

Bacheloroppgave

Bacheloroppgave vår 2010:
Utmattingsegenskaper for nikkel -
aluminiumbronse i sjøvann

Prosjektgruppe: Njord
ved Høgskolen i Buskerud
Avdeling for teknologi

Oppdragsgiver:
Det Norske Veritas

Veiledere:
Jamal Safi (HiBu)
Johan Johansson Iseskär (DNV)



Prosjektgruppe Njord:
Martin Moberg, Morten Sølvberg Sletta, Knut Richard Føre, Glenn Andre Jensen, Aslak Brage Espeland

Visjonsdokument (s. 3)

Kravspesifikasjon (s. 5)

Prosjektplan (s. 11)

Testspesifikasjon (s. 24)

Dokumentstandard (s. 30)

Etteranalyse (s. 41)

Kompendium (s. 47)

Utmattingsrapport (s. 86)

RDS-CP propell (Reguleringsrapport) (s. 122)

MAL - Oppfølgingsdokument (s. 142)

Oppfølgingsdokumenter (s. 148)

MAL - Møtereferat (s. 171)

Møtereferater (s.173)

Visjonsdokument

Bacheloroppgave vår 2010:
Utmattingsegenskaper for nikkel -
aluminiumbronse i sjøvann

Prosjektgruppe: Njord
ved Høgskolen i Buskerud
Avdeling for teknologi

Oppdragsgiver:
Det Norske Veritas

Veiledere:
Jamal Safi (HiBu)
Johan Johansson Iseskär (DNV)



Prosjektgruppe Njord:
Martin Moberg, Morten Sølvberg Sletta, Knut Richard Føre, Glenn Andre Jensen, Aslak Brage Espeland

Visjonsdokument for prosjektgruppe Njord

Når propeller går i sjøvann blir de utsatt for varierende belastninger, dette fører til utmatting av materialet. Denne utmattingen vil over lengre tid føre til sprekker eller avrevne biter på propellen. Studentene må sette oss seg generelle utmattingsproblemer ved propeller.

De skal undersøke om propellstigningen kan la seg styre av et reguleringsystem for å redusere utmattingsbelastningen. Når man endrer stigningen vil dette gå utover virkningsgraden til propellen, det må da sies noe om hvor stor endringen av virkningsgraden blir og eventuelle tiltak som kan hjelpe på dette.

Eksponering av nikkel aluminium bronse i sjøvann kan påvirke hydrogenmetning og mikroskopiske endringer i overflaten, noe som igjen kan føre til lavere utmattingsfasthet. Det skal det skrives en anbefaling på hvordan prøving av propellmaterialer bør utføres for å sikre pålitelige testdata. For å underbygge dette skal det utføres en serie utmattingsprøver.

I tillegg ønsker DNV å ha et informasjonshefte som skal gis til nye ingeniører ved maskinavdelinga. I dette heftet skal ingeniører få en innføring i viktige sider ved skipspropeller.

Kravspesifikasjon

Bacheloroppgave vår 2010:
Utmattingsegenskaper for nikkel -
aluminiumbronse i sjøvann

Prosjektgruppe: Njord
ved Høgskolen i Buskerud
Avdeling for teknologi

Oppdragsgiver:
Det Norske Veritas

Veiledere:
Jamal Safi (HiBu)
Johan Johansson Iseskär (DNV)



Prosjektgruppe Njord:
Martin Moberg, Morten Sølvberg Sletta, Knut Richard Føre, Glenn Andre Jensen, Aslak Brage Espeland

Innholdsfortegnelse

| | |
|--------------------------|---|
| Innledning..... | 4 |
| Uttrykk..... | 4 |
| Krav..... | 5 |
| 1. Prosjektet | 5 |
| 2. Litteraturstudie..... | 5 |
| 3. Utmattingstest..... | 6 |
| 4. Reguleringsystem..... | 6 |

Dokument historikk

| Versjon | Dato | Forfattet av | Beskrivelse av endring |
|---------|-----------|--------------|--|
| 1.0 | 12.1.2010 | GAJ | Første versjon |
| 2.0 | 18.3.2010 | MM | 3.1.2, 3.2.2, 3.3, 4.1.2, skrivefeil, oppdatert Header |
| 2.1 | 26.5.2010 | MM | Omformulert noen setninger for å gjøre dem klarere |

Innledning

Når propeller operer i sjøvann blir de utsatt for dynamisk belastning. Dette fører til utmatting av materialet, og det vil da oppstå sprekker som kan gi avrevne biter på propellen. Sjøvannet korroderer materialet og gjør det svakere mot utmatting.

Oppdragsgiver er Det Norske Veritas heretter kalt DNV.

Prosjektgruppen som skal utføre oppgaven er Njord, heretter kalt studentene.

DNV har gitt studentene som oppgave å sette seg inn i utmattingsproblemet ved å utføre en litteraturstudie, en utmattingstest og lage et reguleringsystem, dette skal resultere i en rekke med dokumenter om emnet.

Denne kravspesifikasjonen inneholder krav gitt av DNV. I tillegg har studentene lagt til sine egne krav for å utfylle DNVs krav. Samtlige krav vil bli kontrollert i testspesifikasjonen.

Uttrykk

Utmatting: En skadetilstand som oppstår i en konstruksjon som følge av gjentatte svingninger.

Stigning: Avstanden en propell tilbakelegger i løpet av en rotasjon.

Korrosjon: Det generelle navnet på fenomenet oksidasjon av metaller, på folkemunne "rust".

S/N-kurve: En grafisk fremvisning av utmattingen til et materiale. S er stresset (kraft per areal) og N er antall svingninger.

Dynamisk belastning: Last som er i bevegelse.

Ni-Al-bronse: Nikkel Aluminium bronse.

Krav

Krav gitt av oppdragsgiver er understreket, kravene som ikke har understrek er krav stilt av Njord prosjektgruppe.

1. Prosjektet

1.1. Norsk

Alle dokumenter skal skrives på norsk. Da det er norske ansatte ved DNV som skal bli brukerne.

1.2. PDF

Alle dokumenter skal leveres i PDF format.

1.3. Dokumentstandard

Alle dokumenter skal følge Njord dokumentstandard[1]. Alt skal se likt ut da dette vil gjøre det enklere for brukeren å orientere seg i dokumentet.

2. Litteraturstudie

2.1. Kompendium

2.1.1. 20-50 sider

Det skal utføres en litteraturstudie som resulterer i et 20-50 sider kompendium. DNV mener at kompendium som er av større format vil ikke bli lest like godt.

2.1.2. Propellteori

Kompendiet skal inneholde propellteori.

2.1.3. Utmatting

Kompendiet skal inneholde faktorer som påvirker utmatning.

2.1.4. Brukervennlighet

Kompendiet skal skrives for nyansatte ingeniører. På grunn av variert faglig utgangspunkt hos nyansatte, vil dette kompendiet løfte alle frem til samme kompetanse.

3. Utmattingstest

3.1. Prøvestaver

Det skal maskineres prøvestaver.

3.1.1. Ni - Al bronse.

Materialet som skal testes er Ni - Al bronse

3.1.2. Antall

På grunn av et strengt tidsskjema skal det kun testes 10 prøvestaver, hvor av fem skal ha vært i sjøvann en periode for å oppnå hydrogenmetning. De siste fem skal testes uten å ha vært i sjøvann.

3.1.3. Overflate

Prøvestavene må ha en overflate som er fri for sprekker og den skal maksimum ha 1,6 RA som er måleenheten for glattheten overflaten.

3.2. Rapport

Det skal utarbeides en rapport av utmattingstesten.

3.2.1. S/N - kurve

Rapporten skal inneholde en S/N-kurve, denne viser prøvestykkets brudd som følge av variabel last.

3.2.2. Sjøvann

Det skal komme frem av rapporten hvilken innvirkning sjøvann har på utmattingen i prøvestykkene.

3.3. Anbefaling

Det skal skrives en anbefaling til hvordan utmattingstesting av Ni-Al bronse i sjøvann burde utføres for å sikre pålitelige data. Dette for at DNV skal kunne si noe om slik testing ved godkjenning av propeller.

4. Reguleringsystem

4.1. Rapport

Det skal utarbeides en rapport som tar for seg muligheten for å regulere stigningen til en propell.

4.1.1. Vannstrømmer

Det skal tas hensyn til vannstrømmer fra skipet som påvirker de dynamiske kreftene. Disse kreftene skal om mulig reduseres til usignifikante.

4.1.2. Virkningsgrad

I rapporten skal det komme frem at det er tatt hensyn til hvor mye virkningsgraden til propellen blir påvirket av reguleringsystemet. Dette skal gjøres fordi man vet at slik regulering vil øke virkningsgraden og redusere utmattingen.

4.2. Simulering

Det skal simuleres et reguleringsystem som tar for seg stigningen til propellen. Dette for å vise hvordan et slikt system eventuelt kan gjøres mulig.

4.2.1. Faktorer

Simuleringen skal ta for seg de faktorene som er utarbeidet i reguleringsrapporten, hvis noen faktorer ikke er tatt med skal dette presiseres.

Prosjektplan

Bacheloroppgave vår 2010:
Utmattingsegenskaper for nikkel -
aluminiumbronse i sjøvann

Prosjektgruppe: Njord
ved Høgskolen i Buskerud
Avdeling for teknologi

Oppdragsgiver:
Det Norske Veritas

Veiledere:
Jamal Safi (HiBu)
Johan Johansson Iseskär (DNV)



Prosjektgruppe Njord:
Martin Moberg, Morten Sølvberg Sletta, Knut Richard Føre, Glenn Andre Jensen, Aslak Brage Espeland

Dokument historikk

| Versjon | Dato | Forfattet av | Beskrivelse av endring |
|---------|-----------|-----------------|--|
| 1.0 | 12.1.2009 | GAJ, MSS, MM | Første versjon |
| 2.0 | 18.3.2010 | MM | Div skrivefeil, forutsetninger, oppdatert fremdriften, puttet inn arbeidsfordeling kompendium, lagt til beskrivelser av overskrifter |
| 3.0 | 28.5.2010 | MM | Lagt til arbeidsfordelingen på slutten av prosjektet |

Innholdsfortegnelse

| | |
|--|----|
| Innledning..... | 4 |
| Uttrykk..... | 4 |
| Målsetting..... | 5 |
| Avgrensninger..... | 5 |
| Litteraturstudie..... | 5 |
| Utmattningstest..... | 5 |
| Reguleringsystem..... | 5 |
| Forutsetninger..... | 5 |
| Oppgavebeskrivelser..... | 6 |
| Litteraturstudie..... | 6 |
| Utmattningstest..... | 6 |
| Reguleringsystem..... | 6 |
| Aktiviteter..... | 7 |
| 1. Forprosjekt..... | 7 |
| 2. Presentasjon 1..... | 7 |
| 3. Presentasjon 2..... | 7 |
| 4. Presentasjon 3..... | 7 |
| 5. Litteraturstudie..... | 7 |
| 6. Utmattningstest..... | 8 |
| 7. Reguleringsrapport..... | 8 |
| 8. Administrativt arbeid..... | 8 |
| 9. Prosjekt Slutt/ ferdigstilling av arbeid..... | 9 |
| Tidsplan..... | 10 |
| Ressursplan..... | 10 |
| Arbeidsfordeling Kompedium..... | 11 |
| Prosjektdeltakere og deres roller..... | 12 |

Innledning

Når propeller opererer i sjøvann blir de utsatt for dynamisk belastning. Over lengre tid kan dette føre til utmatting av materialet, man vil da se sprekker eller avrevne biter på propellen. Sjøvannet korroderer materialet og gjør det svakere mot utmatting.

Det Norske Veritas heretter kalt DNV.

Prosjektgruppe Njord heretter kalt studentene.

DNV har gitt studentene som oppgave å sette seg inn i utmattingsproblemet ved å utføre en litteraturstudie og en utmatingstest, dette skal resultere i en rekke med dokumenter om emnet.

Prosjektplanen inneholder informasjon om oppgavene, når og hvem som utfører og eventuelt restriksjoner og retningslinjer.

Uttrykk

Utmatting: en skadetilstand som oppstår i en konstruksjon som følge av gjentatte svingninger.

Stigning: Avstanden en propell tilbakelegger i løpet av en rotasjon.

Korrosjon: det generelle navnet på fenomenet oksidasjon av metaller, på folkemunne "rust".

S/N-kurve: En grafisk fremvisning av utmattingen til et materiale. S er stresset (kraft per areal) og N er antall svingninger.

Dynamisk belastning: Last som er i bevegelse.

Ni-Al-bronse: Nikkel Aluminium bronse.

Målsetting

DNV har som mål å lære mer om utmattingsegenskapene til Ni-Al bronse i sjøvann. For å oppnå dette vil studentene gjennomføre en litteraturstudie som resulterer i et kompendium. For underbygging av teorien vil studentene utføre en utmattingstest. DNV vil også undersøke om regulering av stigningen til en propell vil redusere dynamiske krefter og i hvilken grad dette vil påvirke virkningsgraden. Studentene vil da utarbeide en rapport og om mulig simulere systemet.

Avgrensninger

For at prosjektet skal kunne gjennomføres innen den tid som er satt, så må vi sette noen avgrensninger. Vi har her valgt å liste opp avgrensningene under de forskjellige hoveddelene prosjektet er delt i.

Litteraturstudie

Studentene skal lage et kompendium med minimum 20 og maksimum 50 sider. Det skal skrives enkel propellteori som ikke krever forkunnskaper.

Utmattningstest

Testen skal utføres før 15. April ved Høgskolen i Oslo. Det skal testes 10 prøvestaver hvor av fem skal ha vært i sjøvann en periode for å oppnå hydrogenmetning.

Reguleringssystem

Reguleringssystemet skal kun regulere stigningen til propellen.

Forutsetninger

For å kunne utføre prosjektet er det avgjørende at studentene får tilgang til diverse biblioteker, og DNVs data for propell og materialteknologi. For å kunne utføre utmattingstesten er det en forutsetning at studentene på forhånd har mottatt materialstykker med korrekte sertifikater. Studentene har gjort avtale med Høgskolen i Oslo for lån av prøvemaskin, og det er viktig at denne etterholdes.

Oppgavebeskrivelser

Her vil det bli gitt hvilke oppgaver som skal utføres i prosjektet.

Litteraturstudie

Her skal studentene sette seg inn i generelle problemer med utmatting i propeller, og sette dette opp mot påvirkning fra sjøvann. De må utføre et omfattende søk etter relevant litteratur og utarbeide et kompendium.

Utmattingsstest

Studentene skal utføre en utmattingsstest av Ni - Al bronse og utarbeide en rapport som skal inneholde S/N - kurve for materialet. Utmattingsstesten innebærer å utsette prøvestykker for dynamiske krefter i gitte sykluser for å kartlegge utmattingen. Halvparten av prøvestykkene har ligget en gitt tid i sjøvann for å fremprovosere korrosjon. Man vil da kunne undersøke sjøvannets effekt på materialets utmattingssegenskaper. Det skal også skives en anbefaling om hvordan man skal utføre slike materialprøvinger når man må ta hensyn til korrosjon fra sjøvann.

Reguleringssystem

Det skal utarbeides en rapport som tar for seg muligheten til å regulere stigningen til en propell. Det skal da tas hensyn til vannstrømmer fra skipet som påvirker de dynamiske kreftene. Disse kreftene skal om mulig reduseres til usignifikante. I rapporten skal det komme frem at det er tatt hensyn til hvor mye virkningsgraden til propellen blir påvirket av reguleringssystemet.

Aktiviteter

Vi har brutt oppgavebeskrivelsene ned i aktiviteter. Aktivitetene blir brukt til å føre timelister og lage en Gantt-plan.

1. Forprosjekt

- 1.1. Finne prosjektoppgave
- 1.2. Lage Visjonsdokument
- 1.3. Lage Kravspesifikasjon
- 1.4. Lage Testspesifikasjon
- 1.5. Lage Prosjektplan

2. Presentasjon 1

- 2.1. Forberede presentasjon 1
- 2.2. Presentere presentasjonen

3. Presentasjon 2

- 3.1. Forberede presentasjon 2
- 3.2. Presentere presentasjonen

4. Presentasjon 3

- 4.1. Forberede presentasjon 3
- 4.2. Presentere presentasjonen

5. Litteraturstudie

- 5.1. Generelt søk etter litteratur
- 5.2. Lage innledning
- 5.3. Lage kapittel om propellteori
 - 5.3.1. Samle informasjon om propellteori
 - 5.3.2. Skrive kapittel om propellteori
 - 5.3.3. Redigere og teste kapitlet
- 5.4. Lage kapittel om generell utmatting
 - 5.4.1. Samle informasjon om utmatting
 - 5.4.2. Skrive kapittel om utmatting
 - 5.4.3. Redigere og teste kapitlet
- 5.5. Lage kapittel om korrosjon
 - 5.5.1. Samle informasjon om korrosjon
 - 5.5.2. Skrive kapittel om korrosjon
 - 5.5.3. Redigere og teste kapitlet
- 5.6. Lage kapittel om testteori med anbefaling av testmetoder
 - 5.6.1. Bruke informasjon fra testen og skriv kapittel
 - 5.6.2. Redigere og teste kapitlet

- 5.7. Terminologi liste
- 5.8. Redigere kompendiet
 - 5.8.1. Lese korrektur
 - 5.8.2. Lage bokoppsett
 - 5.8.3. Diverse arbeid med litteraturstudie

6. Utmattingstest

- 6.1. Skaffe tilgang til utmatningsmaskin
 - 6.1.1. Kontakt med Høyskolen i Oslo
 - 6.1.2. Avtale tidsrom vi kan bruke maskinen
- 6.2. Tilvirke prøvestaver
 - 6.2.1. Motta prøvestaver
 - 6.2.2. Maskinere stavene
 - 6.2.3. Lage kunstig sjøvann og legge 5 staver i vannet
- 6.3. Forberede testen
 - 6.3.1. Finne ut hvordan testutstyret skal brukes
 - 6.3.2. Finne ut hvilken startlast prøvestaven skal begynne med
- 6.4. Utføre testen
- 6.5. Skrive og teste testrapport
 - 6.5.1. Behandle rådata fra testen
- 6.6. Skrive rapporten

7. Reguleringsrapport

- 7.1. Søk etter litteratur
 - 7.1.1. Finne ut hva som skjer når man endrer stigningen
 - 7.1.2. Finne ut hvordan vannstrømmene påvirker propeller
 - 7.1.3. Finne ut hva de statiske kreftene på propeller er
 - 7.1.4. Andre faktorer og eventuelle forbedringer/fordypninger
- 7.2. Lage reguleringsystem
 - 7.2.1. Utvikle et reguleringsystem til den enkle simuleringen
 - 7.2.2. Utvikle et forbedret reguleringsystem
- 7.3. Simulering
 - 7.3.1. Bestemme hvilket simuleringsverktøy
 - 7.3.2. Lage en enkel simulering
 - 7.3.3. Lage forbedret simulering
- 7.4. Skrive reguleringsrapport

8. Administrativt arbeid

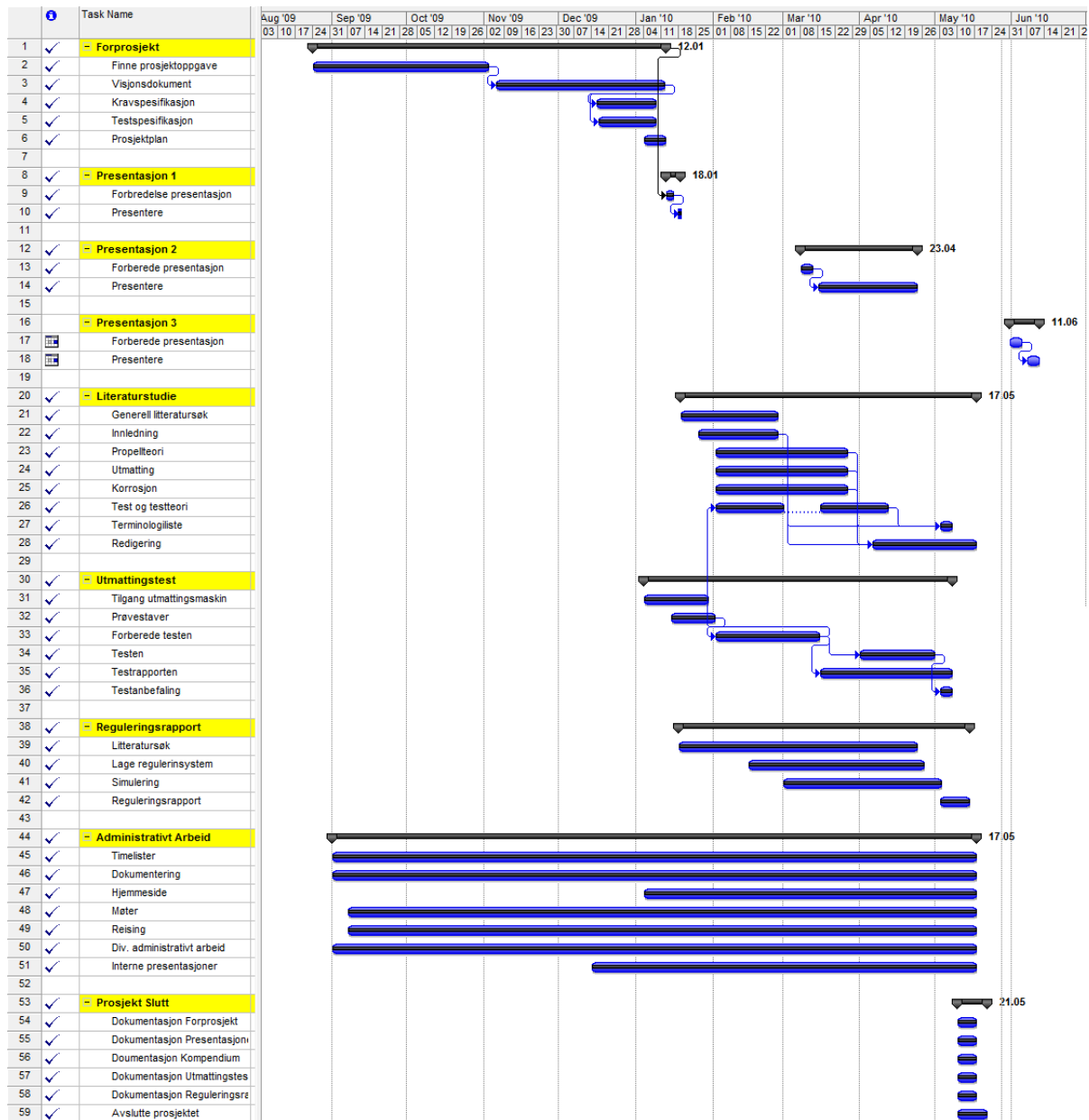
- 8.1. Arbeid med timelister
- 8.2. Dokumentering og innleveringer
- 8.3. Arbeid med hjemmeside
- 8.4. Diverse administrativt arbeid

- 8.5. Reising
- 8.6. Møter
 - 8.6.1. Forberede møter
 - 8.6.2. Ha møter
- 8.7. Interne presentasjoner
 - 8.7.1. Forberede interne presentasjoner
 - 8.7.2. Ha interne presentasjoner

9. Prosjekt Slutt/ ferdigstilling av arbeid

- 9.1. Samle dokumentasjon forprosjekt
- 9.2. Samle dokumentasjon lærebok
- 9.3. Samle dokumentasjon presentasjoner
- 9.4. Samle dokumentasjon utmattingstest
- 9.5. Samle dokumentasjon Reguleringsrapport
- 9.6. Avslutte prosjektet

Tidsplan



Ressursplan

I dette prosjektet legger vi opp til et tidsforbruk basert på følgende scenario:

| | |
|---|---------------------|
| 20 timer i uka fra uke 3 til uke 12: | 1000 timer |
| + 37,5 timer i uka fra uke 15 til uke 19: | 937,5 timer |
| +37,5 timer i uka fra uke 20 til uke 21 : | 375 timer |
| Totalt | 2312,5 timer |

Klarer vi å opprettholde dette så vil vi unngå en altfor stor arbeidsbelastning på slutten av prosjektet. Vi har tatt hensyn til at Aslak skal ha ferie i uke 8 og at Glenn skal bli far rundt 31.mars i planleggingen vår. Aslak har ikke ansvar for noen aktiviteter som har oppstart i uke 8 og Glenn har

bare ansvar for propellteori i det aktuelle tidsrommet. Glenn regner med noen dager fri når barnet blir født og så en uke med hjemmearbeid.

| | Task Name | Duration | Start | Finish | Predecess | % Complete | Timer Estimert | Work | Ansvarlig |
|----|--------------------------------|----------|--------------|--------------|------------|------------|----------------|-------|-----------|
| 1 | ✓ - Forprosjekt | 102 days | Mon 24.08.09 | Tue 12.01.10 | | 100% | | 0 hrs | Aslak |
| 2 | ✓ Finne prosjektoppgave | 51 days | Mon 24.08.09 | Mon 02.11.09 | | 100% | | 0 hrs | Knut |
| 3 | ✓ Visjonsdokument | 48 days | Thu 05.11.09 | Tue 12.01.10 | 2 | 100% | | 0 hrs | Morten |
| 4 | ✓ Kravspesifikasjon | 18 days | Wed 16.12.09 | Fri 08.01.10 | 3 | 100% | | 0 hrs | Glenn |
| 5 | ✓ Testspesifikasjon | 17 days | Thu 17.12.09 | Fri 08.01.10 | 3 | 100% | | 0 hrs | Knut |
| 6 | ✓ Prosjektplan | 7 days | Mon 04.01.10 | Tue 12.01.10 | | 100% | | 0 hrs | Martin |
| 7 | | | | | | | | | |
| 8 | ✓ - Presentasjon 1 | 4 days | Wed 13.01.10 | Mon 18.01.10 | | 100% | 40 | 0 hrs | Glenn |
| 9 | ✓ Forbedelse presentasjon | 3 days | Wed 13.01.10 | Fri 15.01.10 | 1 | 100% | 25 | 0 hrs | Glenn |
| 10 | ✓ Presentere | 1 day | Mon 18.01.10 | Mon 18.01.10 | 9 | 100% | 15 | 0 hrs | Glenn |
| 11 | | | | | | | | | |
| 12 | ✓ - Presentasjon 2 | 35 days | Mon 08.03.10 | Fri 23.04.10 | | 100% | 40 | 0 hrs | Glenn |
| 13 | ✓ Forberede presentasjon | 5 days | Mon 08.03.10 | Fri 12.03.10 | | 100% | 25 | 0 hrs | Glenn |
| 14 | ✓ Presentere | 30 days | Mon 15.03.10 | Fri 23.04.10 | 13 | 100% | 15 | 0 hrs | Glenn |
| 15 | | | | | | | | | |
| 16 | ✓ - Presentasjon 3 | 10 days | Mon 31.05.10 | Fri 11.06.10 | | 0% | 80 | 0 hrs | Glenn |
| 17 | Forberede presentasjon | 5 days | Mon 31.05.10 | Fri 04.06.10 | | 0% | 50 | 0 hrs | Glenn |
| 18 | Presentere | 5 days | Mon 07.06.10 | Fri 11.06.10 | 17 | 0% | 30 | 0 hrs | Glenn |
| 19 | | | | | | | | | |
| 20 | ✓ - Literaturstudie | 85 days | Tue 19.01.10 | Mon 17.05.10 | | 100% | 715 | 0 hrs | Aslak |
| 21 | ✓ Generell literatursøk | 29 days | Tue 19.01.10 | Fri 26.02.10 | | 100% | 100 | 0 hrs | Aslak |
| 22 | ✓ Innledning | 24 days | Tue 26.01.10 | Tue 26.02.10 | | 100% | 20 | 0 hrs | Martin |
| 23 | ✓ Propellteori | 39 days | Tue 02.02.10 | Fri 26.03.10 | | 100% | 100 | 0 hrs | Glenn |
| 24 | ✓ Utmatting | 39 days | Tue 02.02.10 | Fri 26.03.10 | | 100% | 100 | 0 hrs | Martin |
| 25 | ✓ Korrosjon | 39 days | Tue 02.02.10 | Fri 26.03.10 | | 100% | 100 | 0 hrs | Knut |
| 26 | ✓ Test og testteori | 39 days | Tue 02.02.10 | Mon 12.04.10 | 33 | 100% | 75 | 0 hrs | Glenn |
| 27 | ✓ Terminologiliste | 5 days | Mon 03.05.10 | Fri 07.05.10 | 26,22;23,2 | 100% | 20 | 0 hrs | Martin |
| 28 | ✓ Redigering | 30 days | Tue 06.04.10 | Mon 17.05.10 | 22;23;24,2 | 100% | 200 | 0 hrs | Aslak |
| 29 | | | | | | | | | |
| 30 | ✓ - Utmattingstest | 90 days | Mon 04.01.10 | Fri 07.05.10 | | 100% | 300 | 0 hrs | Knut |
| 31 | ✓ Tilgang utmattingmaskin | 20 days | Mon 04.01.10 | Fri 29.01.10 | | 100% | 30 | 0 hrs | Glenn |
| 32 | ✓ Prøvestaver | 12 days | Fri 15.01.10 | Mon 01.02.10 | | 100% | 60 | 0 hrs | Knut |
| 33 | ✓ Forberede testen | 30 days | Tue 02.02.10 | Mon 15.03.10 | 32 | 100% | 100 | 0 hrs | Glenn |
| 34 | ✓ Testen | 22 days | Thu 01.04.10 | Fri 30.04.10 | 33 | 100% | 50 | 0 hrs | Knut |
| 35 | ✓ Testrapporten | 39 days | Tue 16.03.10 | Fri 07.05.10 | 33 | 100% | 30 | 0 hrs | Knut |
| 36 | ✓ Testanbefaling | 5 days | Mon 03.05.10 | Fri 07.05.10 | 34 | 100% | 30 | 0 hrs | Knut |
| 37 | | | | | | | | | |
| 38 | ✓ - Reguleringsrapport | 85 days | Mon 18.01.10 | Fri 14.05.10 | | 100% | 340 | 0 hrs | Morten |
| 39 | ✓ Literatursøk | 70 days | Mon 18.01.10 | Fri 23.04.10 | | 100% | 100 | 0 hrs | Morten |
| 40 | ✓ Lage reguleringsystem | 51 days | Mon 15.02.10 | Mon 26.04.10 | | 100% | 130 | 0 hrs | Morten |
| 41 | ✓ Simulering | 46 days | Mon 01.03.10 | Mon 03.05.10 | | 100% | 80 | 0 hrs | Morten |
| 42 | ✓ Reguleringsrapport | 10 days | Mon 03.05.10 | Fri 14.05.10 | | 100% | 30 | 0 hrs | Morten |
| 43 | | | | | | | | | |
| 44 | ✓ - Administrativt Arbeid | 185 days | Tue 01.09.09 | Mon 17.05.10 | | 100% | 463 | 0 hrs | Martin |
| 45 | ✓ Timelister | 185 days | Tue 01.09.09 | Mon 17.05.10 | | 100% | - | 0 hrs | Morten |
| 46 | ✓ Dokumentering | 185 days | Tue 01.09.09 | Mon 17.05.10 | | 100% | - | 0 hrs | Aslak |
| 47 | ✓ Hjemmeside | 96 days | Mon 04.01.10 | Mon 17.05.10 | | 100% | - | 0 hrs | Morten |
| 48 | ✓ Meter | 181 days | Mon 07.09.09 | Mon 17.05.10 | | 100% | - | 0 hrs | Martin |
| 49 | ✓ Reising | 181 days | Mon 07.09.09 | Mon 17.05.10 | | 100% | - | 0 hrs | Martin |
| 50 | ✓ Div. administrativt arbeid | 185 days | Tue 01.09.09 | Mon 17.05.10 | | 100% | - | 0 hrs | Martin |
| 51 | ✓ Interne presentasjoner | 111 days | Mon 14.12.09 | Mon 17.05.10 | | 100% | 100 | 0 hrs | Martin |
| 52 | | | | | | | | | |
| 53 | ✓ - Prosjekt Slutt | 10 days | Mon 10.05.10 | Fri 21.05.10 | | 100% | 200 | 0 hrs | Glenn |
| 54 | ✓ Dokumentasjon Forprosjekt | 6 days | Mon 10.05.10 | Mon 17.05.10 | | 100% | - | 0 hrs | Martin |
| 55 | ✓ Dokumentasjon Presentasjon | 6 days | Mon 10.05.10 | Mon 17.05.10 | | 100% | - | 0 hrs | Glenn |
| 56 | ✓ Dokumentasjon Kompendium | 6 days | Mon 10.05.10 | Mon 17.05.10 | | 100% | - | 0 hrs | Aslak |
| 57 | ✓ Dokumentasjon Utmattingstes | 6 days | Mon 10.05.10 | Mon 17.05.10 | | 100% | - | 0 hrs | Knut |
| 58 | ✓ Dokumentasjon Reguleringsrsr | 6 days | Mon 10.05.10 | Mon 17.05.10 | | 100% | - | 0 hrs | Morten |
| 59 | ✓ Avslutte prosjektet | 10 days | Mon 10.05.10 | Fri 21.05.10 | | 100% | 120 | 0 hrs | Glenn |

Arbeidsfordeling Kompendium

Her er arbeidsfordelingen for kompendiumet vårt. Som dere ser er det delt opp i 3 perioder her. Hele tidrommet som er satt av til å jobbe med de forskjellige kapitlene er fra tirsdag 2.2.2010 og til 16.4.2010.

De forskjellige periodene går fra:

Periode 1: Fra 2.2.2010 til 23.2.2010

Periode 2: Fra 23.2.2010 til 12.3.2010

Periode 3: Fra 12.3.2010 til 16.4.2010

Det er i utgangspunktet satt av 120 timer til hver aktivitet her, så timerfordelingen blir i området 40/40/40, som betyr 40 timer på hver av periodene. Hvordan timene blir fordelt innen arbeidsperioden er opp til hver enkelt.

Den personen som har ansvaret for de forskjellige emnene har blitt tildelt periode 3. Dette fordi det er denne personen som skal gjøre kvalitetskontrollen og det passer da bra at det også er sistemann.

| | Propellteori | Utmatting | Korrosjon | Test/testteori | Regulering |
|-----------------------|--------------|-----------|-----------|----------------|------------|
| Periode 1 (40 timer) | Martin | Knut | Aslak | Glenn | Morten |
| Periode 2 (40 timer) | Morten | Aslak | Martin | Knut | Glenn |
| Periode 3 (40 timer) | Glenn | Martin | Knut | Aslak | Morten |

Kvalitetssikring av kompendiet i sluttperioden av prosjektet blir gjort på følgende måte. Hver enkelt deltaker i gruppen skal gå gjennom hvert kapittel og kommenterer. Når alle deltakeren har kommentert, så er det den ansvarlige for hvert kapittel som har ansvar for at det som er påpekt blir rettet. Siste frist for kommentarer er tirsdag den 18 mai, og dette skal være rettet innen torsdag den 20 mai.

Uke 21 er satt av til å ferdigstille det siste på rapporten, og gjøre klart det som skal leveres til endelig innlevering. Det er estimert at hele prosjektet er ferdig og skal leveres til fredag 28.05.2010.

Prosjektdeltakere og deres roller

Deltagere i prosjektgruppen skal være tilgjengelig for prosjektet i den tiden som er spesifisert i prosjektplanen. De skal også delta i arbeidet i de forskjellige aktivitetene i prosjektet som foreligger i aktivitetsplanen.

Martin Moberg, Prosjektleder. Har det overordnede ansvar for at prosjektet blir gjennomført i henhold til de vedtatte planene. Har ansvar for å styre arbeidet i prosjektet slik at det når målet. Er også ansvarlig for å holde prosjektet innen rammene som er satt. Skal rapportere til veileder underveis, og holde denne personen om evt. nåværende og fremtidige overskridelser av de rammene som er satt i prosjektet.

Morten Sølvsberg Sletta, Reguleringsansvarlig. Har det overordnede ansvaret for reguleringsystemet som skal designes, og at de rammene som er satt i forhold til dette systemet. Har også ansvaret for hjemmesiden som skal lages, og at den er oppdatert til en hver tid.

Knut Richard Føre, Testansvarlig. Har det overordnede ansvaret for at utmattingstesten blir gjennomført i forhold til de rammene som er satt i prosjektet.

Glenn Andrè Jensen, Presentasjonsansvarlig. Har det overordnede ansvaret for at forberedelser til presentasjonene blir gjort. Har også ansvaret for avslutningen av prosjektet.

Aslak Brage Espeland, Litteraturansvarlig. Har det overordnede ansvaret for at kompendiet som skal utarbeides ligger innen de rammene som er satt i prosjektet. Har også ansvaret for dokumentasjonen til prosjektet.

Det skal merkes at dette er områder de enkelte har ansvaret for og ikke nødvendigvis hva de skal arbeide med.

Testspesifikasjon

Bacheloroppgave vår 2010:
Utmattingsegenskaper for nikkel -
aluminiumbronse i sjøvann

Prosjektgruppe: Njord
ved Høgskolen i Buskerud
Avdeling for teknologi

Oppdragsgiver:
Det Norske Veritas

Veiledere:
Jamal Safi (HiBu)
Johan Johansson Iseskär (DNV)



Dokument historikk

| Versjon | Dato | Forfattet av | Beskrivelse av endring |
|---------|-----------|--------------|---|
| 1.0 | 12.1.2009 | KRF | |
| 2.0 | 18.3.2010 | MM | Oppdater 2.1, 2.1.4, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1 |
| 3.0 | 28.5.2010 | MM | Gjort om på noen formuleringer. Rettet opp skrivefeil samt forside. |

Innholdsfortegnelse

| | |
|--------------------------|---|
| Innledning..... | 4 |
| Testspesifikasjon | 4 |
| 1. Prosjektet | 4 |
| 2. Litteraturstudie..... | 5 |
| 3. Utmattingstest..... | 5 |
| 4. Reguleringsystem..... | 6 |

Innledning

Når propeller operer i sjøvann blir de utsatt for dynamisk belastning. Dette fører til utmatting av materialet, og det vil da oppstå sprekker som kan gi avrevne biter på propellen. Sjøvannet korroderer materialet og gjør det svakere mot utmatting.

Det Norske Veritas heretter kalt DNV.

Prosjektgruppe Njord heretter kalt studentene.

DNV har gitt studentene som oppgave å sette seg inn i utmattingsproblemet ved å utføre en litteraturstudie og en utmatingstest, dette skal resultere i en rekke med dokumenter om emnet.

Dette dokumentet inneholder informasjon om hvordan testspesifikasjonen skal bidra til at kravene i kravspesifikasjonen oppfylles. Vi tester ikke kravets kvalitet, kun at kravet er oppfylt i henhold til kravspesifikasjonen. Ved systematisk testing vil vi kunne avdekke feil og mangler. Kravets standard vil da kunne opprettholdes ved å rette disse feil.

Dette er en metode for å kvalitetssikre at kravene oppfylles, ikke kvaliteten til kravene.

Testspesifikasjon

Under ligger den konkrete framgangsmetoden for å teste at kravene er oppfylt. En eller flere i prosjektgruppa som ikke har vært direkte involvert i arbeidsoppgaven vil utføre testene hvor ikke annet er spesifisert. Kravets forklaring finnes i dokumentet; Kravspesifikasjon.

