



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

# Antirømningsystem for fisk.



BachelorOppgave utført ved  
Høgskolen Stord/Haugesund – Studie for ingeniørfag

---

*Maskin, Energi- og Prosessteknikk*

Av:	Christian Balestrand	<i>Kand. nr.</i>	2
	Thomas Skjold Olsen	<i>Kand. nr.</i>	57
	Geir Åge Svendsen Nesse	<i>Kand. nr.</i>	49

---

*Haugesund*

*Våren 2007*



HAUGALAND  
KUNNSKAPSPARK

## Antirømningsystem for fisk



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

# BACHELOROPPGAVE

**Studenten(e)s  
navn:**

Thomas Skjold Olsen,  
Christian Balestrand,  
Geir Åge Svendsen Nesse

---

**Linje &  
studieretning**

Ingeniør Maskin

**Oppgavens tittel:**

*Antirømningsystem for fisk*

**Oppgavetekst:**

Seafarm Development skal konstruere et strømførende felt som skal hindre oppdrettsfisk i å rømme. Oppgaven skal redegjøre for valg av festeanordning for de strømførende kablene, samt utforming av lodd for å gjøre kablene i stand til å følge notens naturlige bevegelse.

**Endelig oppgave  
gitt:**

*17.01.07*

**Innleveringsfrist:**

Fredag 4.mai 2007 kl. 12.00

**Intern veileder**

Monica Grimstad

**Ekstern veileder**

*Rune Eritzland, Seafarm Development*

**Godkjent av  
studieansvarlig:**

**Dato:**

## Forord

Som en del av ingeniørutdanningen ved Høgskolen Stord/Haugesund, skal man i løpet av det sjette semesteret fordype seg i et emne/problemstilling, kalt Bachelor-oppgave. Oppgaven skal vise at studentene kan bruke den tilegnede kunnskapen til å løse en problemstilling sammen med en bedrift.

Denne oppgaven går hovedsakelig ut på å finne et praktisk og enkelt feste for de strømførende kablene som skal henge rundt noten.

Vi har i utarbeidelsen av oppgaven gjort en rekke forskjellige tilnærminger for å prøve å komme frem til den mest gunstige løsningen. Det har vært tatt i bruk flere kreative metoder for å få frem ideer som kunne jobbes videre med, samt for å få forskjellige innspill og synspunkter.

Utrekningene som er gjort i denne oppgaven er gjort manuelt og etter metoder som er lært ved Høgskolen Stord/Haugesund.

Vi ønsker å takke noen personer for sitt bidrag til denne oppgaven, og vil da spesielt nevne våre to kontakt personer ved Seafarm Development Rune Eritzland og Harald Bredal for å ha bidratt med ideer og informasjon rundt prosjektet. Retter også en takk til Ingar Eide som viste oss rundt på oppdrettsanlegget sitt.

Vi vil videre takke vår interne veileder Monica Finsrud Grimstad, samt Jens Christian Lindaas for verdifulle innspill.

Haugesund, 04.05.07

---

Geir Åge Svendsen Nesse

---

Christian Balestrand

---

Thomas Skjold Olsen



HAUGALAND  
KUNNSKAPSPARK

# Antirømningsystem for fisk



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

## Innholdsfortegnelse

1. Innledning.....	1
1.1 Formål.....	1
1.2 Seafarm Development.....	1
1.3 Bakgrunn / problem .....	2
1.4 Målsetting og begrensninger av oppgaven.....	3
1.5 Verktøy .....	3
2. Bakgrunnsinformasjon.....	4
2.1 materialer.....	4
2.2 Oppdrettsanlegg .....	5
2.3 Strømning .....	7
2.4 Virkemåte.....	8
3 Beregninger.....	9
3.1 Moduler/ festeordning .....	9
3.2 Spenninger i skinnen .....	<b>Feil! Bokmerke er ikke definert.</b>
3.3 Dimensjonering av bolt og boltskive .....	24
3.4 Kabelbunnring.....	29
3.4.1 Feste til kabelbunnringen .....	35
3.4.2 Konstruksjon av løfteøret .....	36
3.4.3 Strømkablenes feste til kabelbunnringen .....	38
4. Konklusjon.....	41
Referanseliste/Kilder .....	42
Vedleggsliste .....	45

## Sammendrag

Opgaven går i hovedsak ut på å utvikle en festeanordning for Seafarm Development sitt innoverende antirømningssystem for fisk. Systemet består av kabler som henger ned rundt merden, der annenhver er koblet til minus og pluss og skaper et strømfelt som hindrer fisken i å rømme. De strømførende kablene er festet til moduler, hver på 2,5m, som igjen er koblet sammen og montert på merden. For at kablene skal holde lik avstand til noten er de festet til en bunnring nede. Vekten av kabelbunnringen tas opp av fire kjettinger med tilhørende vinsjer ved overflaten.

Kablene er festet til modulene ved at de produseres med en firkantet plate i enden, som et slags hode. Når modulene er koblet sammen og montert på anlegget, slippes kablene gjennom et hull i bunnen av modulen og hodet til kabelen gjør at den stopper i ønskelig posisjon. Klosser montert på lokket til modulen, presser ned på hodet med pakning under, og forsikrer at modulen er vanntett.

Opgaven inneholder spenningsberegninger i kritiske snitt og beviser at dimensjoneringen av systemet tåler belastningene det blir utsatt for. Materialvalg for de enkelte delene av systemet er begrunnet og verifiseres av spenningsberegningene.

Kabelbunnringen har fått større fokus i oppgaven da denne utgjør en løsning på problemet med at kablene skal følge notens bevegelse i strøm.

Bakgrunnen for de forskjellige løsningene av utformingen til systemet er grundig diskutert. Til grunn ligger det aspekter som enkel montering, økonomisk profitt og tilpasningsdyktighet for vedlikehold.

## 1. Innledning

### 1.1 Formål

Formålet med oppgaven er å konstruere en festeanordning for Seafarm Development sitt innovasjonsprosjekt, antirømningssystem for fisk. Oppgavens hovedkjerne ligger i hvordan strømkablene skal plasseres rundt oppdrettsanlegget og hvordan en skal klare å holde strømkablene på samme plass, samtidig som de må kunne følge notens bevegelse.

Siden en skal installere antirømningssystemet på eksisterende oppdrettsanlegg, og det ikke er gjort noen forsøk på dette tidligere. Har en i samsvar med Seafarm Development, valgt å ta utgangspunkt i et oppdrettsanlegg som ble besøkt ved prosjektets oppstart. Dette oppdrettsanlegget danner grunnlaget for de antagelser som er gjort i oppgaven.

### 1.2 Seafarm Development

Seafarm Development er en inkubatorbedrift som jobber med en idé for å hindre rømning av laks fra fiskeoppdrett. Bedriften har i 4-5 år jobbet med ideen om å bruke et elektrisk strømfelt for å hindre at laksen svømmer ut i det fri ved en eventuell skade på noten [1].

Bedriften har inngått et samarbeid med Haugaland Kunnskapspark AS. Haugaland Kunnskapspark AS fungerer som ett springbrett for Seafarm Development, og har til formål å hjelpe Seafarm Development videre med sin innovasjonside.

Bedriften har fått stor oppmerksomhet for sitt prosjekt og en rekke større investorer har kommet med på laget for å se at ideen blir en realitet. Bedriften håper at systemet skal være klart for markedet innen 12-18 måneder, men dette kan vise seg å ta lengre tid da det fremdeles gjenstår en del mindre problemer [2].

Seafarm Development ønsker å utvikle et ferdig system der bedriften produserer og formidler alle komponenter som inngår. Forretningsideen er å leie ut komplette system til oppdrettsbedrifter rundt om i landet mot årlig/månedelig leie. Seafarm Development vil også foreta montasje av systemet på anleggene og bistå ved utskiftninger og reparasjoner.

## ***1.3 Bakgrunn / problem***

Rømning av laks er blitt et stort problem for den norske oppdrettsnæringen. Antall rømt laks har økt kraftig de siste 4 årene, og det ser ikke ut til økningen vil stoppe i de kommende år.

I både 2005 og 2006 passerte antallet rømt laks 700 000. Fiskeriminister Helga Pedersen ønsker nå å innføre en nullvisjon for rømning av fisk, og håper at det å sette større fokus på problemet vil snu trenden. Som et ledd i prosessen med å snu den negative trenden, har riksadvokaten også bedt alle politidistrikt om å etterforske og straffe alle oppdrettere som slurver med driften. Bakgrunnen for dette er at han anser det som alvorlig miljøkriminalitet [3] [4].

Grunnen til økningen av rømt fisk skyldes hovedsakelig at oppdrettsanleggene stadig blir større. Når uhellet først er ute medfører dette naturligvis at et større antall fisk rømmer. En kan for eksempel se på rømningen ved Tustna anlegget i 2005 der mer enn 490 000 laks rømte, og verdier for mer enn 30 millioner gikk tapt. Denne hendelsen bidro alene til at antallet rømt laks endte opp på et rekordhøyt nivå. I dette tilfellet var det ikke et straffbart forhold som lå bak rømningen, konklusjonen ble at anlegget var underdimensjonert i forhold til de påkjenninger det ble utsatt for. Nettopp dette er en av de store utfordringene for norske fiskeoppdrettere, at en har et hardt klima å forholde seg til og som en må lære å tilpasse seg [5] [6].

Bortsett fra det rent klimatiske er det også andre elementer som skaper problemer for oppdrettsnæringen. Den mest kritiske enheten ved et fiskeoppdrett er noten som holder fisken fanget. Skulle denne få en skade vil laksen fort oppdage dette og rømme ut igjennom åpningen som har oppstått. En stor del av disse hullene skyldes påvirkning utenifra, som for eksempel en tømmerstokk som driver i vannet, men også fra dyr som ser etter mat. Beveren og oteren er eksempler på slike dyr, de biter hull i nettet for å komme inn til fisken. Resultatet blir dermed at fisken rømmer fra noten. Også røkternes behandling av noten er av viktighet, da for store påkjenninger ved vedlikehold kan føre til at merden får skade og hull oppstår.

Det er ved hull i noten systemet til Seafarm Development har funnet sin nisje. Oppstår det et hull i noten, vil laksen bli holdt tilbake av det elektriske feltet som omdanner noten. Strømfeltet vil også hindre rovdyrene i å komme inn til noten. Forsøk som er gjort med systemet i liten skala har vist seg å fungere meget godt [1].



## ***1.4 Målsetting og begrensninger av oppgaven***

I løpet av oppgaven vil det presenteres en løsning for hvordan man skal få festet de strømførende kablene til merden, samt hvordan kablene skal kunne følge notens bevegelser ved ulike strømforhold.

I oppgaven er det lagt stor vekt på at en med stor enkelthet skal kunne montere antirømningssystemet på eksisterende anlegg, så vel som nye. Vi har også tatt hensyn til de økonomiske aspektene ved oppgaven, men har ikke lagt altfor stor vekt på dette.

Oppgaven er avgrenset til anlegg av typen sirkelmerder, også kalt frøyaring. Da denne oppgaven tar utgangspunkt i et besøk som ble gjort til nettopp et slikt anlegg. Avgrensningen har blitt gjort etter korrespondanse med SINTEF, der det kom frem at disse anleggene er de mest utbredte samt at en tror disse vil utgjøre majoriteten av fremtidens anlegg [8].

Problematikken rundt strømningsforhold på merder, vil ikke belyses i denne oppgaven fordi dette krever svært avanserte dataverktøy som dessverre ikke var tilgjengelig da dette prosjektet ble utført. Dette medfører ingen større problem da løsningen som er valgt ikke nødvendigvis er avhengig av disse forholdene direkte.

Elektriske komponenter utover strømkablene, vil ikke bli diskutert i denne oppgaven. Det er derimot lagt til rette for at disse komponentene skal kunne brukes sammen med den endelige løsningen.

Da kablens tekniske data ikke var tilgjengelig da denne oppgaven ble utført, er det blitt gjort en del antagelser rundt denne etter samtykke fra Seafarm Development.

## ***1.5 Verktøy***

Alle 3D tegninger og tegninger med mål er tegnet ved hjelp av 3D konstruksjonsprogrammet Autodesk Inventor. Som studenter ved høgskolen Stord/Haugesund lærer en å mestre dette tegneprogrammet.

Det er referert til forskjellige standarder i oppgaven, disse er:

- NS 9415 Flytende oppdrettsanlegg, krav til utforming, dimensjonering, installasjon og drift
- NS 3464 Utførelse av stålkonstruksjoner, allmenne regler og regler for bygninger
- NS 3472 prosjektering av stålkonstruksjoner, beregning og dimensjonering

## 2. Bakgrunnsinformasjon

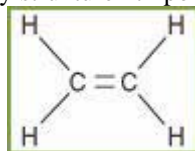
I løpet av dette kapittel vil det introduseres en del grunnleggende teori, samt gi utfyllende informasjon om materialer som er valgt for de ulike komponentene. Med grunnleggende teori menes en kort introduksjon på hva en merd, og hva en not er. Kapittelet vil kort gjøre rede for strømningsforhold, og strømmingens innvirkning på noten. Samtidig som en også vil få en innføring av oppbygningen og virkemåten til antirømningssystemet.

### 2.1 materialer

#### Polyetylen

En deler gjerne plast inn i to hovedgrupper: termoplast og herdeplast. Polyetylen, som vist på figur 2.1.1, er en type termoplast med en enkel molekylstruktur. Videre deler en polyetylen inn i tre hovedgrupper: polyetylen med lav tetthet(PELD), polyetylen med middels tetthet(PEMD) og polyetylen med høy tetthet(PEHD). Stivhet og holdfastheten til materialet øker når tettheten øker. Noen andre egenskaper til materialet er at den har meget lav vannabsorpsjon og strekkfasthet. Dette gjør polyetylen meget godt egnet til sjø og havbruk [9].

Molekylstrukturen til polyetylen



Figur 2.1.1

Vi har valgt å benytte polyetylen i store deler av konstruksjonen. Den typen polyetylen som er valgt er av typen høy molekylær, høy tetthets polyetylen, PEHD 500. Datablad for denne typen polyetylen ligger i vedlegg A. Det som hovedsakelig skiller PEHD 500 fra vanlig PEDH er at den er hardere.

#### Rustfritt stål

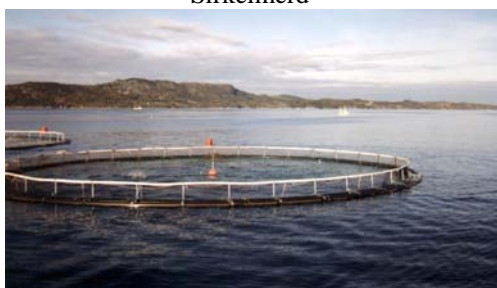
Rustfritt stål er en legering mellom stål og krom/nikkel. Grunnen til at stålet blir motstandsdyktig mot korrosjon (rust), er fordi legeringsmaterialet danner en beskyttende hinne rundt stålet. Hvor rustfritt stålet er kommer an på hvilken legering det har. Det vil si hvor mange prosent nikkel og/eller krom legeringen inneholder. En annen faktor som også innvirker på korrosjonsbestandigheten til stålet, er miljøet det eksponeres for [9].

## 2.2 Oppdrettsanlegg

### Merder

Et oppdrettsanlegg består som regel av en rekke mindre enheter, også kalt merder. En merd er en slags innhengning hvor fisken holdes for å bli avlet opp fra fiskeyngel. Merden består av en not, som er et tettmasket garn formet som en pose, og et flyteelement som skal holde noten flytende. En vil komme tilbake med nærmere beskrivelse av notens oppbygning senere i kapitlet.

Sirkelmerd



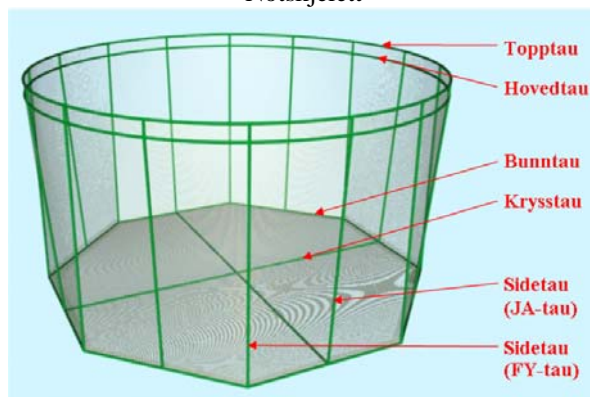
Figur 2.2.1

De mest vanlige oppdrettsanleggene i dag er basert på sirkel- og firkantmerder. En sirkelmerd er avbildet på figur 2.2.1. Stadig flere går nå over til disse da de er rimeligere i innkjøp og drift, samtidig som størrelsen tillater et større antall yngel. I denne oppgaven vil en bare se på sirkelmerder, da oppgaven tar utgangspunkt i et besøk til nettopp et slikt anlegg. Det besøkte anleggets merd hadde en diameter på 120meter [8].

### Nøter

Noten er kanskje den viktigste komponenten i en merd, det er denne som skal holde på fisken og hindre den i å rømme. Det brukes i dag mange forskjellige typer nøter, disse varierer i maskevidde, størrelse så vel som utforming. Selv om de innad har forskjeller er de som regel bygget opp etter samme metode.

Notskjelett

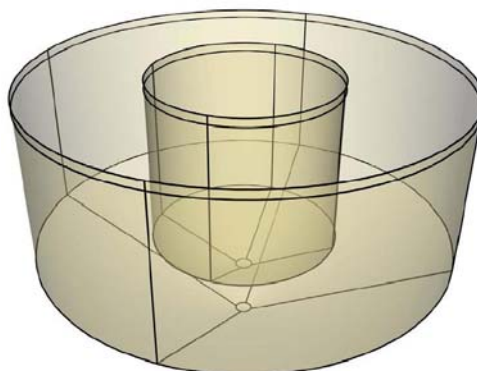


Figur 2.2.2

På figur 2.2.2 kan en se hvordan en typisk not er bygget opp. Utformingen kan være som på figuren, rund med flat bunn, firkantnot, eller den kan ha en tradisjonell kjegleform. Noten er bygget opp ved hjelp av flere tau som utgjør et skjelett. Skjelettet skal ta opp kreftene som virker på nota og sørge for at disse virker på et så stort område som mulig[7].

Nøtene som brukes varierer i størrelse, i dag er det ikke uvanlig at omkretsen er opp mot 160 meter og gjerne en dybde på 20 - 30 meter. Figur 2.2.3 viser volumforskjellen mellom en liten og stor not [8].

