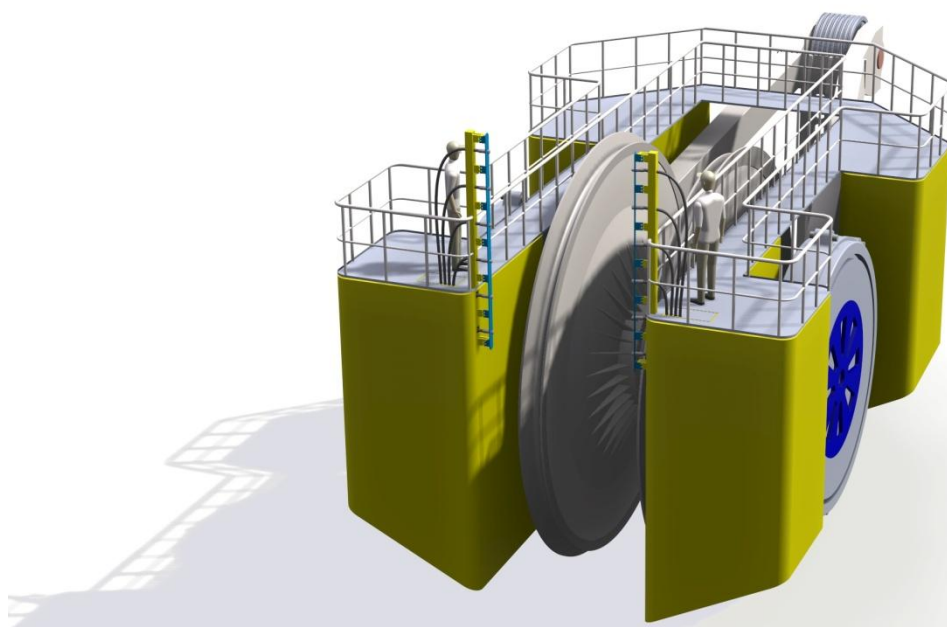


HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

# Forhindring og fjerning av marin begroing på tidevannskraftverk



Bacheloroppgave utført ved Høgskolen  
Stord/Haugesund – Avdeling Haugesund – Ingeniørfag

---

Studieretning: Maskin, Marin Konstruksjonsteknikk

Av: Leiv Andreas Austreid  
Astor Michal Torgersen  
Thomas Buberg

Kand. nr. 81  
Kand. nr. 61  
Kand. nr. 11

# HOVEDPROSJEKT

Thomas Buberg

**Studentenes navn:** Leiv Andreas Austreid  
Astor Michal Torgersen

---

**Linje & studieretning** Maskin, Marin konstruksjonsteknikk

**Oppgavens tittel:** *Forhindring og fjerning av marin begroing på tidevannskraftverk*

**Oppgavetekst:**

I forbindelse med utviklingen av Aqua Energy sitt tidevannskraftverk vil det være behov for et system som forhindrer utvikling av marin begroing. Dersom marin begroing får utvikle seg på vitale deler av kraftverket, er det ventet at det vil føre til et effekttap.

Oppgaven går ut på å kartlegge hvilke metoder som finnes for å motvirke og fjerne marin begroing. Gruppen vil deretter ta utgangspunkt i en av disse metodene og designe et enkelt og kostnadseffektivt system som forhindrer dannelse av marin begroing.

**Endelig oppgave gitt:** Fredag 4. Mars 2011 kl. 12:00

**Innleveringsfrist:** Fredag 6.mai 2011 kl. 12:00

**Intern veileder** Gunn Erslund - HSH

**Ekstern veileder** Jan Christian Torvestad – Aqua Energy Solutions

Øyvind Haaland – Aqua Energy Solutions

**Godkjent av  
studieansvarlig:**

**Dato:**



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Høgskolen Stord/Haugesund  
Studie for ingeniørfag  
Bjørnsonsgt. 45  
5528 HAUGESUND  
Tlf. nr. 52 70 26 00  
Faks nr. 52 70 26 01

Oppgavens tittel		Rapportnummer
Forhindring og fjerning av marin begroing på tidevannskraftverk		
Utført av		
Leiv Andreas Austreid, Astor Michael Torgersen og Thomas Buberg		
Linje		Studieretning
Maskin		Marin konstruksjonsteknikk
Gradering	Innlevert dato	Veiledere
Åpen	6.5.2011	Gunn Ersland – HSH Jan Christian Torvestad – Aqua Energy Øyvind Haaland – Aqua Energy

#### Ekstrakt

Rapporten kartlegger forskjellige teknologier som forhindrer eller fjerner marin begroing.

Basert på dette foreslår rapporten et system som kombinerer høytrykkspyling og bunnsføring for å fjerne marin begroing fra tidevannskraftverket.

Spylesystemet simuleres i ANSYS 13 for å dokumentere virkningsgraden.

## Forord

Som en del av ingeniørutdanning ved Høgskolen Stord/Haugesund må alle studentene skrive en hovedfagsoppgave, som teller 15 studiepoeng. Oppgaven går over et semester og er en avsluttende del av den 3årige bachelor utdanningen i Ingeniørfag. Oppgaven utføres som oftest i samarbeid med en bedrift, som har en problemstilling studentene skal løse. I oppgaven skal studentene utnytte kunnskapene de har tilegnet seg igjennom 3 år med studier.

Ettersom alle gruppens medlemmer har valgt retningen marin konstruksjonsteknikk som fordypningsområde, ønsket vi oss en oppgave der vi kunne få bruke det vi hadde lært innenfor konstruksjon. Da vi fikk utdelt Aqua Energy's annonse, der de søkte etter studenter som skulle skrive hovedfagsoppgave synes, vi dette virket interessant og tok kontakt. Etter et møte med Jan Christian Torvestad fra Aqua Energy, var vi enige om at firmaet hadde flere interessante problemstillinger. Vi startet deretter med å utvikle en problemstilling som grunnlag for oppgaven.

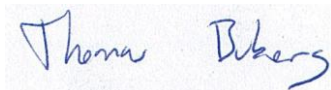
Gruppen ønsker å takke eksterne og interne veiledere for gode tips og innspill. En spesiell takk rettes til Jon Salhus fra Jotun Marine Coatings i Haugesund, for gode råd å veiledning angående bunnsmørings stoffer.

Haugesund 5.5.2011



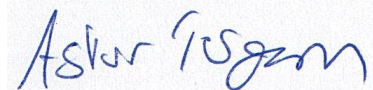
---

Leiv Andreas Austreid



---

Thomas Buber



---

Astor Michal Torgersen

## **Innholdsfortegnelse**

Forord .....	i
Figurliste.....	iv
Tabeller.....	v
Definisjoner .....	vi
Sammendrag.....	vii
1. Innledning.....	1
1.1 Oppgavens bakgrunn .....	1
1.2 Målsetting .....	1
1.3 Avgrensinger .....	1
2. Metode.....	2
2.1 Metodevalg .....	2
2.2 Metodebruk.....	2
3. Om Aqua Energy Solutions.....	4
3.1 Beskrivelse av teknologien .....	5
4. Marin begroing .....	6
4.1 Aktuelle begroingstyper .....	6
4.1.1 Alger .....	6
4.1.2 Rur.....	6
4.1.3 Muslinger .....	6
4.1.4 Sjøpølser .....	6
4.2 Forsøk .....	7
4.2.1 Resultater .....	7
4.2.2 Konklusjon.....	10
5. Problemet marin begroing skaper for tidevannskraftverket .....	10
6. Forebygging av marin begroing .....	10
6.1 Bunnstoffer .....	10
6.1.1 Selvpolerende bunnstoffer (SPC) .....	11
6.1.2 Fouling release bunnstoff (FRC) .....	11
6.2 Ultrafiolett belysning .....	11
6.3 Ultralyd.....	12
7. Fjerning av marin begroing .....	13
7.1 Børsting .....	13
7.2 Høytrykksspyling.....	13
8. Valg av teknologi .....	14
8.1 Begrunnelse .....	15
9. Design av verktøy versjon 1 .....	15

9.1 Idemyldring .....	16
9.2 Grovskisser .....	17
9.3 Beskrivelse av konstruksjonen .....	20
9.3.1 Trykk sylinder .....	20
9.3.2 Dyser .....	20
9.3.3 Fester og støttebjelke .....	20
9.3.4 Pumper .....	20
9.3.5 Høytrykkslange med kobling .....	21
10. Strømningssimulering 1 .....	22
10.1 Resultater av simulering .....	22
10.2 Konklusjon.....	23
11. Design av verktøy versjon 2.....	24
11.1 Grovskisse .....	25
11.2 Beskrivelse av konstruksjonen .....	26
11.2.1 Dysestativ.....	26
11.2.2 Dyser .....	26
11.2.3 Fester.....	26
11.2.4 Pumpe .....	26
11.2.5 Ventilstyring .....	26
11.2.6 Høytrykkslanger med koblinger.....	26
12. Strømningssimulering 2 .....	27
12.1 Resultater av simulering .....	27
12.2 Konklusjon.....	31
13. Materialvalg .....	32
14. Behandling av seil .....	33
15. Spyle strategi .....	34
16. Beregninger på verktøy versjon 1 .....	35
16.1 Strømningsberegninger.....	35
16.2 Spenningsberegninger på trykk sylinder .....	36
16.3 Løfteører .....	37
16.4 Sveis nedre feste .....	37
17. Beregninger på verktøy versjon 2 .....	38
17.1 Strømningsberegninger.....	38
17.2 Styrkeberegninger.....	38
18. ANSYS beregninger.....	41
18.1 Verktøy versjon 1 .....	41
18.1.1 Spenninger .....	41

18.2 Verktøy versjon 2 .....	43
18.2.1 Total deformasjon og spenning.....	43
18.2.2 Spenning i dyse .....	44
19. Pipenet beregninger.....	45
19.1 Case 1. Pumpe på endestasjon (ref. vedlegg M): .....	45
19.2 Case 2. Pumpe på land (ref. vedlegg N): .....	46
20. Avsluttende argumentasjon .....	47
21. Konklusjon .....	47
22. Referanser.....	I
23. Vedlegg .....	III

## Figurliste

Figur 1: DNVs system for teknologikvalifisering Illustrasjon: Aqua Energy .....	4
Figur 2: Prinsippskisse tidevannskraftverk Illustrasjon: Aqua Energy .....	5
Figur 3: Forsøk klart for å bli satt i sjøen Foto: Leiv A. Austreid .....	7
Figur 4: Ru side av plater. Fra venstre ser vi referanse plate, plate 1,2 og 3. Foto: Leiv A. Austreid .....	8
Figur 5: Nærbilde av plate 2 (Ru side) Foto: Leiv A. Austreid .....	9
Figur 6: Fra toppen mot høyre ser vi referanse plate, plate 1, 2 og 3. (Glatt side) Foto: Leiv A. Austreid .....	9
Figur 7 Ide 1. Illustrasjon: Aqua Energy/Thomas Buberg .....	16
Figur 8 Ide 2. Illustrasjon: Aqua Energy/Thomas Buberg .....	16
Figur 9: Skisse av den første ideen med spyling i bakkant Skisse: Astor M. Torgersen .....	17
Figur 10: Skisse av ide 2 med spyling fra siden Skisse: Astor M. Torgersen.....	18
Figur 11: Målskisser av ide 2 med spyling fra siden Skisse: Astor M. Torgersen.....	19
Figur 12: Skisse av festeenheten til trykksylinderen Foto: Astor M. Torgersen.....	19
Figur 13: Trykksylinder Illustrasjon: Astor M. Torgersen.....	20
Figur 14: Alle ti dyser aktivert, sett fra bakkant, seil er markert med pil. Illustrasjon: Leiv A. Austreid .....	22
Figur 15: Vannstrømmen fra dysene sett ovenifra, seil er markert med pil. Illustrasjon: Leiv A. Austreid .....	23
Figur 16: Grovskisse av verktøy versjon 2. Skisse: Astor M. Torgersen.....	25
Figur 17: Dysestativ Illustrasjon: Astor M. Torgersen .....	26
Figur 18: Vannstrålen sett ovenifra. Illustrasjon: Leiv A. Austreid.....	27
Figur 19: Hastighet i vannet ved seiloverflaten sett ovenfra. Illustrasjon: Leiv A. Austreid...	28
Figur 20: Øvre dyse aktivert. Illustrasjon: Leiv A. Austreid .....	29
Figur 21: Vannhastigheten øvre dyse skaper over seiloverflaten. Illustrasjon: Leiv A. Austreid .....	30
Figur 22: Alle 6 dyser aktivert, med tilhørende strøm over seiloverflaten. Illustrasjon: Leiv A. Austreid .....	31
Figur 23: Nanoteknologi Illustrasjon: Jotun marin coatings .....	33
Figur 24: Tidevannet Illustrasjon: Aqua energy .....	34
Figur 25 Spenninger. Illustrasjon: Thomas Buberg .....	41
Figur 26 Spenninger nedre feste. Illustrasjon: Thomas Buberg.....	41
Figur 27 Spenninger grunnet innvendig overtrykk. Illustrasjon: Thomas Buberg .....	42

Figur 28 Spenningene ved innvendig dyseåpning. Illustrasjon: Thomas Buberg.....	42
Figur 29 Total deformasjon. Illustrasjon: Thomas Buberg .....	43
Figur 30 Total deformasjon etter modifikasjon. Illustrasjon: Thomas Buberg.....	43
Figur 31 Spenning i konstruksjon. Illustrasjon: Thomas Buberg.....	44
Figur 32 Spenninger i dyse Illustrasjon: Astor Torgersen .....	44
Figur 33 Pumpe plassert på endestasjon. Illustrasjon: Øyvind Haaland .....	45
Figur 34 Pumpe plassert på land. Illustrasjon: Øyvind Haaland.....	46

## Tabeller

Tabell 1: Vekt av seil med marin begroing .....	8
Tabell 2: Valg av teknologi.....	14
Tabell 3: Materialeegenskaper .....	32
Tabell 4: Aker Solutions Material typical cost euro/kg .....	32



## **Definisjoner**

- Seil** - Det er disse tidevannsstrømmen skyver rundt.
- Endestasjon** - Seilene på kraftverket er spent opp mellom to endestasjoner.
- Polymerer** - Syntetiske kjedeformede molekyler.
- Copolymer** - Polymer som er bygget opp av 2 typer molekyler.
- Fluoropolymer** - Polymer som ikke er mottakelig for Van Der Waals krefter.
- Hydrolyse** - Kjemisk reaksjon, forbindelse spaltes ved opptak av vann.
- Kavitasjon** - Faseovergang fra væske til vann.
- Trykksylinder** - Enheten med dyser som blir trykksatt med vann.
- Mesh** - Rutenettet ANSYS 13 genererer for og kunne gjøre beregninger.
- Monokromatisk lys** - Lysstråler som består av en enkel bølgelengde.
- $PRE_N$**  - En faktor som forteller om korrosjonsegenskaper i sjøvann.
- Kjerv** - En brå tverrsnittsendring som fører til større spenning

## **Sammendrag**

Gruppen fikk presentert flere problemstillinger fra Aqua Energy. En av dem var å se på problematikken vedrørende forhindring og fjerning av marin begroing på tidevanns kraftverk. Denne problemstillingen dannet grunnlaget for oppgaveteksten.

Oppgaven har som mål å designe et system som kan forhindre og fjerne marin begroing fra kraftverkets seil. I den første delen av oppgaven kartlegges aktuelle typer teknologier som kan benyttes for å fjerne eller forhindre marin begroing.

Den andre delen av oppgaven er en konstruksjonsoppgave som baserer seg på vurderingene som er gjort i første del. Oppgaven tar utgangspunkt i av de omtalte teknologiene, høytrykks spyling og bunnsføring. Basert på disse to teknologiene tar gruppen sikte på å utvikle et system tilpasset tidevannskraftverket.

For å bekrefte at spylesystemet fungerte tilfredsstillende ble strømmingen fra spylesystemet simulert i ANSYS 13. Gruppen utførte også håndberegninger på strømmingen igjennom systemet, og statikk beregninger på innfestningen.

Gruppen mener at løsningen rapporten foreslår oppfyller alle krav spesifisert i oppgaven, og at dette vil være en effektiv måte å bekjempe marin begroing på tidevannskraftverket.

## 1. Innledning

### 1.1 Oppgavens bakgrunn

Miljøvennlige fornybare energikilder er noe det er stort fokus på i dagens samfunn, og da spesielt elektrisk energi. I de senere år har vi sett en stadig større satsing på blant annet vindkraft fra flere aktører. Deriblant finner vi Statoil med deres Hywind, som er en prototype på en sjøbasert vindmølle. Firmaet Aqua Energy Solutions AS fra Haugesund har også satset på å utvikle fornybar energi, men i stedet for vindkraft har de satset på kraft fra tidevannsstrømmen i havet og utviklet et tidevannskraftverk. Dette er en mye mer forutsigbar kraftkilde enn vindkraft, ettersom tidevannet og havstrømmene ikke endrer seg slik som vær og vind.

Ulempen med å bygge et tidevannskraftverk er at det under vann er et mye mer ugjestmildt miljø enn over vann. En av årsakene til dette er marin begroing. På samme måte som skip og småbåter etter en tid får marin begroing på skroget er det ventet at marin begroing også vil feste seg til kraftverket. Dersom begroingen får utvikle seg på vitale deler av kraftverket, vil det føre til et effekttap.

På bakgrunn av dette er det ønskelig å utvikle et system som forhindrer eller fjerner marin begroing på kraftverkets vitale deler.

### 1.2 Målsetting

Oppgaven kan deles i fire deler. I den første delen vil vi kartlegge hvilke typer marin begroing i norske kystområder som mest sannsynlig vil være et problem for tidevannskraftverket.

I andre del vil vi så se på hvilke systemer som finnes i dag for fjerning av begroing under vann. Her må vi trekke paralleller til offshore og shipping industrien ettersom det ikke finnes spesialiserte verktøy for tidevannskraftverk på markedet.

Del tre vil være å konstruere et system for fjerning/forebygging av marin begroing på kraftverket. Systemet vil bli konstruert med CAD programmet Inventor.

I den siste delen vil vi sette sammen det vi har lært, og legge opp en vedlikeholds strategi for hvor ofte systemet vi har utviklet må benyttes, for å effektivt holde begroingen på kraftverkets seil til et minimum.

### 1.3 Avgrensinger

Gruppen kommer bare til å konsentrere seg om forhindring og fjerning av marin begroing på kraftverkets seil, siden det er begroing på disse som vil være begrensende for kraftverkets effekt. Forhindring eller fjerning av begroing på innfestningswiren til seilene, vendejulene eller andre deler av endestasjonene vil ikke bli vurdert.

Den marine begroingen vil variere i samsvar med havtemperatur, lysforhold, dybde og geografisk plassering av kraftverket. På grunn av dette vil vi prøve å begrense oss til de forhold som finnes langs vestkysten av Norge.

Gruppen vil foreslå pumper som passer til verktøyet som skal designes. Installasjon av pumper og eventuelle styresystemer pumpene måtte trenge vil ikke være en del av oppgaven.

## 2. Metode

### 2.1 Metodevalg

Det finnes mange teknologier på markedet for å forhindre og fjerne marin begroing. Ingen av disse teknologiene er spesielt tilpasset for bruk på et tidevannskraftverk. De forskjellige teknologiene som eksisterer må kartlegges og vurderes. Tidevannskraftverket til Aqua Energy er i seg selv en ny og kompleks teknologi, og krever derfor et spesielt tilpasset system for å fjerne marin begroing. På grunn av dette trenger gruppen en strukturert tilnærming til oppgaven. En metodisk framgangsmåte vil være det beste for å oppnå dette.

Som beskrevet av Holme & Solvang (1986, s. 13-14), er metoden et redskap som brukes for å oppnå mål av undersøkelses og forskningsmessige karakter. Metoden er et nødvendig verktøy, og en forutsetning for å gjøre en seriøs undersøkelse. Ifølge Creswell (2009, s. 4) deles metodikken inn i en kvantitativ eller en kvalitativ strategi. Disse strategiene kan også kombineres.

Den kvantitative strategien benytter seg av eksempelvis spørreundersøkelser eller eksperimenter som resulterer i numeriske data. Disse dataene kan bli analysert med statistiske metoder. Kvalitativ metode benyttes for å undersøke og forstå meningen til et gitt fenomen uten at det resulterer i numeriske data. Eksempler på arbeidsmetoder kan være intervjuer eller dokumentanalyse.

I dette tilfellet har gruppen valgt den kvalitative strategi som sin hovedstrategi. Den kvalitative metoden er egnet for denne typen oppgave ettersom gruppen da kan drive datainnsamling og benytte seg av tidligere forskning på området. Denne forskningen kan så benyttes for å trekke konklusjoner. Gruppen har vurdert det slik at denne fremgangsmåten vil gi de mest pålitelige resultatene. Dette fordi grunnlaget i oppgaven er basert på tidligere forskning på anerkjente teknologier.

Gruppen har også gjennomført et forsøk som resulterte i numeriske data. Dette forsøket kan derfor sies å være av kvantitativ art, og er derfor et avvik fra hovedstrategien. Forsøket spiller en mindre rolle i oppgaven, og er det eneste stede hvor gruppen avviker fra hovedstrategien.

Om hovedstrategien til gruppen skulle ha vært en kvantitativ strategi hadde oppgaven vært vanskeligere å gjennomføre. Hele grunnlaget for oppgaven måtte da eksempelvis vært et eksperimentelt forskningsforsøk. Dette hadde vært en mye mer krevende strategi, som ikke nødvendigvis hadde produsert bedre resultater.

### 2.2 Metodebruk

Som nevnt er tidevannskraftverk en forholdsvis ny teknologi, på grunn av dette eksisterer det ikke systemer som er spesialisert for fjerning av marin begroing på denne type konstruksjon. Gruppen begynte derfor med å studere metoder for forhindring og fjerning av begroing beregnet for bruk på skip og småbåter, for å se om noen av disse teknologiene kunne brukes på kraftverket. Etter å ha dannet seg et bilde over de aktuelle teknologiene, gikk gruppen i dybden innen hver teknologi for å kartlegge hvilken som ville egne seg best. Her ble ScienceDirect databasen benyttet for å finne relevante artikler om emnet som dokumenterte virkemåten og virkningsgraden til forskjellige teknologier.

I Science Direct databasen ble følgende søkeord benyttet:

- Marine Fouling
- Ultraviolet light marine fouling
- UV cleaning
- High pressure water jetting
- Marine antifouling system
- Submerged water jetting

For å få en pekepinn på hvor mye og hvor fort marin begroing vil danne seg har gruppen gjort et forsøk. Polymer plater ble satt i sjøen over en tidsperiode på en måned. Mengden begroing som da hadde dannet seg på platene ble så dokumentert.

Gruppen kontaktet også Jotun og hadde et møte med deres avdeling for marine coatings i Haugesund. Jotun sitter på stor kunnskap vedrørende marin begroing på skrog, og hvordan forhindre dette. Møtet gav oss mange gode innspill angående bunnsmøringsstoffer som ville være egnet for kraftverket.

Basert på hva gruppen hadde lært om de forskjellige teknologiene og metodene på markedet for fjerning og forhindring av marin begroing, foretok gruppen et valg. Gruppen valgte å ta utgangspunkt i en kombinasjon av høytrykksspyling og bunnsmøring for å utvikle dette videre til et system tilpasset kraftverket.

Gruppen benyttet seg også av følgende programvare:

- **Microsoft Project** – Ble benyttet for å lage en prosjektplan. Planen var svært nyttig for å holde tidsfristene i de forskjellige fasene av prosjektet.
- **Autodesk inventor 2011** – Inventor er et 3D modellerings program. Programvaren ble brukt for å tegne spylesystemet. Spylesystemet gruppen designet ble så satt sammen med 3D modellen av kraftverket til Aqua Energy.
- **ANSYS 13** – Programmet ble benyttet for å simulere strømmingen fra verktøyet mot seilene, samt sjekke statikk beregningene for festene.
- **PIPENET** – Ble benyttet til og beregne trykktapet fra pumpen og ut til dysene.

Håndskisser av høytrykks spyle enheten ble utarbeidet før enheten ble designet i Inventor. På denne måten fikk gruppen raskt et inntrykk av hva som ikke ville fungere, og slapp dermed unødvendig prøving og feiling i inventor. I inventor ble det ferdige verktøyet satt i sammen med 3D modellen av kraftverket til Aqua Energy. Dette er nyttig, da innfestningen av verktøyet kan tilpasse perfekt til den eksisterende konstruksjonen.

Antall dyser og størrelsen på dyseåpning ble besluttet ut ifra simuleringer gjort med ANSYS 13. Denne programvaren er et kraftig verktøy som har evnen til å gjennomføre komplekse strømmingssimuleringer. Gruppen prøvde seg fram med forskjellige antall dyser, dysediameter og utgangshastigheter på vannstrålene helt til den ønskede dekningsgraden av vannstrømm over seiloverflaten ble oppnådd. Programvaren skaper et bra bilde av hvordan vannstrålene vil spre seg i vannet, og hvordan hastighets tapet vil være. Simuleringen gjorde det også lettere å velge en pumpe, da gruppen raskt kunne regne seg fram til hvor kraftig pumpen måtte være for og levere den simulerte vannhastigheten.

### 3. Om Aqua Energy Solutions

Aqua Energy Solutions ble etablert i 2008 av Jan Christian Torvestad. Selskapet er fortsatt under utvikling, og de har utviklet innovativ teknologi for utnyttelse av verdens tidevannsressurser. Selskapet består av én fulltidsansatt, i tillegg er det fem personer som jobber deltid i selskapet. Så langt har selskapet hatt fokus på teknologiutvikling, og i løpet av de første fem månedene av bedriftens levetid ble det lagt ned ett årsverk i ingeniørtimer på frivillig basis. I mai 2009 ble den første prototypen av prosjektet testet for å verifisere grunnprinsippet i teknologien. Testen var positiv og Aqua Energy valgte å sende inn søknad om norsk patent sommeren 2009. I 2010 fikk Aqua Energy teknisk verifisering av Polytec. (Aqua Energy)

Aqua Energy har nå mottatt norsk patent, og søknad for internasjonal patent er sendt inn. Søknaden for internasjonal patent har høstet gode tilbakemeldinger. Selskapet driver nå med studier og analyser, samt design av sin neste prototype, som skal stå klar i løpet av 2012.

I følge Jan Christian Torvestad<sup>1</sup> må det i forkant av bygging av en dyr prototype gjøres et grundig arbeid med forstudier og teknologikvalifisering. Aqua Energy følger DNVs system for teknologikvalifisering (DNV-RP-A203), som vist på figur.



Figur 1: DNVs system for teknologikvalifisering Illustrasjon: Aqua Energy

Forklaring til fasene:

**Concept:** Den eksisterende tekniske dokumentasjonen gir basisgrunnlaget for effekt og krefter. Disse resultatene er verifisert og funnet realistiske av Polytec. Dette gir en positiv indikasjon på grunnprinsippene i konseptet, og at konseptet er verdt å jobbe videre med.

**Studies/analysis/simulations:** Polytec's rapport pekte på en del detaljer som krever ytterligere oppmerksomhet. For å tilegne seg tilstrekkelig erfaring og kunnskap på disse detaljene er det nødvendig med studier, analyser og simuleringer. På grunnlag av disse resultatene kan man avgjøre om man har tilstrekkelig informasjon og data til å begynne engineering.

**Front end engineering design:** I denne fasen brukes resultatene fra analyser og simuleringer til å definere spesifikasjoner for prototypen. I denne fasen er det fordelaktig om man har plukket ut en testlokasjon med hensyn på fysisk størrelse og strømningsforhold. FEED'en må være detaljert og fullstendig nok til å kunne brukes som grunnlag/designbasis for detalj-engineering i neste fase. Ut fra FEED'en skal det være mulig for underleverandører å komme med tilbud på engineering og bygging.

**Detail engineering:** I denne fasen blir alle tekniske detaljer planlagt ned til minste detalj. Alle involverte komponenter identifiseres eller designes. Det utføres styrkeberegninger samt andre nødvendige analyser for å se at design tilfredsstiller de tekniske spesifikasjonene beskrevet i FEED'en.

**Construction:** Fysisk realisering/bygging av prototype. Denne fasen inkluderer innkjøp av komponenter, produksjon av spesialdeler samt sammenstilling/montering.

<sup>1</sup> Torvestad, Jan Christian – Founder/Technical Advisor Aqua Energy Solutions. E-post 14.02.11

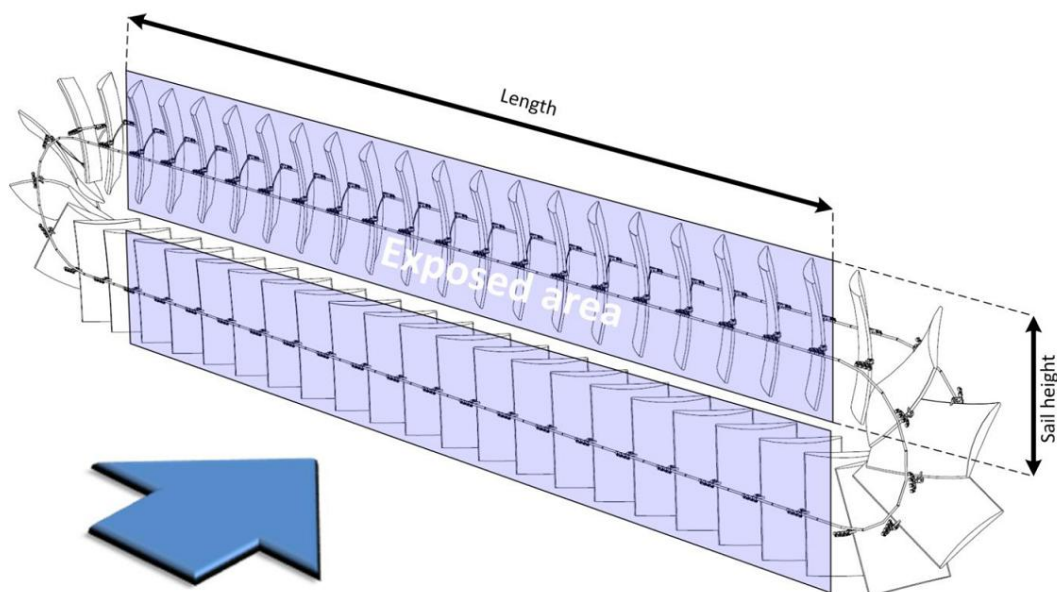
**Deployment:** Installasjon og testing av prototypen.

AES befinner seg nå i del 2 og 3 i denne teknologikvalifiseringen.

Når det gjelder økonomisk dekning, har selskapet mottatt offentlige støttemidler fra Innovasjon Norge (NOK 800 000), Norges Forskningsråd (Skattefunn) og lokale forskningsmidler som Regionalt Forskningsfond, VRI og SR-Bank næringsfond (NOK 500 000). Det er svært kapitalkrevende å løfte et selskap fra idéstadiet til kommersialisering, og for å gjennomføre bygging og testing av den neste prototypen trengs NOK 10mill. Selskapet søker nå derfor industrielle samarbeidspartnere og private investorer for å kunne utvikle teknologien videre (Benoisen, 2011).

### 3.1 Beskrivelse av teknologien

Idéen tar utgangspunkt i det enkle prinsippet med å feste seil på vaiere. Vaierne er oppspent mellom to vendeskiver, og seilene er permanent festet som perler på en snor langs vaierne. Tidevannet skaper en vannstrøm som skyver seilene, som igjen drar vaierne, og til slutt via en girkasse driver en generator som produserer strøm. Som prinsipp skissen under viser, utgjør seilene et stort areal som vannstrømmen virker på, dette gir mulighet til å produsere store mengder energi til lav enhetskostnad per kWh. Kraftverket kan både installeres i sund og i åpent hav, og kan i tillegg også benyttes i elver. Slik sett kan det best beskrives som et vannstrømskraftverk.



Figur 2: Prinsippskisse tidevannskraftverk Illustrasjon: Aqua Energy

Prinsippet med tidevannskraftverk og feste seil på vaiere er i seg selv ikke noen ny idé. Utfordringen med dette systemet, og sannsynligvis årsaken til at det ikke har vært vellykket tidligere, er hvordan man får seilene stive nok til å stå imot vannstrømmen med rett vinkel, samt fleksible nok til å vris rundt vendeskivene i hver ende av anlegget. Dette har Aqua Energy funnet en løsning på, og denne løsningen er grunnlaget for opprettelsen av selskapet.

## 4. Marin begroing

Marin begroing er en samlebetegnelse for all flora og fauna som gror og vokser under havoverflaten. Vekstvilkårene består av lysstyrke, temperatur og næringsmengde tilgjengelig på den gitte dybden. Siden disse vilkårene avtar i forhold til dybden, gjør også mengden av begroingen dette. Vekstvilkårene vil avhenge av hvilken årstid det er og geografisk plassering. Den største andelen av begroing langs kystområdene ligger på en dybde ned til 30m.

Det første steget i begroingsprosessen er dannelsen av biofilm, bestående av karbohydrater, proteiner og mikroorganismer. Denne biofilmen begynner å danne seg med en gang et materiale blir utsatt for ett undervannsmiljø (Muthukumar et al., 2010). I følge Callow og Callow (2002) vil cellene dele seg og utvikle seg til en kompakt masse som kan bli opp til 500 µm. Denne formen for begroing er også kjent som mikro groe. Ved lengre eksponering vil det forekomme det som kalles makro groe som består av 2 forskjellige typer. Myk groe som består av anemoner, myke koraller og kappedyr. Den andre typen er hard groe som er virvelløse dyr som rur, muslinger og sjøpølser.

### 4.1 Aktuelle begroingstyper

Det første trinnet av begroing vil være mest aktuelt siden vi ønsker å forebygge og fjerne begroing før det skaper noe effekttap for kraftverket. De andre typene vil forekomme dersom vi ikke gjør noe for å forhindre groeprosessen.

#### 4.1.1 Alger

Alger vokser langs hele kysten i Norge på en dybde fra 0-50 m. Algenes levevis kan deles inn i to grupper, fritt flytende (planktonalger) og bunnfaste (bentosalger). Det er ca 500 forskjellige algearter i Norge. De deles i tre hovedgrupper: grønnalger, rødalger og brunalger. Det er også andre mindre grupper som gullalger og kiselalger. Kisealgen er en encellet organisme. Bentosalger er det som kalles tang og tare (Rueness, 1998).

#### 4.1.2 Rur

Rur er kjegleformede krepsdyr som er fritt svømmende i larvestadiet. For å fullføre overgangen til voksenstadiet må ruren feste seg til en overflate (Rur, 2004). Før de fester seg til overflaten, beveger de seg langs underlaget for å finne den beste plassen å bosette seg. Ruren har en evne til å løsne når den søker etter den beste plassen, og legger da ifra seg ett slags fotspor av lim som gjør det lettere for andre rur å feste seg. Ruren setter seg godt fast til en overflate, og slipper da ut en proteinavleiring som fungerer som sement og omslutter larven. Da får ruren sin karakteristiske harde form, som gjør den vanskelig å fjerne (Callow & Callow, 2002)

#### 4.1.3 Muslinger

Muslinger er bløtdyr omgitt av et beskyttende skjell. På undersiden av skjellet har de en kjertel ved foten som utskiller lim(byssus) som forankrer dem til en overflate. Den vanligste muslingen langs norskekysten er blåskjell (Muslinger, 2004).

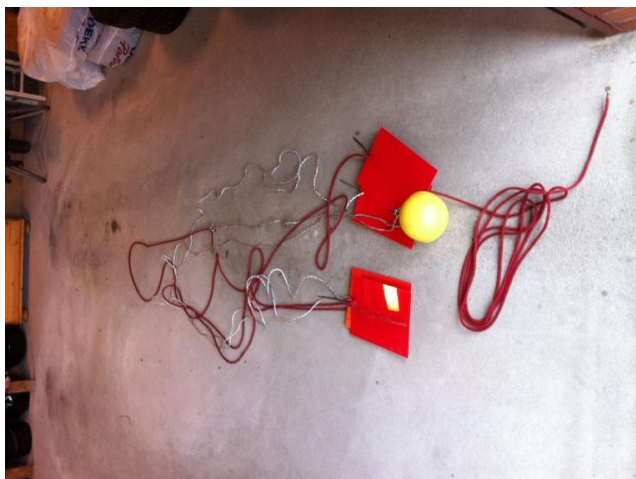
#### 4.1.4 Sjøpølser

Sjøpølser er av arten pigghuder og har fått navnet sitt fra sin pøselignende kropp. De finnes i størrelser opp til 20-50 cm, og det er over 1100 forskjellige arter. Rundt 35 av disse artene finnes langs norskekysten (Sjøpølser, 2004).



## 4.2 Forsøk

For å få en klar indikasjon på hvor fort og hvor mye marin begroing som danner seg, har gruppen i samarbeid med Aqua Energy besluttet å gjøre et forsøk. Forsøket går ut på å sette ut plater av et polymer materiale på forskjellige dybder. Platene som benyttes er identiske med de platene Aqua Energy brukte som seil i den første prototypen av kraftverket. Platene er ru på den ene siden og glatte på den andre.



Figur 3: Forsøk klart for å bli satt i sjøen Foto: Leiv A. Austreid

Figur 3 viser forsøket klart for å bli satt i sjøen. Forsøket består av fire plater på 20\*40 cm med en tykkelse 3 mm.

Platene ble satt ut i Karmsundet sør av Kopervik med 5 m mellomrom, på henholdsvis 5, 10, 15 og 20 m fredag 4. mars 2011. Etter kraftig vind 8 og 9. mars inspiserer gruppen forsøket. Det viste seg at den kraftige strømmen i Karmsundet hadde revet platene av tauet. Platene var ikke sterke nok til å motstå den kraftige strømmen. Gruppen besluttet da å gjøre forsøket på nytt på et sted med mindre strøm og mer beskyttede forhold. Torsdag 10. mars ble platene satt ut i Eidsbotn i Kopervik. Her er det imidlertid ikke den samme dybden. Tre plater med 2 m mellomrom ble satt ut på 6 m dybde. Allerede etter fire dager var algevekst tydelig synlig på tauet forsøket er festet i.

### 4.2.1 Resultater

Mandag 18. April ble forsøket tatt opp av Eidsbotn. Forsøket hadde da stått ute i 39 døgn. Platene ble veid for å se hvor mye marin begroing som hadde dannet seg. Deretter ble platene fotografert for å dokumentere mengden begroing.

Alle platene hadde samme type begroing. Dette er mest sannsynligvis Bentosalger. Bentosalger er den vanlige hår lignende, brune typen tang som finnes langs Norskekysten (ref kap. 4). Stedet hvor platene har stått er et svært beskyttet området i en bukt, uten noen gjennomstrømning av vann. Konsekvensene av dette er at mangfoldet i begroingen nok ikke er like stort her som det første stedet forsøket ble satt ut. Der ble det observert rur, blåskjell og flere typer tang. På stedet seilene har stått nå, har det tideligere vært et skipsverft. Gift fra gammelt bunnstoff og maling som ligger i mudderet på bunnen kan derfor også bidra til det lave mangfoldet av arter her.

Det var med en gang tydelig da forsøket ble tatt opp av sjøen at dybden spiller en stor rolle for mengden marin begroing. Mengden avtok som ventet kraftig med dybden. Som det fremgår av tabell 1, hadde platen som stod på 2 m dyp dobbelt så mye begroing som platen på 4 m. Den nederste platen på 6 m dyp hadde betydelig mindre begroing enn de to andre. Dette er nok på grunn av dybden, men platen bar også spor av å ha ligget i mudderet på bunnen. Dette kan ha forstyrret forsøket noe, og begrenset mengden begroing.

**Tabell 1: Vekt av seil med marin begroing**

Platedybde	Vekt
Referanse plate (plate som ikke har stått i sjøen)	137 gram
2 meters dyp	404 gram
4 meters dyp	208 gram
6 meters dyp	150 gram

Figur 4 under viser platenes ru side med begroing. Sett fra venstre er det første en referanse plate som ikke har ligget i sjøen. Plate 2 kan man tydelig se har mest begroing og har stått på 2 m. Plate 3 har stått på 4 m og plate 4 på 6 m. Som man ser ut i fra figur 4, har begroingen fått tak på deler av seilet og spredd seg ut derifra.

Figur 5 viser et nærbilde av den ru siden på platen som stod på 4 m dyp. Her kan man tydelig se hvordan begroingen er i ferd med å etablere seg på nye deler av platen.