1. Prosjektet

| Krav | Testmetode | Hvem utfører test | Godkjent |
|----------------------|---|-------------------|----------|
| 1.1 <u>Norsk</u> | Kontrollerer dokumentene for språkbruk og utenlandske fremmedord. | Prosjektgruppa | |
| 1.2 <u>PDF</u> | Kontrollere at samtlige dokumenter er i PDF format. | Prosjektgruppa | |
| 1.3 Dokumentstandard | Sammenligne dokumenter med Njord dokumentstandardstandard. | Prosjektgruppa | |

2 Litteraturstudie

| Krav 2.1 Kompendium | Testmetode | Hvem utfører testen | Godkjent |
|----------------------------|--|----------------------------|-----------------|
| <u>2.1.1 20-50 sider</u> | Kontrollerer at kompendiet inneholder 20-50s | Prosjektgruppa | |
| <u>2.1.2 Propellteori</u> | Kontrollerer at kompendiet inneholder propellteori | Prosjektgruppa | |
| <u>2.1.3 Utmatting</u> | Kontrollerer at kompendiet inneholder faktorer som påvirker utmatting. | Prosjektgruppa | |
| 2.1.4 Brukervennlighet | 1. Ansatte ved DNV leser kompendiet og kommer med tilbakemelding av innhold. | Ansatte ved DNV. | |
| | 2. Tester enkelte testpersoner at kompetansen er relativt lik etter lest kompende. | Prosjektgruppa | |

3 Utmattingstest

| Krav 3.1 Prøvestaver | Testmetode | Hvem utfører testen | Godkjent |
|-----------------------------|--|----------------------------|-----------------|
| 3.1.1 Ni-Al bronse | Kontrollerer material sertifikat fra leverandør/producent. | Prosjektgruppa | |
| 3.1.2 Antall | 1. Visuell sjekk at det foreligger 10 stk prøvestaver | Prosjektgruppa | |
| | 2. Kontrollerer at 5 staver har vært i sjøvann. Dokument for prøvestaver. Dato ned/dato opp. | Prosjektgruppa | |
| 3.1.3 Overflate | Visuell kontroll av overflate. Sjekker prøvestaver for sprekker og at $RA \leq 1,6$ | Prosjektgruppa | |

| <u>Krav 3.2 Rapport</u> | Testmetode | Hvem utfører testen | Godkjent |
|--------------------------------|---|----------------------------|-----------------|
| 3.2.1 S/N Kurve | Kontrollere at S/N kurve forekommer i utmattingsrapport | Prosjektgruppa | |
| 3.2.2 Sjøvann | Kontrollere at det forekommer en beskrivelse på hvilke påvirkning sjøvann har på utmattingen av prøvestavene. | Prosjektgruppa | |

| <u>Krav 3.3 Anbefaling</u> | Testmetode | Hvem utfører testen | Godkjent |
|-----------------------------------|--|----------------------------|-----------------|
| 3.3 Anbefaling | Visuelt sjekk at anbefalings rapport forekommer. Sjekke innhold i rapport opp mot krav 3.3. | Prosjektgruppa | |

4 Reguleringsystem

| <u>Krav 4.1 Rapport</u> | Testmetode | Hvem utfører testen | Godkjent |
|--------------------------------|---|----------------------------|-----------------|
| 4.1.1 Vannstrømmer | Er det tatt hensyn til vannstrømmer fra skipet? | Prosjektgruppa | |
| 4.1.2 Virkningsgrad | Er det tatt hensyn til endring i virkningsgrad? | Prosjektgruppa | |

| <u>Krav 4.2 Simulering</u> | Testmetode | Hvem utfører testen | Godkjent |
|-----------------------------------|--|----------------------------|-----------------|
| 4.2 Simulering | Sjekk at det er stigningen til poppelen som blir regulert. | Prosjektgruppa | |
| 4.2.1 Faktorer | Er alle faktorer som er utarbeidet i rapporten enten simulert eller presisert at de ikke er tatt hensyn til? | Prosjektgruppa | |

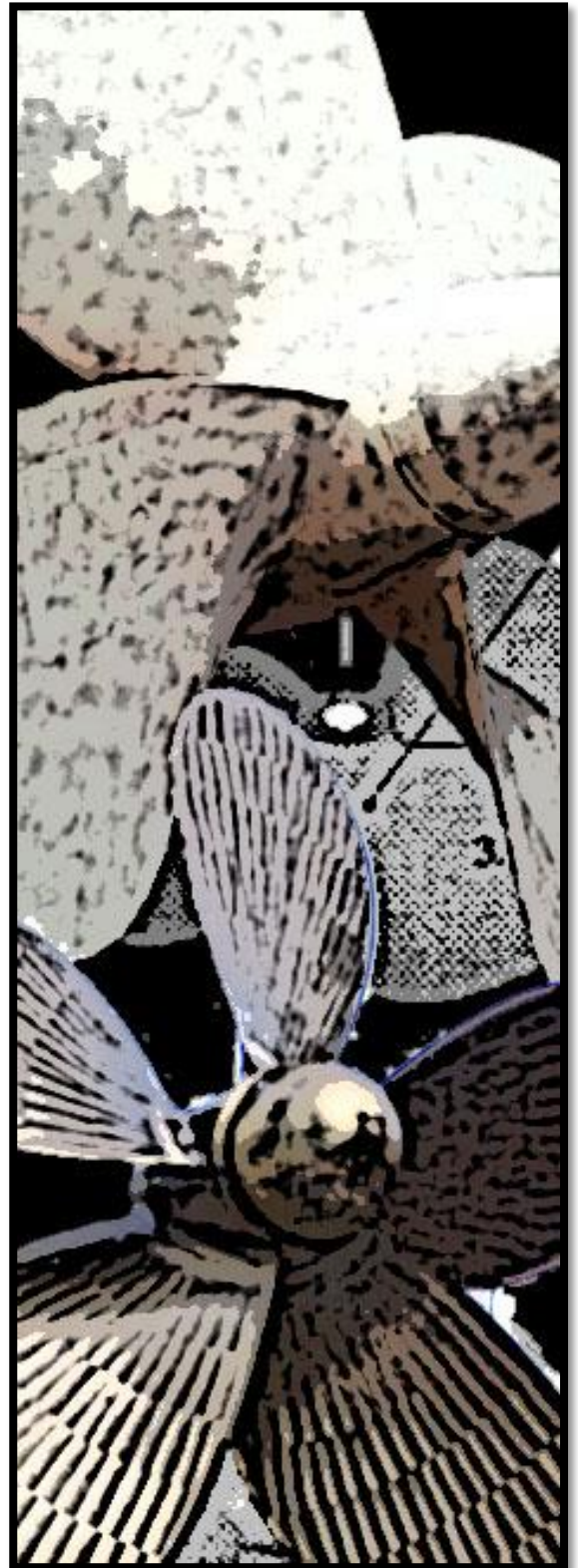
Dokumentstandard

Bacheloroppgave vår 2010:
Utmattingsegenskaper for nikkel -
aluminiumbronse i sjøvann

Prosjektgruppe: Njord
ved Høgskolen i Buskerud
Avdeling for teknologi

Oppdragsgiver:
Det Norske Veritas

Veiledere:
Jamal Safi (HiBu)
Johan Johansson Iseskär (DNV)



Prosjektgruppe Njord:
Martin Moberg, Morten Sølvberg Sletta, Knut Richard Føre, Glenn Andre Jensen, Aslak Brage Espeland

Dokument historikk

| Versjon | Dato | Forfattet av | Beskrivelse av endring |
|---------|-----------|--------------|---|
| 1.0 | 12.1.2010 | ABE | Første versjon |
| 2.0 | 18.3.2010 | ABE | Rettet småfeil |
| 3.0 | 28.5.2010 | ABE, GAJ | Endret grafer til tabeller samt oppdatert forside |

Versjon

Versjon 1.0 er den versjonen som leveres før første presentasjon.

Versjon 2.0 er den versjonen som leveres før andre presentasjon.

Versjon 3.0 er den endelige versjonen av dokumentene.

Endringer som gjøres mellom disse versjonene skal nummereres x.1, x.2, x.3 osv

Dato

Dato fylles inn som forklart i avsnitt for tid og dato

Forfattet av

”Forfattet av” skal fylles ut med initialene til forfatteren

Morten Sølvberg Sletta = MSS

Knut Richard Føre = KRF

Aslak Brage Espeland = ABE

Glenn Andre Jensen = GAJ

Martin Moberg = MM

Side nummer to skal inneholde en innholdsfortegnelse som vist nedenfor

Innholdsfortegnelse

| | |
|--|----|
| Tekstformat og layout | 4 |
| Header 1 | 4 |
| Header 2 | 4 |
| Header 3 | 4 |
| Header 3 | 4 |
| Header 1 | 4 |
| Dele opp en tekst uten hjelp av overskrifter | 5 |
| Opplisting | 6 |
| Prikker | 6 |
| Tall | 6 |
| Figurer og tabeller | 7 |
| Figurer | 7 |
| Tabeller | 8 |
| Tall og dato | 9 |
| Tall | 9 |
| Dato | 9 |
| Språk | 10 |
| Kommentarer | 11 |

Tekstformat og layout

Brødteksten i alle dokumentene skal være av typen Calibri og av størrelse (11). Teksten skal ikke ha funksjonen "legg til mellomrom etter avsnitt" aktivert.

I en brødtekst kan også **fet** skrift eller understreking brukes for å fremheve enkeltord i en tekst.

All tekst skal være bygget opp ved hjelp av Word header 1,2,3, osv som følger:

Header 1

Dette er en hovedoverskrift, og kan eksempelvis være av typen "Korrosjon", "Propell teori" eller "Ni - Al Bronse".

Header 2

Dette er en underoverskrift, og kan eksempelvis være av typen "Gropkorrosjon" eller "Korngrensekorrosjon".

Header 3

Dette er den andre underoverskriften, og kan eksempelvis være av typen "Korngrensekorrosjons effekt på utmatting" eller "Korngrensekorrosjons 'positive' sider".

Header 3

Vi kan selvfølgelig ha flere underoverskrifter etter hverandre.

Header 1

Denne hovedoverskriften har ikke noe med den forrige å gjøre.

Dele opp en tekst uten hjelp av overskrifter

En tekst kan deles opp i flere biter også uten hjelp av overskriftene over hvis det kun er for å gjøre det lettere for leseren, og oppdelingen ikke skal vises i innholdsfortegnelsen.

Dette gjøres ved hjelp av **fet** skrift:

Første tema

Her beskrives første tema.

Andre tema

Her beskrives andre tema

Eller på følgende måte:

Første tema, her beskrives første tema.

Andre tema, her beskrives andre tema.

Første tema - Her beskrives første tema.

Andre tema - Her beskrives andre tema.

Første tema: Her beskrives første tema.

Andre tema: Her beskrives andre tema.

Opplisting

Opplisting av elementer skal skje på følgende måte.

Prikker

Liste av elementer

- Element 1
- Element 2
 - 1. Nivås underelement for element 2, for å komme meg hit trykker jeg tab
- Element 3, for å komme meg hit bruker jeg skift + tab
- Element 4
 - Første 1. Nivås underelement for element 4
 - Andre 1. Nivås underelement for element 4
 - 2. Nivås underelement for Andre 1. Nivås underelement for element 4
 - 3.nivås underelement.....osv
- Element 5

Her begynner jeg teksten etter opplistingen av elementene over.

Tall

Liste av elementer med tall

1. Element 1
2. Element 2
 - 2.1. Underelement for element 2
3. Element 3
4. Element 4
 - 4.1. Underelement for element 4
 - 4.2. Underelement for element 4
 - 4.2.1. Underelement for element 4
 - 4.2.1.1. Underelement... osv
5. Element 5

Figurer og tabeller

Alle tabeller og grafer skal settes i tekstbokser. For Kompendiet vil det være naturlig å dele opp alle hovedoverskrifter som kapitler, da skal figurer og tabeller brukes på følgende måte:

Figurer

Figur (kapittel).(Stigende nummerering av figurene i dette kapittelet) – Navn

Eks:



Figur 6.1 – Høyspentfare

Neste figur blir da slik:



Figur 6.2 – Lysbuesveising

Legg merke til at teksten er plassert likt som figuren. Midtstilt for figur 6.1 mens den er venstrestilt for figur 6.2.

Tabeller

Tabell (kapittel).(Stigende nummerering av tabellene i dette kapittelet) – Navn

Eks:

| | Måling 1 | Måling 2 | Måling 3 | Måling 4 | Måling 5 |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Øst | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| Vest | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| Nord | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 |

Tabell 6.1 – Øst, vest og nord

Tall og dato

Tall og datoer skal skrives på følgende måte.

Tall

Tall fra og med 10 skrives med siffer, tall under 10 skrives med bokstaver. Dette gjelder kun heltall, desimaltall og nummerering skrives med siffer.

Dato

Alle datoer skal skrives på formen: DD.MM.ÅÅÅÅ

I denne typen av datoangivelse skal det ikke være null foran ensifrede dager og måneder. Merk at det ikke er mellomrom etter punktumene inni datoen.

Eks: 5.1.2010

Språk


Følgende punkter er hentet fra dokumentet [Prosjekthåndbok ver 2009.pdf](#) og kan være til hjelp når man skal dokumentere:

- ⌚ Bruk aktiv form på setningene snarere enn passiv form.
- ⌚ Bruk korte setninger. Mange korte setninger er ofte bedre enn en lang.
- ⌚ Ved referanser til tidligere informasjon er det en fordel at en har med en liten påminnelse om hva referansen inneholder.
- ⌚ Del stoffet opp i punkter så ofte som mulig.
- ⌚ Dersom en skal beskrive komplisert stoff, sørg for at forklaringen gjentas på minst to forskjellige måter.
- ⌚ Forklar de uttrykkene du bruker (f.eks. modul, prosess).
- ⌚ Lag korte avsnitt. (< 10 setninger)
- ⌚ Les korrektur for hverandre
- ⌚ Bruk stavesjekk programmer kritisk. 🖨

Kommentarer

Alle kommentarer som blir gjort av prosjektgruppe Njord, skal gjøres på følgende måte:

"Dette er en brødttekst i hvilket som helst dokument. Dette dokumentet har blitt sendt rundt i prosjektgruppa for gjennomgang. Alle har gjort seg kommentarer på hva som bør utbedres. Disse kommentarene gjøres på følgende måte."



Comment [11]: ABE: Kunne vi brukte et annet ord?

Kommentarfeltet fylles ut med initialer AAA: og kommentaren.

Gjøres det endringer under gjennomgang av dokumenter brukes funksjonen "Spor endringer".

Etteranalyse

Bacheloroppgave vår 2010:
Utmattingsegenskaper for nikkel -
aluminiumbronse i sjøvann

Prosjektgruppe: Njord
ved Høgskolen i Buskerud
Avdeling for teknologi

Oppdragsgiver:
Det Norske Veritas

Veiledere:
Jamal Safi (HiBu)
Johan Johansson Iseskär (DNV)



Innholdsfortegnelse

| | |
|------------------------|---|
| Innledning..... | 3 |
| Etteranalyse..... | 3 |
| Test..... | 4 |
| Prosjektet | 4 |
| Litteraturstudie..... | 4 |
| Utmattingsstest..... | 4 |
| Reguleringssystem..... | 6 |

Innledning

Når propeller operer i sjøvann blir de utsatt for dynamisk belastning. Dette fører til utmatting av materialet, og det vil da oppstå sprekker som kan gi avrevne biter på propellen. Sjøvannet korroderer materialet og gjør det svakere mot utmatting.

Det Norske Veritas heretter kalt DNV.

Prosjektgruppe Njord heretter kalt studentene.

DNV har gitt studentene som oppgave å sette seg inn i utmattingsproblemet ved å utføre en litteraturstudie og en utmatingstest, dette skal resultere i en rekke med dokumenter om emnet. Dette dokumentet inneholder etteranalysen av prosjektet samt testing av prosjektets krav.

Etteranalyse

Prosjektgruppe Njord besto av fire maskinstudenter og en kybernetikk student. Oppgaven ble utdelt av Det Norske Veritas ved John Olav Nøkleby. Studentene syntes oppgave var spennende og utfordrene. Oppgaven var en teoretisk oppgave med innslag av praktisk utførelse i form av testing. Kompendiet ble skrevet på en måte som innebefattet rullering av kapiteler, slik at alle studentene var innom alle emnene. Dette fungerte tilfredsstillende med tanke på læringsprosessen for studentene, men gikk noe utover informasjonsflyten i kompendiet. Dette ble understreket av veileder Jamal Safi, noe som studentene rettet seg etter og kompendiet fikk etter dette en større helhet.

Utmattingsstesten gjorde studentene i samarbeid med Høgskolen i Oslo. Dette samarbeidet fungerte veldig godt, noe som gjorde vår testing mer lærerik og spennende. Resultatene var ikke helt i samsvar med hva som var forventet, men studentene føler at de har kommet veldig godt ut av det. Reguleringsrapporten ga mange uventende utfordringer i form av simulering og modellering. Disse utfordringene ble løst ved hjelp av Matlab og Solid Works, dette har resultert i at studentene har videreutviklet kunnskapen på disse feltene. Gjennom prosjektet har studentene i stor grad klart å opprettholde de tidsfristene satt i prosjektplanen. Det var planlagt at alt arbeidet skulle være ferdig til 17. Mai og bare etterarbeid skulle gjenstå. Dette gikk ikke helt etter planen. Den siste gyldige prøvestaven ble ferdig testet 21. Mai, testingen tok lenger tid enn planlagt grunnet stor pågang på utmattingsmaskinen til Høgskolen i Oslo. Studentene hadde god kontroll på tidshorisonen sin gjennom hele prosjektet. Som vist i testingen under så oppnådde studentene alle våre krav unntatt krav 3.3 og 3.1.3.

Krav 3.1.3 ble ikke oppnådd fordi prøvestavene hadde overflatedefekter og porer som følge av støpefeil. Disse ble grundig dokumentert noe som kommer fram i testrapporten. Krav 3.3 ble ikke oppnådd fordi vi så det mer naturlig å la testanbefalingen bli en del av testrapporten.

Studentene har lært utrolig mye både med tanke på faglig kompetanse og generelt prosjektarbeid. Alt i alt har dette prosjektet ført studentene på god vei ut i den industrielle formen for prosjektarbeid samt økt den generelle faglige kompetanse.

Prosjektgruppe Njord

Test

Studentene har utført en serie tester for å sikre seg at alle kravene gitt i "Njord prosjektgruppe.

(2010) *Kravspesifikasjon. (Versjon 3) Høyskolen i Buskerud, Kongsberg.*" er oppfylt.

Under ligger en oversikt over kravene og testmetode. Denne er utarbeidet fra "Njord prosjektgruppe.

(2010) *Testspesifikasjon. (Versjon 3) Høyskolen i Buskerud, Kongsberg.*" og inneholder også

hvilken/hvilke personer som har utført testen.

Prosjektet

| Krav | Testmetode | Hvem utfører test | Godkjent |
|-------------------------|---|-------------------|----------|
| <u>Norsk</u> | Kontrollerer dokumentene for språkbruk og utenlandske fremmedord. | Prosjektgruppen | Njord |
| <u>PDF</u> | Kontrollere at samtlige dokumenter er i PDF format. | Prosjektgruppen | Njord |
| <u>Dokumentstandard</u> | Sammenligne dokumenter med Njord dokumentstandardstandard. | Prosjektgruppen | Njord |

Litteraturstudie

| Krav 2.1 Kompendium | Testmetode | Hvem utfører testen | Godkjent |
|-------------------------------|--|---------------------|--------------------------|
| <u>2.1.1 20-50 sider</u> | Kontrollerer at kompendiet inneholder 20-50s | Prosjektgruppen | Njord |
| <u>2.1.2 Propellteori</u> | Kontrollerer at kompendiet inneholder propellteori | Prosjektgruppen | Njord |
| <u>2.1.3 Utmatting</u> | Kontrollerer at kompendiet inneholder faktorer som påvirker utmatting. | Prosjektgruppen | Njord |
| <u>2.1.4 Brukervennlighet</u> | 1. Ansatte ved DNV leser kompendiet og kommer med tilbakemelding av innhold. | Ansatt ved DNV | Johan Johansson Ileskaer |
| | 2. Tester enkelte testpersoner at kompetansen er relativt lik etter lest kompende. | Prosjektgruppen | Njord |

Utmattingstest

| Krav 3.1 Prøvestaver | Testmetode | Hvem utfører testen | Godkjent |
|---------------------------|--|---------------------|----------|
| <u>3.1.1 Ni-Al bronse</u> | Kontrollerer material sertifikat fra leverandør/producent. | Prosjektgruppa | Njord |
| <u>3.1.2 Antall</u> | 1. Visuell sjekk at det foreligger 10 stk prøvestaver | Prosjektgruppa | Njord |

| | | | |
|------------------------|---|----------------|---------------|
| | 2. Kontrollere at 5 staver har vært i sjøvann. Dokument for prøvestaver. Dato ned/dato opp. | Prosjektgruppa | Njord |
| <u>3.1.3 Overflate</u> | Visuell kontroll av overflate. Sjekker prøvestaver for sprekker og at RA \leq 1,6 | Prosjektgruppa | Ikke godkjent |

| <u>Krav 3.2 Rapport</u> | Testmetode | Hvem utfører testen | Godkjent |
|--------------------------------|---|----------------------------|-----------------|
| <u>3.2.1 S/N Kurve</u> | Kontrollere at S/N kurve forekommer i utmattingsrapport | Prosjektgruppa | Njord |
| <u>3.2.2 Sjøvann</u> | Kontrollere at det forekommer en beskrivelse på hvilke påvirkning sjøvann har på utmattingen av prøvestavene. | Prosjektgruppa | Njord |

| <u>Krav 3.3 Anbefaling</u> | Testmetode | Hvem utfører testen | Godkjent |
|-----------------------------------|---|----------------------------|-----------------|
| <u>3.3 Anbefaling</u> | Visuell sjekk at anbefalings rapport forekommer. Sjekk innhold i rapport opp mot krav 3.3. | Prosjektgruppa | Ikke godkjent |

Reguleringssystem

| <u>Krav 4.1 Rapport</u> | Testmetode | Hvem utfører testen | Godkjent |
|--------------------------------|---|----------------------------|-----------------|
| <u>4.1.1 Vannstrømmer</u> | Er det tatt hensyn til vannstrømmer fra skipet? | Prosjektgruppa | Njord |
| <u>4.1.2 Virkningsgrad</u> | Er det tatt hensyn til endring i virkningsgrad? | Prosjektgruppa | Njord |

| <u>Krav 4.2 Simulering</u> | Testmetode | Hvem utfører testen | Godkjent |
|-----------------------------------|--|----------------------------|-----------------|
| <u>4.2 Simulering</u> | Sjekk at det er stigningen til poppelen som blir regulert. | Prosjektgruppa | Njord |
| <u>4.2.1 Faktorer</u> | Er alle faktorer som er utarbeidet i rapporten enten simulert eller presisert at de ikke er tatt hensyn til? | Prosjektgruppa | Njord |

Kompendium

Bacheloroppgave vår 2010:
Utmattingsegenskaper for nikkel -
aluminiumbronse i sjøvann

Prosjektgruppe: Njord
ved Høgskolen i Buskerud
Avdeling for teknologi

Oppdragsgiver:
Det Norske Veritas

Veiledere:
Jamal Safi (HiBu)
Johan Johansson Iseskär (DNV)



Prosjektgruppe Njord:
Martin Moberg, Morten Sølvberg Sletta, Knut Richard Føre, Glenn Andre Jensen, Aslak Brage
Espeland

Dokument historikk

| Versjon | Dato | Forfattet av | Beskrivelse av endring |
|---------|-----------|--------------|---|
| 2.0 | 29.4.2010 | ABE | Andre versjon Satt alle figurer, tabeller og formler inn i tekstbokser. Skrevet om deler av propellteorikapittelet. Laget eget materialteorikapittel. Utført korrektur. |
| 3.0 | 28.5.2010 | Njord | - Endret propellkapittelet i henhold til kommentarer fra DNV. Omformulert materialkapittelet. Rettskrevet korrosjonskapittelet og endret beskrivelsen av utmattingskorrosjon etter kommentar fra DNV. Endret materialprøvingkapittelet i henhold til kommentarer fra DNV. - Byttet om rekkefølgen på utmatting og korrosjon, utmatting skrives som et kap hvor vi oppsummerer og forklarer. - Lagt til kommentarer og forslag til endringer - Rettet kompendiet etter kommentarene som ble gitt i versjon 2.3 - Rettet noe av korrosjonskap. Endret noen figurer, lagt til figur av haigh diagramm laget i visio. - Korrosjon rettet, figur 4.7 rettet, lagt til referanser |

Innholdsfortegnelse

| | |
|---------------------------------------|----|
| Innledning..... | 4 |
| Propellteori..... | 5 |
| Propellens virkningsgrad | 7 |
| Propellens geometri | 9 |
| Propelltyper..... | 11 |
| Produksjonsmetoder | 12 |
| Materialteori | 13 |
| Atomstruktur..... | 13 |
| Deformasjon | 16 |
| Defekter..... | 17 |
| Glideplan | 19 |
| Korrosjon | 21 |
| Korrosjonsprosessen | 21 |
| Utmatting | 27 |
| Initiering | 28 |
| Sprekkvekst | 28 |
| Brudd | 28 |
| Regulere for redusert utmatting | 29 |
| Materialprøving..... | 30 |
| Strekprøving | 31 |
| Utmattingsprøve | 32 |
| Referanser | 38 |

Innledning

Nikkel - aluminium bronse er en kobberlegering som ofte blir brukt til marine applikasjoner. Dette er fordi den har mekaniske og korrosive egenskaper som gjør den egnet til bruk i sjøvann. Problemene prosjektgruppen skal ta for seg er knyttet til legeringens bruk i propellindustrien. Det er fordi propeller operer under dynamisk belastning som igjen fører til utmatting. I dette kompendiet skal leseren få en grunnleggende forståelse for forholdene propeller opererer i og hva dette har å si for utmattingsegenskapene. Kompendiet er skrevet med det utgangspunktet at lesere med forskjellig bakgrunn, kan ved å lese dette kompendiet forstå viktige og grunnleggende områder rundt utmattingsegenskapene til nikkel – aluminiumbronse.

Kompendiet er bygd opp slik at leseren først får en innføring i propellteori hvor man får vite litt om de forskjellige parameterne som påvirker designet til en propell. Nikkel – aluminiumbronse er en kompleks legering, og leseren vil få en nødvendig kunnskap for å ha et grunnlag til å forstå det som kommer i de neste kapitlene. Korrosjon antas å spille en stor rolle i utmattingsprosessen. I korrosjonskapitlet vil man finne informasjon om forskjellige typer korrosjon som er relevant for nikkel- aluminiumbronse propeller. Utmattingskapitlet tar for seg hva som forårsaker utmattingsbrudd i propeller og leseren vil lære om utmattingsprosessens tre faser. Kompendiet blir avsluttet med et kapittel om materialprøving hvor leseren vil bli fortrolig med ulike former for testing og da spesielt med hvordan man tester propellmaterialer. Her vil leseren også få en innføring i hvordan man tolker ulike diagrammer og kurver, som for eksempel en S/N-kurve.

Njord prosjektgruppe vil gjerne få takke Det Norske Veritas for interessant oppgave samt alle veiledere og sensorer for uvurderlig hjelp til fremstilling av kompendiet.

Forfattere av kompendiet:

Martin Moberg, maskiningeniør Høgskolen i Buskerud

Aslak Brage Espeland, maskiningeniør Høgskolen i Buskerud

Knut Richard Føre, maskiningeniør Høgskolen i Buskerud

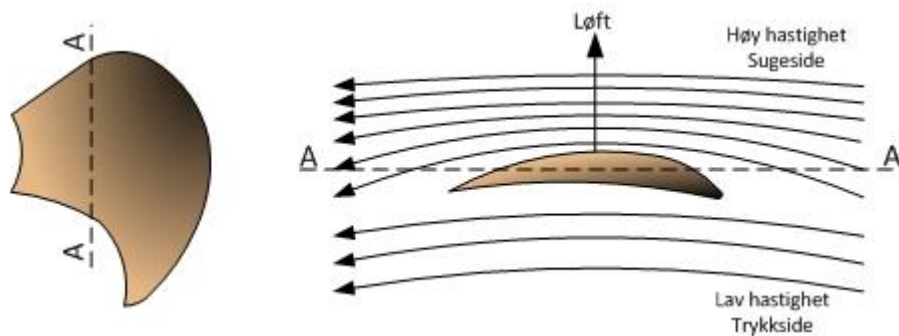
Glenn Andre Jensen, maskiningeniør Høgskolen i Buskerud

Morten Sølvberg Sletta, kybernetikk ingeniør, Høgskolen i Buskerud

Propellteori

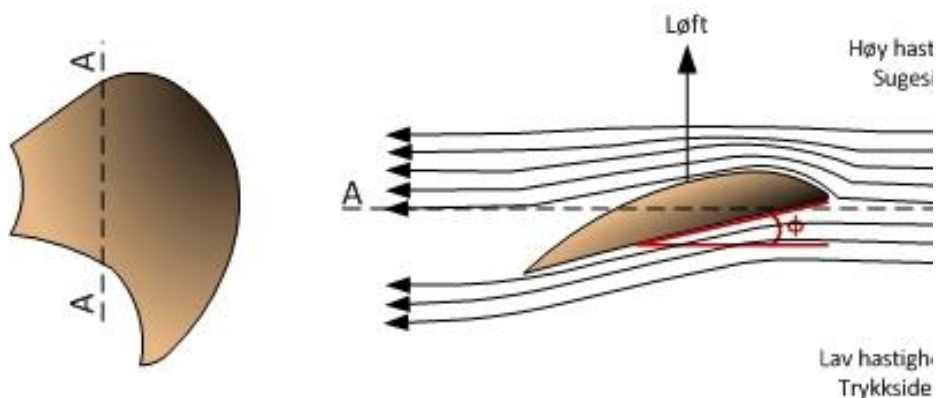
Det antas at den første som vurderte en propell som fremdriftsmiddel var Leonardo da Vinci, da han begynte på utformingen av helikopteret på 1500 tallet (Tornblad, J. T. 1987). Mange nasjoner har siden kommet med bidrag til propellen, og den 13. juli 1836 søkte Svensken John Ericsson om patent for en skipspropell. Den bestod av to sylinderformede nav som roterte motsatt vei i forhold til hverandre. Det var festet profilformede vinger på hvert av navene, som utgjorde et snitt av Arkimedes skrue. Mange har i etterkant kommet frem til at ved å bruke hydrodynamiske krefter kan propellen skape en fremdrift. Figur 1.1 viser et tverrsnitt av et propellblad som kalles en foil, det vises her sugeside og trykkside. Fremdriften skapes av to faktorer.

- Propellbladet har en krumningsformet profil som vil øke den avstanden vannstrømmen skal passere på sugesiden av bladet. Det vil da bli skapt en hastighetsforskjell mellom trykksiden og sugesiden. Dette skaper en trykkforskjell som integrert over bladet vil gi en løftkraft.

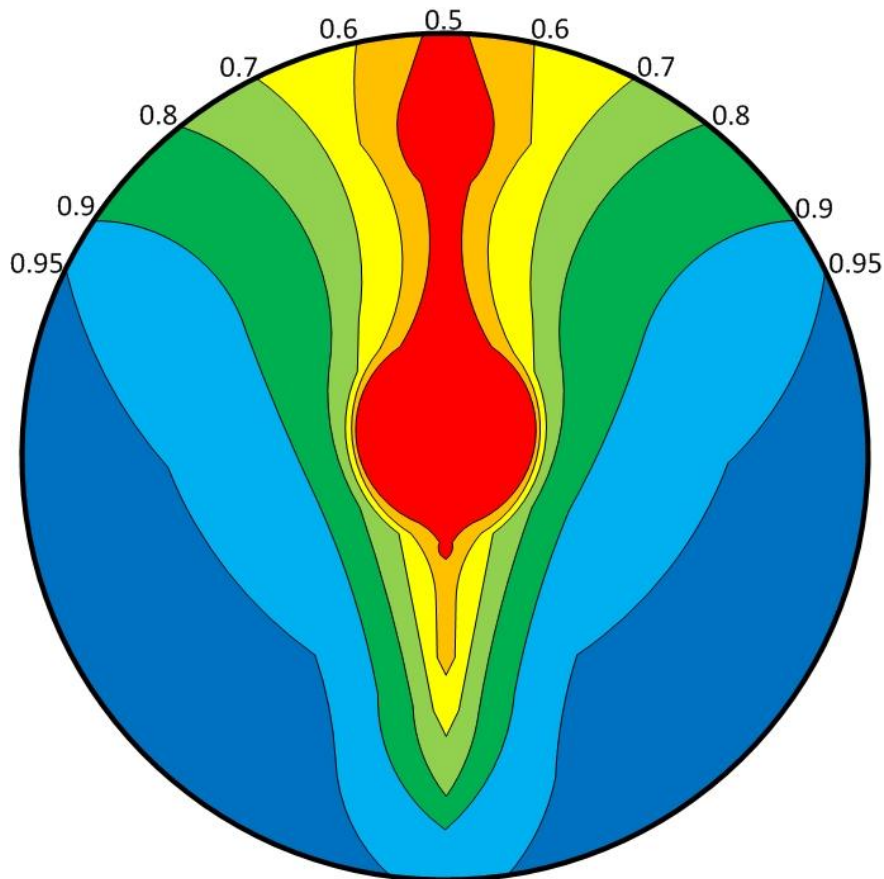


Figur 1.1 – Tverrsnittet av et propellblad med krumning

- Trykkforskjellen vil også bli skapt ved å gi bladet en angrepsvinkel på vannstrømmen. Dette medfører at vannet likeledes med krumning får en lengre avstand å passere. Løftkraften vil da skapes ved at strømmingen må øke hastigheten over sugesiden.



Figur 1.2 – Tverrsnittet av et propellblad med angrepsvinkel



Figur 1.3 – Medstrømsfelt i vannet dannet av skipet som virker på propellen under rotasjon

Man har i dagens bruk av propeller opplevd at det er en del utfordringer knyttet til håndteringen av de hydrodynamiske kreftene. Det er flere mekanismer som kan lede til skader på propeller. En av dem er utmatting av materialet som følge av den dynamiske lasten de er utsatt for.

Hvis man kunne redusere utmatting vil man oppnå en stor økonomisk gevinst i form av lavere materialkostnader. Et resultat av det kan være å dimensjonere propellen med tynnere blader og samt øke levetiden.

Utmatting av propellmaterialer er et ganske komplekst problem, og innehar mange fagfelt. Propellen har som oppgave å øke hastigheten til innkommende vannstrømninger på sugesiden for å skape fremdrift til skipet. Den dynamiske lasten på propellbladene kommer fra skipets medstrømsfelt. Propellen roterer i en veske med forskjellig innstrømningshastighet gjennom en rotasjon. Figur 1.3 viser et eksempel på et aksialt strømningsfelt med de forskjellige hastighetene. Figuren viser at hastigheten på vannet er 50 % av skipets hastighet i propellens topposisjon. Ved sidekantene er hastigheten derimot hele 95 % av skipets hastighet (Tornblad, J. T. 1987). I tillegg til den aksielle komponenten vil det også være hastighetskomponenter som virker tangentielt og radielt i propellskiveplanet. Den radielle komponenten har vanligvis lite å si for propellbelastningen, men den tangentielle hastighetskomponenten vil endre belastningen lokalt. Dette ved at propellbladet opplever det som om det skulle hatt større eller mindre rotasjonshastighet, etter som den tangentielle medstrømmen varierer.

Propellens virkningsgrad

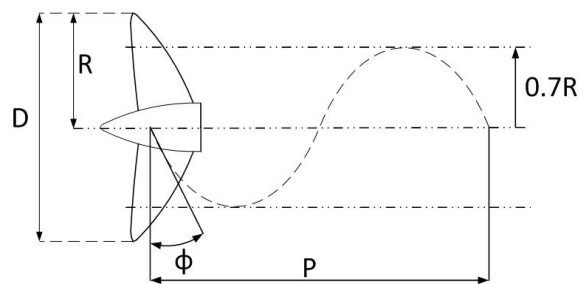
Det er i hovedsak tre faktorer som er avgjørende for propellens virkningsgrad: diameter, stigning og rotasjonshastighet. Dette er kritiske faktorer når man dimensjonerer propeller (Tornblad, J. T. 1987).

Diameter

Av de tre hovedfaktorene, er det diameteren som er mest kritisk med tanke på hvor mye kraft man får ut av en propell. Med en stor diameter kan man få et større propellareal. Med et stort areal vil propellbladene flytte store vannmengder og skipet får en god fremdrift. Propellen vil da få en stor kraft selv med lav rotasjonshastighet. Dette gir oss en høy virkningsgrad. De største propellene på dagens skip har en diameter på rundt 10 meter. Med dagens produksjonsmetoder er det problematisk å lage propellene større.

Stigning

Som vist i Figur 1.3 er stigningen (P) til en propell den teoretiske avstanden propellen beveger seg ved en omdreining. Propellene er montert fast på en aksel, denne akselen er koblet til skipets motor. Som vist på Figur 1.3 brukes ofte stigningen ved 70 % av radius som en representativ middelstigning. Vanligvis er det rundt 0.7R at propellen produserer størst bidrag til fremdriftskraften. Stigningen er vanligvis mindre mot tuppen og inn mot navet for å redusere kavitasjon. (Misra, S. C. 2010; Tornblad, J. T. 1987)



Figur 1.3 – Stigning, avstanden en propell beveger seg under en rotasjon.

Figur 1.3 viser vinkelen φ , den kalles stigningsvinkelen og kommer fra likningen:

$$\tan(\varphi) = \frac{P/D}{\pi * r/R}$$

Ligning 1.1 - Stigningsvinkel

I likhet med alle andre roterende objekter vil den indre delen av propellen, nærmest navet, bevege seg en mye kortere distanse enn tuppen av propellen for hver omdreining. Det er ønskelig at propellen har tilnærmet konstant stigning over hele bladet. Stigningsvinkelen må da endres sånn at den avtar jo lenger ut man kommer fra navet. Hele bladet vil da prøve å skyve båten den samme avstanden gjennom en omdreining, man får da maksimalt utnyttet propellbladet.

I virkeligheten vil den reelle avstanden skipet beveger seg være kortere enn den teoretiske. Den teoretiske avstanden skipet beveger seg er stigningen multiplisert med rotasjonshastigheten (nP). Hvis propellen hadde gått i et fast medium hadde skipet flyttet seg denne avstanden. Vannet er en væske og gir etter når propellen prøver å skru seg fremover. Differansen mellom den teoretiske avstanden skipet skulle ha beveget seg og den faktiske avstanden skipet har beveget seg er slip:

$$S = nP - V_A$$

Ligning 1.2 – Slip

Hvor nP er avstanden skipet teoretisk skulle ha beveget seg og V_A er effektiv innstrømningshastighet.

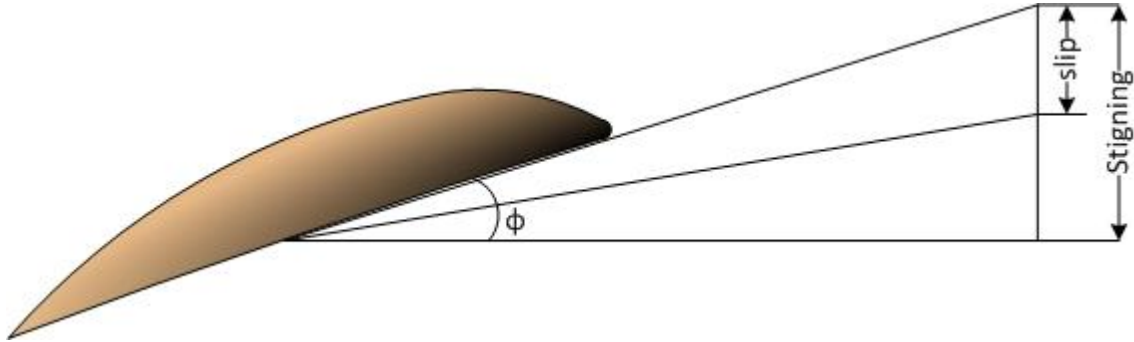
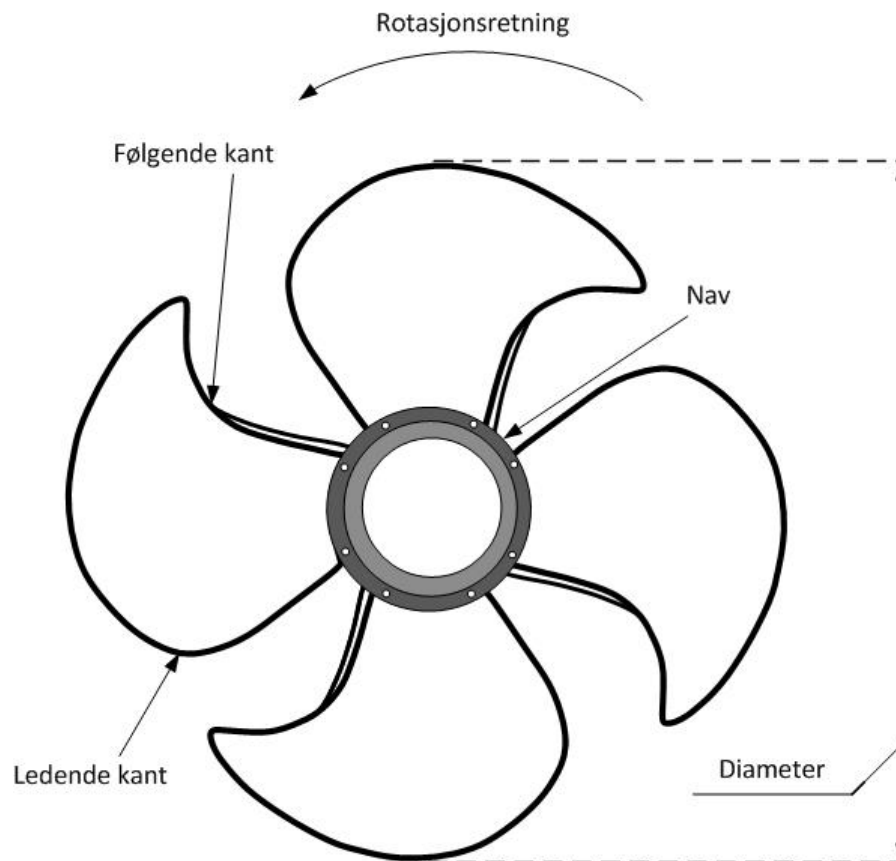


Fig 1.4 – Grafisk framstilling av slip

Rotasjonshastighet

Rotasjonshastigheten til propeller er vanligvis oppgitt i enten antall omdreininger per minutt (RPM) [1/min], eller omdreininger per sekund (RPS) [1/s]. Ved beregninger på propeller benyttes omdreininger per sekund.