Forskjell mellom en 90m not og en 157m not



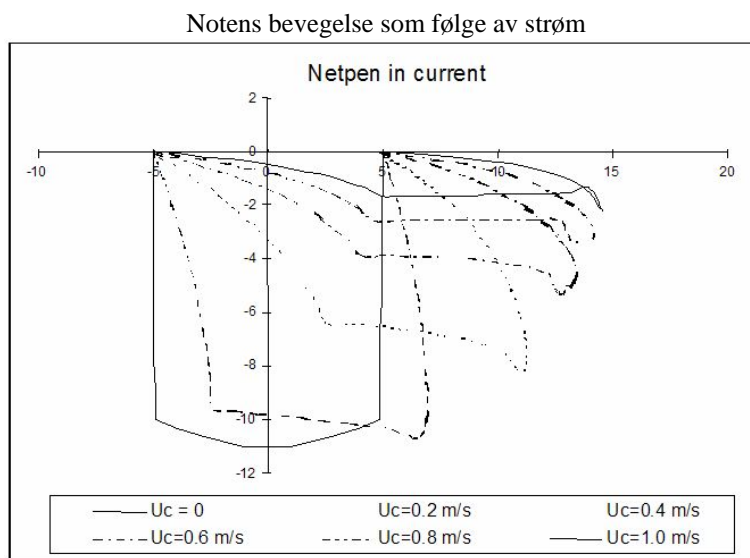
Figur 2.2.3

Nøtene pleier også å loddsettes ved bruk av enkle lodd eller ved hjelp av bunnring. Disse festes til sidetauene for at nota lettere skal holde formen og bli mindre påvirket av strømmen

### 2.3 Strømning

Et oppdrettsanlegg er utsatt for en konstant strøm av vann, som følge av havets naturlige variasjon mellom flo og fjære. Strømmen påvirker notens oppførsel og volum. Noten vil som følge av dette vært i konstant bevegelse noe som en må tenke på når en dimensjonerer noten og merden.

På figur 2.3.1 kan en se hvordan en not oppfører seg ved ulike strømningshastigheter. Som det fremgår av figuren vil volumet av noten bli mye mindre, i noen tilfeller kan volumreduksjonen komme opp i mot 80 % ved store strømhastigheter. For å unngå dette brukes det bunnringer og lodd for å øke notens vekt, og dermed begrense strømmens innvirkning på noten.



Figur 2.3.1

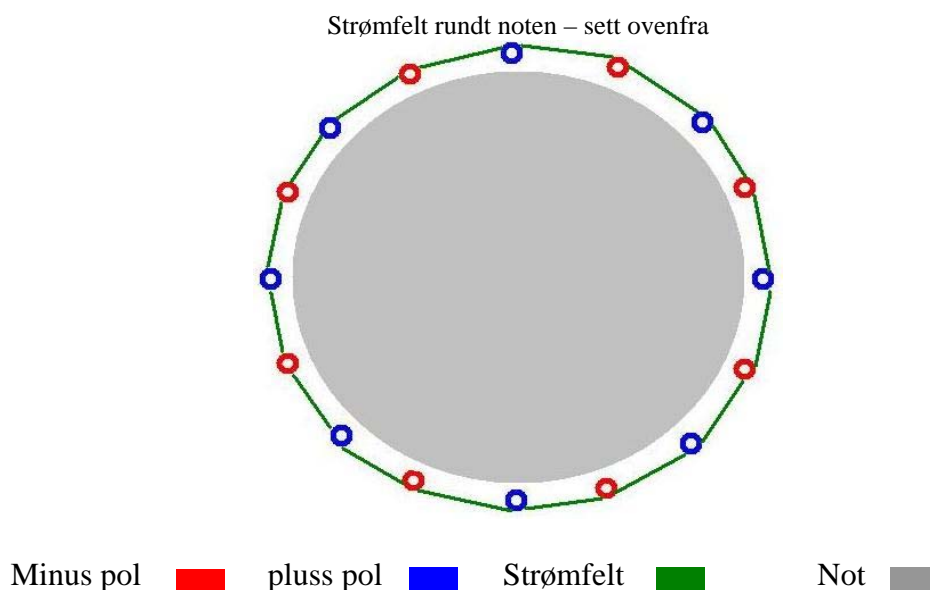
For å simulere kreftene på noten og forskyvingen den får, brukes det svært avanserte dataprogram. Noen av parametrene som varierer fra not til not er:

- Soliditeten
- maskestørrelsen
- tråddykkelsen
- begroning
- Størrelsen på nota
- Bredde/dybde forhold.
- Bunnvekt - loddsetting [8]

I denne oppgaven er slike dataverktøy ikke brukt, men vi har heller prioritert en løsning som ikke i så stor grad blir påvirket negativt av notens bevegelse.

## 2.4 Virkemåte

Seafarm Development sin idé er å skape et strømfelt rundt utsiden av noten. Hvis det da oppstår et hull i noten og fisken svømmer ut av dette hullet vil de komme i kontakt med dette strømfeltet og få små elektriske støt. Etter forsøk i liten skala viste det seg at fisken likte dette svært dårlig, og etter at den hadde vært i kontakt med felten to til tre ganger, holdt den seg borte fra strømfeltet. Oppbygningen av strømfeltet vises i figur 2.4.1 [1].



Figur 2.4.1

Strømfeltet er bygget opp ved at en henger strømkabler rundt noten, avstanden mellom disse skal ikke overstige 60 cm. Annenhver kabel vil være pluss og minus, slik at det dannes et strømfelt mellom disse [1].

Noten er innsatt med karbon slik at den er negativt ladet. Dette vil si at kommer en av kablene i kontakt med noten vil en kunne få en kortslutning. For å hindre at en får kortslutning hver gang en kabel kommer bort i noten, er det lagt inn en tregthet i det elektriske systemet slik at den bare slår ut dersom kabelen er i kontakt med noten over lengre tid.

For å gi strøm til de kablene som skal danne strømfeltet legges to hovedstrømkabler rundt merden, disse skal kobles til pluss og minus kablene som henger ned langs noten [1].

Kablene som brukes i systemet blir produsert av Nexans, men de tekniske data var dessverre ikke tilgjengelig da denne oppgaven ble utført. Kablernes data er derfor anslått til:

Tetthet:  $0,5 \text{ kg/m}^3$ , tykkelse: 1cm i diameter, lengde: 30m

## 3 Beregninger

Under beregninger rundt konstruksjonen brukes det en lastfaktor på 2. Denne lastfaktoren er hentet ut fra NS 9415. Vi har valgt å bruke en lastfaktor for plustanlegg, da nesten hele konstruksjonen er av plast. Lastfaktoren legger til grunn en signifikant bølgehøyde på over 3m, og en strømhastighet på over 1,5 m/s. Dette er den største lastfaktoren som er gitt i NS 9415, vi mener ut fra dette at anlegget skal kunne takle de fleste forhold.

*Signifikant bølgehøyde: - Gjennomsnittlig bølgehøyde for den høyeste tredjedelen av bølgene i en registrering.*

### 3.1 Moduler/ festeordning

#### Modulene

En modul vil hovedsakelig bestå av 3 deler, en skinne hvor kablene kobles og legges i, et lokk for å gjøre skinnen tett og et feste for å montere disse til merden. I vedlegg O – S kan en se hvordan de forskjellige delene er satt sammen.

En merd har stendere med en viss avstand til hverandre, disse skal holde flyteelementene på plass samtidig som de skal hjelpe merden å holde formen. En slik stender er merket på figur 3.1.1.

Bilde av stender

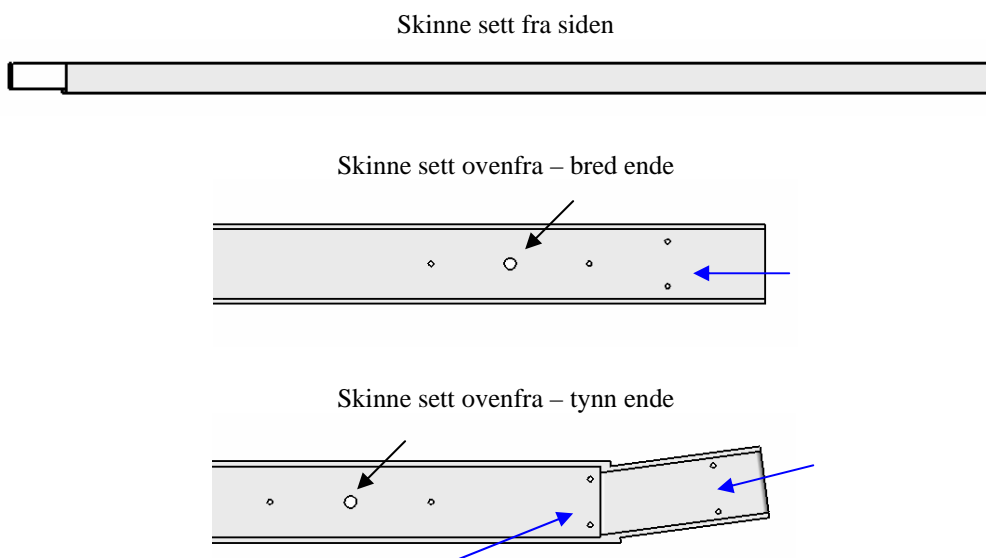


Figur 3.1.1

## Skinnen

Skinnen er hovedkomponenten i modulen. Det er denne som vil bære vekten og belastningen fra de kablene som utgjør strømfeltet. I tillegg skal den også kunne romme de to hovedstrømkablene, som skal tilkobles henholdsvis pluss og minus kablene.

Skinnene vil bli støpt i lengder på 2,58 meter. Denne lengden er valgt på bakgrunn av lengden mellom stenderne, og for å skape en fin overgang mellom skinnene som skal festes til hverandre. Som en ser ut av figur 3.1.2 vil skinnen ha et større tverrsnitt i den ene enden mens den vil ha et litt mindre i den andre. Dette gjøres for at endene på skinnene skal kunne settes inn i hverandre, og dermed overlappes hverandre. En pakning i skøyten vil hindre at sjøvann trenger inn.



Figur 3.1.2

Som en kan se ut i fra figur 3.1.2 vil skinnen ha hull for å tre igjennom kablene som skal danne strømfeltet (svart pil). Avstanden mellom disse hullene vil være på 51.6 cm, og denne avstanden vil være konstant hele veien rundt. Det vil i tillegg være et hull på hver side av kabelhullet, dette er for de gjennomgående boltene som skal holde lokket og skinnen sammen. Utover dette vil selvfølgelig den også ha hull i hver ende for å kunne sette alle delene sammen (blå pil).

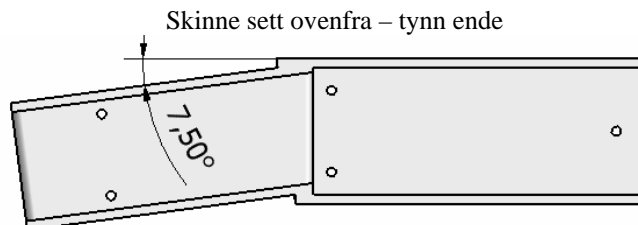
For at kablene skal ha den samme avstand til hverandre, så vel som til noten, må skinnen ha en viss vinkel. Denne vinkelen vises på figur 3.1.3 og bestemmes ved utregning. Merden som er utgangspunkt for oppgaven har en omkrets på 120 meter, og avstanden mellom stenderne er 2,5 meter.



Dette gir vinkelen:

$$\text{Antall moduler} = \frac{120m}{2,5m} = 48 \text{ moduler}$$

$$\text{Antall grader} = \frac{360^\circ}{48} = \underline{7,5^\circ}$$



Figur 3.1.3

## Lokket

For å få en lukket innkapsling av kablene er det viktig at også lokket holder tett. Lokket vil ha mye samme utforming som skinnen, men ha en større bredde slik at det legger seg over ytterveggene for å hindre at vannet trenger inn. Lökkene vil også overlapper hverandre, og ved bruk av pakninger vil disse få en lekkasjefri skjøt. På figur 3.1.4 ser en utformingen av lokket.

Lokk sett fra siden



Figur 3.1.4

Lokk sett fra undersiden



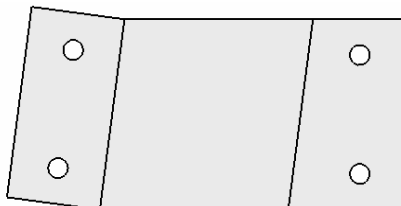
Figur 3.1.5

Lokket er som skinnen, utstyrt med hull for gjennomgående bolter. Ut i fra figur 3.1.5 kan man her se to rektangulære presslegemer mellom disse hullene, disse vil skape et press på kabelhodet slik at dette holder tett. Som en ser har lokket også to hull i hver ende, for å kunne festes til skinnen og stender-festet.

## Festet

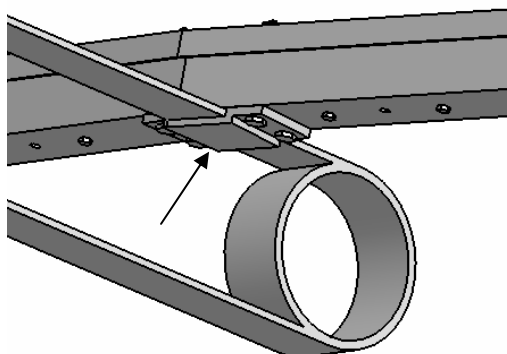
Skinnen og lokket festes til hverandre ved hjelp av et stenderfeste (figur 3.1.6) som monteres på undersiden av stenderen. For å kople stenderfestet sammen med modulen brukes bolter. Disse boltene går gjennom hele modulen, og låses med låsemuttere på oversiden av lokket. På figur 3.1.7 er stenderfestet avmerket med pil, figuren viser også hvordan modulen er festet til stenderen.

Festet – sett ovenfra



Figur 3.1.6

Festet montert fast på stender



Figur 3.1.7

Festet er tilpasset slik at det akkurat passer målene på stenderen, dette medfører at modulene vil bli presset mot stenderen og låst fast. Festet vil også som de øvrige komponentene ha en vinkel på 7,5 grader.

## Kablene

Enden av kablen støpes til en plate som vil utgjøre kabelhodet. Hodet skal holde kablen på plass samt hindre at den faller igjennom kabelhullet. Platen vil også ha en annen funksjon, den vil holde åpningen rundt kabelhullet tett. Dette gjøres ved at platen utstyres med en pakning på undersiden, ned mot hullet. Når en da fester lokket på skinnen vil presslegemene presse platen mot bunnen av skinnen og skape en tett forsegling. Utfyllende tegninger av kabelhodet ligger i vedlegg N.

## Bolter og mutere

Det vil bli brukt to typer bolter og muttere, M6 og M10. M6 vil bli brukt for å feste lokket til skinnen, samt for å få nok trykk mellom presslegemene og kabelplaten. M10 vil brukes for å feste modulen til stenderfestet. En vil i tillegg bruke skiver for å fordele kraften fra boltene utover et større areal. Beregninger av dimensjonene på boltene og skivene kommer i del kapittel 3.3. Figur 3.1.8 viser boltene som skal benyttes på modulen.

En M10 bolt, skive og mutter



En M6 bolt, skive og mutter



Figur 3.1.8

## Montering

En skinne legges med en ende på hver av stenderne. Så plasseres en ny skinne inn i den foregående skinnen og disse festes så til merden og hverandre, ved hjelp av stenderfestet. Så kan man fortsette å legge resten av skinnene til man har nådd rundt, og har dannet en lukket sirkel. Starter man slik vil hele tiden den foregående skinnen holde den nåværende skinnen på plass slik at man kan fullføre leggingen helt rundt. Det vil likevel være nødvendig at man monterer stenderfestene med jevne mellomrom.

Når man så har lagt skinnene helt rundt, monteres stenderfestene på alle skøyte mellom skinnene. En kan så begynne å tre kablene igjennom hullene og koble disse til bunnringen. Etter dette er alt klart for å legge hovedstrømkablene ned i skinnen og koble disse til henholdsvis pluss og minus kablene. Lokket kan så legges på og de gjennomgående boltene festes.

## Materialvalg

Festeanordningen som består av lokk og modul, skal bare holde kabelens vekt i vann og dermed vil påkjenningene på festeanordningen være minimale. Derfor valgte vi polyetylen. Dette materialet er lett samtidig som det har svært gode egenskaper når det kommer til værbestandighet. Hele modulen, eksklusiv boltene, vil bli produsert i PEHD 500.

Den viktigste grunnen for å lage modulene i PEHD 500, er at dette materialet ikke er utsatt for korrosjon. Aluminium og rustfritt stål er to andre materialer som en kunne bygget modulene i, men i dette tilfellet vil de vært svært utsatt for korrosjon.

Hadde en valgt å produsere modulene i aluminium ville dette fått alvorlige konsekvenser. Grunnen til dette er stoffenes plassering i spenningsrekken, se vedlegg E. Siden aluminium har et høyere reduksjonspotensiale enn stål, vil aluminiumsmodulen begynne å korrodere i kontakt med stålstenderen, og dermed blitt betydelig svekket over tid. Moduler laget i rustfritt stål ville heller ikke vært et godt alternativ da også disse ville utsatt for korrosjon som følge av slitasje på den rusthemmende overflaten.

Rustfritt stål vil derimot fungere helt utmerket for boltene, mutrene og skivene som skal holde modulene sammen.

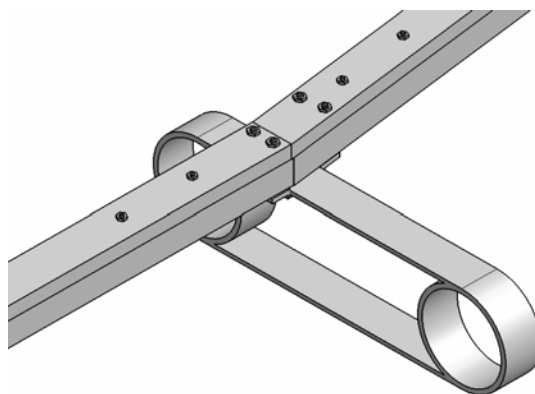
### Designet

Tanken bak designet er at det skal være bygget opp på enklest mulig måte. Dette gjør at det er mindre som kan gå galt og samtidig som en holder produksjonskostnadene nede. Ved å begrense antallet komponenter vil dette gi gevinst i form av spart tid ved montering, men gjør det også enkelt å reparere/skifte modulene.

Modulene kan gjøres klar på forhånd, for så å fraktes ut til anlegget for montering. Valget av material gjør at det vil være lettere å montere modulen med tanke på vekt, kontra ved bruk av andre materialer.

