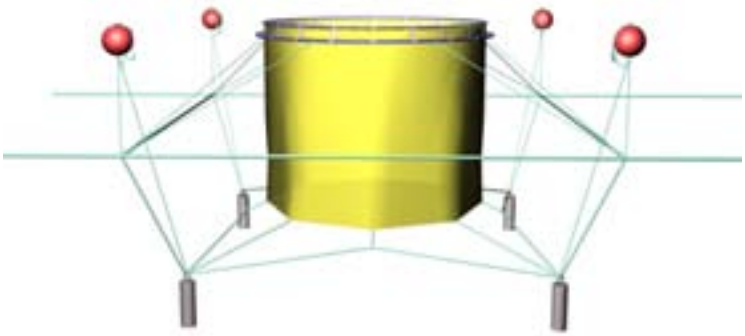


Figur 9.2. Notdeformasjon i strøm.



Figur 9.3. Opprettholdelse av volum i not: generiske løsninger. Flere av disse har vært testet/er i bruk med godt resultat.





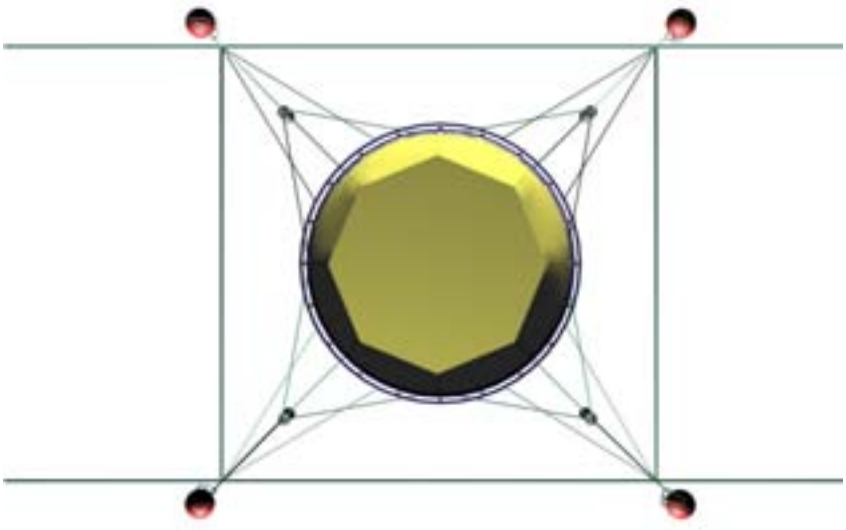
Figur 9.4. Dette prinsippet eliminerer bruk av lodd i direkte kontakt med notkonstruksjonen. 4 lodd er tilstrekkelig for å holde nota utspent, og innfesting i rammefortøyning forhindrer effektivt at notbunnen driver av.

Fordeler:

- *Ingen loddtau eller annet som kan komme i direkte kontakt med nota.*
- *Mer enn ett punkt på notbunn løftes samtidig. Reduserer fare for å overbelaste enkeltpunkter.*
- *Få lodd reduserer antall operasjoner ved håndtering*

Ulemper:

- *Større belastning på rammefortøyning*
- *Større avstander gir større utfordringer mht kommunikasjon*
- *Store lodd.*



Tabell 1 Generisk kravliste

Produktspesifikasjon	Utarbeidet av: Mats A Heide	Godkjent av:	Dato: 10/07/03
Produkt: Oppdrettsnot		Side: 1 av 1	

Områder	Krav - skal:	Ønske - bør:	Salgsargument
Funksjonsdimensjonen			
	Holde fisk på avgrenset område. Høy sikkerhet mot rømning		Økt sikkerhet mot tap av fisk
	God gjennomstrømning av vann		Økt fiskehelse og vekt
	Skånsom mot fisken		Reduserte skader på fisk
		Tilpasset eksisterende håndteringsløsninger	Eksisterende løsninger kan benyttes
	Høy rivestyrke		Økt sikkerhet mot tap av fisk og notskader
Markedsdimensjonen			
	Maksimalt dobbelt så dyr som dagens not		Høyere pris tjenes inn mange ganger på effektiv drift
		Løsning som kan benyttes på alle eksisterende flytekrager	Standard løsning
Produksjonsdimensjonen			
	Fremstilling i henhold til gjeldende notstandard		Følger gjeldende standarder
		I stor grad kunne fremstilles på dagens produksjonsutstyr	Enkelt å selge/ lisensiere konseptet til notprodusent
Designdimensjonen			
	Utforming som begrenser avdrift og sammenklapping		Opprettholder notvolum
	Effektiv begroingshåndtering integrert i endelig løsning		Billigere i drift
	Motstå påkjente miljøbelastninger fra vind, bølger, strøm, sjøkjemi, lys og temperatur		
		Viser slitasje i god tid før brudd	
Bruksdimensjonen			
		Monteres/demonteres on-site av 2 mann	Kostnadseffektiv lining av nota
		Monteres/demonteres on-site på 1/2 time	Kostnadseffektiv lining av nota
		Ingen bruk av dykkere nødvendig	Billigere i drift
	Dødfiskhåv		
		Sikker parkering av båt ved not	Forhindrer propell i not
Sikkerhetsdimensjonen			
	Monteres/demonteres uten farlige løft		HMS
	Monteres/demonteres uten fysisk belastende operasjoner		HMS
Miljødimensjonen			
	Håndtering av begroing som ikke krever bruk av kobberstoff		Miljøriktig produksjon av mat
		Fremstilles av resirkulerbart materiale	
Tilleggsdimensjonen			
Produktlivsdimensjonen			