Propellens geometri



Figur 1.5 – Propell med geometriske egenskaper

Navet er senteret av propellen hvor bladene er festet. Det er i navet akselen blir montert. For en propell med vridbare propellblader er også hydraulikk mekanismen til styringen av bladene montert i navet. Navet bidrar ikke til å drive skipet, det er derfor ønskelig å ha det minst mulig.

Ledende og følgende kanter er kantene på propellbladet. Den ledende kanten er den kanten på bladet som kutter seg gjennom vannet. Den følgende kanten er den kanten vannet forlater propellen.

Antall blader på propellen

Det ideelle antallet propellblader med tanke på virkningsgraden er noe overraskende en (Tornblad, J. T. 1987). Da ville det ikke vært noen andre blader som forstyrret vannstrømmen. Den eneste måten å lage en enbladet propell på vil være å forme bladet som en skrue. Dette gir oss et veldig stort friksjonstap og er lite egnet. Ofte bruker skipsprodusentene fire eller fem bladers propeller. Dette fordi propellene skaper trykkimpulser i vannet som oppfattes som vibrasjon på skipet. Flere blader vil øke frekvensen til impulsene og redusere vibrasjonene betraktelig.

Rotasjonsretningen sier hvilken vei propellen roterer. Sett fra båtens bakside, vil rotasjonsretningen til en høyrehåndspjelle være med klokken. En venstrehåndspjelle roterer mot klokken.

Skew

Når senterlinjen til propellbladet ikke er normalt på navet kalles dette skew. Når en propell har skew reduseres trykkimpulsene mot skroget. Dette reduserer vibrasjonene, spesielt ved høy rotasjonshastighet. Man har funnet ut at propellblader med mye skew kan tilpasse seg varierte vannfelt bedre enn vanlige propeller (Tornblad, J. T. 1987).

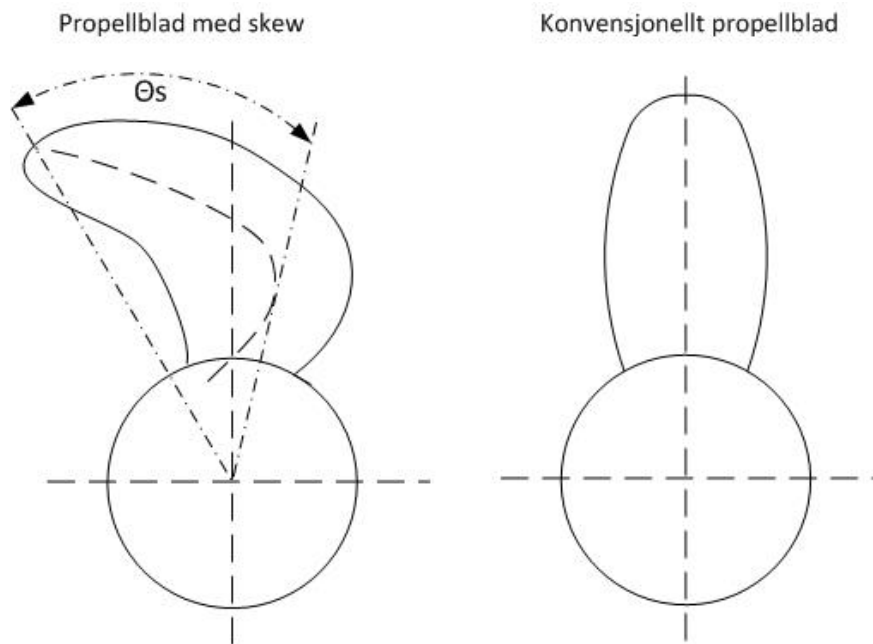
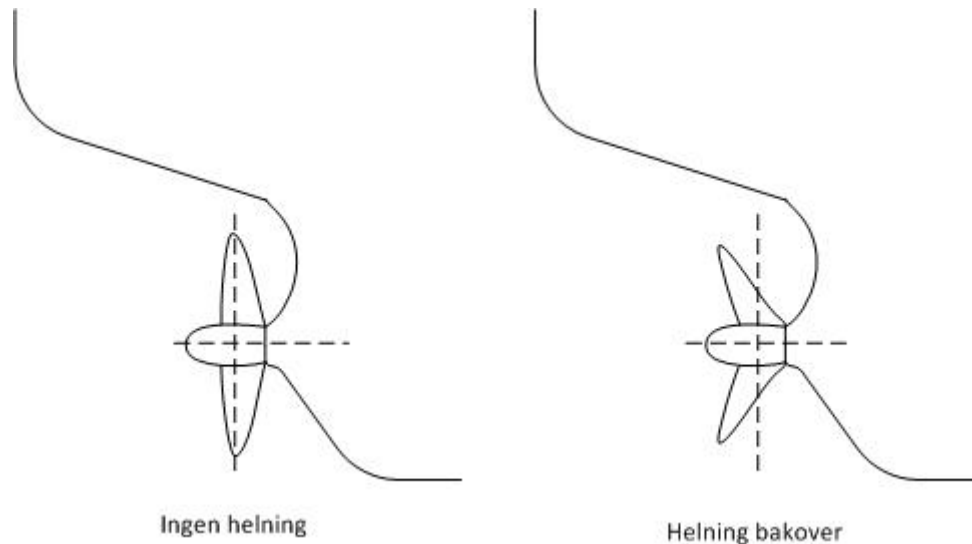


Fig 1.6 – Skew, endring av senterlinjen

Helning(Rake)

For at en propell ikke skal overføre for mye vibrasjoner til skroget på et skip, må avstand fra propelltuppen til skroget være tilstrekkelig. Avstanden kan økes ved å gi bladet en helning som vist i Figur 1.7. Helning gjør at man kan benytte en propell med større diameter, samt ha en akseptabel avstand fra propelltupp til skrog. Man kan kombinere helning med krumningsfordeling på bladprofilene. Da blir bladets trykkside skjeformet og dette øker styrken i forhold til bøying.



Figur 1.7 – Helning, vinkel på propellbladene

Propelltyper

Det finnes flere forskjellige måter å skape framdrift til et skip. Den vanligste formen er ved å bruke en propell. Propeller deles vanligvis inn i to hovedtyper, CP og FP.

FP propeller

Den vanligste type propell er "Fixed-Pitch propellen" (Fast propell). FP propeller er vanligvis støpt i et stykke, men kan også ha faste påboltete blader. Stigningen til propellen kan da ikke endres etter at propellen/propellbladene er støpt.

Når skipet seiler under tøffe værforhold vil ytelseskurvene (forholdet mellom påtrykt kraft og fart) til propellen endre seg uten at mannskapet får gjort noe med det. Stigningen kan ikke endres derfor konstrueres en FP propell slik at den har litt lett belastning i forhold til maks effekt.

Ved lave hastigheter på et skip må motorturtallet reduseres. Hvis en FP propell blir drevet av en dieselmotor vil man ikke få full effekt hvis man senker turtallet. Da klarer ikke motoren å vri propellen rundt. Turtallet må da senkes helt til propellbelastningen blir så liten at motoren klarer å vri propellen rundt. En FP propell er derfor ikke i stand til å levere full effekt under manøvrering ved lave hastigheter samt at for å reversere skyvkraften må man snu rotasjonsretningen til akselen. For konteiner skip og oljetankere som seiler under normale forhold og med en gitt hastighet over lang tid er det vanlig å bruke en FP propell.

CP propeller

"Controllable – Pitch propeller" (Vridbar propell) er en propell hvor man kan vri bladene for å endre stigningen. Da vil propellen fungere optimalt over mange hastigheter, arbeidsområder og værforhold. For eksempel kan en CP propell reversere skyvkraften ved å vri bladene bakover. Med en CP propell blir skipet også lettere å manøvrere. Dette fordi en CP propell kan gå med maksimalt turtall hele tiden. Man vil da få større skyvkraft ved lave hastigheter enn man ville ha fått med en FP propell. Ved lave hastigheter reduserer man stigningen til propellen.

For å endre stigningen til propellen kan man for eksempel ha en hydraulisk servomotor som vrir på bladene avhengig av ønsket fart, last og værforhold. Med en CP-propell har man mulighet til å optimalisere propellen, noe som fører til et lavere drivstoff forbruk. Ulempen med en CP propell er at navet er større enn for en FP propell. Navet blir større fordi det skal være plass hydraulikk mekanismen inne i navet. Siden navet er et område på propellen som ikke direkte bidrar til fremdrift vil en CP-propell ha lavere fulleffekt enn FP propellen med lik total diameter. En annen ulempe med et slikt komplisert system er at flere ting kan gå galt under drift og service. CP propellen er også dyrere i innkjøp enn en FP propell.

Produksjonsmetoder

De fleste Nikkel – Aluminium bronse propeller blir produsert ved hjelp av sandstøping. Formen kan produseres av sodiumsilikat-bundet sand med karbonherding. Man bruker en matrise inne i formen for å lage et hulrom formet som propellen som skal støpes. Når støpeformen da er satt helles smelten ned i formen. Ni – Al bronzen holder en temperatur på godt over 1000°C som medfører at massen flyter bra i formen og fyller hele hulrommet. Etter at støpen er avkjølt bankes sanden av den ferdigstøpte propellen. Den er da klar for videre bearbeiding som eventuelt maskinering, sliping og polering.

Defekter

Grunnen til at man velger å sandstøpe propellene er den store friheten med hensyn på størrelse og geometri. Metoden har sine ulemper, støping innebærer at en metallegering varmes opp til godt over dens smeltepunkt. Det vil da bli frigjort mange gasser som ikke kommer ut av formen, dette samt luftinneslutninger kan gjøre støpen porøs. Noe som også kan skje under størkningsprosessen. Tynne seksjoner størkner hurtigere enn tykkere seksjoner og danner svake porøse områder. De porøse hulrommene kan være flere steder i støpen, rundt disse kan en eventuell sprekk starte. Det finnes komponenter i legeringen som under støpingen reagerer med omgivelsene og danner inneslutninger. Disse vil segregere seg ut i støpen og danne konsentrasjoner av spenninger. Det er ved en av sidene til en inneslutning at sprekkveksten kan starte ved utmatting.

Materialteori

I tidligere kapittel er det tatt for seg propellen og dens anatomi på makronivå, skal det nå forklares litt om legeringen Ni – Al bronse som brukes i propeller. Ting som skal nevnes er atomstrukturen til Ni – Al bronse og hvordan atomene er plassert i forhold til hverandre. For videre å kunne forklare utmatting og hvordan utmatting av Ni – Al bronse forekommer, må man dykke enda litt mer ned i materialteknologien å forklare begreper som rundt deformasjon av Ni – Al bronse.

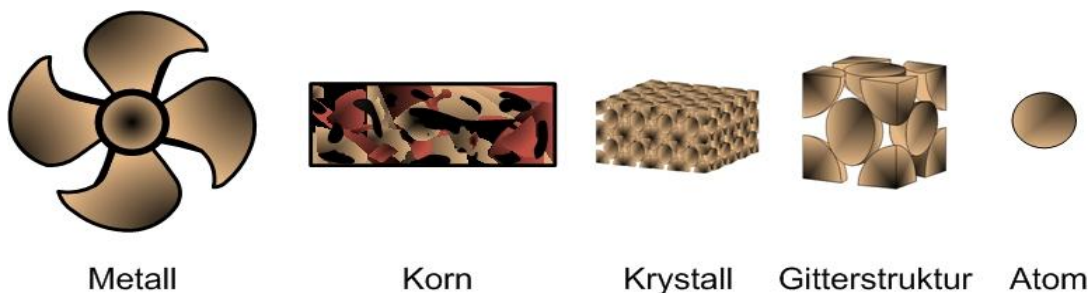
Atomstruktur

Ni – Al bronse er en kobber legering som består av grunnstoffene som vist i tabellen under. Verdiene som blir oppgitt her er masse prosent, altså prosentandel av den totale vekten.

| | Cu | Al | Ni | Fe | Mn | Pb | Si |
|-----------|--------|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|
| Min./Max. | Min.79 | 8,5-9,5 | 4,0-5,0 | 3,5-4,5 | 0,8-1,5 | Max. 0,03 | Max. 0,10 |
| Nominell | 81 | 9 | 4,5 | 4 | 1 | - | - |

Tabell 2.1 – Sammensetning av Ni – Al bronse

Det skal alltid være mer nikkel enn jern i Ni – Al bronse legeringer. Summen av kobber pluss de andre grunnstoffene som er nevnt i tabellen over, skal utgjøre 99,5 % av den totale vekten. Figur 2.1 viser hvordan en propell kan brytes ned til atomnivå. Den første nedbrytningen er korn, disse er igjen bygget opp av en eller flere krystaller. I hver krystall er atomene ordnet i et bestemt regelmessig mønster, den minste gjentakende volumbiten av dette mønsteret kalles gitterstruktur.



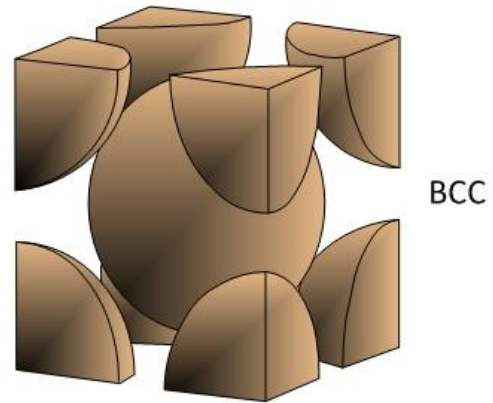
Figur 2.1 – Nedbrytning av propell

Det finnes flere forskjellige mønstre atomene kan stille seg opp i forhold til hverandre. Det er hovedsaklig tre strukturer man finner i metaller:

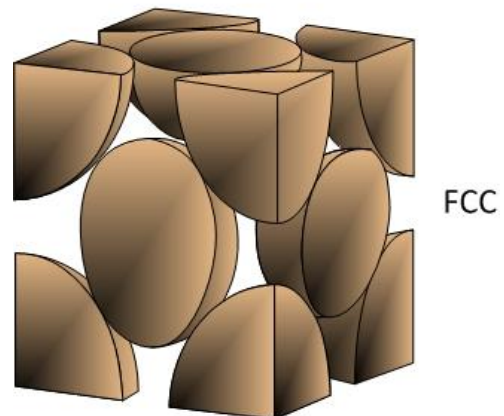
- BCC = Body Centered Cubical
- FCC = Face Centered Cubical
- HCP = Hexagonal Close Packed

Disse forskjellige strukturene forteller en del om egenskapene til metallene. På atomnivå, vil atomene gli lettere over hverandre desto mer tettpakket de er. Gitterstrukturer hvor atomplanene er mer tettpakket vil kunne gi mer deformasjon enn gitterstruktur hvor atomene ikke er like tettpakket. I tillegg til dette gir kubiske gitterstrukturer mer av denne glidningen enn ikke-kubiske gitterstrukturer. Det er fordi symmetrien i den kubiske gitterstrukturen gir tettpakkede atomplan i alle lengderetninger.

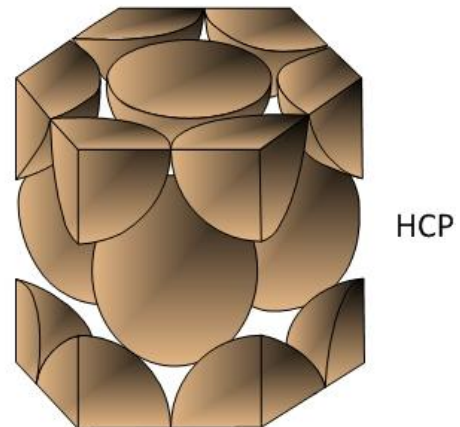
Hvis man tar en titt på de forskjellige strukturene som nevnt tidligere, er BCC den som har minst tettpakkede atomplan. Gitterstrukturen til BCC ser ut som en terning, hvor et atom er plassert i senter, og et åttendels atom i hvert hjørne. Metaller med BCC struktur er mindre duktile enn metaller som har mer tettpakket struktur. Med duktilt menes det hvor mye materialet kan strekkes før brudd oppstår. Flere metaller med mer tettpakket atomstruktur, vil kunne få en BCC struktur ved høye temperaturer. Av legeringselementene i Ni – Al bronse er det kun jern som har BCC struktur.



Ni – Al bronse har en FCC struktur. Denne strukturen har mer tettpakkede atomplan enn en BCC struktur. Dette gjør at FCC strukturen er mer duktil enn BCC strukturen. I forhold til den terningen som BCC ble beskrevet med, vil strukturen se litt annerledes ut for FCC. Det er i denne strukturen et halvt atom i hver flate av terningen, og i hvert hjørne er det et åttendels atom. Et materiale med FCC struktur kan deformeres mer før det oppstår et brudd. FCC har en kubisk struktur, og har som nevnt tidligere like tettpakkede atomplan i alle lengderetninger.



En HCP struktur er veldig lik FCC gitterstrukturen. Det er like tettpakkete atomplan, men måten disse planene er stablet over hverandre utgjør den store forskjellen. Mens FCC har 3 forskjellige atomplan som repeteres, har HCP kun 2 slike plan. Som vist i Figur 2.2 vil HCP strukturen være heksagonal. Dette gjør at atomplanene ikke glir like lett over i hverandre, HCP er derfor mindre duktilt enn FCC.



Figur 2.2 – Gitterstrukturer

Ved en nærmere titt på de forskjellige metallene som er i Ni – Al bronse legeringen, er alle utenom jern FCC struktur. Jern har en BCC struktur. Ved å øke aluminiuminnholdet gjør man legeringen sterkere, men ved for høyt aluminiuminnhold vil strukturen gå fra FCC til BCC.

Kreftene som binder atomene sammen i krystallene er av typen metallbindinger. Atomene i et krystall deler på elektronene sine. Dette er en relativt svak binding i forhold til for eksempel ionebindinger og kovalente bindinger, siden metaller ikke har interesse av å oppfylle oktettregelen. Atomene i et metall har sterkest binding til sine naboatomer.

Ni – Al bronse

Ni – Al bronse er en legering som blir brukt til propeller, dette på grunn av de gode mekaniske egenskapene og evnen til å beholde disse mekaniske egenskapene i sjøvann. Sammenlignet med mange andre legeringer, er Ni – Al bronse en veldig komplisert legering. Når propeller blir tilvirket i Ni – Al bronse, er det mange faktorer å tenke på slik at man beholder de egenskapene man er ute etter. Jern og nikkel i tillegg til aluminium bidrar til å styrke til denne legeringen. Nikkel bedrer også korrosjonsbestandigheten, og øker grensen for når propellen vil få en varig deformasjon.

Faser

Ni – Al bronse er en kompleks legering. Det er med andre ord en legering som består av fler enn fire legeringselementer. Avhengig av blandingsforhold og temperatur vil legeringen opptre i flere tilstander, også kalt faser. Fasene har forskjellige egenskaper, og det er noe av dem som er mer å foretrekke enn andre. De greske bokstavene blir ofte brukt for å forklare hvilken fase materiale er i. Et eksempel vil være α og β . α kan være hvor mye av kobber som er løst i aluminium, og β kan være hvor mye aluminium som er løst i kobberet. Samtlige faser opptre kunne ved visse temperaturer. Siden faseomdanning i materialet trenger litt tid, ønsker man da rask nedkjøling for å unngå de uønskede fasene.

Styrken til legeringen øker med aluminiumsinnholdet. Økt aluminiumsinnhold vil føre til at både $\alpha + \beta$ skapes når legeringen kjøles ned. Ved treg nedkjøling eller varmebehandling på under 565°C kan β -fasen brytes ned i en $\alpha + \gamma_2$ fase. Det er ikke ønskelig med γ_2 fase da denne fasen senker både de mekaniske egenskapene og korrosjonsbestandigheten til legeringen.

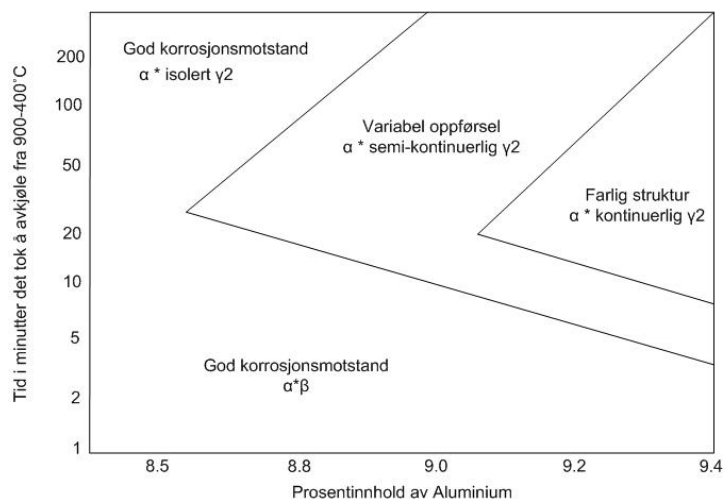
Det finnes forskjellige metoder for å unngå nedbrytningen. Den ene er å varme opp legeringen til en temperatur mellom 600 og 800°C , for deretter å bråkjøle den slik at man forhindrer β transformasjonen. En annen metode er å tilføre andre legeringselementer som hemmer formasjonen av γ_2 fasen, men likevel bevarer den høye styrken som er i legeringelementet. De mest brukte

legeringselementene til dette formålet er jern, nikkel og mangan. Både jern og nikkel kombinert med aluminium vil forme en kompleks fase som blir kalt K. Denne fasen gjør at man kan øke aluminiumsinnholdet før γ_2 fasen oppstår.

Tilstedeværelsen av mangan hemmer nedbrytningen av β -fasen.

Fra figur 2.3, vises

hastigheten man må kjøle ned med for å oppnå ønsket fase i forhold til aluminiumsinnholdet. Figur 2.6 viser i hvilke faser Ni – Al bronse går gjennom når det kjøles ned fra smelt til fast form.



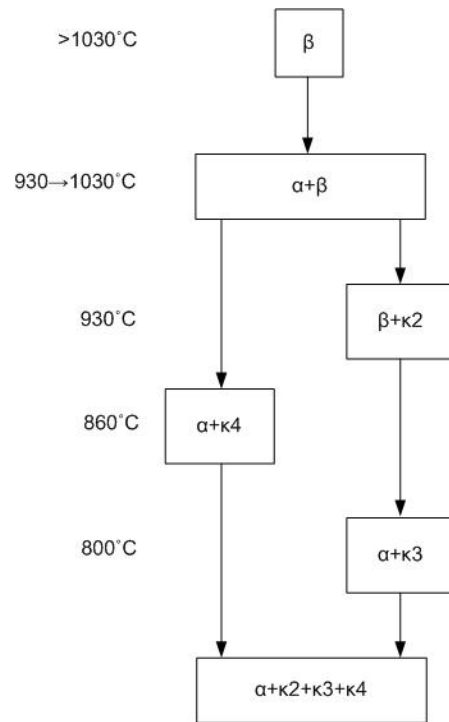
Figur 2.3 – Nedkjølingshastighetsdiagram

På temperaturer på over 1030 °C, vil denne legeringen være fullstendig i β -fase. Når temperaturen synker under dette starter dannelsen av α -fase. Ved videre nedkjøling, vil man ved 930 °C oppleve en dannelse av κ_2 -fase ut i fra β -fasen. Denne κ_2 -fasen består i hovedsak av jern og aluminium (Fe_3Al).

Ved 860 °C er α -fasen mettet for jern, og en dannelse av κ_4 -fase, som er en fase lik κ_2 . Denne består i hovedsak av jern og aluminium, men det er tilstedeværelsen av noen andre elementer gjør en liten forskjell på dem.

Den gjenværende β -fasen vil ved 800 °C danne en nikkelrik κ_3 -fase.

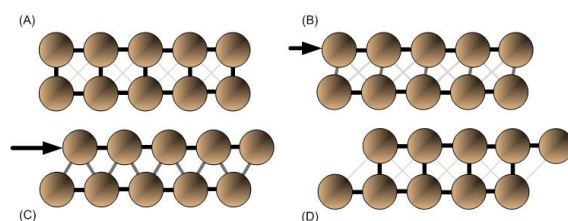
Til slutt sitter man igjen med α -fasene pluss de forskjellige K-fasene. Dette er som tidligere nevnt ønskelig, da disse gir høyere styrke og større korrosjonsbestandighet. (Mishra R.S og Mahoney M.W, 2007)



Figur 2.4 – Faser i nedkjøling av Ni – Al bronse

Deformasjon

Når utsetter et materiale for en belastning, vil dette føre til at materialer forandrer fasong. Denne fasong forandringen kalles deformasjon. Hvis belastningen er såpass liten at fasongen går tilbake til sin opprinnelse, kalles dette elastisk deformasjon. Med andre ord, betyr det at kreftene som materialet blir utsatt for er så lave at materialet ikke blir permanent deformert. Figur 2.5 gir en fremstilling av deformasjon på atom nivå, her er posisjon A utgangspunktet når materialet ikke er belastet. Ved en belastning blir bindingene mellom atomene strekt slik man ser i posisjon B. Men fjernes denne belastningen, vil materiale gå tilbake til posisjon A igjen.



Figur 2.5 – Bevegelse i atomplan

Når belastningen materialet utsettes for er såpass stor at materialet ikke går tilbake til sin opprinnelige fasong, har man plastisk deformasjon. Kreftene er da så store at man får en permanent deformasjon. I forskjell fra elastisk deformasjon, blir atomene skjøvet så langt mot naboatomet at den binder seg til dette. I forhold til Figur 2.5, er plastisk deformasjon hele bevegelsen fra A til D. De tykkeste strekene i figur 2.5 viser hvor bindingene mellom atomene er sterkest.

Grensen på hvor materiale får en elastisk eller plastisk deformasjon kalles flytegrensen, og blir ofte skrevet som σ_{flyt} .

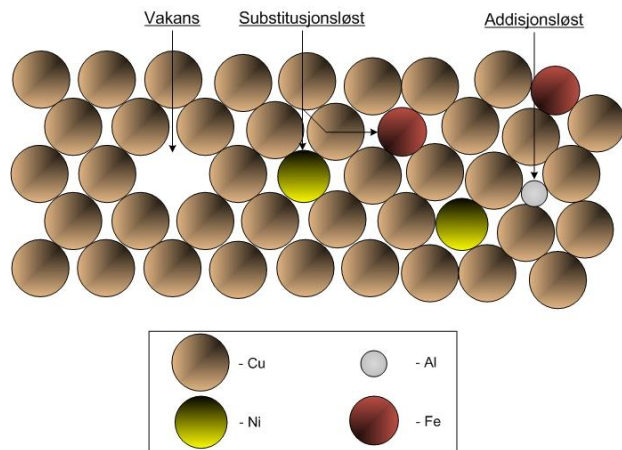
Defekter

Alle krystaller har defekter. Disse defektene gjør noe med de mekaniske egenskapene til materialene. Defektene kan enten gjøre materialet seigere eller sprøere. I Ni – Al bronse regnes legeringselementene, nikkell, aluminium og jern som defekter. Dette er defekter som brukes bevisst for å oppnå ønskede mekaniske egenskaper. I denne sammenheng behøver ikke defekter å være negativt.

De mest vanlige defektene er:

Punktdefekter

Dette er alle enkeltstående elementer i krystallgitteret som ikke passer med opprinnelig mønster for metallet. Figur 2.6 viser tre typer punktdefekter. Et atom kan mangle i atomgitteret, disse hulrommene kalles vakanser. Ved økt temperatur vil man også få økt antall vakanser, da atomene er i større bevegelse.



Figur 2.6 – Punktdefekter

I en legering, vil alle legeringselementer bli sett på som punkt defekter. Da legeringselementene ikke har nøyaktig samme størrelse som base metallet, vil disse skape indre spenninger i materialet. Legeringselementer skiller mellom substitusjonsløste og addisjonsløste. Det er kun størrelsen på legeringsatomene som avgjør dette. Et lite atom vil kunne klare å presse seg inn i hulrommet mellom baseatomene. I Ni – Al bronse vil dette være aluminium. Det vil da kunne sees på som et tillegg i atomstrukturen, derav navnet addisjon. Et legeringselement med størrelse nærmere baseatomet vil måtte ta plassen til et baseatom og kalles derfor substitusjonsløst. Substitusjonsløst atomet er pluss/minus 15 % enn baseatomet, men de addisjonsløste er mindre enn 85 % av baseatomets størrelse.

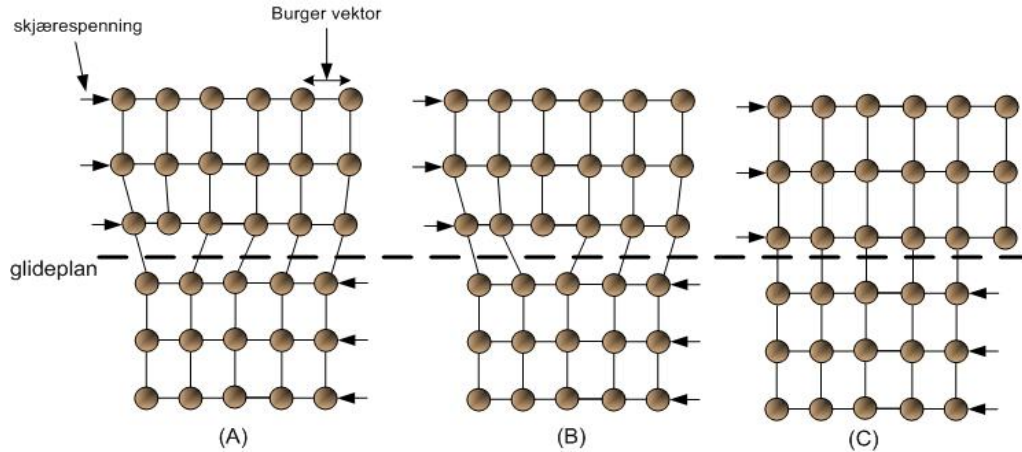
Dislokasjoner

Dette er de defektene som gir plastisk deformasjon. I områder hvor atomene står feil i forhold til krystallstrukturen, vil dislokasjon skape bevegelse. Dette fører til glidning i atomplanene, noe som vil skape plastisk deformasjon. Det skal mindre krefter til for å skape plastisk deformasjon i materialer med defekter enn materialer med. I hovedsak er det to forskjellige typer dislokasjoner, kantdislokasjon og skrudedislokasjon. Sluttresultatet på begge disse dislokasjonene er det samme. Det er bare mekanismen for å oppnå dette som er litt forskjellig. Begge disse dislokasjonene er et resultat av skjærspenning, da normalspenning ikke vil oss deformasjon. Skjærspenning er spenninger som beveger seg i motsatt retning av hverandre inne i materialet, vist på figur 2.7.



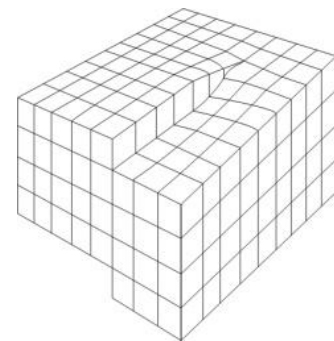
Figur 2.7 – Skjærspenning

Kantdislokasjon kan beskrives som et halvt ekstra atomplan i en krystall klemt inn i de andre atomplanene. Dette gjør at bindingene mellom atomene blir nedsatt i enden av dette ekstra planet.. Kantdislokasjonens bevegelse er vist steg for steg i Figur 2.8. I posisjon C vil man i enden sitte igjen med en kant, som er den synnlige plastiske deformasjonen. Den avstanden dislokasjonen beveger seg fra ett plan til et annet kalles Burger vektor.

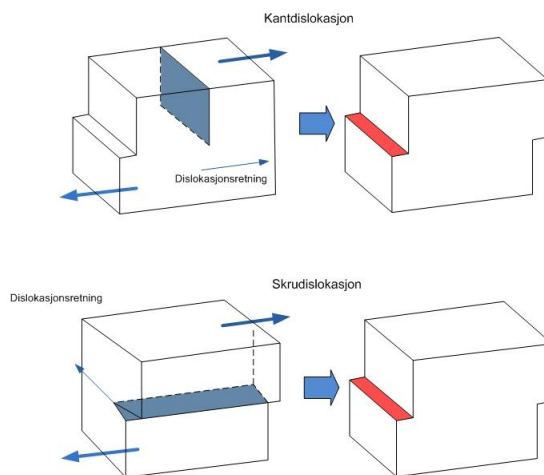


Figur 2.8 – Kantdislokasjon

Skruedislokasjon er litt vanskelig å se for seg. Dislokasjonen her vil være mer som en bølge gjennom materialet. Den vil starte i ett punkt og bevege seg bortover. Bevegelsen til dislokasjonen skrur vinkelrett på de kreftene som blir tilført materialet. Defektene i materialet gjør at kreftene som skal til for å få denne vandringen er mindre enn om det skulle skjedd på hele lengden på en gang.



Figur 2.9 – Skruedislokasjon



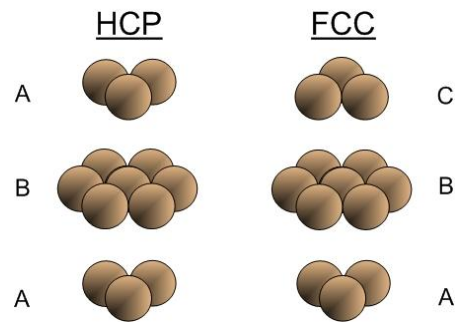
Figur 2.10 – Kant- og skruedislokasjon

Plandefekter. Det finnes fler typer plandefekter. En type er stablefeil i atomplanene. Som nevnt tidligere er forskjellen mellom FCC og HCP strukturen hvordan atomene er stablet. Hvis man ser for seg en FCC struktur, kan man si at den er stablet med plan A, B og C oppå hverandre. I HCP struktur er det kun plan A og B som blir stablet oppå hverandre (AB). Hvis man får en stablefeil i FCC strukturen kan plan C mangle. Dette manglende planet behøver kun å være i et enkelt gitter for at det skal være en stablefeil. Strukturen vil da se ut som ABCABABABC. Inne i FCC strukturen vil man da få HCP struktur noen steder.

En annen plandefekt er korngrensene i metallet.

Størkningsprosessen vil gjøre at man får en høyere andel

legeringselementer og urenheter. Korngrensene begrenser også bevegelsen til dislokasjonene. Siden mindre korn gir større total kornflate, kan man også si at mindre korn gir økt styrke i metallet.

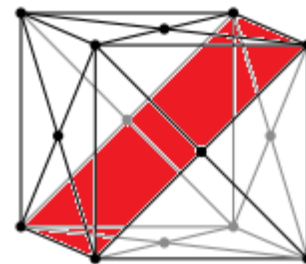


Figur 2.11 – Stabling av atomplan i HCP og FCC-strukturer

Glideplan

Glidning er en prosess som skjer da man får plastisk deformasjon som følge av dislokasjoner. Det er tidligere forklart hva dislokasjon er og deformasjonen vil skje der hvor burgervektoren er minst. Glidningen skjer der avstanden mellom atomene er kortest. Det er forskjell på hvordan denne glidningen vil skje i de forskjellige gitterstrukturene. I en FCC struktur, vil glidningen skje i det mest tettpakkete atomplanet.

Hvis man ser for seg at FCC er bygd opp av de tre planene ABC, er B det mest tettpakkede og det er gjennom der glidningen vil skje. Det røde planet i Figur 2.12 er et eksempel på hvor glidningen kan skje i et FCC gitter.

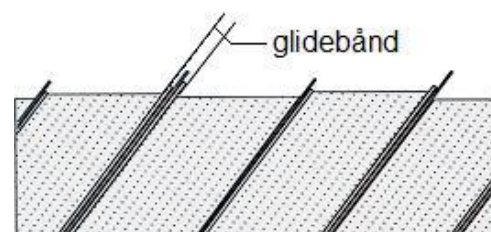


Figur 2.12 – Glideplan i FCC struktur

I BCC strukturen, er prinsippet det samme, hvor glidningen vil skje der hvor burgervektoren er minst. Men siden BCC strukturen ikke er like tettpakket som FCC, må en ekstern energikilde (varme) til for å få glidningen i atomplanene.

I HCP vil man få en litt mer begrenset glidning enn i både FCC og BCC siden man her har en annen gitterstruktur som setter litt begrensning i forhold glidningen i atomplanene.

Glidning vil lettest skje i plan der atomtettheten er størst og i retninger der avstanden mellom atomene er minst. Videre vil glidningen kunne skje uten at den totale strukturen forandres. Det eneste steder der strukturen vil forandres er i atomplanenes nærmeste omgivelser. Glideplanene fordeler seg ikke jevnt i et deformert krystall, de konsentrerer seg i såkalte glidebånd. Det er i disse glidebåndene all plastisk deformasjon forekommer. Området mellom glidebåndene vil ikke deformeres.



Figur 2.13 – Glidebånd i metaller

Korn har forskjellig orientering, slik at glidning på et plan og i en bestemt retning ikke kan skje uten videre i nabokornet. For å unngå sprekker i kornene, må deformasjonene i ett korn tilpasse seg deformasjonen i nabokornet. Jo fler glideplan som er tilgjengelig, jo lettere går denne tilpasningen. I metaller som Ni – Al bronse vil mesteparten av glideplanene skje i retning av maksimal skjærspenning.

Korrosjon

Korrosjon er svekkelse eller ødeleggelse av et materiale når det reagerer med omgivelsene. Grunnen til korrosjon er at alle materialer søker tilbake til sin opprinnelse, eller likevekt. Det er i denne formen man finner materialene i naturen. Edelmetaller som platina og gull finnes direkte i naturen, dette betyr derfor at de er meget motstandsdyktige mot korrosjon. Andre materialer vil finnes som oksider, hydrogenoksid og sulfider. Eksempler på dette er jernmalm og aluminiumoksid. Det kreves mye energi for å omdanne disse til rent jern og aluminium før de kan brukes. Over tid vil jernet og aluminiumet bruke enhver anledning for å forsøke å komme tilbake til sin opprinnelige oksidform, dette fenomenet kalles korrosjon.

Korrosjons problematikk

Nesten alle omgivelser er til en viss grad korrosive, selv luft er korrosivt på grunn av luftfuktigheten. Omgivelsen til propeller er sjøvann. Sjøvannet inneholder salter og mineraler, disse oppfører seg reaktivt og kan føre til korrosjon av propellmaterialet. Korrosjon kan deles inn i kjemisk og elektrokjemisk korrosjon, hvor forskjellen er om det er en strøm av elektroner som fører til korrosjonen eller ikke.