For å begrense antall komponenter har en valgt å gi disse flere funksjoner, ta for eksempel presslegemene på lokket. I stedet for at en må skru kabelplaten til skinnen, vil lokket når det er montert gjøre den samme oppgaven, samtidig som installasjonen forenkles. På figur 3.1.9 kan en se hvordan to moduler er koplet sammen. I vedlegg O – S finner en mer detaljerte tegninger, sammen med mål av de ulike komponentene.

Modul montert på stender



Figur 3.1.9

### 3.2 Spenninger i skinnen

Hver skinne er opplagret i endene og har fem strømførende kabler hengende på. PEHD 500 har en flytespenning på 28 MPa, finnes i vedlegg A Hvis den maksimale bøyespenningen overstiger flytespenningen vil ikke skinnen tåle belastningen av kablene.

Kabelens vekt og dimensjoner:

$$Diameter = 0,01m$$

$$Lengde = 30m$$

$$Spesifikk masse = 0,5kg/m$$

Regner ut volumet til kabelen:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot L$$

$$V = \pi \cdot (0,01m / 2)^2 \cdot 30m \quad [10]$$

$$V = \underline{0,00236m^3}$$

Arkimedes' lov lyder som følger:

*Når vi senker et legeme ned i en væske, får det en oppdrift som er lik tyngden av den fortrenge væskemengden [11].*

Ved å trekke dens oppdrift fra dens tyngde i luft, finner vi ut hvor tung den er i saltvann:

$$G_{Kabel(vann)} = G_{Kabel(luft)} - O$$

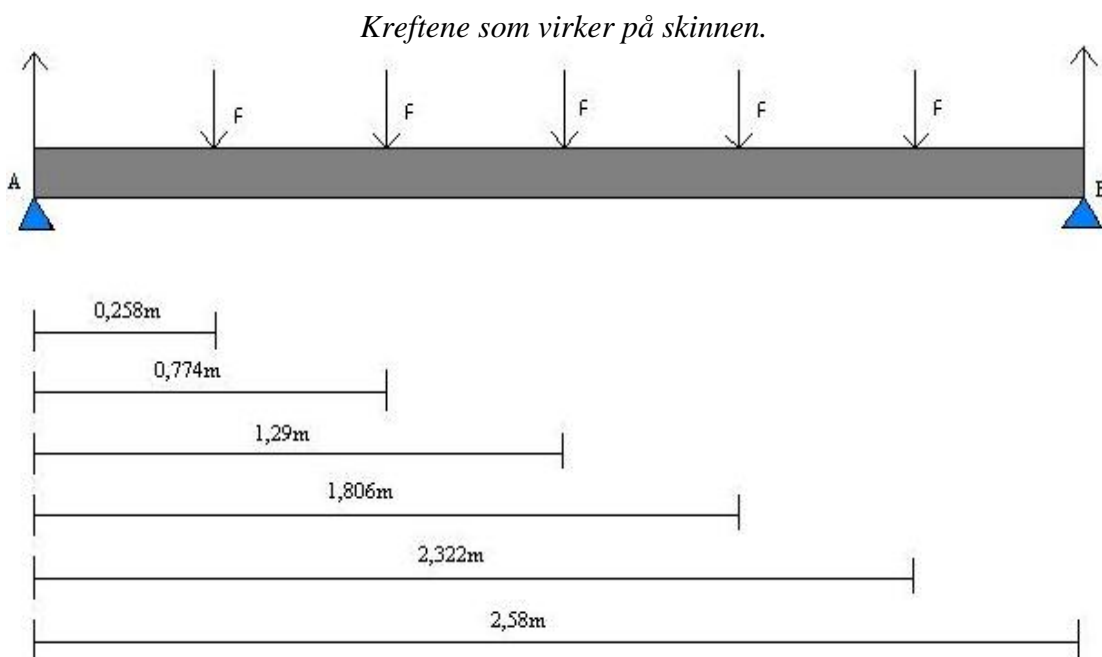
$$G_{Kabel(vann)} = m \cdot g - \rho \cdot g \cdot V$$

$$G_{Kabel(vann)} = (15kg \cdot 9,81m/s^2) - (1025kg/m^3 \cdot 9,81m/s^2 \cdot 0,00236m^3) \quad [11]$$

$$G_{Kabel(vann)} = 147,15N - 23,73N$$

$$G_{Kabel(vann)} = \underline{123,42N}$$

Da en har funnet ut hvor tung hver kabel er, kan en bestemme lagerreaksjonene i endene. På figur 3.2.1 er det påsatt en kraft  $F$ , for hvert kabelfeste. Denne kraften representerer tyngden av hver kabel. Skinnen er opplagret i punktene A og B.



Figur 3.2.1

Velger positiv retning oppover for kreftene og med klokken for bøyemoment.

$$(1) \sum F_y = 0 \Rightarrow A - 5F + B = 0$$

$$\sum M_A = 0$$

$$\Rightarrow F \cdot (0,258\text{m} + 0,744\text{m} + 1,29\text{m} + 1,806\text{m} + 2,322\text{m}) - B \cdot L = 0$$

$$B \cdot 2,58\text{m} = 123,42\text{N} \cdot 6,42\text{m}$$

$$B = \underline{308,55\text{N}}$$

Setter B inn i likning (1) for å finne A:

$$A = 5F - B$$

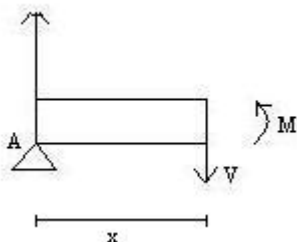
$$A = (5 \cdot 123,42\text{N}) - 308,55\text{N}$$

$$A = \underline{308,55\text{N}}$$

Begynner fra venstre og legger et snitt rett før hver kabel/kraft. Spenningsresultantene skjærkraft( $V$ ) og bøyemoment( $M$ ) er tegnet inn på enden, se figur 3.2.2, for at snittet skal komme i likevekt. Det vil si at summen av kreftene i  $y$ -retning samt summen av bøyemomentene om A, blir lik null.

For hvert snitt, fig.3.2.2-3.2.7, beregnes en funksjon,  $M(x)$ , for bøyemomentet der  $x$  er lengden fra A. Denne funksjonen brukes til å tegne opp diagrammet for bøyemoment.

Snitt før den første kabelen/kraften



Figur 3.2.2

Her er  $x < 0,258\text{m}$  som er avstanden til den første kabelen/kraften. Her er det kun A som gir skjærkraft og disse vil være like store. Lik alle snittene som er i likevekt, påføres et negativt bøyemoment( $M$ ) i enden.

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow A - V = 0$$

$$V = A = \underline{308,55\text{N}}$$

$$\sum M_A = 0 \Rightarrow V \cdot x - M = 0$$

$$M = V \cdot x$$

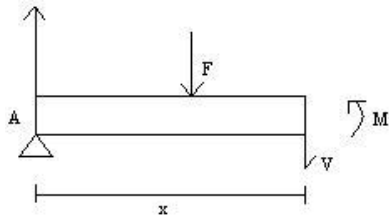
$$M(x) = \underline{308,55\text{N} \cdot x}$$

På figur 3.2.8 er  $M(x)$  for dette snittet den lineære grafen fra  $x=0$  til  $x=0,258\text{m}$  i diagrammet for bøyespennning.

De neste lineære grafene i diagrammet for bøyespennning (fig.3.2.8) er  $M(x)$  som en finner videre.



Snitt før den andre kabelen/kraften



Figur 3.2.3

Her er  $x < 0,774\text{m}$  som er avstanden til den andre kabelen/kraften.

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow A - F - V = 0$$

$$V = A - F$$

$$V = 308,55\text{N} - 123,42\text{N}$$

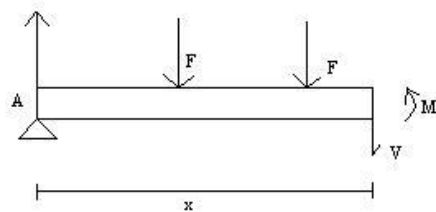
$$V = \underline{185,13\text{N}}$$

$$\sum M_A = 0 \Rightarrow F \cdot 0,258\text{m} + V \cdot x - M = 0$$

$$M = (123,42\text{N} \cdot 0,258\text{m}) + 185,13\text{N} \cdot x$$

$$M(x) = \underline{31,842\text{Nm} + 185,13\text{N} \cdot x}$$

Snitt før den tredje kabelen/kraften



Figur 3.2.4

Her er  $x < 1,29\text{m}$ , som er avstanden til den tredje kabelen/kraften.

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow A - 2F - V = 0$$

$$V = A - 2F$$

$$V = 308,55\text{N} - (2 \cdot 123,42\text{N})$$

$$V = \underline{61,71\text{N}}$$

$$\sum M_A = 0 \Rightarrow F \cdot (0,258\text{m} + 0,744\text{m}) + V \cdot x - M = 0$$

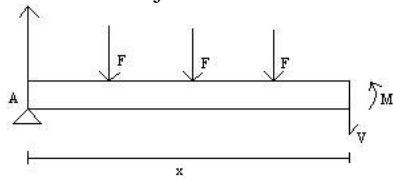
$$M = (123,42\text{N} \cdot 1,002\text{m}) + 61,71 \cdot x$$

$$M(x) = \underline{127,369\text{Nm} + 61,71\text{N} \cdot x}$$





Snitt før den fjerde kabelen/kraften



Figur 3.2.5

Her er  $x < 1,806\text{m}$  som er avstanden til den fjerde kabelen/kraften.

$$\sum F_Y = 0 \Rightarrow A - 3F - V = 0$$

$$V = A - 3F$$

$$V = 308,55\text{N} - (3 \cdot 123,42)\text{N}$$

$$V = \underline{-61,71\text{N}}$$

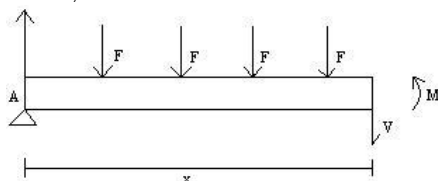
$$\sum M_A = 0$$

$$\Rightarrow F \cdot (0,258\text{m} + 0,744\text{m} + 1,29\text{m}) + V \cdot x - M = 0$$

$$M = (123,42\text{N} \cdot 2,292\text{m}) - 61,71\text{N} \cdot x$$

$$M(x) = \underline{286,58\text{Nm} - 61,71\text{N} \cdot x}$$

Snitt før den siste kabelen/kraften



Figur 3.2.6

Her er  $x < 2,322\text{m}$  som er avstanden til den femte kabelen/kraften.

$$\sum F_Y = 0 \Rightarrow A - 4F - V = 0$$

$$V = A - 4F$$

$$V = 308,55\text{N} - (4 \cdot 123,42)\text{N}$$

$$V = \underline{-185,13\text{N}}$$

$$\sum M_A = 0$$

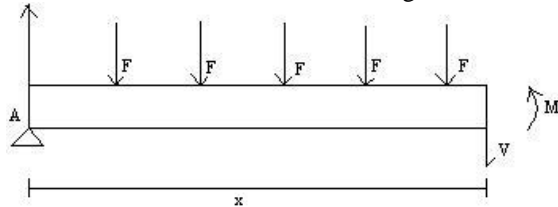
$$\Rightarrow F \cdot (0,285\text{m} + 0,744\text{m} + 1,29\text{m} + 1,806\text{m}) +$$

$$V \cdot x - M = 0$$

$$M = 123,42\text{N} \cdot 4,098\text{m} - 185,13\text{N} \cdot x$$

$$M(x) = \underline{509,48 - 185,13 \cdot x}$$

Snitt etter den siste kabelen/kraften og før B



Figur 3.2.7

Her er  $x < 1,58\text{m}$  som er hele lengden til skinnen.

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow A - 5F - V = 0$$

$$V = A - 5F$$

$$V = 308,55\text{N} - (5 \cdot 123,42)\text{N}$$

$$V = \underline{\underline{-308,55\text{N}}}$$

$$\sum M_A = 0$$

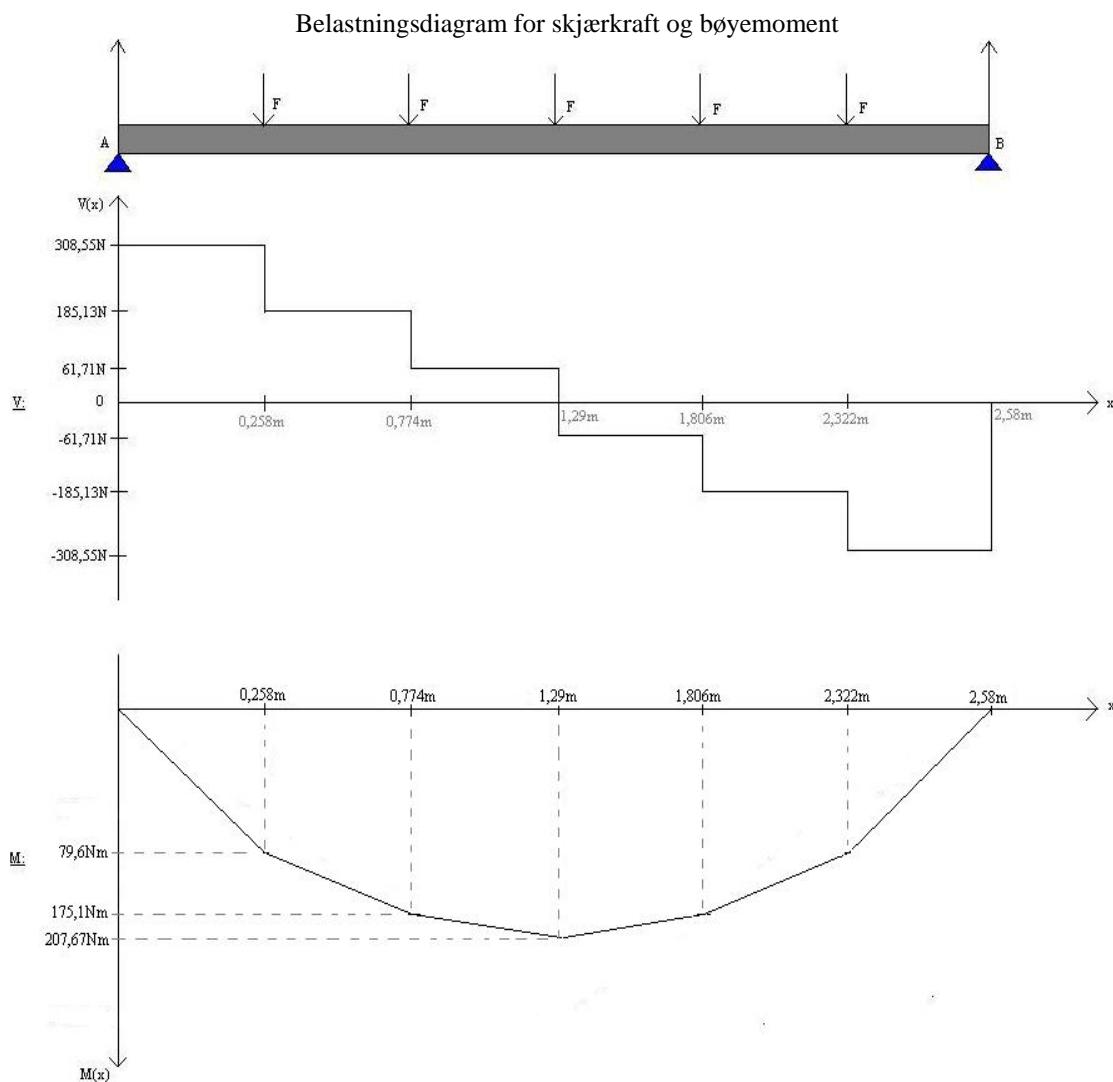
$$\Rightarrow F \cdot (0,258\text{m} + 0,744\text{m} + 1,29\text{m} + 1,806\text{m} + 2,322\text{m}) +$$

$$V \cdot x - M = 0$$

$$M = (123,42\text{N} \cdot 6,45\text{m}) - 308,55 \cdot x$$

$$M(x) = \underline{\underline{796,06\text{Nm} - 308,55\text{N} \cdot x}}$$

Figur 3.2.8 viser belastningsdiagrammet. Skinne er plassert øverst for å vise hvor spenningsene opptrer. Under følger diagram for skjærkraft( $V$ ) og diagram for bøyemoment( $M$ ) nederst.

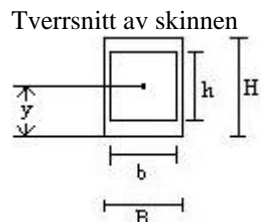


Figur 3.2.8

Da dette er en homogen skinne ser vi at det største bøyemomentet opptrer midt på.

Fra fasthetslære har en at bøyepeningen finnes ved formelen:  $\sigma = \frac{M_{Maks}}{I_z} \cdot y$  [14]

$I_z$  er annet arelmoment for tverrsnittet til skinnen om en akse gjennom flatens senter, her illustrert ved figur 3.2.9.



Figur 3.2.9

$$I_z = \frac{1}{12} \cdot (B \cdot H^3 - b \cdot h^3) \quad [14]$$

$$B = 0,08\text{m}$$

$$H = 0,09\text{m}$$

$$b = 0,07\text{m}$$

$$h = 0,07\text{m}$$

$$y = H/2 = 0,045\text{m}$$

Ut i fra beregningene og belastningsdiagrammet, fig.3.2.8, vet en at det største bøyemomentet forekommer midt på bjelken. Dette brukes til å beregne den største bøyepeningen i skinnen.

$$\sigma = \frac{M_{Maks}}{\frac{1}{12} \cdot (B \cdot H^3 - b \cdot h^3)} \cdot y$$

$$\sigma = \frac{207,67\text{Nm}}{\frac{1}{12} \cdot (0,08\text{m} \cdot (0,09\text{m})^3 - (0,07\text{m})^4)} \cdot 0,045\text{m} \quad [14]$$

$$\sigma = \underline{3268678\text{Nm}^2}$$

$$\sigma \approx \underline{3,27\text{MPa}}$$

Her må det også tas med en sikkerhetsfaktor på 2,00, ref. NS9415:

$$\sigma = 3,27\text{MPa} \cdot 2,00 = \underline{\underline{6,54\text{MPa}}}$$

Hvis bøyepeningen overstiger 28 MPa, som er flytespenningen til PEHD 500, så vil plasten få en varig forlengelse. Den utregnede bøyepeningen er kun 23% av flytegrensen. Dermed kan en konkludere at skinnen vil tåle belastningen.