3.5 Utvalg av konsepter for videre arbeid

Ved møte 28/10-03 ble det bestemt at man skulle plukke ut et antall av ideene og konseptene fra denne rapporten for videre arbeide. Det ble ikke bestemt hvilken retning og hvilke komponenter man skulle jobbe videre med, men at man ville prioritere ideer med konseptuelt innhold. Med henvisning til basisdokumentet, har man identifisert to store årsaker til rømming av fisk:
1) Riving av not ved heving, og 2) "Småskader" som følge av gnag/propell i not. Disse bruker man som sorteringsgrunnlag for ideene og konseptene dokumentert lenger fram i rapporten, og plukker dermed ut følgende mulige løsninger på disse problemene:

Tabell 3.2. - Løsninger for kritisk problem 1) - riving ved heving av not

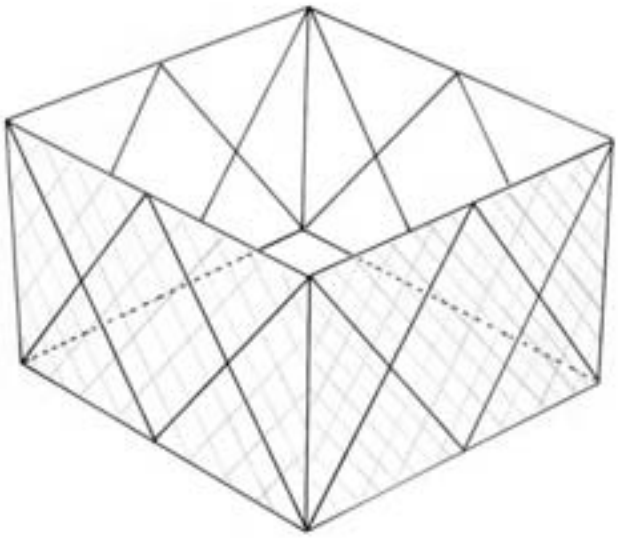
Løsning beskrivelse	Kategori	Figurhenvisning
Skrått notlin	Konseptuelt	2.6
Alternative måter å skifte not	Konseptuelt	3.32
Bruk av glidelås i not	Konseptuelt	3.33
Fleksibilitet i not - innfesting, lodd, notlin	Konseptuelt/materiale	3.3, 3.12, 3.13
Kontinuerlige, avstivede lodd i bunn man løfter etter	Konseptuelt/operasjon	2.4
Tauverk mellom lodd fordeler last	Konseptuelt/operasjon	2.5
Stivt element i bunn av not	Konseptuelt/operasjon	3.31
Overbelastnings-sikring, merking, bruddpunkter	Operasjon	2.9, 2.10, 3.6
Skånsomt løft av not	Operasjon	3.24, 3.25
Løfte notbunn	Operasjon	3.28 3.29
Løfte bunn fra flere punkter	Operasjon	3.30

Tabell 3.3. - Løsninger for kritisk problem 2) - "småskader" som følge av gnag/propell

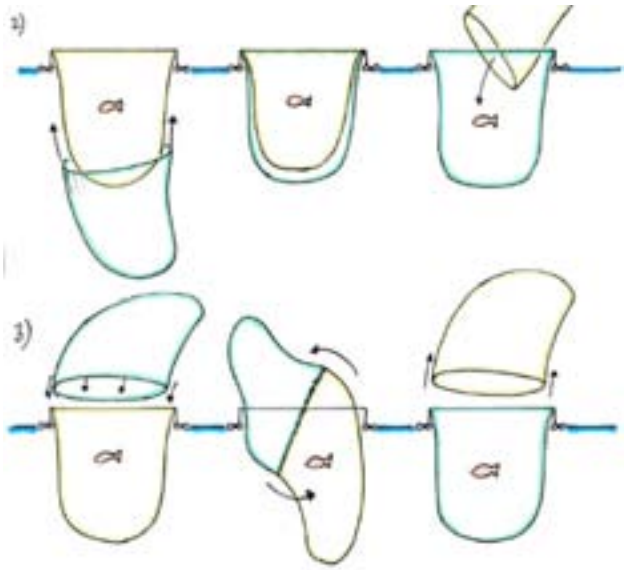
Løsning beskrivelse	Kategori	Figurhenvisning
Stiv ramme holder not på plass	Konseptuelt	2.1
Gnagavvisere på flytekrage	Konseptuelt	3.14, 3.15
Loddsetting/forankring holder bunn på plass	Konseptuelt/struktur	3.11
Forsterkning av notlin	Material/struktur	3.16 - 3.22
Rivestoppere i notlin	Material/struktur	3.23
Skrå barduner / skrå notvegg	Struktur	2.3

På følgende sider gjentas en sammenfatning av hver av konseptene vist i tabellene over, slik at prosjekt-gruppen får en visuell referanse når utvalg skal gjøres.