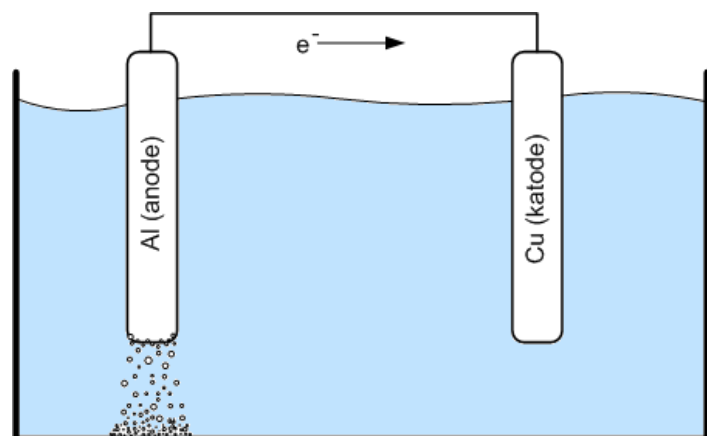
Korrosjonsprosessen

For å forklare hva elektrokjemisk korrosjon er det hensiktsmessig å starte med å se på et galvanisk element. Når man snakker om en galvanisk celle, er det i utgangspunktet en elektrokjemisk celle man snakker om. I denne elektrokjemiske cellen, omdannes kjemisk energi til elektrisk energi. Denne omdanningen skjer ved at et stoff blir oksidert mens et annet stoff blir redusert. Ved en oksidasjon blir elektroner avgitt, og ved en reduksjon blir elektronene mottatt. Denne reaksjonen skjer samtidig for både oksidasjonen og reduksjonen. Dette kalles en redoksreaksjon, hvor oksidasjonen og reduksjonen er hver sin halvreaksjon. Det er fire elementer som må være til stedet for at elektrokjemisk korrosjon skal kunne oppstå:

1. en anode
2. en katode
3. en elektrisk kobling mellom anode og katode
4. et protonledende medium, elektrolytt

På grunn av den potensielle spenningsforskjellen mellom to metaller, kan galvanisk korrosjon oppstå når disse elementene er til stedet. Uteblir noen av disse forholdene, vil ikke korrosjonsprosessen kunne starte.

Den potensielle spenningsforskjellen mellom de to metallene vil føre en strøm av elektroner mellom dem. Dermed blir det minst edle metallet en anode, og begynner og løse seg opp. Legeringsmetallene i Ni – Al bronse vil kunne oppføre seg som anode og katode om en elektrolytt er tilstede.



Figur 4.1 – Galvanisk element

Korrosjonen kan aldri begynne inne i legeringen. Det må være en åpning utenfra der elektrolytten, i dette tilfellet sjøvann, kan trenge inn i materialet. Ved kjemisk korrosjon vil angrepet finne sted uten at det er kontakt mellom forskjellige metaller. Dette kan skje syrer eller andre korrosive væsker kommer i kontakt med et metall. (Iversen, R. 1998)

Sammensetning av Ni – Al bronse

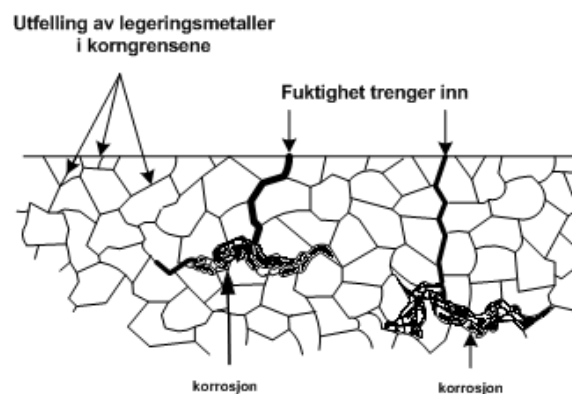
Ni – Al bronse av består av flere metaller. Disse legeringselementene er oppgitt i tabell 4.1 sammen med spenningspotensialet til de forskjellige metallene. Økende spenningspotensial gir økende evne til å ta opp elektroner, mens minkende spenningspotensial gir økende evne til å gi fra seg elektroner.

| Grunnstoff | Symbol | E°_{red} (volt) |
|------------|--------|---------------------------------|
| Kobber | Cu | +0,34 |
| Aluminium | Al | -1,66 |
| Mangan | Mn | -2,36 |
| Jern | Fe | -0,44 |
| Nikkel | Ni | -0,23 |
| Sink | Zn | -0,76 |
| Tinn | Sn | -0,14 |
| Bly | Pb | -0,13 |

Tabell 4.1 – Sammensetning og spenningspotensiale

Korngrensekorrosjon

Korngrensekorrosjon er en elektrokjemisk korrosjon og danner et galvanisk element i korngrensene. "Dette skjer som følge av at utskilte legeringselementer reagerer med hverandre i eller ved korngrensene." (Mattsson, E. 1989) Dette alene er ikke nok for å starte korrosjonsprosessen, et ledende medium må være til stede og trenge inn i materialet. Som følge av en overflatedefekt eller sprekke på propelloverflaten vil saltvannet kunne trenge inn og starte korrosjonsprosessen. "Denne type korrosjon kan skape enorme konsekvenser og ødeleggelser grunnet korrosjonen kan trenge dypt inn i propellen." (Iversen, R. 1998) Figur 4.2 viser at overflaten ikke trenger røpe hvor stor korrosjonen egentlig er, men at den har dannet et stort, porøst korrosjonsprodukt inni materialet.



Figur 4.2 – Korngrensekorrosjon

I figur 4.2 ser man også en fremstilling av kornene i en legering. Korngrensene er klart definert, og har en høyere konsentrasjon av legeringselementer i forhold til kjernen av kornet.

Korngrensekorrosjon vil være et lokalt angrep, resten av materialet vil forbli upåvirket. Men dette angrepet vil forårsake sprekker og materialet mister de mekaniske egenskapene.

Overflatekorrosjon

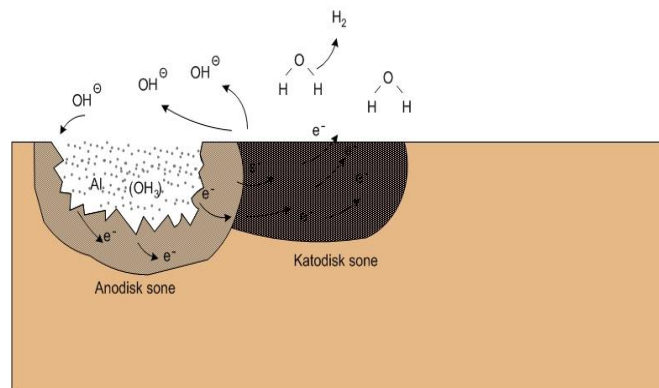
Denne formen for korrosjon er den mest kjente, en kjemisk eller elektrokjemisk prosess som fordeler seg jevnt utover et legeme. Figur 4.3 viser prøvestaver av Ni – Al bronse som er utsatt for overflatekorrosjon. Man kan tydelig se at overflaten er mattet og stavene er missfarget.

”Korrosjonen starter som følge av at anodeiske og katodeiske områder utvikles på overflaten.” (Iversen, R. 1998) Med sjøvann til stedet er dette nok til å danne et galvanisk element. Figur 4.4 viser hvordan angrepet starter. ”Overflatekorrosjon er ikke i kategorien blant de farligste korrosjonstypene selv om denne type korrosjon fører til størst vekt tap, men da jevnt over hele legemet.” (Fontana, G. 1986)



Figur 4.3 – Prøvestaver Ni – Al bronse utsatt for overflatekorrosjon. Under: upåvirket for korrosjon.

For Ni - Al bronse vil det også dannes et grønt oksidbelegg, kalt *irr* på folkemunne. Dette belegget er med på å beskytte overflaten for videre korrosjon. Mengden materiale som blir korrodert kan beregnes, og ut ifra forventet levetid på propellen kan man dimensjonere etter dette forventede tapet. Man kan også benytte seg av overflatebehandling i den grad det lar seg gjøre for å motvirke overflatekorrosjon.



Figur 4.4 – Overflatekorrosjon på overflaten

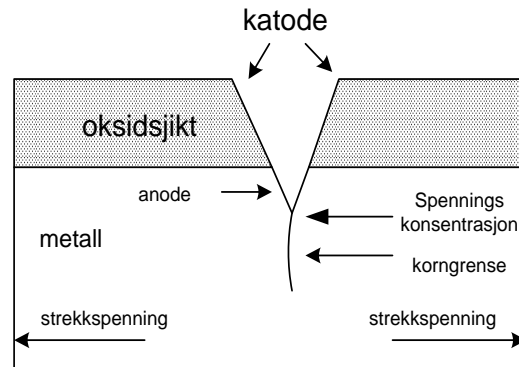
Gropkorrosjon

Gropkorrosjon er en elektrokjemisk korrosjon som betraktes som svært alvorlig og opptrer lokalt på overflaten. Korrosjonen opptrer som følge av at anodeiske og katodeiske områder er klart separerte og reagerer med hverandre. ”De anodeiske områdene er i gropene mens katoden er i overflaten.” (Mattsson, E. 1989) Dette medfører at gropene vokser. Jo større katodeiske området er, desto mer vil den spise opp anoden. ”Korrosjonen danner loddrette groper som kan trenger dypt inn i metallet. Dette kan medføre at utmattingssprekker opptrer og gir grovbunn for videre sprekkdannelser.” (Iversen, R. 1998)

Spenningskorrosjon

Spenningskorrosjon er en korrosjonstype hvor de indre spenningene i materiale eller ytre strekkspenninger og et korrosivt miljø er utgangspunkt for korrosjonen. "I prinsippet er spenningskorrosjon en sprekkdannning og forekommer kun i bestemte metallegeringer, deriblant Ni – Al bronse." (Bjarbo, A. 1996)

"Metaller med oksidbelegg og legeringer som ofte blir utsatt for korn grensekorrosjon er i stor fare for å bli rammet av spenningskorrosjon." (Iversen, R. 1998) Ni – Al bronse inngår i denne kategorien.



Figur 4.4 – Spenningskorrosjon

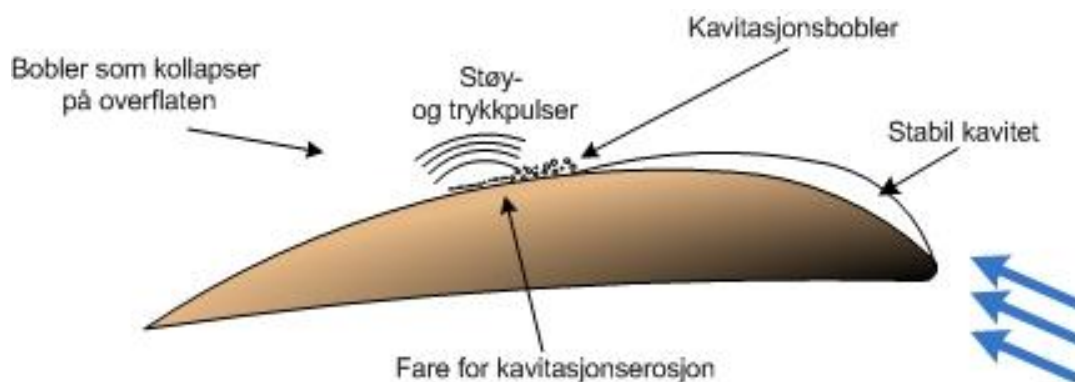
Korrosjonsprosessen steg for steg:

- Nedbrytning av oksidbelegg
- Utskilling av intermetalliske forbindelser
- Sprekkdannelse

Oksidbelegget er med på å beskytte metalloverflaten. Hvis dette blir brutt ned vil overflaten kunne reagere med det korrosive miljøet. Sprekkene dannes og væsken presser inn og ut som følge av strekkspenningene. Som vist i figur 4.4 vil de utskilte legeringselementene fungere som en anode og prosessen akselerer som følge av kontakt med saltvannet. "En spenningskonsentrasjon i bunnen av sprekken dannes og fører til videre utvidelse. Korrosjonen kan enten gå på tvers av kornene eller langs korn grensene." (Iversen, R. 1998) Angrepet skjer som følge av en kombinasjon mellom en elektrokjemisk korrosjonsprosess og mekaniske strekkspenninger.

Kavitasjonserosjon

Kavitasjon kommer av at trykket til en veske faller så mye at stoffet går over i gassfase. Når trykket øker vil gassboblene kollapse og utvikler et ekstremt høyt trykkpuls. Hvis dette skjer i nærheten av et materiale, vil energien i trykkendringen kunne ta med seg små fragmenter av materialet. Dette skjer i utgangspunktet på et mikroskopisk nivå, men etter tid kan skaden bli tilsvarende større.



Figur 4.5 – Kavitasjon

I en test rapportert av A Tuffrey i "Vibratory Cavitation Erosion Testing", National Engineering Laboratory Report No. 149, april 1964, har prøvestykker blitt testet for kavitasjonskorrosjon.

Testen gav følgende resultater:

| Material | Dybde på angrep |
|------------------------------------|-----------------------|
| Nikkel – Aluminium bronse AB2 | < 0,025 mm på 7 timer |
| Rustfritt Austenittisk-stål 321 | 0,305 mm på 7 timer |
| Messing med høy strekkfasthet HTB1 | 0,280 mm på 6 timer |

Tabell 4.2 – Kavitasjonserosjons testresultater

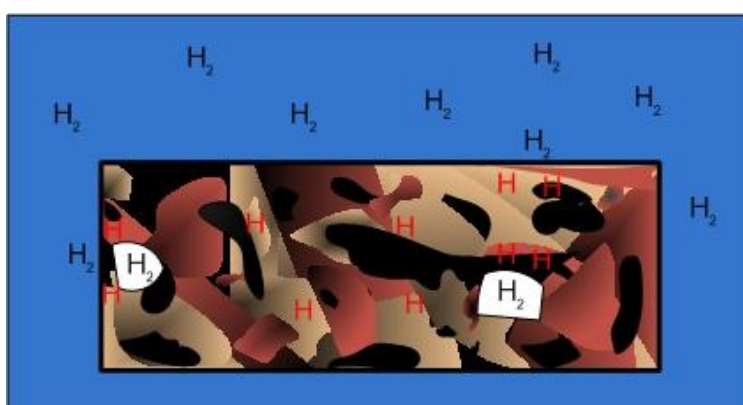
Resultatene viser at kavitasjonskorrosjonen for Ni – Al bronse var minimal, og at selv om den er til stede, anses den ikke som kritisk.

Erosjonskorrosjon

Erosjon er en prosess hvor en veske som beveger seg langs et fast stoff, tar med seg deler av det faste stoffet. Dette kan over tid føre til grov slitasje, og slitasjen vil øke ved høyere hastighet på vesken. Denne effekten vil også øke i takt med konsentrasjonen av urenheter i vesken. Dette er ikke noe stort problem for propeller, da sjøvann ikke inneholder så mange urenheter. Slitasjen fra sjøvannet på den roterende propellen blir da minimal.

Hydrogenmetning

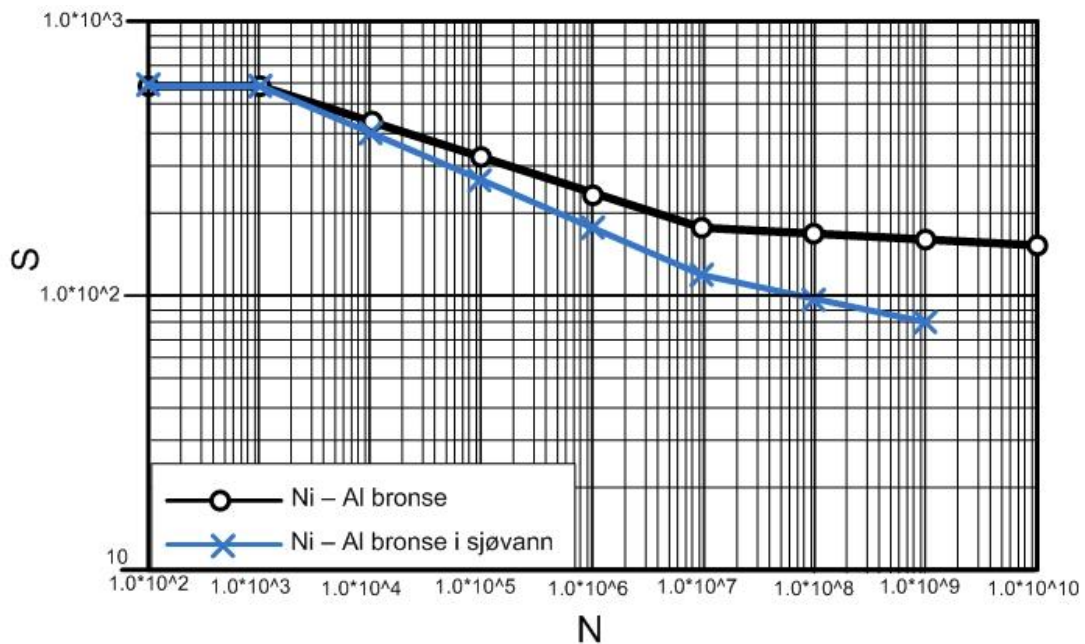
Denne typen korrosjon går ut på at hydrogengass spaltes $H_2 \rightarrow 2H$ og diffunderer seg inn i materialet. Når disse hydrogenatomene treffer på hulrom dannes det på ny hydrogengass. Med tiden dannes det mer og mer hydrogengass, og trykket i disse hulrommene øker. Blir trykket høyt nok vil materialet kunne deformeres. Avhengig av hvor hulrommet i utgangspunktet befinner seg vil dette enten vise seg som en boble på overflaten, eller en mer sprekkliknende deformasjon nærmere kjernen til materialet.



Figur 4.6 – Hydrogenmetning

Utmattingskorrosjon

Syklisk belastning gjør materialet svakere og fører til brudd. Antall sykler før brudd reduseres betraktelig i korrosive miljøer. Denne effekten korrosjon har på utmatting kalles utmattingskorrosjon. Den største forskjellen mellom ren utmatting og korrosjonsutmatting er det korrosive miljøet. "I tillegg vil vanlig utmatting gi kun en sprekk, mens korrosjonsutmatting gir mange sprekker." (Iversen, R. 1998) På grunn av den vekslende belastningen propeller utsettes for, vil sprekken fortsette å utvide seg inntil propellen ryker. Hvis man ser på skadene utmatting og korrosjon gjør isolert hver for seg, vil utmattingskorrosjonen gjøre mer enn disse to til sammen. Ingen metaller har en reell korrosjonsutmattingsgrense, men 10^8 sykler benyttes som denne grensen. Fra figur 4.5 kommer det fram at for Ni - Al bronse ligger amplitudespenningen på omkring 100 MPa ved en middelspenning lik null. For høyere antall sykler reduseres utmattingsstyrken til omkring 80 MPa, som benyttes for 10^9 sykler eller mer. Dette vil si at så lenge propellen utsettes for syklisk belastning i sjøvann, vil brudd oppstå.

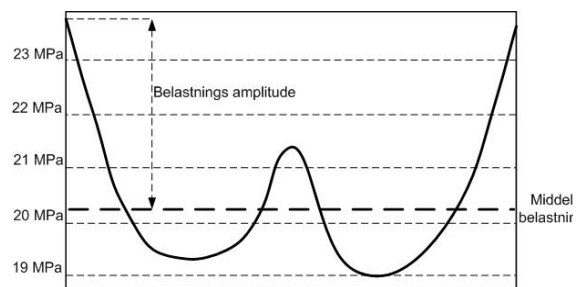


Figur 4.7 – S-N kurve

Utmatting

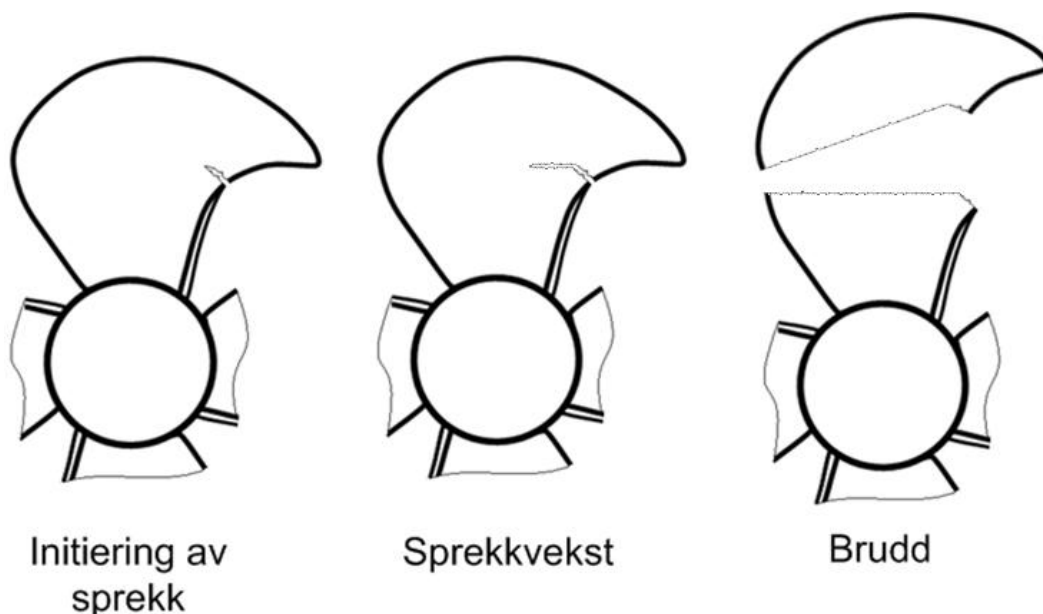
”Utmatningsfenomenet ble første gang i 1850 undersøkt systematisk av den kjente tyske ingeniøren Whøler” (Hærkegård, G. 2004). Han ville løse den gangs store problem med akselbrudd ved de prøyssiske statsbaner. Han konkluderte med at brudd kunne oppstå i en aksel med dynamisk belastning, dette selv om lasten bare var en brøkdel av materialets bruddstyrke. På grunn av datidens kunnskap kunne han ikke si noe om grunnen til slike brudd og antok at materialet ble trett over tid. Dette er det som ble kalt for utmatting. 100 år etter forsøkene til Whøler kunne man si hva som forårsaket tretthetsbruddene. Selv om de dynamiske spenningene er så lave at de ikke gir deformasjon på makronivå kan man påse at utmatting skyldes gjentatt plastisk deformasjon på mikronivå.

Utmatting er en skadetilstand som oppstår som følge av en dynamisk belastning. For skipspropeller er den dynamiske belastningen det varierende vannfeltet påfører propellen. Skaden kan oppstå selv om belastningen er mindre enn flytgrensen til Ni – Al bronse. Utmatting kan være vanskelig å oppdage med det blotte øyet. Dette gjør at skaden vil skje uten varsel i forkant. Selve bruddynamikken i utmatting skjer ved sprekkvekst, og denne kan likegodt foregå inne i kjernen til materialet i propellen. Dette kan føre til at det plutselig blir brudd på et propellblad. Slike brudd kalles utmatningsbrudd.



Figur 4.1 – Belastningskurve for propell

Utmatningsprosessen kan deles inn i følgende tre faser:



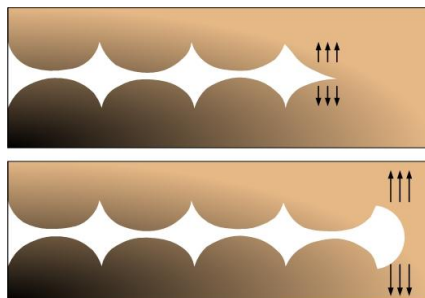
Figur 4.2 – Faser i utmatningsprosessen

Initiering

Det første steget i utmatting er initiering av en sprekk. Her vil spenningen starte den aller første mikroskopiske sprekkene i materialet. Denne initieringen kan skje flere steder og av flere grunner. Den belastningen som påføres en skipspropell av medstrømsfeltet kan gi lokalisert deformasjon i form av glidebånd. Disse vil oppstå der skjærspenningen er størst, og senere vokse seg større til en sprekk. Initieringen kan også oppstå i korn grensene. Korn grensekorrosjon kan opptre som selve initieringen av en sprekk. Ved defektene og ujevnheter på overflaten til propellmaterialet vil spenningene propellen utsettes for konsentreres. Dette kan også bidra til initieringen av en utmattings sprekk. Støpedefekter inne i materialet kan også oppføre seg på samme måte, denne typen er vanskelig å oppdage. Når sprekkene først er oppstått er trinn en over, og mekanismen går videre til selve sprekkveksten.

Sprekkvekst

Belastningen på propellen som følge av medstrømsfeltet vil gjøre at sprekkene som er initiert vil vokse for hver omdreining. Dette kommer av høyere spenningskonsentrasjoner ved enden på sprekkene. Når man øker strekkspenningene på materialet vil sprekkene åpne seg og vokse. Når strekkspenningene avtar vil sprekkene lukke seg igjen. Denne gjentatte bevegelsen vil gi en ruglete sprekkoverflate. Selve bruddet har karakteristiske kjennemerker som følge av denne bølge bevegelsen. For hver gang sprekkene åpnes blir den fylt med sjøvann. Når sprekkene lukkes vil vannet bli presset ut igjen. Her kommer erosjonskorrosjon inn i bildet. Hastigheten vannet har, fører til slitasje av materialet i sprekkene. Utmattingsprosessen går så videre over til bruddfasen.



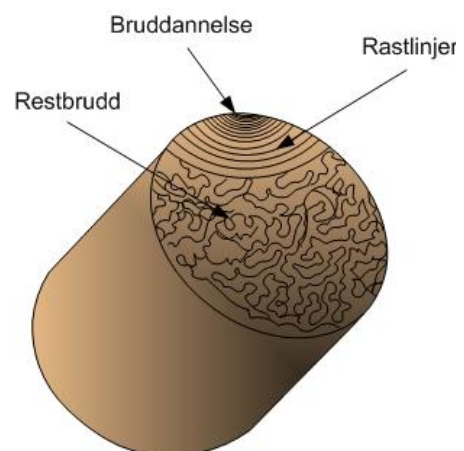
Figur 4.3 – Sprekkvekst i metaller

Brudd

Nå har sprekkene vokst seg så stor at det gjenværende tverrsnittsarealet ikke lenger klarer å motstå kreftene propellen blir utsatt for, vil bruddet oppstå.

Figur 3.4 viser tverrsnittet av et utmattingsbrudd.

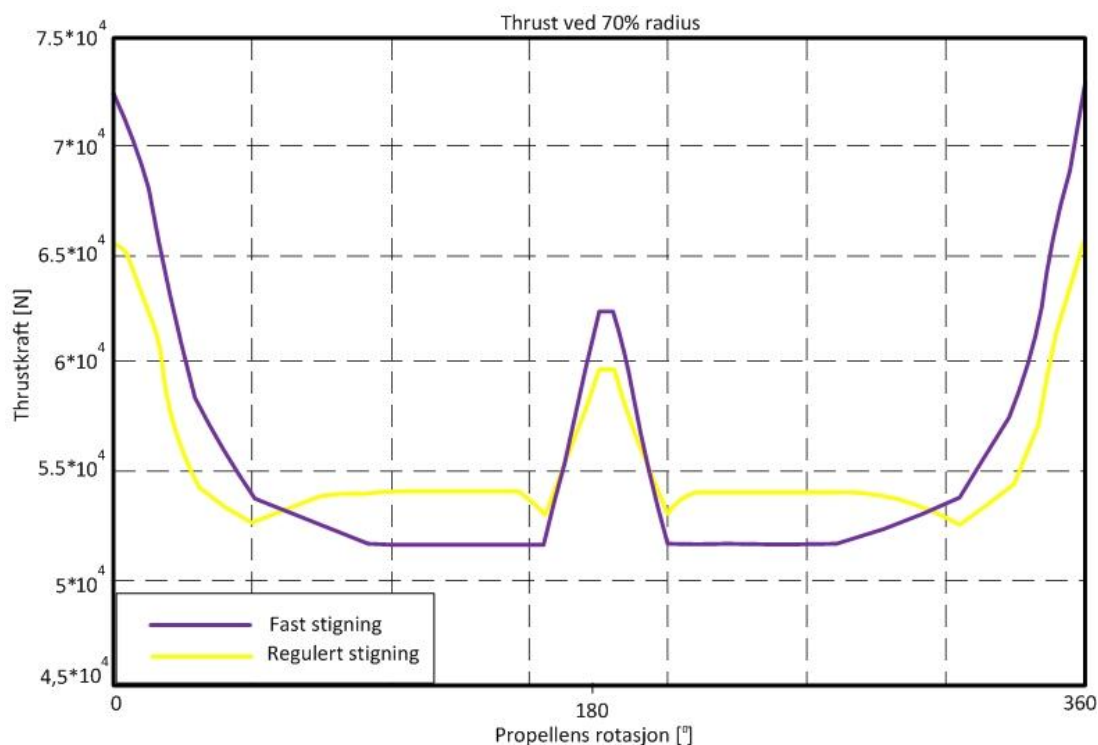
Bruddannelsen, hvor sprekkene starter ligner åringer på et tre og kalles rastlinjer. Disse er meget karakteristiske for utmattingsbrudd. Området med grovere overflate kalles restbrudd og dannes grunnet høy spenningskonsentrasjon. Topografien i bruddflaten hvor restbruddet har inntruffet viser at bruddet er duktilt. Topografien til bruddannelsen og rastlinjene er annerledes fra restbruddet og karakteriseres som glatt. Hvis utmattingen får utvikle seg til dette steget, og en bit av propellen bryter av, vil dette ha konsekvenser for fremdriften.



Figur 4.4 – Bruddflate til utmattingsbrudd

Regulere for redusert utmatting

Hvis man kan redusere utmattingen i propeller så vil man kunne designe propeller tynnere og ha økt fokus på effektivitet. Hvordan man kan regulere stigningen til propeller for å redusere dynamisk belastning ble tatt for seg i "Sletta, M.S. et al. (2010) *RDS-CP propell Versjon 2*. Høyskolen i Buskerud, Kongsberg." Her fant de ut at ved å regulere stigningen med hensyn på medstrømsfeltet så vil man redusere den dynamiske belastningen. Som vist i Figur 4.5 vil dette jevne ut thrusten til propellen og med det den dynamiske belastningen.



Figur 4.5 – Redusert dynamisk belastning som følge av stigningsregulering

Prinsippet med å endre stigningen er interessant idé men det gjenstår mye arbeid på feltet for å kunne implementere det i praksis. Prosjektgruppen lagde to reguleringsprinsipper som er som følger:

- **Mekanisk prinsipp:** I dette prinsippet er det montert en bakplate som får propellbladene til å endre stigning avhengig av hvilken posisjon de har. Ulempen med dette prinsippet er at man ikke kan endre bakplaten under drift så man er avhengig av at medstrømsfeltet oppfører seg tilnærmet likt det meste av tiden.
- **Elektrisk styrt prinsipp:** I dette prinsippet styrer man propellbladene ved hjelp av roterende hydrauliske aktuatorer. Medstrømsfeltet blir målt og disse målingene brukes av et program som regulerer aktuatorene slik at bladenes stigning tilpasses medstrømsfeltet på best mulig måte.

Prosjektgruppen konkluderer med at ved å endre stigningen kan man oppnå et godt resultat men det er langt igjen før man klarer å lage et fullverdig reguleringsystem. For å få sikre data på hvor mye man klarer å redusere den dynamiske belastningen bør et av reguleringsprinsippene videreutvikles og modelltestes. Først da kan man foreta en totaløkonomisk vurdering av om det blir lønnsomt å regulere stigningen.

Materialprøving

"I dagens industrielle samfunn spiller produkter og produktutvikling en stor rolle. Dette gjelder både innen design og innen sikkerhet" (Corneliusen, R. (1978)). For å få funksjonsdyktige produkter er det viktig at materialene som blir valgt er egnet for det tenkte bruk. Dette gjelder også ved materialvalg for en propell. I denne sammenheng er det viktig med et materialsertifikat. Det er da følgelig også viktig at man kan stole på de dataene man finner der. Materialsertifikatet inneholder data som blir dokumentert ved bruk av standardiserte testmetoder. Materialprøving kan deles i to kategorier, destruktive og ikke destruktive prøver. Dette kapittelet tar for seg noen generelle testmetoder, men legger hovedvekten på tester for utmatting.

Ikke destruktive prøver

Ettersom dagens industri krever raskere og mindre kostbare prøvemetoder har bruken av ikke destruktiv prøving økt. Man har de siste årene innsett at selv om et materiale oppfører seg utmerket i en test på et laboratorium, kan selve produktet inneholde skjulte feil og mangler. Derfor er det utviklet en rekke tester. Dette er metoder som ved bruk av høyteknologiske hjelpemidler kan oppdage skjulte feil eller mangler ved et produkt uten ødeleggelse av materialet.

Disse testene kan deles inn i fem ulike kategorier:

- Røntgen
- Isotoper
- Magnetiske metoder (Magnaflux)
- Prøving med penetrervæsker
- Ultralyd

Destruktive prøver

Materialprøving ved bruk av destruktive metoder kartlegger de mekaniske egenskapene til et materiale. Ved hjelp av forskjellige materialprøvningsmetoder kan man derfor bestemme fasthetsegenskapene til materialene som testes.

De vanligste prøvemetodene er:

- Strekkprøving
- Skråslagsprøving
- Hardhetsprøving
- Utmattingsprøving

Strekprøving

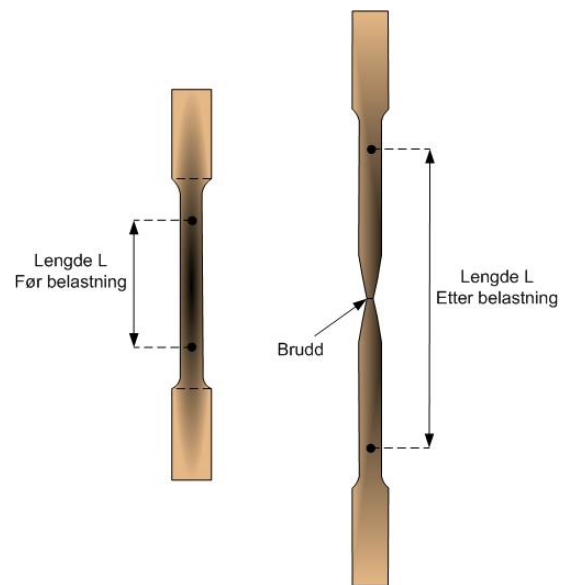
For å kunne fastsette viktige material egenskaper ved en propell, må materialet strekkprøves. Strekkprøving foregår ved at en prøvestav utsettes for gradvis økende aksial strekkbelastning til den ryker. Man benytter prøvestaver som er maskinbearbeidet etter faste standarder. Strekkprøvingen gir opplysninger om hvor stor belastning materialet tåler før det oppstår varig deformasjon og brudd. Den forteller også hvor stor tøyningen er for de forskjellige belastningene prøvestaven blir utsatt for. Strekkprøvingen foregår i en strekkprøvemaskin, som skal være godkjent av et offentlig kontrollorgan. Styrken til materiale propellen er laget av kan fremstilles grafisk i et spenning-tøyning-diagram. Med materialets styrke mener man den motstand som må overvinnnes for å fremkalle en formforandring eller et brudd.

Strekprøving er en av de viktigste prøvemethodene, da den vil stadfeste de egenskapene som blant annet brukes ved statiske beregninger. Når en strekkprøve blir utført er det en rekke faktorer som virker inn på resultatet, for eksempel vil økt strekkhastighet gi økt styrke. Problematikken rundt dette har man løst ved å utarbeide teststandarder, her er strekkhastighet gitt til 15-30Mpa/s og man sikrer seg på denne måten sammenliknbare data.

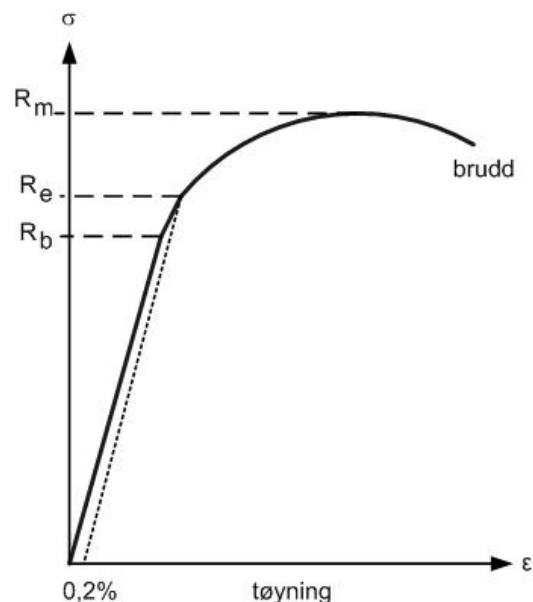
Mekaniske egenskaper som kartlegges ved strekkprøving er:

- Elastisitetsgrense, R_b
- Flytgrense, R_e
- Strekkfasthet, R_m
- Bruddgrensen, R_f
- Bruddforlengelse

I begynnelsen av strekkprøven er tøyningen liten og proporsjonal med belastningen. Det er først ved flytgrensen, R_e , at materialet begynner å flyte. Dette er grensen mellom elastisk og plastisk deformasjon. Etter flytgrensen øker tøyningen mye i forhold til økt belastning. Den største nominelle spenningen et materiale kan utsettes for kalles strekkfasthet, R_m . Det er her skjærinstabilitet inntreffer og tverrsnittsarealet blir kraftig redusert. Bruddforlengelsen er prøvestavens prosentvise forlengelse etter brudd.



Figur 5.1 – Prøvestav under strekkprøving, strukket til brudd

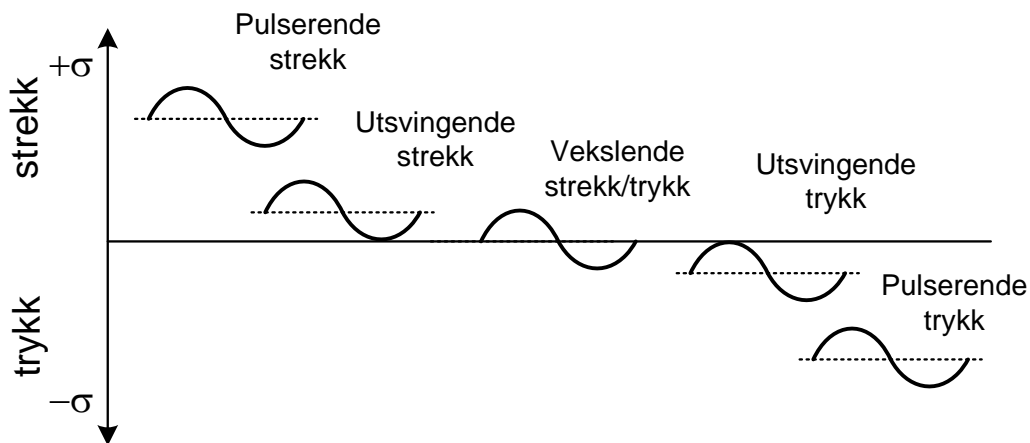


Figur 5.2 – Grafisk fremstilling av resultatene til en strekkprøvetest

Utmattingsprøve

Fordi propeller blir utsatt for dynamisk belastning kan det oppstå utmattingsbrudd. Med hjelp av utmattingsprøver, kan man bestemme hvor motstandsdyktig propellmaterialet er mot dynamiske belastninger. Ved utmattingsprøving benytter en vanligvis følgende belastningstilstander:

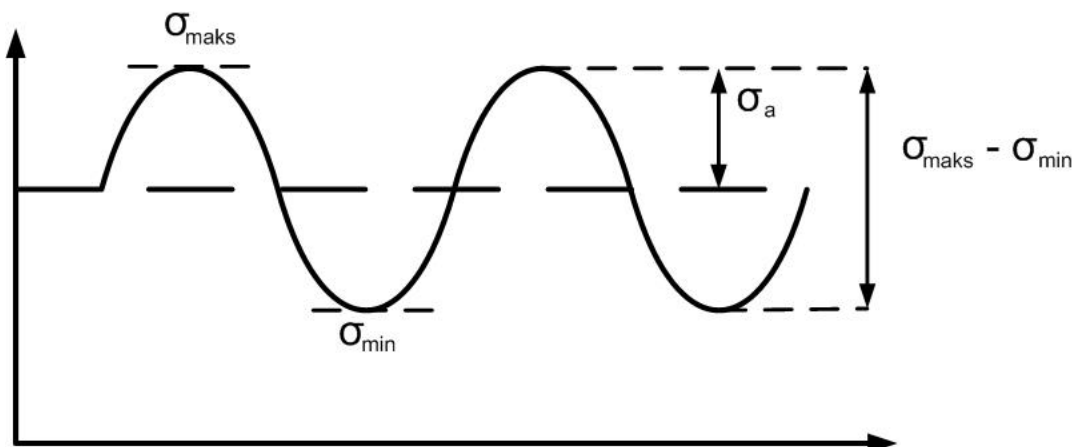
- vekslende belastning med roterende prøvestav
- vekslende utsvingende eller pulserende torsjonsbelastning
- vekslende utsvingende eller pulserende belastning i aksial retning



Figur 5.3 – Forskjellige belastningstilstander for utmatting

Spenningstilstanden kan beskrives ved følgende størrelser:

- middelspenning $\sigma_m = \frac{1}{2}(\sigma_{maks} + \sigma_{min})$
- spenningsamplitude $\sigma_a = \frac{1}{2}(\sigma_{maks} - \sigma_{min})$
- lastforhold $R = \sigma_{min}/\sigma_{maks}$



Figur 5.4 – Syklisk belastning med spenningsstørrelser

Faktorer

Det er mange faktorer som spiller inn under en utmattingstest. Da en propell kan operere i forskjellige typer omgivelser, må man under selve testingen forsøke å gjenskape disse omgivelsene så godt som overhodet mulig. Dette gjøres ved å utføre selve testen i en tank eller et kar som inneholder en representativ væske for sjøvann.