Figur 6 viser den glatte siden av platene. Den glatte siden skilte seg ikke vesentlig ut fra den ru siden. Her hadde også begroingen fått feste i enkelte punkter som det vokste ut i fra. Det eneste gruppen registrerte var at begroingen virket litt løsere noen steder på den glatte siden, enn på den ru siden.



**Figur 4: Ru side av plater. Fra venstre ser vi referanse plate, plate 1,2 og 3. Foto: Leiv A. Austreid**



Figur 5: Nærbilde av plate 2 (Ru side) Foto: Leiv A. Austreid



Figur 6: Fra toppen mot høyre ser vi referanse plate, plate 1, 2 og 3. (Glatt side) Foto: Leiv A. Austreid

#### 4.2.2 Konklusjon

Formålet med forsøket var å få en indikasjon på hvor fort den marine begroingen dannet seg, hvor tungt det ville være, og hvilken rolle dybden spiller. Gruppen føler at forsøket var vellykket med tanke på dette. Bedre resultater kunne muligens vært oppnådd på en annen lokasjon, men dette var vanskelig å få til da gruppen manglet det nødvendige utstyret til dette.

### 5. Problemet marin begroing skaper for tidevannskraftverket

Ifølge Salhus<sup>2</sup> kan det feste seg så mye som 400 kg groe per m<sup>2</sup>. Dersom man ser på dimensjonene til kraftverket, vil dette skape store problemer med tanke på tyngde/belastning. Seilene er 3m<sup>2</sup> på hver side, og man vil da teoretisk sett kunne få opptil 2,4 tonn groe på et enkelt seil. Om man tar utgangspunkt i ca 200 seil, vil man kunne få en ekstra vekt på 480 tonn.

Dette viser at marin begroing kan føre til en betydelig belastning for kraftverket om det får utvikle seg fritt. Den ekstra vekten tilført seilene vil gi en betraktelig større motstand i vannet. Større motstand fører til lavere hastighet, som igjen fører til lavere effekt.

For at kraftverket skal fungere optimalt, er det viktig at alle seilene har tilnærmet likt drag i vannet. Forskjellige mengder marin begroing på individuelle seil kan føre til ulikt drag. Ulikt drag fører til slitasje på både vaier og seilenes låsemekanismer som holder seilene på plass.

## 6. Forebygging av marin begroing

### 6.1 Bunnstoffer

Det finnes i dag mange varierte metoder for å forhindre marin begroing, de mest vanlige metodene tar utgangspunkt i forskjellige typer bunnsmøringsstoffer (Chambers, Stokes, Walsh & Wood, 2006).

Hvis det hadde vært mulig å forebygge marin begroing helt, hadde det ikke vært nødvendig med et system for å fjerne begroingen. Dette er dessverre ikke mulig. Utviklingen av begroing kan derimot reduseres kraftig ved hjelp av moderne bunnsmøring (Chambers et al., 2008). Det kan derfor være ønskelig å behandle seilene på tidevannskraftverket med et bunnsmøringsstoff. På denne måten vil det danne seg lite marin begroing på seilene over tid, og den begroingen som danner seg vil være lettere å fjerne.

Som en følge av International Maritime Organization (IMO) sitt internasjonale forbud mot den giftige tinnforbindelsen tributyltinn (TBT), som ble brukt i bunnsmøringer tidligere (Miljøverndepartementet), er det kommet nye miljøvennlige alternativer på markedet. Ettersom målet til Aqua Energy er å produsere et kraftverk som lager miljøvennlig energi, ønsker de også at forhindring av marin begroing på kraftverket skal skje på en miljøvennlig måte. På grunn av dette vil en moderne miljøvennlig bunnsmøring være ideelt som første forsvar mot begroing. I følge Salhus finnes det to typer bunnsmøringsstoffer som egner seg for denne type bruk, et selvpolerende copolymer bunnstoff (SPC) og en såkalt fouling release coating (FRC).

---

<sup>2</sup> Salhus, Jon – Sales & Technical Service Engineer, Marine Coatings, Jotun AS. Møte 04.02.11.

### 6.1.1 Selvpolerende bunnstoffer (SPC)

Selvpolerende copolymer bunnstoff inneholder kobber eller sink som en erstatning for TBT, og benytter seg av hydrolyse for å kontrollere den marine begroingen. Hydrolysen fører til en kontrollert nedbrytning av bunnstoffet og bidrar til å holde overflaten av bunnstoffet glatt. (Chambers et al., 2008) I følge Salhus er utslippet av kobber fra et selvpolerende bunnstoff svært lavt, og kobber finnes også naturlig i det marine miljøet. Som beskrevet av Chambers et al. (2008), utøver ikke kobber noen høy trussel for mennesker ettersom det eksisterer naturlig i forholdsvis høye konsentrasjoner i naturen. Problemet er at tidevannskraftverket i motsetning til et skip, ikke forflytter seg og vil derfor avgi kobber samme sted. Dette sett i sammenheng med Aqua Energys ønske om å opprettholde en sterk miljøprofil, gjør at et bunnsmøringsstoff av den selvpolerende typen ikke er det beste valget.

### 6.1.2 Fouling release bunnstoff (FRC)

Fouling release bunnstoffer er enten fluoropolymer eller en silikonbasert polymer. Bunnstoffet fungerer ved å ha en svært lav overflateenergi. Dette minimerer en organismes evne til å feste seg til overflaten. Overflaten er svært glatt helt ned til molekylnivå. Dette bidrar til skjær og strekk spenninger basert på organismens egen vekt, dette fører igjen til at organismen lett faller av når vannstrømmen over overflaten når en hastighet på mellom 10-20 knop (Chambers et al. 2008). I følge Salhus vil det være ønskelig å oppnå en minimumshastighet på 15 knop for å få full effekt av bunnstoffet. Noen typer marin begroing kan allikevel være utfordrende å fjerne fra fouling release stoffet selv med en vannhastighet over 15 knop. Chambers et al. (2008) sier at dette gjelder spesielt kise alger og lignende, men tester har vist at ved 17,7 knop hastighet er det er mulig å fjerne 60% av en 4-6 dager gammel biofilm med algevekst.

Ulempen med et fouling release bunnstoff er at det er avhengig av relativ rask vannstrøm for å fungere optimalt. Dette betyr at om kraftverket skulle stå stille lenge, vil det begynne å danne seg marin begroing på kraftverkets seil. Salhus sier derimot at det finnes fouling release bunnstoffer som tåler opptil 3 uker statisk, noe som burde være nok med tanke på tidevannskraftverket.

Fouling release bunnstoff i seg selv vil ikke være nok for Aqua Energy's tidevannskraftverk. I følge Torvestad<sup>3</sup> vil kraftverkets seil ha en vesentlig lavere hastighet enn 15 knop ved mange lokasjoner. Ettersom Salhus anbefaler en vannhastighet på minst 15 knop vil man i tillegg måtte designe et system med dyser som spylor vann med trykk mot seilene. Disse spyle enhetene vil plasseres ved hvert vendehjul på kraftverket for å øke vannhastigheten rundt seilene. Salhus mener at dette vil være nok eksponering, ettersom det i følge Aqua Energy ved optimal drift er ventet at hvert seil skal passere hvert vendehjul minst en gang hver 5 minutt.

## 6.2 Ultrafiolett belysning

Ultrafiolett (UV) belysning er i dag i bruk i flere typer vannbehandlings systemer. Spesielt i systemer som produserer drikkevann, er ultrafiolett filtrering av vannet blitt populært på grunn av evnen UV-lys har til å drepe mikroorganismer (Wait, Johnston & Blatchley, 2007). Interessen for bruk av denne type systemer er økende. En av årsakene til dette er at UV systemer er miljøvennlige, og i mange tilfeller kan erstatte kjemikalier som brukes for å drepe mikroorganismer i vannbehandlings systemer (Würtele, Kolbe, Lipsz, Külberg, Weyers, Kneissel & Jekel, 2010).

Ultrafiolett lys har svært kort bølgelengde, vanligvis på mellom 200 – 400 nm (Store Norsk Leksikon). Denne typen lys ved rett styrke har evnen til å inaktivere mikroorganismer.

<sup>3</sup> Torvestad, Jan Christian – Founder/Technical Advisor Aqua Energy Solutions. Møte 13.01.11.

Ved å forstyrre organismens DNA eller RNA molekyler gjør UV strålingen at organismen ikke klarer å reproducere seg selv, og på den måten stopper oppblomstringen av mikroorganismer (Würtele et al. 2010). Ifølge Würtele et al. (2010), er det UV lys med bølgelengder på mellom 200 og 300 nm som best absorberes av mikroorganismens DNA. Maksimum absorbering av UV lys nås vanligvis med en bølgelengde på 260 nm, men dette kan variere fra organisme til organisme.

I U.S. Patent No. 5322569 (1994) beskrives metoder der UV lys benyttes for å motvirke begroing i rør, på propeller og under båtskrog. I følge dette patentet har senere forskning vist at UV lys er en effektiv metode for å motvirke marin begroing. Det anbefales videre å bruke UV lys med bølgelengde på ca. 250 nm og en lysstyrke på 20 mikro watt per cm<sup>2</sup>, noe som stemmer godt overrens med Würtel et al. (2010) sin anbefaling.

Denne teknologien vil kunne tilpasses for og brukes på Aqua Energys tidevannskraftverk. Ved å montere UV lys på hver endestasjon vil kraftverkets seil passere UV belysningen to ganger per runde. På denne måten vil mikroorganismer og bakterier ikke få muligheten til å blomstre opp på kraftverkets seil.

Ifølge Würtele et al. (2010) brukes vanligvis lavtrykks kvikksølv lamper for å generere UV lys. Denne type UV lamper produserer et tilnærmet monokromatisk lys med bølgelengde på 254 nm og er derfor å foretrekke i motsetning til en medium trykk kvikksølv lampe som ikke leverer lys med like stabil bølgelengde.

En ny metode er å bruke LED (light emitting diode) til å generere UV lys i stedet for kvikksølv lamper. Med UV LED's er det større mulighet for å justere bølgelengden på strålingen til den bølgelengden som er mest effektiv mot de organismene som er problemet (Würtele et al. 2010). Som nevnt tidligere, ønsker Aqua Energy også å opprettholde en miljøvennlig profil. Dette kan løses ved å bruke UV LED's i stedet for kvikksølv lamper.

Følgende fordeler oppnås ved å bruke UV LED's (Würtele et al. 2010):

- Miljøvennlig
- Kompakt og robust design
- Rask oppstarts tid (trenger ikke å varmes opp)
- Har muligheten for å skrus raskt av og på
- Bruker lav spenning
- Energibesparende
- Lang levetid i forhold til kvikksølv lamper

LED har dessverre også noen ulemper (Würtele et al. 2010):

- LED leverer en lavere lys intensitet
- Prisen på LED er høy

UV LED's har til nå bare blitt testet i forbindelse med vandedesinfisering av E. coli bakterier. Det er ventet at den framtidige utviklingen av UV LED's vil kunne øke intensiteten på lyset fra diodene. Tester må også utføres med andre organismer (Würtele et al. 2010).

### **6.3 Ultralyd**

Det finnes systemer på markedet som benytter seg av ultralyd for å forhindre marin begroing. Disse systemene er beregnet for bruk på fritidsbåter opp til ca. 20 meter. Systemet fungerer ved at en såkalt transducer plasseres på innsiden av skroget.

Denne sender ut lydølger som resonnerer gjennom skroget. Dette fører til at alger og andre organismer ikke fester seg til skroget. (Ultrasonic Antifouling)

Denne metoden vil være vanskelig å benytte på Aqua Energys tidevannskraftverk. Det er to grunner til dette. Den første er at kraftverket skal ha et spenn på opptil 200 meter, noe som ville krevd mange transducere. Den andre grunnen er at seilene er spent opp på waiere, og hele systemet roterer. Siden transducerne trenger strøm og de delene det skal motvirkes begroing på roterer, er det rent praktisk svært vanskelig. Med tanke på dette er det svært usikkert om et slikt system er det mest ideelle i dette tilfellet.

## **7. Fjerning av marin begroing**

I et forskningsprosjekt ledet av Universitetet i Newcastle (HISMAR News Report No. 2 2008) beskrives de forskjellige måtene som brukes for å fjerne marin begroing. Det er i dag hovedsakelig to måter som brukes for å fjerne marin begroing under vann. Dette er enten børsting eller høytrykksspyling. Begge disse metodene benytter store krefter for å fjerne den marine begroingen. Disse kreftene må avpasses nøye for ikke å skade konstruksjonen eller et eventuelt bunnsjøringsstoff. Fouling release coatings (FRC) er spesielt lette å skade, og må derfor behandles forsiktig.

### **7.1 Børsting**

Børsting med hydraulisk eller pneumatisk drevne roterende børster har pleid å være den mest brukte metoden for fjerning av begroing på skrog under vann. Den økende bruken av nye miljøvennlige bunnsjøringsstoffer har i senere tid begrenset bruken av børsting (Narewski, 2009).

Børsting har en slipende effekt på overflaten som lett kan skade de nye og mindre holdbare bunnsstoffene. Forskning har vist at tettheten på busten og vinkelen børsten angriper overflaten på har mer og si enn hastigheten børsten roterer med. For fjerning av lett/medium marin begroing som vil være tilfellet med FRC behandlede seil på Aqua Energys tidevannskraftverk kan nylon børster brukes (HISMAR News Report No. 2 2008). Dette stemmer overrens med det gruppen ble fortalt under samtalen med Salhus.

### **7.2 Høytrykksspyling**

Høytrykksspyling av skrog under vann har blitt et akseptert alternativ til børsting. Dette fordi styrken til høytrykkstråler lett kan kontrolleres ved å øke eller minke trykket fra pumpen. Effektiviteten til en høytrykksstråle er avhengig av overflaten som skal rengjøres, vanntrykket, spylevinkel og avstanden fra dysen til overflaten. Flere typer dyser er også utviklet for denne type arbeid, deriblant kavitasjons dyser. Tester med kavitasjonsdyser har vist at marin begroing kan fjernes fra skrog under vann, med minimal skade på bunnsjøringsstoffet (Narewski, 2009).

## 8. Valg av teknologi

Tidevannskraftverket til Aqua Energy har en unik design som ikke ligner noen andre tidevannskraftverk. Ingen av de systemene som finnes på markedet i dag for fjerning eller forhindring av marin begroing er spesielt tilpasset for bruk på et tidevannskraftverk av denne typen. På bakgrunn av dette har gruppen kommet frem til at en kombinasjon av to av de overnevnte teknologiene vil gi best resultat. I tabell 2 er de forskjellige teknologiene satt opp mot hverandre med fordeler og ulemper. Ut ifra denne sammenligningen og i samarbeid med Aqua Energy har gruppen derfor besluttet å gå for et system der kraftverkets seil behandles med et FRC bunnstoff. Som nevnt krever dette bunnstoffet en vannstrøm på minimum 15 knop over overflaten, for å oppnå best effekt. Denne vannstrømmen dannes ved hjelp av høytrykksspyling monterert ved hver endestasjon.

Tabell 2: Valg av teknologi

Forhindrengs/Fjernings Metode	Fordeler	Ulemper
<b>Selvpolerende Bunnstoff</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ingen krav til noen vannstrøm over overflaten</li> <li>Dokumentert god virkningsgrad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inneholder kobber, og samsvarer derfor ikke med Aqua Energy sin miljøprofil</li> </ul>
<b>Fouling Release Bunnstoff</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Miljøvennlig</li> <li>Dokumentert god virkningsgrad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Krever en vannstrøm over overflaten</li> </ul>
<b>Ultrafiolett Belysning</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Miljøvennlig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dårlig dokumentert virkningsgrad på store konstruksjoner</li> </ul>
<b>Ultral lyd</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Miljøvennlig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vanskelig å gjennomføre på denne type konstruksjon</li> </ul>
<b>Børsting</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dokumentert god virkningsgrad</li> <li>Miljøvennlig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vanskelig å gjennomføre på denne type konstruksjon</li> <li>Vil slite på bunnstoffet</li> </ul>
<b>Høytrykksspyling</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dokumentert god virkningsgrad</li> <li>Miljøvennlig</li> <li>Foretrukket metode for fjerning av begroing på skip</li> </ul>	



## 8.1 Begrunnelse

Det var viktig for Aqua Energy at teknologien som ble valgt var en miljøvennlig metode med dokumentert virkning, samtidig som den var økonomisk forsvarlig. En fouling releas coating har en godt dokumentert effekt. Dette i kombinasjon med høytrykksspyling som er i ferd med å bli den mest foretrukne metoden for fjerning av marin begroing under vann, vil derfor etter gruppens vurdering være det beste valget.

Med tanke på de andre metodene som ble vurdert, er det for mange usikkerhets momenter. Det finnes lite dokumentasjon på effekten av UV belysning på et anlegg av denne størrelsen. Et annet element er at teknologien ennå har et stykke å gå ved utvikling av sterkere LED's som kan ta over for kvikksølv lamper. Når det gjelder bruken av ultralyd, vurderte gruppen det slik at det ville være praktisk vanskelig å implementere ultralyd transducere på et anlegg av denne typen.

## 9. Design av verktøy versjon 1

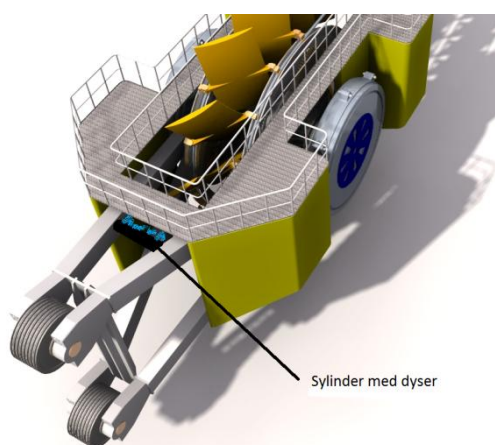
Verktøyet skal ha som funksjon å spyle vann mot kraftverkets seil, for på den måten å simulere den vannstrømmen som er krevd for at den marine begroingen skal slippe overflaten som er behandlet med en foul release coating.

Følgende kriterier må oppfylles:

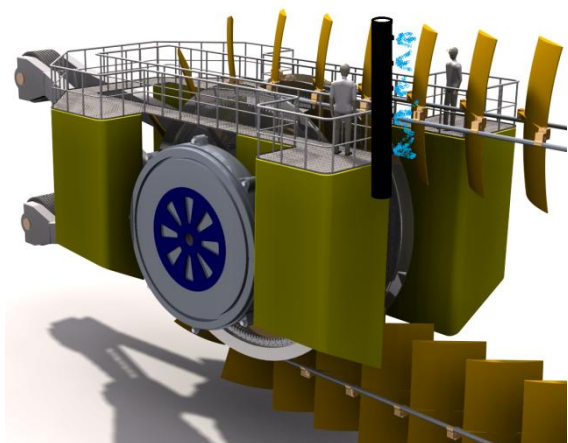
- Vannstrømmen som skapes må ha en minimumshastighet på 15 knop over overflaten av hvert seil
- Vannstrømmen må dekke hele arealet til hvert seil når det passerer
- Verktøyet inkludert dyser og slange må tåle å stå under vann i et korrosivt miljø
- Dyser skal enkelt kunne byttes om nødvendig
- Verktøyet skal kunne fjernes for vedlikehold
- Trykket på verktøyet må kunne økes for å få en ekstra effekt dersom svært tøff begroing må fjernes.

## 9.1 Idemyldring

Ideen gruppen hadde var å lage en sylinder som en høytrykks vannpumpe pumper vann inn i. I sylindren monteres x antall dyser som spyer mot kraftverkets seil. Plasseringen av denne sylindren var først tenkt i bakkant av konstruksjonen, som skissert på figur 7. Dette viste seg etter hvert vanskelig å gjennomføre. Ettersom en høytrykks vannstråle har stort hastighetstap i vann, ble avstanden fra dysene og inn til enden av seilene på ca. 4 m for stor, og den ønskede vannhastigheten kunne vanskelig oppnås over hele overflaten til seilene. Gruppen kom fram til at det var bedre å feste sylindren på selve flyteelementet (skissert på Fig 8), da dette ga en mindre spyleavstand som igjen ville resultere i en høyere vannhastighet ved seilenes overflate. Ved å feste fire spyle enheter på kraftverket (to på hver endestasjon) blir systemet svært fleksibelt. Man kan da velge hvilken siden av seile som skal spyles ved hver endestasjon, og man kan også utnytte vannstrømmen i havet. Ved å aktivere den spyle enheten som spyer med vannstrømmens retning vil hastighetstapet på vannstrålen minimeres.

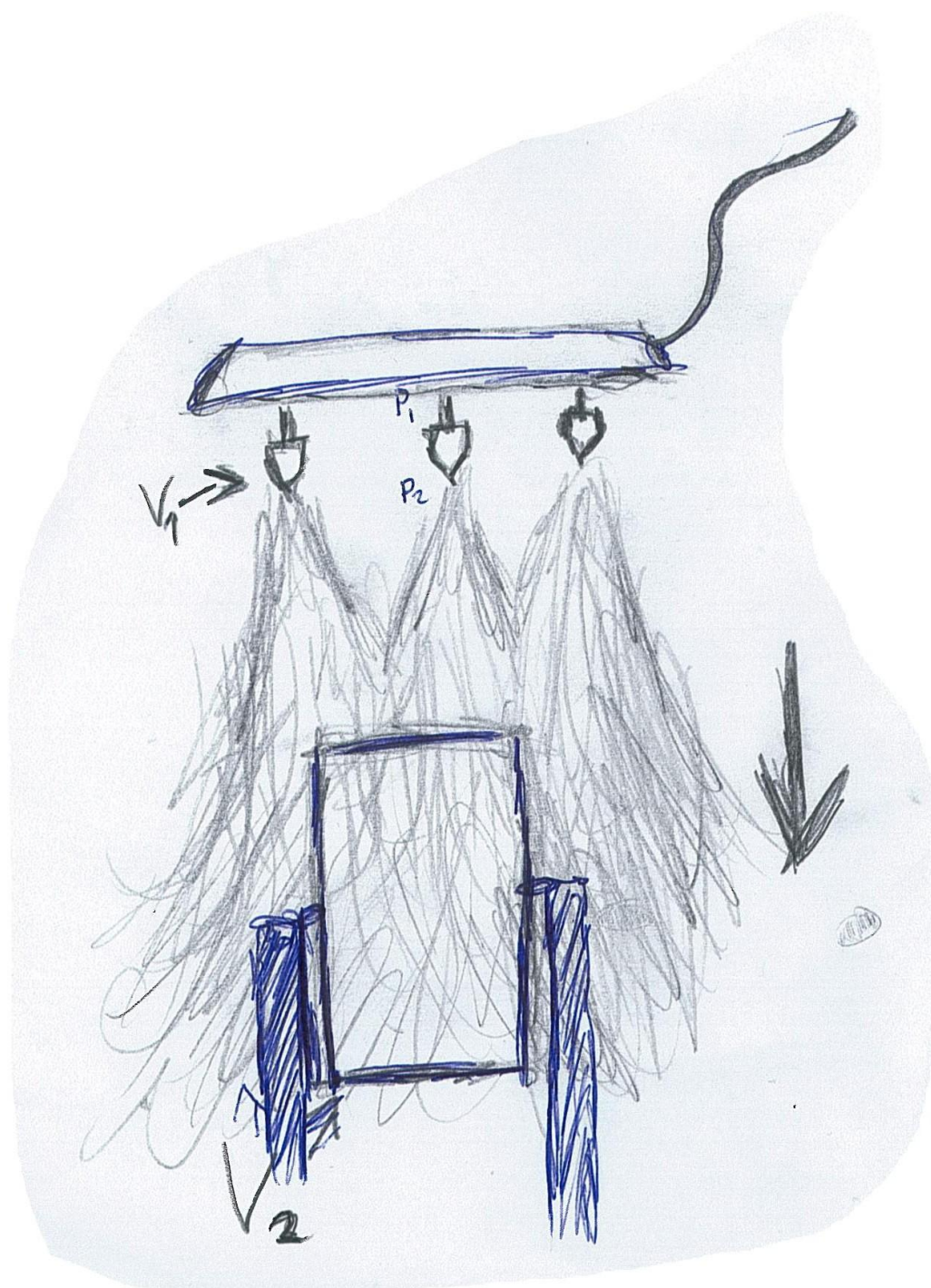


Figur 7 Ide 1. Illustrasjon: Aqua Energy/Thomas Buberg

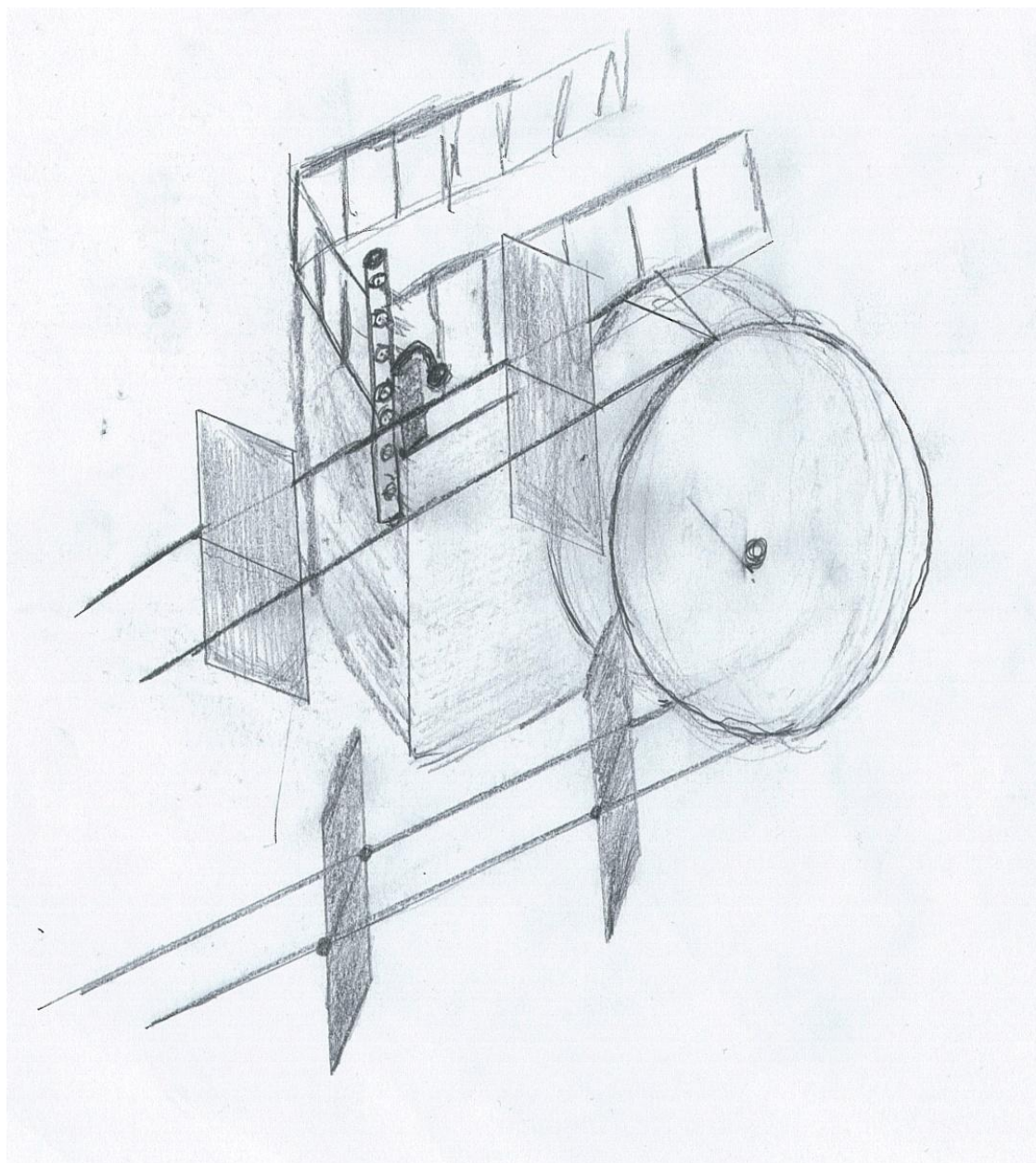


Figur 8 Ide 2. Illustrasjon: Aqua Energy/Thomas Buberg

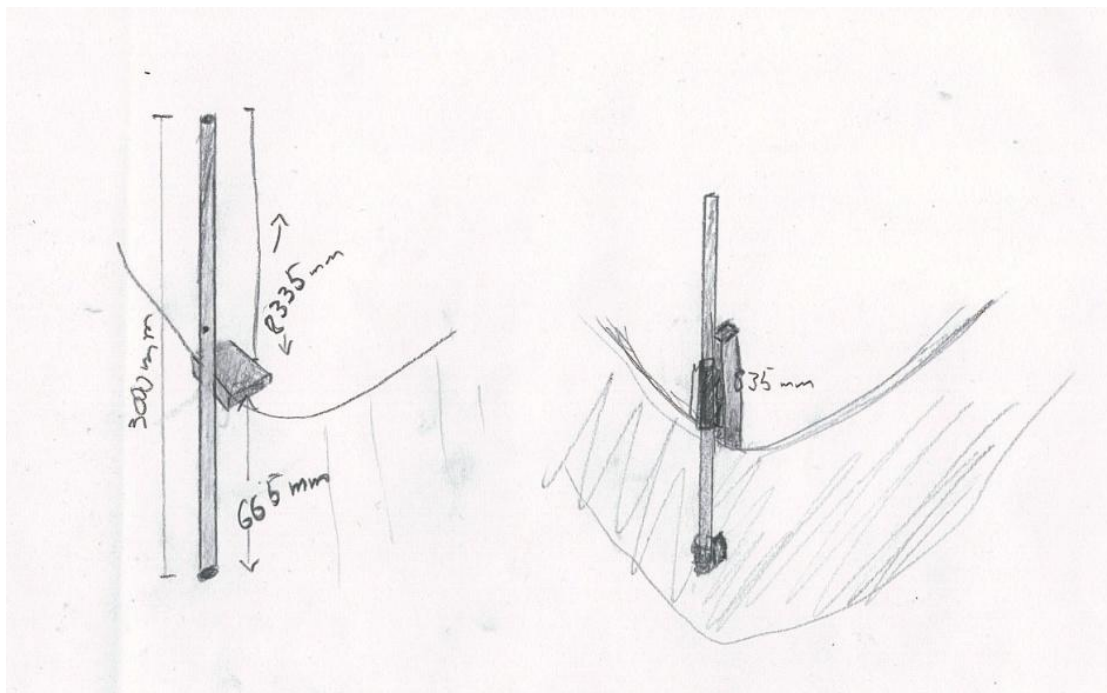
## 9.2 Grovskisser



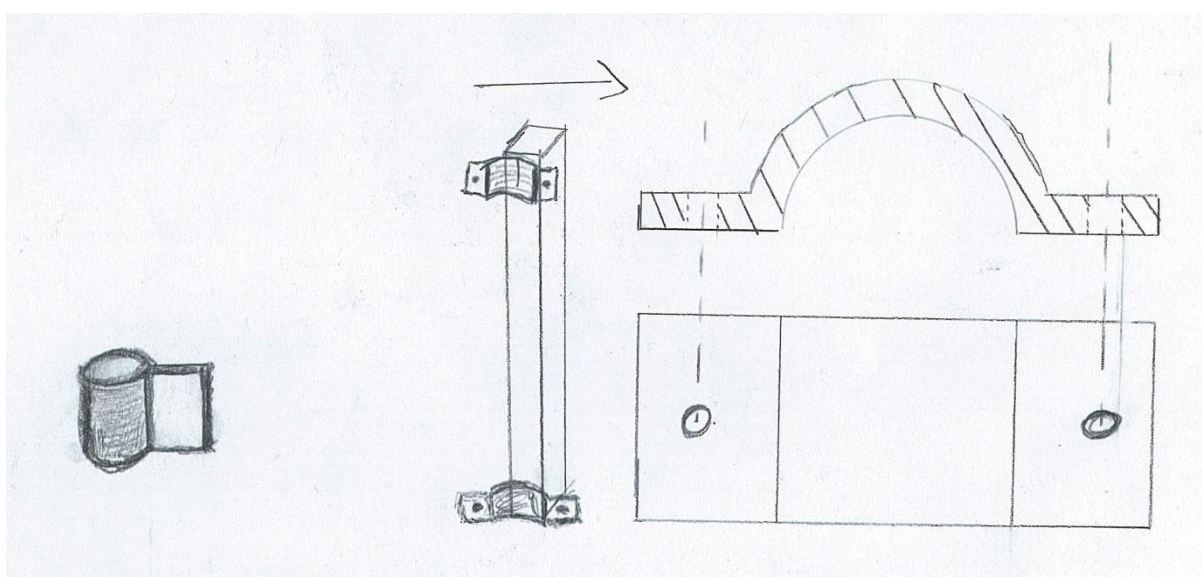
Figur 9: Skisse av den første ideen med spyling i bakkant Skisse: Astor M. Torgersen



Figur 10: Skisse av ide 2 med spyling fra siden Skisse: Astor M. Torgersen



Figur 11: Målskisser av ide 2 med spyling fra siden Skisse: Astor M. Torgersen



Figur 12: Skisse av festerenheten til trykksylinderen Foto: Astor M. Torgersen

## 9.3 Beskrivelse av konstruksjonen

### 9.3.1 Trykk sylinder

Sylinder med ti dyseåpninger (Nr 3 på fig.). Sylinderen har et enkelt design som gjør den billigst mulig å produsere, i tillegg er det lett å gjøre vedlikehold på den ved eventuelle feil. Sylinderen er avrundet i begge ender pga. det høye innvendige trykket. Høytrykksslangen (Nr 1 på fig.) er festet i toppen av trykk sylinderen, her sitter det også en tilbakeslagsventil. Det er montert løfteører (Nr 2 på fig.) på toppen for å forenkle installasjon av sylinderen.

### 9.3.2 Dyser

Ti rundstråledyser (Nr 4 på fig.) er festet til trykk sylinderen for å få god dekning av hele seiloverflate. Ved å bruke ti dyser minsker kravet til spredningsvinkel, og ved en avstand på 50 cm til første møte med seilene, og en seilhøyde på 3 m, må hver dyse dekke 30 cm i bredde. Gruppen har tatt utgangspunkt i dyser med 2mm åpning (ref. vedlegg B).

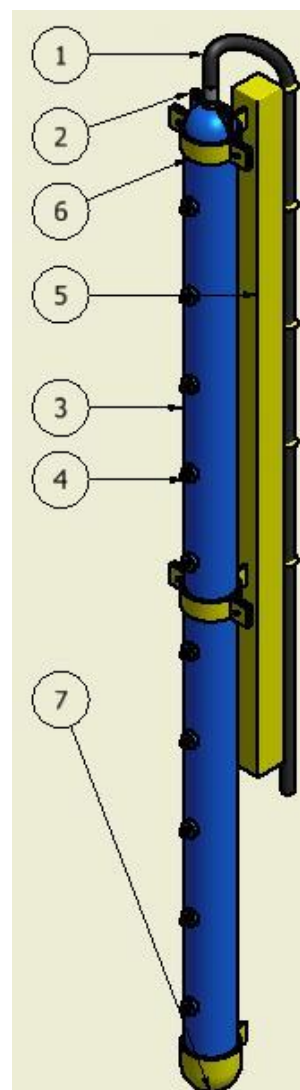
### 9.3.3 Fester og støttebjelke

Festene som trykksylinderen monteres i er utformet som rørklammer (Nr 6 på fig.). Her er det lagt vekt på at det skal være enkelt å produsere, samt enkelt å installere. Festene blir sveist til støttebjelken (Nr 5 på fig.). Det nedre festet sveises til selve kraftverket (Nr. 7 på fig.) trykksylinderen hviler på er formet som en halvkule. Festet er utstyrt med et spor som trykksylinderen glir ned i, slik at den låser seg i rett posisjon i forhold til seilene som skal spyles.

### 9.3.4 Pumper

To pumper monteres på kraftverket. En inne i hvert flyteelementet på hver side av kraftverket. Pumpene kan enkelt nås gjennom en tilgangsluke i dekket av flyteelementene. Gruppen har valgt en KAMAT Triplex Plungerpumpe K 10055 (ref. vedlegg A). Pumpen leveres av UNI Marine, og kan levere 321 l/min ved 125 til 220 bar. Med denne pumpen kan trykket justeres etter hvor mye begroing det er på seilene.

Dette kan være nyttig dersom det eksempelvis har bygget seg opp en større mengde marin begroing på kraftverket etter en lengre produksjons stans eller lignende. Man vil da kunne øke trykket fra et normalt driftstrykk til det trykket som kreves for å spyle seilene rene for den ekstra begroingen.



Figur 13: Trykksylinder  
Illustrasjon: Astor M. Torgersen

### 9.3.5 Høytrykkslange med kobling

Gruppen har valgt slanger med tilhørende koblinger fra TESS.

#### Høytrykkslange:

Evighetsslange 5528 (2WB)

Dette er en fleksibel slange med lang levetid som egnes for verktøyets applikasjon. Innvendig rør er av sort nitrilgummi, med 2 lag med stålfletting. Utvendig rør er av oljebestandig syntetisk gummi.

Innvendig diameter:	25,0 mm
Utvendig diameter:	35,9 mm
Arbeidstrykk:	225 Bar
Min. Sprengningstrykk:	900 Bar
Pris:	505,00 kr/m

#### Påpressbar hylse:

Hylse MF, som er kompatibel med slange 5528.

Materiale:	Super Duplex
Dimensjon:	25,0 mm
Diameter:	46,0 mm
Lengde:	51,0 mm
Pris:	Må spesial bestilles

#### Innsats:

Innsats MF, med metrisk innvendig svivel.

Metrisk gjenge:	36 x 2 mm
Materiale:	Super Duplex
Dimensjon	25,0 mm
Innvendig diameter:	19,8 mm
Pris:	Må spesial bestilles

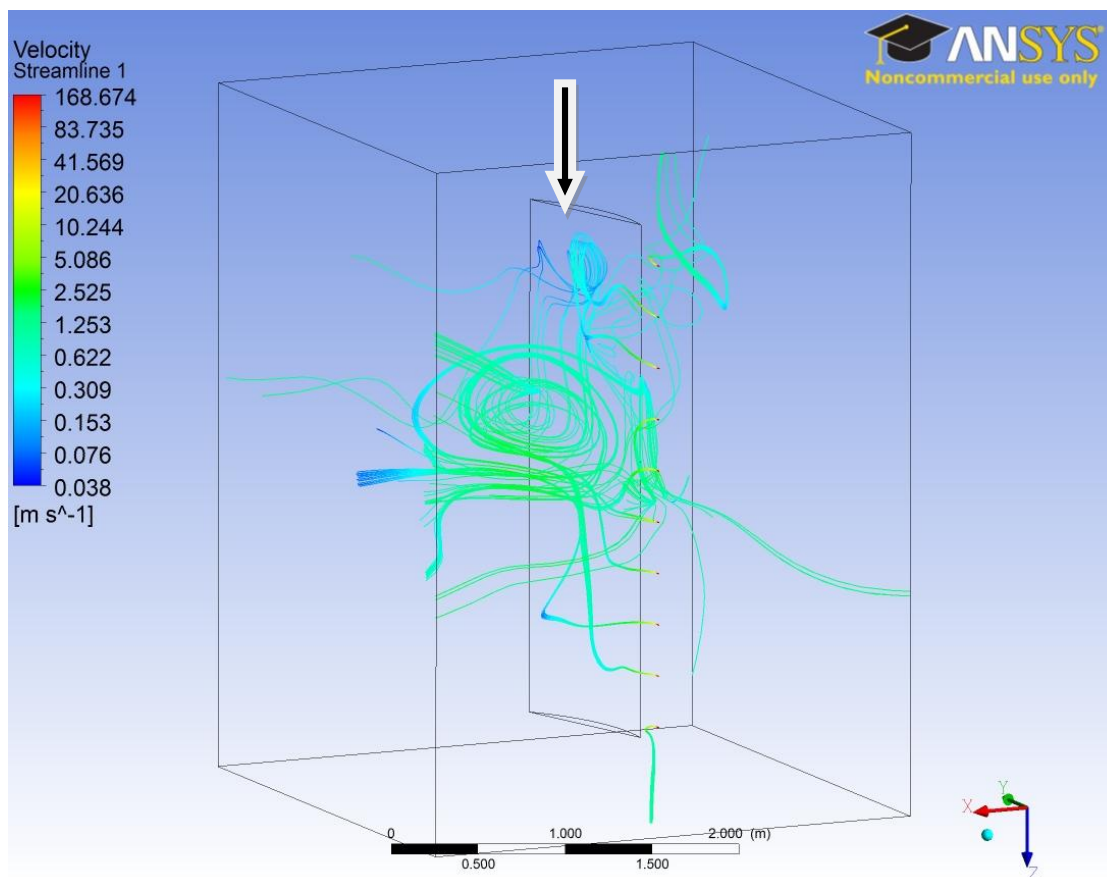
## 10. Strømningssimulering 1

Gruppen benyttet ANSYS 13 for å simulere strømmingen fra dysene mot seiloverflaten. Som tideligere omtalt i kapittel 8, må vannhastigheten ha en fart på 15 knop (7,716 m/s) ved seiloverflaten. ANSYS 13 var derfor et praktisk hjelpemiddel for å bekrefte vannhastigheten på strålen.