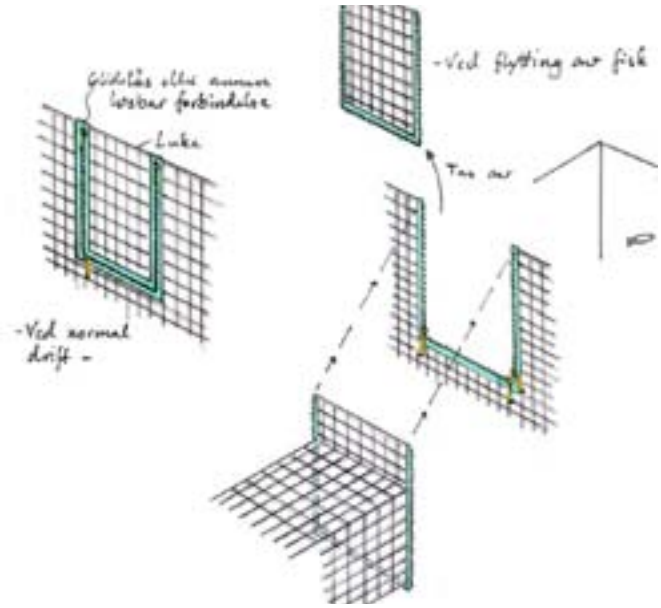
Referanse tabell 1



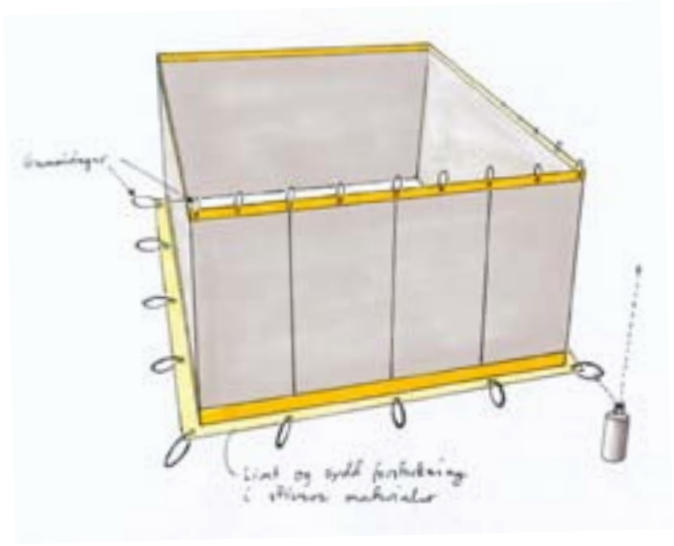
a) Skrått notlin



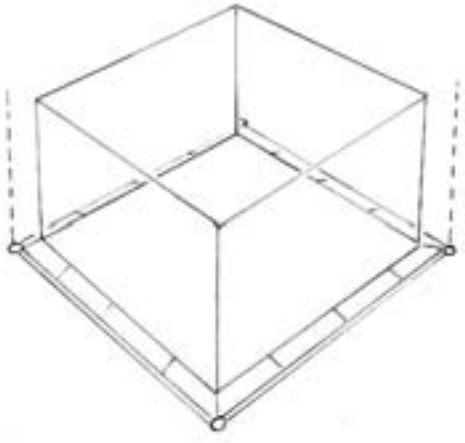
b) alternative måter å skifte not



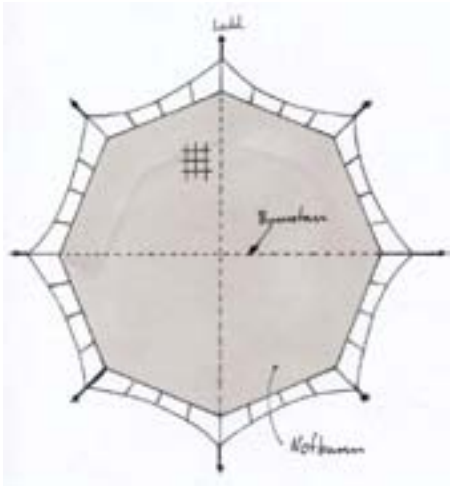
c) bruk av glidelås i not



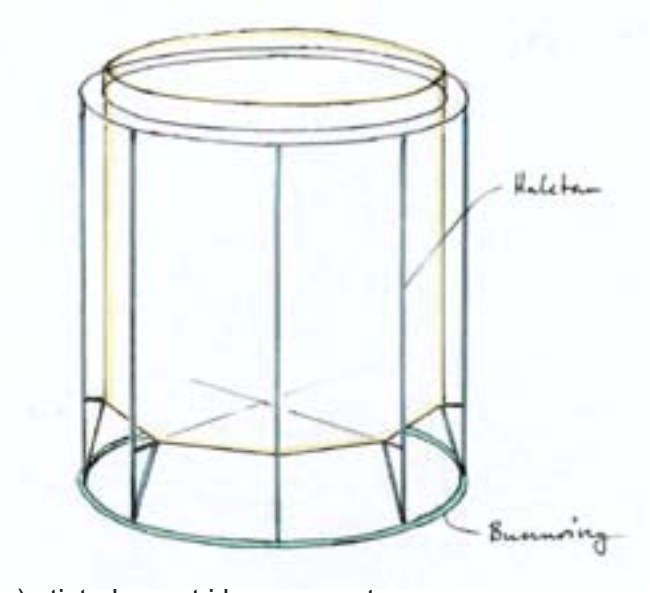
d) fleksibilitet i not



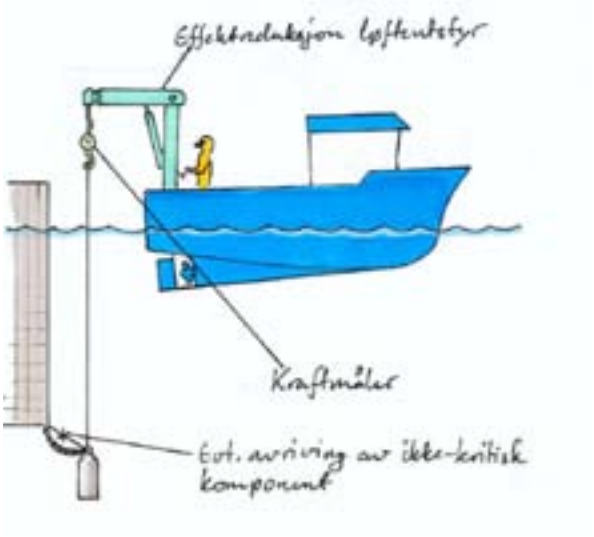
e) Kontinuerlige, avstivede lodd man løfter etter