Prøvestaver

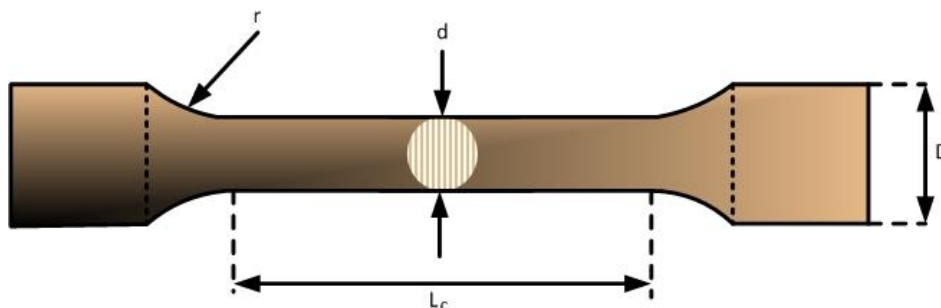
En prøvestav er et stykke materiale som er tilvirket med en spesiell geometri. Denne geometrien er bestemt i henhold til en internasjonal standard "(2006) INTERNATIONAL STANDARD ISO 1099 (2. utgave). Switzerland" og er utformet med nøyaktige mål. Det er viktig at prøvestaven representerer materialet til selve propellen, både med tanke på struktur og defekter.

Geometri og overflate

Anbefalte dimensjoner til prøvestaver og anbefaling av overflate gitt av "(2006) INTERNATIONAL STANDARD ISO 1099 (2. utgave). Switzerland".

| Parameter | Benevning | Mål |
|-------------------------------|-----------|---------------------|
| Diameter i innsnevringområdet | d | $d \geq 3\text{mm}$ |
| Radius | r | $r \geq 2d$ |
| Ytre diameter | D | $D \geq 2d$ |
| Lengde av redusert området | L_c | $L_c \leq 8d$ |

Tabell 5.1 – Anbefalte dimensjoner for prøvestaver



Figur 5.5 – Grafisk forklaring til Tabell 5.1

Overflate

Overflaten til prøvestaven spiller en vesentlig rolle for resultatet av prøvingen, faktorer som spiller inn er:

- Overflateruhet
- Tilstedeværelsen av indre spenninger
- Forandringer av materialets mikrostruktur
- Urenheter i materialet

For best resultat er det ønskelig at faktorene over blir redusert til et minimum. Anbefalt overflateruhet er gitt til $Ra < 0,2\mu\text{m}$ da det ofte er i overflatedefekter en sprekk vil starte.

Temperatur

Utmattingstester utføres som regel i romtemperatur (ideelt mellom 10 °C og 35 °C). Det er også mulighet for testutførelse i høyere og lavere temperaturer. Temperaturen til prøvestykket må da dokumenteres med hjelp av måleutstyr som skal ha en nøyaktighet ± 2 °C ((2006) *INTERNATIONAL STANDARD ISO 1099* (2. utgave). Switzerland)

Lavtemperatur prøving

Ved lave temperaturer vil materialet sprøhet øke og seigheten synke. Brudd vil da kunne inntreffe tidligere, men sprekkveksthastigheten vil ikke øke signifikant. Selv for propeller som opererer i nordlige farvann kommer ikke temperaturen ned under fem kuldegrader. Denne temperaturen endrer ikke utmattingsegenskapene til Ni – Al bronse vesentlig. Denne type testing benyttes derfor ikke for Ni – Al bronse propeller.

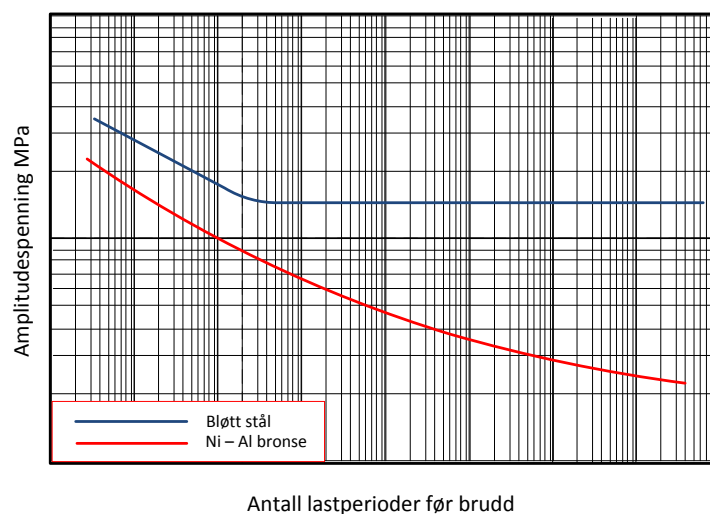
Høytemperatur testing Ved høye temperaturer over 200°C vil utmatningsfastheten synke betraktelig, dette henger sammen med at den plastiske sonen vil inntreffe hurtigere enn ved romtemperatur. Dette er ikke relevant testing for propell materiale, da omgivelsestemperaturen til en propell aldri vil komme opp i slike temperaturer.

Analyse av rådata

En utmattingstest gir hovedsakelig informasjon om to ting, antall sykler til brudd og hvilke spenningsamplitude bruddet oppstår ved. Disse verdiene settes inn i diagrammer for og lettere kunne se informasjonen man er ute etter.

Wöhler / S-N kurve

Ved prøvingen blir det benyttet en mengde prøvestaver. Stavene blir testet til brudd ved forskjellige spenningstilstander. Forholdet mellom svingninger og belastning registres. Disse punktene plottes i et Wöhler-diagram, også kalt S-N kurve. Punktene vil danne en graf som forteller hvor mye spenning et material kan utsettes for i løpet av et bestemt antall svingninger. Dette er utmatningsfastheten til materialet, og den bestemmes ut fra amplitudespenningen og antall svingninger før brudd inntreffer.



Figur 5.6 – Utmattingstestresultater fremstilt i et Wöhler / S-N diagram

Utmattingsgrense

Noen materialer har den egenskapen at belastninger under en vis grense aldri vil kunne utmatte materialet. Denne grensen kalles utmattingsgrense. Ved å teste en serie prøvestaver til brudd under utmattningstesting, hvor den neste prøvestaven testes med noe lavere spenning enn den foregående. Vil man for materialer med en utmattingsgrense komme til en belastning som ikke fører til brudd uavhengig av antall sykler. Denne belastningen er materialets utmattingsgrense. Figur 5.6 viser at stål er et materiale med en slik utmattingsgrense. Utmattingsfastheten faller med økende antall lastperioder inntil 10^6 sykler. Deretter forblir den konstant, stål har derfor en utmattingsgrense ved $N = 10^6$ sykler. Ni – Al bronse oppfører seg derimot annerledes. Kurven for Ni – Al bronse flater mer og mer ut etter som antall sykler øker, men den nærmer seg ingen konstant verdi. Ni – Al bronse har altså ingen sikker utmattingsgrense. De fleste andre metaller og legeringer utenom stål oppfører seg på denne måten. I de tilfeller man ikke har noen sikker utmattingsgrense, brukes utmattingsgrensen ved et bestemt antall lastperioder N .

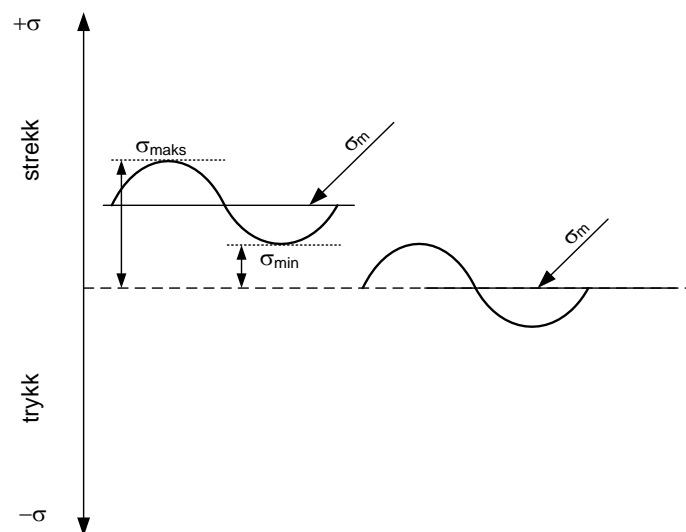
Middelspenning

Gjennomsnittsverdien et materiale blir testet med kalles middelspenningen, og er gitt ved:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{maks} + \sigma_{min}}{2}$$

Ligning 5.1 - Middelspenning

Som vist av Figur 5.7 vil man få $\sigma_m = 0$ ved lik trykk og strekk belastning. Amplitudespenningen et materiale kan tåle blir større jo lavere middelspenningen er. I praksis betyr dette at ved en ren strekk/strekk belastning går prøvestaven mot brudd tidligere enn en strekk/trykk belastning. Goodmans relasjon forteller følgende: "Utmattingsstyrken synker mot null hvis gjennomsnittsstresset, σ_m , øker mot strekkfasthet, R_m ." Dette bekrefter at en ren strekk/strekk belastning gir materialet kortere levetid enn en strekk/trykk belastning.

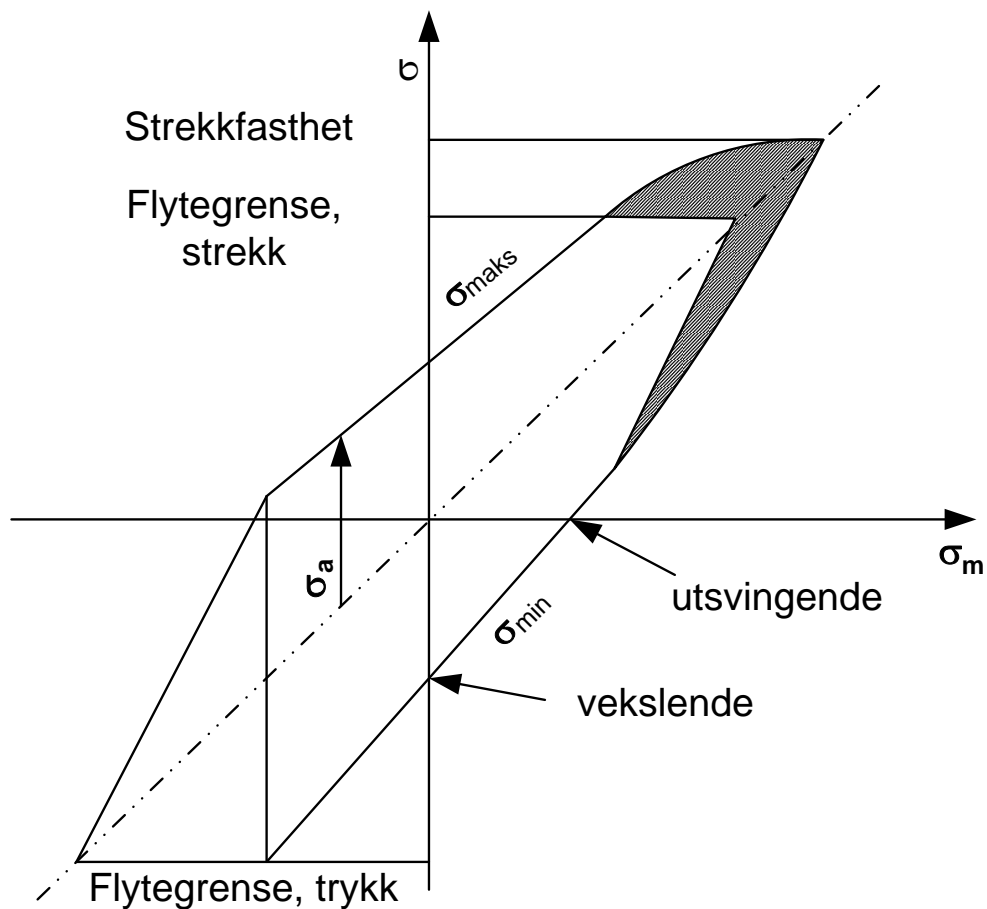


Figur 5.7 – Middelspenning ved strekk/strekk og strekk/trykk

Smith diagram

Utmattingsfastheten ved et bestemt antall lastperioder kan overføres til et Smith-diagram. Figur 5.8 viser utmattingsfastheten for et bestemt materiale som funksjon av middelspenningen σ_m .

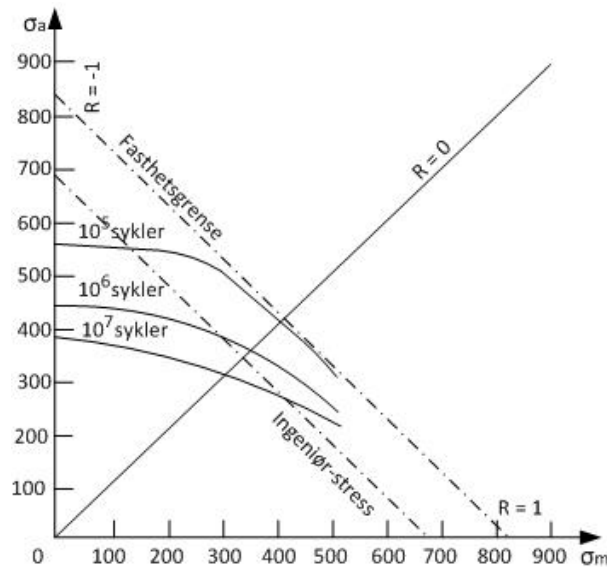
Som vist er utmattingsfastheten større enn flytegrensen for store verdier av σ_m . Dette skyldes at utmattingstesten vanligvis foregår ved en relativt høy frekvens. Stressraten er så høy at flytegrensen blir høyere enn den flytegrensen som er bestemt ved strekkprøvning. Stressraten ved strekkprøvning er meget lav, og flytegrensen som man finner er den statiske flytegrensen. Dette medfører at både bruddforlengelsen og bruddkonsentrasjonen avtar grunnet at materialet blir sprøere. Smith-diagrammet viser at amplitudespenningen materialet kan tåle øker ved avtagende middelspenning.



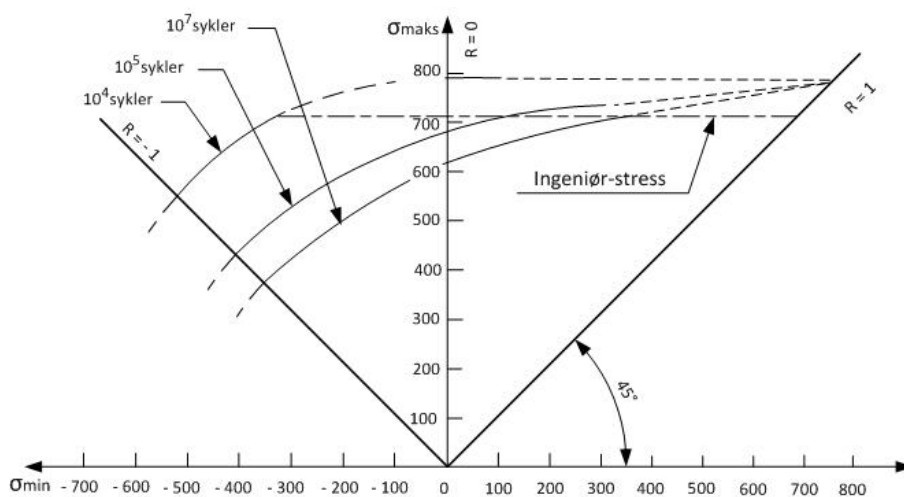
Figur 5.8 – Smith diagram

Andre diagrammer

Det finnes flere måter å fremstille resultatene fra en serie med utmattingsprøver. Et diagram som viser sammenhengen mellom gjennomsnittsstress og stressamplituden kalles et Haigh eller Goodman diagram. En annen måte å fremstille dataene på er ved hjelp av et Ros diagram. Her settes minimumstress opp mot maksimumstress. Disse diagrammene brukes primært til dimensjonering for utmatting. Hver N verdi er tegnet inn i diagrammene som egne grafer, og man kan dimensjonere etter ønsket N verdi.



Figur 5.9 – Haigh diagram



Figur 5.10 – Ros diagram

Referanser

Tornblad, J. T. (1987) *MARINE PROPELLERS and PROPULSION OF SHIPS*. Marine Laboratory KaMeWa AB.

Woud, H. K. og Stapersma, D. (2003) *Design of Propulsion and Electric Power Generation Systems*. London: IMarEST.

Gerr, D (2001) *Propeller Handbook*. Dubuque, IA, USA: Quebecor Printing Company

Misra. S. C. (2010) *Performance of Marine Vehicles at Sea*. [online]. Tilgjengelig fra <http://www.cosmolearning.com/courses/performance-of-marine-vehicles-at-sea-354/>. [Lastet ned 25.februar 2010]

Mishra, R.S og Mahoney, M.W (2007) *Friction Stir Welding and Processing*.

Schmid, S. R. og Kalpakjian, S. (2006) *MANUFACTURING ENGINEERING AND TECHNOLOGY* (5.utgave). New Jersey: Pearson Prentice Hall, Pearson Education

Fontana, M. G. (1986) *CORROSION ENGINEERING* (3.utgave). McGraw-Hill Higher Education

(2006) *INTERNATIONAL STANDARD ISO 1099* (2. utgave). Switzerland

Hærkegård, G. (2004) *Dimensjonering av maskindeler*. Trondheim: Tapir akademiske forlag.

Corneliusen, R. (1978) *Materialprøving*. Oslo: Universitetsforlaget.

Michels, H.T og Kain R.M (2003) *Effect of Composition and Microstructure on the Seawater Corrosion Resistance of Nickel-Aluminum Bronze*. [online]. Tilgjengelig fra:

http://www.copper.org/applications/cuni/corrosion_resistance_ni_alum_bronze.html

(2004) *General Survey, Types of Aluminums Bronze, Types of Corroton, Vareties of Service, Aluminium Bronze Alloys Corrosion Resistance Guide*. [online]. Tilgjengelig fra:

<http://www.hghouston.com/coppers/albronze.htm>

Min, M.C (2008) *Inspector Knowledge Series 03-0, An Introduction to Corrosion*. [online]. Tilgjengelig fra: <http://www.scribd.com/doc/7579434/Corrosion-Basic>

Wenschot, P. (1987) *The properties of Ni – Al Bronze sand cast propellers in relation to section thickness* (no 349).

Mattsson, E.(1989) *BASIC CORROSION TECHNOLOGY FOR SCIENTISTS AND ENGINEERS*. England: Chichester

Hibbeler, R. C. *Statics and mechanics of materials* (SI edition) Pearson Education

Tuffrey, A (1964) *Vibratory Cavitation Erosion Testing*. National Engineering Laboratory Report No. 149

Bjarbo, A. *Konstruksjonsmaterialer*. NKI Forlaget

Boye, N. C. *Kjemi og miljø lære*. Gyldendal

Iversen, R. *Materiallære – flyfag*. Universitetsforlaget

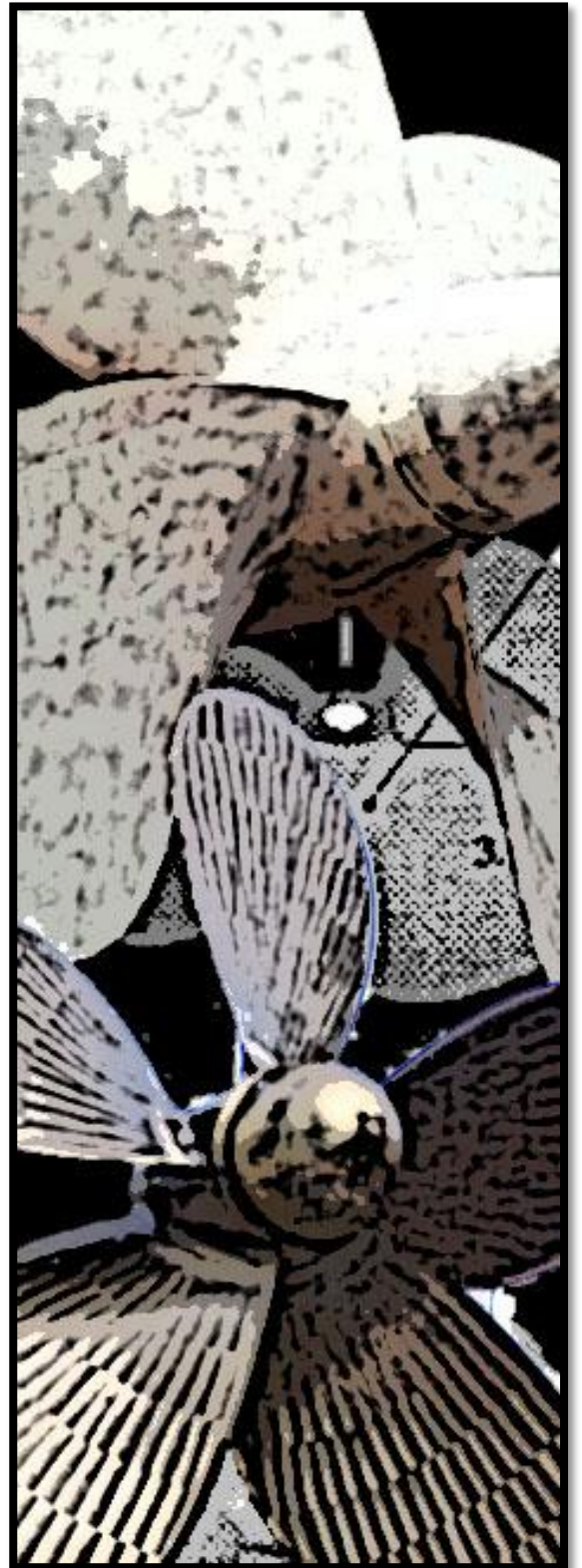
Utmattingsrapport

Bacheloroppgave vår 2010:
Utmattingssegenskaper for nikkel -
aluminium bronse i sjøvann

Prosjektgruppe: Njord
ved Høgskolen i Buskerud
Avdeling for teknologi

Oppdragsgiver:
Det Norske Veritas

Veiledere:
Jamal Safi (HiBu)
Johan Johansson Iseskär (DNV)



Dokument historikk

| | Dato | Forfattet av | Beskrivelse av endring |
|-----|-----------|--------------|------------------------|
| 1.0 | 27.5.2020 | KRF | |

Innholdsfortegnelse

| | |
|--------------------------------|----|
| Forord..... | 4 |
| Sammendrag | 4 |
| Akronymer og forkortelser..... | 4 |
| Bakgrunn | 4 |
| Teori | 5 |
| Korrosjon | 6 |
| Tidligere tester | 8 |
| Matematiske beregninger | 9 |
| Testutførelse | 12 |
| Prøvestavene | 12 |
| Maskinen | 13 |
| Beregning av stress..... | 14 |
| Testverdier..... | 14 |
| Prøvestaver i luft | 14 |
| Test 1 | 14 |
| Test2..... | 15 |
| Test 3 | 16 |
| Test 4 | 16 |
| Test 5 | 16 |
| Saltvannsstaver | 17 |
| Test 6 | 17 |
| Test 7 | 17 |
| Test 8 | 17 |
| Test 9 | 17 |
| Test 10 | 17 |
| Resultater | 18 |
| Diskusjon | 19 |
| Konklusjon | 22 |
| Referanser | 22 |
| Vedlegg..... | 23 |
| Bilder | 24 |

Forord

Eksponering av nikkel – aluminium bronse i sjøvann kan påvirke hydrogenmetning og mikroskopiske endringer i overflaten, noe som igjen kan føre til lavere utmattingsfasthet. Dette er utfordringer knyttet til bruk av materialet i propeller. Store propeller er alltid utfordrende å arbeide med og dette var grunnen til at testgruppen ønsket å ta utfordringen. Denne rapporten er en del av hovedoppgaven til prosjektgruppe Njord ved Høgskolen i Buskerud. Prosjektgruppen vil gjerne takke Det Norske Veritas og Høgskolen i Buskerud for en fin oppgave og hjelp til utarbeidelse av denne rapporten. De vil også takke Høgskolen i Oslo for lån av utmattingsmaskin og for et flott samarbeid. Målet med oppgaven var å finne ut om fremprovosering av korrosjon, ved å utsette prøvestaver for et korrosivt miljø, har noe effekt på utmattingssegenskaper til ni – al bronse. Prosjektgruppen fikk 10 prøvestaver tilvirket ut av et reelt propellblad. Disse ble delt opp i to serier, den ene serien ble lagt i sjøvann en periode for å fremprovosere korrosjon før testing ble gjort i luft. Den andre serien ble testet uten annen påvirkning enn luft.

Sammendrag

Utmattning av Ni – Al bronse propeller er et kjent problem i maritime farvann. Denne rapporten tar for seg hvorvidt eksponering av Ni – Al bronse i sjøvann er en kritisk faktor eller ei. Det er gjort tidligere forsøk på korrosjonsutmattning, men da med en konstant tilførsel av saltvann under testingen. Resultatene viste at utmattingsfastheten til Ni – Al bronse var betraktelig lavere ved testing i korrosivt miljø enn i ren luft. Prosjektgruppen Njord fikk i oppdrag fra DNV å finne ut om eksponering av Ni – Al bronse i sjøvann ville gi en lavere utmattingsfasthet da det ikke er gjort noen godt dokumenterte forsøk hvor prøvestaver er eksponert for sjøvann for så å teste de i luft. Njord har gjort en rekke tester og resultatene har ikke samsvart med forventningene. Det kan dog ikke konkluderes med at eksponering av Ni – Al bronse i saltvann ikke har en effekt da teorien taler i mot dette.

Akronymer og forkortelser

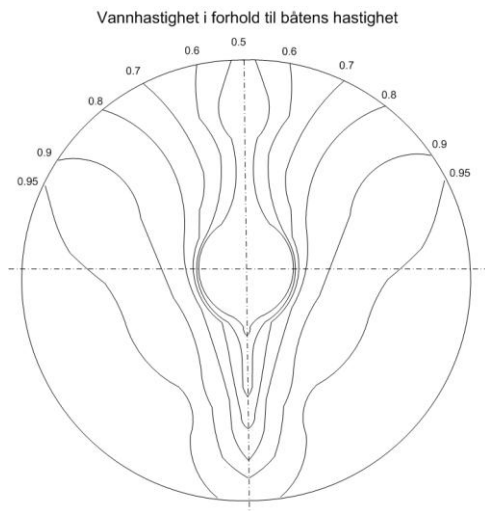
Run out – En grense som er satt for å definere uendelig antall sykler.

Ni – al bronse – Nikkel – aluminium bronse

Bakgrunn

Nikkel - aluminium bronse er en metallegering som ofte blir brukt til marine applikasjoner. Dette er fordi den har mekaniske og korrosive egenskaper som gjør den egnet til bruk i sjøvann. Problemet vi skal ta for oss er knyttet til legeringens bruk i propellindustrien. Det er fordi propeller opererer under dynamisk belastning som igjen fører til utmatting. Hvis utmattingen kunne reduseres vil man oppnå en stor økonomisk gevinst i form av lavere materialkostnader. Dette fordi det kan dimensjoneres tynnere blader med samme levetid.

Utmattning av propellmaterialer er et ganske komplekst problem, og innehar mange fagfelt. Propeller har som oppgave å øke hastigheten til innkommende vannstrømninger slik at det skapes fremdriftskrefter til skipet. Den dynamiske lasten på propellbladene kommer fra skipets medstrømsfelt. Propeller roterer i sjøvann med forskjellig innstrømningshastighet gjennom en rotasjon.



Figur 1 – Aksielt medstømsfelt

Figur 1 viser et eksempel på et aksielt strømningsfelt perpendikulært på propellskiveplanet. Ofte viser det seg at hastigheten er 50 % av skipets hastighet i propellens topposisjon. Ved 30° er hastigheten derimot hele 95% av skipets hastighet.

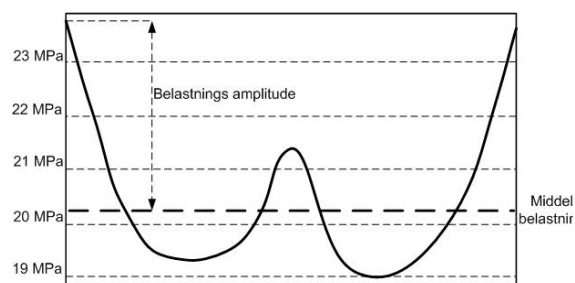
Utmattingsegenskapene til ni – al bronse er kartlagt av flere personer gjennom tidene. Måten dette har vært gjort er ved å gjennomføre utmattingstesting med tilstedeværelse av sjøvann. Man monterer et kar med sirkulasjon av sjøvann rundt tilvirkede materialprøver. Hvis tilstedeværelse av sjøvann ikke er sentralt i utmattingen, ville man kunne redusere kostnader og tid rundt utmattingstesting. Derfor vil prosjektgruppe Njord undersøke om det er nok å oppbevare prøvestaver i sjøvann over en periode før testing. Dette for å fremprovosere korrosjon og undersøke effekten på utmatningsfastheten til ni – al bronse i sjøvann.

Teori

Utmatting av propellmaterialer er et stort fagfelt og inneholder mange faktorer. Noen av faktorene vi tar for oss i denne rapporten er korrosjon og selve utmatningsmekanismen.

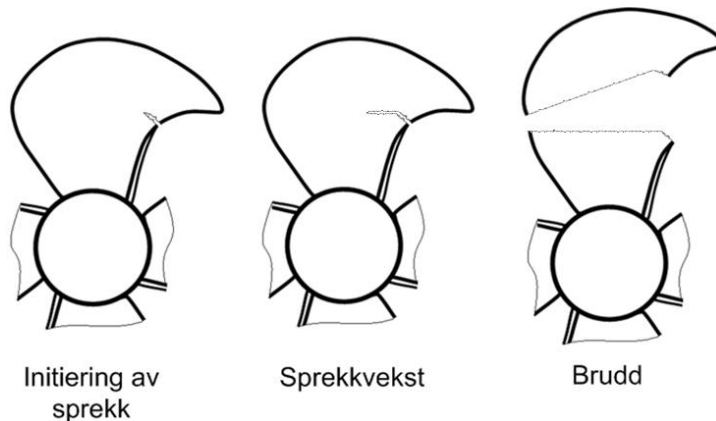
Følgende forteller prosjektgruppe Njord om emnene i Kompendiet: Utmattingsegenskaper for nikkel – aluminium bronse, 2010, Høgskolen i Buskerud, Kongsberg.

Utmatting er en skadetilstand som oppstår som følge av en dynamisk belastning. For skipspropeller er den dynamiske belastningen det varierende vannfeltet påfører propellen. Skaden kan oppstå selv om belastningen er mindre enn flytgrensen til ni – al bronse. Utmatting kan være vanskelig å oppdage med det blotte øyet. Dette gjør at skaden vil skje uten varsel i forkant. Selve bruddynamikken i utmatting skjer ved sprekkvekst, og denne kan likegodt foregå inne i kjernen til materialet i propellen. Dette kan føre til at det plutselig blir brudd på et propellblad. Slike brudd kalles utmatningsbrudd.



Figur 2 – Belastningskurve for propell

Utmatningsprosessen kan deles inn i følgende tre faser:



Figur 3 - Utmatningsprosessens faser

Det er en del faktorer som spiller inn på utmatting. Ved å velge ni – al bronse, har man sett at denne legeringen er meget gunstig i forhold til korrosjon. Utmatningskorrosjonen er det som er skaper problemer for propeller. Vannstrømmene skaper en dynamisk belastning på propellene, og i kombinasjon med det korrosive miljøet det beveger seg i vil det oppstå komplikasjoner. Det er i hovedsak dynamiske belastninger og utmatting man dimensjonerer propeller etter. Selv om ni – al bronse legeringen er veldig motstandsdyktig mot mange former for korrosjon, er den ikke helt immun. Korngrænsekorrosjon kan som nevnt være et problem. Skadene den forårsaker gir mange muligheter for initieringen av utmatting.

Korrosjon

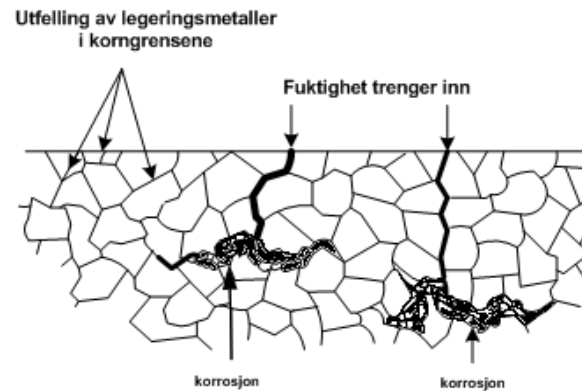
Korrosjon er svekkelse eller ødeleggelse av et materiale når det reagerer med omgivelsene. Grunnen til korrosjon er at alle materialer søker tilbake til sin opprinnelse, eller likevekt. Det er i denne formen man finner materialene i naturen. Edelmetaller som platina og gull finnes direkte i naturen, dette betyr derfor at de er meget motstandsdyktige mot korrosjon. Andre materialer vil finnes som oksider, hydrogenoksider og sulfider. Eksempler på dette er jernmalm og aluminiumoksid. Det kreves mye energi for å omdanne disse til rent jern og aluminium før de kan brukes. Over tid vil jernet og aluminiumet bruke enhver anledning for å forsøke å komme tilbake til sin opprinnelige oksidform, dette fenomenet kalles korrosjon.

Korrosjons problematikk

Nesten alle omgivelser er til en viss grad korrosive, selv luft er korrosivt på grunn av luftfuktigheten. Omgivelsen til propeller er sjøvann. Sjøvannet inneholder salter og mineraler, disse oppfører seg reaktivt og kan føre til korrosjon av propellmaterialet. Korrosjon kan deles inn i kjemisk og elektrokjemisk korrosjon, hvor forskjellen er om det er en strøm av elektroner som fører til korrosjonen eller ikke.

Korngrensekorrosjon

Korngrensekorrosjon er en elektrokjemisk korrosjon og danner et galvanisk element i korngrensene. "Dette skjer som følge av at utskilte legeringselementer reagerer med hverandre i eller ved korngrensene." (Mattsson, E. 1989) Dette alene er ikke nok for å starte korrosjonsprosessen, et ledende medium må være til stede og trenge inn i materialet. Som følge av en overflatedefekt eller sprekke på propelloverflaten vil saltvannet kunne trenge inn og starte korrosjonsprosessen. "Denne type korrosjon kan skape enorme konsekvenser og ødeleggelser grunnet korrosjonen kan trenge dypt inn i propellen." (Iversen, R. 1998) Figur 4.2 viser at overflaten ikke trenger røpe hvor stor korrosjonen egentlig er, men at den har dannet et stort, porøst korrosjonsprodukt inni materialet.



Figur 4.2 – Korngrensekorrosjon

I figur 4.2 ser man også en fremstilling av kornene i en legering. Korngrensene er klart definert, og har en høyere konsentrasjon av legeringselementer i forhold til kjernen av kornet. Korngrensekorrosjon vil være et lokalt angrep, resten av materialet vil forbli upåvirket. Men dette angrepet vil forårsake sprekker og materialet mister de mekaniske egenskapene.

Overflatekorrosjon

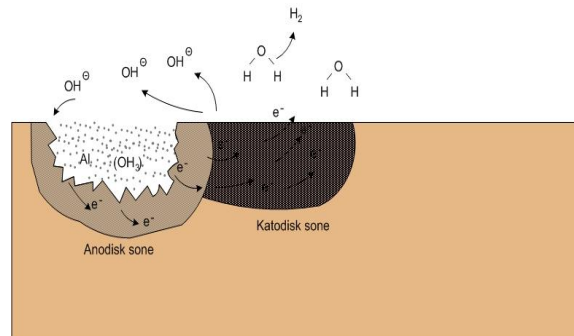
Denne formen for korrosjon er den mest kjente, en kjemisk eller elektrokjemisk prosess som fordeler seg jevnt utover et legeme. Figur 4.3 viser prøvestaver av Ni – Al bronse som er utsatt for overflatekorrosjon. Man kan tydelig se at overflaten er mattet og stavene er missfarget.

”Korrosjonen starter som følge av at anodeiske og katodeiske områder utvikles på overflaten.” (Iversen, R. 1998) Med sjøvann til stedet er dette nok til å danne et galvanisk element. Figur 4.4 viser hvordan angrepet starter. ”Overflatekorrosjon er ikke i kategorien blant de farligste korrosjonstypene selv om denne type korrosjon fører til størst vekt tap, men da jevnt over hele legemet.” (Fontana, G. 1986)

For Ni - Al bronse vil det også dannes et grønt oksidbelegg, kalt *irr* på folkemunne. Dette belegget er med på å beskytte overflaten for videre korrosjon. Mengden materiale som blir korrodert kan beregnes, og ut ifra forventet levetid på propellen kan man dimensjonere etter dette forventede tapet. Man kan også benytte seg av overflatebehandling i den grad det lar seg gjøre for å motvirke overflatekorrosjon.



Figur 4.3 – Prøvestaver Ni – Al bronse utsatt for overflatekorrosjon. Under: upåvirket for korrosjon.



Figur 4.4 – Overflatekorrosjon på overflaten

Tidligere tester

Det har vært gjort del tidligere forskning på utmattingsproblematikk av Ni – Al bronse blant annet av P. Wenchot. Han har gjort en rekke tester innen for korrosjons utmattinig. Han benyttet blant annet en middelspenning lik null(strekk – trykk belastning) og testfrekvens lik 50 helt opp til 160Hz. Men han sier at propellbladets trykkside blir utsatt for et relativt høyt middelstress. Ut fra dette gjorde han noen beregninger for å finne hvilke effekt middelspenningen gjorde. Den største faktoren som spiller inn er stressforholdet mellom min og maks spenning. Er denne faktoren positiv er det en ren strekk – strekk spenning. Et av forsøkene hans viser at ved $R=-1$ (middelspenning lik null) og en spennings amplitude lik 130 MPa røk staven ved ca 1 mill sykler. Staven vil ryke tidligere ved et positiv R forhold. Han viser også at bruddpunktene danner en tilnærmet lineær linje ned til ca 2-3 mill sykler.

Matematiske beregninger

Ved dimensjonering og testing av utmatting har man bruk for matematisk modellering. Dette fordi man da kan beregne seg frem til stress og forventet bruddtidspunkt.