HAUGALAND  
KUNNSKAPSPARK

## Antirømningsystem for fisk



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

### Diskusjon

Innmaten til skinnen, det vil si det elektriske utstyret, boltene og klossene til lokket, er ikke tatt med i beregningene. Denne ekstra tyngden vil medføre litt større bøyemoment, men den utregnede bøyespenningen viser at skinnen hadde holdt mer enn det dobbelte av kreftene. Vi kunne da gått ned på dimensjonene på skinnen, men usikkerhet mot det elektriske utstyret som skal monteres forhindrer oss i dette.

Selve boltehullene vil medføre en viss utrivningsspenning, men denne er ikke av betydelig størrelse og tas derfor ikke med i beregningene. Vi kan konstantere at skinnen vil tåle både belastningen av kablene og eventuelle ekstra belastninger.

### 3.3 Dimensjonering av bolt og boltskive

Alle bolter som brukes i konstruksjonen skal ha en fasthetsklasse på 8.8. Skivene og boltene skal tilvirkes og monteres etter NS 3464.

#### Dimensjonering av boltene ved kabelfeste:

En vil ha et trykk på 1 MPa på pakningen som ligger mellom modulbunnen og kabelhodet. Dette trykket skal være stort nok til at pakningen holder tett. En vil da måtte finne forspenningen av bolten, for å kunne dimensjonere den.

Formelen som brukes for å regne ut forspenningen av bolten:

$$F = \frac{p \cdot A}{n} \quad [\text{konstruksjonselementer}]$$

$F$  = forspenning på skruer

$p$  = trykk på pakning

$n$  = antall bolter

$A$  = påtrykksareal på pakning

Påtrykksarealet på pakningen er den flaten som presser på pakningen. Det vil si, arealet av forlengelsen til lokket. Forlengelsen til lokket vises med piler på figur 3.3.1

Modullokk sett fra siden



Figur 3.3.1

Arealet som vil presse på pakningen er avmerket med A i figur 3.3.2. Figuren viser også hullene til boltene. Utfyllende tegning av modullokket med mål kan en se i vedlegg J og K.

$$A = b \cdot l$$

$$A = 17,5\text{mm} \cdot 80\text{mm}$$

$$A = 1400\text{mm}^2 \cdot 2 = \underline{2800\text{mm}^2}$$

En gang med 2, da det er to klosser som presser på kabelhodet. Det er disse klossene som er forlengelsen til lokket.

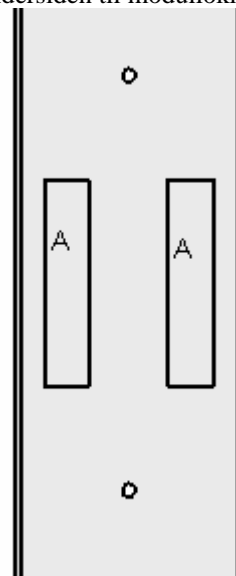
Når en nå har bestemt både trykk og areal, kan en regne ut forspenningen boltene vil ha. Da det er to bolter ved hvert kabelfeste, dividerer en på to.

$$F = \frac{p \cdot A}{n}$$

$$F = \frac{1\text{MPa} \cdot 2800\text{mm}^2}{2}$$

$$F = \underline{1400\text{N}}$$

Undersiden til modullokket.



Figur 3.3.2

For å kunne dimensjonere boltene riktig bruker en vedlegg B.

Lastfaktor bestemmes ut fra NS 9415, og settes til 2. Boltene skal være i rustfritt stål, ut fra NS 3472 velger en ståltype S 235 W. Denne ståltypen har en flytegrense på 235MPa.

$$\sigma_{ill} = \frac{\text{flytegrense S 235 W}}{\text{Lastfaktor}} = \frac{235\text{MPa}}{2} = 117,5\text{MPa}$$

$$\frac{F}{\sigma_{ill}} = \frac{1400\text{N}}{117,5\text{MPa}} = 11,91 \approx \underline{12\text{mm}^2}$$

Ut fra vedlegg B finner en at boltedimensjonen ikke må være mindre enn M6.

Boltens diameter skal da ikke være mindre enn 6mm

### Skive areal:

For at mutteren som strammes til, ikke skal ødelegge modullokket, brukes det en skive mellom mutter og lokk. Slik får en fordelt kraften fra mutteren over et større areal. Skiven tilvirkes etter NS 3464, og i rustfritt stål av samme type som bolten, S 235 W.

$$\sigma_{till} = \frac{F}{A}$$

$\sigma_{till}$  = flytegrense for PEHD500

$F$  = forspenning

$A$  = Arealet av skiven

Skiven skal være rund, slik at arealet blir:  $A = \pi \cdot r^2$

$$\sigma_{till} = \frac{\text{flytegrense PEHD 500}}{\text{Lastfaktor}} = \frac{28MPa}{2} = \underline{14MPa}$$

$$\sigma_{till} = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{F}{\sigma_{till}} = \frac{1400N}{14MPa} = 100mm^2$$

Radiusen til skiven blir.

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{100mm^2}{\pi}} = 5,64 \approx \underline{6mm}$$

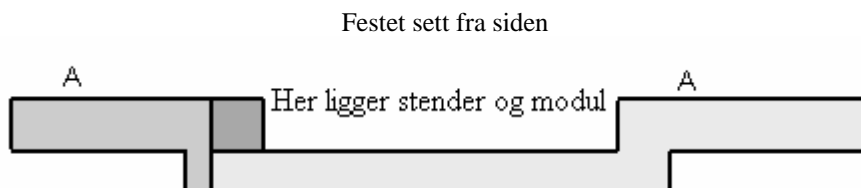
Skiven skal ikke ha en diameter som er mindre enn 12mm.



### Dimensjonering av boltene ved modulskjøt.

Ved modulskjøten skal en klemme fast modulene til merden. Her brukes det fire bolter. En skal klemme modulen fast med et trykk på 2 MPa. En bruker samme fremgangsmåte, og samme formler som ved dimensjonering av boltene ved kabelfeste.

Arealet blir her oversiden av festet, det er avmerket med A på figur 3.3.3



Figur 3.3.3

Utfyllende tegninger av stender med mål kan ses i vedlegg L

$$A = b \cdot l$$

$$A = 80\text{mm} \cdot 40\text{mm}$$

$$A = 3200\text{mm}^2 \cdot 2 = \underline{6400\text{mm}^2}$$

Forspenning av bolten.

$$F = \frac{p \cdot A}{n}$$

$$F = \frac{2\text{MPa} \cdot 6400\text{mm}^2}{4}$$

$$F = \underline{3200\text{N}}$$

Dimensjonen på bolten bestemmes ut fra vedlegg B.

$$\frac{F}{\sigma_{ill}} = \frac{3200\text{N}}{117,5\text{MPa}} = 27,23 \approx \underline{27\text{mm}^2}$$

Dimensjonen på boltene kan ikke være mindre enn M10. Boltens diameter må ikke være mindre enn 10mm.

### Skive areal.

Skivens areal bestemmes på samme måte som skive arealet til boltene ved kabelfestet.

$$\sigma_{till} = \frac{F}{A}$$
$$A = \frac{F}{\sigma_{till}} = \frac{3200N}{14MPa} = 228,57 \approx \underline{229mm^2}$$

Radiusen til skiven blir.

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{229mm^2}{\pi}} = 8,53 \approx \underline{9mm}$$

Skivens diameter må ikke være mindre enn 18mm.

### Diskusjon.

De forspenninger vi har kommet frem til, er avhengig av hvilket trykk en vil ha på pakningene og stenderne. Ved kabelfestet skal pakningen klemmes med et trykk på 1 MPa, hvor stort dette trykket skal være kommer an på pakningen. Vi har valgt å bruke en myk pakning i beregningene, og dette er de eneste antagelser som gjøres med hensyn på pakninger. Vi mener et trykk på 1 MPa vil være et godt utgangspunkt, men dette må testes ut i praksis. Alle beregninger og fremgangsmåter er individuelle, så det vil ikke være noe problem å forandre på forspenningen hvis en bestemmer seg for et annet trykk eller en annen pakning.

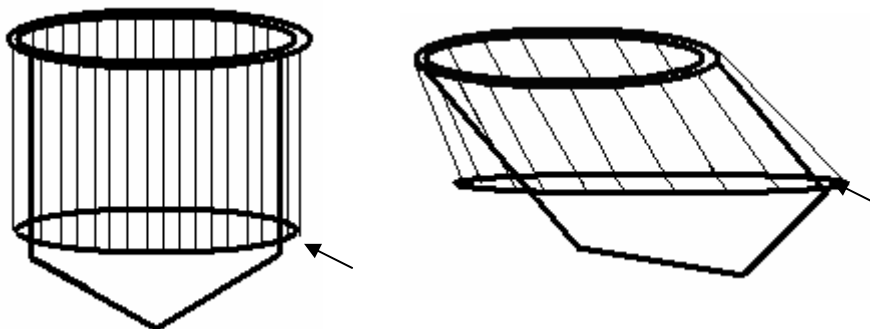
Ved modulsjøtene har vi valgt å doble trykket. Dette begrunnes med at det er snakk om et mye større areal som modulene presses mot, samtidig er det viktig at modulene ikke glir ut av posisjon.

## 3.4 Kabelbunnring

Ved strøm i sjø, vil noten bevege seg relativt mye. Et problem er da å holde strømkablene i riktig avstand fra hverandre, samtidig som de ikke skal komme i kontakt med noten. En løsning på dette problemet vil være en kabelbunnring.

Strømkablene festes til utsiden av kabelbunnringen, slik at de vil holde noenlunde samme avstand til noten og til hverandre. Strømkablene må derimot kunne bevege seg opp og ned uavhengig av hverandre, da hele merden vil bevege seg vertikalt i bølger og vind. Kabelbunnringen vil ligge rundt noten, og det er meningen at den til en viss grad skal kunne følge notens bevegelse. Kabelbunnringen vil da også ha en dempende effekt på notens bevegelse i strøm. Denne kabelbunnringen må ikke sammenlignes med bunnringen som fungerer som lodd på noten. Den skal ikke fungere som noe lodd under noen omstendigheter, den eneste oppgaven den har er å ha kontroll på strømkablens posisjon. Figur 3.4.1 viser hvordan bunnringen (avmerket med pil) ligger i forhold til noten. Her ser en også hvordan strømkablene går fra flyteelementene øverst, og ned til bunnringen. Til høyre på figur 3.2.1 ser en hvordan kabelbunnringen vil ligge rundt noten i strøm.

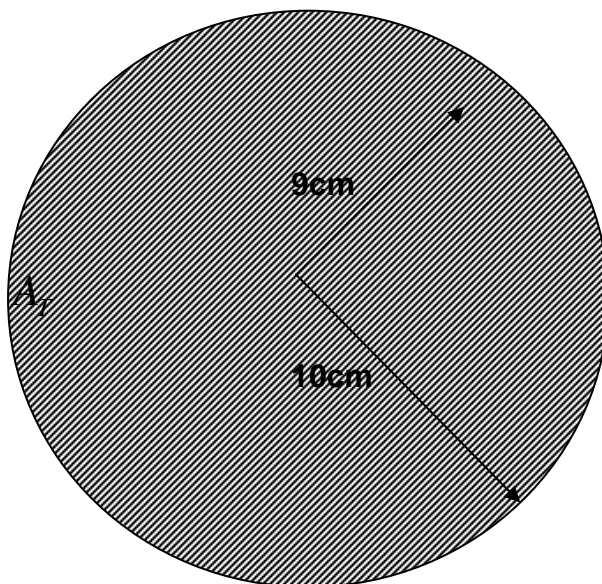
Skisse av merd med kabelbunnring og strømkabler, statisk og i strøm.



Figur 3.4.1

En skal feste kabelbunnringen til merden med 4 fester. Det er disse festene som skal holde kabelbunnringen i posisjon rundt noten. Festene tar opp alle kreftene som virker fra kabelbunnringen, slik at det ikke vil komme noen krefter på strømkablene. Videre beregninger og forklaringer på festene til kabelbunnringen kommer en tilbake til i kapittel 3.2.1.

Tverrsnitt av kabelbunnring



Figur 3.4.2

Som en ser på figur 3.4.2, skal kabelbunnringen ha en ytre diameter på 10cm, og en tykkelse på 1cm. Indre omkrets på noten er 120meter. Kabelbunnringen skal omslutte noten, og skal ha en indre omkrets på 125meter.

Det en må vite om kabelbunnringen er hvor tung den skal være. Det vil si, hvor tung den skal være i sjøvann. Det første en gjør er å finne massen av selve kabelbunnringen i luft. Kabelbunnringen skal fylles med sjøvann, slik at en også må finne massen av vannet som ligger i kabelbunnringen. Etter at kabelbunnringen er fylt med vann, plugges og forsegles den for å unngå begroing. Legger en sammen massen til kabelbunnringen, og massen av sjøvannet i kabelbunnringen finner en hvor mye kabelbunnringen, fylt med sjøvann, veier i luft. Ved å finne oppdriften til kabelbunnringen i sjøvann får en gitt hvor mye kabelbunnringen, som er fylt med vann, veier i sjøvann.

Dette vises i beregningene som begynner på neste side.

Tverrsnittsarealet av tykkelsen til kabelbunnringen:

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \pi r^2 = \pi \cdot (0,05m)^2 = 0,00785 \approx 0,008m^2 \\
 A_2 &= \pi r^2 = \pi \cdot (0,04m)^2 = 0,005m^2 \\
 A_T &= A_1 - A_2 = (0,008 - 0,005)m^2 = \underline{0,003m^2}
 \end{aligned}
 \quad [10]$$

$A_1 =$  Ytre areal av kabelbunnring

$A_2 =$  Indre areal av kabelbunnring

$A_T =$  Tverrsnittsareal av tykkelsen til kabelbunnring

Ved hjelp av tverrsnittsarealet og omkretsen på kabelbunnringen finner en volumet av tykkelsen til kabelbunnringen. Da kan en ut fra tettheten på materialet og volumet av tykkelsen finne massen til kabelbunnringen.

Massen til kabelbunnringen:

$$\begin{aligned}
 V_T &= A_T \cdot L = 0,003m^2 \cdot 125m = \underline{0,375m^3} \\
 m_K &= \rho_K \cdot V_T \\
 m_K &= 950 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,375m^3 = \underline{\underline{356kg}}
 \end{aligned}
 \quad [10]$$

$\rho_K =$  Tetthet PEHD 500

$m_K =$  Massen til kabelbunnring

$V_T =$  Volum av tykkelsen til kabelbunnring

$L =$  Omkrins av kabelbunnring

$A_T =$  Tverrsnittsareal av tykkelsen til kabelbunnring

Nå har en gitt massen til kabelbunnringen. En vil fylle kabelbunnringen med sjøvann for å få den tyngre. Da finner en det indre volumet av kabelbunnringen, for så å regne seg fram til vekten av sjøvannet ved hjelp av sjøvannets tetthet.



Massen til vann i kabelbunnringen:

$$V_v = A_2 \cdot L$$

$$V_v = 0,005m^2 \cdot 125m = 0,628 \approx \underline{0,63m^3}$$

$$m_v = \rho_v \cdot V_v$$

$$m_v = 1025 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,63m^3 = \underline{646kg} \quad [10]$$

$V_v$  = Indre volum av kabelbunnring

$\rho_v$  = Tetthet sjøvann (1025 kg/m<sup>3</sup>)

$m_v$  = Massen til vann i kabelbunnring

$L$  = Omkrins av kabelbunnring

$A_2$  = Indre areal av kabelbunnring

Når en nå har en gitt massen til kabelbunnringen, og massen til vannet i kabelbunnringen, kan en ved å legge sammen disse tallene finne massen til kabelbunnringen fylt med vann.

Det er denne massen en bruker i videre beregninger.

Massen av kabelbunnring fylt med vann.

$$m = m_k + m_v$$

$$m = (356 + 646)kg$$

$$m = \underline{1002kg}$$

$m$  = Massen til kabelbunnring fylt med vann

$m_k$  = Massen til kabelbunnring

$m_v$  = Massen til vann i kabelbunnring

For å finne vekten av kabelbunnringen i vann, bruker en vekten av kabelbunnringen i luft og trekker fra oppdriften av kabelbunnringen i saltvann.



Vekt av kabelbunnring i luft.

$$G_B = m \cdot g$$

$$G_B = 1002 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \quad [11]$$

$$G_B = 9829,62 \approx \underline{9830 \text{ N}}$$

*m = Massen til kabelbunnring fylt med vann*

*G<sub>B</sub> = Vekt av kabelbunnring i luft, fylt med sjøvann.*

*g = Massens tyngdeakselerasjon (9,81 m/s<sup>2</sup>)*

Oppdrift av kabelbunnring i saltvann.

$$O_B = \rho_V \cdot V \cdot g$$

$$O_B = 1025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot (\pi \cdot (0,05 \text{ m})^2 \cdot 125 \text{ m}) \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \quad [11]$$

$$O_B = 9871,7 \approx \underline{9872 \text{ N}}$$

*O<sub>B</sub> = Oppdrift av kabelbunnring i sjøvann*

*ρ<sub>V</sub> = Tetthet sjøvann (1025 kg/m<sup>3</sup>)*

*V = Ytre volum av kabelbunnring*

*g = Massens tyngdeakselerasjon (9,81 m/s<sup>2</sup>)*

Vekt av kabelbunnring i saltvann.

$$M_B = G_B - O_B$$

$$M_B = (9830 - 9872) \text{ N} \quad [11]$$

$$M_B = \underline{\underline{-42 \text{ N}}}$$

*G<sub>B</sub> = Vekt av kabelbunnring i luft, fylt med sjøvann.*

*O<sub>B</sub> = Oppdrift av kabelbunnring i sjøvann \**

*M<sub>B</sub> = Vekt av kabelbunnring i sjøvann,*

En ser her at bunnringen har positiv oppdrift i saltvann når den er fylt med saltvann. Det må da tilføres en tilleggslast i bunnringen for å få den til å synke.