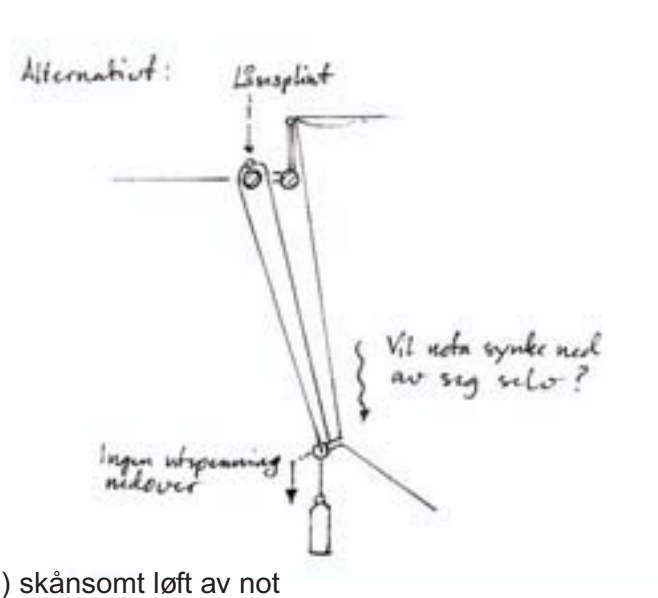
f) tauverk mellom lodd fordeler last



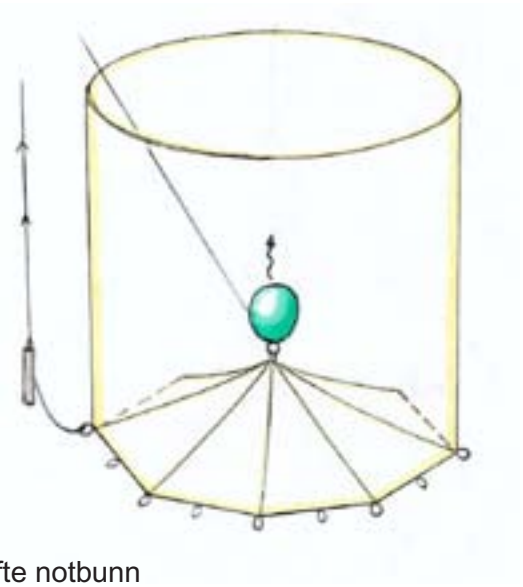
g) stivt element i bunn av not



h) overbelastning-sikring



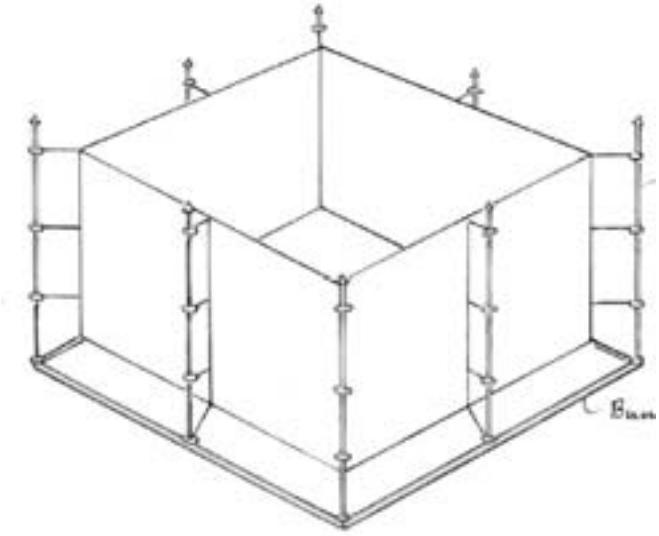
i) skånsomt løft av not



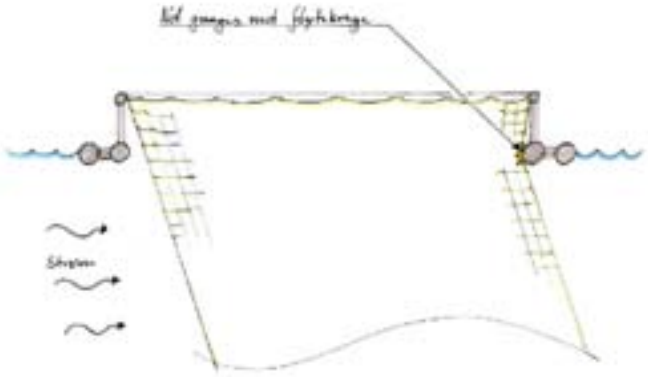
j) løfte notbunn

k) løfte fra flere punkter

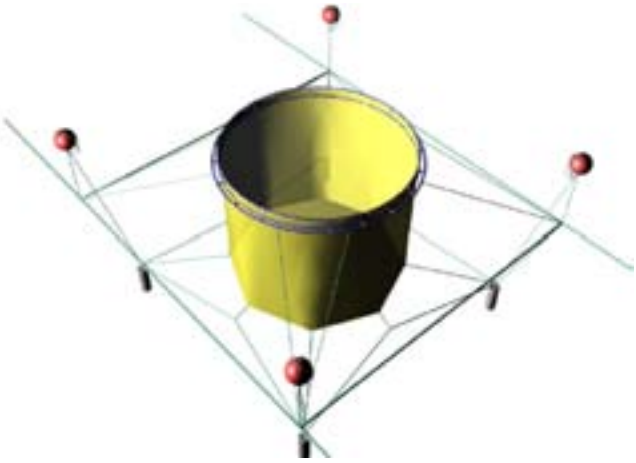
Referanse tabell 2



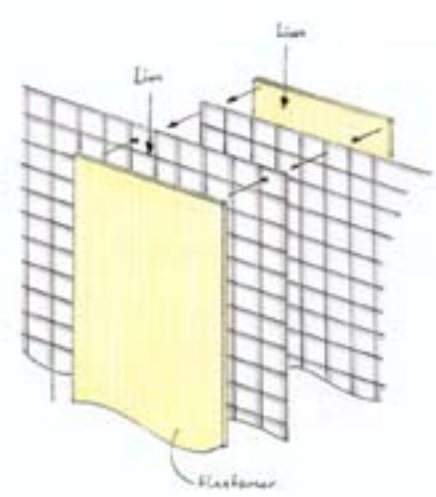
a) stiv ramme holder not på plass



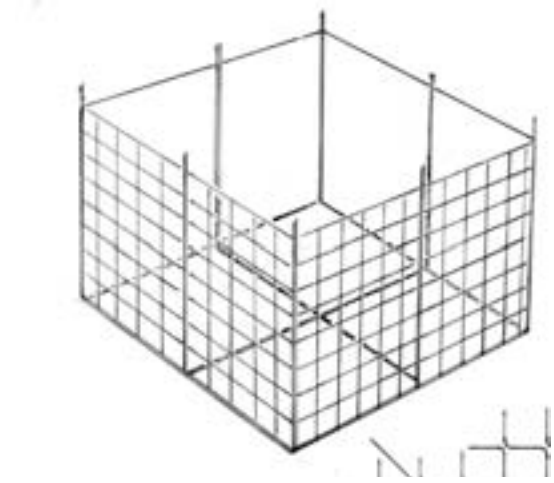
b) gnagavvisere på flytekrage



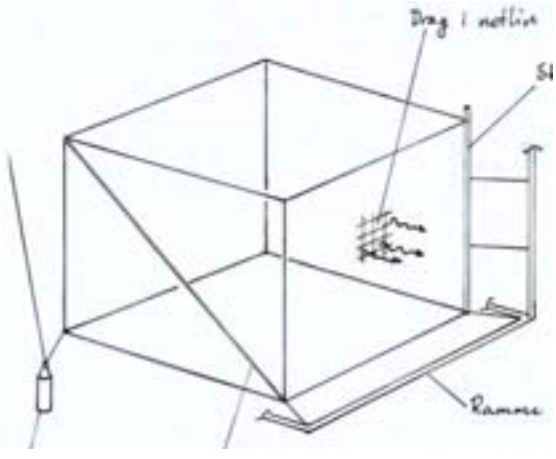
c) loddsetting/forankring holder not på plass



d) forsterkning av notlin



e) rivestoppere i notlin



e) skrå barduner / skrå notvegg

Vedlegg 2 - Nye materialer i not og notlin

I forbindelse med prosjektet *Nye Rømmingssikre merdkonsepter* er det utført en liten studie rundt nye materialer i not og notlin. Nye materialer er omtalt i SINTEF rapport *Materialdata og egenskaper for notlin og tau* fra 1993 (Rapportnr. 401026.00.02). I tillegg har vi kontaktet folk fra bransjen og Reidar Stokke fra SINTEF Materialer og kjemi (Plastkompositter) for å spe på med praktisk og detaljert teoretisk kunnskap.

I utgangspunktet er Dyneema / Spektra og Kevlar vurdert som interessante materialer. Disse materialene er mye sterkere enn tradisjonelle materialer som nylon, polypropylen og polyetylen.

Teori

Spektra og Dyneema er to handelsnavn for ultra-høy molekylærvekts polyetylen fiber (UHMWPE eller high performance polyethylene –HPPE), ofte kalt superfiber. Superfiberet har et svært høyt styrke/vekt-forhold, hele 7-8 ganger høyere enn stål og 3 ganger så høyt som nylon. Bruddstyrken er høyere enn stålwire med samme nominelle diameter. Fibrets bruddforlengelse er ca 3 % og ned mot 4 % for forstrukket tau.