Simuleringen er gjort med ti rundstråledysere, hver med en dysediameter på 2 mm. Avstanden fra dysene inn til seilet er 500 mm. Ut i fra spesifikasjonene til pumpen valgt i kapittel 9.3.4, har gruppen kalkulert utgangshastigheten hver vannstråle vil ha. Vannhastigheten ut i fra dysene er satt til 170 m/s. (ref. beregninger i kapittel 14.1). Seilet strømmingen simuleres mot er 1 m bredt og 3 m høyt. Strømningsmediet er sjøvann med en tetthet på  $1026 \text{ kg/m}^3$ . Avstanden fra dysene og inn til kanten av seilet er 500mm. Vanntemperaturen er 10 C.

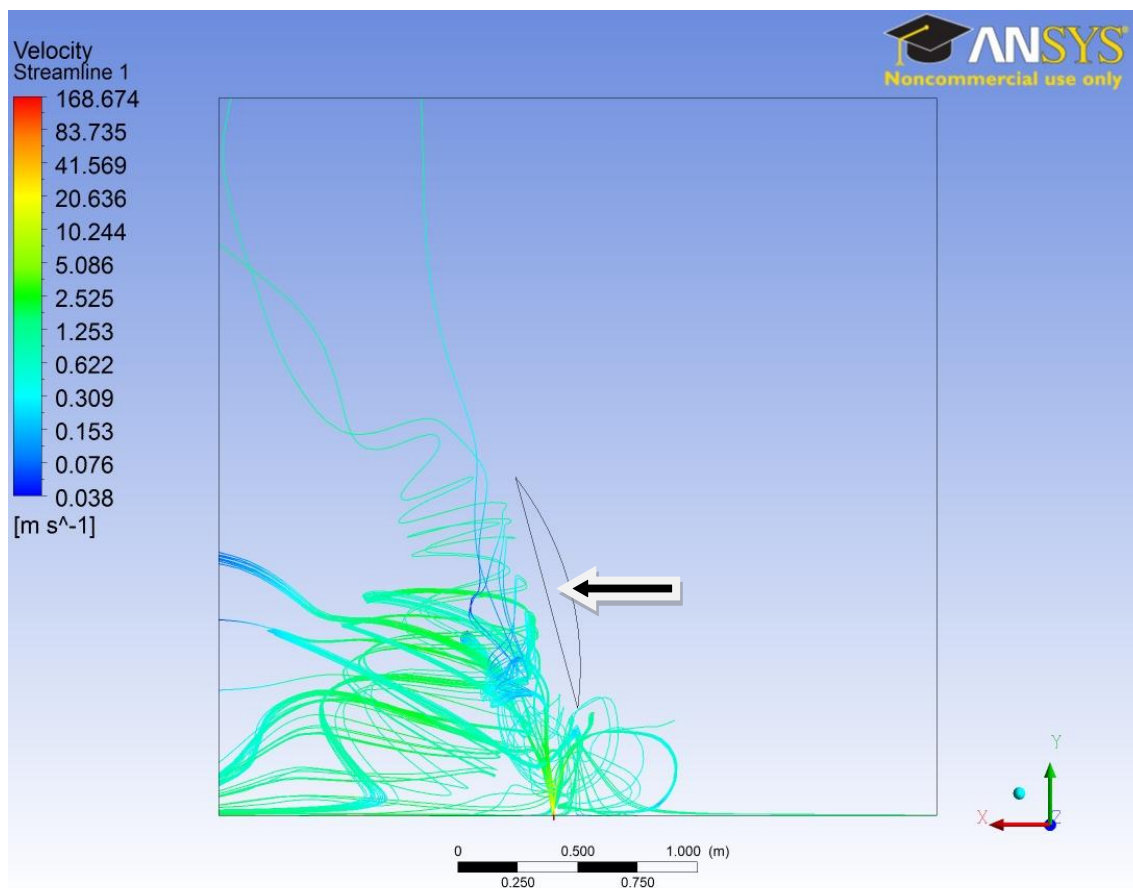
### 10.1 Resultater av simulering

Figur 14 viser strømmingen mot seilet sett bakfra. Seilet er rektangelet som kan sees i midten av boksen på figuren og er markert med pil. Ut ifra figur 14 ser vi at tross den høye utgangshastigheten på vannstrålen taper den fart svært fort. Hastighet skalaen på figur 14 viser en hastighet på mellom 5 og 2 m/s ved midten av seiloverflaten, noe som er for lavt.



Figur 14: Alle ti dyser aktivert, sett fra bakkant, seil er markert med pil. Illustrasjon: Leiv A. Austreid





Figur 15: Vannstrømmen fra dysene sett ovenifra, seil er markert med pil. Illustrasjon: Leiv A. Austreid

Simuleringen viser at vannstrålene forstyrrer hverandre og skaper et kaotisk spylemønster, noe som godt kan sees på figur 15. Dette medfører også at vannstrålene får problemer med å dekke hele overflaten til seilet.

## 10.2 Konklusjon

Etter gjentatte simuleringer i ANSYS 13 med forskjellig antall dyser og dyseåpninger har gruppen kommet frem til at det første designet ikke vil fungere optimalt. Med ti dyser som hver har en åpning på 2 mm, har simuleringen vist at dette er en for liten dyse diameter. En større dysediameter må til, slik at massestrømmen øker. Tester gruppen gjorde med større diameter viste at vannstrålen da hadde et lavere hastighetstap.

Det er mulig at en dyse som skaper en vannstråle med en annen form kunne fungert bedre. Dette er vanskelig å simulere i ANSYS 13, da konstruksjoner på millimeter nivå slik som en dyseåpning krever en svært høy grad av "meshing". Dette krever igjen svært høy datakraft for å kunne regnes ut, noe gruppen ikke har hatt tilgang på. Om den ønskede hastigheten skal oppnås med en rundstråle dyse, må dyse diameteren økes betraktelig, dette fører med seg et nytt problem.

Dersom dysediameteren økes fører det til et stort trykktapet over sylindere. Om pumpen skal opprettholde et trykk på 200 – 300 bar i sylindere, med en dysestørrelse større enn 2 mm må den kunne levere ekstremt høy massestrøm. Gruppen har ikke funnet noen pumper som kan levere en massestrøm på denne størrelsen da det er snakk om en strøm på over 10 000 liter per minutt, hvis alle dysene har en diameter på 10mm eller mer.

En pumpe som kunne ha levert en slik massestrøm vil vært svært stor, og ha krevd svært mye energi. På grunn av dette kan ikke problemet løses ved bare å øke dysediameteren.

På bakgrunn av resultatene til simuleringen har gruppen besluttet å designe en versjon 2 av verktøyet.

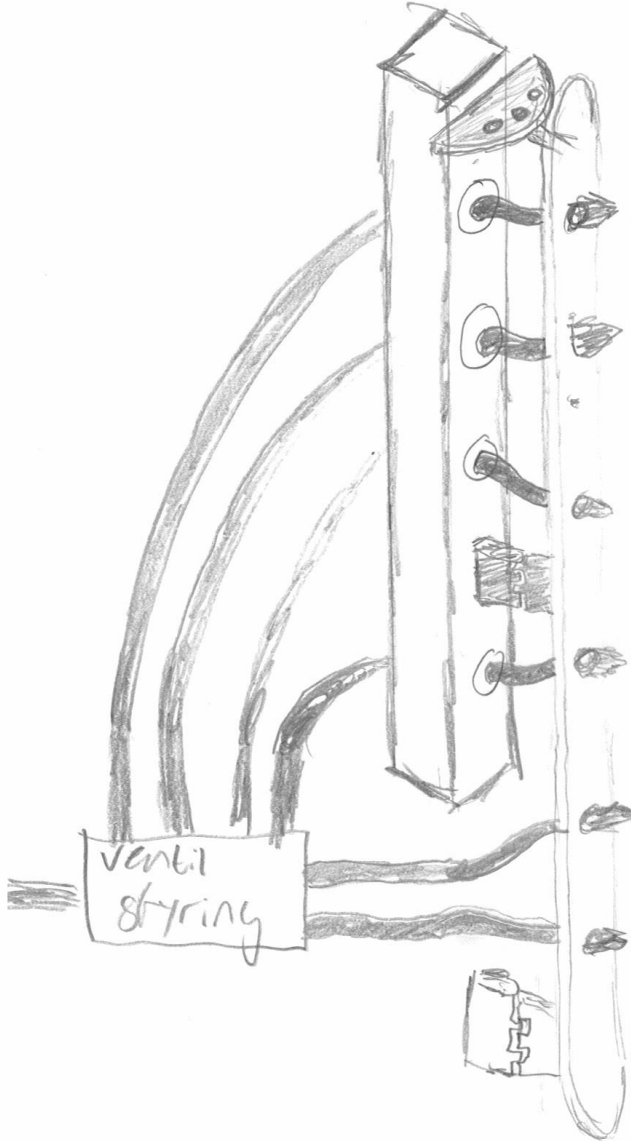
## 11. Design av verktøy versjon 2

For å oppnå ønsket vannhastighet har gruppen på bakgrunn av ANSYS 13 simuleringen i kapittel 10 konkludert med at diameteren på dysen må økes. Dette medfører at pumpen kun kan levere vannstrøm til en dyse av gangen, hvis massestrømmen og trykket skal opprettholdes. Kravene til verktøyet vil fortsatt være de samme som i første design versjon av verktøyet.

I denne versjonen kuttes trykksylinderen ut. I stede festes dysene i en et ”dyse stativ”. Hver dyse har sin egen trykkslange som er koblet til en ventil. Ventilen er igjen koblet til pumpen. Ventilen åpner kun for en dyse av gangen. Den vil åpne og stenge for hver dyse med et gitt tidsintervall, eller den kan styres manuelt. På denne måten kan hele seiloverflaten bli spylt med den ønskede vannhastigheten.

Fire enheter plasseres på kraftverket som i den første versjonen. En på hver side av hver endestasjon. På denne måten oppnås maksimal dekningsgrad av seiloverflatene.

## 11.1 Grovskisse



Figur 16: Grovskisse av verktøy versjon 2. Skisse: Astor M. Torgersen

## 11.2 Beskrivelse av konstruksjonen

### 11.2.1 Dysestativ

Dysestativet er et flattjern med åpning for seks dyser (nr. 3 på fig.). Designet er meget enkelt, og dette gjør det lett å produsere, samt lett å vedlikeholde ved feil og deformasjoner.

### 11.2.2 Dyser

Det er som nevnt seks dyser som vil bli brukt (nr. 4 på fig.). Diameteren på dysene er 10 mm, som gir en større stråle enn dysene i den første konstruksjonen. Dette gjør igjen at hver dyse dekker større del av seilet. Det vil kun bli brukt en dyse om gangen, for å oppnå ønsket utgangshastighet. For å få til dette vil det bli brukt ventilstyring, som gjør det mulig å veksle på hvilken høytrykkslange og dyse som vil bli matet med vann.

### 11.2.3 Fester

Dysestativet er festet til støttebjelken (nr. 1 på fig) med hengsler (nr. 5 på fig), som gjør at det kan justeres 15 grader til hver side slik at det får rett vinkel i forhold til seilene. Opprinnelig var det kun 3 hengsler, dette måtte endres til 7, da styrkeberegninger i ANSYS viste at dette var for lite (ref. kapittel 18). Dysestativet låses i posisjon ved hjelp av en gjennomgående bolt (nr. 2 og 6 på fig.). Dette gjør at spyleenheten kan konfigureres for å stå på venstre eller høyre side av kraftverket.

### 11.2.4 Pumpe

Denne versjonen av verktøyet skal spyle med en større massestrøm enn i den første versjonen av verktøyet. En større pumpe er derfor nødvendig. Gruppen har derfor valgt en KAMAT Triplex Plungerpumpe K 20095 (Ref. vedlegg C). Pumpen leveres av UNI Marine, og kan levere 957 l/min ved et trykk på mellom 60 til 105 bar. Som et alternativ hvis begroingen sitter svært godt og høyere trykk er nødvendig, kan KAMAT Triplex Plungerpumpe K 35075 benyttes. Denne kan levere en strøm på 816 l/min ved et trykk på mellom 180 bar til 225 bar.

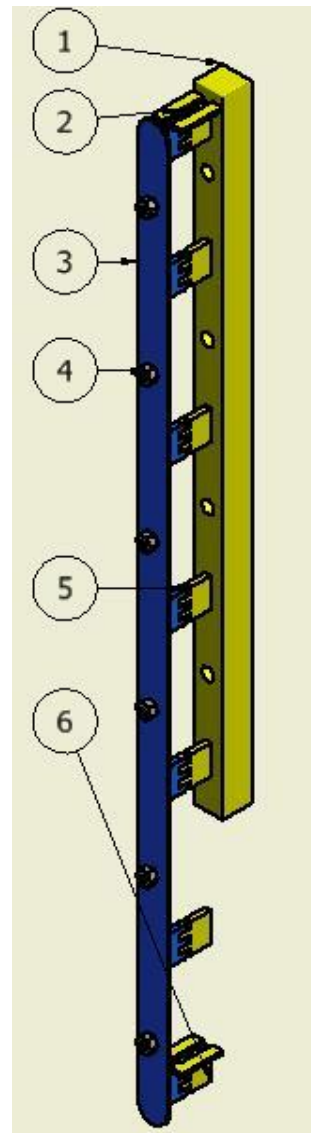
(Ref. vedlegg D). Pumpen kan plasseres på kraftverket som i den første versjonen, eller en pumpestasjon kan bygges på land hvis avstanden til kraftverket ikke er for stor.

### 11.2.5 Ventilstyring

Siden bare en dyse skal aktiveres av gangen trenger pumpen en ventil styring som sender vannet til rett dyse. Gruppen foreslår at en ventilkasse med solenoid ventiler settes sammen. Dette er ventiler som er magnet styrte. Ventilene kan da programmeres med et enkelt automasjons system som kan åpne og stenge for de forskjellige dysene med et gitt tidsintervall.

### 11.2.6 Høytrykkslanger med koblinger

Slanger og innsatser er de samme som i den første versjonen av verktøyet. (Ref kap. 9.3.5)



Figur 17: Dysestativ  
Illustrasjon: Astor M.  
Torgersen

## 12. Strømnings simulering 2

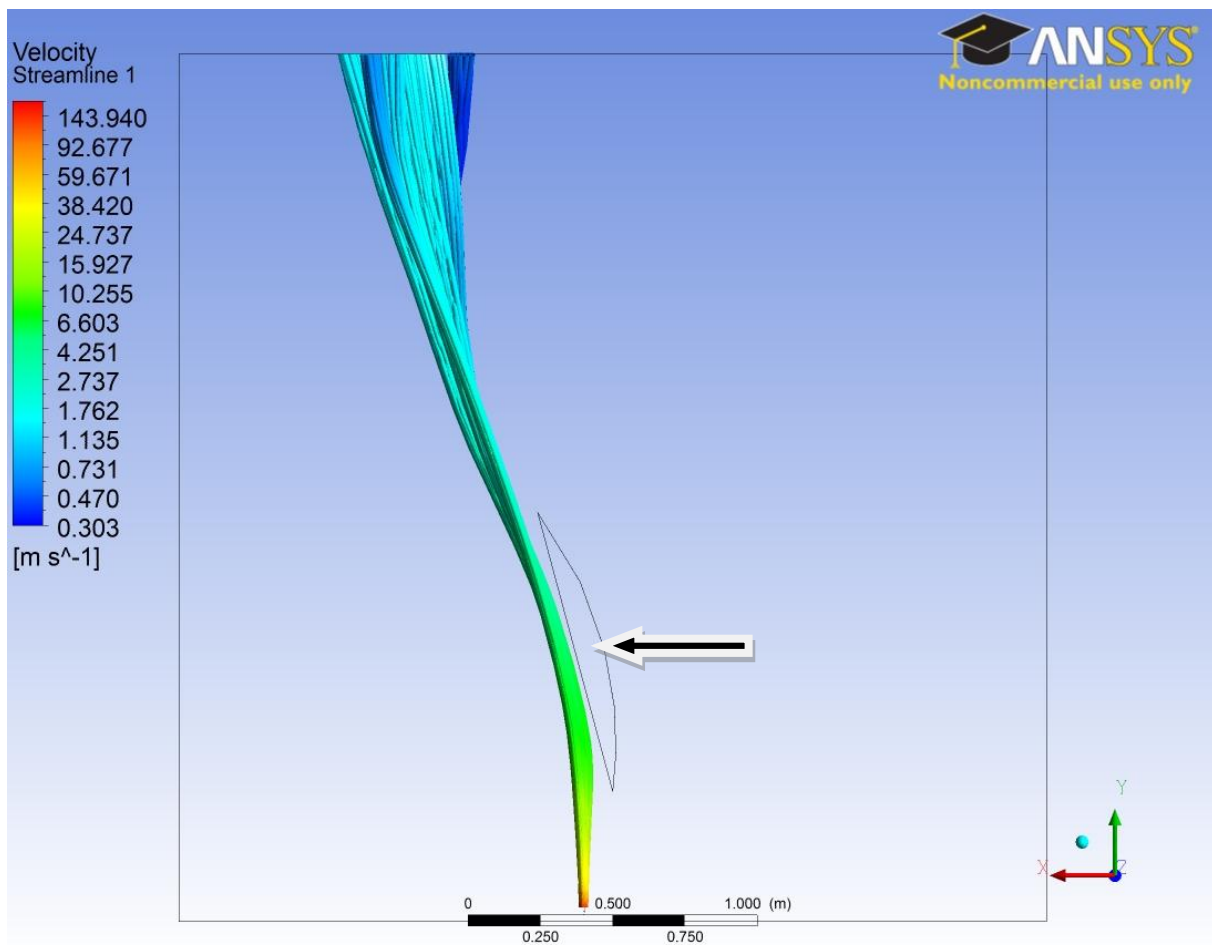
Som i kapittel 10 er kravet til simuleringen det samme. Vannhastigheten må ha en fart på 15 knop (7,716 m/s) ved seiloverflaten. Seilet strømmingen simuleres mot er 1 m bredt og 3 m høyt. Strømningsmediet er sjøvann med en tetthet på  $1026 \text{ kg/m}^3$ . Avstanden fra dysene og inn til kanten av seilet er 500 mm. Vanntemperaturen er 10 C.

Simuleringen er gjort med 6 rundstråledyser, hver med en dysediameter på 10 mm. Vannhastigheten er satt til 170 m/s. Denne konfigurasjonen er basert på testing med flere hastigheter og dyseåpninger i ANSYS 13. Ut i fra erfaringene gjort fra simuleringen til versjon 1 av verktøyet var det tydelig at dyse diameteren måtte økes. Dette for å oppnå en vannstråle som har lavere hastighets tap, og spyer i en rettere stråle. Utfordringen er å oppnå et kompromiss mellom dyse diameter, vannhastighet og massestrøm. Dette kompromisset må oppfylle kravet til vannhastighet over seiloverflaten, samtidig som det ikke krever en for stor pumpe. Med denne konfigurasjonen føler gruppen at dette målet er oppnådd.

Denne versjonen av verktøyet krever en massestrøm på minimum 801 l/m. Spesifikasjonene til pumpen valgt i kapittel 11.2.4 oppfylder kravet til massestrøm og vannhastighet (ref. beregninger i kapittel 17.1).

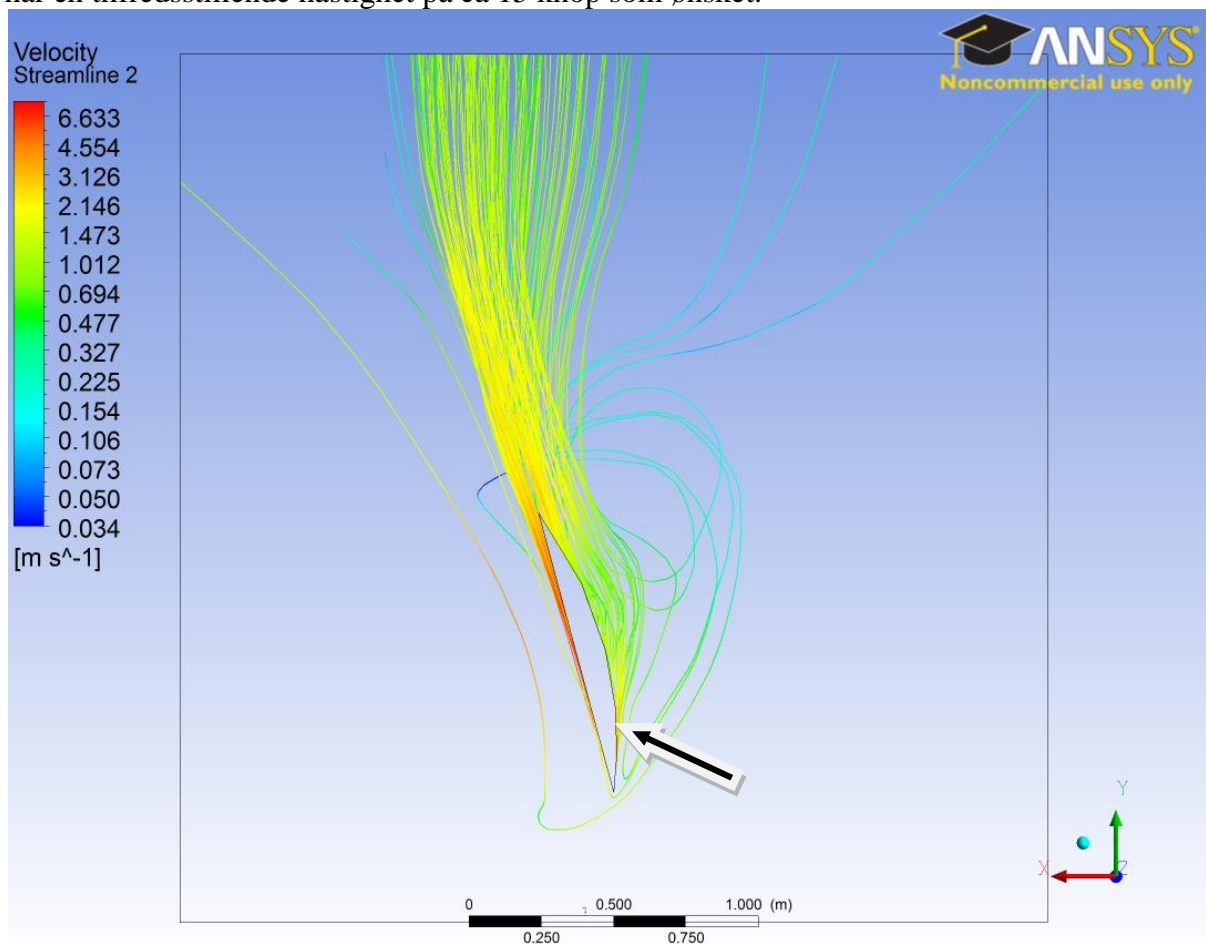
### 12.1 Resultater av simulering

Figur 18 viser strømmingen mot seilet sett ovenfra. Som figuren viser et hastigheten på vannstrålen tilfredsstillende til ca. midten av seilet. (Seil er markert med pil på samtlige figurer)



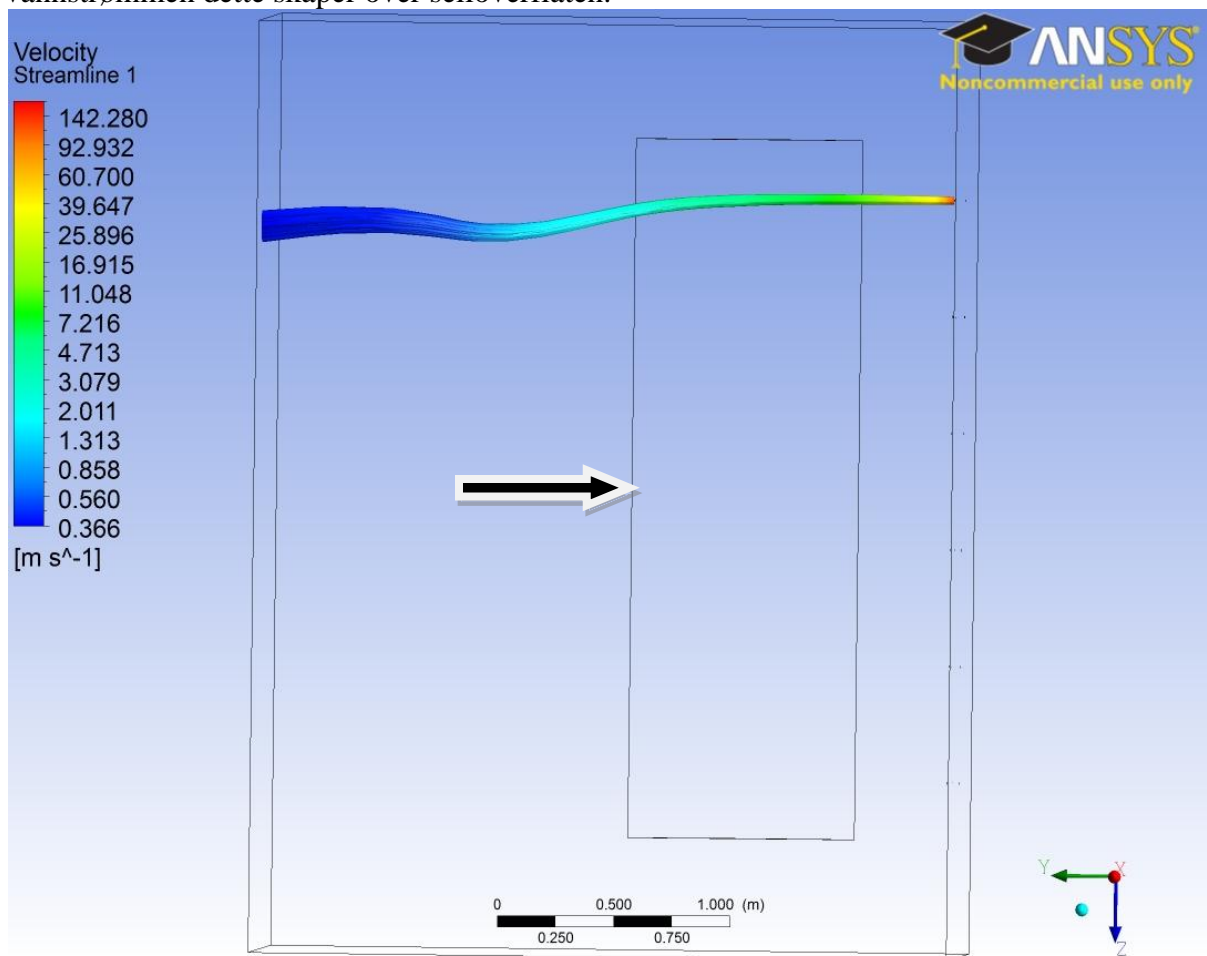
Figur 18: Vannstrålen sett ovenfra. Illustrasjon: Leiv A. Austreid

Figur 19 viser hastigheten som skapes i vannet rundt seiloverflaten. Vi ser at vannstrømmen har en tilfredsstillende hastighet på ca 15 knop som ønsket.

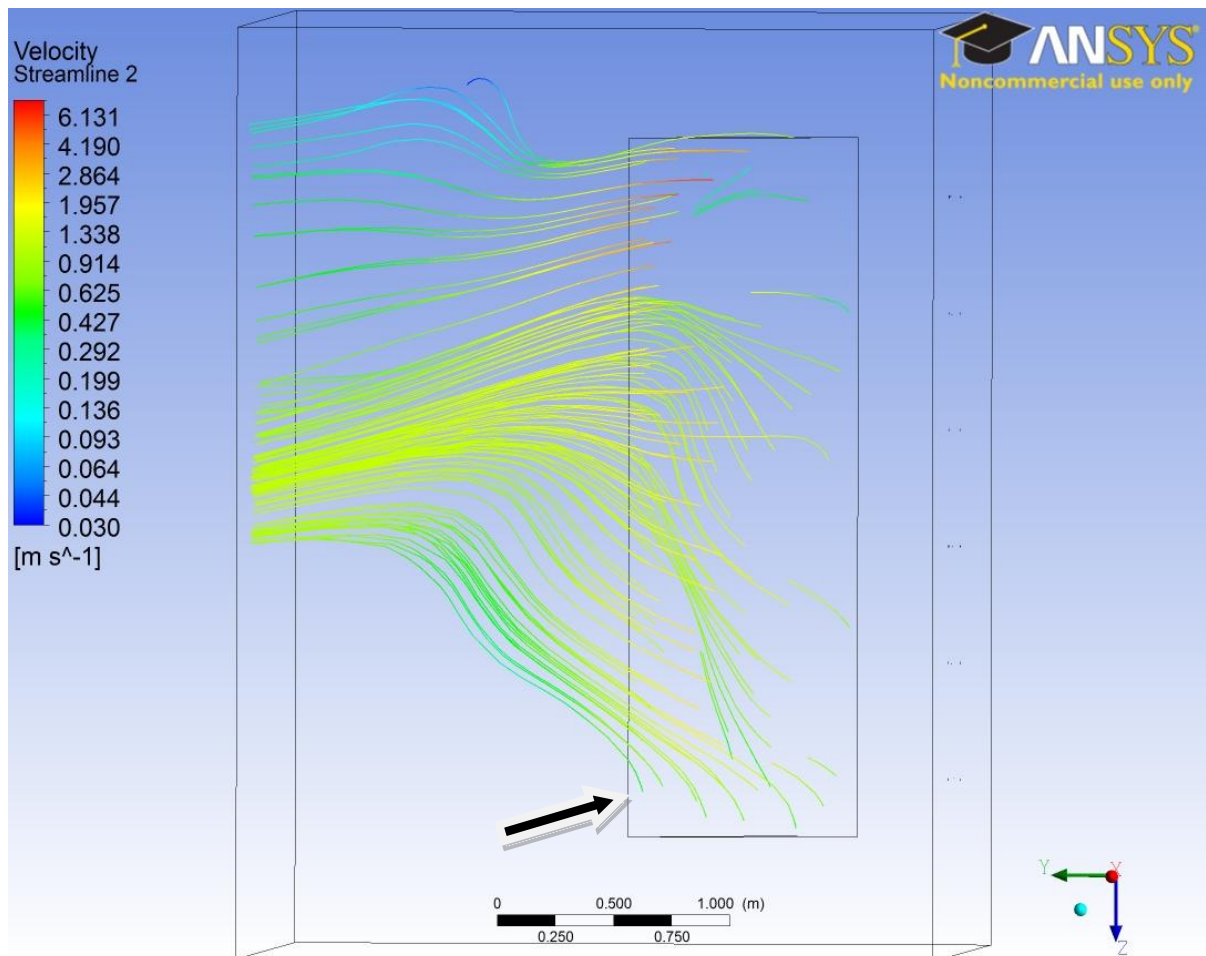


Figur 19: Hastighet i vannet ved seiloverflaten sett ovenfra. Illustrasjon: Leiv A. Austreid

Figur 20 viser vannstrålen over overflaten av seilet, og figur 21 viser den tilhørende vannstrømmen dette skaper over seiloverflaten.



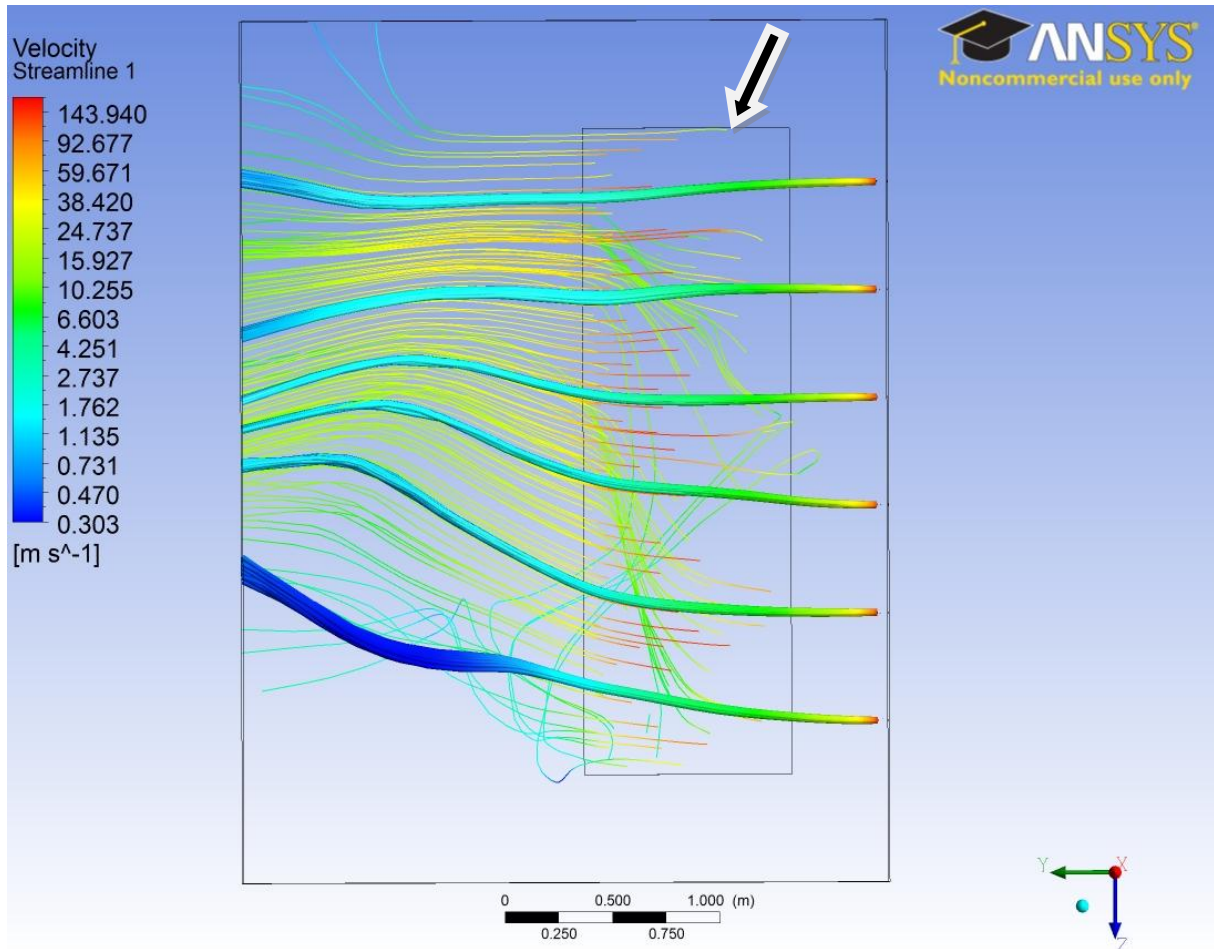
Figur 20: Øvre dyse aktivert. Illustrasjon: Leiv A. Austreid



Figur 21: Vannhastigheten øvre dyse skaper over seiloverflaten. Illustrasjon: Leiv A. Austreid



Under bruk vil bare en dyse være aktivert av gangen. Figur 22 viser at 6 dyser er tilstrekkelig for å dekke seiloverflaten. (Hastighetsskalaen på figur 22 viser hastigheten for vannstrålene)



Figur 22: Alle 6 dyser aktivert, med tilhørende strøm over seiloverflaten. Illustrasjon: Leiv A. Austreid

## 12.2 Konklusjon

Simuleringen har bevist at med en dyseåpning på 10mm og en vannhastighet på 170 m/s så oppnår man tilfredsstillende fart over store deler av seiloverflaten. Verktøyet skal som nevnt monteres på begge sider av hver endestasjon (ref. vedlegg I), på den måte oppnås vannstrømmen som er vist i simuleringen fra begge sider av seilet. Dette vil skape en god dekningsgrad over hele seiloverflaten.

### 13. Materialvalg

Ved valg av materiale ble følgende kriterier undersøkt:

- Korrosjonsegenskaper i sjøvann
- Flytgrense
- Pris

Tabell 3: Materialelegenskaper

Materiale	Positive egenskaper	Negative egenskaper	PRE <sub>N</sub>
Syrefast stål	Enkelt å sveise/bearbeide	Korrosjonsegenskaper i sjøvann	25
Svart stål	Flytgrense Enkelt å sveise/bearbeide	Korrosjonsegenskaper i sjøvann	25
Rustfritt stål	Flytgrense Enkelt å sveise/bearbeide Pris	Korrosjonsegenskaper i sjøvann	25
Titan	Korrosjonsegenskaper Flytgrense	Pris Vanskelig å sveise/bearbeide	Immun
Super Duplex 25 Cr	Korrosjonsegenskaper Flytgrense		>40

Ved første undersøkelse valgte gruppen å gå for Syrefast stål, AISI316. Etter nærmere undersøkelser fant gruppen ut at dette materiale var bra mot korrosjon over vann, men at det ikke kunne stå i sjøvann. Ifølge Roy Johnsen<sup>4</sup> må et materiale ha en PRE<sub>N</sub> over 40 for at det skal være korrosjonsbestandig i sjøvann. PRE<sub>N</sub> står for "Pitting Resistance Equivalent Number". Pitting er en typisk korrosjon som oppstår ved kontakt med sjøvann, og som graver seg en grop innover i materialet.

Tabell 4: Aker Solutions Material typical cost euro/kg

Material Grade	Seamless pipes	Welded pipes	Fittings	Flanges	Average	Comparative average (CS=1)
22 Cr Duplex	8.8	7.3	22	11	11.28	5.2
25 Cr Super duplex	11.6	11.2	30.8	15.4	16.04	7.5
316 SS	7.7	6.9	19.8	11	10.46	4.9
6MO SS	18.15	15.95	52.9	36.3	27.85	13.0
Titanium Gr.2	30	37.5	80	90	51	23.7
Carb. Steel Std.	2	2	2.5	2.1	2.15	1.0
Carb. Steel X52	2.2	2.2	3	2.2	2.4	1.1

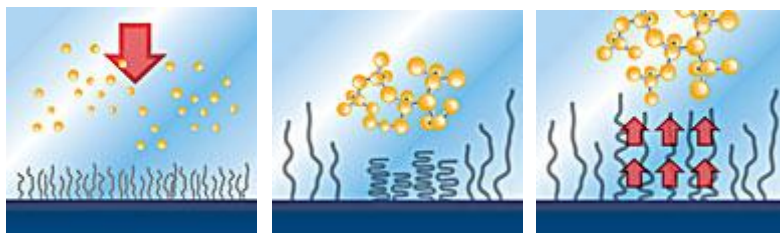
Gruppen måtte dermed gå for et annet materiale. Beholderen må være korrosjonsbestandig, da den er omgitt av saltvann både på innsiden og utsiden. Den må også være robust og ha en høy flytgrense, da den må tåle det høye trykket som vil oppstå under spylingen.

Gruppen har valgt Super Duplex Cr 25, da dette er legert med krom og nikkell som gjør det mer korrosjonsbestandig, og tilsatt molybden som er med på å øke stålets motstandskraft. Super Duplex Cr 25 er i tillegg et billig materiale sammenlignet med Titan, som man kan se i tabell 4. Dysene og festene vil, i likhet med beholderen være omgitt av saltvann både innenfor og utenfor. Dysene er en så vital del av rengjøringen at her må rust og deformasjoner unngås. Festene er viktige for å holde konstruksjonen på plass. Super Duplex Cr 25 vil også bli brukt på disse.

<sup>4</sup> Johnsen, Roy (NTNU) Stainless Steels forelesningsnotat (Ref. vedlegg L)

## 14. Behandling av seil

Gruppen har vært i kontakt med Jotun Marin Coatings angående foul release coatingen som seilene skal behandles med. Jotun sin SeaLion Repulse er en svært effektiv foul release coating med gode referanser (Jotun). I tillegg til den vanlige glatte overflaten, benytter



Figur 23: Nanoteknologi Illustrasjon: Jotun marin coatings

SeaLion Repulse seg også av nanoteknologi for å forhindre begroingen i å feste seg. Som figur 23 viser, består overflaten av små fjører i nano størrelse som støter vekk marin begroing som nærmer seg.