Vi legger til en tilleggslast på 600kg. Tilleggslasten posisjoneres inne i ringen. Da dette vil være den enkleste og mest hensiktsmessige plasseringen. Tilleggslasten vil bestå av brukt/gammel wire eller kjetting.



$$G_{BT} = (m_T + m) \cdot g$$

$$G_{BT} = (600 + 1002) \text{kg} \cdot 9,81 \text{m/s}^2 = 15715,62 \approx \underline{15716N}$$

$m_T =$  Massen til tilleggslasten

$m =$  Massen til kabelbunnring fylt med vann

$g =$  Massens tyngdeakselerasjon ( $9,81 \text{m/s}^2$ )

$G_{BT} =$  vekt av kabelbunnring med en tilleggslast

Tar en nå vekten av kabelbunnringen som har en tilleggslast, og trekker fra oppdriften til kabelbunnringen, vil en finne vekten av kabelbunnringen med tilleggslast i sjøvann.

$$M_{BT} = (15716 - 9872)N$$

$$M_{BT} = \underline{5844N}$$

$M_{BT} =$  Vekt av kabelbunnring + tilleggslast i sjøvann\*

Vekten av kabelbunnringen med tilleggslast runder en av til 5,9 kN.

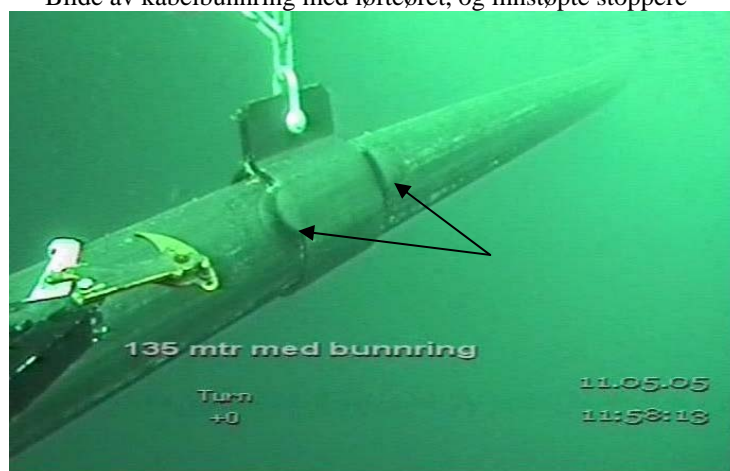
Kabelbunnringen vil veie ca.  $4,8 \text{ kg/m}$ , noe som er tilfredsstillende med tanke på de kravene som er nevnt under kapittel 3.2.



### 3.4.1 Feste til kabelbunnringen

Kabelbunnringen skal festes til merden i 4 punkter fordelt med lik avstand mellom hverandre. Festene på bunnringen er en type løfteøre, figur 3.4.3, av materialet PEHD 80, som klemmes rundt bunnringen. Ringen har stoppere på hver side av festene, slik at løfteøret holdes på plass. Disse stopperne er avmerket med piler på figur 3.4.3. Løfteørene er oppankret med kjetting, som er beregnet for bruk på vinsj. Kabelbunnringen skal kunne senkes å heves ved hjelp av disse 4 vinsjene, slik at en lett kan heve opp ringen for å gjøre nødvendig vedlikehold.

Bilde av kabelbunnring med løfteøret, og innstøpte stoppere



Figur 3.4.3

Som en ser på figur 3.4.3 brukes det en sjakkell for å kople løfteøret til kjettingen, en bruker da sjakler som er spesielt egnet for sjøbruk. Disse sjaklene vil være av en type rustfritt stål. Hvilken dimensjon en skal ha på sjakkelen diskuteres med beregninger på neste side.

Før en starter med beregninger på løfteørene, må en vite hvor stor kraft det virker på hver av de fire festene.

Kraft på hvert av festene:

$$F = \frac{M_{BT}}{4} = \frac{5,9kN}{4} = 1,475 \approx \underline{1,5kN}$$

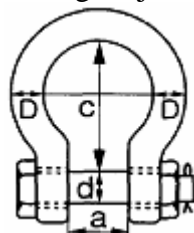
### 3.4.2 Konstruksjon av løfteøret

En bruker en lastfaktorfaktor på 2 ref. NS 9415, når en nå konstruerer løfteøret.

$$F = 1,5kN \cdot 2 = \underline{\underline{3kN}}$$

Den typen sjakkkel vi skal bruke er avbildet på figur 3.4.4. Her blir  $a$  tykkelsen på løfteøret, og  $d$  blir hulldimensjonen.

Sjakkelen er godkjent for bruk offshore, og tilfredstiler de krav som er satt av NS 9415



Figur 3.4.4

$$\sigma_{ill} = 28MPa \text{ (strekkfasthet v/flyt PEHD 500)}$$

For å kunne dimensjonere løfteøret og for å kunne velge riktig størrelse på sjakkelen, regner en ut hullkanttrykkspenningen i løfteøret. Da får en gitt dimensjonen på hullet i løfteøret, samt tykkelsen av løfteøret. Sjakkelen velges ut fra disse to parametrene.

#### Hullkanttrykkspenning.

$$\sigma_h = \frac{F}{(a \cdot d)} \quad [12]$$

$$\sigma_h = \sigma_{ill} = \frac{F}{(a \cdot d)}$$

$$(a \cdot d) = \frac{F}{\sigma_{ill}} = \frac{3000N}{28MPa} = 107,1 \approx \underline{\underline{107mm^2}}$$

$a \cdot d$  må da ikke være mindre enn  $107mm^2$

Ut fra tabellen i vedlegg C velges sjakkkel med vare nr. 902810. Denne sjakkelen har dimensjonene  $d = 11mm$ ,  $a = 16mm$

En vil gjerne ha en klaring på 0,5mm på hver side av sjakkelen. En legger da til 1mm på hulldimensjonen og trekker fra 1mm på tykkelsen av løfteøret. Slik at monteringen av sjakkelen skal gå lettere.

$a = 15mm$  og  $d = 12mm$ .

$$a \cdot d = 15mm \cdot 12mm = 180mm^2$$

Hullkantrykkspenningen i løfteøret blir da.

$$\sigma_h = \frac{3 \cdot 10^3 N}{180 \text{ mm}^2} = 16,67 \approx \underline{\underline{17 \text{ MPa}}}$$

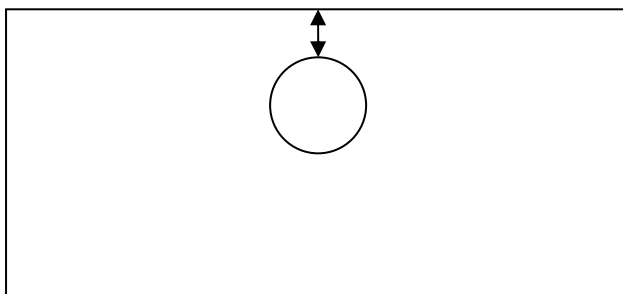
$$17 \text{ MPa} < 28 \text{ MPa}$$

$$\sigma_h < \sigma_{\text{till}}$$

En ser her at hullkantrykkspenningen blir mindre en tillatt spenning. Løfteørets tykkelse og hulldimensjon vil da kunne holde bunnringen uten problemer.

Løfteøret vil ha et kritisk snitt der tverrsnittet er minst. Figur 3.4.5 viser tverrsnittet av løfteøret. Der hvor tverrsnittet blir minst er avmerket med piler på figuren. Det minste tillatte tverrsnittet løfteøret kan ha finner en fra avskjæringsspenningen.

Skisse av løfteøret - tverrsnitt



Figur 3.4.5

### Avskjæringsspenning.

Her vil  $x$  være tverrsnittstykkelsen

$$\tau = \sigma_{\text{till}} = 28 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{F}{2A} \quad [12]$$

$$28 \text{ MPa} = \frac{3000 \text{ N}}{2(15 \cdot x) \text{ mm}^2} = \frac{3000 \text{ N}}{(30x) \text{ mm}^2}$$

$$x = \frac{3000 \text{ N}}{840 \text{ N/mm}} = 3,57 \approx \underline{\underline{4 \text{ mm}}}$$

Her ser en at det minste tverrsnittet løfteøret kan ha er på 4mm.

Det vil si at det avmerkede området på figur 3.4.5 ikke kan være mindre en 4mm. Nå kan en utforme løfteøret etter eget ønske, så lenge en holder seg innenfor de parametrene som er regnet ut.

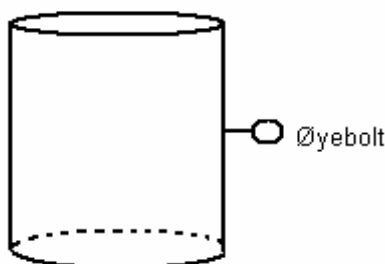
En mer detaljert 2D tegning av løfteøret ligger i vedlegg G.

## 3.4.3 Strømkablenes feste til kabelbunnringen

Strømkablene må festes til kabelbunnringen for å kunne holde rett avstand til hverandre. De må ikke legge seg inntil noten da denne går til minus, og en vil få kortslutning i systemet. Festet må da være utformet slik at kabelen kan bevege seg opp og ned, uavhengig av kabelbunnringen. Det er støpt inn en øyebolt i siden på kabelbunnringen, hvor kabelfestet hektes på.

På figur 3.4.6 ser en ett utsnitt av kabelbunnringen, og hvordan øyebolten er støpt inn i kabelbunnringen

Utsnitt av kabelbunnring med øyebolt innstøpt – sett ovenfra



Figur 3.4.6

Kabelfestet er konstruert slik at det er lett å feste til øyebolten. I vedlegg F ser en hvordan kabelfeste er konstruert. En skal kunne presse kabelfestet inn på øyebolten og kabelen er dermed festet til kabelbunnringen. Hvordan det vil se ut i praksis kan en se på figur 3.4.7

Kabelfeste med øyebolt, festet til strømkabel



Figur 3.4.7

Det brukes en øyebolt av den typen som er vist på figur 3.4.8  
Øyebolten velges ut fra vedlegg D, og dimensjonene som velges skal passe med  
strømkabelfestet.

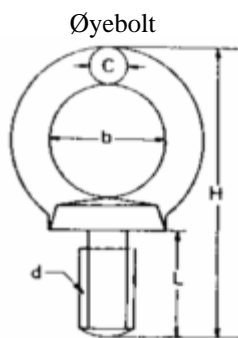
Dimensjonene på kabelfestet er:

- Største tykkelse (5mm+5mm+1mm)=11mm
- Bredde 10mm

Kabelfestet skal kunne bevege seg opp og ned etter at det er festet til øyebolten. Dette medfører at en må ha en klaring i alle retninger slik at kabelfestet ikke henger seg opp i øyebolten. De målene som er relevante er hulldiametere på øyebolten og tykkelsen av ringen i øyebolten.

Den øyebolten som skal brukes er øyebolt med vare nr. 103306  
Denne øyebolten har disse dimensjonene:

C:6mm, b:16mm



Figur 3.4.8



HAUGALAND  
KUNNSKAPSPARK

## Antirømningsystem for fisk



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

### Diskusjon

Under utregninger av kabelbunnringens vekt i vann, fant vi ut at kabelbunnringen må ilegges en tilleggslast. Når en da regner ut vekt i vann av kabelbunnring og tilleggslast, tar en ikke høyde for at volumet av denne tilleggslasten vil fortrenge bort noe av vannet som ligger kabelbunnringen. Dette resulterer i at den teoretiske vekten av kabelbunnringen blir noe tyngre enn den praktiske. Forskjellen mellom den teoretiske og den praktiske vekten vil være av så liten betydning at vi velger å se bort fra denne.

Kabelbunnringen skal kunne heves og senkes med 4 vinsjer. Oppgaven omfatter ikke hvilke vinsjer en skal bruke og hvordan disse festes.

### 4. Konklusjon

Oppgaven presenterer en festeanordning for Seafarm Development sitt antirømningsystem for fisk. Systemet skal være konstruert for å kunne monteres på et eksisterende anlegg.

Løsningene vi har kommet fram til i oppgaven har møtt kravet om enkel montering og vedlikehold. At komponentene tåler belastningene de blir utsatt for, er vel dokumentert ved grundige beregninger.

Antirømningsystemet er nyskapende innen oppdrettsnæringen. Hvilket betyr at selv om våre løsninger vil fungere på det teoretiske plan, kan Seafarm Development måtte belage seg på mindre justeringer under praktiske forhold.

Et forslag til eventuelle justeringer av systemet kan være en ekstra kabelbunnring for å unngå at strømkablene legger seg inntil noten. Andre justeringer kan være å forandre på forspenningen til boltene hvis det forekommer slitasje, eller unngå bruken av bolter og heller feste modullokket på en alternativ måte. Skulle det være ønskelig å montere modulen på undersiden av stenderen, kan en med enkle forandringer på modulene og eventuelt dimensjonene få dette til.

Skulle Seafarm Development ikke ønske å benytte seg av våre løsninger, har oppgaven allikevel gitt en pekepinn på hvordan en går frem for å konstruere en slik anordning.

## Referanseliste/Kilder

- [1]  
Seafarm Development
- [2]  
NA24  
<http://web3.aftenbladet.no/innenriks/okonomi/article382237.ece>
- [3]  
NRK  
<http://www.nrk.no/nyheter/innenriks/1.1582321>
- [4]  
Fiskeridirektoratet  
[http://www.fiskeridirektoratet.no/fiskeridir/fiskeridirektoratets\\_beredskapsportal/r\\_mming\\_av\\_fisk](http://www.fiskeridirektoratet.no/fiskeridir/fiskeridirektoratets_beredskapsportal/r_mming_av_fisk)
- [5]  
Økokrim  
[http://www.okokrim.no/aktuelt\\_arkiv/miljokrim/magasinet/2006-1/page5.html](http://www.okokrim.no/aktuelt_arkiv/miljokrim/magasinet/2006-1/page5.html)
- [6]  
NRK  
[http://nrk.no/nyheter/distrikt/nrk\\_more\\_og\\_romsdal/5045072.html](http://nrk.no/nyheter/distrikt/nrk_more_og_romsdal/5045072.html)
- [7]  
SINTEF  
<http://coreweb.nhosp.no/fhl.no/html/files/STF80A044020.pdf>
- [8]  
SINTEF  
Ved Egil Lien
- [9]  
Gustafsson, Arne. *Materialteknikk*, NKI forlaget, Bekkestua, 1999
- [10]  
Pedersen, Svein Erik. m.fl. *Teknisk Formelsamling*, Universitetsforlaget, Oslo, 2005
- [11]  
Lindaas, Jens Christian. *Kompendium i undervannsteknologi*, Høgskolen Stord/Haugesund, ingeniørutdanningen, 2002



[12]  
Dahlvig, Christensen, Strømsnes. *Konstruksjonselementer*, Gyldendal, Oslo, 2000

[13]  
Irgens, Fridtjov. *Statikk*, Tapir Akademiske Forlag, Trondheim, 2005

[14]  
Irgens, Fridtjov. *Fasthetslære*, Tapir Forlag, Trondheim, 1999

### Bilder og figurer

[2.1.1]  
PolarCirkel  
[http://www.polarcirkel.no/pc\\_havbruk\\_bygg.php](http://www.polarcirkel.no/pc_havbruk_bygg.php)

[2.2.1]  
Aqualine  
[http://www.aqualine.no/files/products/1\\_merd1.jpg](http://www.aqualine.no/files/products/1_merd1.jpg)

[2.2.2]  
SINTEF  
<http://coreweb.nhosp.no/fhl.no/html/files/STF80A044020.pdf>

[2.2.3]  
SINTEF  
[http://www.aquainfo.no/cms/upload/pdf/drift\\_og\\_operasjoner\\_p\\_oppdrettsanlegg.pdf](http://www.aquainfo.no/cms/upload/pdf/drift_og_operasjoner_p_oppdrettsanlegg.pdf)

[2.3.1]  
SINTEF, Ved Egil Lien

[3.1.1]  
Seafarm Development

[3.4.3]  
[http://www.polarcirkel.no/pc\\_havbruk\\_bunnring.php](http://www.polarcirkel.no/pc_havbruk_bunnring.php)

[3.4.4]  
<http://www.aseke.no/NY%20KATALOG/17%20Offshore%20sjakler.htm>

[3.4.8]  
<http://www.aseke.no/NY%20KATALOG/37%20DIN580%20DIN582%20rustfrie.htm>



HAUGALAND  
KUNNSKAPSPARK

## Antirømningsystem for fisk



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

### Vedlegg

[V1]

[http://www.astrup.no/oslo/astrup.nsf/0/5ADACA7E877587F5C1256F880035C0BA/\\$FILE/P EHD500.pdf](http://www.astrup.no/oslo/astrup.nsf/0/5ADACA7E877587F5C1256F880035C0BA/$FILE/P EHD500.pdf)

[V2]

<http://www.aseke.no/NY%20KATALOG/17%20Offshore%20sjakler.htm>

[V3]

<http://www.aseke.no/NY%20KATALOG/37%20DIN580%20DIN582%20rustfrie.htm>

[V4]

Rystad, Britt og Lauritzen, Odd, *Kjemi og miljøkunnskap*, NKI Forlaget, Bekkestua, 2002

### Vedleggsliste

Vedlegg A:	Datablad for PEHD 500
Vedlegg B:	Boltediagram
Vedlegg C:	Produktliste for sjakkel
Vedlegg D:	Produktliste for øyebolt
Vedlegg E:	Spenningsrekken
Vedlegg F:	Kabelfeste
Vedlegg G:	Løfteøret
Vedlegg H, I:	Skinne
Vedlegg J, K:	Lokk
Vedlegg L:	Stenderfeste
Vedlegg M:	Bolter
Vedlegg N:	Kabelhode
Vedlegg O – S:	3D – tegninger, Oversiktsbilder