Superfibertau har meget høy motstand mot slitasje. Slitasjemotstanden er tilsvarende eller høyere enn tradisjonelle not-materialer som polyamid (nylon), polyester, polyetylen og polypropylen. På dette området kan egenskapene til Dyneema og Spektra være forskjellige. Spektra har gode utmattingsegenskaper og god motstand mot kuttskader.

Dyneema er lettere enn vann (0.97 kg/m^3), har intet vannopptak og kan knyttes og spleises som vanlig tau, men det er glatt og problem med knuteglidning for knutenot er sannsynlig.

Kevlar og Twaron er to handelsnavn for aramid. Aramid er ca 2.5 ganger så sterkt som nylon og har en svært lav bruddforlengelse (4 %). Den er tyngre en tradisjonelle kunstfiber med en egenvekt på 1.44 kg/m^3.

Aramid har dårlige slitasjeegenskaper. Ved bruk i fiskeredskaper, der slitasjepåkjenninger forekommer, blir aramid gjerne omspunnet med en beskyttende kappe av polyester. I tillegg er knutestyrken meget lav (90 % reduksjon i styrke). Aramid er underlegen for eksempel Dyneema på flere områder, blant annet toleranse for UV-lys og utmatting i strekk og bøying.

Praksis

En vanlig notlintråd er strikket med seks tråder som hver igjen består av tre filamentbunter. For å oppnå maksimal bruddstyrke, er det viktig å ha lik stramming på disse trådene slik at alle ryker til samme tid. Nylon notlin er enkelt å produsere og på grunn av den store elastisiteten er det enkelt å oppnå maksimal bruddstyrke i produsert notlin (alle filamenter effektive ved brudd). Nylon er både sterkt og elastisk og begge disse egenskapene er viktige for notlin.

Dyneema / Spektra vurderes som mer aktuelt not-materiale enn Kevlar, da Kevlar ikke tåler knekk og dermed ikke den tøffe behandlingen ei not må gjennomgå.

Superfibere som Dyneema og Spektra er i utgangspunktet ikke ideelle for notlin fordi de er for lite elastiske. Dette har to alvorlige konsekvenser:

a. <u>Dyneema notlin er vanskelig å produsere med dagens metoder.</u> Det er svært vanskelig å oppnå maksimal bruddstyrke (alle filamenter effektive ved brudd) ved bruk av

Dyneema på grunn av den lave bruddforlengelsen (liten elastisitet). Mens Dyneema kun har 2-3 % forlengelse ved brudd, har nylon 20-30 % forlengelse. Derfor vil ikke strekk-styrken til Dyneema notlin være 3 ganger større enn for nylon, men ca dobbelt så stor med dagens produksjonsmetoder.

b. Dyneema notlin vil få større spenningskonsentrasjoner. På grunn av den lave fleksibiliteten, vil en punktbelastning på Dyneema notlin gi konsentrerte og høye spenninger i linet fordi materialet rundt det belastede området ikke vil tøye seg. Dette fører til økt fare for revning av notlinet. Kanskje forsvinner en del av gevinsten med Dyneema her? Her hersker det mye usikkerhet.

Den store fordelen med Dyneema er at materialet har stor motstand mot slitasje. Det ser ut til å være en felles oppfatning i næringa at torsken gnager hull i nota for så å rømme. Dyneema er derfor spesielt interessant innen oppdrett av torsk. Dyneema har også en bedre beskyttelse mot UV stråling enn nylon. Produsenten regner derfor med en betydelig lengre levetid.

Siden Dyneema er mye glattere enn nylon, har man definert knuteglidning og dermed knutestyrke som et ”problemområde” for knutelin anvendt i fiskeri. På samme måte kan den glatte overflaten bidra til at notlin av Dyneema rakner lettere. Likevel er det strikkinga som ofte avgjør hvor lett notlin rakner.

Siden Dyneema notlin har høyere strekk-styrke enn nylon, er det en vanlig tankegang i bransjen at man kan redusere tykkelsen til notlin av Dyneema (selv om Dyneema ikke nødvendigvis har større motstand mot revning). Det er imidlertid ikke snakk om en ekstrem reduksjon av tykkelsen til notlintråden når man går fra nylon til Dyneema. Man kan tenke seg at for eksempel tråd nummer 14 i Dyneema vil erstatte tråd nummer 20-24 i nylon. Dette tilsvarer en reduksjon i tykkelse på rundt 30 %.

Erfaring viser at det gror like godt på Dyneema som nylon notlin, selv om Dyneema er glattere enn nylon. Det er strikkinga som gir feste til groen. Dyneema kan impregneres og tar opp like mye impregnering som nylon. Dersom tykkelsen på notlintråden er redusert, vil det gro mindre på nota pga mindre overflate.

Superfiber-materialer koster mye, men kan blandes med andre materialer for å redusere kostnadene. En annen mulig løsning er å anvende materialer som ”ligger mellom” nylon og Dyneema i materialegenskaper, dvs. et materiale som er sterkere enn nylon, men mer elastisk enn Dyneema. Disse egenskapene henger som regel sammen: jo sterkere materiale, jo mindre elastisk er det.