Parametre:

Maksimumsstress, σ_{maks}

Største påført stress verdi

Minimumsstress, σ_{min}

Minste stressverdi

Stressområde, $\Delta\sigma$

Forskjell mellom maks og min verdi

$$\Delta\sigma = \sigma_{maks} - \sigma_{min}$$

Amplitude, σ_a

Halvparten av stressområdet, $\Delta\sigma$.

Middelspenning, σ_m

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{maks} + \sigma_{min}}{2}$$

Stressforhold, R_s

Forholdet mellom min og maks verdi.

$$R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{maks}}$$

Middelspenningen:

$$\sigma_m = 0,55 \times \sigma_{maks}$$

Amplitudespenningen

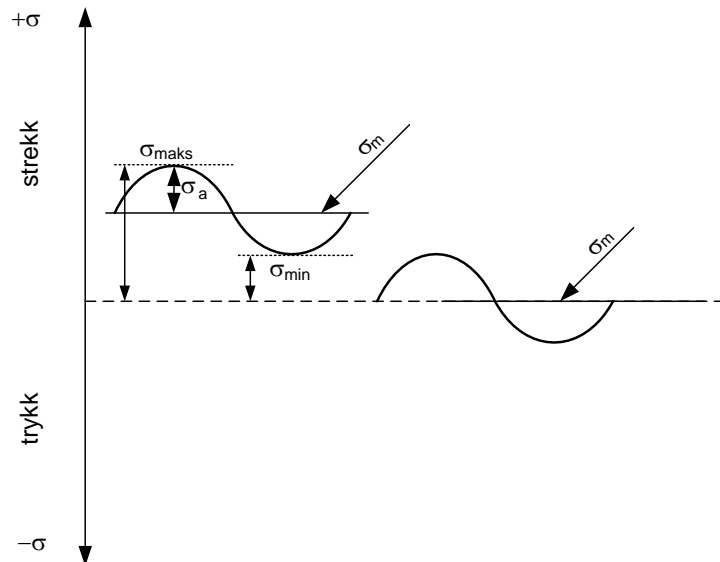
$$\sigma_a = \frac{\sigma_{maks} - \sigma_{min}}{2} =$$

Beregning av krefter i en prøvestav:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad F = \sigma \times A \quad F = \sigma \pi r^2$$

Utmattningsgrense:

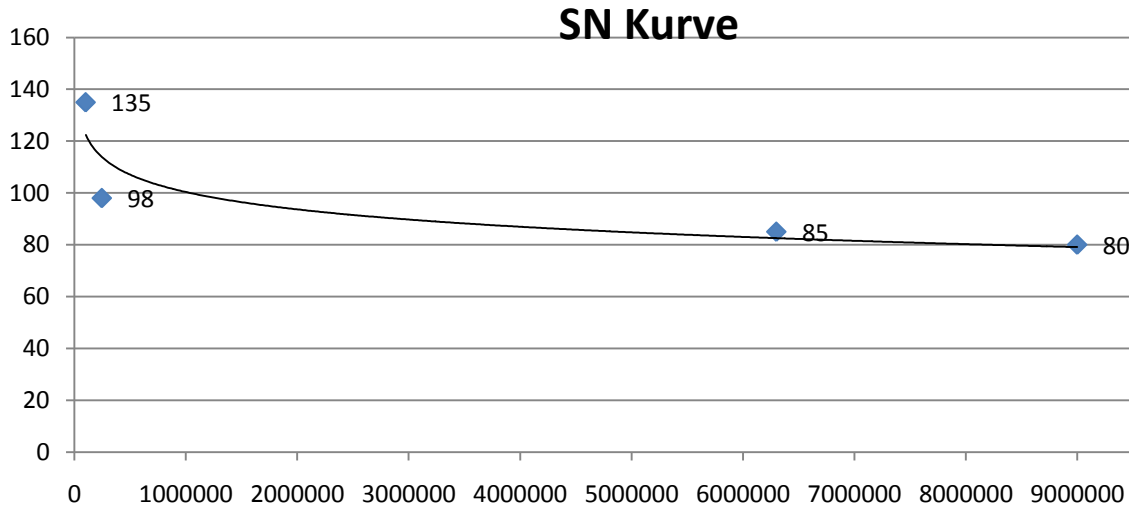
Maksimal spenning for et uendelig antall lastperioder



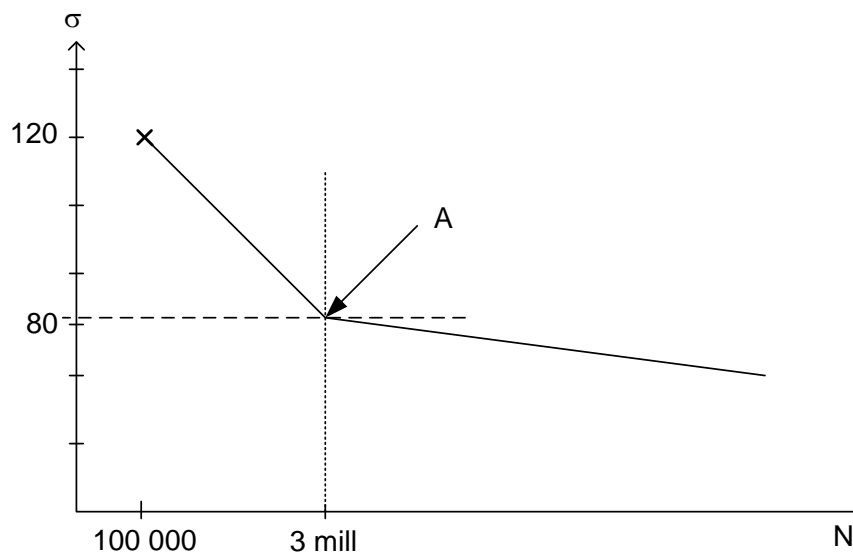
Figur 5

S/N kurve:

En S/N kurve er en grafisk fremstilling av resultatene til en utmattingstest. Amplitude spenning det testes på plottes langs Y akse men antall sykler til brudd plottes langs X akse.

**Log - Log diagram:**

En S-N kurve vil opptre i en eksponentiell form. Det velges ofte å plote resultatene av en utmattingstest inn i et log – log diagram. Dette diagrammet tar den logaritmiske verdien av resultatene på x-y akse og kurven fremstår som lineær. Dette vil gjøre det lettere å bearbeide resultatene.



Figur 7 – Logaritmisk diagram.

Power relationship

For å definere forholdet mellom stress og antall sykler kan man benytte power relationship. Dette forholdet kalkulerer antall sykler til brudd ved et hvilket som helst punkt man ønsker når første punkt er kjent.

$$N_1^{\frac{1}{b}} = N_2 \frac{\sigma_1}{\sigma_2}$$

Hvor b kalles basquins stigningstall og beregnes slik:

$$b = \frac{-(\log \sigma_1) - (\log \sigma_2)}{(\log N_2) - (\log N_1)}$$

Testutførelse

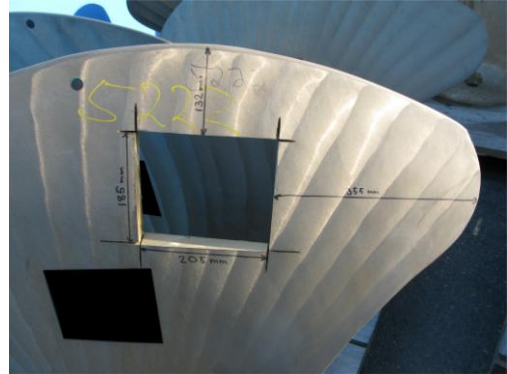
Testen startet med kontroll og dokumentasjon av prøvestavene. Overflatedefekter som porer, støpe- og maskineringsfeil ble dokumentert ved hjelp av bilder. Deretter ble avvik og defekter registret og satt inn i tabeller for å kunne inneha full oversikt. Sjøvann ble laget ved hjelp av en vekt for oppmåling av saltmengde. Deretter ble fem av stavene lagt i *saltvannet* i et stabilt temperert rom. Høgskolen i Oslo ble kontaktet grunnet lån av utmattningsmaskin og prøvestavene ble testet ved HiO. Alle testene utføres med konstant stressforhold, $R_s=0.1$ og varierende amplitudespenning, σ_a . Dette medfører ren strekk – strekk belastning og gjenspeiler propellens belastning gjennom vannstrømmene. Testene kjøres også med konstant frekvens lik 20 Hz.

Prøvestavene

Prøvestavene er produsert og maskinert av et ekte propellblad, etter mål og dimensjoner for å kunne passe i utmattningsmaskinen. Materialet som er benyttet kommer fra en fire bladers propell, propellblad 4 med heat no 3566

Vedlagt ligger:

- Materialsertifikat (ikke offentlig)
- Tegning med dimensjoner



Figur 8 - Propellblad hvor prøvestavene er skjært ut fra.

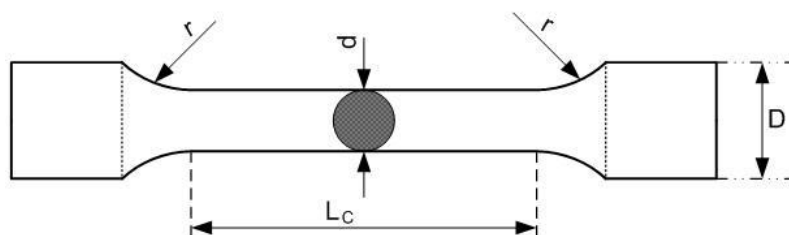
| Prøvestaver i luft | | Prøvestaver i saltvann | |
|---------------------|-----|------------------------|----------------------|
| Defekter | Nr. | Nr. | Defekter |
| Maskinering | 1 | 10 | Liten pore v/ midten |
| Store groper | 3 | 2 | Store groper |
| Liten pore v/ siden | 5 | 4 | Liten pore v/ midten |
| Lite, fin overflate | 7 | 6 | Lite, fin overflate |
| Lite, fin overflate | 8 | 9 | Lite, fin overflate |

Tabell 1

Tabell 1 viser hvilke staver som er eksponert for saltvann kontra luft, og defektene de innehar. Ved å studere stavene og tilhørende bilder kan defektene sammenlignes. Dette gjøres for at testingen av stavene skal ha tilnærmet lik overflate. To og to staver måles opp mot hverandre. Det betyr at stavene som har ligget i saltvann kontra luftstavene bør være relativt like.

Dimensjoner (Avvik)

Dimensjonene til prøvestavene skal være følgende:
d(mm) innsving: 7,50mm



Figur 9 - Prøvestav

D(mm) grip: 12,5mm

| Prøvestav | d (mm) | D (tall side) | D | Defekt |
|-----------|--------|---------------|-------|--|
| 1 | 7,50 | 12,00 | 12,50 | Se bilder under vedlegg for defekter, og posisjon til defektene. |
| 2 | 7,45 | 12,36 | 12,49 | |
| 3 | 7,52 | 12,56 | 12,51 | |
| 4 | 7,48 | 12,36 | 12,50 | |
| 5 | 7,53 | 12,48 | 12,48 | |
| 6 | 7,48 | 12,53 | 12,53 | |
| 7 | 7,50 | 12,56 | 12,56 | |
| 8 | 7,49 | 12,51 | 12,51 | |
| 9 | 7,50 | 12,54 | 12,54 | |
| 10 | 7,48 | 12,48 | 12,48 | |

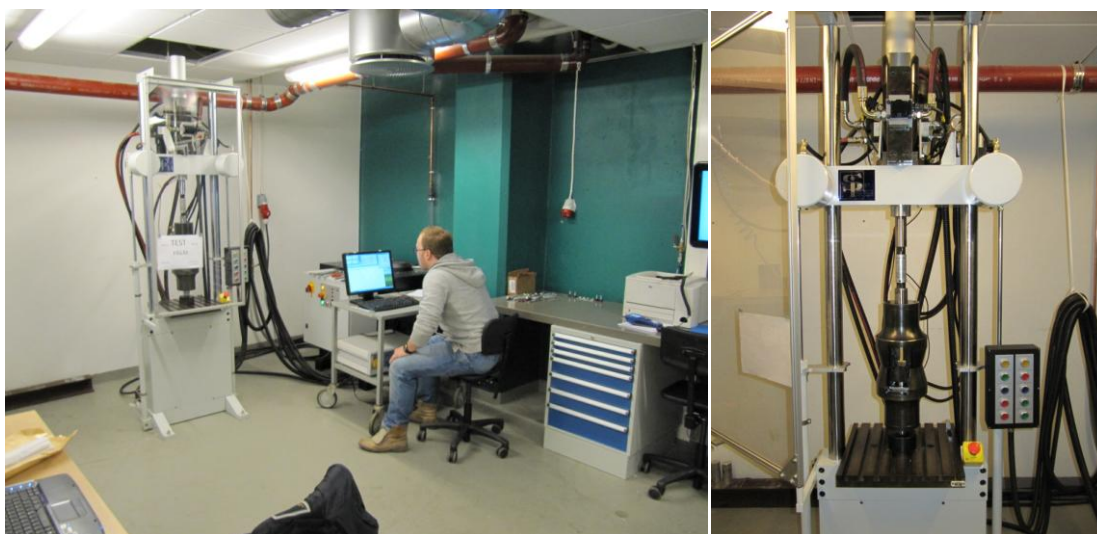
Tabell 2 – Avvik fra dimensjonene målt med mikrometer

Vanntemperatur

5 av prøvestavene har ligget i kunstig saltvann med saltinnhold på 3,5 % og temperatur 15°C i 35 dager. Tabell 1 viser hvilke staver som er eksponert for saltvann.

Maskinen

Alle prøvestavene testes i en og samme utmatningsmaskin og benytter krefter i kN. Stavene blir spent opp ved hjelp av hydrauliske choker. Maskinen styres ved hjelp av en datamaskin som er koblet til kontrollmodulen. Ved hjelp av datamaskinen kan man styre og kontrollere; maks og minimums krefter, frekvens og sikkerhetsparametre. Når noen av disse parametrene overstyres stopper maskinen automatisk. Ved brudd vil maskinen derfor stoppe og antall sykler kan registreres.



Figur 10 – Utmatningsmaskinen med kontrollenheten.

Beregning av stress

Ved å benytte formlene som er forklart under *matematiske beregninger* kan testverdiene beregnes.

| Material | Forlengelse A ₅ (%) | Flytegrense σ _y (N/mm ²) | Strekfasthet σ _B (N/mm ²) |
|--------------|-----------------------------------|--|---|
| Ni-Al-Bronse | 17,6 | 301 | 654 |

Tabell 3 – Materialelegenskaper Ni – Al bronse hentet fra materialsertifikat.

Testverdier

Testverdiene beregnes teoretisk ved hjelp av *power relationship* hvor *basquins stigningstall* og et punkt (spenning, sykler) er kjent. For å finne første punkt benyttes "prøv og feile" metoden. Ved å teste en prøvestav med σ_{maks} opp mot flytegrensen, σ_y, vil staven ryke tidlig. Dette medfører at staven ikke er utsatt for ren plastisk deformasjon og kan regnes som en godkjent utmattingstest. Samt at resultatet gir et lavt antall sykler og et punkt å gå ut fra. Et hvert punkt kan nå beregnes og settes inn i et log – log diagram ned til 3 millioner sykler. Diagrammet benyttes som en rettingslinje hvor forventede resultat vil ligge. Teoretisk skal stavene som testes ligge langs kurven som vist i fig 3.

Finner amplitudespenningen som testen skal kjøres på ved hjelp av formel under:

$$R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{maks}} = 0,1$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{maks} - 0,1 \times \sigma_{maks}}{2} = \frac{\sigma_{maks} (1 - 0,1)}{2}$$

$$\sigma_{maks} = \frac{\sigma_a}{0,45}$$

Prøvestaver i luft

Test 1

Den første testen danner utgangspunktet for å kunne beregne teoretiske testverdier for de videre testene og dannelsen av et log – log diagram. Som nevnt under *testverdier* benyttes spenning tett opp mot flytegrensen for å danne et punkt å gå ut fra. σ_{maks} settes lik 300MPa, dette tilsvarer σ_a = 135MPa. Overflatedefekter kan gi upålitelige resultater. Prøvestav 8 benyttes grunnet minimale overflatedefekter for å sikre best mulig resultat.

Forventet levetid

Forventet svingninger til brudd er rund N=100000. Dette kan begrunnes ut fra tidligere forsøk fra P Wenshot.

Antall sykler til brudd

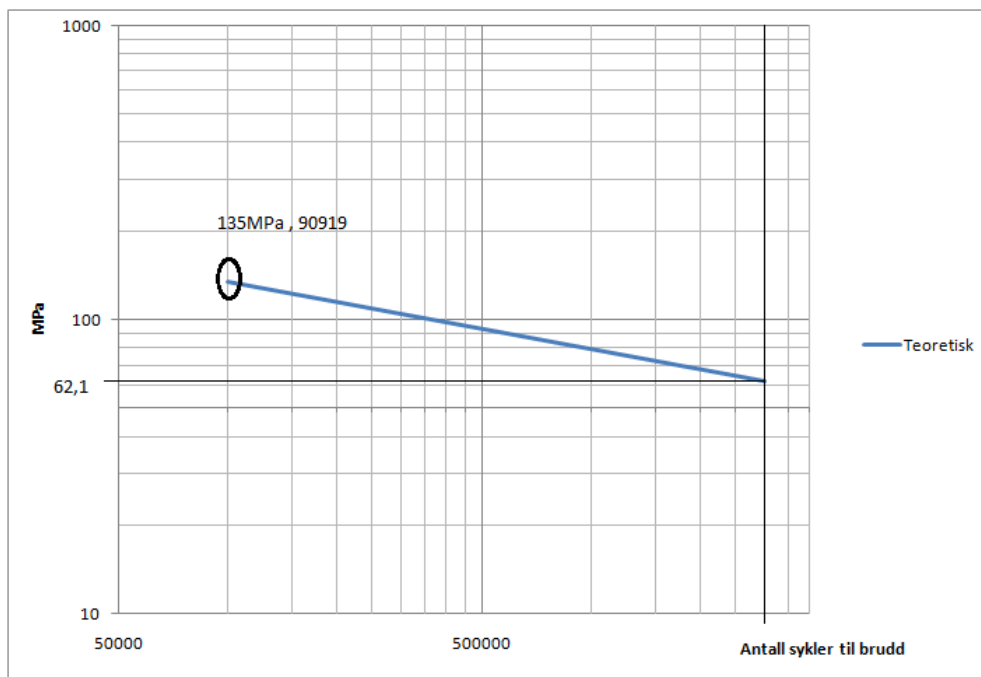
Test nr 1 gikk 90919 sykler til brudd.

| Test nr | Pr.stav. Nr. | d(mm) | Spenning i MPa | | | Krefter i kN | | | | N (sykler) |
|---------|--------------|-------|----------------|-----------------|-------------------|--------------|--------|-------|----------|------------|
| | | | σ_a | σ_{maks} | σ_{middel} | F amp | F maks | F min | F middel | |
| 1 | 8 | 7,49 | 135 | 300,00 | 165,00 | 5,95 | 13,22 | 1,32 | 7,27 | 90919 |
| 2 | 7 | 7,5 | 98,55 | 219,00 | 120,45 | 4,35 | 9,68 | 0,97 | 5,32 | 0 |

Tabell 4 viser spenninger og sykler for dannelse av log – log diagram.

Beregning av kurve

Ved å benytte amplitudespenningen og antall sykler fra test 1 og sette disse inn *power relationship* vil teoretisk amplitudespenning ved 3millioner sykler være 62,1MPa. Det er nå generert nok data til å danne et teoretisk log – log diagram.



Figur 11

Figur 6 viser log – log diagrammet som er dannet ut fra test 1, *basquins stigningstall* og *power relationship*. Dette benyttes til å bestemme testverdiene for de kommende testene.

Framgangsmetoden er meget enkel. Middelerdien mellom den største og minste amplitudespenningen benyttes for neste test. Ved å lese av krysningspunktet mellom grafen og amplitudespenningen er det mulig å se hvor mange sykler prøvestavene vil gå teoretisk.

Test2

Testverdi for test 2 velges ut fra middelerdien mellom testverdi 1 (135MPa) og teoretisk verdi ved N=3mill (62,1MPa). Dette gir $\sigma_a = 98,55\text{MPa}$ for test nr2.

Forventet levetid ut fra *power relationship*:

$$\frac{\sigma_{(1)}}{N_1^{\frac{1}{4,5}}} = \frac{\sigma_{(2)}}{N_2^{\frac{1}{4,5}}} \quad \frac{135 * 10^6}{90919^{\frac{1}{4,5}}} = \frac{98,55 * 10^6}{N_2^{\frac{1}{4,5}}}$$

$$-\frac{1}{4,5} \log N_2 = -1,2386 \quad \log N_2 = 4,5 * 1,2386$$

$$N_2 = 10^{5,57}$$
$$N_2 = 374715$$

Det er nøyaktig samme verdi som leses ut fra log – log diagrammet, men erfaringsmessig kan det være noe vanskelig å få en helt nøyaktig verdi ved å lese den grafisk. For resultatets helhet er det ikke strengt tatt nødvendig å beregne forventet levetid med *power relationship* for alle tester, kun beregne første teoretisk punkt ved 3 mill sykler. Og så lese de grafisk. Log – log diagrammet gir en pekepinn på hvor resultatene teoretisk vil ligge og hvilke amplitudespenninger som må benyttes for å oppnå disse resultatene. Dette medfører at **run out** kan unngås.

Forventet levetid

Test nr2 antas å ryke ved ca 375 000 sykler.

Antall sykler til brudd

Test2 gikk 374342 sykler til brudd.

Test 3

Det er benyttet samme framgangsmetode for å finne test stresset til test 3 som ble gjort for test 2. Men nå benyttes verdien fra test 2 og **ikke** verdien fra test 1. Altså middelverdien mellom $\sigma_a(3\text{mill})=62,1\text{MPa}$ og $\sigma_a=98,55\text{MPa}$. Dette gir $\sigma_a=80\text{MPa}$ og $N=956794$.

Forventet levetid

Test 3 antas å ryke ved ca 960 000 sykler.

Antall sykler til brudd

Test 3 gikk 3,17 millioner sykler til brudd

Test 4

Ut fra resultat 3 ble det valgt å teste prøve 4 på $\sigma_a=90\text{MPa}$. Spenningsnivået ble justert opp for å unngå **run out**. Da denne verdien ligger midt mellom prøve 2 og 3, forventes også bruddet i dette området, mellom ca 375 000 og ca3,1 millioner sykler.

Antall sykler til brudd

Test 4 gikk 1,87 millioner sykler til brudd.

Test 5

Ut fra resultatene fra test 3 og 4 kjøres test 5 i området mellom disse med en spenning på 85MPa. Forventningene er at test 5 vil ryke i intervallet 1,8-3,1 millioner sykler som er midt mellom test 3 og 4. Stav 3 innehar overflatedefekter som porer. Dette kan resultere i et uventet resultat.

Antall sykler til brudd

Test 5 gikk 604 808 sykler til brudd.



Figur 12 – Stor pore på overflaten

Saltvannsstaver

Prøvene som er eksponert for saltvann testes opp mot stavene fra luft. Tabell 1 viser hvilke staver som går mot hverandre. Test 6 til 10 testes da med samme σ_a som test 1 til 5. Dette for å kunne konkludere hvor vidt effekten for eksponering av saltvann er til stedet eller ikke.



Figur 1 – Staver etter saltvannsopphold. Stav i maskin.

Test 6

Benytter samme testspenning som test 1.

Antall sykler til brudd

102 012 sykler til brudd

Test 7

Benytter samme testspenning som test 2

Antall sykler til brudd

246 978 sykler til brudd.

Test 8

Benytter samme testspenning som test 3

Antall sykler til brudd

Over 9 mill sykler og betraktes som *run out*.

Test 9

Benytter samme testspenning som test 4

Antall sykler til brudd

6 342 679 sykler til brudd.

Test 10

Benytter samme testspenning som test 5.

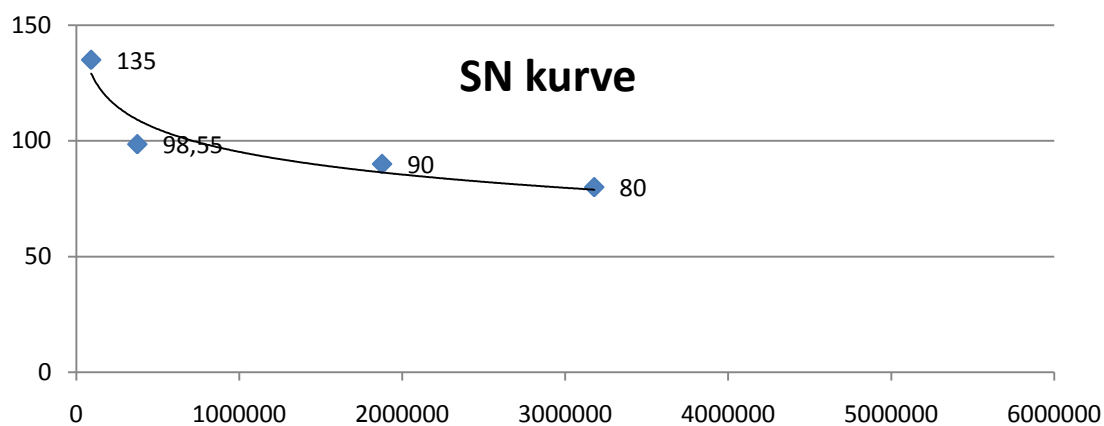
Antall sykler til brudd

642 111 sykler til brudd.

Resultater

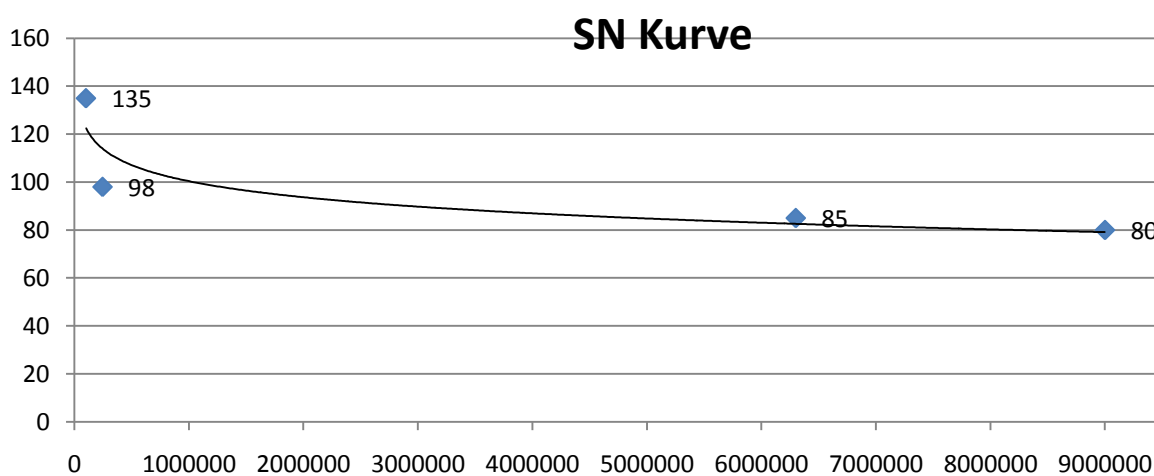
| Test | Prøvestav | Spenningsamplitude | Antall sykler til brudd |
|------|-----------|--------------------|------------------------------|
| 1 | 8 | 135 | 90919 |
| 2 | 7 | 98 | 374342 |
| 3 | 5 | 80 | 3178428 |
| 4 | 1 | 90 | 1876355 |
| 5 | 3 | 85 | 604808 |
| 6 | 9 | 135 | 102012 |
| 7 | 6 | 98 | 246978 |
| 8 | 4 | 80 | Run out (over 9 mill) |
| 9 | 10 | 90 | 6342679 |
| 10 | 2 | 95 | 642111 |

Tabell 5 – Resultater



Figur 14

S/N kurven viser resultatene fra testene 1 til 5.



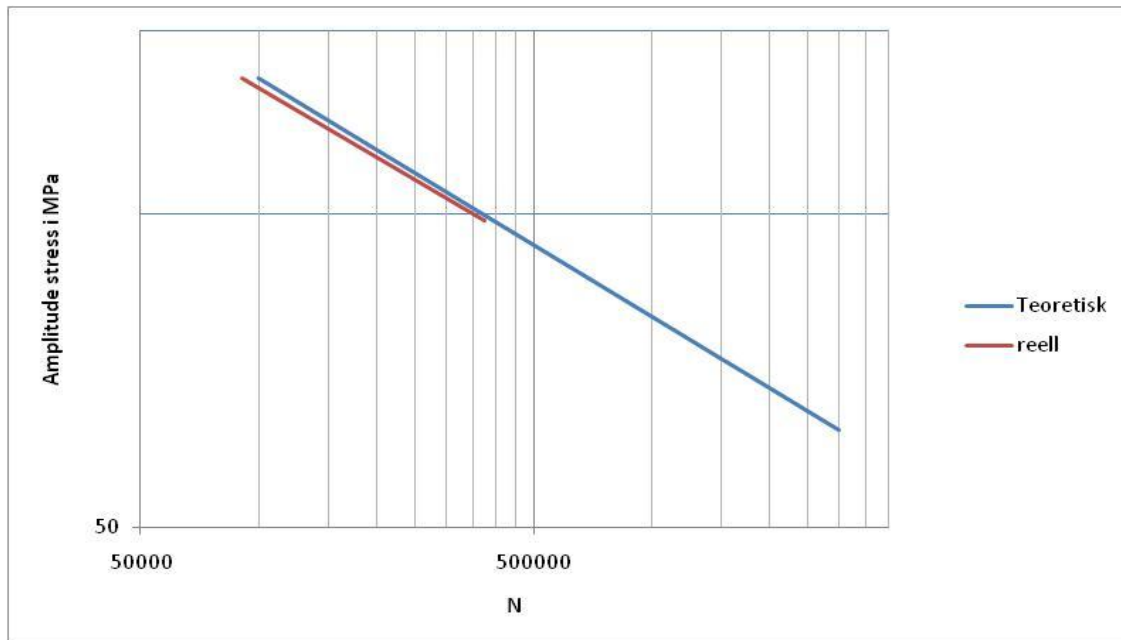
Figur 15

S/N kurven viser resultatene fra testene 6 til 10.

Diskusjon

Prøvestaver i luft

Resultatet fra test 1 gjenspeilet teorien til P. Wenshot og gav et godt utgangspunkt for de videre beregningene. Resultatet til test 2 stemte meget godt overens med teoretisk verdi. Fig 7 viser reell kurve opp mot teoretisk kurve fram til test 2. Dette bekrefter at teorien stemte.

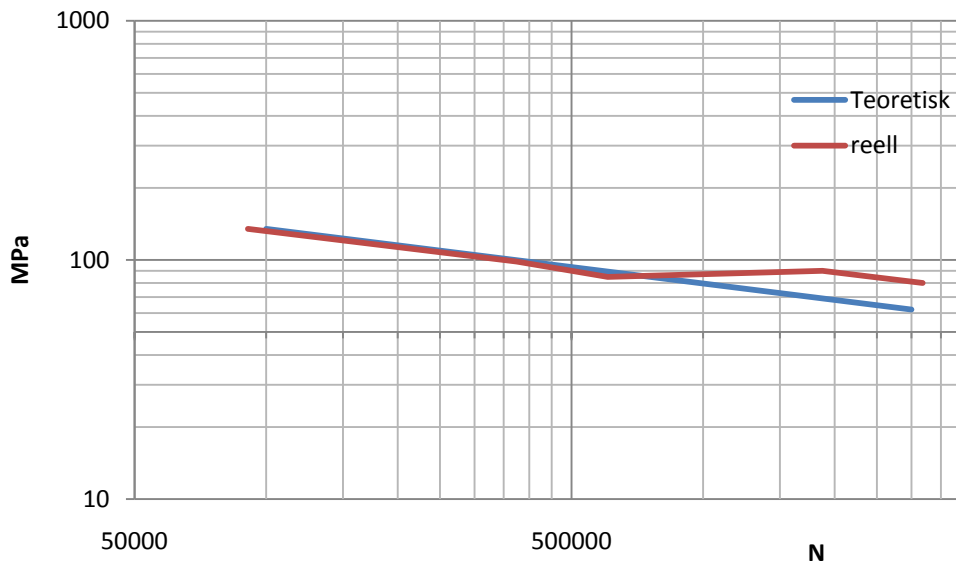


Figur 16 – Reell kurve mot teoretisk kurve

Antall sykler til brudd for test 3 stemte overhodet ikke med forventningene og teoretisk verdi. Prøven gikk hele 3,17 millioner sykler. Dette er over tre ganger så mye som teoretisk verdi. Teoretisk kurve (log – log diagram) kunne derfor ikke lengre legges til grunn for de kommende prøvene.

Resultatet fra prøve 3 gav et uventet, men interessant resultat. Grunnet dette resultatet måtte testspenningen for test 4 oppjusteres og framgangsmetoden som ble benyttet for test 2 og 3 måtte forkastes da testverdien for test 4 ville vært ca 71MPa. Dette ble gjort for å unngå **run out**. Amplitudenivået ble justert midt mellom spenningene til test 2 og 3. Forventet sykler til brudd for test 4 var et sted mellom disse verdiene som var henholdsvis 950 000 og 3,1 millioner sykler. Resultatet stemte med forventningene og endte på 1,9 millioner sykler.

Ut fra resultatene til test 3 og 4 var det ønskelig å kjøre test 5 med en amplitudespenning midt mellom disse. Det var ønskelig å få et punkt mellom 1,9 og 3,1 millioner sykler for å kunne få nok reelle punkter til en S/N kurve. Staven som ble testet hadde en stor pore på overflaten, noe som kunne gi et tidligere bruddtidspunkt. Staven gikk **kun** 604 808 sykler og bruddet skjedde ved denne poren. Dette resultatet kunne derfor ikke legges til grunn for vår test og måtte forkastes.



Figur 17

Log – log diagram viser tydelig avvik fra teoretisk kurve i intervallet ned til 3 millioner sykler

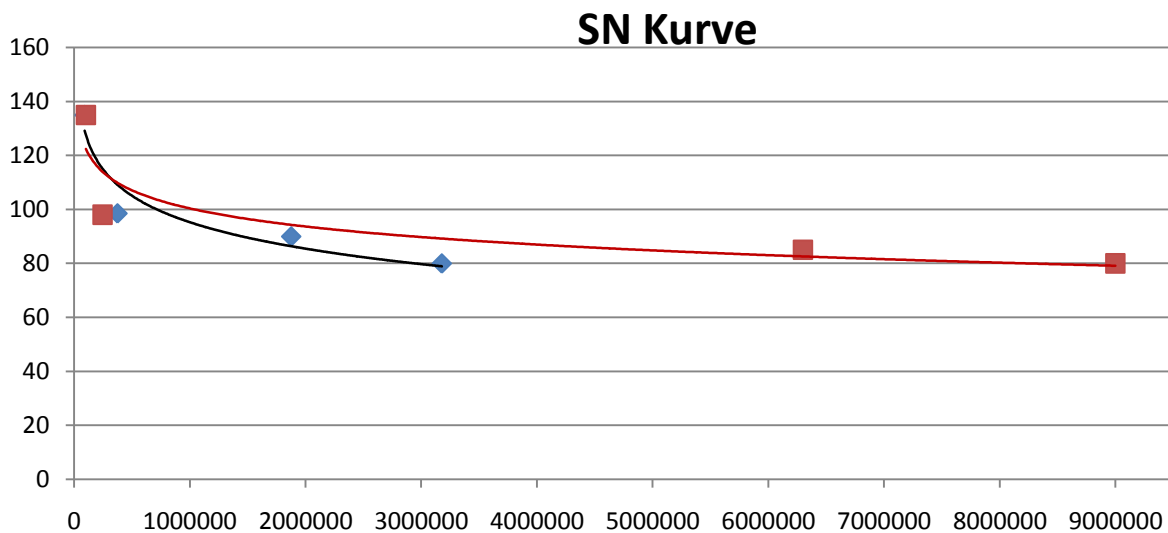
Forventningene var at alle reelle punkter skulle danne lik graf som teoretisk graf. Dette stemte fram til og med test nr 2. Kurven derfra avvek betraktelig og vises i figur 14. *Basquins stigningstall* var oppgitt til å være 4,5 for Ni – Al bronse. Det er sjelig grunn til å anta at denne konstanten ikke stemte for intervallet ned til 3 millioner sykler for den aktuelle legeringen og - eller stressforholdet som ble benyttet.

Saltvannsstaver

Fem av staverne har vært utsatt for korrosivt miljø og ble testet på nøyaktig samme amplitudespenninger som staverne fra luft. Dette for å kunne sammenligne resultatene. Forventningene var at staverne som var utsatt for korrosivt miljø (saltvann) skulle ryke ved et tidligere tidspunkt (færre sykler til brudd). Teorien tilsier at korrosjon vil påvirke levetiden til Ni – Al bronse, men bekymringen før testingen var den korte tiden staverne hadde vært utsatt for korrosivt miljø før de ble testet. Ville staverne utsettes tilstrekkelig for korrosjonsangrep? Samtlige at testene unntatt av test 7 gikk lengre enn staverne fra luft. Dette var stikk motsatt av forventningene. Test 8 og 9 passerte henholdsvis 6,3 og 7 millioner sykler. Dette er over dobbelt så lang levetid enn staverne fra luft som de ble testet opp mot. Test 10 ble hadde i samsvar med test 5 en stor pore på overflaten. Disse to staverne ble målt opp mot hverandre og i samsvar med test 5 røk test 10 ved ca 640 000 sykler. Bruddet skjedde ved poren. Teorien viser at sprekkinitieringen skjer på overflaten. En pore på overflaten vil derfor akselere prosessen mot brud. Dette resultatet kunne derfor ikke legges til grunn for testen og ble forkastet. Hadde bruddet skjedd mye tidligere enn forventet og med en fin overflate ville ikke testen blitt forkastet. Dette skyldes at alle prøver er "gyldige" fordi støpen inneholder porer og defekter. Disse defektene er også i propellen.

Figur 15 viser resultatene fra luftprøvene opp mot saltvannsprøvene. Det kommer tydelig fram at saltvannsstaverne holdt mye lengre. Det kan antas at korrosjonsangrepet ikke var tilstrekkelig for å påvirke resultatet. Teoretisk skal saltvann senke utmattingsfastheten og det benyttes ofte en saltvanns konstant ved forsøk i luft. Denne konstanten er mindre enn en og ganges med

amplitudespenningen. Dette gjøres ofte med deler og installasjoner som benyttes i sjøen. Dette bekrefter at saltvann senker styrken, men støpefeil har enda større påvirkning på utmatningsgrensen enn saltvannet. Sannsynligheten for at prøvene som har ligget i korrosivt miljø hadde mindre støpefeil enn testene fra luft kan derfor betraktes som meget sannsynlig. Men det skal heller ikke utelukkes at samtlige staver hadde skarpe feil. For stavene som var eksponert for sjøvann kan det antas at disse feilene ble mer eller mindre eliminert av saltvannsoppholdet. Dette kan ha vært utslagsgivende for det absurde resultatet.



Figur 18

S/N generert ved logaritmisk trendlinjer for saltvanns staver (rød linje) og luftstaver (svart linje).

Anbefaling for framtidige tester

Samtlige tester ble kjørt på 20 Hz. Hvilke effekt medfører dette? Tidligere prøving viser at strekkprøvning med høy hastighet kan gi mye høyere flytegrense enn ved lav hastighet. Et seigt materiale kan da oppføre seg sprøtt. En høy frekvens kan muligens styrke materialet på grunnlag av teorien. Ut fra testene som ble gjort er det ikke nok grunnlag for å kunne gi noen konkret anbefaling på hvilke frekvens som skal benyttes, bare at den er lik for alle prøvene. Tester som er utført i vann kjøres med lav frekvens for å sikre at vannet kan trenge inn i sprekkene. For staver som testes i luft uten vannsirkulasjon er ikke dette noe problem. Grunnen til at det er vanlig å teste med 5 Hz i dag er at dette er DNVs retningslinjer. Hvorfor verdien er satt til dette tallet er det ingen konkret begrunnelse for. For å kunne gi en sikker anbefaling på frekvens som skal benyttes i testing bør det kjøres en test som kun tar for seg hvorvidt frekvensen har noe og si eller ikke. Fram til en slik test foreligger anbefaler vi å benytte ISO 1099. Frekvensområdet ligger mellom 5-300Hz.