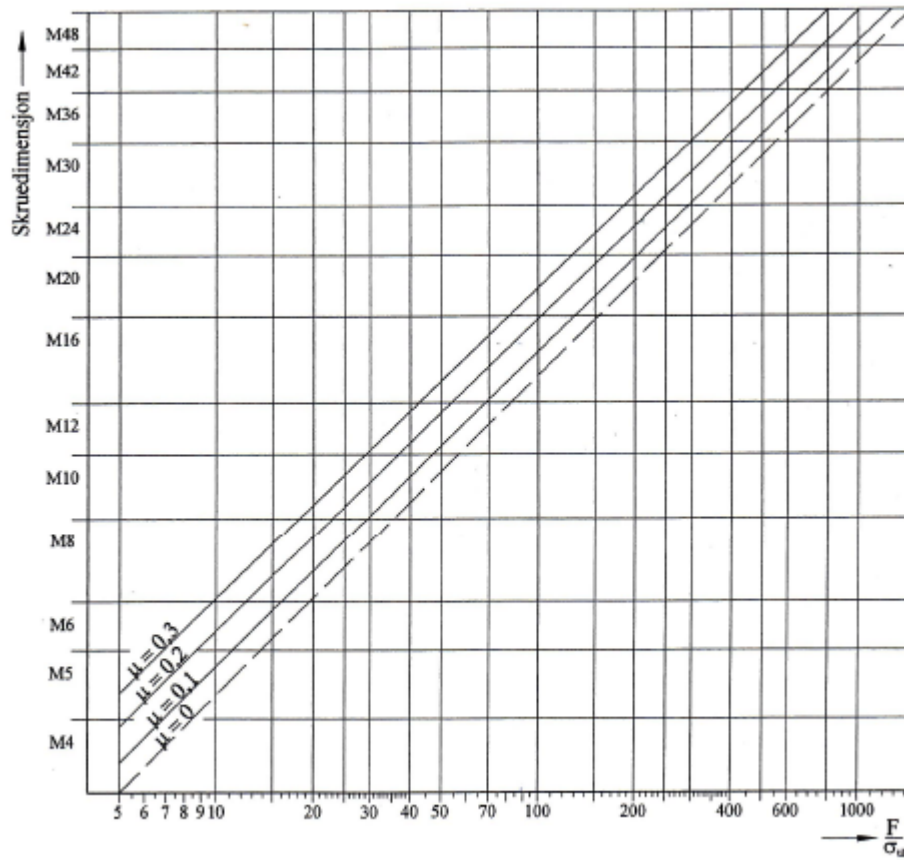
### Materialdata PEHD 500

Noen egenskaper	Norm	Enhet	Verdi
Egenvekt	DIN 53470	g/cm <sup>3</sup>	0,95
Strekfasthet v/flyt	DIN 53455	N/mm <sup>2</sup>	28
Strekfasthet v/brudd	DIN 53455	N/mm <sup>2</sup>	36
Slagfasthet	DIN 53453	KJ/m <sup>2</sup>	uten brudd
Brukstemperatur	DIN 53457	°C	+200/+80
Temperaturutvidelse	ASTM D 896	mm/m°C	0,14
Friksjonskoeffisient	Mot stål	–	0,20
Vannopptak	DIN 53495	%	<0,01
Elektrisk motstand	ASTM D 257	ohm x cm	>10 <sup>14</sup>
Dielekr. overflatemotstand	DIN 53482	ohm	10 <sup>14</sup>
Brennbarhet	Normal brennbar. Avgir ingen farlige stoffer		

[V1]



## Boltediagram



[12]



HAUGALAND  
KUNNSKAPSPARK

## Antirømningsystem for fisk



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

### Produktliste for sjakkel

VARE-NR	D X d	W L L			INN BREDDE	PAKK- ENHET	PRIS PER STK
		TONN	a	c			
902808	8 X 10 MM	<b>0,75</b>	13	26	21	100	<b>NOK 16,00</b>
902810	10 X 11 MM	<b>1,00</b>	16	31	26	100	<b>NOK 18,00</b>
902811	11 X 13 MM	<b>1,50</b>	18	36	29	100	<b>NOK 20,00</b>
902813	13 X 16 MM	<b>2,00</b>	20	47	33	100	<b>NOK 34,00</b>
902816	16 X 19 MM	<b>3,25</b>	27	60	42	50	<b>NOK 74,00</b>
902820	19 X 22 MM	<b>4,75</b>	31	71	51	40	<b>NOK 105,00</b>
902822	22 X 25 MM	<b>6,50</b>	36	84	58	20	<b>NOK 150,00</b>
902825	25 X 28 MM	<b>8,50</b>	42	95	68	15	<b>NOK 213,00</b>
902828	28 X 32 MM	<b>9,50</b>	46	108	74	10	<b>NOK 297,00</b>
902832	32 X 35 MM	<b>12,00</b>	52	119	82	10	<b>NOK 410,00</b>
902835	35 X 38 MM	<b>13,50</b>	57	131	89	8	<b>NOK 555,00</b>
902838	38 X 42 MM	<b>17,00</b>	60	148	98	5	<b>NOK 720,00</b>
902845	45 X 51 MM	<b>25,00</b>	73	177	127	4	<b>NOK 1190,00</b>
902851	51 X 57 MM	<b>35,00</b>	83	197	138	2	<b>NOK 1320,00</b>
902864	66 X 70 MM	<b>55,00</b>	105	267	180	1	<b>NOK 2880,00</b>
902876	76 X 83 MM	<b>85,00</b>	127	330	190	1	<b>NOK 5300,00</b>
902889	92 X 95 MM	<b>120,00</b>	133	371	235	1	<b>NOK 10700,00</b>
902899	100 X 103 MM	<b>150,00</b>	140	368	240	1	<b>NOK 14000,00</b>

[V2]



HAUGALAND  
KUNNSKAPSPARK

## Antirømningsystem for fisk



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

### Produktliste for øyebolt

VARE-NR	d	H	b	c	L	RETT STREKK	PAKK	PRIS
						WLL 1:6	ENHET	PER STK
103306	M 6	47	16	6	13	90 KG	25 STK	<b>NOK 23,00</b>
103308	M 8	49	20	8	13	140 KG	25 STK	<b>NOK 25,00</b>
103310	M 10	62	25	10	17	230 KG	25 STK	<b>NOK 44,00</b>
103312	M 12	74	30	12	20,5	340 KG	25 STK	<b>NOK 72,00</b>
103316	M 16	89	35	14	27	700 KG	10 STK	<b>NOK 118,00</b>
103320	M 20	101	40	16	30	1200 KG	10 STK	<b>NOK 175,00</b>
103324	M 24	126	50	20	36	1800 KG	5 STK	<b>NOK 320,00</b>
103330	M 30	154	60	24	45	3600 KG	5 STK	<b>NOK 580,00</b>

[V3]



## Spenningsrekken

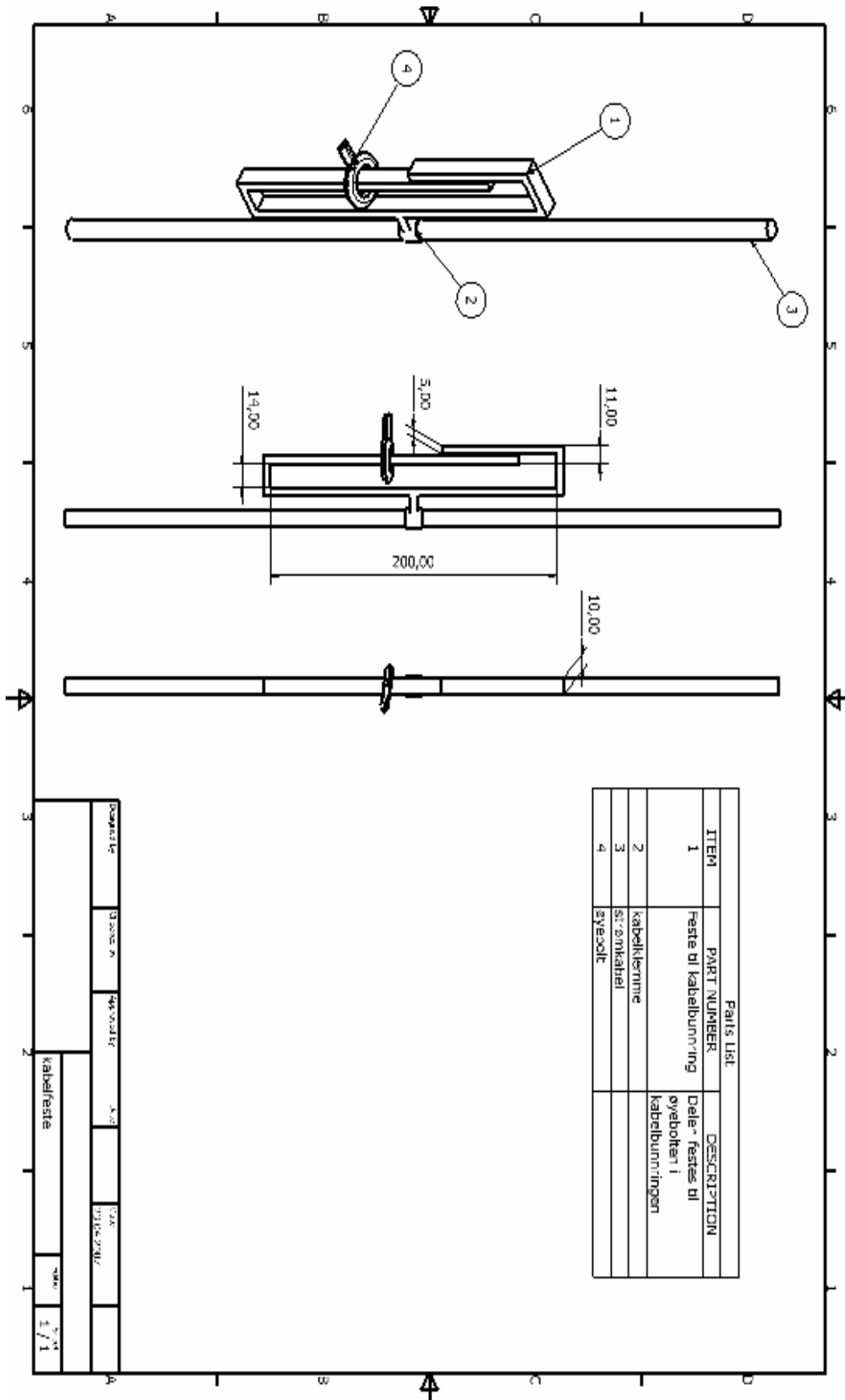
svake	Oksidert form		Redusert form	Standard reduksjons-potensial, E° (V)	sterke
↑	Li <sup>+</sup> (aq)	+ e <sup>-</sup> ⇌	Li (s)	-3,03	↑
	K <sup>+</sup> (aq)	+ e <sup>-</sup> ⇌	K (s)	-2,92	
	Ba <sup>2+</sup> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup> ⇌	Ba (s)	-2,91	
	Ca <sup>2+</sup> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup> ⇌	Ca (s)	-2,87	
	Na <sup>+</sup> (aq)	+ e <sup>-</sup> ⇌	Na (s)	-2,71	
↑	Mg <sup>2+</sup> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup> ⇌	Mg (s)	-2,37	↑
	Al <sup>3+</sup> (aq)	+ 3 e <sup>-</sup> ⇌	Al (s)	-1,66	
	Mn <sup>2+</sup> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup> ⇌	Mn (s)	-1,19	
	Cr <sup>2+</sup> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup> ⇌	Cr (s)	-0,91	
	2 H <sub>2</sub> O (l)	+ 2 e <sup>-</sup> ⇌	H <sub>2</sub> (g) + 2 OH <sup>-</sup> (aq)	-0,83	
	Zn <sup>2+</sup> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup> ⇌	Zn (s)	-0,76	
↑	Fe <sup>2+</sup> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup> ⇌	Fe (s)	-0,45	↑
	Cr <sup>3+</sup> (aq)	+ e <sup>-</sup> ⇌	Cr <sup>2+</sup> (aq)	-0,41	
	PbSO <sub>4</sub> (s)	+ 2 e <sup>-</sup> ⇌	Pb (s) + SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (aq)	-0,36	
	Ni <sup>2+</sup> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup> ⇌	Ni (s)	-0,26	
	Sn <sup>2+</sup> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup> ⇌	Sn (s)	-0,14	
	Pb <sup>2+</sup> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup> ⇌	Pb (s)	-0,13	
↑	2 H <sup>+</sup> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup> ⇌	H <sub>2</sub> (g)	0 (def.)	↑
	Cu <sup>2+</sup> (aq)	+ e <sup>-</sup> ⇌	Cu <sup>+</sup> (aq)	0,15	
	Cu <sup>2+</sup> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup> ⇌	Cu (s)	0,34	
	O <sub>2</sub> (g) + 2 H <sub>2</sub> O (l)	+ 4 e <sup>-</sup> ⇌	4 OH <sup>-</sup> (aq)	0,40	
	I <sub>2</sub> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup> ⇌	2 I <sup>-</sup> (aq)	0,54	
	2 MnO <sub>2</sub> (s) + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup> ⇌	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (s) + NH <sub>3</sub> (aq) + OH <sup>-</sup> (aq)	0,74	
↓	Fe <sup>3+</sup> (aq)	+ e <sup>-</sup> ⇌	Fe <sup>2+</sup> (aq)	0,77	↓
	Ag <sup>+</sup> (aq)	+ e <sup>-</sup> ⇌	Ag (s)	0,80	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (aq) + 4 H <sup>+</sup> (aq)	+ 3 e <sup>-</sup> ⇌	NO (g) + 2 H <sub>2</sub> O (l)	0,96	
	Br <sub>2</sub> (l)	+ 2 e <sup>-</sup> ⇌	2 Br <sup>-</sup> (aq)	1,07	
	O <sub>2</sub> (g) + 4 H <sup>+</sup> (aq)	+ 4 e <sup>-</sup> ⇌	2 H <sub>2</sub> O (l)	1,23	
	MnO <sub>2</sub> (s) + 4 H <sup>+</sup> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup> ⇌	Mn <sup>2+</sup> (aq) + 2 H <sub>2</sub> O (l)	1,23	
↓	Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup> (aq) + 14 H <sup>+</sup> (aq)	+ 6 e <sup>-</sup> ⇌	2 Cr <sup>3+</sup> (aq) + 7 H <sub>2</sub> O (l)	1,33	↓
	Cl <sub>2</sub> (g)	+ 2 e <sup>-</sup> ⇌	2 Cl <sup>-</sup> (aq)	1,36	
	MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (aq) + 8 H <sup>+</sup> (aq)	+ 5 e <sup>-</sup> ⇌	Mn <sup>2+</sup> (aq) + 4 H <sub>2</sub> O (l)	1,51	
	Au <sup>+</sup> (aq)	+ e <sup>-</sup> ⇌	Au (s)	1,69	
	PbO <sub>2</sub> (s) + 4 H <sup>+</sup> (aq) + SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup> ⇌	PbSO <sub>4</sub> (s) + 2 H <sub>2</sub> O (l)	1,69	
	F <sub>2</sub> (g)	+ 2 e <sup>-</sup> ⇌	2 F <sup>-</sup> (aq)	2,87	

[V4]