Konklusjon

Et Dyneema monofilament (kompakt tråd) har tre ganger så høy strekk-styrke som et tilsvarende filament i nylon. Men med dagens produksjonsmetoder for notlin, vil en notlintråd i Dyneema kun ha dobbelt så stor strekk-styrke som en tilsvarende notlintråd i nylon. Her fins det store potensialer for forskning for å få utnyttet kapasiteten til Dyneema i notlin maksimalt.

Den generelle styrken til notlin av Dyneema i forhold til nylon er ikke dokumentert og det hersker mye usikkerhet på dette området. Særlig i forbindelse med rakning og revning er det usikkert hvor mye man eventuelt tjener på å anvende notlin av Dyneema.

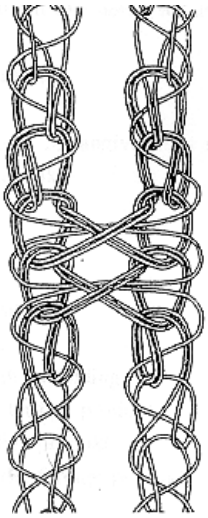
Vedlegg 3 - Rivestopp i notlin

I forbindelse med prosjektet *Nye Rømmingssikre merdkonsepter* er det utført en liten studie rundt anvendelse av rivestopp i notlin. Rivestopp kan defineres som lokale forsterkninger som er ment å stoppe et progressivt brudd (revning). Rivestopp er kjent teknologi og anvendes blant annet innen produksjon av stoff for klær og utstyr (telt, soveposer o.l.) samt innen produksjon av seil. Informasjonen i det følgende er blant annet hentet fra Helly Hansen og UK Sailmakers.

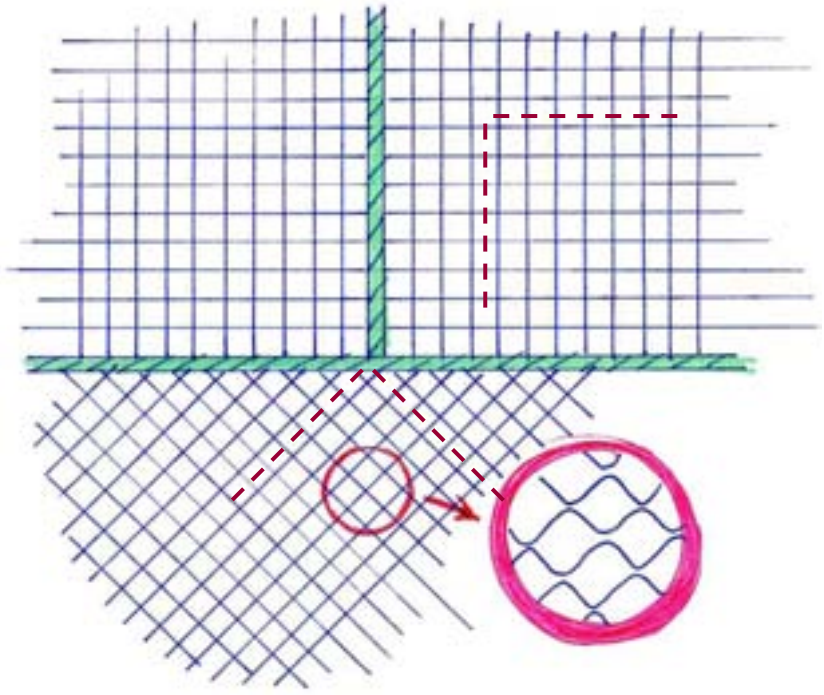
Riving av notlin

Ved riving av not kan det i verste fall kan oppstå flenger med en utbredelse på flere meter. En slik flenge resulterer i et svært stort hull i nota og sannsynligheten for at en stor andel av fisken i nota skal rømme er stor. Disse store flengene er ofte et resultat av en lokal overbelastning som følge av heving av nota. Nota heves som regel via tau som er festet til bunntauet og en lokal overbelastning kan oppstå ved dette tauet eller i nærliggende tau (hvis loddene ikke er koblet fra før heving).

Ved overbelastning ryker trådene (stolpene) i notlinet, da knuten er sterkere enn tråden. Et eksempel på en mye anvendt knute er vist til høyre. Dette er en såkalt Raschel knute. Notlintråden er strikket av tre tråder som igjen består av to fiberbunter.



Verste typen flenge er L-flenge som vist Figur 1. L-flengen lager et hull i linet som er enklere for fisken å finne enn en sprekk. Vertikale sprekker er minst kritisk, da de i motsetning til horisontale flenger ikke vil gape og sannsynligheten for at fisken skal oppdage sprekken er mindre enn for horisontale flenger.



Figur 1: Riving av not.

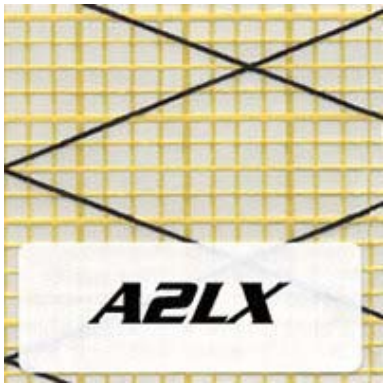
Rivestopp i stoff

Rivestopp slik vi kjenner det fra tekstiler i produkter fra blant andre Helly Hansen, er produsert ved at for eksempel hver tiende eller tjuende renningstråd og tilsvarende vevetråd er kraftigere (tykkere) enn resten av trådene. Alle trådene er av samme materiale, ofte nylon.