I motsetning til polymermaterialet som den første prototypens seil ble lagd av, har Aqua Energy besluttet å få seilene ekstrudert i aluminium på den neste prototypen. Denne prototypen er vesentlig større, med 204 seil på 1\*3 meter i diameter. Seilene vil bli ekstrudert i aluminium av typen T6, legering 6082. Dette er en svært korrosjonsbestandig legering som vil tåle å stå i sjø.

Prosedyren fra Jotun som aluminiums seil skal behandles med er som følger<sup>5</sup>:

1. Aluminiumen rubbes for å skape ruhet. Best resultat oppnås med et ikke-metallisk blåsemiddel.
2. Penguard Primer er en grunning som påføres i en tykkelse av 50 µm (ref. vedlegg E).
3. Safeguard Universal ES som er et anti-korrosivt understrøk å påføres i en tykkelse av 100 µm (ref. vedlegg F).
4. SeaLion Tiecoat påføres for å gi vedheft til SeaLion topcoat. Påføres i en tykkelse av 90 µm (ref. vedlegg G).
5. SeaLion Repulse som er selve foul release coatingen, påføres i en tykkelse av 150 µm (ref. vedlegg H).

Påføringsprosedyrer fra Jotun må følges når seilene behandles.

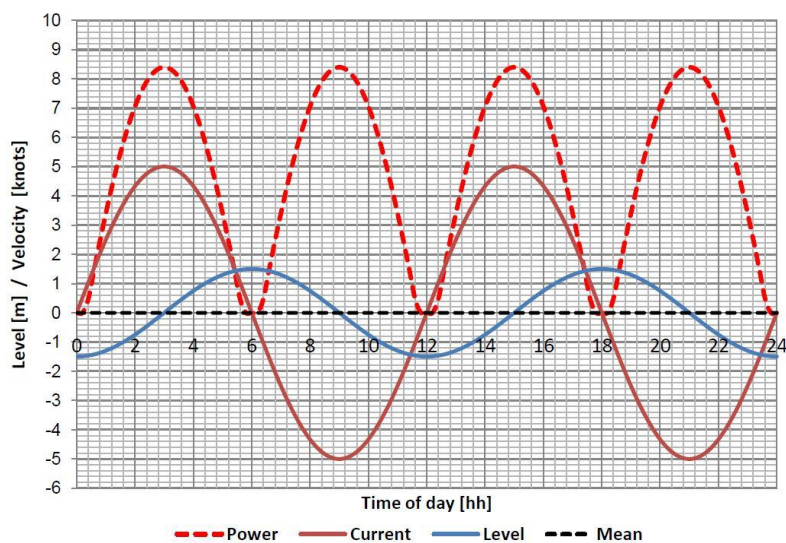
Prisen for å behandle et kraftverk med 1200 m<sup>2</sup> seiloverflate vil ifølge Salhus ligge i underkant av 500 000 kr. Forbehandling og påføringskostnader kommer i tillegg.

<sup>5</sup> Salhus, Jon – Sales & Technical Service Engineer, Marine Coatings, Jotun AS. E-post 28.03.11.

## 15. Spyle strategi

Basert på informasjonen i oppgaven har gruppen satt sammen et forslag til en strategi for spyling av kraftverket.

Spylesystemet vil bare bli aktivert i de periodene der tidevannsstrømmen er svakest og kraftverkets seil roterer med en lav hastighet. Fordelen med dette er at hvert enkelt seil får en lenger eksponeringstid for vannstrømmen fra vannstrømmen fra høytrykksdysene. På den måten får vanntrykket fra dysene løsnet mest mulig av den marine begroingen som måtte ha festet seg til seilets overflate.



Figur 24: Tidevannet Illustrasjon: Aqua energy

Kurven på figur 24 viser tidevannsstrømmen i løpet av en 24 timers periode. Som kurven viser, går tidevannsstrømmen med seks timers intervaller. Dette åpner for at spylesystemet kan aktiveres fire ganger i løpet av et døgn, på de tidspunktene der strømmen er svakest.

Som forsøket i kapittel 4.2 viser oppstår marin begroing av en betydelig mengde over forholdsvis kort tid. Selv om mengden marin begroing vil kunne variere mellom forskjellige steder, årstider, temperaturer og vanddybder, vil spylingen allikevel måtte gjennomføres regelmessig for å hindre dannelsen av begroing. Spyle strategien kan justeres noe etter lokale forhold der kraftverket plasseres. Som et utgangspunkt anbefaler gruppen at alle fire spyleenhetene på kraftverket aktiveres en om gangen, fire ganger i døgnet.

Et eksempel på aktivering av systemet kan være som følger:

Systemet aktiveres fra 05:30 – 06:30, 11:30 – 12:30, 17:30 – 18:30 og 23:30 – 00:30.

Om dette ikke skulle være nok for å forhindre oppblomstringen av marin begroing, kan disse tidspunktene forlenges til ønsket resultat oppnås. På samme måte må de også kuttes ned dersom det viser seg at begroingen kan forhindres med mindre spyling.

## 16. Beregninger på verktøy versjon 1

### 16.1 Strømningsberegninger

**Volumstrøm fra pumpe:**

$$Q_{pumpe} = \frac{321 \text{ l/m}}{60 \cdot 1000} = 0,00535 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Areal av dyse:**

$$A_{dyse} = \frac{\pi \cdot 0,002^2}{4} = 3,14 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

**Volumstrøm fra dyse:**

$$Q_{dyse} = \frac{Q_{pumpe}}{10_{dyser}} = \frac{0,00535 \text{ m}^3/\text{s}}{10} = 5,35 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

**Hastighet i dyse:**

$$V_{dyse} = \frac{Q_{dyse}}{A_{dyse}} = \frac{5,35 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2} = 170 \text{ m/s}$$

**Innvendig areal av sylinder:**

$$A_{sylinder} = \frac{\pi \cdot 0,136^2 \text{ m}}{4} = 0,0145 \text{ m}^2$$

**Vannhastighet i sylinder:**

$$V_{sylinder} = \frac{Q_{pumpe}}{A_{sylinder}} = \frac{0,00535 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0145 \text{ m}^2} = 0,37 \text{ m/s}$$

**Massestrøm i sylinder:**

$$\dot{m} = Q_{pumpe} \cdot \rho_{sjøvann} = 0,00535 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 1026 \text{ kg}/\text{m}^3 = 5,4891 \text{ kg}/\text{s}$$

**Massestrøm i dyse:**

$$\dot{m} = Q_{dyse} \cdot \rho_{sjøvann} = 5,35 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \cdot 1026 \text{ kg}/\text{m}^3 = 0,0054891 \text{ kg}/\text{s}$$

## 16.2 Spenningsberegninger på trykk sylinder

Trykkspenning pga. innvendig overtrykk:

$$300\text{bar} = 300 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$
$$\sigma_t = \frac{300 \cdot 10^5}{10^6} = 30 \text{ N/mm}^2$$

Strekkspenninger i lengderetning:

$$\sigma_y = \frac{p \cdot \pi \cdot d_{indre}^2}{4 \cdot \pi \cdot d_{indre} \cdot t} = \frac{30 \text{ N/mm}^2 \cdot \pi \cdot 136^2 \text{ mm}}{4 \cdot \pi \cdot 136 \text{ mm} \cdot 7 \text{ mm}} = 146 \text{ N/mm}^2$$

Tangentielle strekkspenninger:

$$\sigma_x = \frac{p \cdot d_{indre} \cdot l}{2 \cdot t \cdot l} = \frac{30 \text{ N/mm}^2 \cdot 136 \text{ mm} \cdot 3150 \text{ mm}}{2 \cdot 7 \text{ mm} \cdot 3150 \text{ mm}} = 291 \text{ N/mm}^2$$

Jamnføringspenningen:

$$\sigma_{jf} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y} = \sqrt{291^2 + 146^2 - (291 \cdot 146)} = 252 \text{ N/mm}^2$$

Sikkerhetsfaktor (Flytgrense super duplex er 550 N/mm<sup>2</sup>):

$$\frac{550 \text{ N/mm}^2}{252 \text{ N/mm}^2} = 2,18$$

## 16.3 Løfteører

Kraft løfteørene må tåle:

$$F = m \cdot g = 86 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 843,66 \text{ N}$$

Spenning løfteører blir utsatt for:

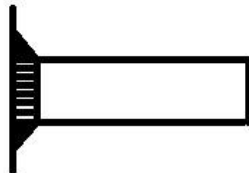
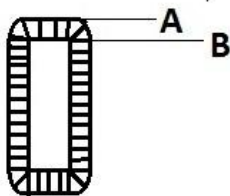
$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{843,66 \text{ N}}{400 \text{ mm}^2} = 2,1 \text{ N/mm}^2$$

Arealet som benyttes ( $400 \text{ mm}^2$ ) er arealet av det minste tversnittet til begge løfteørene lagt sammen. Løfteørene er også av super duplex med flytgrense på  $550 \text{ N/mm}^2$ . Kraften er fordelt over to løfteører. Vi ser at den største spenningen som vil oppstå er på  $2,1 \text{ Mpa}$ , og løfteørene er mer enn sterke nok.

## 16.4 Sveis nedre feste

Sveisetverrsnitt:

$$I_x = \frac{1}{12} \left( (b_B \cdot h_B^3) - (b_A \cdot h_A^3) \right) = \frac{1}{12} (16 \cdot 71^3 - 10 \cdot 65^3) = 248360,5 \text{ mm}^4$$



Ser på spenningene i 2 punkter i sveisen (A og B).

Tegningen til venstre viser festet sett forfra, mens tegningen til høyre viser festet sett fra siden.

Spenninger ved A:

$$\sigma_b = \frac{843,66 \text{ N} \cdot 135 \text{ mm} \cdot 71 \text{ mm}}{248360,5 \text{ mm}^4 \cdot 2} = 16,27 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{jf} = 16,27 \text{ N/mm}^2 \cdot \sqrt{2} = 23 \text{ N/mm}^2$$

Spenninger ved B:

$$\sigma_b = \frac{843,66 \text{ N} \cdot 135 \text{ mm} \cdot 65 \text{ mm}}{248360,55 \text{ mm}^4 \cdot 2} = 14,9 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{14,9}{\sqrt{2}} = 10,53 \text{ N/mm}^2 \approx 10,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{843,66 \text{ N}}{2 \cdot 3 \cdot 10} = 14 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{jf} = \sqrt{10,5^2 + 3 \cdot 10,5^2 + 3 \cdot 14^2} = 32 \text{ N/mm}^2$$

## 17. Beregninger på verktøy versjon 2

### 17.1 Strømningsberegninger

Volumstrøm fra pumpe og dyse:

$$Q = \frac{801 \frac{l}{m}}{60 \cdot 1000} = 0,01335 \frac{m^3}{s}$$

Areal av dyse:

$$A_{dyse} = \frac{\pi \cdot 0,01^2}{4} = 7,854 \cdot 10^{-5} m^2$$

Hastighet i dyse:

$$V_{dyse} = \frac{Q}{A_{dyse}} = \frac{0,01335 \frac{m^3}{s}}{7,854 \cdot 10^{-5} m^2} = 170 m/s$$

### 17.2 Styrkeberegninger

#### Kraft fra dyse på støttebjelke

Må her forenkle det slik at man ser på kraften som gis fra dysen som en rett kraft mot bjelken. Ser altså bort ifra hengsleleddet.

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

Må også forenkle trykket i dysen, da dette vil variere etter hvor pumpen står i forhold til dysene. Trykket vil synke desto lengre borte pumpen står. Går derfor ut ifra det største pumpetrykket.

$$p = 260 \text{ bar}$$

$$A = \pi \cdot r_{dyse\ddot{a}pning}^2 = \pi \cdot (5 \text{ mm})^2 = 78,53 \text{ mm}^2$$

$$F = p \cdot A = 22,5 \text{ MPa} \cdot 78,53 \text{ mm}^2 = 1766 \text{ N}$$

Må så finne arealverrsnittet for støttebjelken. Støttebjelken er en hul bjelke med 4 mm tykke vegger. Arealet blir da:

$$A = ((100 \text{ mm} \cdot 100 \text{ mm}) - (92 \text{ mm} \cdot 92 \text{ mm})) = 1536 \text{ mm}^2$$

Har nå både kraften som utøves på støttebjelken og hvilket arealverrsnitt den virker på, og kan da finne spenningen.



$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{1766N}{1536mm^2} = 1,15 N/mm^2$$

Setter her en sikkerhetsfaktor på 10, og bjelken er laget av Super Duplex Cr 25 med en flytgrense på 550 N/mm<sup>2</sup>.

$$\sigma_{tillatt} = \frac{\sigma_{flyt}}{n} = \frac{550 N/mm^2}{10} = 55 N/mm^2$$

Ser altså at flyt ikke vil opptre.

### **Kraft fra dyse på låsebolt**

Ser her på kraften dysen gir på låsebolten i hengsleleddet. Kraften er fortsatt den samme:

$$F = p \cdot A = 22,5MPa \cdot 78,53mm^2 = 1766N$$

Arealverrsnittet som kraften virker på er:

$$A = \pi \cdot r_{låsebolt}^2 = \pi \cdot 8mm^2 = 201mm^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{1766N}{201mm^2} = 8,79 N/mm^2$$

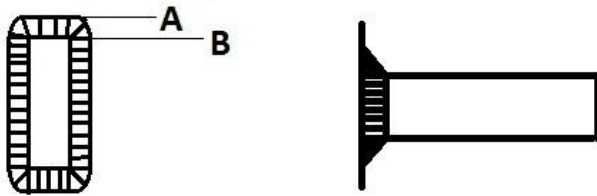
$$\sigma_{tillatt} = \frac{\sigma_{flyt}}{n} = \frac{550 N/mm^2}{10} = 55 N/mm^2$$

Flyt vil heller ikke opptre her.

## Beregning av sveis i fester

### Sveisetverrsnitt:

$$I_x = \frac{1}{12} \left( (b_B \cdot h_B^3) - (b_A \cdot h_A^3) \right) = \frac{1}{12} \left( (26\text{mm} \cdot (106\text{mm})^3) - (20\text{mm} \cdot (100\text{mm})^3) \right) = 913868\text{mm}^4$$



Vil her se på spenningene i 2 punkter i sveisen (A og B).

Tegningen til venstre viser festet sett forfra, mens tegningen til høyre viser festet sett fra siden.

### Spenningsene ved A:

$$\sigma = \frac{F \cdot L}{I_x} \cdot \frac{L}{2} = \frac{(m \cdot g) \cdot L}{I_x} \cdot \frac{L}{2} = \frac{((28,6\text{kg} \cdot 9,81\text{m/s}) \cdot 170\text{mm})}{913868\text{mm}^4} \cdot \frac{106\text{mm}}{2} = 2,76\text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{jf} = \sigma \cdot \sqrt{2} = 2,76\text{N/mm}^2 \cdot \sqrt{2} = 3,91\text{N/mm}^2$$

### Spenningsene ved B:

$$\sigma = \frac{F \cdot L}{I_x} \cdot \frac{L}{2} = \frac{((28,6\text{kg} \cdot 9,81\text{m/s}) \cdot 170\text{mm})}{913868\text{mm}^4} \cdot \frac{100\text{mm}}{2} = 2,61\text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{2,61\text{N/mm}^2}{\sqrt{2}} = 1,84\text{N/mm}^2$$

$$\tau_{\square} = \frac{F}{2 \cdot a \cdot b} = \frac{280,5\text{N}}{2 \cdot 3\text{mm} \cdot 20\text{mm}} = 2,34\text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{jf} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 \cdot 3\tau_{\perp}^2 \cdot 3\tau_{\square}^2} = \sqrt{(1,84)^2 + (3 \cdot 1,84^2) + (3 \cdot 2,34^2)} = 5,47\text{N/mm}^2$$

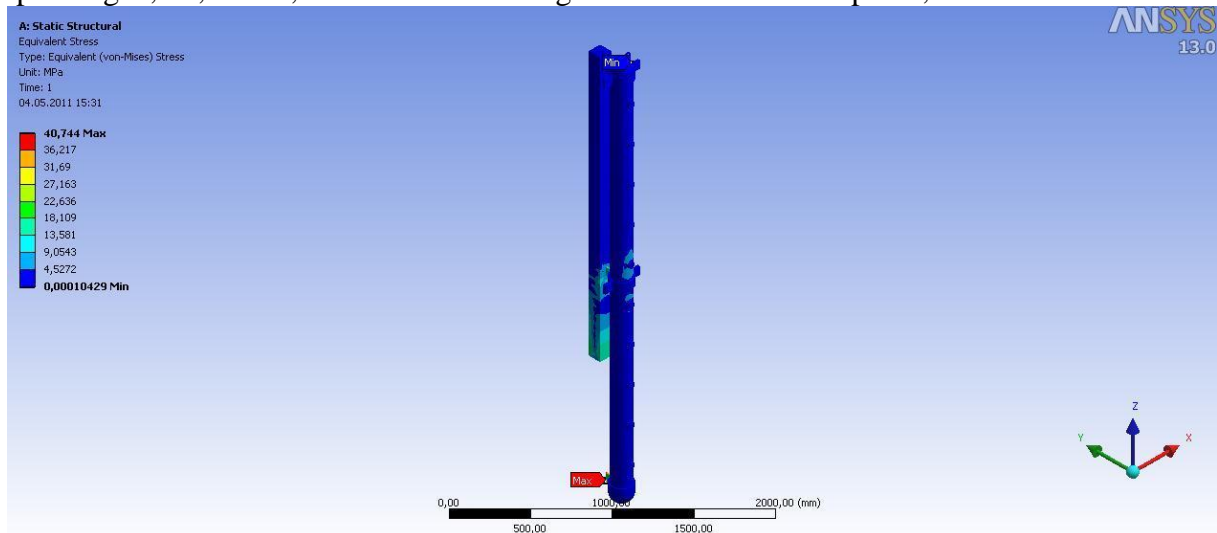
## 18. ANSYS beregninger

I simuleringene ble det brukt Stainless Steel med flytgrense og tetthet lik Super Duplex Cr 25, da dette materialet ikke finnes i programmet. Flytgrensen til Super Duplex Cr 25 er 550 MPa, og tettheten er  $7820 \text{ kg/m}^3$ .

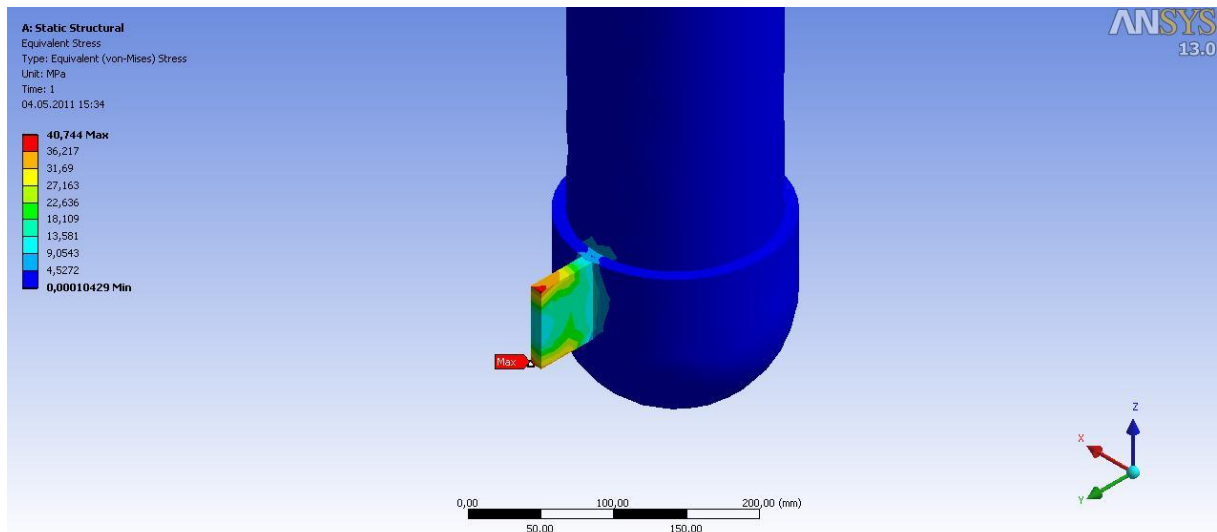
### 18.1 Verktøy versjon 1

#### 18.1.1 Spenninger

Figur 25 viser spenninger basert på kreftene dysene skaper. Alle dysene er aktivert, trykket er 300 bar, noe som tilsvarer en kraft på 235 N per dyse. Som figur 26 viser, opptrer den største spenningen, 40,7 MPa, i nedre feste. Dette gir en sikkerhetsfaktor på 13,5.

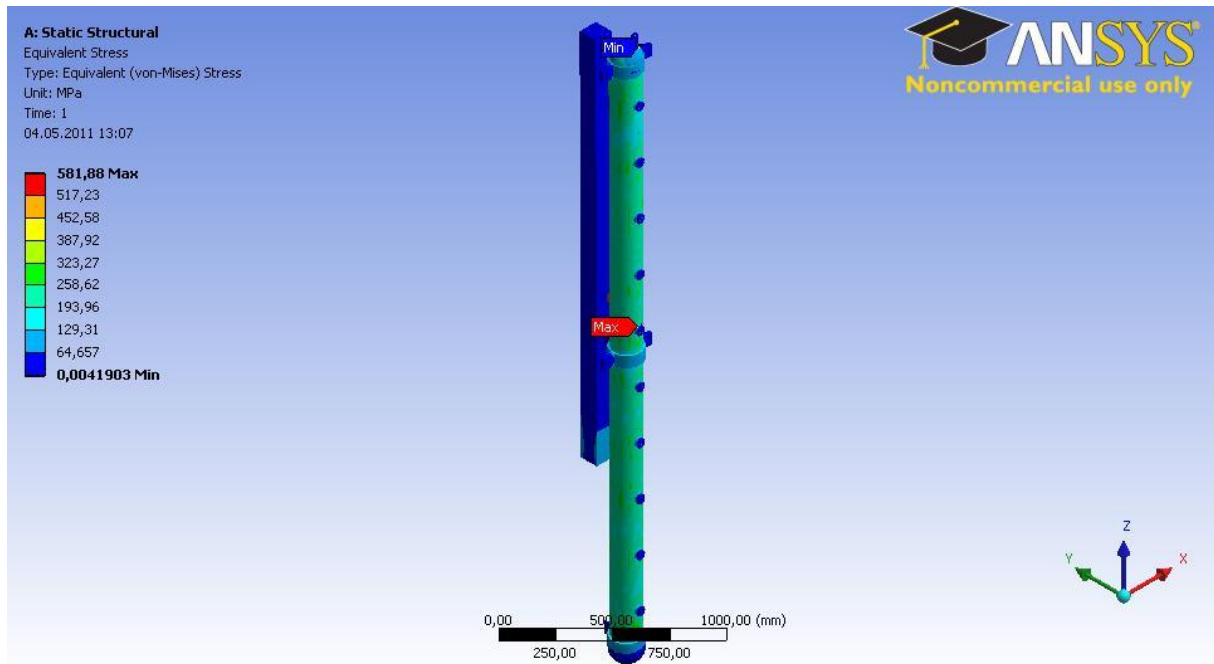


Figur 25 Spenninger. Illustrasjon: Thomas Buberg



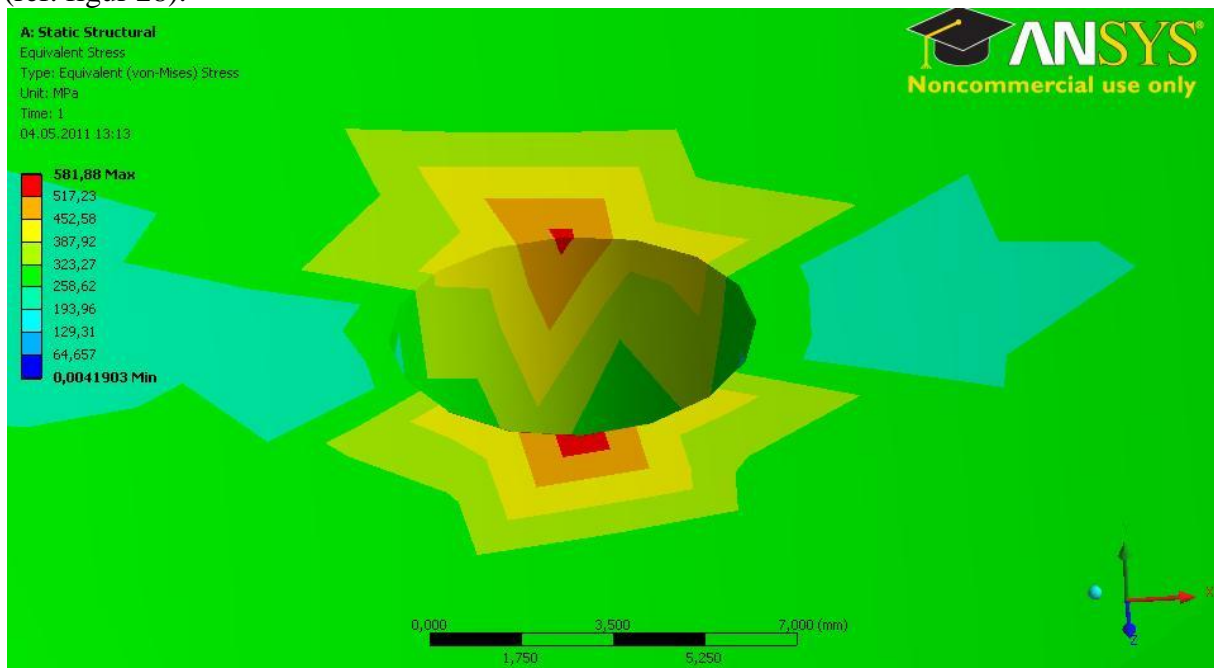
Figur 26 Spenninger nedre feste. Illustrasjon: Thomas Buberg

Spenningene som oppstår grunnet innvendig overtrykk er illustrert i figur 27.



Figur 27 Spenninger grunnet innvendig overtrykk. Illustrasjon: Thomas Buberg

Som figur 27 viser, er maks spenning 581,88 MPa, noe som er over flytgrensen til materialet. Grunnen til dette er en kjerneffekt som oppstår i den innvendige dyseåpningen i sylindere (ref. figur 28).



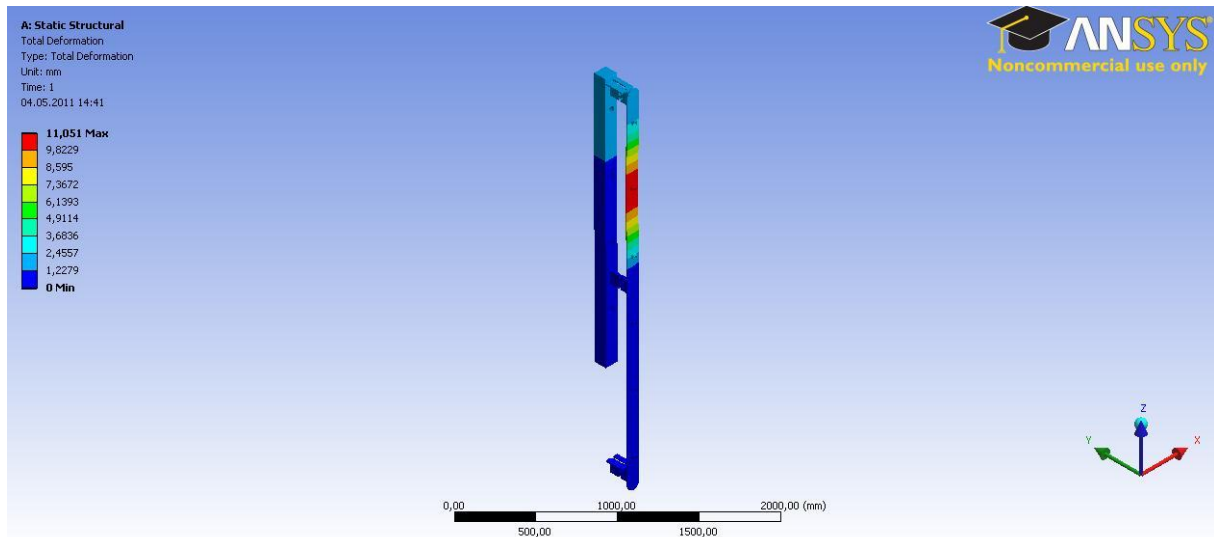
Figur 28 Spenningene ved innvendig dyseåpning. Illustrasjon: Thomas Buberg

Dette problemet løses enkelt ved og runde av kanten. Studentlisensen til ANSYS 13 har dessverre begrensninger på antallet noder som tillates i mesh. På grunn av dette ble gruppen nødt til å fjerne den avrundede kanten for å kunne simulere i ANSYS. Som man ser ellers på figuren er spenningen ca. 258 MPa over hele sylindere. Dette samsvarer med jamnføringsspenningen på 252 MPa som gruppen har regnet ut (ref. kapittel 16.2).

## 18.2 Verktøy versjon 2

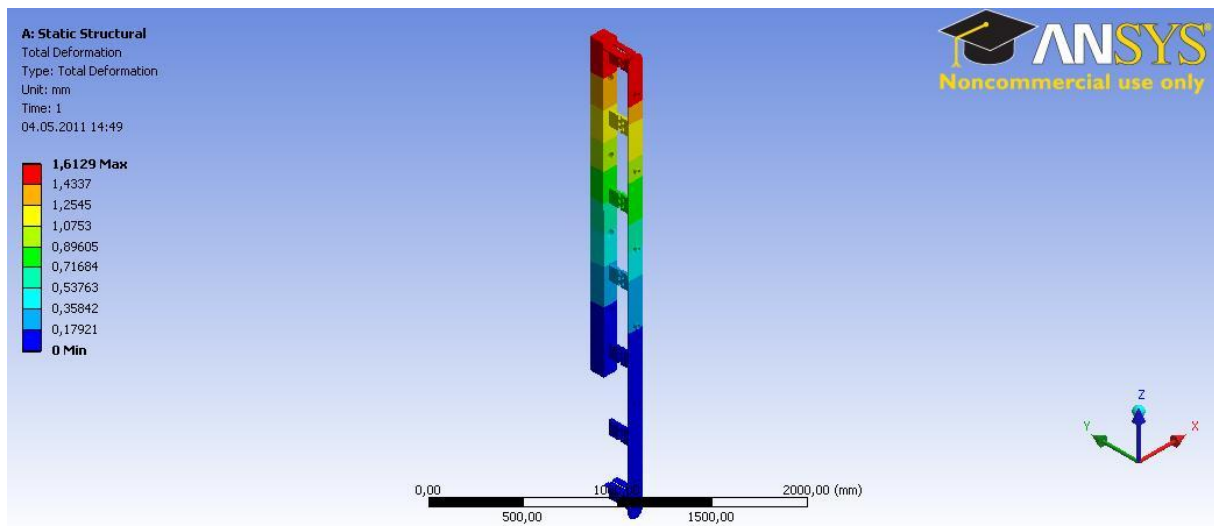
### 18.2.1 Total deformasjon og spenning

ANSYS simuleringer på konstruksjonen viste for stor deformasjon på dysestativet. Dysen som er aktivert i simuleringene er dyse nr 2 fra toppen. Dette fordi størst deformasjon opptrådte her. Trykk ut av dysen ble satt til 225 bar, som igjen tilsvarer en kraft på 1766N (ref. kapittel 17.2). Som man kan se på figur 29, ville den fått en bøyning på 11 mm i det røde området. Dette vil etter hvert føre til trethetsbrudd i stativet. Løsningen ble å forsterke stativet med 4 nye fester.



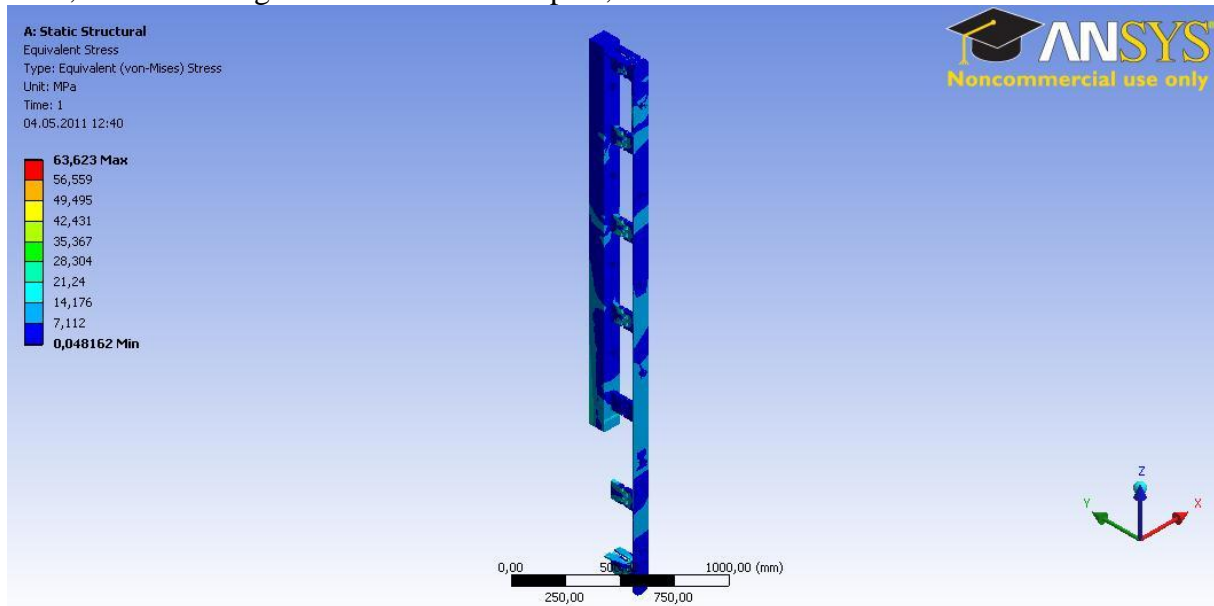
Figur 29 Total deformasjon. Illustrasjon: Thomas Buberg

Ny simulering i ANSYS etter modifikasjonen vises på figur 30. Her kan man se at etter de nye festene ble satt inn, vil den kun få en bøyning på 1,6 mm.



Figur 30 Total deformasjon etter modifikasjon. Illustrasjon: Thomas Buberg

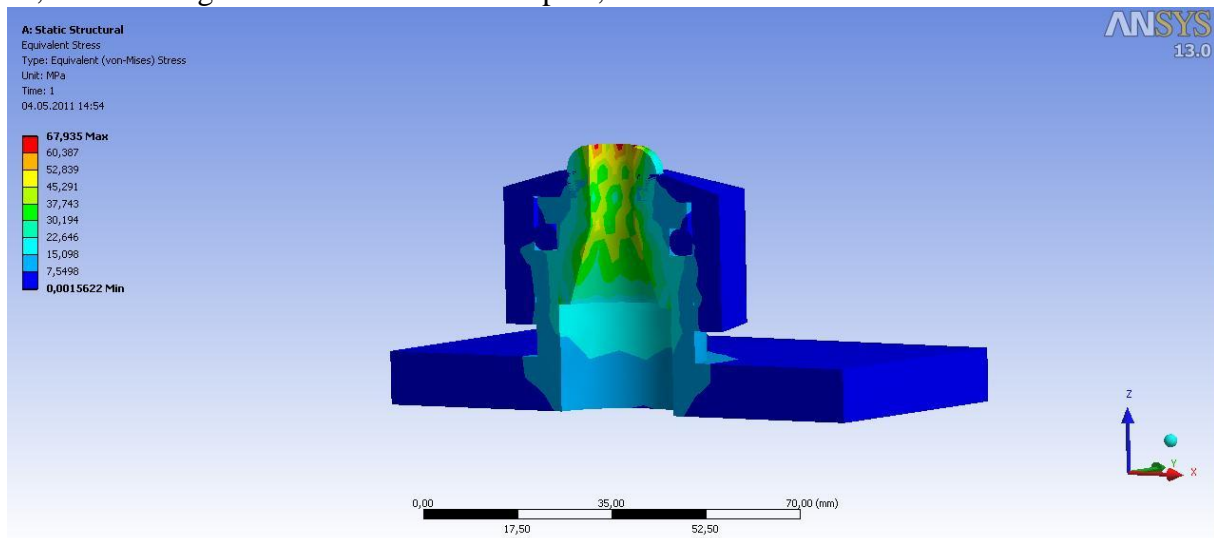
Figur 31 viser at maks spenning som vil oppstå i konstruksjonen ved et dysetrykk på 225 bar er 63,6 MPa. Dette gir en sikkerhetsfaktor på 8,65.



Figur 31 Spenning i konstruksjon. Illustrasjon: Thomas Buberg

### 18.2.2 Spenning i dyse

Figur 32 viser trykket innvendig i dyse. Ansys beregningene viser at maks spenning er på ca 67,9 MPa som gir oss en sikkerhetsfaktor på 8,1.



Figur 32 Spenninger i dyse Illustrasjon: Astor Torgersen

## 19. Pipenet beregninger

Ved bruk av Pipenet har gruppen kunne beregne trykktapet i slangen fra pumpen til konstruksjonen. Input data blir satt inn for volumstrøm,  $Q$ , og trykk i dyse,  $p$ . Hazen Williams' formel er brukt for å beregne K-faktor i dyse:

$$Q = k \cdot \sqrt{p} \Rightarrow K = \frac{Q}{\sqrt{p}}$$

### 19.1 Case 1. Pumpe på endestasjon (ref. vedlegg M):

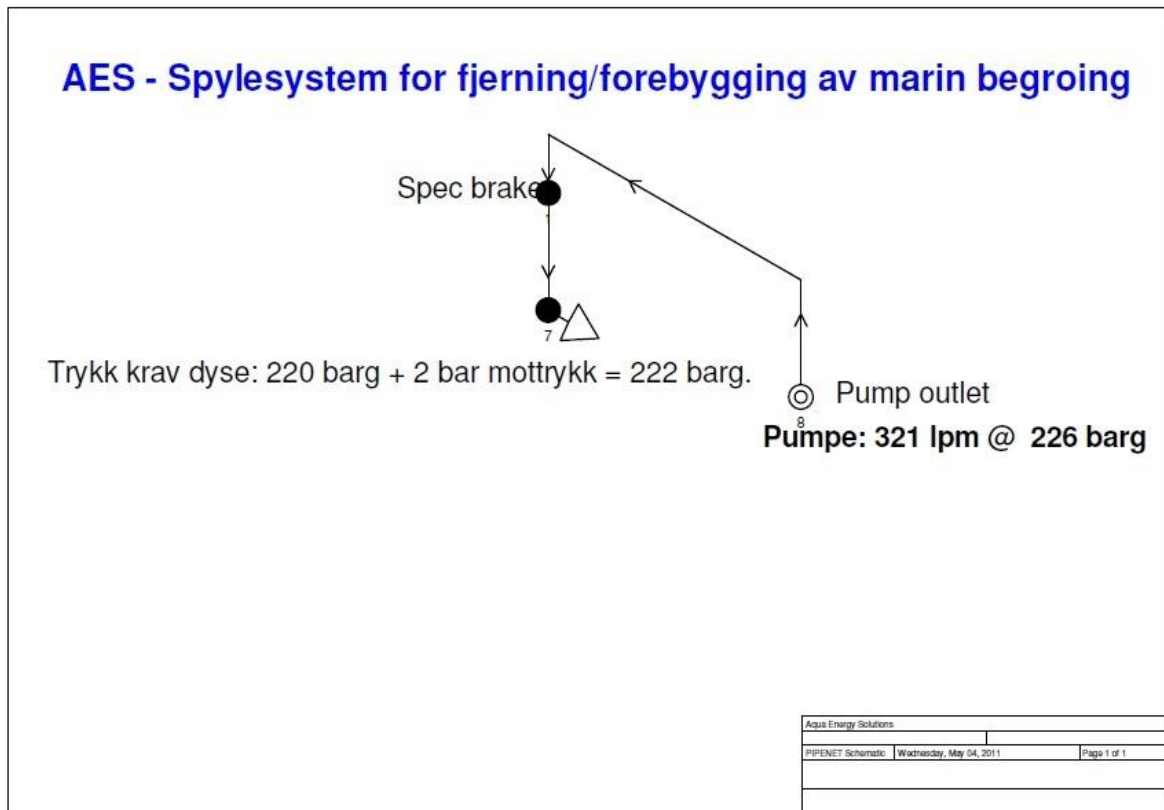
Input data:

$$Q = 321 \text{ lpm}$$

$$p(\text{dyse}) = 220 \text{ barg (+2 bar mottrykk = 222 barg totalt)}$$

$$K\text{-faktor dyse: } K = \frac{Q}{\sqrt{p}} = \frac{321 \text{ lpm}}{\sqrt{222 \text{ barg}}} = 21,54 \frac{\text{lpm}}{\text{bar}^{(1/2)}}$$

Slangelengde: 8 meter



Figur 33 Pumpe plassert på endestasjon. Illustrasjon: Øyvind Haaland

Som man ser på figur 33 vil pumpen levere med et trykk på 226 barg ved gitt input data. Rapporten viser også at vannhastigheten innvendig i trykksylinderen på 0,37 m/s stemmer med pipenet rapporten (ref. vedlegg M, side LVI og beregninger i kapittel 16.1).