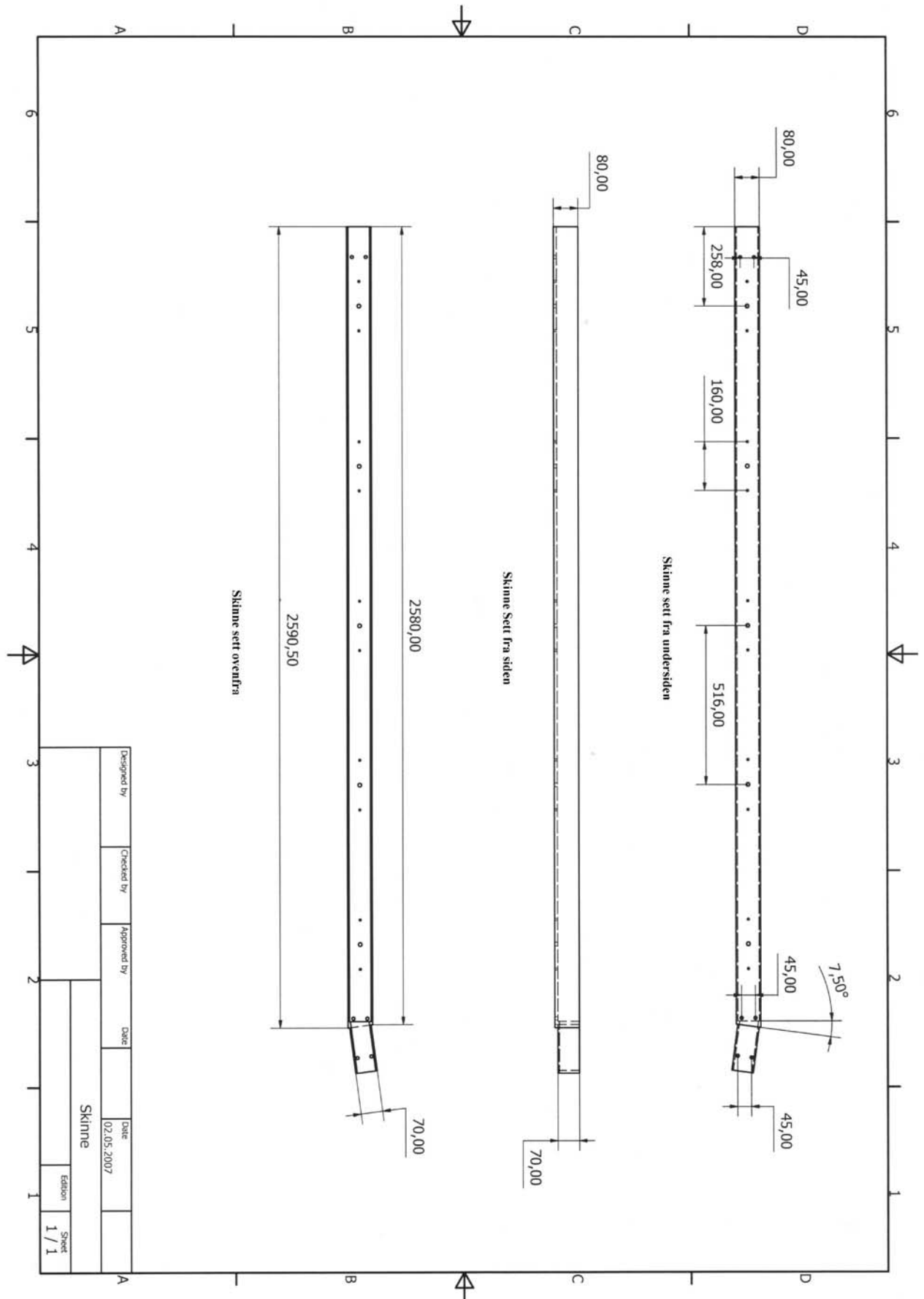
# Antirømningssystem for fisk

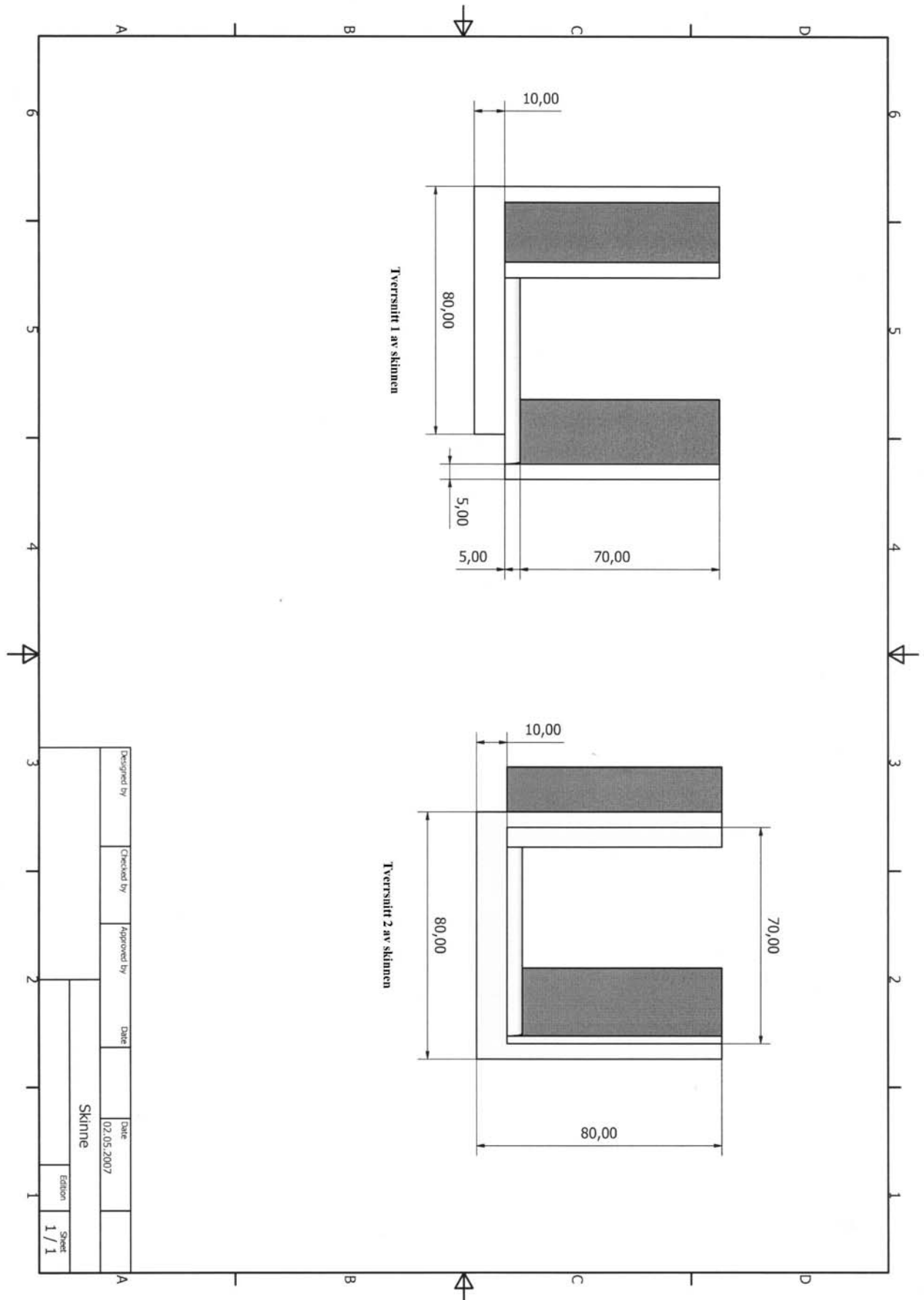






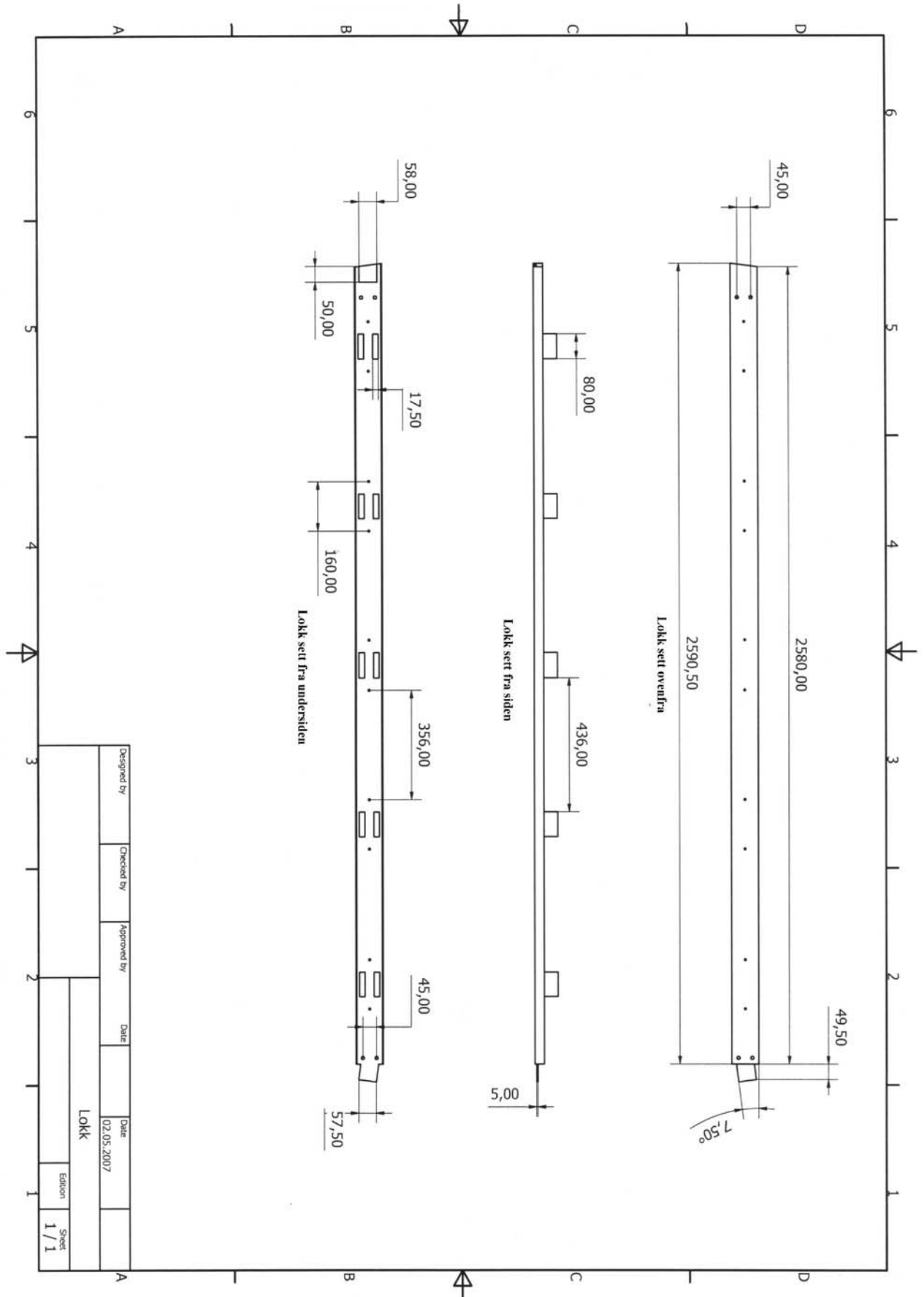
# Antirømningssystem for fisk





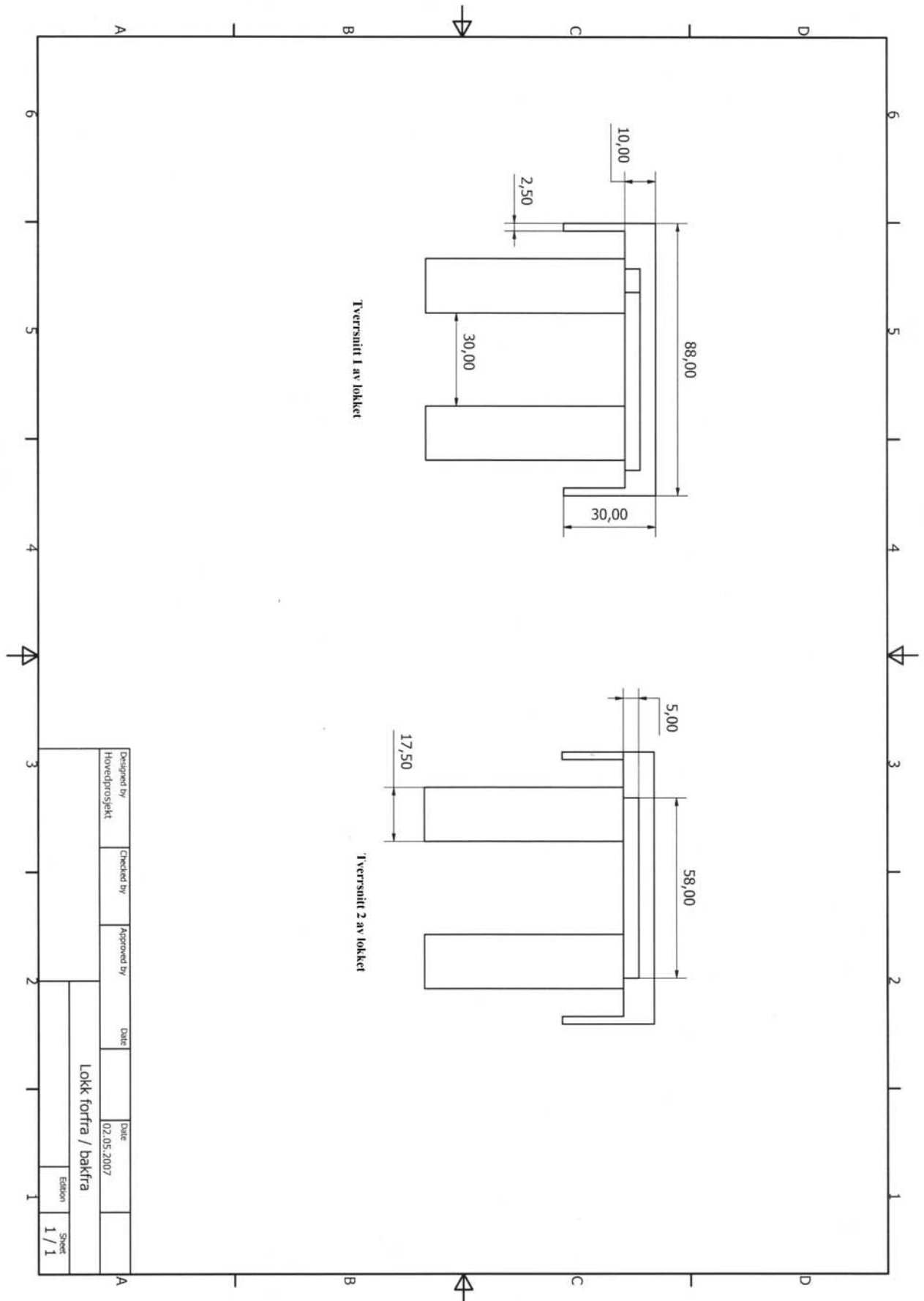


# Antirømningssystem for fisk



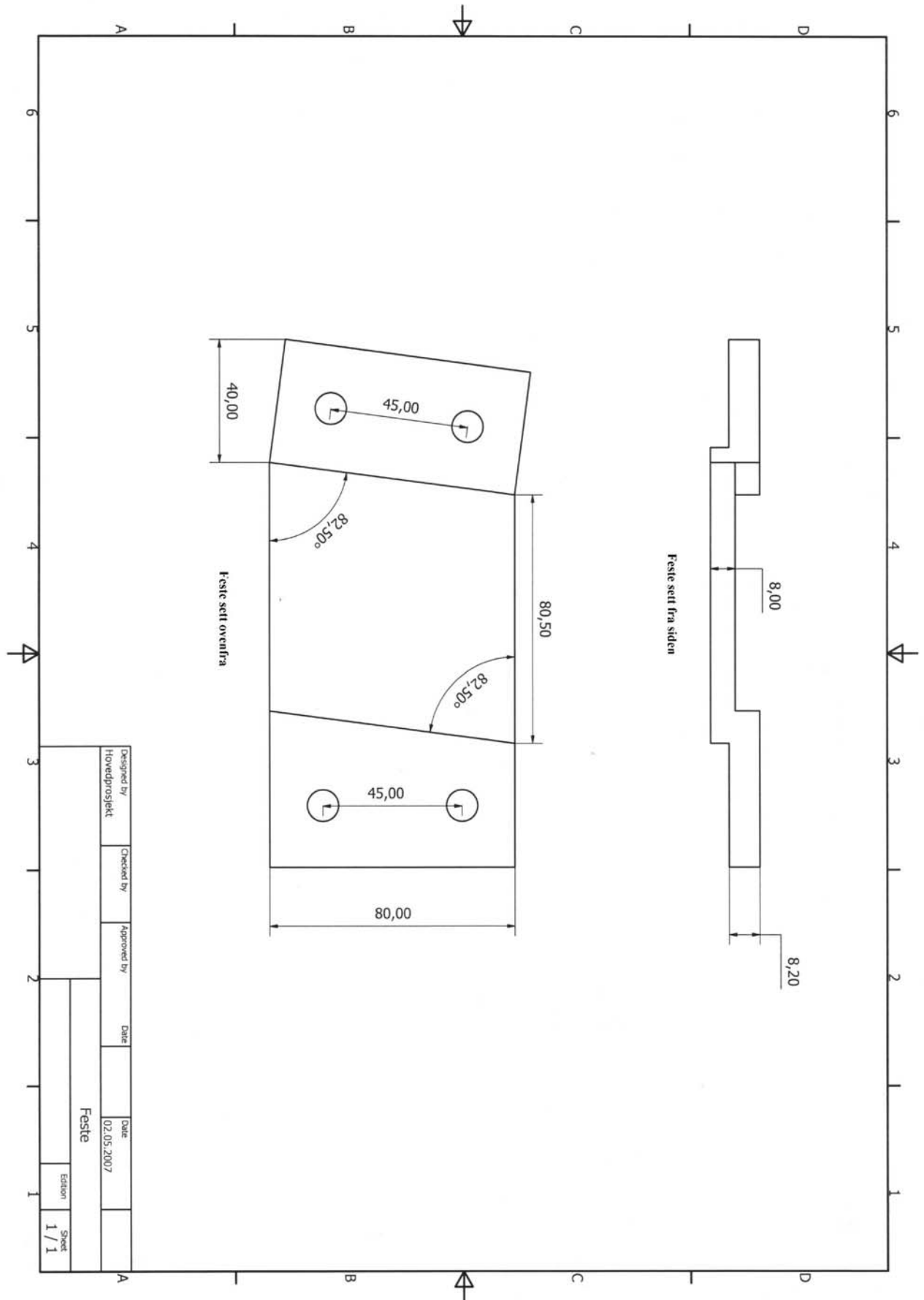


# Antirømningssystem for fisk



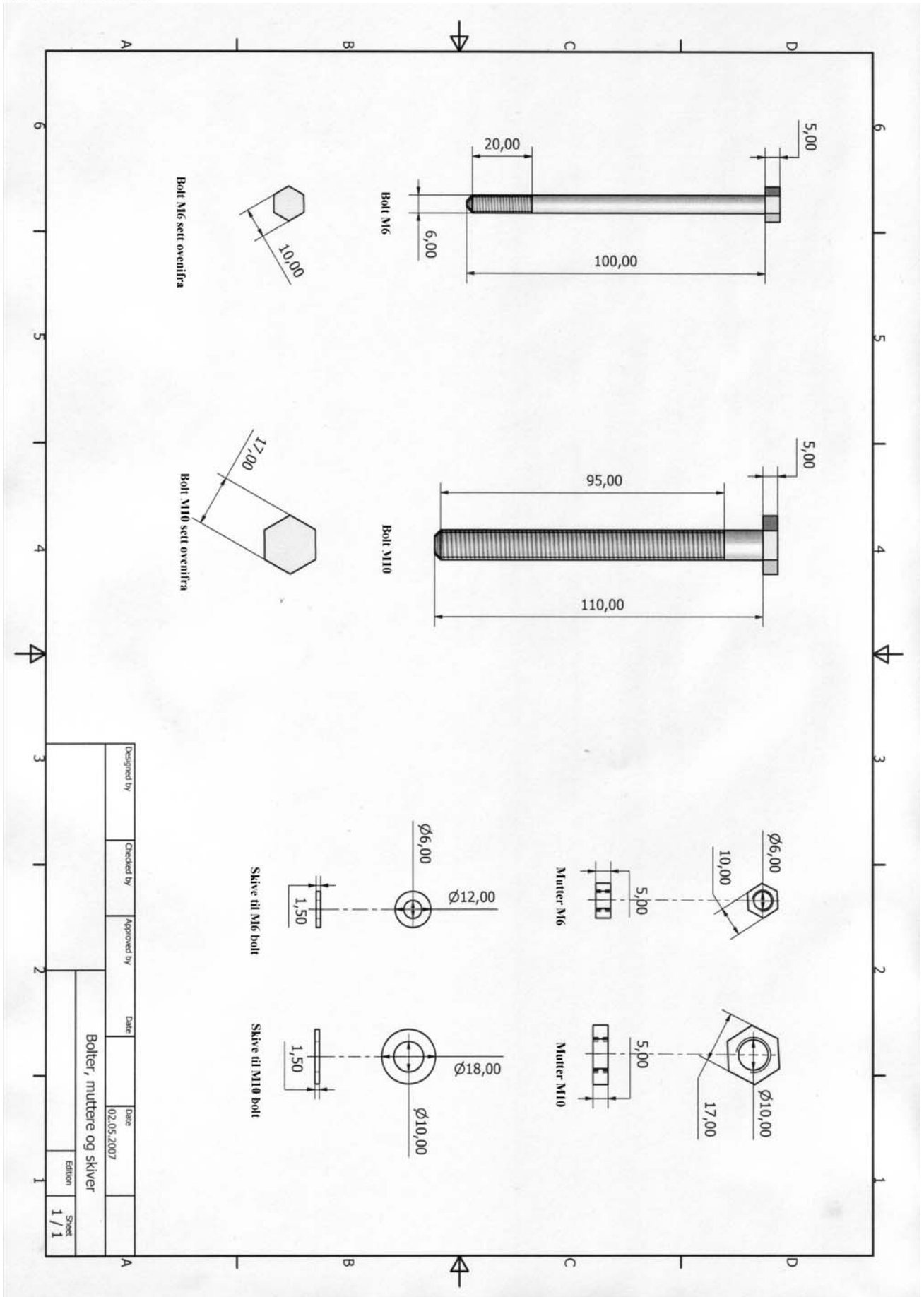


# Antirømningsystem for fisk





# Antirømningsystem for fisk

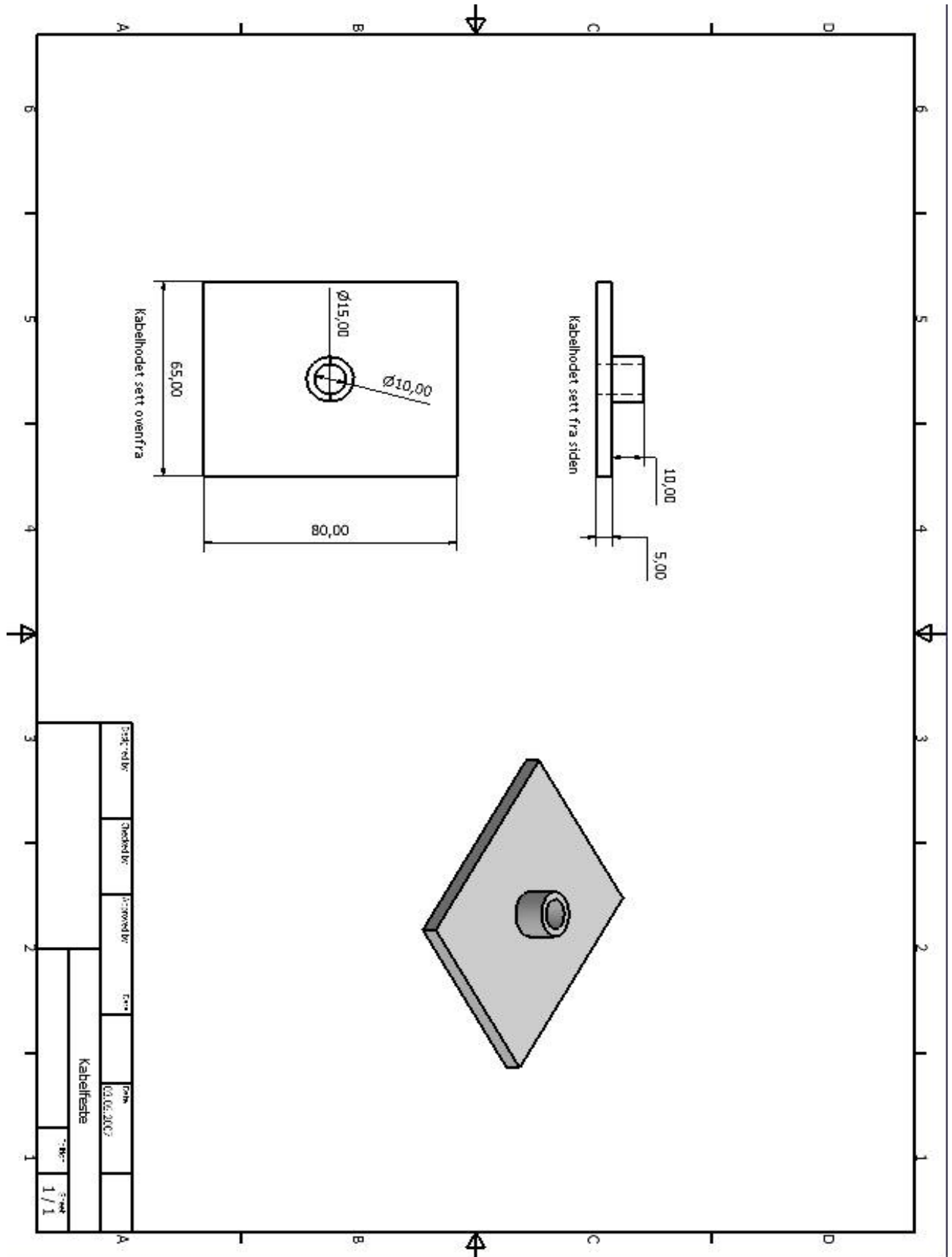


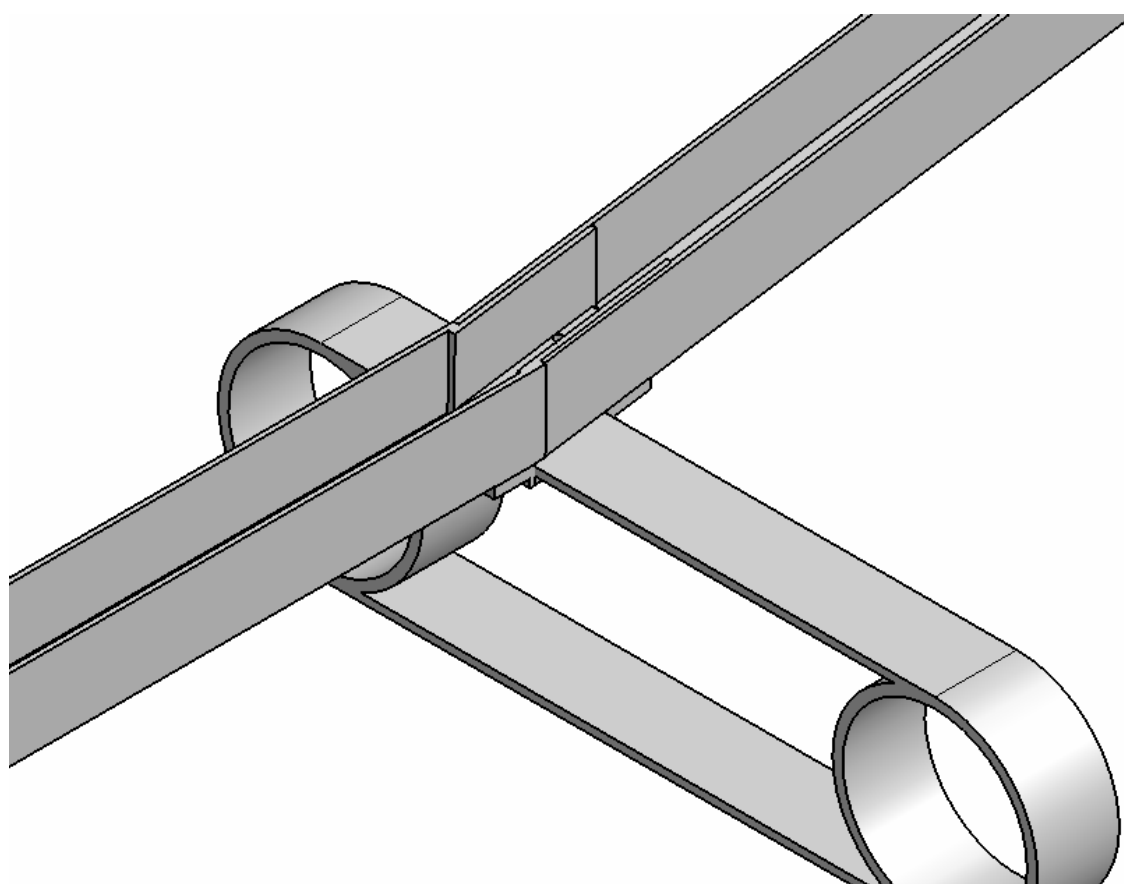
Vedlegg M



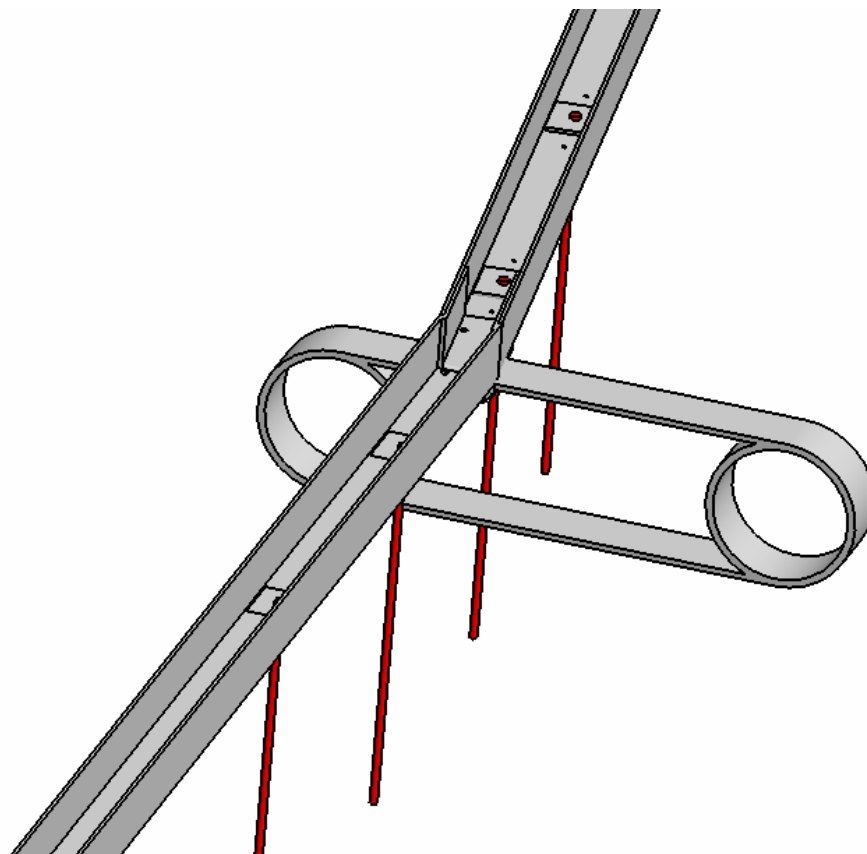