Andre teknikker som kan anvendes for å hindre riving av stoff er ”warp strikk”. ”Warp strikk” kan forstås som en triaksial veving. I stoff som er produsert på denne måten vil det alltid være tråder i strekk når stoffet er utsatt for belastninger. Dette stoffet vil være betydelig sterkere mot riving fordi trådene skrått på riveretningen vil ”pakke inn” sprekkspissen og etter hvert stoppe bruddet.

Rivestopp i seil

Rivestopp benyttes også i seilindustrien. Et eksempel på det er vist i bildet til høyre. Dette er et laminat hvor de gule trådene representerer rivestopp-stoffet. Stoffet består av fem 400 denier tråder pluss en 1000 denier Rivestopp tråd per tomme i horisontal retning (warp) og fire 400 denier tråder og et 1000 denier Rivestopp tråd per tomme i vertikal retning (fill). (Materialet er altså ikke korrekt framstilt med antall tråder i bildet). Stoffet inneholder 750 denier ”X-Ply” tråder (svarte krysstråder i bildet) og er dekt med 1.5 mm Mylar, som er en polyester film som binder det hele sammen.

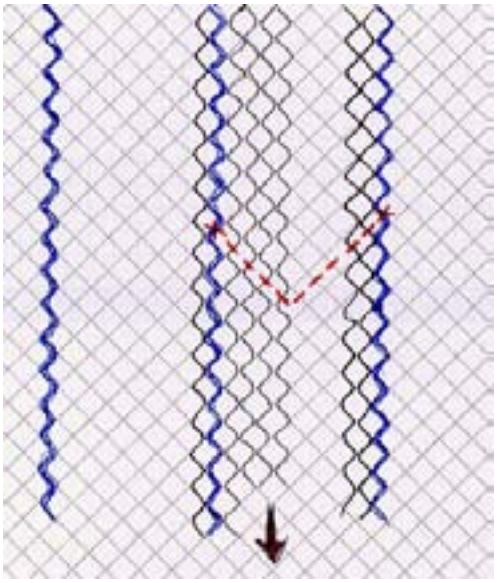


Vurderinger av rivestopp i notlin

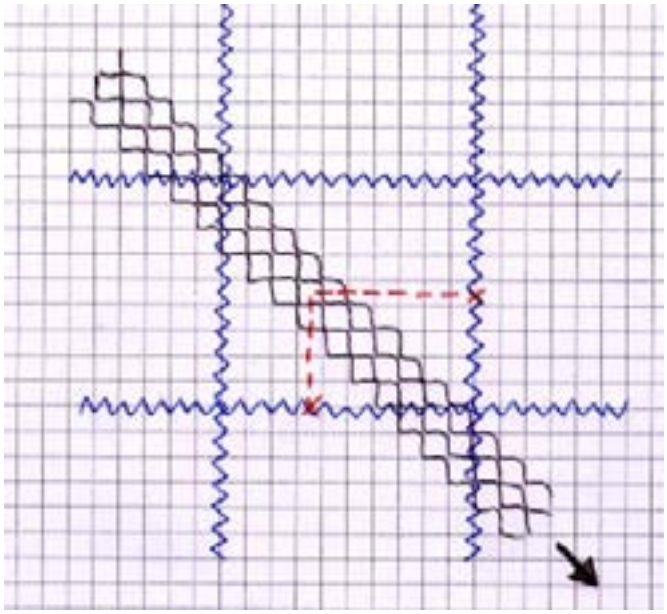
Rivestopp vil sannsynligvis ha liten effekt på den globale styrken til notlinet og kan ikke forventes å hindre at en revne oppstår. Målet er at rivestopp skal kunne begrense "sprekkveksten" ved at det progressive bruddet stopper i de lokale forsterkningene. Om dette vil fungere for notlin og hvor stor effekt Rivestopp vil ha, er i dag uvisst. For å få noe klart svar på dette, må det gjøres forsøk eller beregninger.

Det er viktig at eventuelle forsterkninger ikke blir betydelig stivere enn ”fyllmaterialet”. Stive forsterkninger vil bli effektive før resten av notlinet og vil dermed ta opp store deler av belastningene. På grunn av dette, vurderes det som lite hensiktsmessig å produsere disse forsterkningene i et betydelig sterkere materiale enn nylon, for eksempel Dyneema, da slike materialer vil være lite fleksible.

Rivestopp kan tenkes innført i dagens teknologi ved at for eksempel hver tiende tråd er tykkere enn resten. Dette er illustrert i Figur 2. Et alternativ kan være at man syr en forsterkende søm langs stolpene som vist i Figur 3.



Figur 2: Rivestopp i diamond-orientert notlin.



Figur 3: Rivestopp i flaggorientert notlin.

I forbindelse med notlin, vil anvendelse av triaksial strikking eller tilsvarende teknologi resultere i redusert fleksibilitet i notlinet, hovedsakelig fordi man mister den geometriske fleksibiliteten i diagonal retning av linet. I dagens notkonstruksjoner, hvor notlinet i minst mulig grad skal bli utsatt for belastninger, vil dette være ugunstig da linet vil tåle mindre deformasjoner før det blir belastninger i materialet.