### 19.2 Case 2. Pumpe på land (ref. vedlegg N):

Input data:

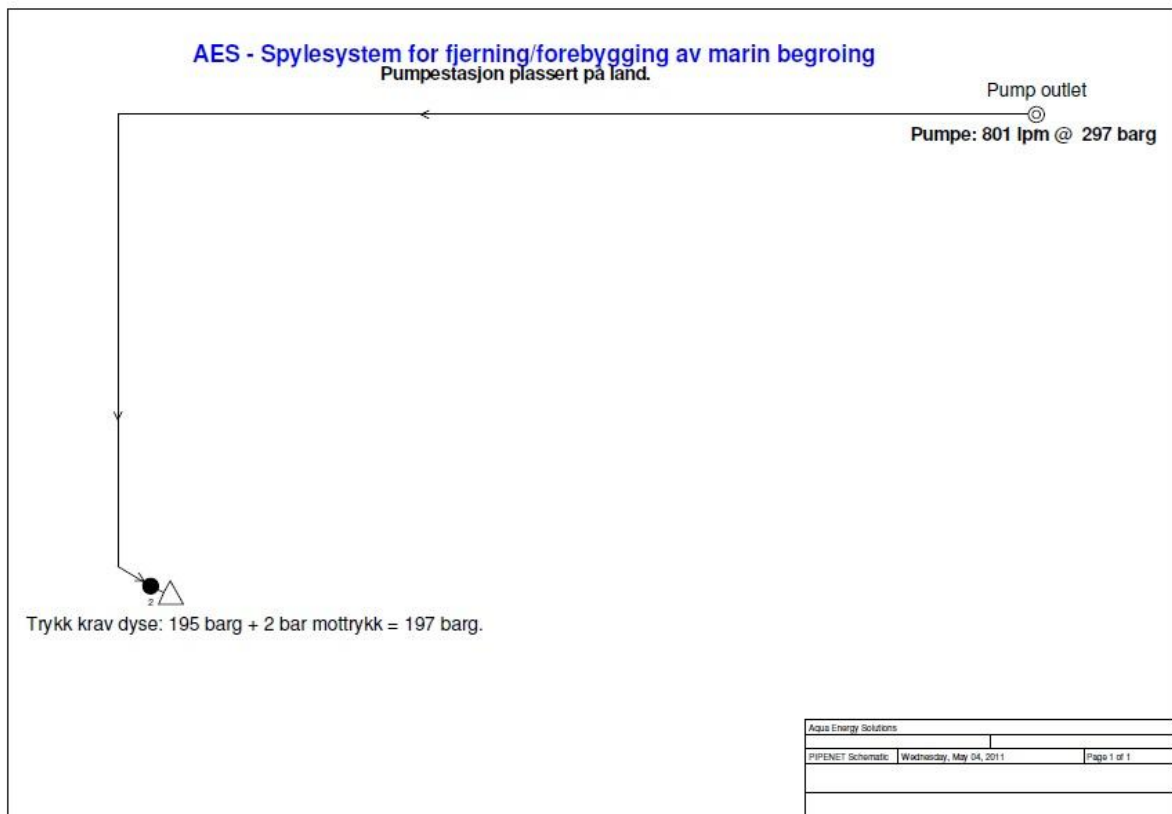
$$Q = 801 \text{ lpm}$$

$$p(\text{dyse}) = 195 \text{ barg (+2 bar mottrykk = 197 barg totalt)}$$

$$K\text{-faktor dyse} = K = \frac{Q}{\sqrt{p}} = \frac{801 \text{ lpm}}{\sqrt{197 \text{ barg}}} = 57 \text{ lpm} / \text{bar}^{(1/2)}$$

Slangelengde: 50 meter

Figur 34 viser at pumpen vil levere 297 barg ved gitt input data.



Figur 34 Pumpe plassert på land. Illustrasjon: Øyvind Haaland



## 20. Avsluttende argumentasjon

To versjoner av verktøyet måtte designes før den ønskede effekten ble oppnådd. Gruppen anser ikke den første versjonen som mislykket. Med videreutvikling av dysene til den første versjonen har gruppen troen på at også denne kan levere den ønskede effekten over seiloverflatene. Denne versjonen krever en mindre pumpe enn den andre. Tatt dette i betraktning kan en se for seg følgende scenario:

Den første versjonen av verktøyet kan benyttes der kraftverket står langt til havs og ikke har mulighet for en pumpestasjon på land, slik som vil være mest optimalt for versjon to av verktøyet.

## 21. Konklusjon

Utgangspunktet for oppgaven var å designe et system som kunne forhindre eller fjerne marin begroing fra kraftverkets seil. Eksisterende teknologier og systemer for fjerning av marin begroing dannet grunnlaget for systemet vi designet.

Vi mener at kombinasjonen med et fouling release bunnstoff og høytrykksspyling, er en god løsning på begroings problematikken. Systemet vårt kombinerer disse to teknologiene på en nyskapende måte som oppfyller alle krav spesifisert i oppgaven.

Den største utfordringen med oppgaven har vært hvordan virkningsgraden til spyleverktøyet skulle dokumenteres. Det viste seg svært vanskelig å finne en god matematisk modell på tap av vannhastighet i en nedsenket vannstråle. Løsningen ble å simulere vannstrålene fra spyleverktøyet med ANSYS 13. Dette viste seg å være en god løsning som gjorde oss oppmerksomme på at det første designet ikke ville fungere optimalt. På bakgrunn av dette designet vi en ny versjon som simuleringen viste ville fungere på tiltenkt måte.

Det kunne ha vært ønskelig å designe trykksylinderen i den første versjonen av verktøyet etter en norsk eller internasjonal standard. Vi har ikke lyktes å finne en standard tilpasset en mindre trykksatt beholder, slik som trykksylinderen i den første versjonen av verktøyet er.

Prisen på hele systemet beskrevet i oppgaven er ikke anslått. Pris på bunnsmøringsstoffet som er anbefalt er opplyst, men prisen på pumpene som vil være den andre store utgiften med systemet klarte vi ikke å skaffe. Det er mulig dette var fordi vi presenterte oss som studenter.

## 22. Referanser

Aqua Energy (2011). *The AES Advantage*. www.aquaenergy.no Hentet fra <http://www.aquaenergy.no/about-us/>

Benoisen, A. (2011, 15. februar). Pengejakt til tidevannkraft. *Finansavisen*, s. 24.

Callow, M. E. & Callow, J. A. (2002). Marine biofouling: a sticky problem [Elektronisk versjon]. *Biologist*, 49(1), 1-5.

Chambers, L. D., Stokes, K. R., Walsh, F. C., Wood, R. J. K. (2006) Modern approaches to marine coatings [Elektronisk versjon]. *Surface & Coatings Technology*, 201(2006), 3642 – 3652

Creswell, J. W. (2009). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. California.: SAGE Publications Ltd.

HISMAR - Hull Identification System for Marine Autonomous Robotics (2008) HISMAR News Report No.2. Hentet fra [http://hismar.ncl.ac.uk/public\\_docs/News\\_Reports/News%20Report%20No2\\_UNEW.pdf](http://hismar.ncl.ac.uk/public_docs/News_Reports/News%20Report%20No2_UNEW.pdf)

Holme, I. L. & Solvang, B. K. (1986). *Metodevalg og Metodebruk*. Otta.: TANO.

Jotun. (2010, 5. oktober). References SeaLion Topcoat and Repulse. Hentet fra <http://www.jotun.com/servlet/GetNotesAttachment?unid=47B3F2090C221BC0C125774B0045C94F&filename=NB%20and%20DD%20references%20SeaLion%20Topcoat%20and%20Repulse.pdf&dbpath=www/com/20020115.nsf>

Miljøverndepartementet. (2010, 9. november) 4.15.2 Tributyltinn- og trifenylyltinn forbindelser (TBT og TFT). Hentet fra <http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/dok/nou-er/2010/nou-2010-9/7/15/2.html?id=623176>

Muslinger (2004). I: Caplex leksikon. Hentet fra <http://www.caplex.no/Web/ArticleView.aspx?id=9323922>

- Muthukumar, T., Aravinthan, A., Lakshmi, K., Venkatesan, K., Vedaprakash, L., Doble, M. (2010). Fouling and stability of polymers and composite in marine environment [Elektronisk versjon]. *International biodeterioration & biodegradation*, xxx(2010), 1-9
- Narewski, Marek. (2009). HISMAR – Underwater hull inspection and cleaning system as a tool for ship propulsion system performance increase [Elektronisk versjon]. *Jurnal of Polish CIMAC*
- Rueness, J. (1998). *Alger i farger: En felthåndbok om kystens makroalger*. Oslo.: Almater forlag
- Rur (2004). I: Caplex leksikon. Hentet fra <http://www.caplex.no/Web/ArticleView.aspx?id=9330489>
- Sjøpølser (2004) I: Caplex leksikon. Hentet fra <http://www.caplex.no/Web/ArticleView.aspx?id=9332320>
- Statoil. (2010, 21. januar). Hywind – verdens første fullskala flytende vindmølle. <http://www.statoil.com/no/TechnologyInnovation/NewEnergy/RenewablePowerProduction/Offshore/Hywind/Pages/HywindPuttingWindPowerToTheTest.aspx>
- Titus, James M., Ryskiewich, S. (1994). *U.S. Patent No. 5322569: Ultraviolet marine anti-biofouling systems*.
- Ultrasonic Antifouling. (2011) Ultrasonic Antifouling Sailboats. Hentet fra [http://www.ultrasonic-antifouling.com/ultrasonic\\_antifouling\\_for\\_sail\\_boats.html](http://www.ultrasonic-antifouling.com/ultrasonic_antifouling_for_sail_boats.html)
- Wait, Isaac W., Johnston, Cliff T., Blatchely III, Ernest R. (2007) The influence of oxidation reduction potential and water treatment processes on quartz lamp sleeve fouling in ultraviolet disinfection reactors [Elektronisk versjon]. *Water research*, 41(2007), 2427 – 2436
- Würtele, M.A., Kolbe, T., Lipsz, M., Külberg, A., Weyers, M., Kneissl, M., Jekel, M. (2010) Application of GaN-based ultraviolet-C light emitting diodes – UV LEDs – for water disinfection [Elektronisk versjon]. *Water Research*, 45(2011), 1418 – 1489

## 23. Vedlegg

<u>Vedlegg A: Pumpe til verktøy versjon 1</u>	<u>IV</u>
<u>Vedlegg B: Dyse til verktøy versjon 1</u>	<u>VI</u>
<u>Vedlegg C: Pumpe til verktøy versjon 2, forslag 1</u>	<u>VII</u>
<u>Vedlegg D: Pumpe til verktøy versjon 2, forslag 2</u>	<u>IX</u>
<u>Vedlegg E: Jotun Penguard Primer</u>	<u>XI</u>
<u>Vedlegg F: Jotun Safeguard Universal ES</u>	<u>XV</u>
<u>Vedlegg G: Jotun SeaLion Tiecoat</u>	<u>XIX</u>
<u>Vedlegg H: Jotun SeaLion Repulse</u>	<u>XXII</u>
<u>Vedlegg I: Endestasjon med to spyleenheter</u>	<u>XXV</u>
<u>Vedlegg J: Tekniske tegninger, verktøy versjon 1</u>	<u>XXVI</u>
<u>Vedlegg K: Tekniske tegninger, verktøy versjon 2</u>	<u>XXXV</u>
<u>Vedlegg L: Johnsen, Roy. Forelesningsnotat NTNU</u>	<u>XLVII</u>
<u>Vedlegg M: Pipenet rapport. Pumpe plassert på endestasjon</u>	<u>XLVIII</u>
<u>Vedlegg N: Pipenet rapport. Pumpe plassert på land</u>	<u>LXII</u>

## Vedlegg A: Pumpe til verktøy versjon 1



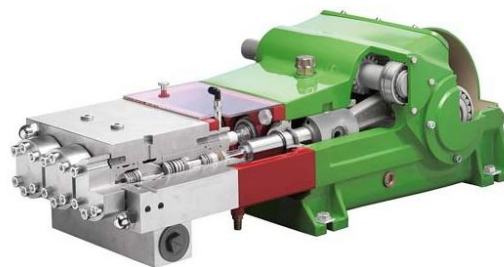
### Triplex Plungerpumpe K 10000

### Triplex Plunger Pump

P 15-1

01.02.2008

- Förderstromangaben mit 100% volumetrischem Wirkungsgrad und 20°C Umgebungstemperatur
- Mindestvordrücke je nach Fördermedium
- Mindestdrehzahl je nach Stangenkraft
- Getriebe mit Zwangsschmierung (> 110 kw mit Ölkühler)
- Standard Getriebeuntersetzungen  
i = 3,00 - 3,14 - 3,39 - 3,76 - 4,13 - 4,50 - 4,93
- Auch nach API 674 lieferbar
- Sondermedien wie Seewasser, Glykol, Methanol, Öle, etc. auf Anfrage



- Flow rate is based on 100% volumetric efficiency and 20°C ambient temperature
- min. inlet pressure depending on fluid medium
- min. rpm depending on rod loading
- Gear with force-fed lubrication (> 110 kw with oil cooler)
- Standard gear ratios  
i = 3,00 - 3,14 - 3,39 - 3,76 - 4,13 - 4,50 - 4,93
- Also available to API 674
- Special medium such as sea water, glycol, methanol, oils, etc. on request

n <sub>nom</sub> = 475 1/min		p max. bar @ kW				Kopftyp / Headtype		
Typ / Type	l/min	75 kW	90 kW	110 kW	130 kW	A	M	MC
K 10012	15	2600	3120	3500	-----	x		
K 10014	21	1900	2270	2780	3300	x		
K 10016	27	1470	1770	2160	2500	x		
K 10018	34	1170	1405	1715	2050	x		
K 10020	43	925	1110	1360	1630	x		
K 10022	51	775	935	1140	1370	x		
K 10024	61	650	780	955	1150	x		
K 10026	72	550	665	810	975	x		
K 10028	83	480	575	700	845	x		
K 10030	96	415	500	605	730	x		
K 10032	109	365	440	535	645	x		
K 10036	138	290	345	420	510		x	
K 10040	170	235	280	345	415		x	
K 10045	215	185	220	270	330		x	x
K 10050	266	150	180	220	265		x	x
K 10055	321	125	150	180	220		x	x
K 10060	383	105	125	150	185		x	x
K 10065	449	90	105	130	160			x

KAMAT Pumpen GmbH & Co. KG

Salinger Feld 10, 58454 Witten, Deutschland, Fon +49 (0)23 02 / 89 03-0, Fax +49 (0)23 02 / 80 19 17, info@kamat.de, www.kamat.de

Technische Änderungen vorbehalten. / The right to technical changes is reserved.

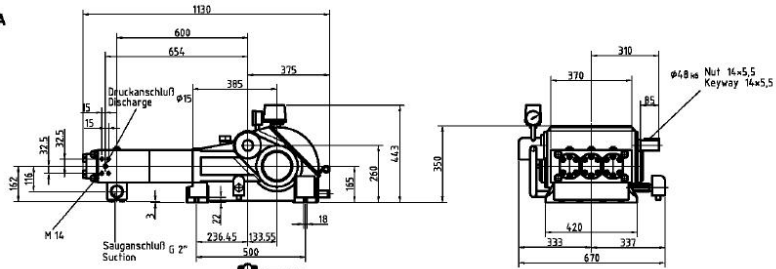


Maßzeichnung K 10000  
Dimension drawing

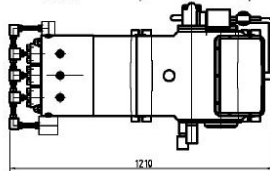
385 kg P 15-2

01.02.2008

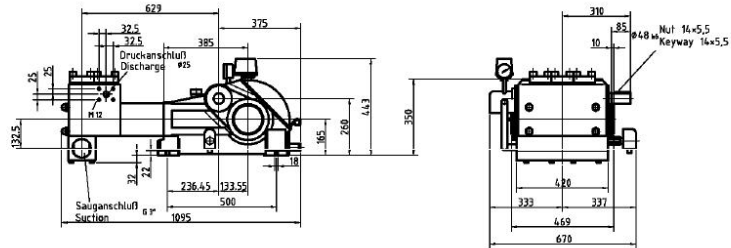
**Hochdruckkopf A**  
High Pressure Head A



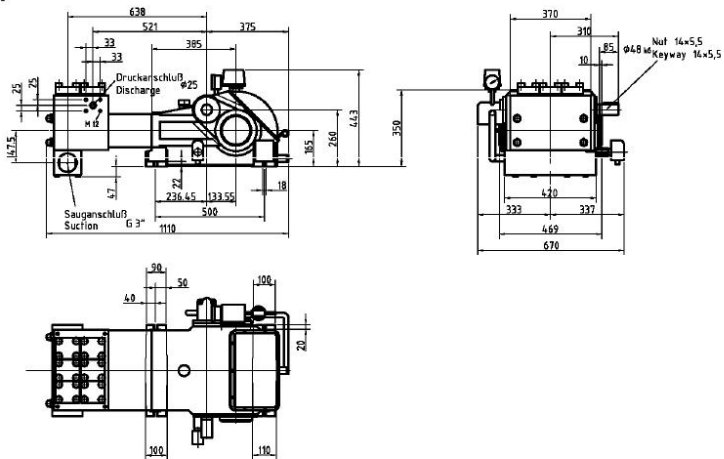
**Hochdruckkopf A**  
High Pressure Head A  
± 2000 bar



**Kompaktkopf M**  
Compact Head M



**Niederdruckkopf MC**  
Compact Head (Low Pressure) MC



KAMAT Pumpen GmbH & Co. KG  
Salinger Feld 10, 58454 Witten, Deutschland, Fon +49 (0)23 02 / 89 03-0, Fax +49 (0)23 02 / 80 19 17, info@kamat.de, www.kamat.de  
Technische Änderungen vorbehalten. / The right to technical changes is reserved.

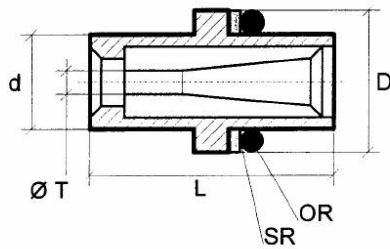
## Vedlegg B: Dyse til verktøy versjon 1



**Uni Marin  
Products AS**  
Competence In Water Blasting Equipment

**UMP** - 16 -  
Blasting Equipment

### RUND STRÅLEDYSER / SKJÆRE DYSER



Appropriate to hydrodynamic tools from:  
Passend zu Wasserwerkzeugen von:

**Hammelmann, Kamat, URACA, WOMA**

Adaptables sur les outils hydrodynamiques de:

Accessories, see page

Zubehör, siehe Seite

Accessoires, voir page

2.15 + 2.17

Nozzle Düse Buse	Diam. Durchm. Diam.	Diam. Durchm. Diam.	Length Länge Longueur	O-Ring O-Ring Joint tor.	Backing Stützring Rondelle	Working pressure Arbeitsdruck Pression de travail
Type	D mm	d mm	L mm	OR	SR	max. bar / PSI
910	12	8	24	X	--	2500/37500
924	14	7,5	24	X	X	2500/37500
928	12	8	12,5	X	--	2000/30000

Available Ø Lieferbare Ø Ø livrables	
Ø T mm	Ø T mm
0,80	1,80
0,85	1,85
0,90	1,90
0,95	1,95
1,00	2,00
1,05	2,05
1,10	2,10
1,15	2,15
1,20	2,20
1,25	2,25
1,30	2,30
1,35	2,35
1,40	2,40
1,45	2,45
1,50	2,50
1,55	2,55
1,60	2,60
1,65	2,65
1,70	2,70
1,75	2,75

**Uni Marin Products AS**

Gneisveien 14 Box 1215 N - 3205 Sandefjord Tel. (47)3342 6980 Fax (47)3342 6981 E-mail: [ump@unimarin-p.no](mailto:ump@unimarin-p.no) Web.ump@unimarin-p.no

## Vedlegg C: Pumpe til verktøy versjon 2, forslag 1.



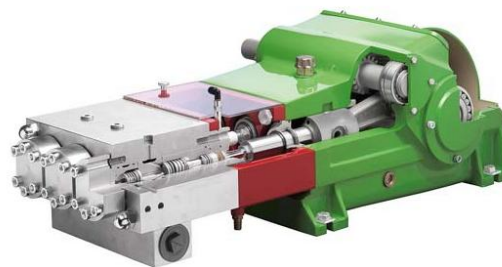
### Triplex Plungerpumpe K 20000

P 30-1

### Triplex Plunger Pump

01.02.2008

- Förderstromangaben mit 100% volumetrischem Wirkungsgrad und 20°C Umgebungstemperatur
  - Mindestvordrücke je nach Fördermedium
  - Mindestdrehzahl je nach Stangenkraft
  - Getriebe mit Tauchschmierung
  - Standard Getriebeuntersetzungen  
i = 3,33 - 3,50 - 4,04 - 4,62 - 5,44
  - Auch nach API 674 lieferbar
  - Sondermedien wie Seewasser, Glykol, Methanol, Öle, etc. auf Anfrage
- 
- Flow rate is based on 100% volumetric efficiency and 20°C ambient temperature
  - min. inlet pressure depending on fluid medium
  - min. rpm depending on rod loading
  - Gear with splash lubrication
  - Standard gear ratios  
i = 3,33 - 3,50 - 4,04 - 4,62 - 5,44
  - Also available to API 674
  - Special medium such as sea water, glycol, methanol, oils, etc. on request



n <sub>nom</sub> = 375 1/min		p max. bar @ kW				Kopftyp / Headtype		
Typ / Type	l/min	110 kW	132 kW	160 kW	200 kW	A	M	MC
K 20018	34	1700	2040	2470	2800	x		
K 20020	42	1375	1650	2000	2500	x		
K 20022	51	1120	1350	1630	2000	x		
K 20024	61	940	1125	1360	1700	x		
K 20026	72	820	965	1160	1410	x		
K 20028	83	720	855	1015	1215	x		
K 20030	95	630	755	900	1060	x		
K 20032	109	555	660	800	930	x		
K 20036	137	435	525	635	735	x		
K 20040	170	355	420	510	595	x		
K 20045	215	270	325	390	470	x	x	
K 20050	265	210	255	310	380	x	x	
K 20055	321	175	210	255	315		x	x
K 20060	382	150	180	215	265		x	x
K 20065	448	125	150	185	225		x	x
K 20070	519	110	130	160	195			x
K 20075	596	95	115	140	170			x
K 20085	766	75	90	105	130			x
K 20095	957	60	75	90	105			x

KAMAT Pumpen GmbH & Co. KG

Salinger Feld 10, 58454 Witten, Deutschland, Fon +49 (0)23 02 / 89 03-0, Fax +49 (0)23 02 / 80 19 17, info@kamat.de, www.kamat.de

Technische Änderungen vorbehalten. / The right to technical changes is reserved.

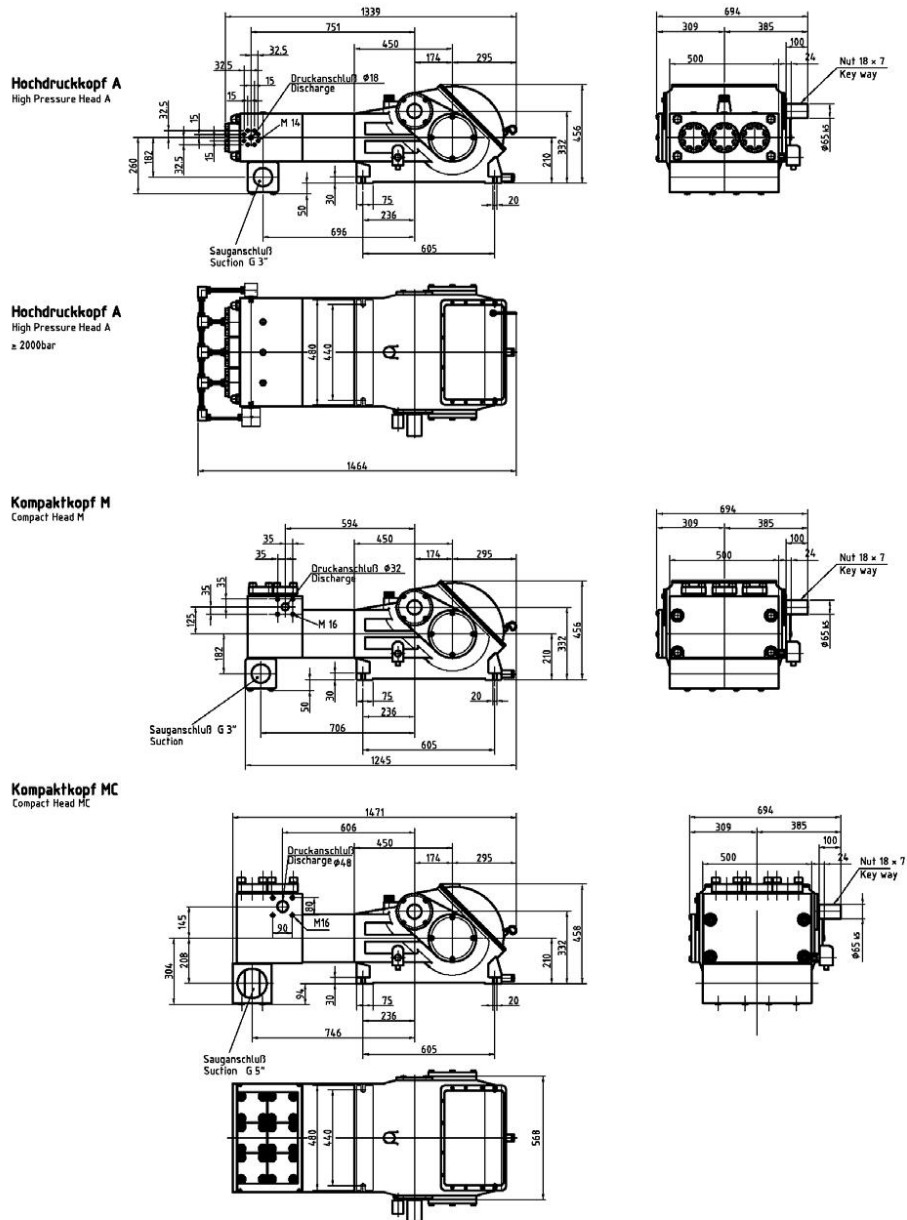




Maßzeichnung K 20000  
Dimension drawing

850 kg P 30-2

01.02.2008



KAMAT Pumpen GmbH & Co. KG  
Salinger Feld 10, 58454 Witten, Deutschland, Fon +49 (0)23 02 / 89 03-0, Fax +49 (0)23 02 / 80 19 17, info@kamat.de, www.kamat.de  
Technische Änderungen vorbehalten. / The right to technical changes is reserved.

## Vedlegg D: Pumpe til verktøy versjon 2, forslag 2.



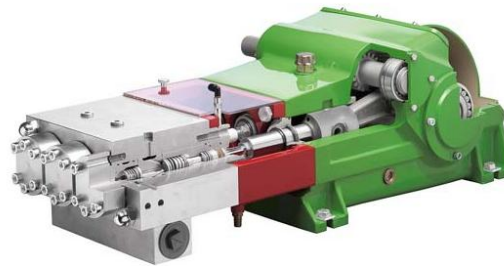
### Triplex Plungerpumpe K 35000

### Triplex Plunger Pump

P 45-1

01.02.2008

- Förderstromangaben mit 100% volumetrischem Wirkungsgrad und 20°C Umgebungstemperatur
  - Mindestvordrücke je nach Fördermedium
  - Mindestdrehzahl je nach Stangenkraft
  - Getriebe mit Zwangsschmierung und Ölkühler
  - Standard Getriebeuntersetzungen  
i = 3,39 - 4,05 - 4,76 - 5,25
  - Auch nach API 674 lieferbar
  - Sondermedien wie Seewasser, Glykol, Methanol, Öle, etc. auf Anfrage
- 
- Flow rate is based on 100% volumetric efficiency and 20°C ambient temperature
  - min. inlet pressure depending on fluid medium
  - min. rpm depending on rod loading
  - Gear with force-fed and oil cooler
  - Standard gear ratios  
i = 3,39 - 4,05 - 4,76 - 5,25
  - Also available to API 674
  - Special medium such as sea water, glycol, methanol, oils, etc. on request



n <sub>nom</sub> = 440 1/min		p max. bar @ kW				Kopftyp / Headtype		
Typ / Type	l/min	280 kW	315 kW	330 kW	350 kW	A	M	MC
K 35018	47	3100	3500	-----	-----	x		
K 35020	58	2500	2800	2950	3150	x		
K 35022	70	2075	2335	2440	2500	x		
K 35024	83	1750	1960	2050	2200	x		
K 35026	98	1480	1670	1750	1880	x		
K 35028	114	1280	1440	1540	1620	x		
K 35030	131	1150	1300	1350	1440	x		
K 35032	149	1020	1150	1200	1265	x		
K 35036	188	815	905	950	1000	x		
K 35040	232	665	755	780	810	x		
K 35045	294	525	595	625	640	x		
K 35050	363	405	455	480	505	x	x	
K 35055	439	335	375	395	420		x	x
K 35060	523	280	315	330	350		x	x
K 35065	613	240	270	285	300		x	x
K 35070	711	205	230	245	260		x	x
K 35075	816	180	200	210	225			x
K 35085	1049	140	160	165	175			x
K 35095	1310	110	125	130	140			x

KAMAT Pumpen GmbH & Co. KG

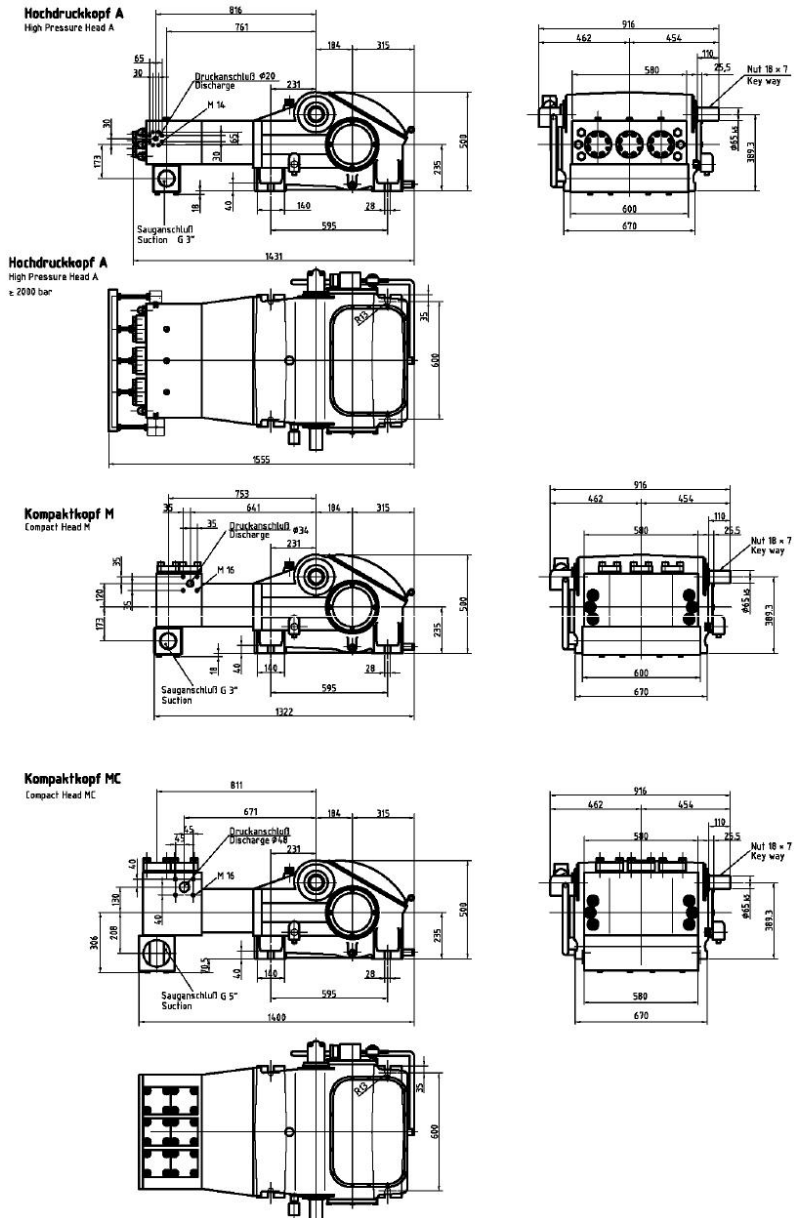
Salinger Feld 10, 58454 Witten, Deutschland, Fon +49 (0)23 02 / 89 03-0, Fax +49 (0)23 02 / 80 19 17, info@kamat.de, www.kamat.de

Technische Änderungen vorbehalten. / The right to technical changes is reserved.

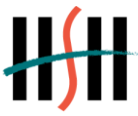


Maßzeichnung K 35000  
Dimension drawing

1220 kg P 45-2  
01.02.2008



KAMAT Pumpen GmbH & Co. KG  
Salinger Feld 10, 58454 Witten, Deutschland, Fon +49 (0)23 02 / 89 03-0, Fax +49 (0)23 02 / 80 19 17, info@kamat.de, www.kamat.de  
Technische Änderungen vorbehalten. / The right to technical changes is reserved.



## Vedlegg E: Jotun Penguard Primer

### Tekniske Data Penguard Primer



#### Produktbeskrivelse

Penguard Primer er en to-komponent, høymolekylær, løsningsmiddelholdig epoksymaling. Dette produktet er de del av et malingsystem som er sertifisert som ikke flammespredende.

---

#### Bruksområde

Som primer i et malingsystem for korrosjonsbeskyttelse av stål og andre overflater. Penguard Primer er også anbefalt som innvendig friksjon i gassrørledninger som i API 5L2. Kontakt Jotun for anbefaling.

---

#### Filmtykkelse og spredeevne

	Minimum	Maksimum	Typisk
Filmtykkelse, tørr ( $\mu\text{m}$ )	40	60	50
Filmtykkelse, våt ( $\mu\text{m}$ )	80	120	100
Teoretisk spredeevne ( $\text{m}^2/\text{l}$ )	12,8	8,5	10,2

---

#### Godkjenninger

API 5L2 av Egyptian National Research Centre NRC.

---



### Teknisk informasjon

<b>Farge</b>	Grå, Rød
<b>Tørrstoff (vol %)*</b>	51 ± 2
<b>Flammepunkt</b>	25°C ± 2 (Setaflash)
<b>VOC</b>	420 gms/ltr UK-PG6/23(97). Appendix 3
<b>Glans</b>	Matt
<b>Vannbestandighet</b>	Meget god
<b>Slitestyrke</b>	Meget god
<b>Løsningsmiddel bestandighet</b>	Utmerket
<b>Kjemikalie bestandighet</b>	Utmerket
<b>Fleksibilitet</b>	God

\*Målt i henhold til ISO 3233:1998 (E)

Hong Kong regler:

Kategori av maling - Tankmalinger; VOC 440 gm/ltr HK EPD metode (for maling klar til bruk); Unntatte stoffer - N/A; Spesifikk vekt 1,24; Både VOC og spesifikk vekt er typiske verdier, som avhenger av fargevalg.

---

### Forbehandling

Overflaten må være rengjort for støv og smuss, samt være tørr før overmaling finner sted. Overflaten må være vurdert og behandlet i henhold til ISO 8504.

#### Bart stål

Forbehandling: Blåserensning til min. Sa 2½ (ISO 8501-1:2007). Ruhet: bruk blåsemiddel som oppnår grad Fin til Medium G (30-85 µm, Ry5) (ISO 8503-2).

#### Shopprimet stål

Ren, tørr og ubeskadiget godkjent shopprimer.

#### Malte overflater

Ren, tørr og ubeskadet kompatibel primer. Kontakt ditt lokale Jotun-kontor for mer informasjon.

#### Andre overflater

For aluminium og galvanisert overflate; avfetting, lett avsliping eller sandblåsing. For galvanisert stål; lett avsliping eller sandblåsing med kloridfritt, ikke metallisk blåsemiddel

Andre overflater kan også males. Ta kontakt med ditt Jotun kontor for ytterligere informasjon.

---

### Forhold under påføring

Underlagets temperatur skal være min. 10°C og minst 3°C over luftens duggpunkt. Temperatur og relativ fuktighet skal måles i nærheten av underlaget. God ventilasjon er normalt påkrevd i innestengte rom for å oppnå riktig tørk. Malingen skal ikke eksponeres for olje/kjemikalier eller mekanisk påvirkning før den er utherdet. Hvis nødvendig kan Penguard Stayer, Penguard Primer, Penguard HB, Penguard Special benyttes ned mot 2°C, forutsatt at en spesiell akselerator er tilsatt.



## Påføringsmetoder

<b>Spray</b>	Benytt høytrykkssprøyte.
<b>Pensel</b>	Anbefalt for maling av kanter og mindre områder, men vær påpasselig med å oppnå spesifisert filmtykkelse.

-

## Påføringsdata

<b>Blandingsforhold (volum)</b>	4:1
<b>Blanding</b>	4 deler Penguard Primer, komp. A (base) blandes grundig med 1 del Penguard, komp. B (herder).
<b>Induksjonstid</b>	30 minutter.
<b>Brukstid (23°C)</b>	8 timer. (Reduseres ved høyere temp.)
<b>Tynner/Rengjøringsmiddel</b>	Jotun Thinner No. 17. Må ikke tynnes dersom malingen skal benyttes i drikkevannstanker.
<b>Veiledende data for luftløs sprøyte</b>	
<b>Dysetrykk</b>	15 MPa (150 kp/cm <sup>2</sup> , 2100 psi)
<b>Dyse</b>	0.46 - 0.58 mm (0.018-0.023")
<b>Viftevinkel</b>	40 - 80°
<b>Filter</b>	Kontroller at filtrene er rene.

## Tørre/herdetider

Tørretider blir påvirket av bl.a. luftsirkulasjon, temperatur, filmtykkelse og antall strøk. De oppgitte tidene i tabellen nedenunder er derfor veiledende og er typiske for:

- \* God ventilasjon (Utendørseksponering eller fri luftsirkulasjon)
- \* Anbefalt filmtykkelse
- \* Ett strøk på inert underlag

Underlagets temperatur	10°C	23°C	40°C
<b>Berøringstørr</b>	2 t	1 t	0,5 t
<b>Gjennomtørr</b>	14 t	6,5 t	3 t
<b>Utherdet</b>	14 d	7 d	3 d
<b>Overmalingsintervall, minimum</b>	8 t	4 t	3 t
<b>Overmalingsintervall, maksimum <sup>2</sup></b>			

- 1 Dersom overflaten er fri for krittning og annet belegg, er det normalt ingen maksimum overmalingsstid. Best adhesjon mellom strøkene oppnås dersom overmaling finner sted før det underliggende strøket er utherdet. Hvis overflaten er blitt utsatt for sollys i noen tid, må man være spesielt oppmerksom på rengjøring av overflaten. Nedmatting kan da være nødvendig for å oppnå god heft.

Gitte data må kun bli betraktet som veiledende. Faktiske tørretider kan være både kortere og lengre, avhengig av eksisterende belegg, generisk type, filmtykkelse, system som er valgt, antall strøk, ventilasjon, luftfuktighet, temperatur, mekanisk styrkebehov etc. Et komplett system kan settes opp på et systemark, hvor alle parametre og spesielle vilkår blir beskrevet.



### Typisk anbefalt malingsystem

Penguard Primer	1 x 50 µm	(Tørrfilmtykkelse)
Penguard HB	1 x 100 µm	(Tørrfilmtykkelse)
Penguard Topcoat	1 x 50 µm	(Tørrfilmtykkelse)

Andre systemer kan også benyttes, avhengig av bruksområdet

---

### Lagring

Produktet må lagres i henhold til nasjonale bestemmelser. Produktet bør oppbevares i et tørt rom med god ventilasjon og holdes unna varmekilder. Emballasjen må holdes godt tilkuppet.