Hadde materialet vært perfekt og likt for alle stavene kunne det holdt med en stav per spenningsamplitude. Dette er ikke tilfellet og flere staver må benyttes for å kunne gi et sikrere resultat. Vi anbefaler nok staver for å kunne gi et godt statistisk resultat. Dette medfører at det genereres nok punkter i samme område. Da stavene avviker fra hverandre burde det benyttes minimum fem staver per amplitudespenning og gjennomsnittsverdien til disse registreres.

Hvorvidt effekten av å legge prøvestavene i sjøvann eller ikke har noe og si kan ikke begrunnes ut fra denne testen. Tiden staven ble eksponert for korrosivt miljø antas å være for kort uten å kunne bekrefte dette. Ved en framtidig test anbefaler vi et mye lengre saltvannsopphold.

Avvik

I henhold til ISO 1099 skal temperatur og luftfuktighet bli målt og registret ved teststart, testslutt og under testutførelse. Da testene ofte gikk på nattetid og i helgene lot ikke dette seg alltid gjøre. Maskinene ble leid og stor pågang fra andre aktører gjorde at testene måtte kjøres om hverandre. Dette medførte at utleier ved noen anledninger måtte sette i gang tester og slutføre tester. Dette har medført at noen temperaturer og luftfuktigheter ikke er registrert. Alle registreringer har vært i samme temperatur og luftfuktighets område. Lokalet hvor maskinen sto var nytt og moderne med temperatur og luft styring. Dette avviket ses **ikke** på som kritisk for testutførelsen og resultatene til testene.

Konklusjon

Resultatene fra testingen samsvarer ikke med forventningene. Teorien og tidligere forsøk gjort av P. Wenschot har vist at korrosjon minker utmatningsfastheten på Ni – Al bronse. Da det ikke en noen kjente forsøk ved å eksponere Ni – Al bronse i sjøvann, for så å teste i luft kan vi ikke avkrefte eller bekrefte at denne faktoren har stor betydning eller ei. Ut fra testen som ble utført kan vi ikke konkludere at eksponering i sjøvann har en betydning. Dette motstrider teorien, og grunnet en vag test utførelse med tanke på tidsrommet stavene lå i sjøvann og antall staver, bør testen gjennomføres på nytt med et bedre utgangspunkt.

Referanser

Utmattingsegenskaper til *Nikkel – Aluminium bronse, 2010*, Høgskolen i Buskerud, Kongsberg.

Fontana, M. G. (1986) *CORROSION ENGINEERING* (3.utgave). McGraw-Hill Higher Education

Wenschot, P. (1987) *The properties of Ni – Al Bronze sand cast propellers in relation to section thickness* (no 349).

Mattsson, E. (1989) BASIC CORROSION TECHNOLOGY FOR SCIENTISTS AND ENGINEERS. England: Chichester

Bjarbo, A. *Konstruksjonsmaterialer*. NKI Forlaget

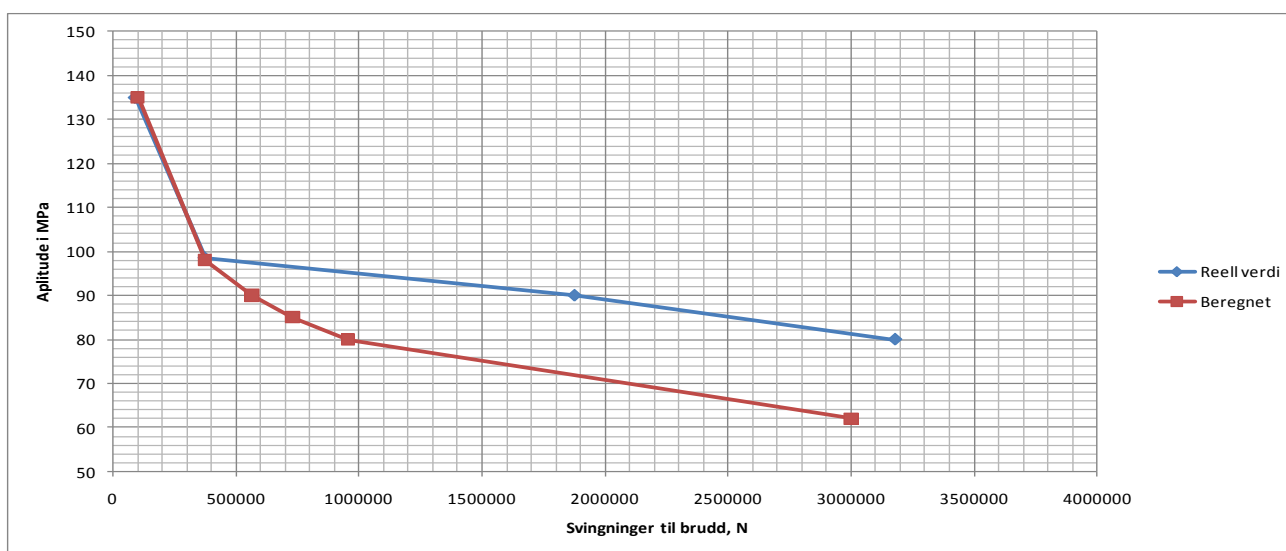
Iversen, R. *Materiallære – flyfag*. Universitetsforlaget

Vedlegg

| Test nr | Pr.stav. Nr. | d(mm) | Spenning i MPA | | | Krefter i kN | | | | N (sykler) |
|---------|--------------|-------|----------------|---------------|-----------------|--------------|--------|-------|----------|------------|
| | | | σ a | σ maks | σ middel | F amp | F maks | F min | F middel | |
| 1 | 8 | 7,49 | 135 | 300,00 | 165,00 | 5,95 | 13,22 | 1,32 | 7,27 | 90919 |
| 2 | 7 | 7,5 | 98,55 | 219,00 | 120,45 | 4,35 | 9,68 | 0,97 | 5,32 | 374342 |
| 3 | 5 | 7,53 | 80 | 177,78 | 97,78 | 3,56 | 7,92 | 0,79 | 4,35 | 3178428 |
| 4 | 1 | 7,5 | 90 | 200,00 | 110,00 | 3,98 | 8,84 | 0,88 | 4,86 | 1876355 |
| 5 | 3 | 7,52 | 85 | 188,89 | 103,89 | 3,78 | 8,39 | 0,84 | 4,61 | 604808 |
| 6 | 9 | 7,5 | 135 | 300,00 | 165,00 | 5,96 | 13,25 | 1,33 | 7,29 | 102012 |
| 7 | 6 | 7,48 | 98,55 | 219,00 | 120,45 | 4,33 | 9,62 | 0,96 | 5,29 | 246978 |
| 8 | 4 | 7,48 | 80 | 177,78 | 97,78 | 3,52 | 7,81 | 0,78 | 4,30 | 9000000 |
| 9 | 10 | 7,45 | 90 | 200,00 | 110,00 | 3,92 | 8,72 | 0,87 | 4,80 | 6342679 |
| 10 | 2 | 7,48 | 85 | 188,89 | 103,89 | 3,74 | 8,30 | 0,83 | 4,57 | 642111 |

Tabell 6 –

Viser test nr og hvilke stav som ble testet. Spenninger som ble benyttet og krefter, samt svingninger til brudd. Tabellen ble utviklet for utregning av krefter med tanke på tverrsnitts areal og amplitudespenning.



Grafen viser utregnet verdi beregnet med *power relationship* og reell verdi for stavene 1-5

| Krefter i kN | Spenning i MPa | | |
|--------------|----------------|---------------|--------------|
| | F (kN) | σ maks | σ amp |
| 13,22 | 300,04 | 135,02 | 30,00 |
| 9,68 | 219,11 | 98,60 | 21,91 |
| 7,92 | 177,85 | 80,03 | 17,78 |
| 8,84 | 200,10 | 90,04 | 20,01 |
| 8,39 | 188,90 | 85,01 | 18,89 |
| 9,62 | 217,75 | 97,99 | 21,78 |
| 13,25 | 301,52 | 135,69 | 30,15 |
| 8,72 | 198,44 | 89,30 | 19,84 |
| 8,3 | 190,40 | 85,68 | 19,04 |
| 7,81 | 177,73 | 79,98 | 17,77 |

Tabell 6 – Viser omregning fra krefter (kN) til spenning.

Bilder



Stav 1



Stav 2



Stav 3



Stav 4



Stav 5



Stav 6, 7, 8 og 9



Stav 10

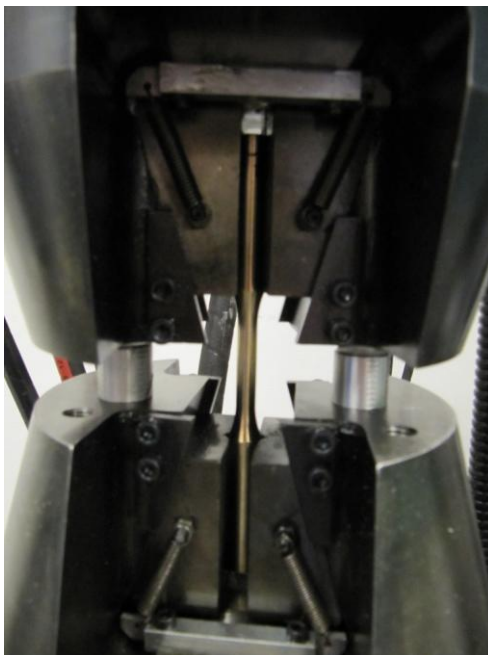


Stav 2, 4, 6, 9 og 10 i saltvann. Tydelig oksidsjikt.

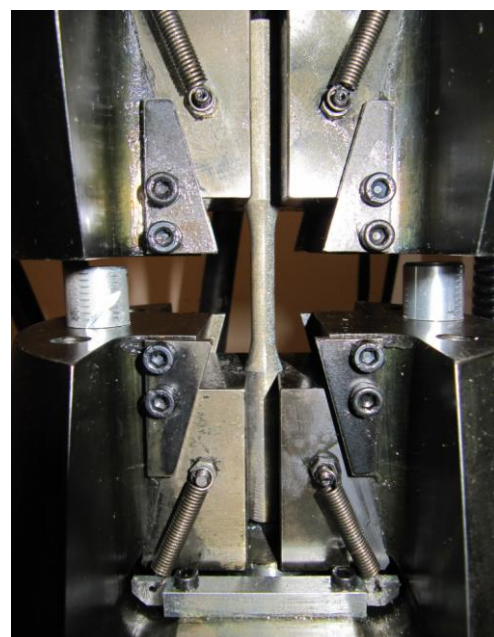


Staver etter saltvannsopphold. Tydelig overflatekorrosjon.

Innfestning i utmatningsmaskin

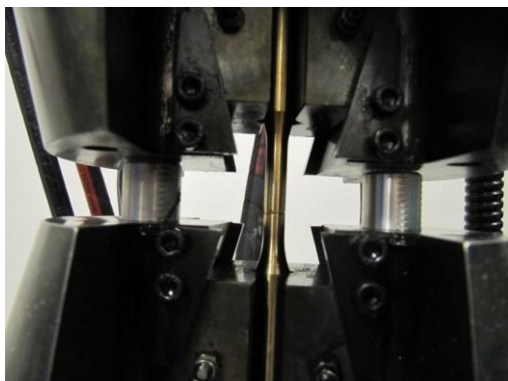


Staven gripes med hydrauliske choker



Korrodert stav spent i maskin

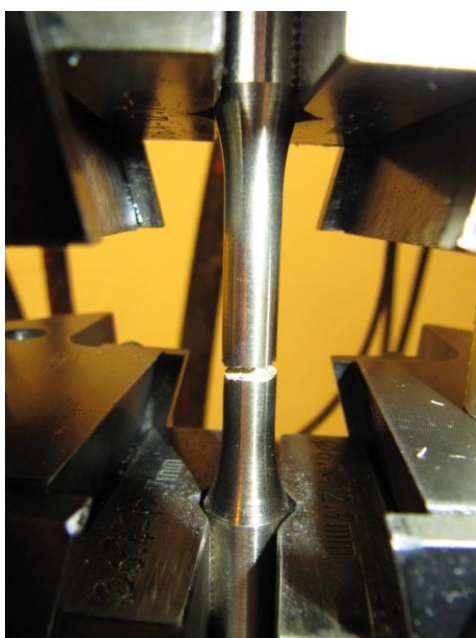
Brudd



Brudd i maskin. Stav 7



Brudd – stav 7



Brudd i maskin. Stav 8. Samtlige brudd var slike.



Bruddflaten til stav 7

| | | | |
|--|-------------|----------------------|------------------|
| Data for utmattingstest | | Prøvestav nr: | 8, test 1 |
| Video: | | Ja/Nei | ja |
| <u>Dimensjoner på prøvestav</u> | | | |
| Tverrsnitt | D: | 12,51/12,51mm | |
| | d: | 7,49mm | |
| Lengde | L: | 160mm | |
| <u>Testspesifikasjoner</u> | | | |
| Teststart | Start dato: | 20.4.10 10:54 | |
| Omgivelsestemperatur start | Min: | 23C | |
| | Maks: | ° C | |
| Relativ luftfuktighet start | %: | 15% | |
| Testslutt | Slutt dato: | 20.4.10 | |
| Omgivelsestemperatur slutt | Min: | 23C | |
| | Maks: | ° C | |
| Relativ luftfuktighet slutt | %: | 16,2% | |
| Stress område | Min: | 30N/mm ² | |
| | Maks: | 300N/mm ² | |
| Antall svingninger til brudd | N: | 90919 | |
| Krefter | Min: | 1,32kN | |
| | Maks: | 13,22kN | |
| Påført Stress | Min: | 30N/mm ² | |
| | Maks: | 300N/mm ² | |
| Maskin | Type | Si-Plan | |
| | Serie nr: | 1000-796-26 | |
| Load Cell | Type: | | |
| | Serie nr: | | |
| Allignment test | Type: | | |
| | Dato: | | |
| <u>Sjekkliste:</u> | | | |
| Oppstart av maskin | Signatur: | krf | |
| Kalibrering av maskin | Signatur: | | |
| Ta bilde av innfestning | Signatur: | krf | |
| Oppstart av test | Signatur: | krf | |
| Logget omgivelses data | Signatur: | krf | |
| Avslutning av test | Signatur: | krf | |
| <u>Bilder:</u> | | | |
| Defekter | Ja | | |
| Innfestning | Ja | | |
| Brudd | nei | | |

| | | | |
|--|-------------|----------------------|------------------|
| Data for utmattingstest | | Prøvestav nr: | 7, test 2 |
| Video: | | Ja/Nei | ja |
| <u>Dimensjoner på prøvestav</u> | | | |
| Tverrsnitt | D: | 12,56mm | |
| | d: | 7,50mm | |
| Lengde | L: | 160mm | |
| <u>Testspesifikasjoner</u> | | | |
| Teststart | Start dato: | 20.4.10 | |
| Omgivelsestemperatur start | Min: | 23 | |
| | Maks: | | |
| Relativ luftfuktighet start | %: | 16,2 | |
| Testslutt | Slutt dato: | 20.4.10 | |
| Omgivelsestemperatur slutt | Min: | 22 | |
| | Maks: | | |
| Relativ luftfuktighet slutt | %: | 18 | |
| Stress område | Min: | 21,91MPa | |
| | Maks: | 219,11MPa | |
| Antall svingninger til brudd | N: | 374342 | |
| Krefter | Min: | 1,32 | |
| | Maks: | 9,68 | |
| Påført Stress | Min: | 21,91MPa | |
| | Maks: | 219,11MPa | |
| Maskin | Type | Si - Plan | |
| | Serie nr: | 1000-796-26 | |
| Load Cell | Type: | | |
| | Serie nr: | | |
| Allignment test | Type: | | |
| | Dato: | | |
| <u>Sjekkliste:</u> | | | |
| Oppstart av maskin | Signatur: | krf | |
| Kalibrering av maskin | Signatur: | krf | |
| Ta bilde av innfestning | Signatur: | krf | |
| Oppstart av test | Signatur: | krf | |
| Logget omgivelses data | Signatur: | krf | |
| Avslutning av test | Signatur: | krf | |
| <u>Bilder:</u> | | | |
| Defekter | Ja | | |
| Innfestning | ja | | |
| Brudd | nei | | |

| | | | |
|--|-------------|----------------------|--------------------|
| Data for utmattingstest | | Prøvestav nr: | 5, Test nr3 |
| Video: | | Ja/Nei | ja |
| <u>Dimensjoner på prøvestav</u> | | | |
| Tverrsnitt | D: | 12,48mm | |
| | d: | 7,53mm | |
| Lengde | L: | 160mm | |
| <u>Testspesifikasjoner</u> | | | |
| Teststart | Start dato: | 21.4.10 | |
| Omgivelsestemperatur start | Min: | 22,0C | |
| | Maks: | 22,2 | |
| Relativ luftfuktighet start | %: | 22% | |
| Testslutt | Slutt dato: | 22.04.10 | |
| Omgivelsestemperatur slutt | Min: | 22,7 | |
| | Maks: | - | |
| Relativ luftfuktighet slutt | %: | 14,1% | |
| Stress område | Min: | 17,78MPa | |
| | Maks: | 177,85MPa | |
| Antall svingninger til brudd | N: | 31784428 | |
| Krefter | Min: | 0,79kN | |
| | Maks: | 7,92kN | |
| Påført Stress | Min: | 17,78MPa | |
| | Maks: | 177,85MPa | |
| Maskin | Type: | Si - Plan | |
| | Serie nr: | 1000-796-26 | |
| Load Cell | Type: | | |
| | Serie nr: | | |
| Allignment test | Type: | | |
| | Dato: | | |
| <u>Sjekkliste:</u> | | | |
| Oppstart av maskin | Signatur: | KRF | |
| Kalibrering av maskin | Signatur: | | |
| Ta bilde av innfestning | Signatur: | KRF | |
| Oppstart av test | Signatur: | KRF | |
| Logget omgivelses data | Signatur: | KRF | |
| Avslutning av test | Signatur: | KRF | |
| <u>Bilder:</u> | | | |
| Defekter | Ja | | |
| Innfestning | ja | | |
| Brudd | nei | | |

| | | | |
|--|-------------|----------------------|--------------------|
| Data for utmattingstest | | Prøvestav nr: | 1, Test nr4 |
| Video: | | Ja/Nei | - |
| <u>Dimensjoner på prøvestav</u> | | | |
| Tverrsnitt | D: | 12,00 / 12,50 | |
| | d: | 7,50 | |
| Lengde | L: | 160 | |
| <u>Testspesifikasjoner</u> | | | |
| Teststart | Start dato: | 25.4.10 | |
| Omgivelsestemperatur start | Min: | 21,0C | |
| | Maks: | 22,2 | |
| Relativ luftfuktighet start | %: | 25% | |
| Testslutt | Slutt dato: | 26.04.10 | |
| Omgivelsestemperatur slutt | Min: | 22,7 | |
| | Maks: | - | |
| Relativ luftfuktighet slutt | %: | 22,1% | |
| Stress område | Min: | 20,01MPa | |
| | Maks: | 200,10MPa | |
| Antall svingninger til brudd | N: | 1876355 | |
| Krefter | Min: | 0,88kN | |
| | Maks: | 8,84kN | |
| Påført Stress | Min: | 20,01MPa | |
| | Maks: | 200,10MPa | |
| Maskin | Type | Si - Plan | |
| | Serie nr: | 1000-796-26 | |
| Load Cell | Type: | | |
| | Serie nr: | | |
| Allignment test | Type: | | |
| | Dato: | | |
| <u>Sjekkliste:</u> | | | |
| Oppstart av maskin | Signatur: | KRF | |
| Kalibrering av maskin | Signatur: | | |
| Ta bilde av innfestning | Signatur: | KRF | |
| Oppstart av test | Signatur: | KRF | |
| Logget omgivelses data | Signatur: | KRF | |
| Avslutning av test | Signatur: | KRF | |
| <u>Bilder:</u> | | | |
| Defekter | ja | | |
| Innfestning | ja | | |
| Brudd | nei | | |

| | | | |
|--|-------------|----------------------|--------------------|
| Data for utmattingstest | | Prøvestav nr: | 3, Test nr5 |
| Video: | | Ja/Nei | - |
| <u>Dimensjoner på prøvestav</u> | | | |
| Tverrsnitt | D: | 12,56 / 12,51 | |
| | d: | 7,52 | |
| Lengde | L: | 160 | |
| <u>Testspesifikasjoner</u> | | | |
| Teststart | Start dato: | 26.4.10 | |
| Omgivelsestemperatur start | Min: | 22,0C | |
| | Maks: | 22,2 | |
| Relativ luftfuktighet start | %: | 25% | |
| Testslutt | Slutt dato: | 27.04.10 | |
| Omgivelsestemperatur slutt | Min: | 21,0 | |
| | Maks: | - | |
| Relativ luftfuktighet slutt | %: | 25,1% | |
| Stress område | Min: | 18,89MPa | |
| | Maks: | 188,90MPa | |
| Antall svingninger til brudd | N: | 604808 | |
| Krefter | Min: | 0,84kN | |
| | Maks: | 8,39kN | |
| Påført Stress | Min: | 18,89MPa | |
| | Maks: | 188,90MPa | |
| Maskin | Type | Si - Plan | |
| | Serie nr: | 1000-796-26 | |
| Load Cell | Type: | | |
| | Serie nr: | | |
| Allignment test | Type: | | |
| | Dato: | | |
| <u>Sjekkliste:</u> | | | |
| Oppstart av maskin | Signatur: | KRF | |
| Kalibrering av maskin | Signatur: | | |
| Ta bilde av innfestning | Signatur: | KRF | |
| Oppstart av test | Signatur: | KRF | |
| Logget omgivelses data | Signatur: | OI | |
| Avslutning av test | Signatur: | OI | |
| <u>Bilder:</u> | | | |
| Defekter | Ja | | |
| Innfestning | Ja | | |
| Brudd | nei | | |

| | | | |
|--|-------------|----------------------|--------------------|
| Data for utmattingstest | | Prøvestav nr: | 9, Test nr6 |
| Video: | | Ja/Nei | - |
| <u>Dimensjoner på prøvestav</u> | | | |
| Tverrsnitt | D: | 12,54 / 12,54mm | |
| | d: | 7,50mm | |
| Lengde | L: | 160mm | |
| <u>Testspesifikasjoner</u> | | | |
| Teststart | Start dato: | 5.5.10 | |
| Omgivelsestemperatur start | Min: | 22,1C | |
| | Maks: | 22,5 | |
| Relativ luftfuktighet start | %: | 23% | |
| Testslutt | Slutt dato: | 5.5.10 | |
| Omgivelsestemperatur slutt | Min: | 21,0 | |
| | Maks: | - | |
| Relativ luftfuktighet slutt | %: | 24,1% | |
| Stress område | Min: | 30,15MPa | |
| | Maks: | 301,52MPa | |
| Antall svingninger til brudd | N: | 102012 | |
| Krefter | Min: | 1,33kN | |
| | Maks: | 13,25kN | |
| Påført Stress | Min: | 30,15MPa | |
| | Maks: | 301,52MPa | |
| Maskin | Type | Si - Plan | |
| | Serie nr: | 1000-796-26 | |
| Load Cell | Type: | | |
| | Serie nr: | | |
| Allignment test | Type: | | |
| | Dato: | | |
| <u>Sjekkliste:</u> | | | |
| Oppstart av maskin | Signatur: | KRF | |
| Kalibrering av maskin | Signatur: | | |
| Ta bilde av innfestning | Signatur: | - | |
| Oppstart av test | Signatur: | KRF | |
| Logget omgivelses data | Signatur: | KRF | |
| Avslutning av test | Signatur: | KRF | |
| <u>Bilder:</u> | | | |
| Defekter | ja | | |
| Innfestning | Nei | | |
| Brudd | nei | | |

| | | | |
|---------------------------------|-------------|----------------------|--------------------|
| Data for utmattingstest | | Prøvestav nr: | 6, Test nr7 |
| Video: | | Ja/Nei | - |
| Dimensjoner på prøvestav | | | |
| Tverrsnitt | D: | 12,53 / 12,53 | |
| | d: | 7,48 | |
| Lengde | L: | 160 | |
| Testspesifikasjoner | | | |
| Teststart | Start dato: | 5.5.10 | |
| Omgivelsestemperatur start | Min: | 22,1C | |
| | Maks: | 22,5 | |
| Relativ luftfuktighet start | %: | 23% | |
| Testslutt | Slutt dato: | 5.5.10 | |
| Omgivelsestemperatur slutt | Min: | 21,0 | |
| | Maks: | - | |
| Relativ luftfuktighet slutt | %: | 24,1% | |
| Stress område | Min: | 21,78MPa | |
| | Maks: | 217,75MPa | |
| Antall svingninger til brudd | N: | 246978 | |
| Krefter | Min: | 0,92kN | |
| | Maks: | 9,62kN | |
| Påført Stress | Min: | 21,78MPa | |
| | Maks: | 217,75MPa | |
| Maskin | Type | Si - Plan | |
| | Serie nr: | 1000-796-26 | |
| Load Cell | Type: | | |
| | Serie nr: | | |
| Allignment test | Type: | | |
| | Dato: | | |
| Sjekkliste: | | | |
| Oppstart av maskin | Signatur: | KRF | |
| Kalibrering av maskin | Signatur: | | |
| Ta bilde av innfestning | Signatur: | - | |
| Oppstart av test | Signatur: | KRF | |
| Logget omgivelses data | Signatur: | Oi / krf | |
| Avslutning av test | Signatur: | oi | |
| Bilder: | | | |
| Defekter | JA | | |
| Innfestning | NEI | | |
| Brudd | NEI | | |

| | | | |
|---------------------------------|-------------|----------------------|--------------------|
| Data for utmattingstest | | Prøvestav nr: | 4, Test nr8 |
| Video: | | Ja/Nei | - |
| Dimensjoner på prøvestav | | | |
| Tverrsnitt | D: | 12,36 / 12,50 | |
| | d: | 7,48 | |
| Lengde | L: | 160 | |
| Testspesifikasjoner | | | |
| Teststart | Start dato: | - | |
| Omgivelsestemperatur start | Min: | 22,1C | |
| | Maks: | 22,5 | |
| Relativ luftfuktighet start | %: | 23% | |
| Testslutt | Slutt dato: | 27.5.10 | |
| Omgivelsestemperatur slutt | Min: | 22,0 | |
| | Maks: | - | |
| Relativ luftfuktighet slutt | %: | 24,1% | |
| Stress område | Min: | 21,78MPa | |
| | Maks: | 217,75MPa | |
| Antall svingninger til brudd | N: | 246978 | |
| Krefter | Min: | 0,92kN | |
| | Maks: | 9,62kN | |
| Påført Stress | Min: | 21,78MPa | |
| | Maks: | 217,75MPa | |
| Maskin | Type | Si - Plan | |
| | Serie nr: | 1000-796-26 | |
| Load Cell | Type: | | |
| | Serie nr: | | |
| Allignment test | Type: | | |
| | Dato: | | |
| Sjekkliste: | | | |
| Oppstart av maskin | Signatur: | oi | |
| Kalibrering av maskin | Signatur: | | |
| Ta bilde av innfestning | Signatur: | - | |
| Oppstart av test | Signatur: | oi | |
| Logget omgivelses data | Signatur: | oi | |
| Avslutning av test | Signatur: | oi | |
| Bilder: | | | |
| Defekter | JA | | |
| Innfestning | NEI | | |
| Brudd | NEI | | |

| | | | |
|--|-------------|----------------------|---------------------|
| Data for utmattingstest | | Prøvestav nr: | 10, Test nr9 |
| Video: | | Ja/Nei | - |
| <u>Dimensjoner på prøvestav</u> | | | |
| Tverrsnitt | D: | 12,48 | |
| | d: | 7,48 | |
| Lengde | L: | 160 | |
| <u>Testspesifikasjoner</u> | | | |
| Teststart | Start dato: | 21.5.10 | |
| Omgivelsestemperatur start | Min: | 21,5C | |
| | Maks: | - | |
| Relativ luftfuktighet start | %: | 26% | |
| Testslutt | Slutt dato: | - | |
| Omgivelsestemperatur slutt | Min: | 21,0 | |
| | Maks: | - | |
| Relativ luftfuktighet slutt | %: | - | |
| Stress område | Min: | 19,84MPa | |
| | Maks: | 198,44MPa | |
| Antall svingninger til brudd | N: | 6342679 | |
| Krefter | Min: | 0,87kN | |
| | Maks: | 8,72kN | |
| Påført Stress | Min: | 19,84MPa | |
| | Maks: | 198,44MPa | |
| Maskin | Type | Si - Plan | |
| | Serie nr: | 1000-796-26 | |
| Load Cell | Type: | | |
| | Serie nr: | | |
| Allignment test | Type: | | |
| | Dato: | | |
| <u>Sjekkliste:</u> | | | |
| Oppstart av maskin | Signatur: | KRF | |
| Kalibrering av maskin | Signatur: | | |
| Ta bilde av innfestning | Signatur: | - | |
| Oppstart av test | Signatur: | KRF | |
| Logget omgivelses data | Signatur: | Oi / krf | |
| Avslutning av test | Signatur: | oi | |
| <u>Bilder:</u> | | | |
| Defekter | JA | | |
| Innfestning | NEI | | |
| Brudd | NEI | | |

| | | |
|---------------------------------|----------------------|---------------------|
| Data for utmattingstest | Prøvestav nr: | 2, Test nr10 |
| Video: | Ja/Nei | - |
| Dimensjoner på prøvestav | | |
| Tverrsnitt | D: | 12,36/ 12,49 |
| | d: | 7,45 |
| Lengde | L: | 160 |
| Testspesifikasjoner | | |
| Teststart | Start dato: | - |
| Omgivelsestemperatur start | Min: | 22,1C |
| | Maks: | |
| Relativ luftfuktighet start | %: | 23% |
| Testslutt | Slutt dato: | - |
| Omgivelsestemperatur slutt | Min: | 21,8 |
| | Maks: | - |
| Relativ luftfuktighet slutt | %: | 23,1% |
| Stress område | Min: | 19,04MPa |
| | Maks: | 190,40MPa |
| Antall svingninger til brudd | N: | 642111 |
| Krefter | Min: | 0,83kN |
| | Maks: | 8,3kN |
| Påført Stress | Min: | 21,78MPa |
| | Maks: | 217,75MPa |
| Maskin | Type | Si - Plan |
| | Serie nr: | 1000-796-26 |
| Load Cell | Type: | |
| | Serie nr: | |
| Allignment test | Type: | |
| | Dato: | |
| Sjekkliste: | | |
| Oppstart av maskin | Signatur: | oi |
| Kalibrering av maskin | Signatur: | |
| Ta bilde av innfestning | Signatur: | |
| Oppstart av test | Signatur: | oi |
| Logget omgivelses data | Signatur: | Oi |
| Avslutning av test | Signatur: | oi |
| Bilder: | | |
| Defekter | JA | |
| Innfestning | NEI | |
| Brudd | NEI | |

RDS-CP propell

Bacheloroppgave vår 2010:
Utmattingsegenskaper for nikkel-
aluminiumbronse i sjøvann

Prosjektgruppe: Njord
ved Høgskolen i Buskerud
Avdeling for teknologi

Oppdragsgiver:
Det Norske Veritas

Veiledere:
Jamal Safi (HiBu)
Johan Johansson Ileskär (DNV)



Prosjektgruppe Njord:
Martin Moberg, Morten Sølvberg Sletta, Knut Richard Føre, Glenn Andre Jensen, Aslak Brage Espeland

Dokument historikk

| Versjon | Dato | Forfattet av | Beskrivelse av endring |
|---------|-----------|--------------|---|
| 1 | 4.5.2010 | MSS | |
| 2 | 26.5.2010 | MSS | Lagt til elektrisk styrt prinsipp, endret oppsett, endret i henhold til kommentarer fra Johan Johansson Ileskär |

Innholdsfortegnelse

| | |
|-------------------------------------|----|
| Forord..... | 4 |
| Innledning..... | 5 |
| Hoveddel | 6 |
| Simulering av stigningsendring..... | 8 |
| Reguleringsproblemet..... | 14 |
| Mekanisk prinsipp..... | 14 |
| Elektrisk styrt prinsipp..... | 16 |
| Diskusjon | 18 |
| Konklusjon | 19 |
| Referanse | 20 |
| Vedlegg..... | 20 |

Forord

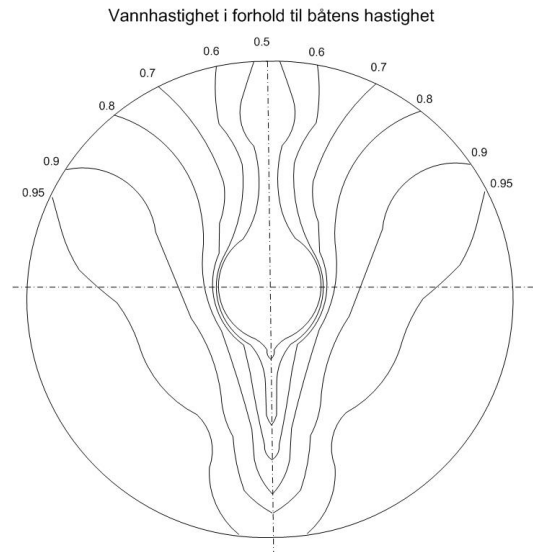
Denne rapporten er utarbeidet av prosjektgruppe Njord ved Høyskolen i Buskerud for DNV. I denne rapporten har prosjektgruppen sett på hvordan man kan endre stigningen til skipspropeller for å redusere utmattingsbelastning til propellbladene. Når dette prosjektet ble påbegynt begynte prosjektgruppe Njord med å sette seg inn i propellteori. Det som tidlig viste seg var at tilgjengelige formler for propeller var generelle formler som ikke tok for seg hvordan kreftene endret seg avhengig av posisjon. Det ble da en utfordring å ta disse generelle formlene å omforme de til formler som var avhengig av forhold som:

- Variabelt medstrømsfelt
- Stigningsendring

Med hjelp fra DNVs "Classification Notes NO.41.5 "[1], "Marine propellers and propulsion of ships"[2] og databladet til en is klasse propell (vedlegg 1) ble propellsystemet simulert. Det ble i tillegg utarbeidet et mekanisk og et elektrisk styrt prinsipp for hvordan stigningen kan endres i praksis.

Introduksjon

Denne rapporten omhandler hvordan man kan redusere utmattingsbelastningen et propellblad blir utsatt for. Propellen har som oppgave å øke hastigheten til innkommende vannstrømninger på sugesiden for å skape fremdrift til skipet. Den dynamiske lasten på propellbladene kommer fra skipets medstrømsfelt. Propellen roterer i en væske med forskjellig innstrømningshastighet gjennom en rotasjon. Figur 1 viser et eksempel på et aksielt strømningsfelt med de forskjellige hastighetene. Figuren viser at hastigheten på vannet er 50 % av skipets hastighet i propellens topposisjon. På sidene er hastigheten derimot hele 95 % av skipets hastighet. I tillegg til den aksielle komponenten vil det også være hastighetskomponenter som virker tangentielt og radielt i propellskiveplanet. Den radielle komponenten har vanligvis lite å si for propellbelastningen, men den tangentielle hastighetskomponenten vil endre belastningen lokalt. Dette fordi propellbladet opplever det som om det skulle hatt større eller mindre rotasjonshastighet, ettersom den tangentielle medstrømmen varierer.



Figur 1 - Vannfelt

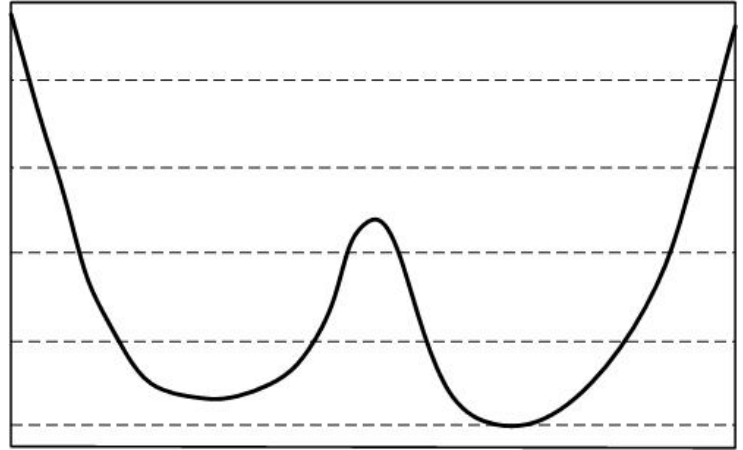
Hvis man kan redusere den dynamiske belastningen kan man få en betydelig økonomisk gevinst. En direkte konsekvens av dette er at man kan designe propeller tynnere noe som sparer materialkostnader. En tynnere propell reduserer også drag og øker da effektiviteten til propellen. En annen positiv effekt er at fordi propellen møter medstrømsfeltet på en gunstigere måte vil dette kunne føre til mindre kavitasjon. Man kan da designe propeller med større fokus på effektivitet enn tidligere. Propeller kan ha et mindre bladareal og kortere seksjonsprofiler, noe som også fører til mindre drag.

Det er utarbeidet to prinsipper for å regulere stigningen. Det er også blitt utført simuleringer som viser at ved å regulere stigningen vil man redusere den dynamiske belastningen på en god måte. Propellprinsipper av denne typen er kalt RDS-CP propell, "Reduced Dynamic Stress – Controllable Pitch propell".

Hoveddel

For å kunne simulere hvordan endring av stigning bidrar til å få en jevnere belastning på en propell må systemet beskrives matematisk. For å muliggjøre dette er det uthentet informasjon fra "Classification Notes NO.41.5" [1] og "Marine propellers and propulsion of ships"[2]. I tillegg er det brukt verdier fra databladet, "Propblade-D29566.pdf" (vedlegg 1), dette for å beregne med realistiske verdier i systemet.

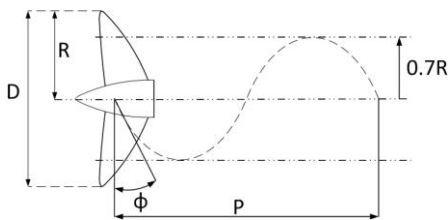
Som vist innledningsvis så vil vannfeltet føre til at hvert enkelt propellblad ikke har jevn belastning. Hvordan denne ujevne belastningen oppfører seg kan man finne ved å lage en modell av skip og propell og la denne modellen gå i en bestemt hastighet mens thrusten og omdreiningmomentet til propellen blir målt. I Figur 2 vises et eksempel på hvordan thrusten kan endre seg over en omdreining. For å gjøre thrusten jevnere skal stigningen til propellen endres. Dette vil sørge for at hvert propellblad møter vannfeltet på en mer gunstig måte. Da vil den dynamiske belastningen på propellen bli redusert.