# Antirømningsystem for fisk

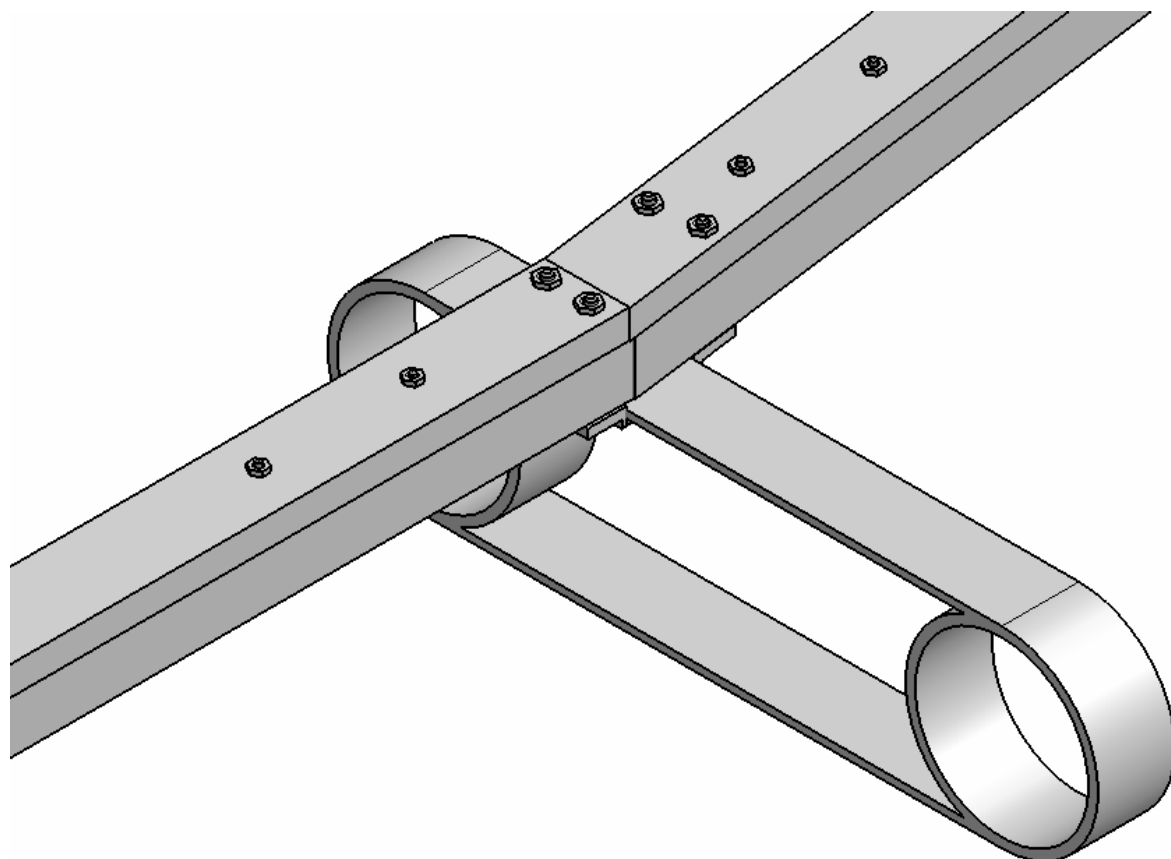




Bilde av skinner som er festet til en stender



Bildet viser hvordan kablene med platen ligger på plass i skinnen



Bildet viser to moduler som er festet til en stender.

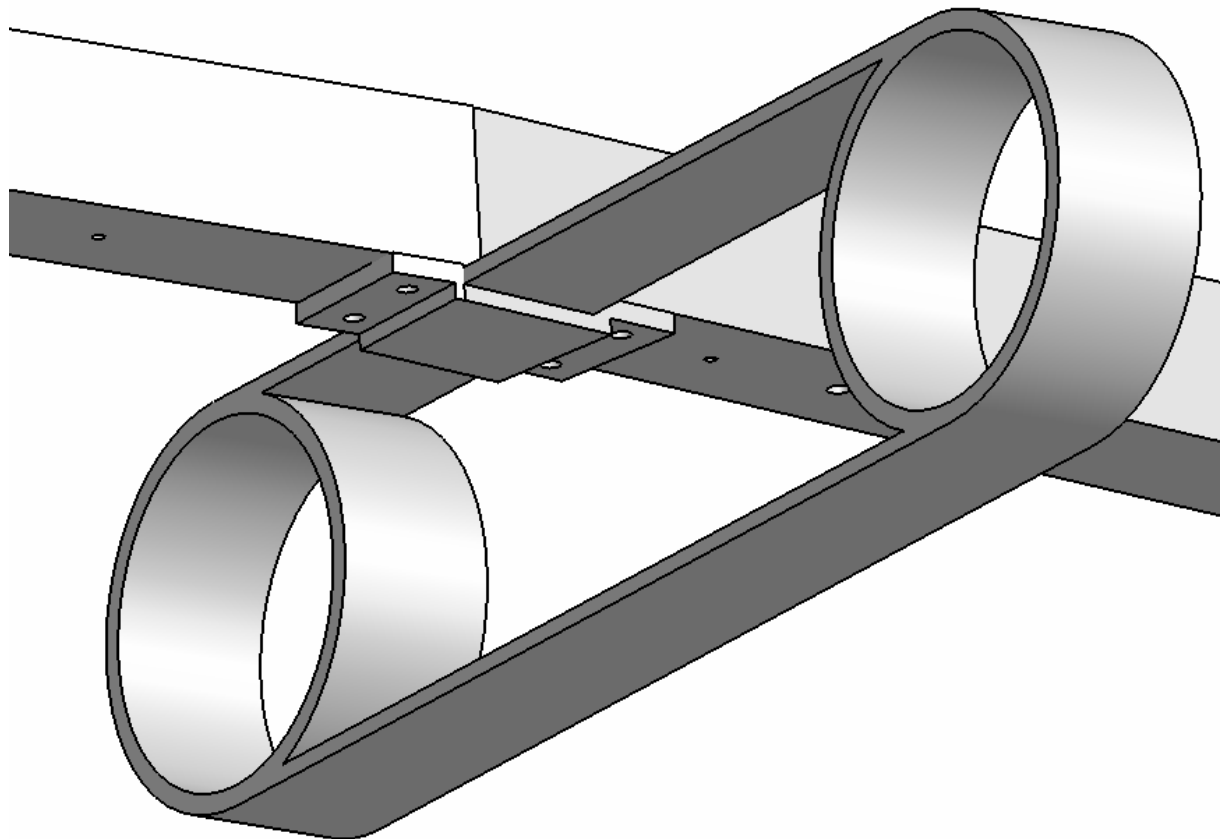


HAUGALAND  
KUNNSKAPSPARK

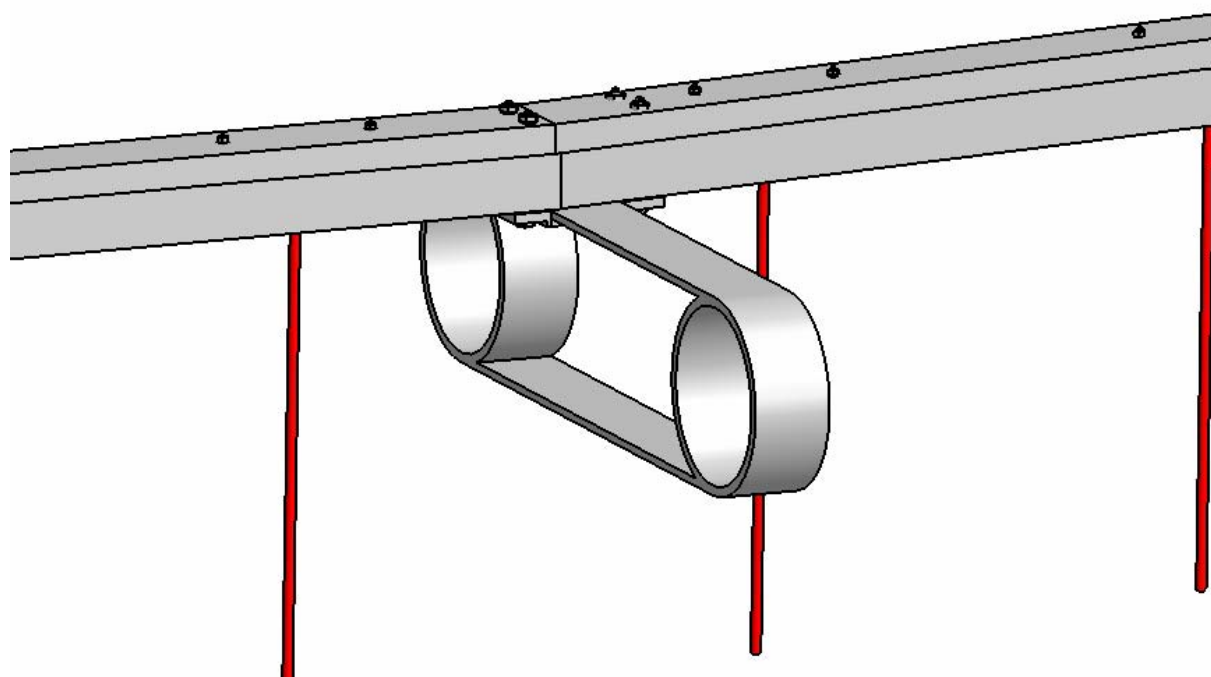
## Antirømningsystem for fisk



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND



Viser forbindelsen fra undersiden, her uten bolter.



Bildet viser to moduler som er ferdig montert, sammen med kablene som skal danne strømnettet.