---

### Behandling

Behandles forsiktig. Omrøres godt før bruk.

---

### Emballasjestørrelse

20 l enhet: 16 l Penguard Primer, komp. A (base) i 20 l spann og 4 l Penguard, komp. B (herder) i 5 l spann.  
5 l enhet: 4 l Penguard Primer, komp. A (base) i 5 l spann og 1 l, Penguard, komp. B (herder) i 1 l spann.

---

### Helse og sikkerhet

Vennligst observer miljø- og sikkerhetsmerkingen som er anvist på emballasjen. Påfør produktet under godt ventilerte forhold. Unngå innånding av sprøytetåke. Bruk egnet vernemaske ved sprøyting. Unngå hudkontakt. Søl på huden vaskes straks med egnet rensmiddel, såpe og vann. Får man stoffet i øynene, skyll straks med store mengder vann og kontakt lege umiddelbart.

For detaljert informasjon vedr. helse- og sikkerhetsrisiko samt forsiktighetsregler for bruk av dette produktet, referer vi til produktets HMS-datablad.

---

### MERKNAD

Informasjonen i dette dataarket er basert på laboratorietesting og praktiske erfaringer. Da produktet kan brukes under omstendigheter utenfor vår kontroll, kan vi bare garantere kvaliteten på selve produktet. Vi forbeholder retten til å endre gitte data uten varsel. Mindre produktendringer kan bli implementert grunnet lokale bestemmelser. Hvis den norske teksten ikke samsvarer med den engelske, gjelder den engelske versjonen.

Jotun er et verdensomspennende firma med fabrikker, salgskontorer og lager i mer en 50 land. For informasjon om ditt nærmeste Jotun kontor, ta kontakt med nærmeste regionskontor eller besøk våre nettsider på [www.jotun.com](http://www.jotun.com)

PUBLISERT 26 NOVEMBER 2010 AV JOTUN  
DETTE DATAARKET ERSTATTER TIDLIGERE PUBLISERTE DATAARK

## Vedlegg F: Jotun Safeguard Universal ES

### Tekniske Data Safeguard Universal ES



#### Produktbeskrivelse

Safeguard Universal ES er en to-komponent, rusthindrende, epoksy vinylbasert maling.

---

#### Bruksområde

Safeguard Universal ES er vanligvis brukt som et anti-korrosivt understrøk for forskjellige systemer. Dette gir meget god vedheft for forskjellige toppstrøk (ikke alkyder) og for selvpolerende antifoulinger.

---

#### Filmtykkelse og spredeevne

	Minimum	Maksimum	Typisk
Filmtykkelse, tørr ( $\mu\text{m}$ )	50	200	150
Filmtykkelse, våt ( $\mu\text{m}$ )	80	325	240
Teoretisk spredeevne ( $\text{m}^2/\text{l}$ )	12,4	3,1	4,1

#### Kommentarer

Når Safeguard Universal ES brukes som sealer strøk, med tørrfilmtykkelse 50-75  $\mu\text{m}$  på epoksy primer eller eksisterende malingsystemer, kan ytterligere tynning med Thinner No. 17 være nødvendig 5-10%.

---

#### Anbefalt mengde

---





### Teknisk informasjon

<b>Farge</b>	Gulaktig
<b>Tørrestoff (vol %)*</b>	62 ± 2
<b>Flammepunkt</b>	27°C ± 2 (Setaflash)
<b>VOC</b>	330 gms/ltr UK-PG6/23(97). Appendix 3
<b>Glans</b>	Halvblank
<b>Vannbestandighet</b>	Utmerket
<b>Slitestyrke</b>	God
<b>Løsningsmiddel bestandighet</b>	God
<b>Kjemikalie bestandighet</b>	God
<b>Fleksibilitet</b>	God

\*Målt i henhold til ISO 3233:1998 (E)

---

### Forbehandling

Overflaten må være rengjort for støv og smuss, samt være tørr før overmaling finner sted. Overflaten må være vurdert og behandlet i henhold til ISO 8504.

#### Malte overflater

Ren, tørr og ubeskadet kompatibel primer. Kontakt ditt lokale Jotun-kontor for mer informasjon.

#### Andre overflater

Andre overflater kan også males. Ta kontakt med ditt Jotun kontor for ytterligere informasjon.

---

### Forhold under påføring

Underlagets temperatur skal være min. 0°C og minst 3°C over luftens duggpunkt. Temperatur og relativ fuktighet skal måles i nærheten av underlaget. God ventilasjon er normalt påkrevd i innestengte rom for å oppnå riktig tørk. Varmluft skal ikke brukes før løsemidlene har fordampet fra malingfilmen slik at man unngår overflatetørk og innestengte løsemidler. Malingen skal ikke eksponeres for olje/kjemikalier eller mekanisk påvirkning før den er utherdet.

---

### Påføringsmetoder

<b>Spray</b>	Benytt høytrykkssprøyte.
<b>Pensel</b>	Anbefalt for maling av kanter og mindre områder, men vær påpasselig med å oppnå spesifisert filmtykkelse.

—

## Påføringsdata

<b>Blandingsforhold (volum)</b>	5:1
<b>Blanding</b>	5 deler komp. A (base) blandes grundig med 1 del Safeguard Universal ES, komp. B (herder).
<b>Induksjonstid</b>	10 minutter.
<b>Brukstid (23°C)</b>	2 timer (Reduseres ved høyere temp.)
<b>Tynner/Rengjøringsmiddel</b>	Jotun Thinner No. 17
<b>Veiledende data for luftløs sprøyte</b>	
<b>Dysetrykk</b>	15 MPa (150 kp/cm <sup>2</sup> , 2100 psi)
<b>Dyse</b>	0.48-0.78 mm (0.019-0.031")
<b>Viftevinkel</b>	65-80°
<b>Filter</b>	Kontroller at filtrene er rene.
<b>Anmerkninger</b>	*Det anbefales, at temperaturen på blandingen er min. 15°C før påføring, ellers kan det være nødvendig å tilsette ekstra tynner for å sikre rett viskositet. * For mye løsemidler øker risikoen for sig og gir senere herding. * Tynner tilsettes etter at komponentene er blandet sammen.

## Tørre/herdetider

Tørretider blir påvirket av bl.a. luftsirkulasjon, temperatur, filmtykkelse og antall strøk. De oppgitte tidene i tabellen nedenunder er derfor veiledende og er typiske for:

- \* God ventilasjon (Utendørseksposering eller fri luftsirkulasjon)
- \* Anbefalt filmtykkelse
- \* Ett strøk på inert underlag

### Safeguard Universal ES:

Underlagets temperatur	0°C	5°C	10°C	23°C	40°C
<b>Berøringstørr</b>	12 timer	8 timer	5 timer	2 timer	1,5 timer
<b>Gjennomtørr</b>	30 timer	24 timer	18 timer	10 timer	6 timer
<b>Utherdet</b>	14 dager	7 dager	5 dager	3 dager	2 dager
<b>Overmalingsintervall, minimum <sup>1</sup></b>	30 timer	24 timer	18 timer	10 timer	6 timer

1. Overflaten må være fri for krittning og andre forureninger før overmaling finner sted. For maling innvendig, vær oppmerksom på at best adhesjon mellom strøkene oppnås dersom overmaling finner sted før det underliggende strøket er utherdet.

Gitte data må kun bli betraktet som veiledende. Faktiske tørretider kan være både kortere og lengre, avhengig av eksisterende belegg, generisk type, filmtykkelse, system som er valgt, antall strøk, ventilasjon, luftfuktighet, temperatur, mekanisk styrkebehov etc. Et komplett system kan settes opp på et systemark, hvor alle parametre og spesielle vilkår blir beskrevet.

## Typisk anbefalt malingsystem

Jotamastic 87 Aluminium	1 x 200 µm	(Tørrfilmtykkelse)
<b>Safeguard Universal ES</b>	<b>1 x 100 µm</b>	<b>(Tørrfilmtykkelse)</b>
Antifouling som anbefalt		

Andre systemer kan også benyttes, avhengig av bruksområdet



### Lagring

Produktet må lagres i henhold til nasjonale bestemmelser. Produktet bør oppbevares i et tørt rom med god ventilasjon og holdes unna varmekilder. Emballasjen må holdes godt tillukket.

---

### Behandling

Behandles forsiktig. Omrøres godt før bruk.

---

### Emballasjestørrelse

15 l komp. A (base) i et 20 liters spann og 3 liter Safeguard Universal ES, komp. B (herder) i et 3 liters spann.

---

### Helse og sikkerhet

Vennligst observer miljø- og sikkerhetsmerkingen som er anvist på emballasjen. Påfør produktet under godt ventilerte forhold. Unngå innånding av sprøytetåke. Bruk egnet vernemaske ved sprøyting. Unngå hudkontakt. Søl på huden vaskes straks med egnet rensmiddel, såpe og vann. Får man stoffet i øynene, skyll straks med store mengder vann og kontakt lege umiddelbart.

**For detaljert informasjon vedr. helse- og sikkerhetsrisiko samt forsiktighetsregler for bruk av dette produktet, referer vi til produktets HMS-datablad.**

---

### MERKNAD

Informasjonen i dette dataarket er basert på laboratorietesting og praktiske erfaringer. Da produktet kan brukes under omstendigheter utenfor vår kontroll, kan vi bare garantere kvaliteten på selve produktet. Vi forbeholder retten til å endre gitte data uten varsel. Mindre produktendringer kan bli implementert grunnet lokale bestemmelser. Hvis den norske teksten ikke samsvarer med den engelske, gjelder den engelske versjonen.

Jotun er et verdensomspennende firma med fabrikker, salgskontorer og lager i mer en 50 land. For informasjon om ditt nærmeste Jotun kontor, ta kontakt med nærmeste regionskontor eller besøk våre nettsider på [www.jotun.com](http://www.jotun.com)

PUBLISERT 26 NOVEMBER 2010 AV JOTUN  
DETTE DATAARKET ERSTATTER TIDLIGERE PUBLISERTE DATAARK

## Vedlegg G: Jotun SeaLion Tiecoat

### Tekniske Data SeaLion Tiecoat



#### Produktbeskrivelse

SeaLion Tiecoat et 3-komp. silikoneelastomer tiecoat. I overensstemmelse med IMO Anti-fouling System Convention (AFS/CONF/26).

#### Bruksområde

For å gi vedheft til SeaLions topcoat. Utgjør en del av SeaLion begroingshindrende maling (FRC) system.

#### Filmtykkelse og spredeevne

	Typisk
Filmtykkelse, tørr ( $\mu\text{m}$ )	90
Filmtykkelse, våt ( $\mu\text{m}$ )	150
Teoretisk spredeevne ( $\text{m}^2/\text{l}$ )	6,4

#### Teknisk informasjon

Farge	Hvit
Tørrestoff (vol %)*	58 $\pm$ 2
Flammepunkt	24°C $\pm$ 2
VOC	3,59 lbs/gal (430 gram/ltr.) USA-EPA Metode 24 406 gms/ltr UK-PG6/23(97). Appendix 3

\*Målt i henhold til ISO 3233:1998 (E)

#### Forbehandling

##### Malte overflater

Påføres på ren, tørr Safeguard Universal ES. Primeren må være fersk, ikke påført mer enn 3 dager før påføring av SeaLion Tiecoat.

##### Andre overflater

Andre overflater kan også males. Ta kontakt med ditt Jotun kontor for ytterligere informasjon.



## Forhold under påføring

Underlagets temperatur skal være min. 5°C og minst 3°C over luftens duggpunkt. Temperatur og relativ fuktighet skal måles i nærheten av underlaget. Luftens temperatur må være minimum 5°C. God ventilasjon er normalt påkrevd i innestengte rom for å oppnå riktig tørk. Relativ fuktighet under påføring og tørking bør være minimum 30%.

## Påføringsmetoder

**Spray** Benytt høytrykkssprøyte.  
**Other** Forsiktighet bør utvises for å unngå sprøytetøv på andre malte flater.

## Påføringsdata

<b>Blandingsforhold (volum)</b>	16,7 liter Komp. A (base) blandes grundig med 0,6 liter Komp. B (herder). Tilsett deretter 0,9 liter Komp. C (katalysator og bland grundig igjen).
<b>Brukstid (23°C)</b>	1 time
	0,5 timer (40°C)
<b>Tynner/Rengjøringsmiddel</b>	Skal ikke tynnes.
<b>Rengjøringsmiddel</b>	Jotun Tynner Nr. 7
<b>Veiledende data for luftløs sprøyte</b>	
<b>Dysetrykk</b>	15 MPa (211 kp/cm <sup>2</sup> , 3000 psi).
<b>Dyse</b>	0,38 mm - 0,53 mm (0,015" - 0,021")
<b>Filter</b>	Kontroller at filtrene er rene.
<b>Anmerkninger</b>	Siging kan oppstå hvis påføringsprosedyren og spesifikasjonen ikke følges.

## Tørre/herdetider

Tørretider blir påvirket av bl.a. luftsirkulasjon, temperatur, filmtykkelse og antall strøk. De oppgitte tidene i tabellen nedenunder er derfor veiledende og er typiske for:

- \* God ventilasjon (Utendørseksponering eller fri luftsirkulasjon)
- \* Anbefalt filmtykkelse
- \* Ett strøk på inert underlag

Underlagets temperatur	5°C	10°C	15°C	23°C	40°C
<b>Berøringstør</b>	17 t	15 t	12 t	6 t	3 t
<b>Overmalingsintervall, minimum</b>	24 t	24 t	24 t	15 t	6 t
<b>Overmalingsintervall, maksimum</b>	4 d	4 d	4 d	4 d	4 d

Gitte data må kun bli betraktet som veiledende. Faktiske tørretider kan være både kortere og lengre, avhengig av eksisterende belegg, generisk type, filmtykkelse, system som er valgt, antall strøk, ventilasjon, luffuktighet, temperatur, mekanisk styrkebehov etc. Et komplett system kan settes opp på et systemark, hvor alle parametre og spesielle vilkår blir beskrevet.



## Recommended type of primer:

SeaLion Tiecoat MÅ bare påføres på Safeguard Universal ES.  
Påføring på andre overflater vil føre til utilstrekkelig adhesjon.

SeaLion FRC systemet består av SeaLion Tiecoat og SeaLion Topcoat. SeaLion Tiecoat påføres på antikorrosive strøk for å gi vedheft til SeaLion Topcoat.

Muki EPS (optional)	1 x 30 µm	(Tørrfilmykkelse)
Formålstjenlig korrosjonhindrende primer system	1 x 200 µm	(Tørrfilmykkelse)
Safeguard Universal ES	1 x 100 µm	(Tørrfilmykkelse)
<b>SeaLion Tiecoat</b>	<b>1 x 90 µm</b>	<b>(Tørrfilmykkelse)</b>
SeaLion Topcoat	1 x 135 µm	(Tørrfilmykkelse)

**Overmaling med seg selv frarådes sterkt.**

---

## Lagring

Produktet må lagres i henhold til nasjonale bestemmelser. Produktet bør oppbevares i et tørt rom med god ventilasjon og holdes unna varmekilder. Emballasjen må holdes godt tillukket.

---

## Behandling

Behandles forsiktig. Omrøres godt før bruk.

---

## Emballasjestørrelse

16,7 l komp. A (base) i et 20 liters spann og 0,6 liter komp. B (herder) i et 0,75 liters spann og 0,9 liter Komp. C i 1 liter spann.

---

## Helse og sikkerhet

Vennligst observer miljø- og sikkerhetsmerkingen som er anvist på emballasjen. Påfør produktet under godt ventilerte forhold. Unngå innånding av sprøytetåke. Bruk egnet vernemaske ved sprøyting. Unngå hudkontakt. Søl på huden vaskes straks med egnet rensmiddel, såpe og vann. Får man stoffet i øynene, skyll straks med store mengder vann og kontakt lege umiddelbart.

**For detaljert informasjon vedr. helse- og sikkerhetsrisiko samt forsiktighetsregler for bruk av dette produktet, referer vi til produktets HMS-datablad.**

---

## MERKNAD

Informasjonen i dette dataarket er basert på laboratorietesting og praktiske erfaringer. Da produktet kan brukes under omstendigheter utenfor vår kontroll, kan vi bare garantere kvaliteten på selve produktet. Vi forbeholder retten til å endre gitte data uten varsel. Mindre produktendringer kan bli implementert grunnet lokale bestemmelser. Hvis den norske teksten ikke samsvarer med den engelske, gjelder den engelske versjonen.

Jotun er et verdensomspennende firma med fabrikker, salgskontorer og lager i mer en 50 land. For informasjon om ditt nærmeste Jotun kontor, ta kontakt med nærmeste regionskontor eller besøk våre nettsider på [www.jotun.com](http://www.jotun.com)

PUBLISERT 26 NOVEMBER 2010 AV JOTUN  
DETTE DATAARKET ERSTATTER TIDLIGERE PUBLISERTE DATAARK



## Vedlegg H: Jotun SeaLion Repulse

### Tekniske Data SeaLion Repulse



#### Produktbeskrivelse

SeaLion Repulse er et 3-komp. silikoneelastomer begroingshindrende maling (foul release) sistestrøk. I overensstemmelse med IMO Anti-fouling System Convention (AFS/CONF/26).

#### Bruksområde

Som sistestrøk i SeaLion begroingshindrende maling (FRC) system.

#### Filmtykkelse og spredeevne

	Minimum	Maksimum	Typisk
Filmtykkelse, tørr (µm)	150	150	150
Filmtykkelse, våt (µm)	210	210	210
Teoretisk spredeevne (m <sup>2</sup> /l)	4,8	4,8	4,8

#### Teknisk informasjon

Farge	Blå, grå og rød
Tørrestoff (vol %)*	72 ± 2
Flammepunkt	27°C ± 2
VOC	2,2 lbs/gal (254 gram/ltr.) USA-EPA Metode 24 230 gms/ltr UK-PG6/23(97). Appendix 3

\*Målt i henhold til ISO 3233:1998 (E)

#### Forbehandling

##### Malte overflater

Påføres på ren, tørr SeaLion Tiecoat innen spesifisert overmalingsintervall.

##### Andre overflater

Andre overflater kan også males. Ta kontakt med ditt Jotun kontor for ytterligere informasjon.



## Forhold under påføring

Underlagets temperatur skal være min. 5°C og minst 3°C over luftens duggpunkt. Temperatur og relativ fuktighet skal måles i nærheten av underlaget. Luftens temperatur må være minimum 5°C. God ventilasjon er normalt påkrevd i innestengte rom for å oppnå riktig tørk. Relativ fuktighet under påføring og tørking bør være minimum 30%.

## Påføringsmetoder

**Spray** Benytt høytrykkssprøyte.  
**Other** Forsiktighet bør utvises for å unngå sprøytestøv på andre malte flater.

-

## Påføringsdata

**Blandingsforhold (volum)** 17 liter komp. A (base) blandes grundig med 0,7 liter SeaLion Repulse komp. B (herder). Tilsett deretter 0,75 liter SeaLion Repulse, komp. C (katalysator og bland grundig igjen. SeaLion Repulse komp. A kan alternativt blandes med SeaLion Topcoat, komp. B og komp. C.

**Brukstid (23°C)** 1 hours

0,5 hours (40°C)

**Tynner/Rengjøringsmiddel** Jotun Thinner No.

**Rengjøringsmiddel** Jotun Thinner No. 7

### Veiledende data for luftløs sprøyte

**Dysetrykk** 15 MPa (211 kp/cm<sup>2</sup>, 3000 psi).  
**Dyse** 0,38 mm - 0,53 mm (0,015" - 0,021")  
**Filter** Kontroller at filtrene er rene.

**Anmerkninger** Siging kan oppstå hvis påføringsprosedyren og spesifikasjonen ikke følges.

## Tørre/herdetider

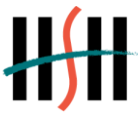
Tørretider blir påvirket av bl.a. luftsirkulasjon, temperatur, filmtykkelse og antall strøk. De oppgitte tidene i tabellen nedenunder er derfor veiledende og er typiske for:

- \* God ventilasjon (Utendørseksponering eller fri luftsirkulasjon)
- \* Anbefalt filmtykkelse
- \* Ett strøk på inert underlag

Underlagets temperatur	5°C	10°C	15°C	23°C	40°C
Berøringsstørr	12 t	10 t	7 t	5 t	2 t
Tørr for sjøsetting	24 t	24 t	24 t	24 t	24 t

Gitte data må kun bli betraktet som veiledende. Faktiske tørretider kan være både kortere og lengre, avhengig av eksisterende belegg, generisk type, filmtykkelse, system som er valgt, antall strøk, ventilasjon, luftfuktighet, temperatur, mekanisk styrkebehov etc. Et komplett system kan settes opp på et systemark, hvor alle parametre og spesielle vilkår blir beskrevet.





### Recommended type of primer:

SeaLion Repulse MA bare påføres på SeaLion Tiecoat, innen spesifisert tidsintervall (se teknisk dataark for SeaLion Tiecoat).

Påføring på andre overflater vil føre til utilstrekkelig adhesjon.

SeaLion FRC systemet består av SeaLion Tiecoat og SeaLion Repulse. SeaLion Tiecoat påføres på antikorrosive strøk for å gi vedheft til SeaLion Repulse.

Muki EPS (optional)	1 x 30 µm	(Tørrfilmykkelse)
Formålstjenlig korrosjonhindrende primer system	1 x 200 µm	(Tørrfilmykkelse)
Safeguard Universal ES Gulaktig	1 x 100 µm	(Tørrfilmykkelse)
SeaLion Tiecoat	1 x 90 µm	(Tørrfilmykkelse)
<b>SeaLion Repulse</b>	<b>1 x 150 µm</b>	<b>(Tørrfilmykkelse)</b>

---

### Lagring

Produktet må lagres i henhold til nasjonale bestemmelser. Produktet bør oppbevares i et tørt rom med god ventilasjon og holdes unna varmekilder. Emballasjen må holdes godt tillukket. LEVETID: 2 år ved 23°C, hvoretter produktet kontrolleres. Høyere temperatur vil forkorte levetiden betydelig.

---

### Behandling

Behandles forsiktig. Omrøres godt før bruk.

---

### Emballasjestørrelse

17 l komp. A (base) i et 20 liters spann og 0,7 liter SeaLion Repulse/Topcoat, komp. B (herder) i et 0,75 liters spann og 0,75 liter SeaLion Repulse/Topcoat, komp. C i 1 liter spann.

---

### Helse og sikkerhet

Vennligst observer miljø- og sikkerhetsmerkingen som er anvist på emballasjen. Påfør produktet under godt ventilerte forhold. Unngå innånding av sprøytetåke. Bruk egnet vernemaske ved sprøyting. Unngå hudkontakt. Søl på huden vaskes straks med egnet rensmiddel, såpe og vann. Får man stoffet i øynene, skyll straks med store mengder vann og kontakt lege umiddelbart.

**For detaljert informasjon vedr. helse- og sikkerhetsrisiko samt forsiktighetsregler for bruk av dette produktet, referer vi til produktets HMS-datablad.**

---

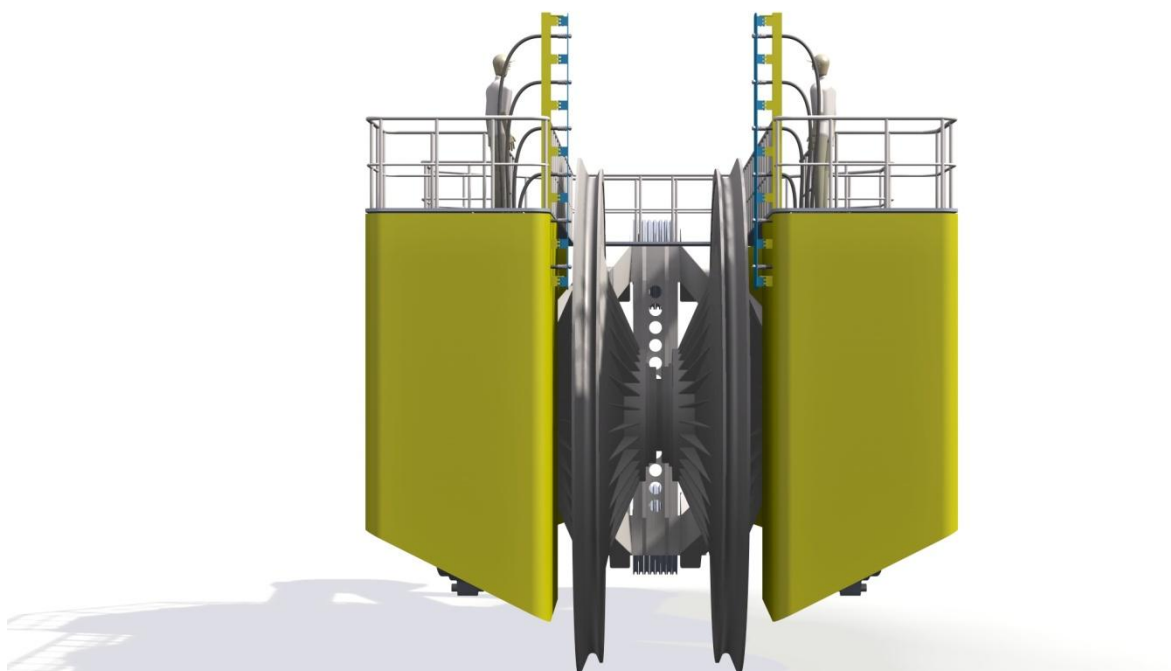
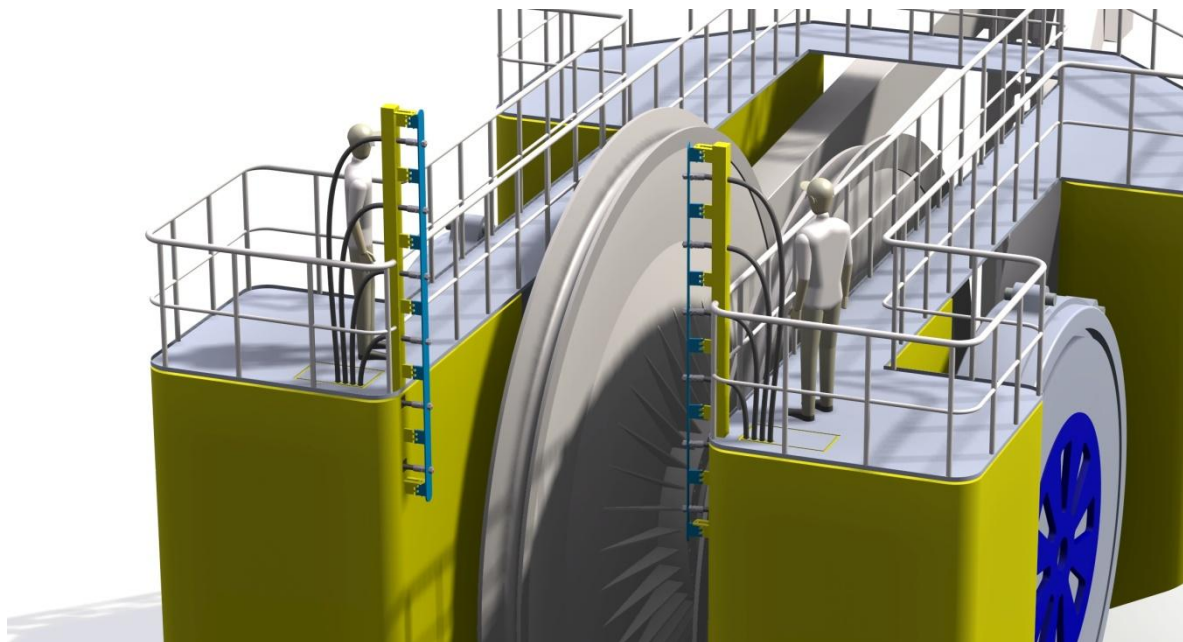
### MERKNAD

Informasjonen i dette dataarket er basert på laboratorietesting og praktiske erfaringer. Da produktet kan brukes under omstendigheter utenfor vår kontroll, kan vi bare garantere kvaliteten på selve produktet. Vi forbeholder retten til å endre gitte data uten varsel. Mindre produktendringer kan bli implementert grunnet lokale bestemmelser. Hvis den norske teksten ikke samsvarer med den engelske, gjelder den engelske versjonen.

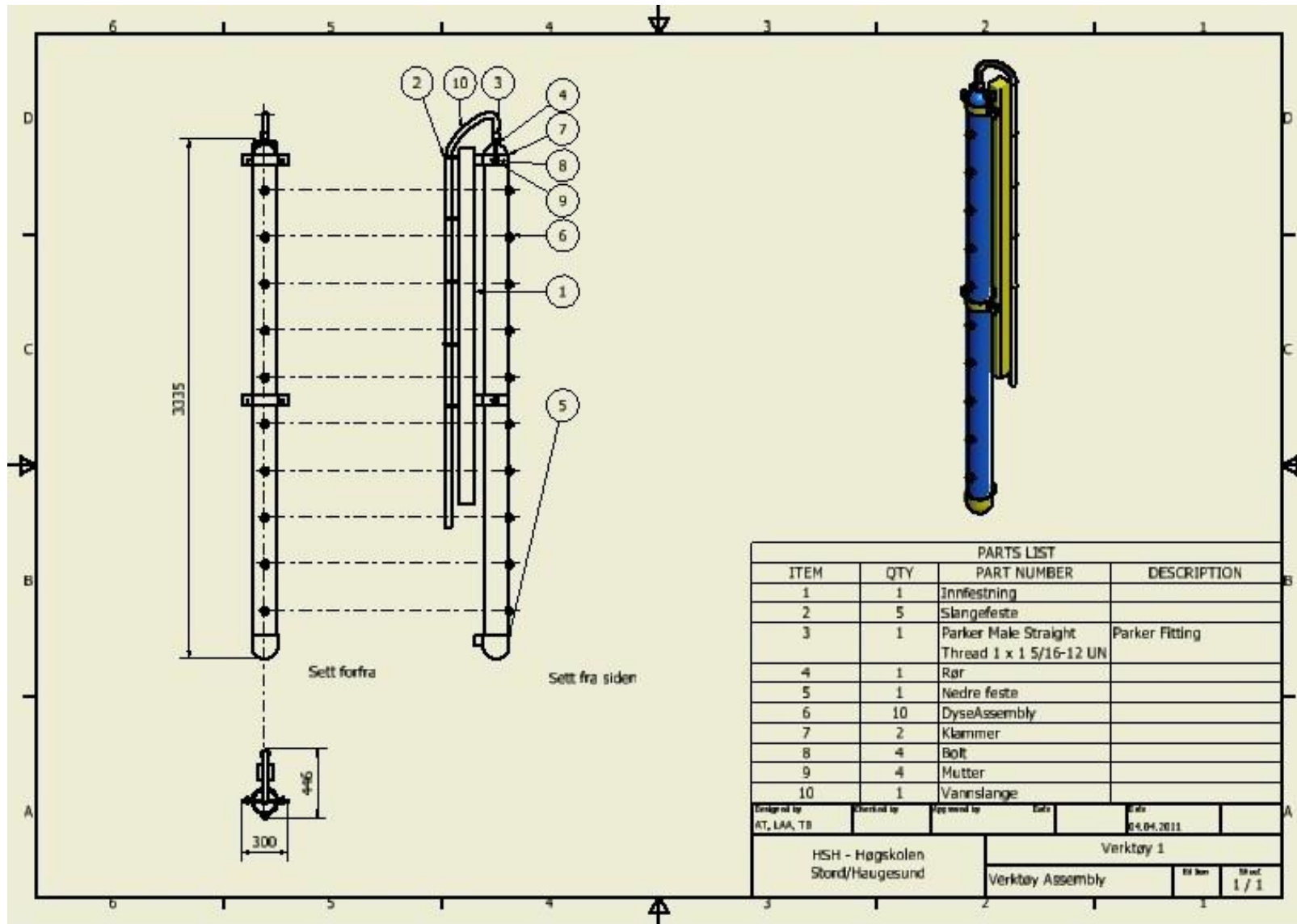
Jotun er et verdensomspennende firma med fabrikker, salgskontorer og lager i mer en 50 land. For informasjon om ditt nærmeste Jotun kontor, ta kontakt med nærmeste regionskontor eller besøk våre nettsider på [www.jotun.com](http://www.jotun.com)

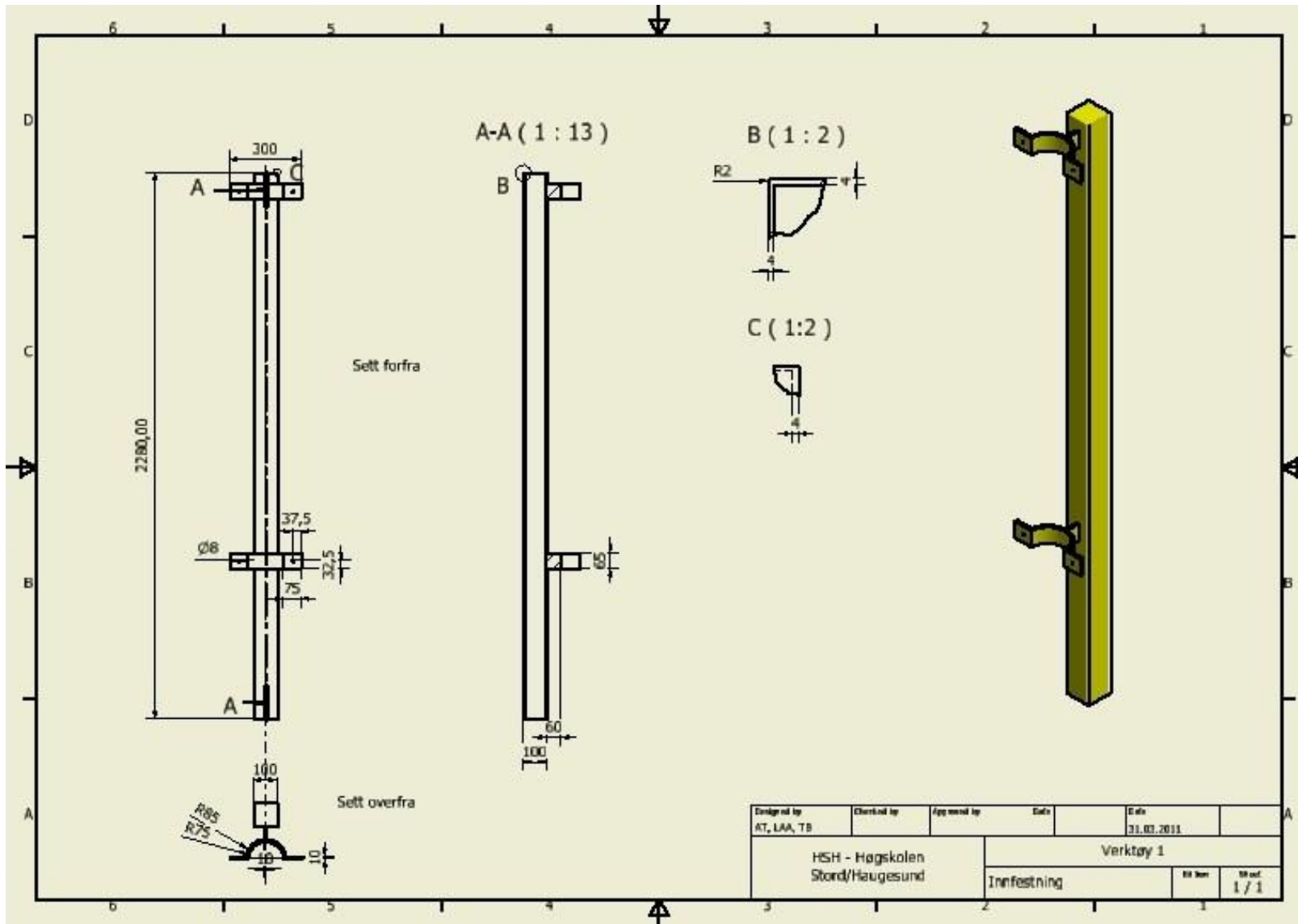
PUBLISERT 26 NOVEMBER 2010 AV JOTUN  
DETTE DATAARKET ERSTATTER TIDLIGERE PUBLISERTE DATAARK

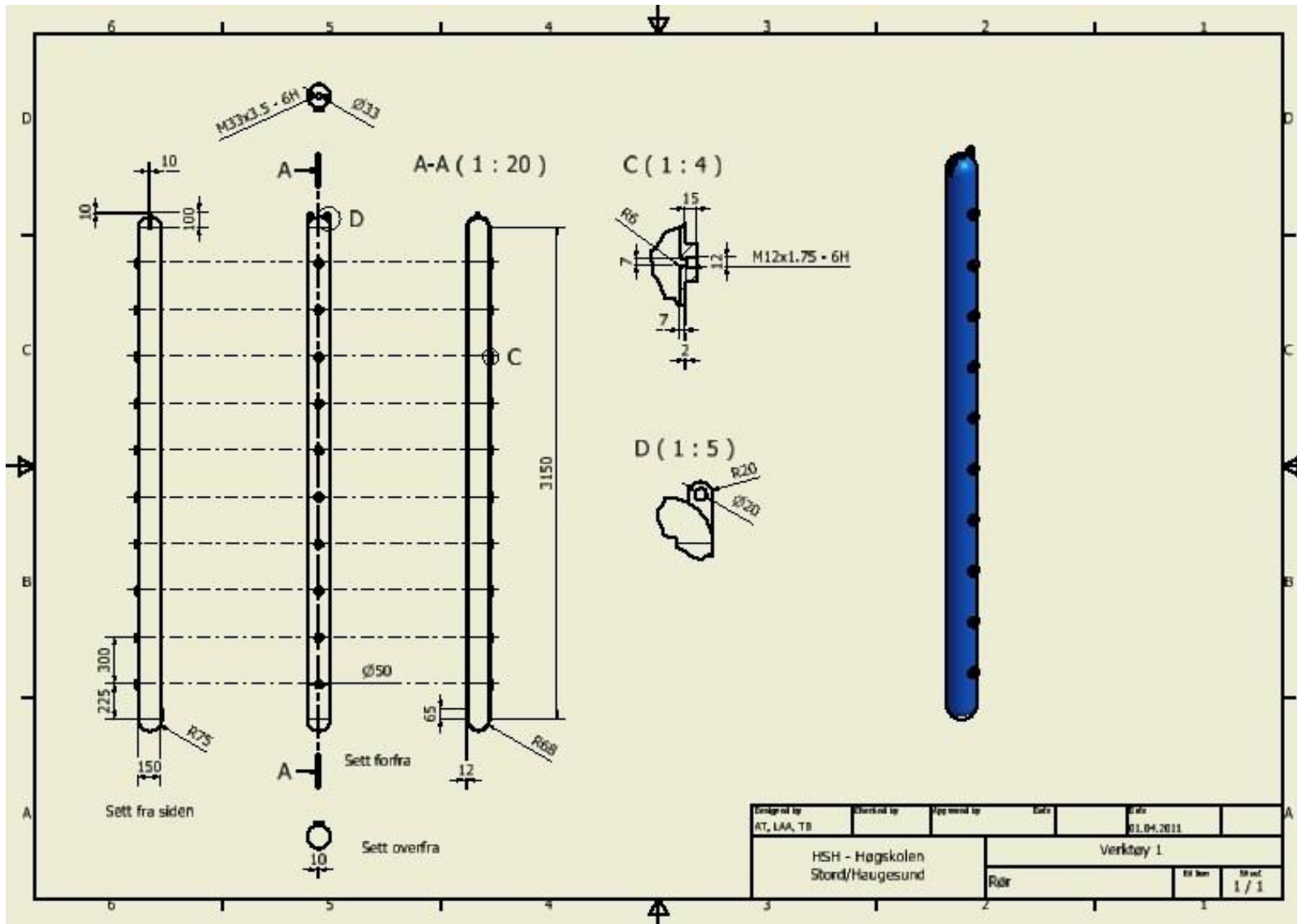
## Vedlegg I: Endestasjon med to spyleenheter

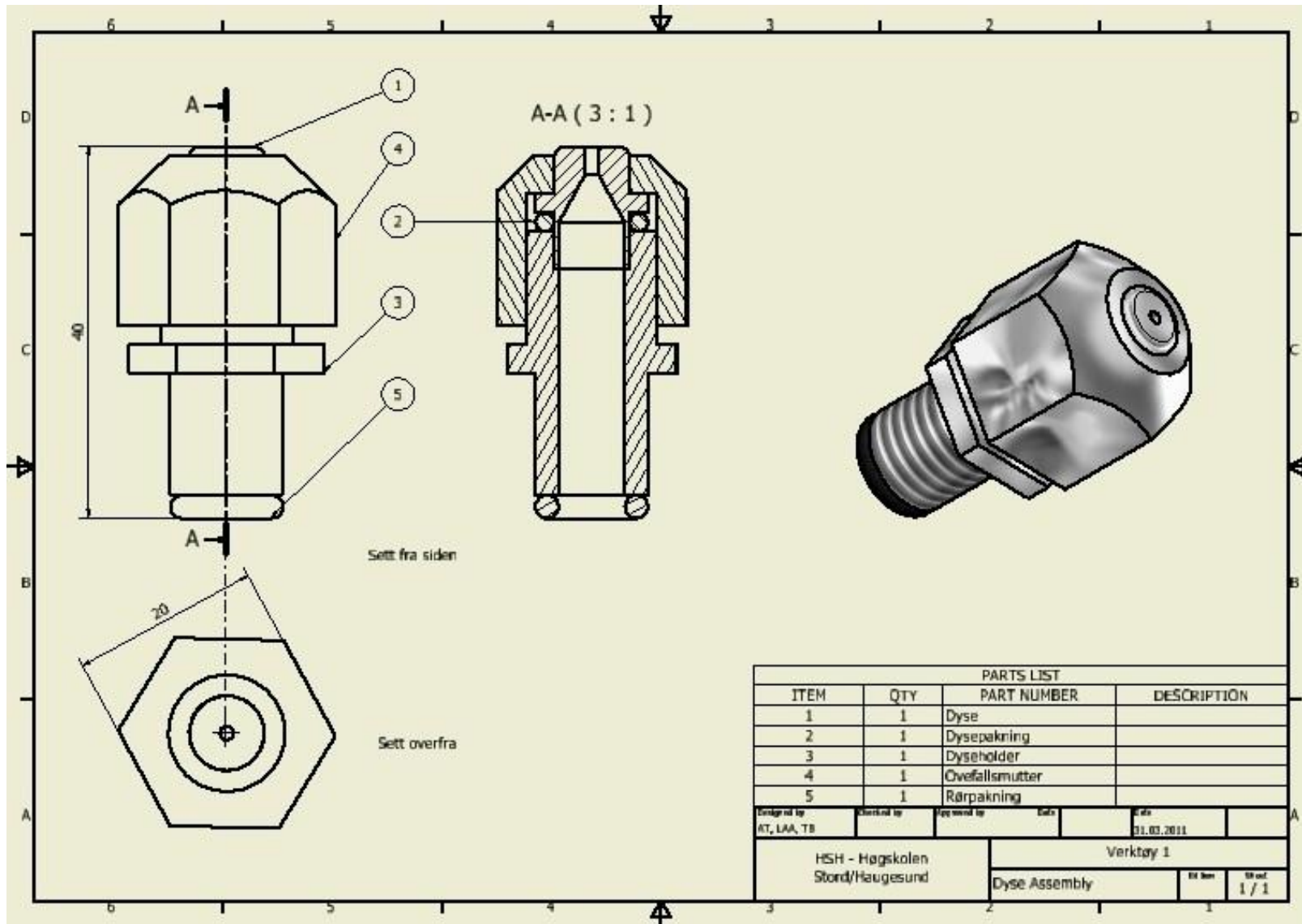


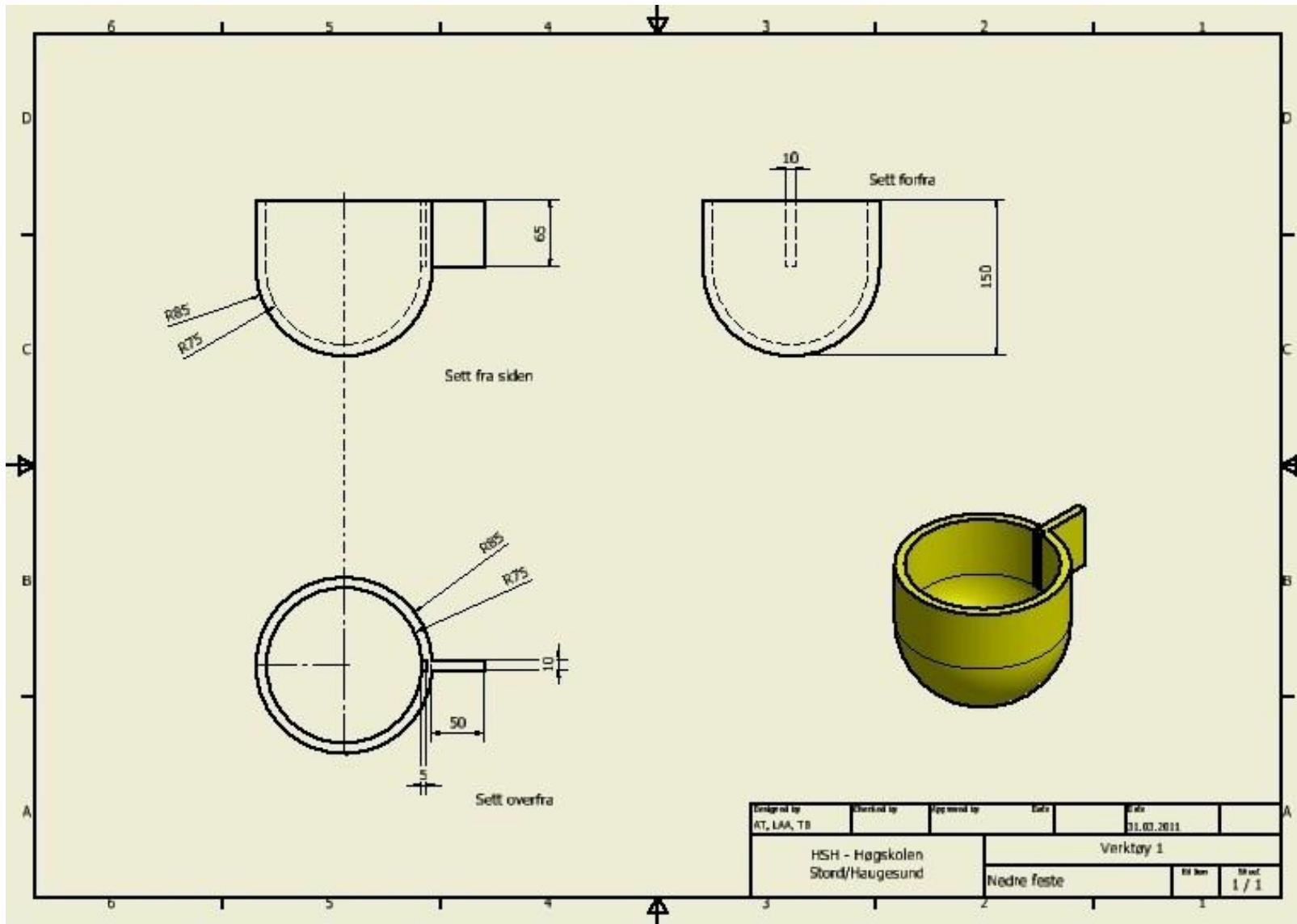
Vedlegg J: Tekniske tegninger, verktøy versjon 1

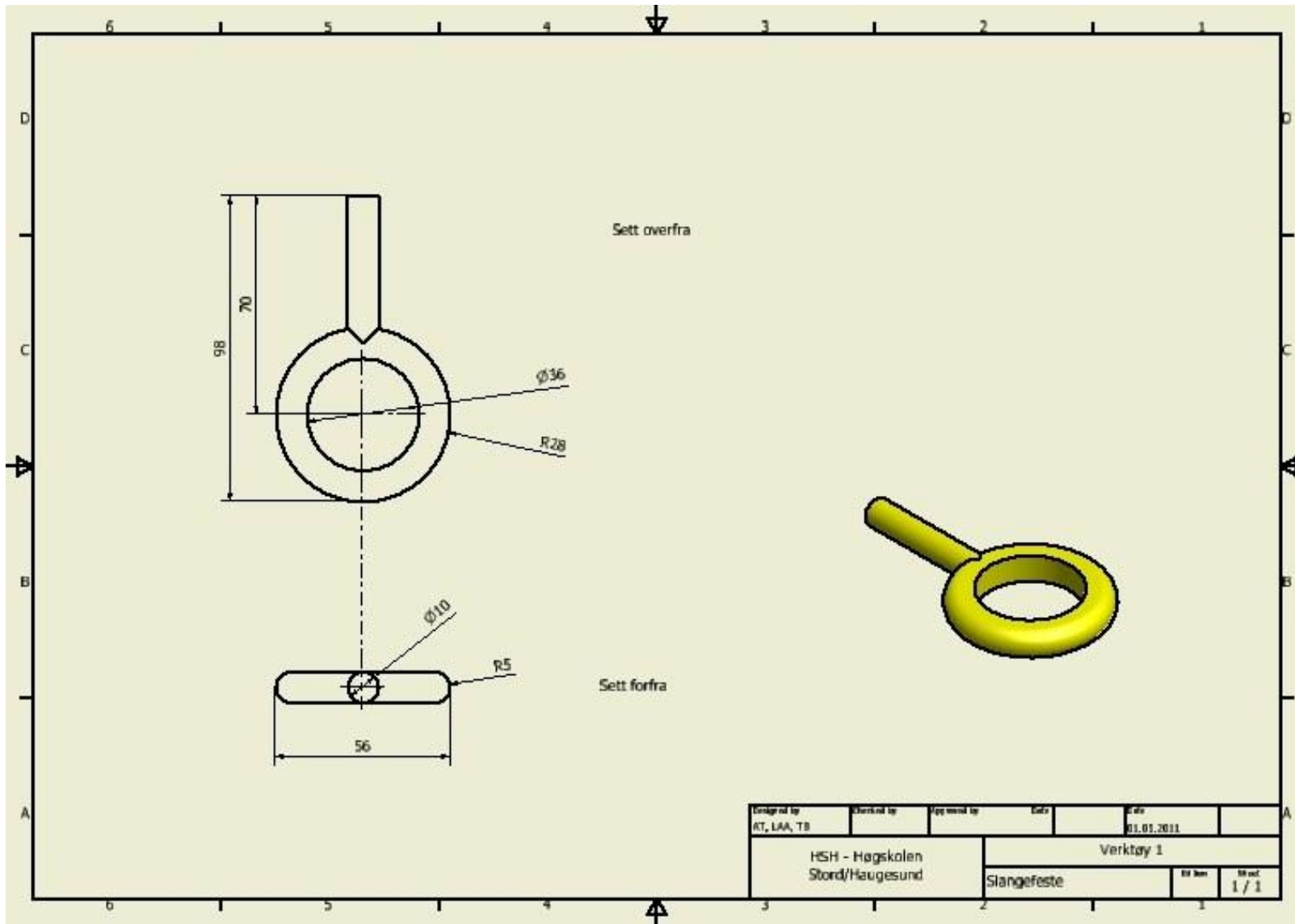




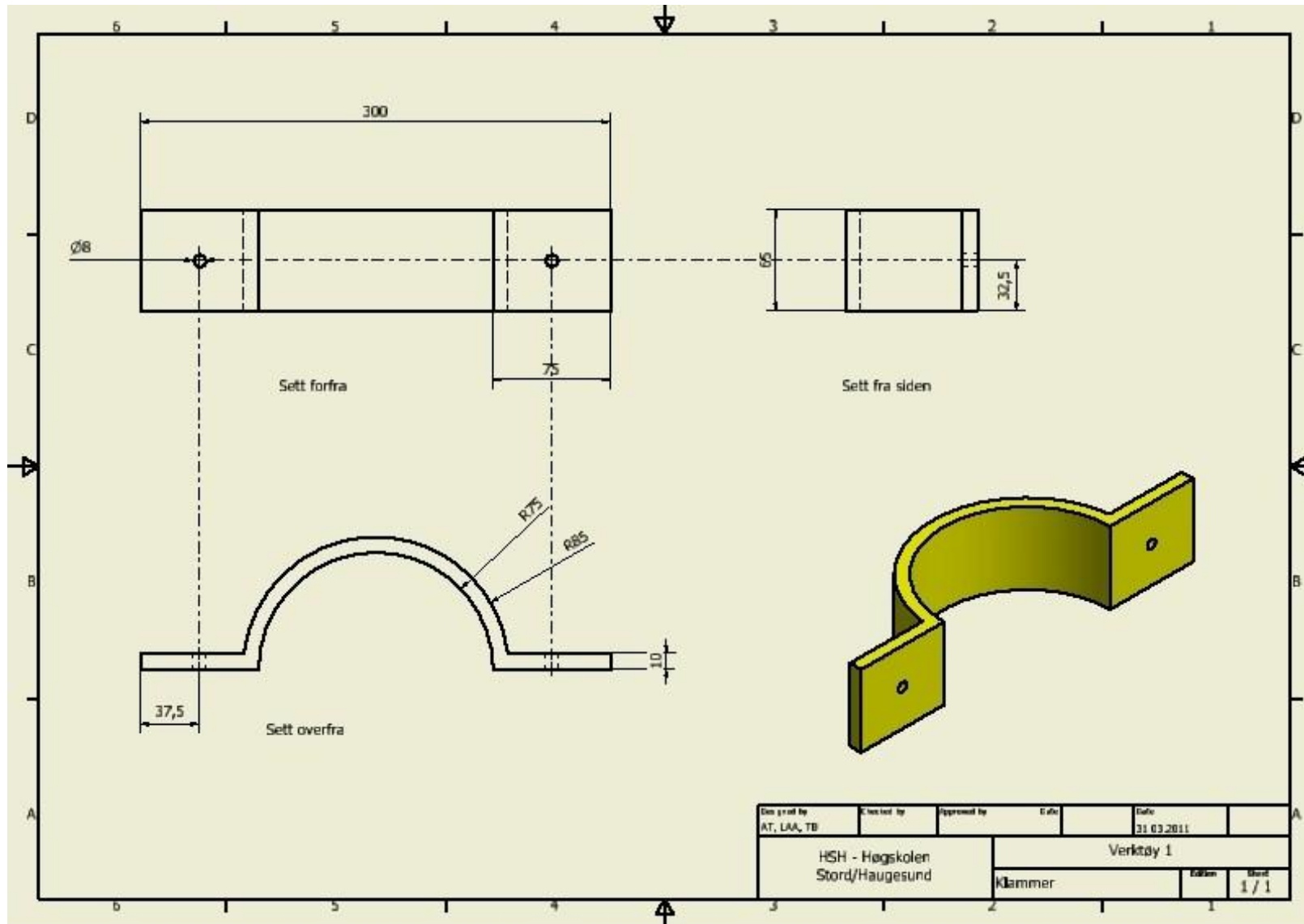


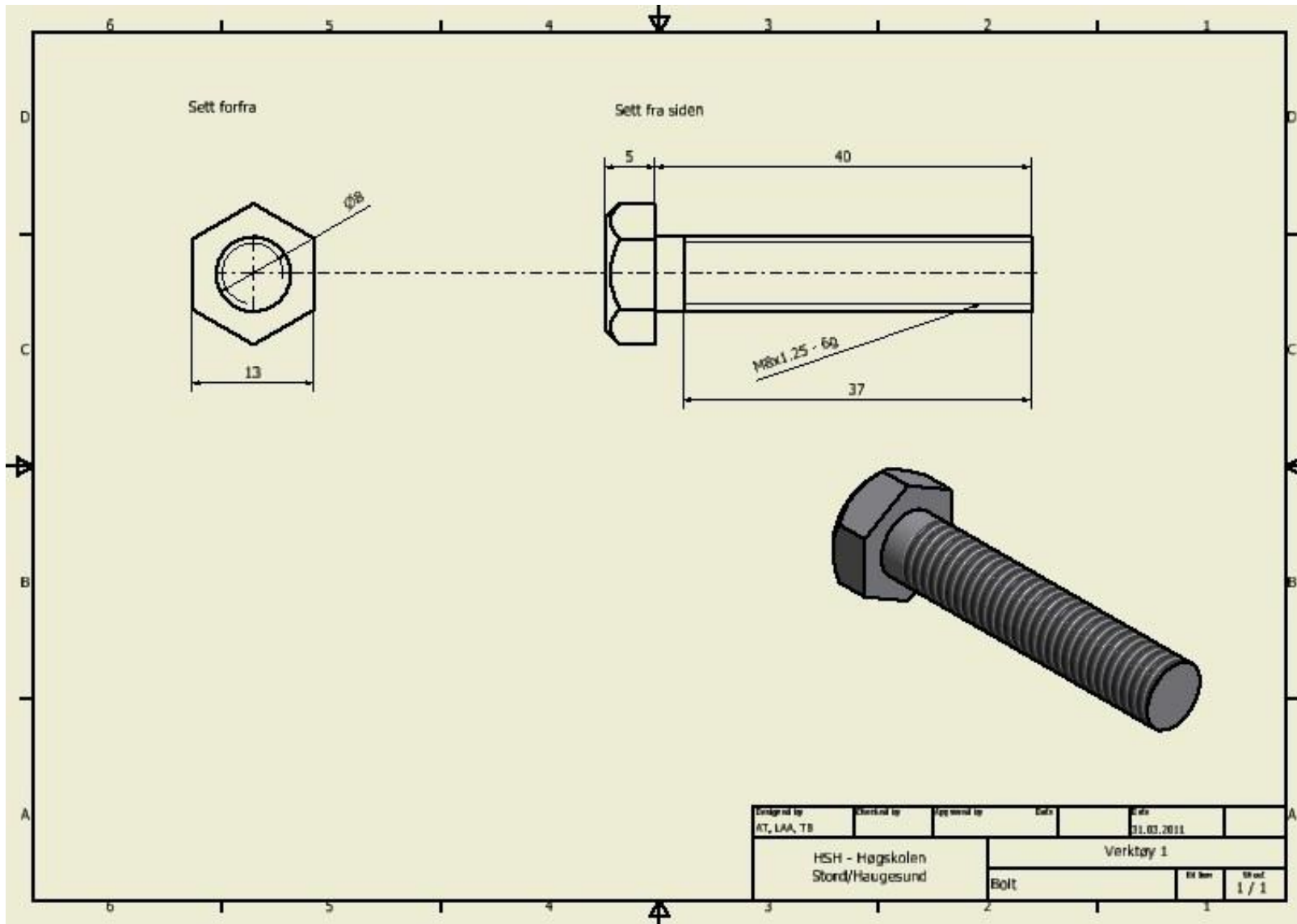


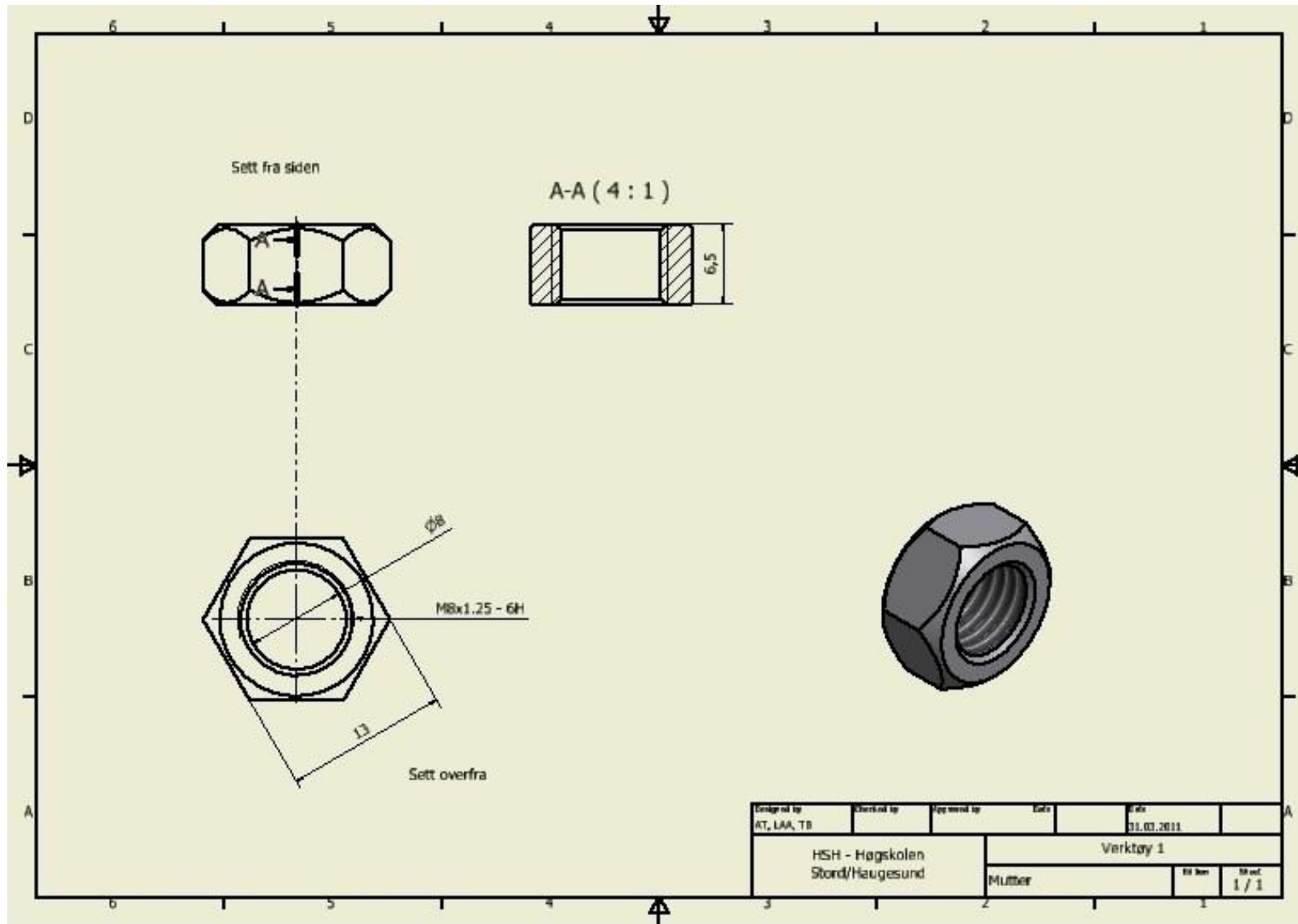




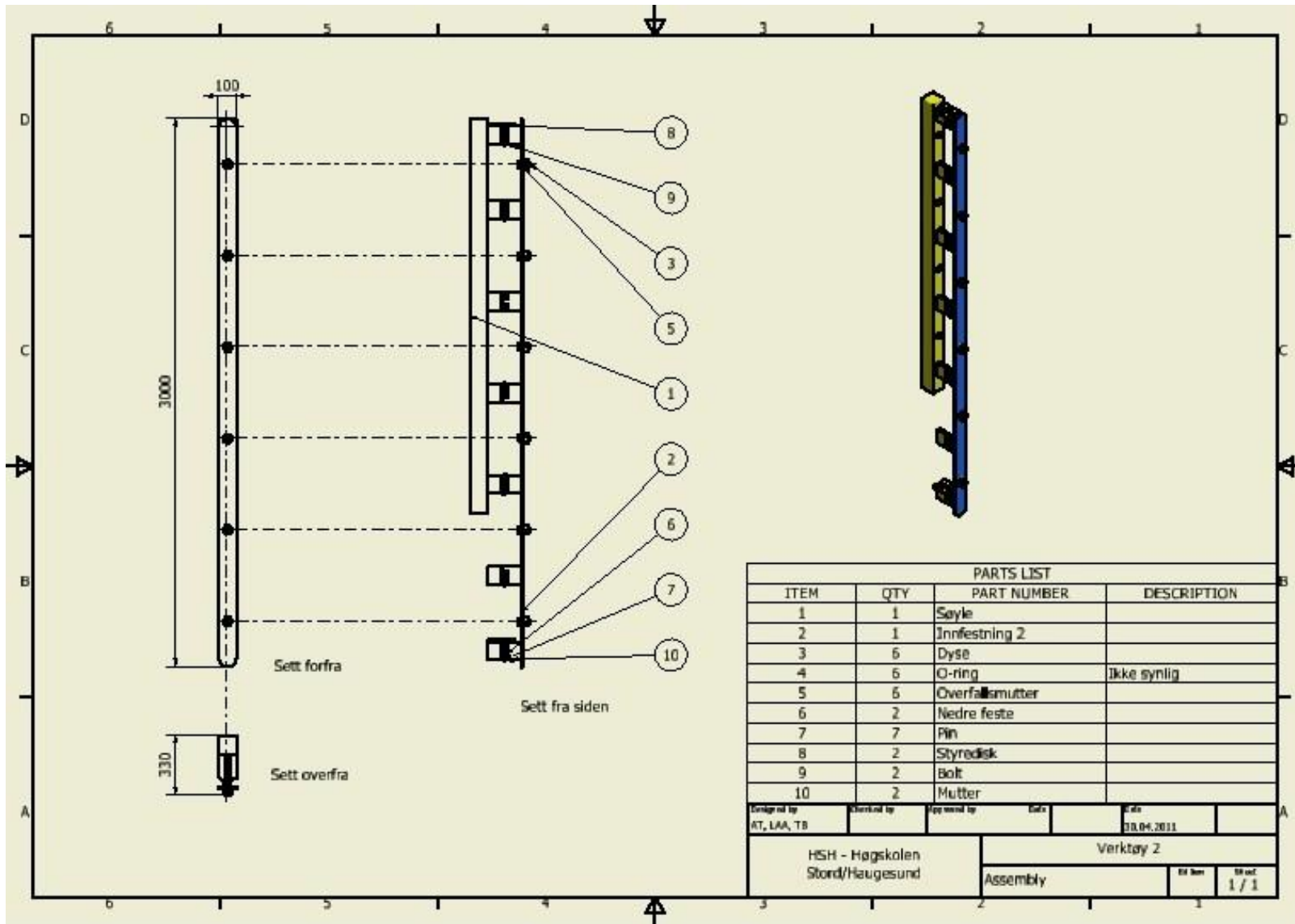


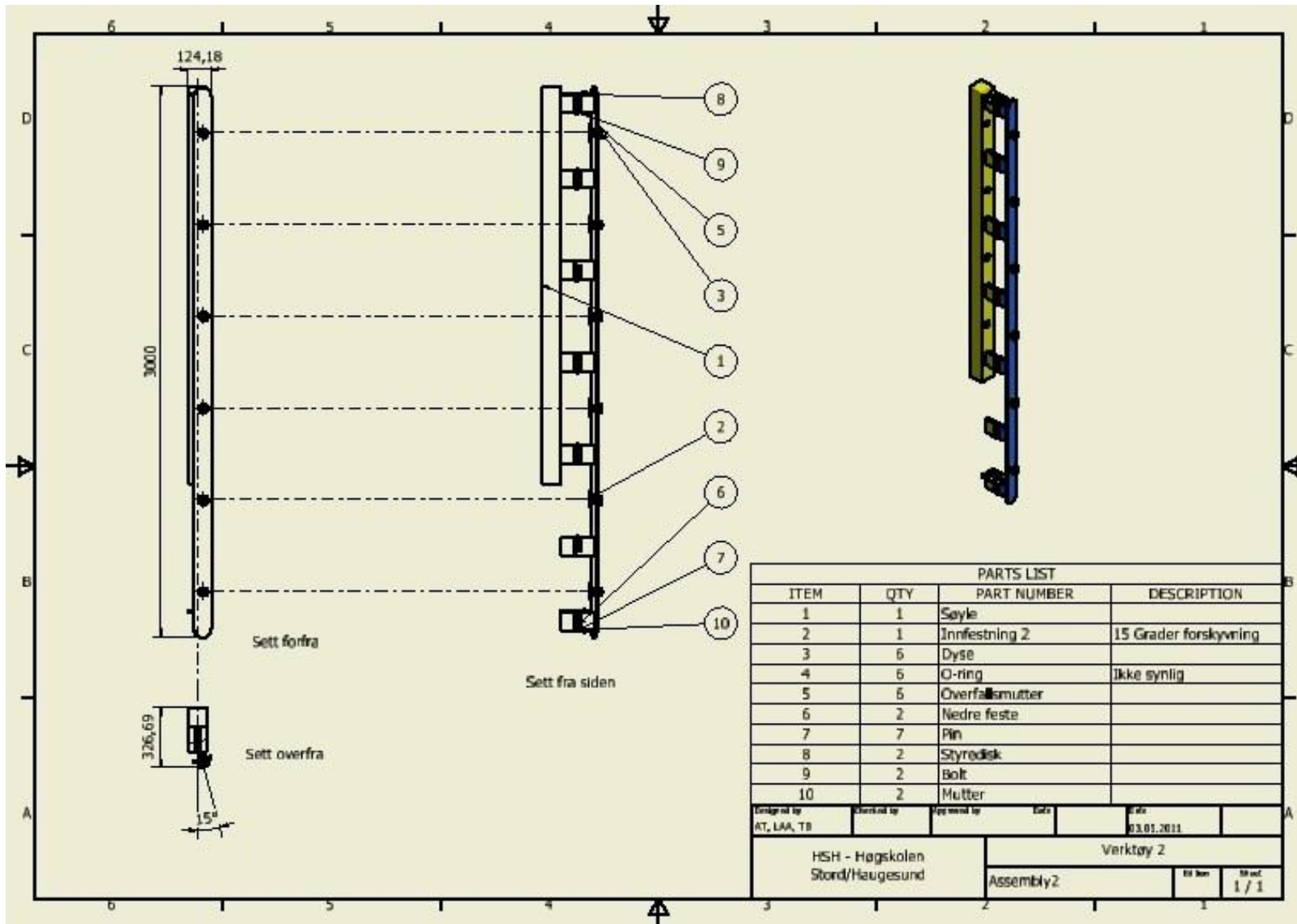


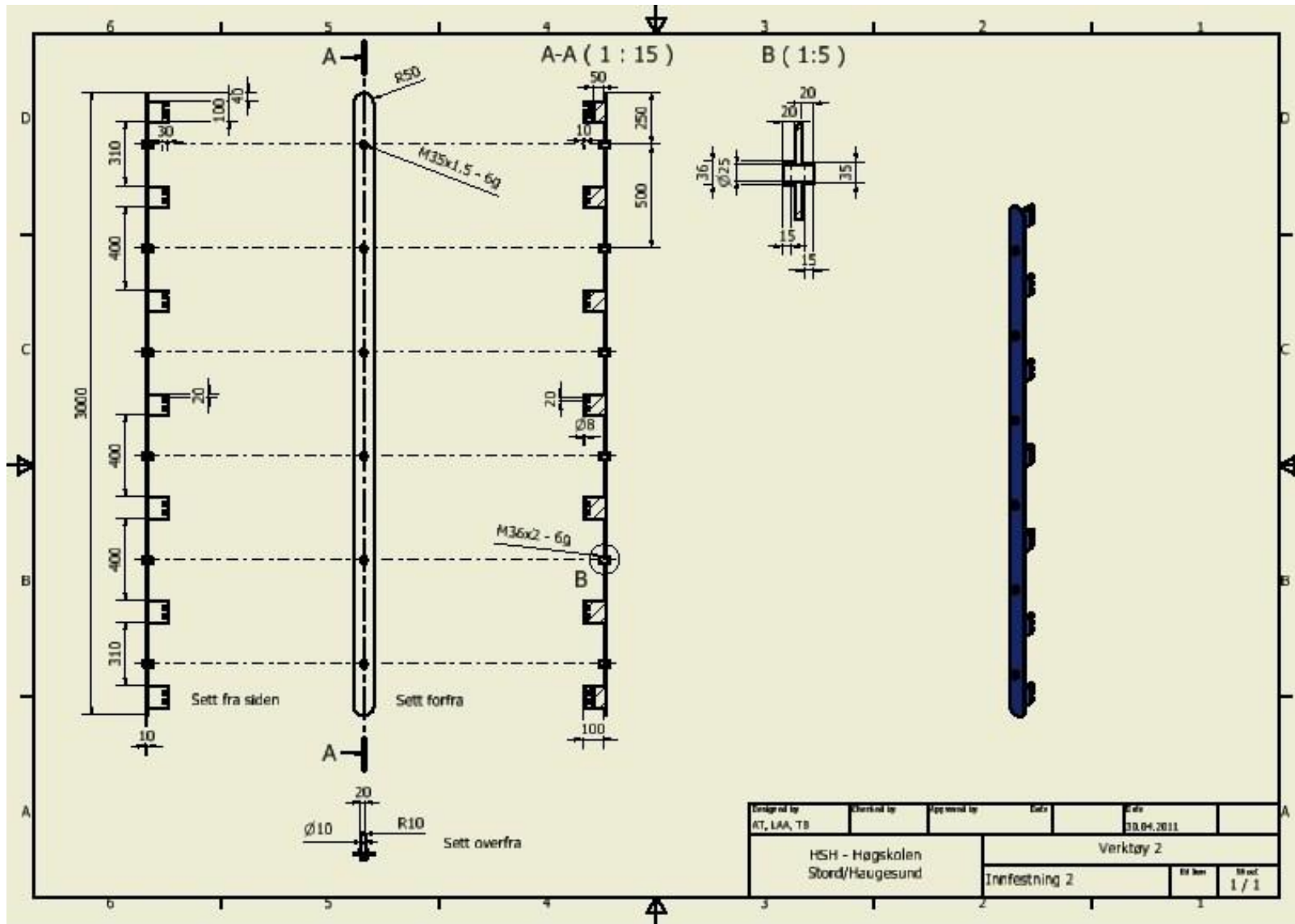


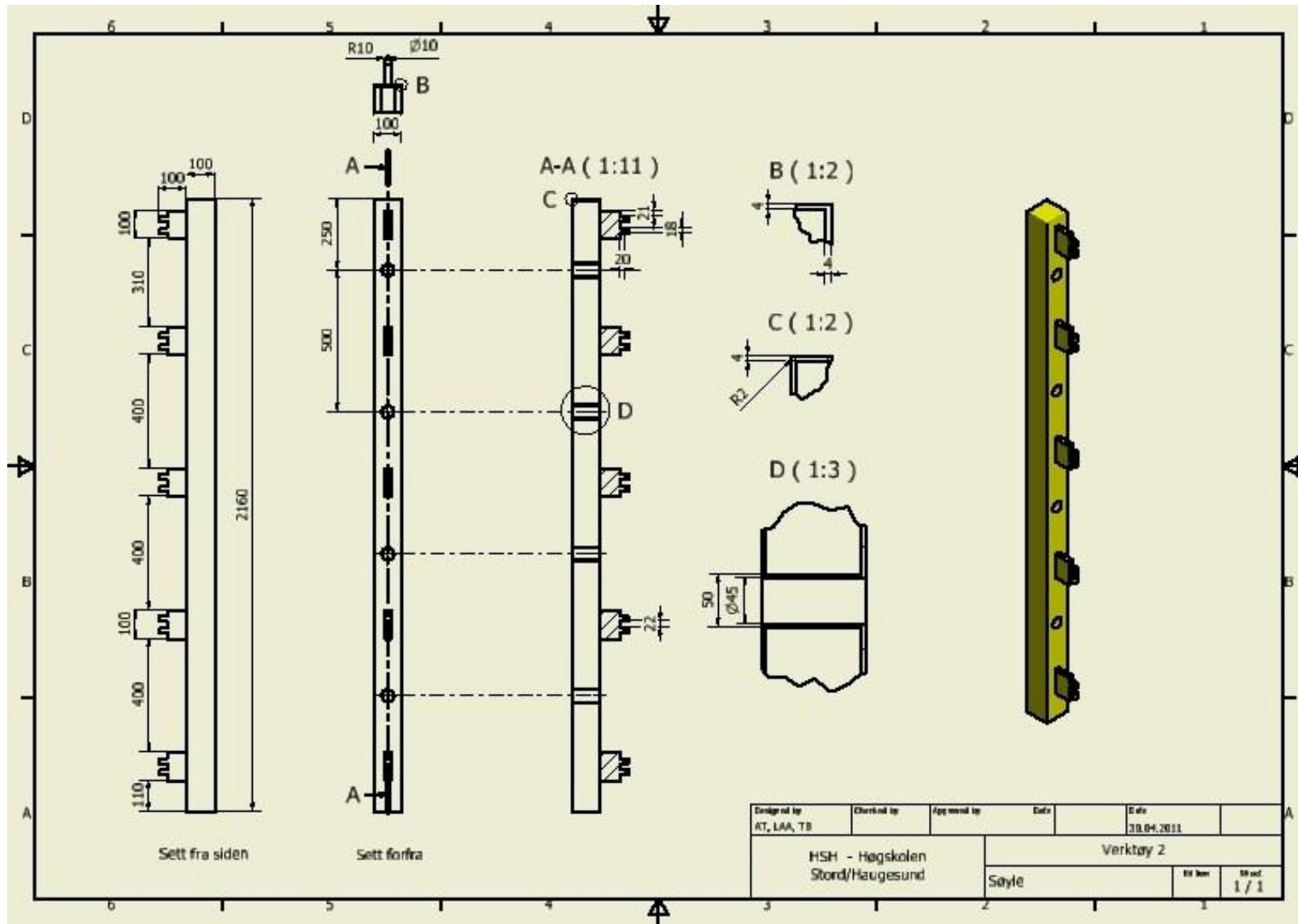


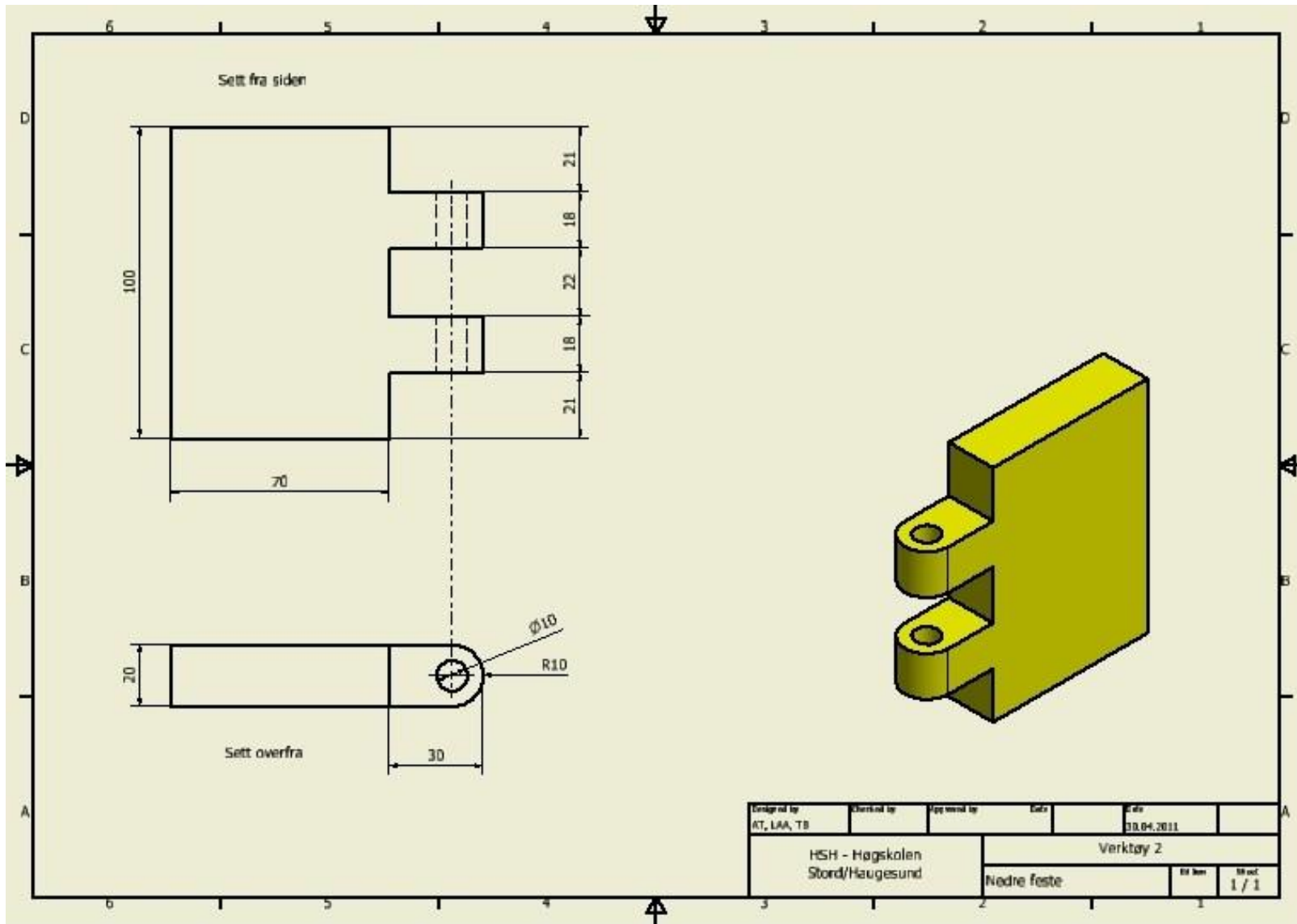
Vedlegg K: Tekniske tegninger, verktøy versjon 2



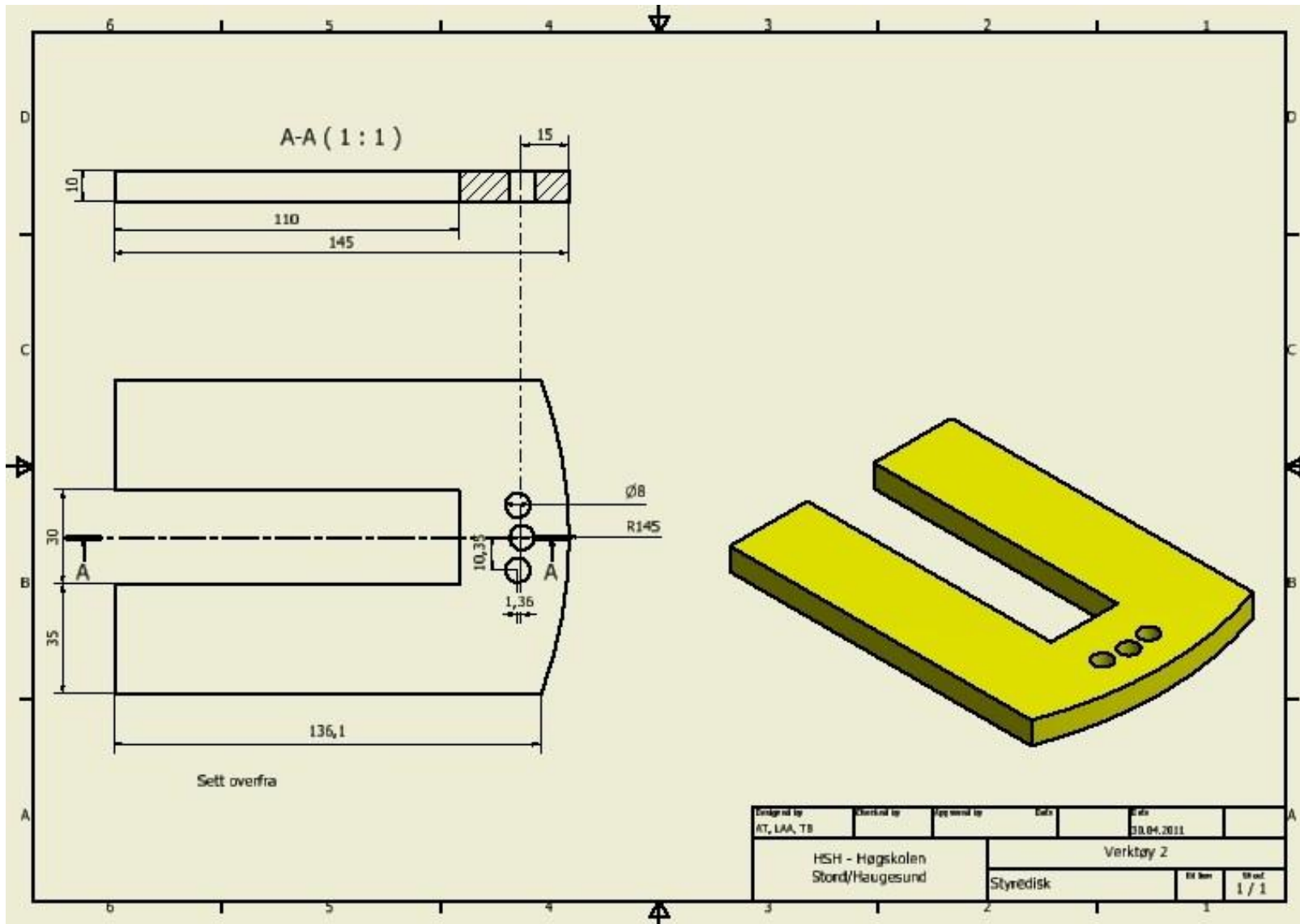


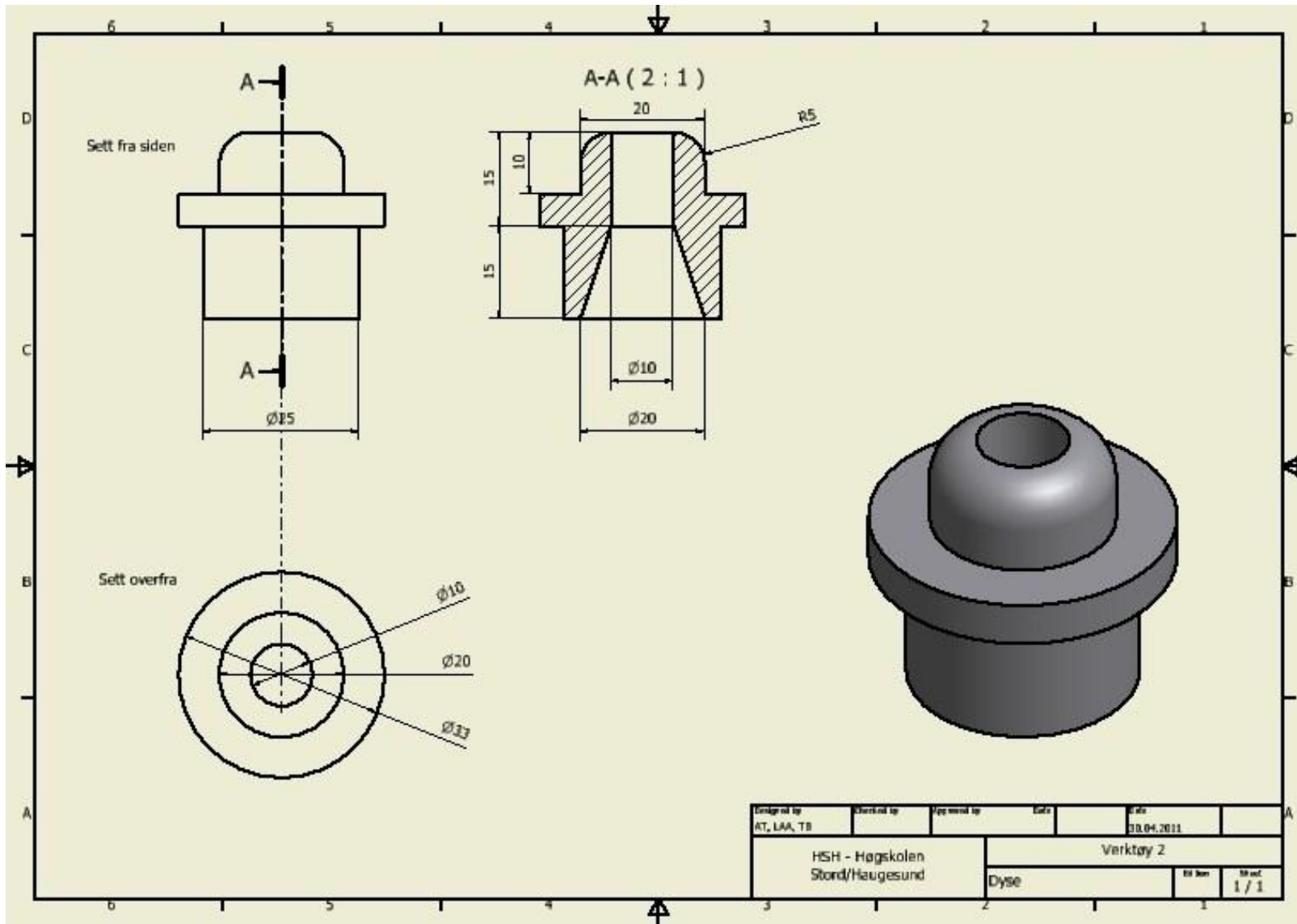


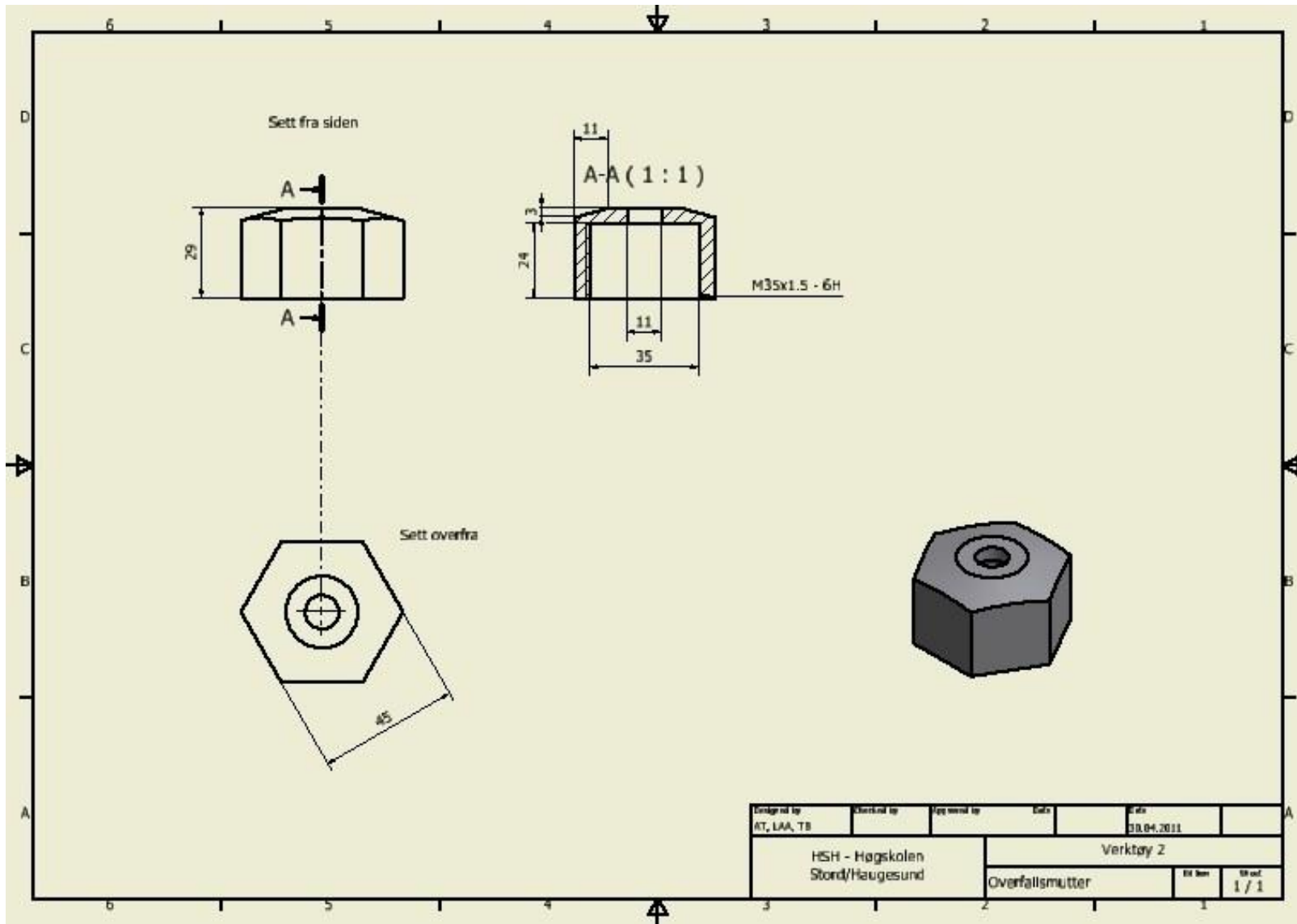


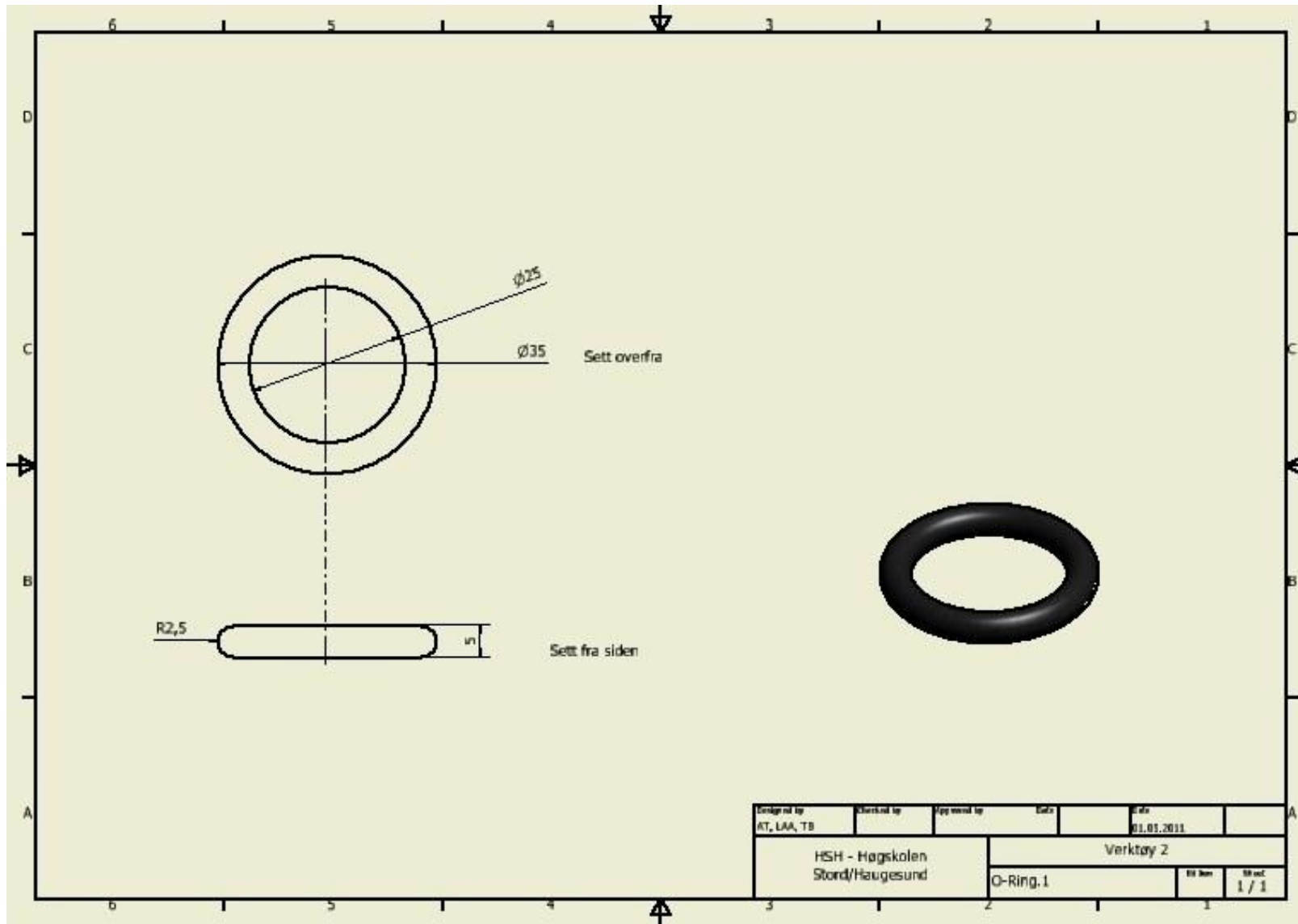


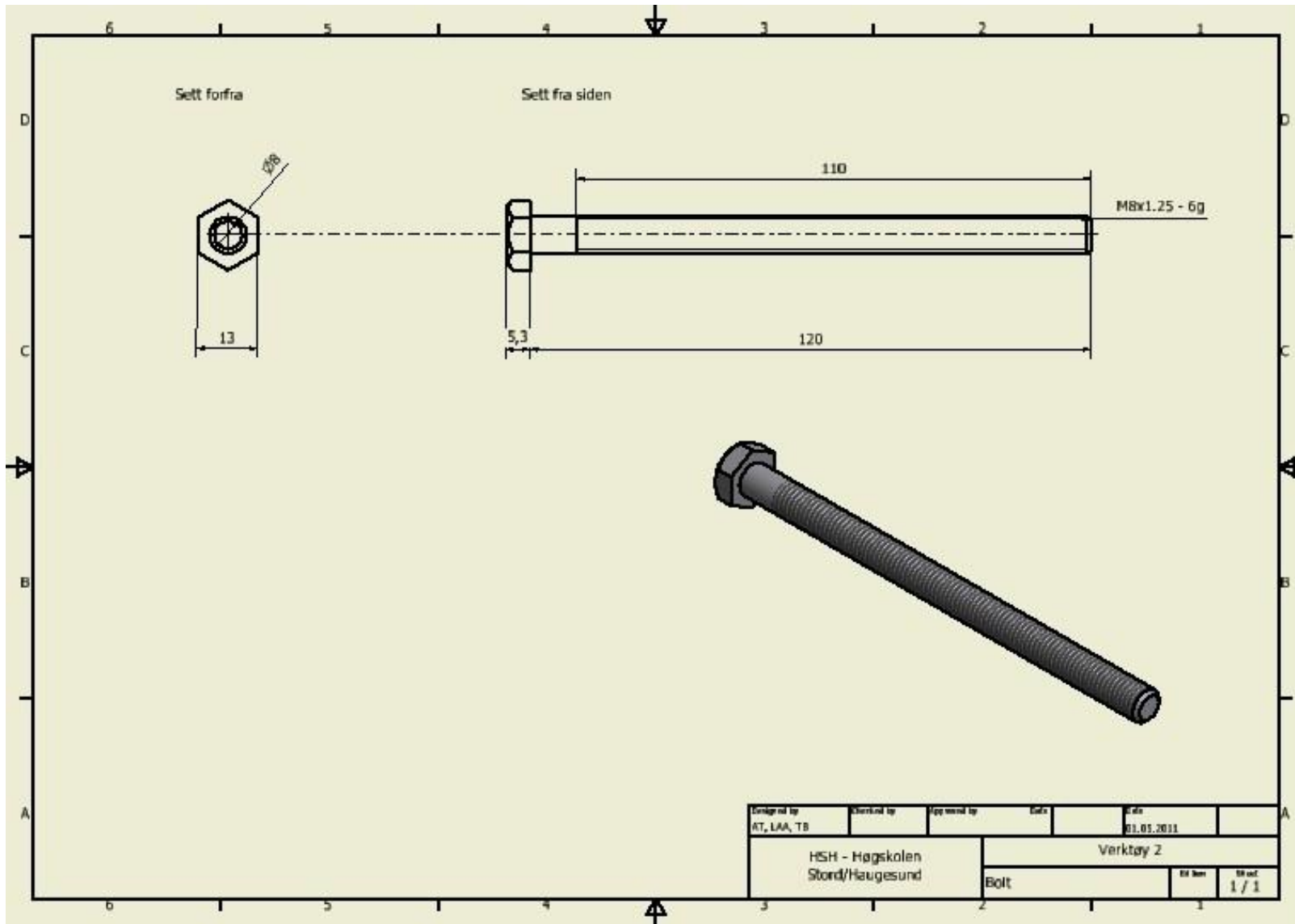


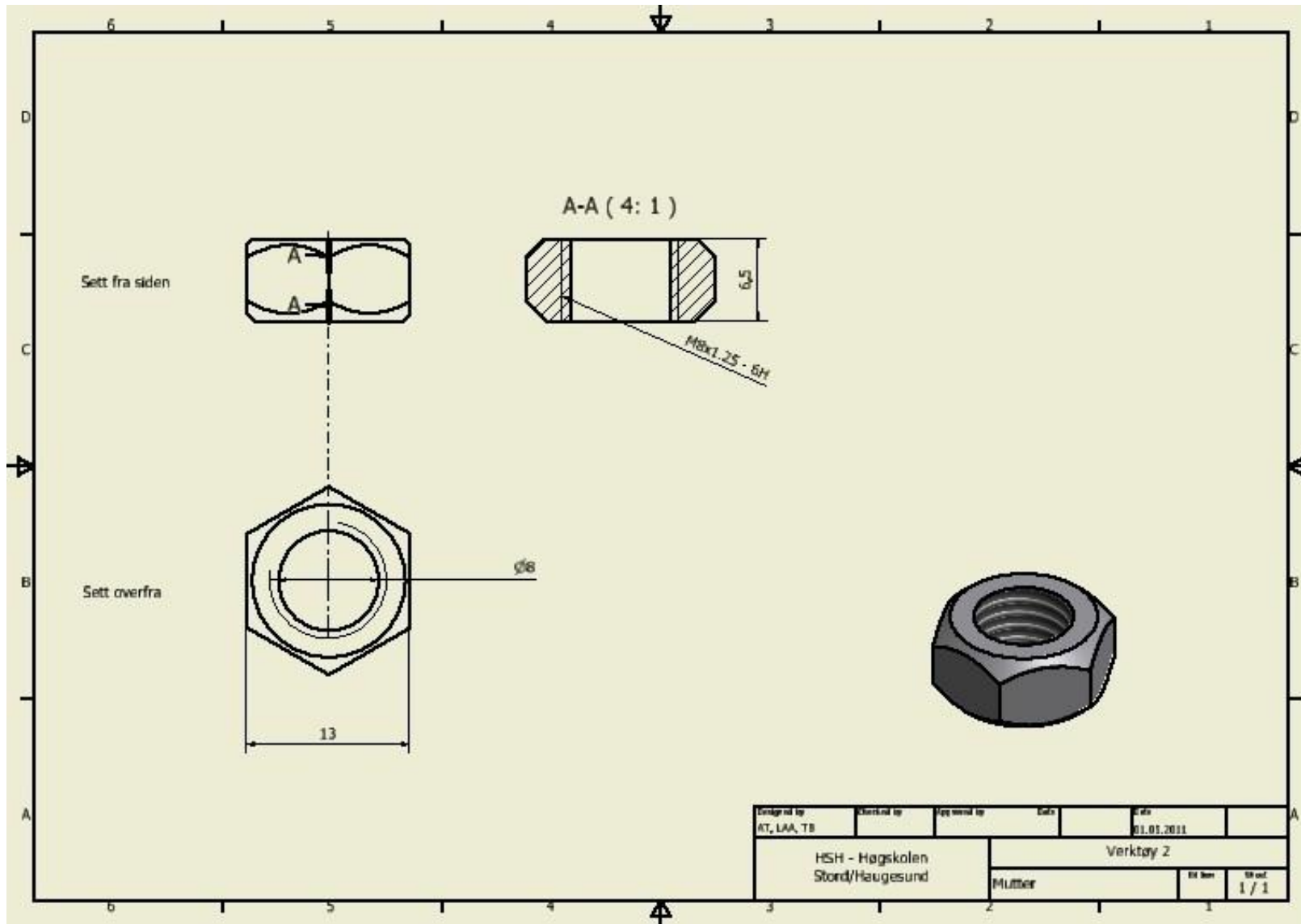


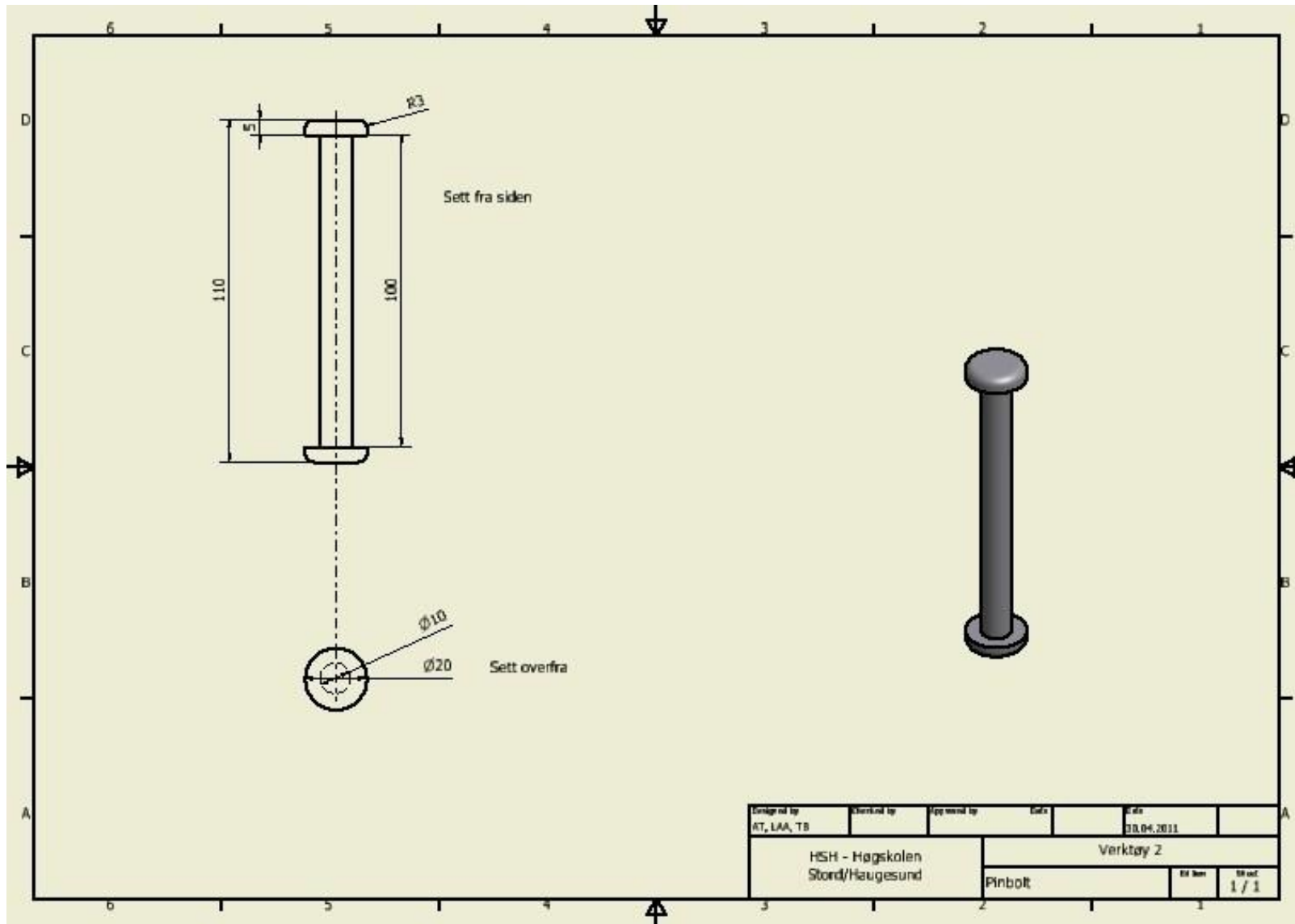










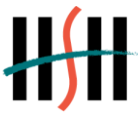


## PITTING AND/OR CREVICE CORROSION OF STAINLESS STEELS IN SEAWATER

### YOU NEED TO KNOW:

- According to common practice a  $PRE_N$ -value above 40 is necessary to call a stainless steel for seawater resistant
- Be aware: No stainless steel alloy will survive in seawater if the temperature is too high!
- AISI 316L ("syrefast stål") is not corrosion resistant in seawater and should be avoided!
- Ordinary ferritic-austenitic (duplex) stainless steel (22% Cr duplex stainless steel) can be used up to 15 °C in chlorinated seawater without suffering corrosion





## Vedlegg M: Pipenet rapport. Pumpe plassert i vendestasjon

=====

PIPENET SPRAY/SPRINKLER MODULE

=====

=====

VERSION 4.4

=====

=====

Results for : Aqua Energy Solutions  
Bachelor oppgave  
Spylesystem for fjerning/forebygging av marin begroing  
Av: Leiv A. Austreid, Astor M. Torgersen, Thomas Buberg.

=====

Licence Owner from key:

=====

08:02 on 5-May-2011



LIST OF CONTENTS  
=====

	Page
	-----
Control Information.....	1
Fluid System.....	1
Design Information.....	2
Pipe Configuration.....	4
Nozzle Configuration.....	5
Designed Diameters & Flowrates.....	6
Flow in Pipes.....	7
Flow through Nozzles.....	8
Flow at Inlets.....	9
Important Notice.....	10
Comments.....	11



TITLE : Aqua Energy Solutions

DATE : 4-May-2011

PAGE : 1

CONTROL INFORMATION

-----  
Convergence accuracy = 1.00E-03  
Maximum no. of iterations = 50  
Elevation Check Tolerance = 0.50 metres  
Warnings Control Option = 0  
\*\*\*\*\* Diagnostic level = 2

FLUID SYSTEM

-----  
Fluid Class = 1 (Liquid )  
Density = 1026. kg/cu.m  
Viscosity = 1.000 cp



TITLE : Aqua Energy Solutions

DATE : 4-May-2011

PAGE : 1

DESIGN INFORMATION

Waterspray System

Pipe Materials are :

Pipe Type		Lining Type	Thickness (milli.m.)
9	-- SuperDuplex	Not Lined	
10	-- Nitril gummi	Not Lined	

Design to NFPA 96 Rules

Using the Hazen-Williams Equation

Velocity Pressure Model: NFPA formula

Pressure loss at entrance: Ignore

Pressure loss at entrance: Ignore



TITLE : Aqua Energy Solutions

DATE : 4-May-2011

PAGE : 1

AVAILABLE PIPE SIZES AND MAXIMUM VELOCITIES USED FOR PIPE SIZING

SuperDuplex Not lined			Nitril gummi Not lined					
Nom.Bore (milli.m.)	Act.Diam (milli.m.)	Max.Vel. (m/sec )	Nom.Bore (milli.m.)	Act.Diam (milli.m.)	Max.Vel. (m/sec )	Nom.Bore (milli.m.)	Act.Diam (milli.m.)	Ma: (m/:
25.0000	Not acceptable		25.0000	25.0000	20.0000			
150.0000	136.0000	20.0000	150.0000	Not acceptable				



TITLE : Aqua Energy Solutions

DATE : 4-May-2011

PAGE ..

## PIPE CONFIGURATION

Pipe Label	Input Node	Output Node	Nom.Bore (milli.m.)	Length (metres )	Elevation (metres )	C Factor	Fitt.eq.lnth (metres )
1	1	7	150.0	0.3000	-0.3000	150.0	0.000
7	8	1	25.00	8.000	1.500	155.0	1.437

## PIPE FITTINGS

Pipe Label	Number x Type	Equivalent Length (metres )
7	2 x 3	0.7183

Fitting types are :

- 1 -- 45 Deg Elbow
- 2 -- 90 Deg Standard Elbow
- 3 -- 90 Deg Long Radius Elbow
- 4 -- Tee or Cross (Flow Turned Thro 90 Deg)
- 5 -- Gate Valve
- 6 -- Swing Check Valve
- 7 -- Non-Return Valve
- 8 -- Ball Valve
- 9 -- Butterfly Valve



TITLE : Aqua Energy Solutions

DATE : 4-May-2011

PAGE : 1

NOZZLE CONFIGURATION

Nozzle Label	Input Node	Nozzle Type	K-Factor	Req Flow (lit/min )	Min Press (bar G )	Max Press (bar G )
7	7	1	21.5400	321.0000	0.22200E+03	0.30000E+04

Nozzle types are :  
1 -- Rundstråledyse



TITLE : Aqua Energy Solutions

DATE : 4-May-2011

PAGE 0

DESIGNED DIAMETERS & FLOWRATES

Pipe Label	Input Node	Output Node	Flowrate (lit/min )	Pipe Type	Act. Bore (milli.m.)	Nom. Size (milli.m.)	Pipe Group
1	1	7	321.0007	9	136.0000	150.0000	*
7	8	1	321.0007	10	25.0000	25.0000	*

A \* indicates that this is a SET diameter

Pipe Materials are :

Pipe Type	Lining Type	Thickness(milli.m.)
9 -- SuperDuplex	Not Lined	
10 -- Nitril gummi	Not Lined	





TITLE : Aqua Energy Solutions

DATE : 4-May-2011

PAGE 1

FLOW IN PIPES

Pipe Label	Input Node	Output Node	Nom.Bore (milli.m.)	Inlet Pr. (bar G )	Outlet Pr. (bar G )	Drop in Pr. (bar )	Frict. Loss (bar )	Flowrate (lit/min )	Veloc. (m/s)
1	1	7	150.00	222.1	222.1	-3.0121E-02	6.3995E-05	321.0	0.3
7	8	1	25.00	225.6	222.1	3.567	3.416	321.0	10



TITLE : Aqua Energy Solutions

DATE : 4-May-2011

PAGE : 3

FLOW THROUGH NOZZLES

Nozzle Label	Input Label	Inlet Press (bar G )	Req. Flow (lit/min )	Flowrate (lit/min )	% Deviation	Req. FlowDens ( lit/min /metres **2 )	FlowDens
7	7	0.22208E+03	321.0000	321.0000 *	0.00		

Note: A \* after a value indicates that this is a specification



TITLE : Aqua Energy Solutions

DATE : 4-May-2011

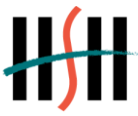
PAGE : 1

FLOW AT INLETS

Inlet Node	Pressure (bar G )	Flowrate (lit/min )	Equivalent K-factor (lit/min , bar G )
8	225.6	321.0	21.371

Note: A \* after a value indicates that this is a specification

The supply demand graph is not available for the network without pump



IMPORTANT NOTICE

---

Your attention is drawn to the need to maintain adequate standards. SUNRISE SYSTEMS Ltd has itself taken steps to ensure that this program produces valid results when properly used. Users are reminded of their responsibilities in the application of program results and, in particular, you should ensure that pertinent output documents are examined and approved by qualified staff prior to use.



TITLE : Aqua Energy Solutions

DATE : 4-May-2011

PAGE 1

COMMENTS

Analysis Converged in 2 Iterations



=====

Aqua Energy Solutions  
Bachelor oppgave  
Spylesystem for fjerning/forebygging av marin begroing  
Av: Leiv A. Austreid, Astor M. Torgersen, Thomas Buberg.

=====



## Vedlegg N: Pipenet rapport. Pumpe plassert på land

=====

PIPENET SPRAY/SPRINKLER MODULE

=====

=====

VERSION 4.4

=====

=====

Results for : Aqua Energy Solutions  
Bachelor oppgave  
Spylesystem for fjerning/forebygging av marin begroing  
Av: Leiv A. Austreid, Astor M. Torgersen, Thomas Buberg.

Licence Owner from key:

=====

08:00 on 5-May-2011



LIST OF CONTENTS  
=====

	Page
	-----
Control Information.....	1
Fluid System.....	1
Design Information.....	2
Pipe Configuration.....	4
Nozzle Configuration.....	5
Designed Diameters & Flowrates.....	6
Flow in Pipes.....	7
Flow through Nozzles.....	8
Flow at Inlets.....	9
Important Notice.....	10
Comments.....	11
Warnings.....	12





TITLE : Aqua Energy Solutions

DATE : 4-May-2011

PAGE : 1

CONTROL INFORMATION

-----  
Convergence accuracy = 1.00E-03  
Maximum no. of iterations = 50  
Elevation Check Tolerance = 0.50 metres  
Warnings Control Option = 0  
\*\*\*\*\* Diagnostic level = 2

FLUID SYSTEM

-----  
Fluid Class = 1 (Liquid )  
Density = 1026. kg/cu.m  
Viscosity = 1.000 cp



TITLE : Aqua Energy Solutions

DATE : 4-May-2011

PAGE : 1

DESIGN INFORMATION

Waterspray System

Pipe Materials are :

Pipe Type	Lining Type	Thickness (milli.m.)
10 -- Nitril gummi	Not Lined	

Design to NFPA 96 Rules  
Using the Hazen-Williams Equation

Velocity Pressure Model: NFPA formula

Pressure loss at entrance: Ignore

Pressure loss at entrance: Ignore



TITLE : Aqua Energy Solutions

DATE : 4-May-2011

PAGE : 1

AVAILABLE PIPE SIZES AND MAXIMUM VELOCITIES USED FOR PIPE SIZING

Nitril gummi  
Not lined

Nom.Bore (milli.m.)	Act.Diam (milli.m.)	Max.Vel. (m/sec )	Nom.Bore (milli.m.)	Act.Diam (milli.m.)	Max.Vel. (m/sec )	Nom.Bore (milli.m.)	Act.Diam (milli.m.)	Ma: (m/:
25.0000	25.0000	20.0000						



TITLE : Aqua Energy Solutions

DATE : 4-May-2011

PAGE

PIPE CONFIGURATION

Pipe Label	Input Node	Output Node	Nom.Bore (milli.m.)	Length (metres )	Elevation (metres )	C Factor	Fitt.eq.lnth (metres )
10	1	2	25.00	50.00	-20.00	155.0	1.437

PIPE FITTINGS

Pipe Label	Number x Type	Equivalent Length (metres )
10	2 x 3	0.7183

Fitting types are :

- 1 -- 45 Deg Elbow
- 2 -- 90 Deg Standard Elbow
- 3 -- 90 Deg Long Radius Elbow
- 4 -- Tee or Cross (Flow Turned Thro 90 Deg)
- 5 -- Gate Valve
- 6 -- Swing Check Valve
- 7 -- Non-Return Valve
- 8 -- Ball Valve
- 9 -- Butterfly Valve



TITLE : Aqua Energy Solutions

DATE : 4-May-2011

PAGE : 1

NOZZLE CONFIGURATION

Nozzle Label	Input Node	Nozzle Type	K-Factor	Req Flow (lit/min )	Min Press (bar G )	Max Press (bar G )
2	2	1	57.0000	801.0000	0.19700E+03	0.30000E+04

Nozzle types are :  
1 -- Rundstråledyse



TITLE : Aqua Energy Solutions

DATE : 4-May-2011

PAGE 1

DESIGNED DIAMETERS & FLOWRATES

Pipe Label	Input Node	Output Node	Flowrate (lit/min )	Pipe Type	Act. Bore (milli.m.)	Nom. Size (milli.m.)	Pipe Group
10	1	2	801.0018	10	25.0000	25.0000	*

A \* indicates that this is a SET diameter

Pipe Materials are :

Pipe Type	Lining Type	Thickness(milli.m.)
10 -- Nitril gummi	Not Lined	



TITLE : Aqua Energy Solutions

DATE : 4-May-2011

PAGE 1

FLOW IN PIPES

Pipe Label	Input Node	Output Node	Nom.Bore (milli.m.)	Inlet Pr. (bar G )	Outlet Pr. (bar G )	Drop in Pr. (bar )	Frict. Loss (bar )	Flowrate (lit/min )	Veloc. (m/s)
10	1	2	25.00	296.5	197.5	99.07	101.1	801.0	27



TITLE : Aqua Energy Solutions

DATE : 4-May-2011

PAGE : 3

FLOW THROUGH NOZZLES

Nozzle Label	Input Label	Inlet Press (bar G )	Req. Flow (lit/min )	Flowrate (lit/min )	% Deviation	Req. FlowDens ( lit/min /metres **2 )	FlowDens
2	2	0.19748E+03	801.0000	801.0000 *	0.00		

Note: A \* after a value indicates that this is a specification





TITLE : Aqua Energy Solutions

DATE : 4-May-2011

PAGE : 1

FLOW AT INLETS

Inlet Node	Pressure (bar G )	Flowrate (lit/min )	Equivalent K-factor (lit/min , bar G )
1	296.5	801.0	46.514

Note: A \* after a value indicates that this is a specification

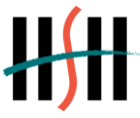
The supply demand graph is not available for the network without pump



IMPORTANT NOTICE

---

Your attention is drawn to the need to maintain adequate standards. SUNRISE SYSTEMS Ltd has itself taken steps to ensure that this program produces valid results when properly used. Users are reminded of their responsibilities in the application of program results and, in particular, you should ensure that pertinent output documents are examined and approved by qualified staff prior to use.



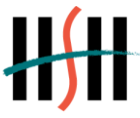
TITLE : Aqua Energy Solutions

DATE : 4-May-2011

PAGE 1

COMMENTS

-----  
Analysis Converged in 2 Iterations



TITLE : Aqua Energy Solutions

DATE : 4-May-2011

PAGE 1:

-----  
WARNINGS

\*\*\* WARNING - Velocity in pipe 10 exceeds specified maximum



=====

Aqua Energy Solutions  
Bachelor oppgave  
Spylesystem for fjerning/forebygging av marin begroing  
Av: Leiv A. Austreid, Astor M. Torgersen, Thomas Buberg.

=====