Figur 2 – Viser hvordan thrusten til en propell endrer seg over en omdreining

Stigning

Som vist i Figur 2 så er stigningen til en propell den teoretiske avstanden propellen beveger seg når den roterer en omdreining. Av Figur 2 vises også vinkelen ϕ . Den kalles stigningsvinkelen og vises i formelen under:



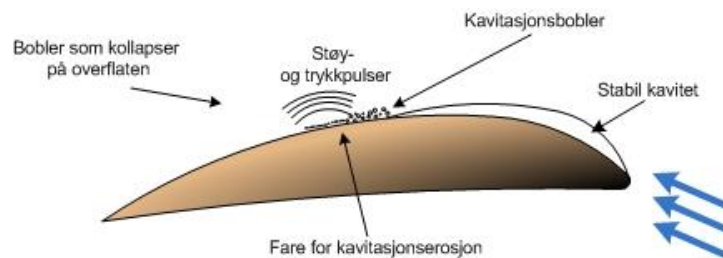
Figur 2 – Stigningen (P) til en propell

$$\tan(\phi_r) = \frac{P/D}{\pi * r/R}$$

Ligning 2 - Stigningsvinkel

Kavitasjon

Kavitasjon kommer av at trykket til en veske faller så mye at stoffet går over i gassfase. Når trykket så øker vil gassboblene kollapse og utvikler et ekstremt høyt trykk. Hvis dette skjer i nærheten av et materiale, vil energien i trykkendringen kunne ta med seg små fragmenter av materialet. Dette skjer i utgangspunktet på et mikroskopisk nivå, men etter tid kan skaden bli

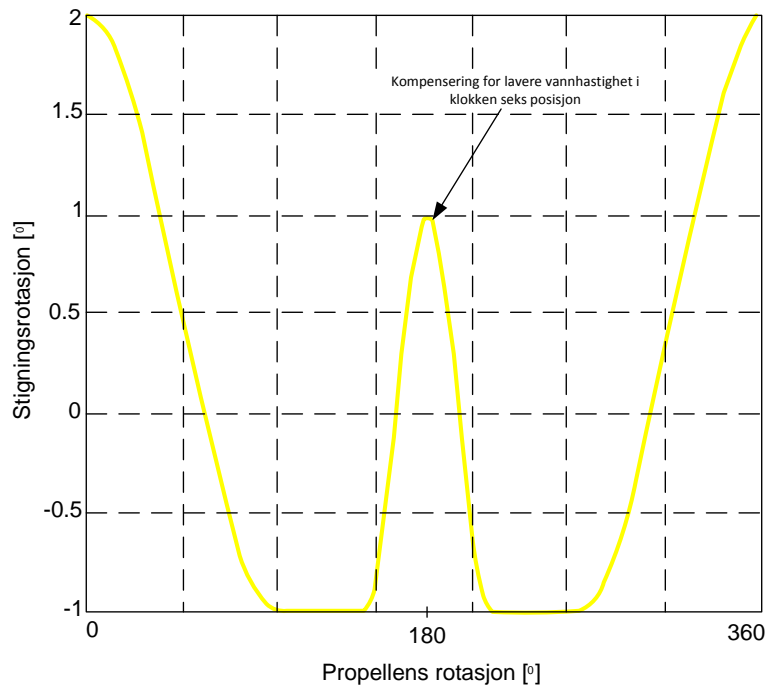


Figur 3.6 – Kavitasjon

tilsvarende større. Når propeller blir regulert slik at de møter vannfeltet på en gunstigere måte bør dette bidra til å redusere kavitasjonen.

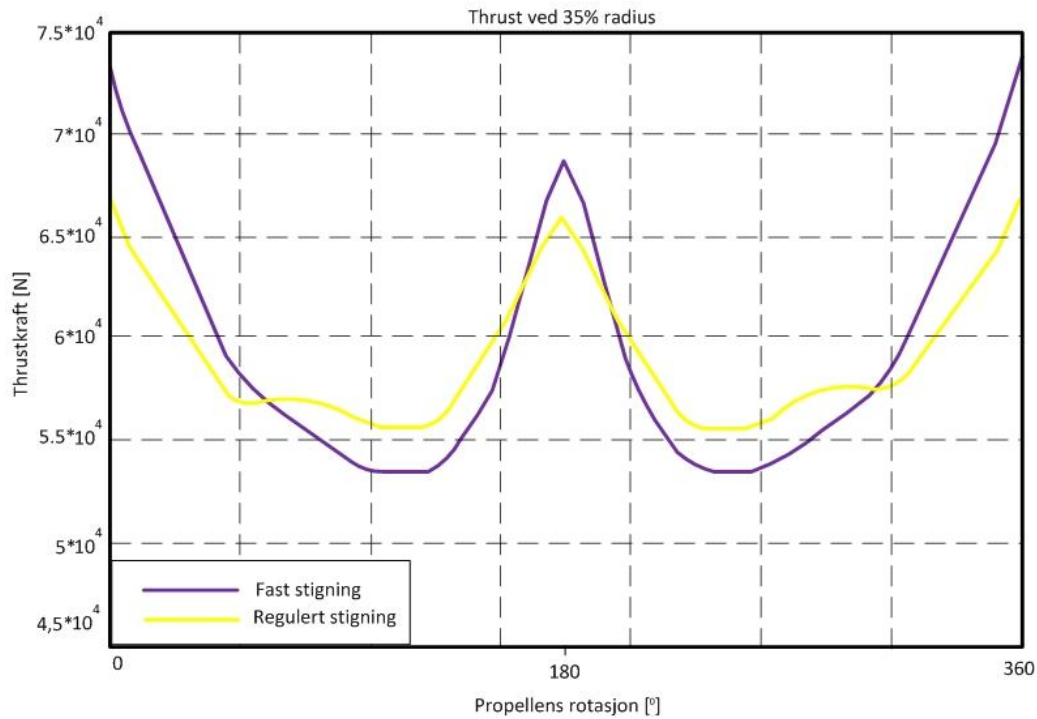
Simulering av stigningsendring

Ved hjelp av simuleringer kom prosjektgruppen fram til at hvis stigningsvinkelen endres som vist i figur 4, så vil den store belastningen som propellbladene opplever i topp posisjonen bli presset ned. Samtidig som belastningen bladene blir utsatt for i bunn posisjonen også blir begrenset. Fordi propellbladene møter et lite område med lavere vannhastighet i bunnposisjon så økes stigningsvinkelen her også. Hvis stigningen ikke blir økt i bunnposisjonen vil belastningen i dette område øke betraktelig og føre til forverret dynamisk belastning. 0-nivå i figur 4 er den vanlige stigningsvinkelen som propellen normalt har.

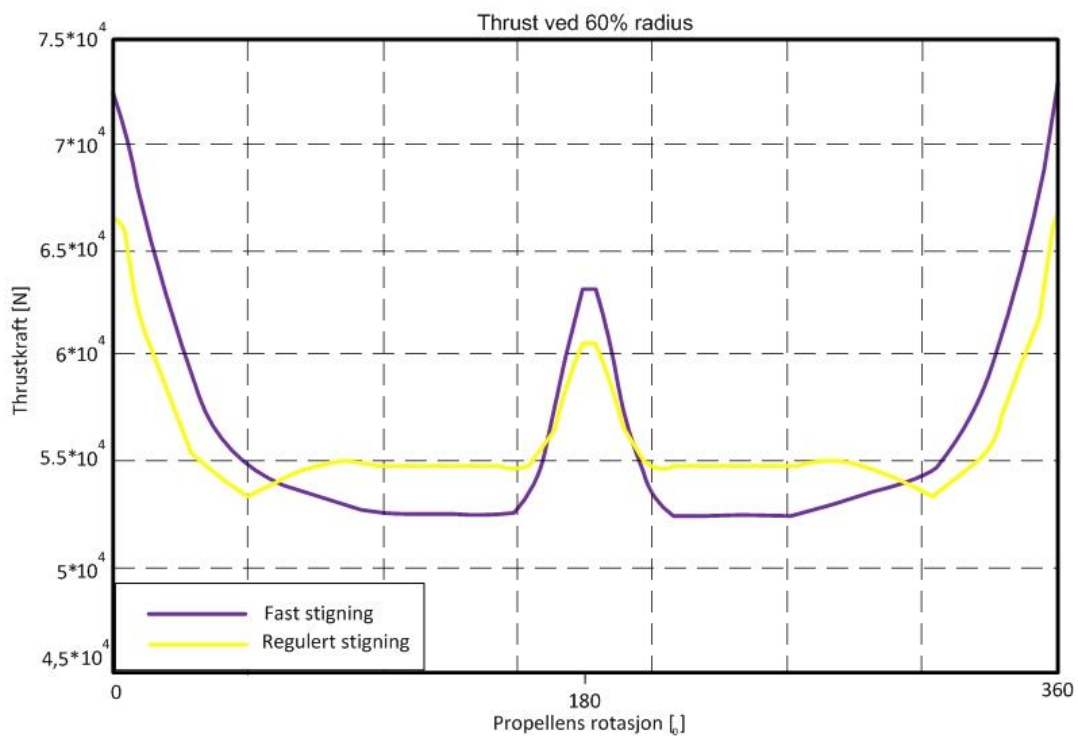


Figur 4 – Endring av stigningsvinkel over en propellomdreining lagd med hensyn på vannfeltet

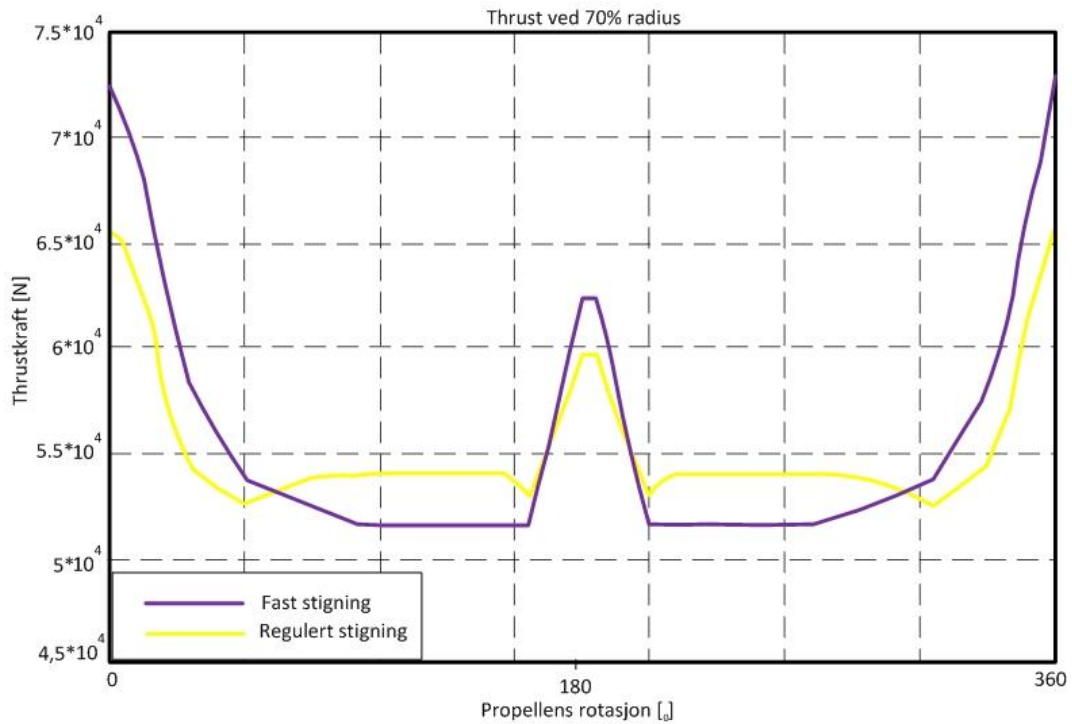
Det har blitt simulert hvordan thrusten til et enkelt propellblad endrer seg med denne stigningsendringen sammenlignet med fast stigning. Belastningen på propellbladene oppfører seg likt som thrusten, så ved å jevne ut thrusten vil man samtidig jevne ut den dynamiske belastningen. Det har blitt simulert ved 35%, 60%, 70% og 100% radius. Som vist i figurene 5-8 så vil økningen av stigningen i bunnposisjon slå positivt ut for alle radier unntatt ved 100%. Endring av stigningen i bunnposisjon fører til en negativ topp ved 100% radius. På tross av dette er total thrustendring mindre når man endrer stigningen, for alle radier. I figurene så er lilla strek systemet med fast stigning og gul strek systemet med stigningsendring. Det er denne simuleringen som ligger til grunn for det mekaniske og det elektrisk styrte prinsippet som blir omtalt senere i rapporten.



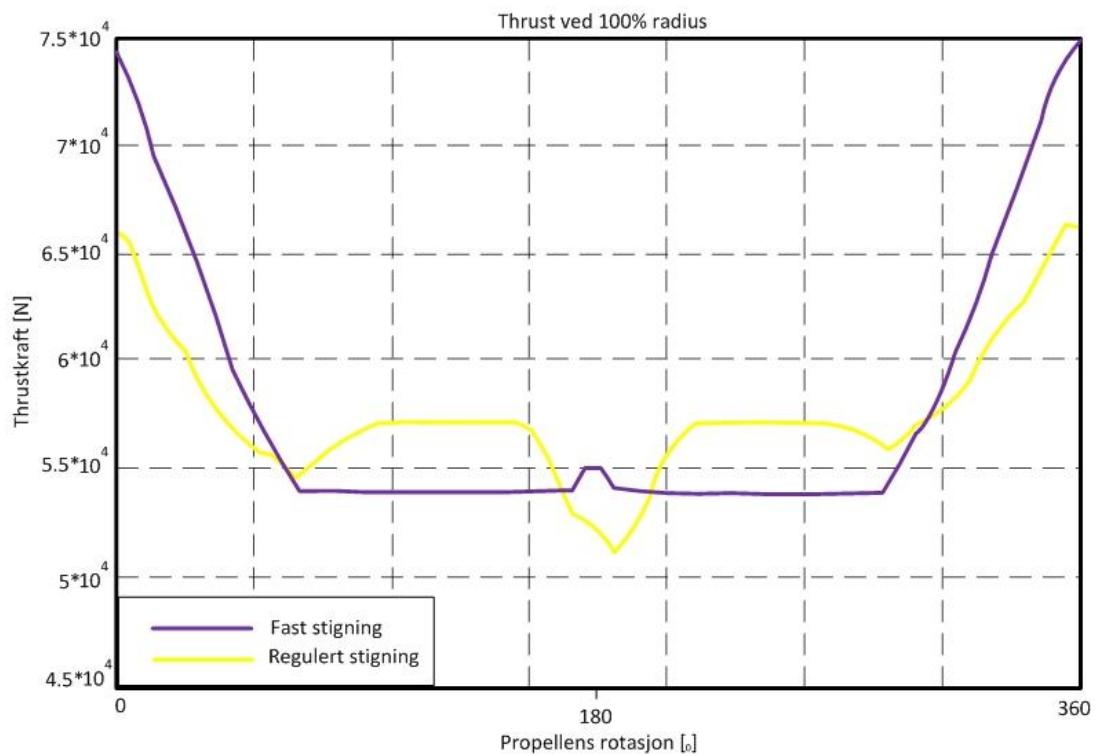
Figur 5 – Hvordan thrusten endrer seg over en omdreining ved 35% radius



Figur 6 – Hvordan thrusten endrer seg over en omdreining ved 60% radius



Figur 7 – Hvordan thrusten endrer seg over en omdreining ved 70% radius



Figur 8 – Hvordan thrusten endrer seg over en omdreining ved 100% radius

For å komme fram til disse figurene er det blitt brukt Matlab med Simulink (vedlegg 2-4).

For å simulere hvordan stigningsendringen påvirker propellen, hadde det optimale vært å ha informasjon om hvordan thrusten og omdreiningmomentet oppfører seg på det virkelige skipet. Da dette ikke sto i databladet (vedlegg 1) så ble dataen fra databladet omgjort så de for gitte radier endrer seg med stigningen og vannfeltet. De vil ikke nødvendigvis forandre seg helt riktig i forhold til virkeligheten, men de gir en god indikasjon på hva som skjer når vi endrer stigningen.

I [1] er det forskjellige måter å regne ut de forskjellige koeffisientene man trenger. For å endre stigningsvinkelen ble det tatt utgangspunkt i ligning 3.

$$h_r = \pi * r * \tan \varphi_r \quad \text{Ligning 3 - Stigningsrate}$$

Med denne kan finner man stigningsraten ved bestemte radier. Fra databladet (vedlegg 1) er h_r oppgitt for de aktuelle radier. Tilhørende stigningsvinkler ble regnet ut og endret i henhold til Figur 5

Videre ble thrustkoeffisientene K_T for de forskjellige radier funnet. I [1] er det to måter å regne ut denne på:

$$K_T = \frac{Th}{\rho * n_s^2 * D^4} \quad \text{Ligning 4 – Thrustkoeffisient}$$

Hvor Th er propell thrusten (N), ρ er tettheten i vann (kg/m³) og D er diameteren til propellen.

$$K_T = 7.7 * \frac{K_Q}{hm} - 0.06 \quad \text{Ligning 5 – Thrustkoeffisient funnet ved hjelp av stigningsraten}$$

Hvor K_Q er omdreiningmomentkoeffisienten og er oppgitt i databladet og hm er den såkalte gjennomsnittsstigningsraten som finnes fra følgende formel:

$$hm = 0.096 * h_{root} + 0.666 * h_{0.7} + 0.238 * h_{1.0} \quad \text{Ligning 6 – Gjennomsnittsstigningsraten}$$

Hvor h_{root} er stigningsraten der hvor propellbladet er festet til navet, $h_{0.7}$ er stigningsraten ved 70% radius og $h_{1.0}$ er stigningsraten ved propellbladtuppen.

Det er valgt å bruke Ligning 5 for å beregne thrustkoeffisienten for å kunne påvirke systemet ved å endre stigningsvinkelen. For å se på oppførselen til thrustkoeffisienten ved en spesifikk radius brukes h -verdien for radien som blir betraktet istedenfor hm . Nå er thrustkoeffisienten avhengig av hvilken radius som blir betraktet og stigningsendringen propellbladet blir utsatt for. Neste steg er å la den bli påvirket av vannfeltet. En tegning eller graf av vannfeltet propellen i vedlegg 1 blir utsatt for var ikke tilgjengelig så det er valgt å bruke et vannfelt som vist i Figur 1. For å la thrustkoeffisienten bli påvirket av vannfeltet har vi brukt Ligning 7.

$$K'_T = \frac{K_T}{j^{2+1}} \quad \text{Ligning 7 - Generell thrustkoeffisient}$$

Thrustkoeffisienten i denne formelen er den som ble funnet i Ligning 5. J blir funnet med Ligning 8.

$$J = \frac{V_A}{nD} \quad \text{Ligning 8 – Avanseringsraten}$$

Fordi J er avhengig av V_A så vil den bli avhengig av vannfeltet. V_A er farten til vannet over propellen (m/s).

Nå har man en thrustkoeffisient som er avhengig av radius, stigning og vannfeltet. Denne thrustkoeffisienten settes inn i Ligning 4 som løses med hensyn på thrusten. Resultatet er vist i Figur 5-8. Som vist så blir thrusten jevnere for systemet hvor stigningen blir endret. Neste steg er å se hvor mye dette har hjulpet på stresset σ . For σ så har man følgende formel i [1]:

$$\sigma_m = K_{sk} * K_m * K_{corr} * \frac{\rho * n_s^2 * D^5}{K_e * C_r * t_r^2} \quad \text{Ligning 9 – Faktisk gjennomsnittsstress}$$

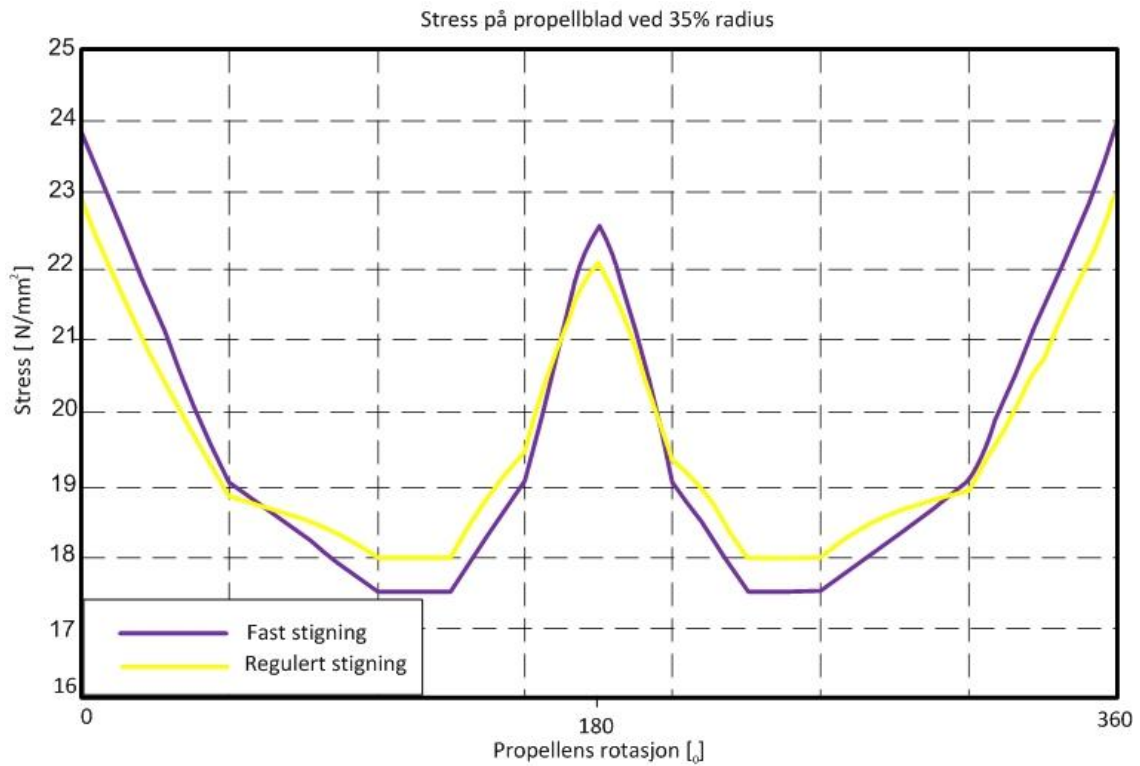
Her er K_{sk} en korreksjonsfaktor på grunn av skew (at bladet er bøyd, ikke rett). K_{corr} er en korrelasjons faktor. K_e er den effektive seksjons modulus koeffisienten. C_r er bredden til den utvidede sylindriske seksjonen. t_r er profil tykkelsen. Alle disse faktorene er oppgitt i databladet for den aktuelle propellen. De er også forskjellige avhengig av hvilken radius man ser på. I databladet er det oppgitt disse faktorene for radius 35% og 60%.

Den faktoren som ikke blir tatt rett ut fra databladet er K_m . K_m endrer seg med stigningsvinkelen og den blir regnet ut med:

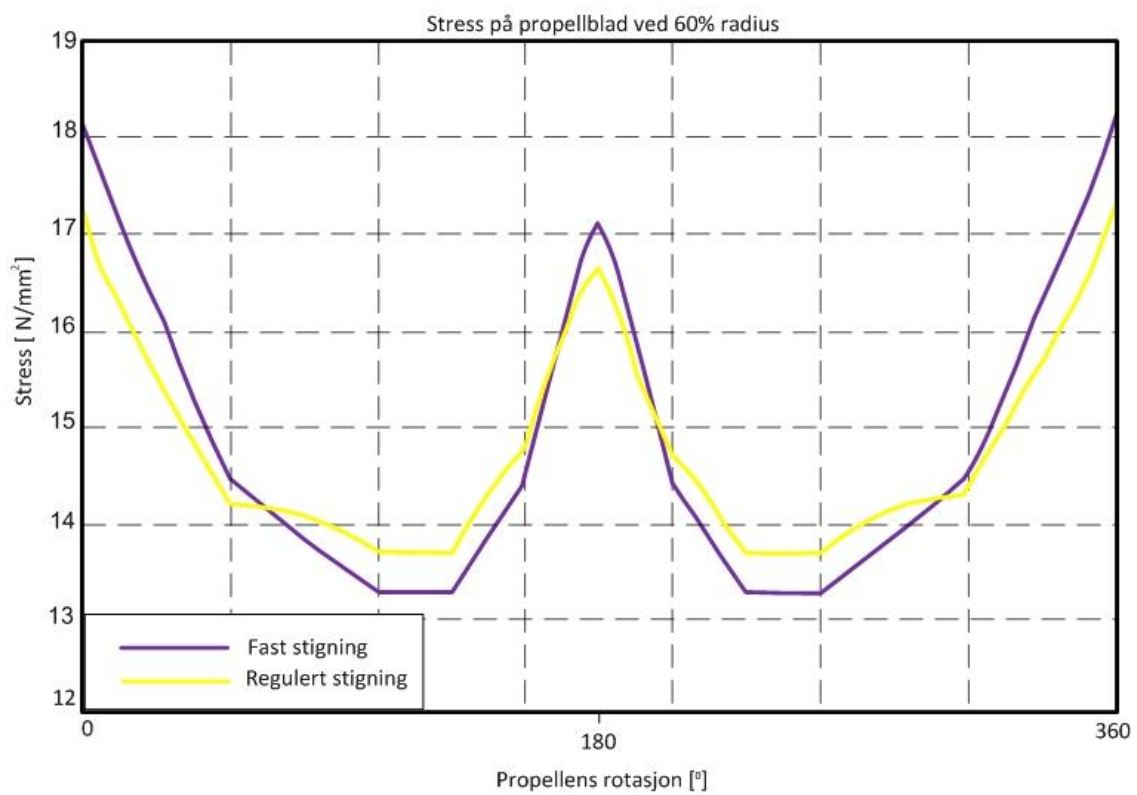
$$K_m = \frac{K_{bm}}{Z} \left(\frac{K_Q'}{0.35} \sin \varphi_r + K_T' \cos \varphi_r \right) \quad \text{Ligning 10 – Bøyemomentkoeffisient}$$

Her er Z antall blader og K_{bm} er moment arm faktoren. K_T' er funnet fra Ligning 7. Forskjellen fra i stad er at h_m blir regnet ut med ligning 6 og svaret blir videre brukt i ligning 5 hvor thrust koeffisienten blir funnet. På samme måte blir K_Q' funnet. φ_r er stigningsvinkelen ved den radien vi ser på.

I figur 9 og 10 vises påvirkningen reguleringen har for belastningen. Som i figur 5-8 så er rosa strek systemet uten regulering og gul strek systemet med regulering. Som vist så hjelper det å regulere stigningen. Propellen i datablader er en isklasse propell. En slik propell er dimensjonert for å tåle å operere i arktiske strøk hvor propellen må tåle sammenstøt med for eksempel isklumper. Den er da mye sterkere enn en vanlig propell. Fordi utformingen på denne propellen er avhengig av forholdene skipet opererer i i tillegg til den dynamiske belastningen så vil den ikke være like utsatt for utmattingsskader som en "vanlig" propell



Figur 9 – Hvordan stresset endrer seg over en omdreining ved 35% radius



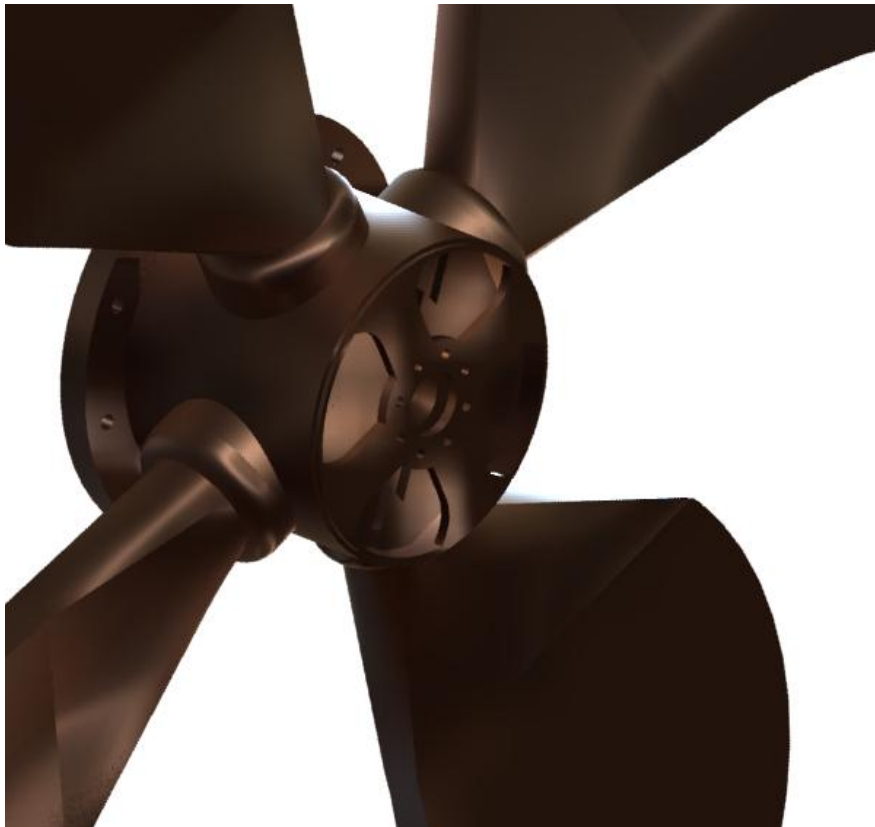
Figur 10 – Hvordan stresset endrer seg over en omdreining ved 60% radius

Reguleringsproblemet

Det er kommet opp med to mulige prinsipper for hvordan man i praksis kan designe RDS-CP propeller. Det har blitt utarbeidet et mekanisk prinsipp som vil fungere som et åpen-sløyfe reguleringsystem. Når det mekaniske prinsippet først er montert vil man ikke ha mulighet til å forandre stigningskurven. For å ta hensyn til dette har det også blitt utarbeidet et elektrisk styrt prinsipp. Dette prinsippet oppfører seg som et lukket-sløyfe system og vi får endret stigningskurven etter forholdene.

Mekanisk prinsipp

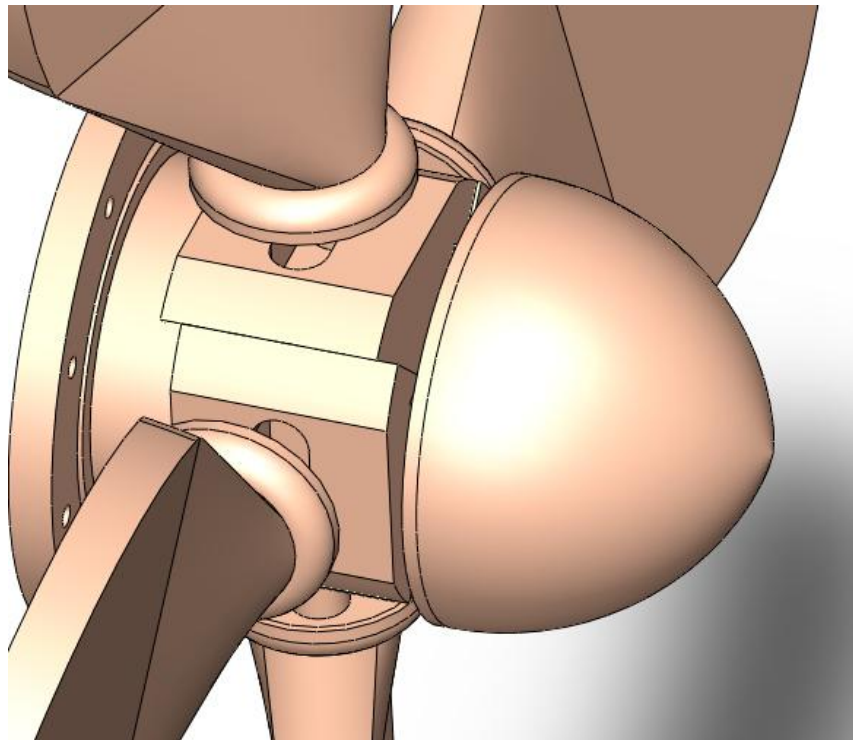
For å få stigningsvinkelen til å endre seg som ønsket er det kommet opp med et fast mekanisk prinsipp. Det mekaniske prinsippet følger vedlagt i mappen "RDS-CP propell, mekanisk prinsipp" (vedlegg 5). Propellen er bygd opp av et nav med hull til propellbladene. Dette navet kan ligne litt på navet til en CP propell. Den har fire klosser inne i seg, disse klossene har avlange spor på utsiden. Propellbladene har bolter (pins) som glir i sporet. Dette resulterer i at når klossen beveger seg vil bladene rotere om sin normale akse.



Figur 11 – Propell med bronse utseende

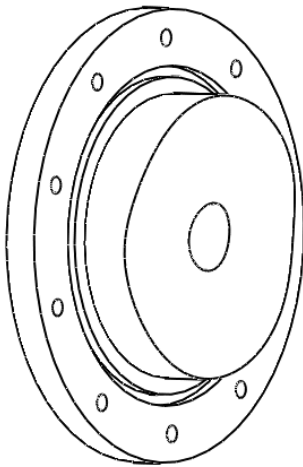


Figur 12 - Propell med bronse utseende

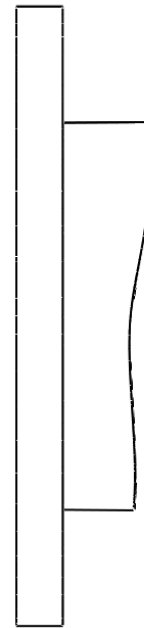


Figur 13 – Nav med klosser som styrer stigningen

For å oppnå en riktig variasjon av stigningen i forhold til simuleringen ha man tenkt seg at klossene som styrer stigningen skal følge et spor på bakplaten vist i Figur 13 og 14. Dette sporet er utformet slik at stigningen vil følge kurven i Figur 4.



Figur 13 – Bakplate som styrer klossene



Figur 14 – Bakplate sett fra venstre side

For å holde klossene på plass har man tenkt seg en løsning ved bruk av olje. Oljen skal strømme igjennom akselen og skape et trykk på fremsiden av klossene.

For å komme fram til en optimal utforming av en RDS-CP propell kan man lage en modell av skipet påmontert en propell med ønsket utforming. Men man lar stigningen være konstant. Man lar så skipet gå med konstant hastighet og propellen med konstant omdreiningshastighet. Da kan man måle hvordan thrusten endrer seg og bruke dette som utgangspunkt for å optimalisere stigningsmekanismen. Deretter kan man utforme RDS-CP propellen og utføre en ny test for å se at den gir ønsket belastningsutjevning.

Elektrisk styrt prinsipp

Dette prinsippet er mer avansert enn det mekaniske prinsippet. Det kan tilpasse seg forskjellige medstrømsfelt fordi medstrømsfeltet blir målt og disse målingene blir brukt til å regulere stigningen.

Måling av medstrømsfelt: For å måle medstrømsfeltet setter man et dopplerinstrument for å måle vannfeltet foran propellen. Man setter "sender/mottaker" par geometrisk orientert i forhold til hverandre. Dopplerinstrumentet sender ut lydimpulser i tynne stråler og måler hastigheten til partiklene langs strålen. Fordi man kjenner strålegeometrien kan man regne ut hastighetskomponentene og de reelle hastighetene på vannet fra retursignalene.

Posisjonsmåling av propellbladene: For å holde rede på hvilken posisjon hvert enkelt blad har er det tenkt å brukes en magnetisk enkoder. Med denne holder vet vi med stor nøyaktighet posisjonen til et propellblad. De andre bladene kan enkelt regnes ut da man vet hvordan de er montert i forhold til den som blir målt.

Regulere stigningen til propellbladene: For å regulere stigningen til hvert enkelt propellblad er det tenkt å bruke en roterende hydraulisk aktuator med enkel aksling til hvert blad. Hydrauliske aktuatorer kan bli satt under høyt trykk og kan gi ut den kraften som er nødvendig for å rotere store propellblad.

Styringssystemet: Styringssystemet som vist i Figur 15 har følgende innganger:

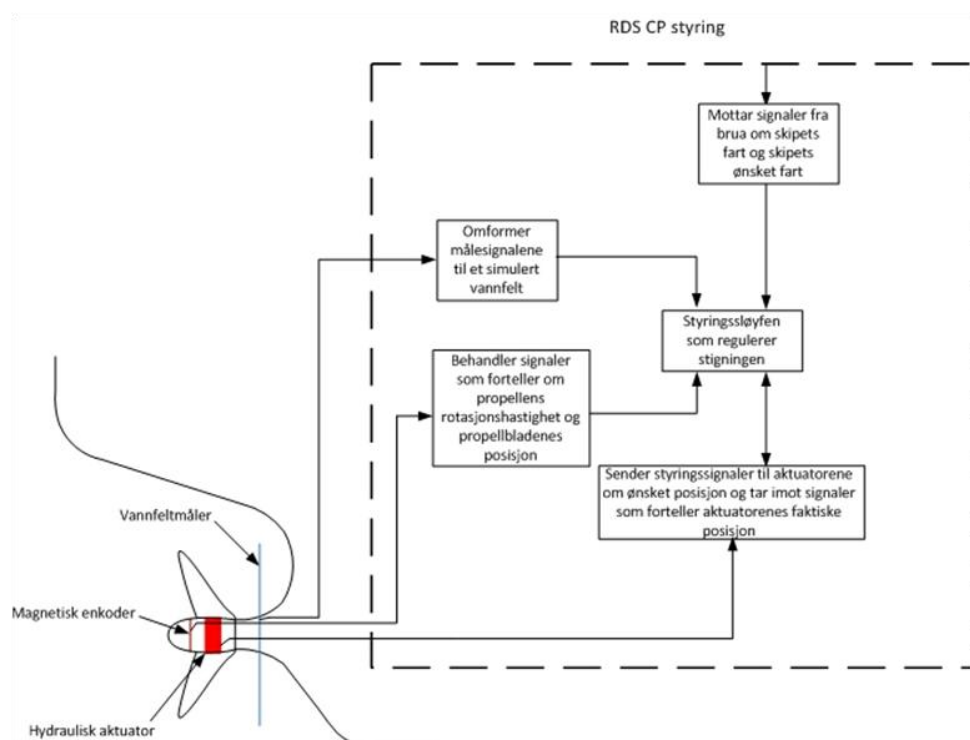
- Måling av medstrømsfelt
- Signal som forteller om skipets fart
- Signal fra broen om ønsket fart
- Signal som forteller om propellbladenes posisjon og rotasjonshastighet(fra magnetisk enkoder)
- Feedbacksignal om aktuatorennes posisjon

Styringssystemet har følgende utganger:

- Signal til aktuatorenne om ønsket stigningsendring

Styringssystemet kan også inneholde utganger som gir informasjon til broen om hvordan det regulerer propellen og eventuelt annen nyttig informasjon.

På bakgrunn av signalene styringsløyfen mottar om vannfeltet, skipets ønskede og faktiske hastighet, propellens rotasjonshastighet og aktuatorennes posisjon beregner styringsløyfen den optimale stigningsendringen. . For at aktuatorenne skal holde lengst mulig er det viktig at de endres på en slik måte at de ikke blir utsatt for unødvendig slitasje.



Figur 15 - Prinsippkisse for elektrisk styrt RDS-CP propell

Diskusjon

Som vist så vil man kunne redusere den dynamiske belastningen til en propell ved å bruke en form for RDS-CP propell. Men det er mange faktorer som det ikke er tatt hensyn til ved simuleringen. Som andre vannstrømmer enn den aksielle, krefter som oppstår når stigningen blir endret og hvordan kavitasjon oppfører seg på propellen når stigningen blir endret. Disse vil det være naturlig å inkludere i en utvidet simulering.

Det mekaniske prinsippet er et forholdsvis enkelt prinsipp. Fordelen med den er at man kan regulere systemet likt som eksisterende CP propeller. Oppbygningen av bakplaten tar seg av RDS reguleringen. Man kan sette denne inn i konvensjonelle CP reguleringsystemer uten å endre hele propellstyringssystemet (eksisterende software mm). Ulempen med det mekaniske prinsippet er at man ikke har mulighet til å endre stigningen som man vil. Man kan da oppleve forhold hvor propellen ikke oppfører seg bedre enn en konvensjonell CP propell. Så lenge medstrømsfeltet oppfører seg likt som modelltesten vil man få et godt resultat. Men vannfeltet rundt propellen kan endres som følge av eksterne krefter som vannstrømmer, ustabile værforhold og hvor mye skipsskroget påvirker medstrømsfeltet. Fordi denne endringen kan føre til større dynamisk last for propellbladene så må det gjøres nøye overveielser før man bruker en slik løsning. I tillegg må man samle inn tilstrekkelig empirisk data om hvordan man kan forvente at medstrømsfeltet forandrer seg over tid med tanke på skrogets påvirkning av vannfeltet og hvordan sjøforholdene er hvor skipet skal operere.

Det elektrisk styrte, hydrauliske prinsippet er mer komplisert enn det mekaniske prinsippet. Man har muligheten til å endre stigningen slik at propellen hele tiden blir regulert for å minske det dynamiske stresset. Hvis man får det elektrisk styrte prinsippet til å fungere optimalt har man et sikrere og mer robust system enn ved det mekaniske prinsippet. Ulempen med det dynamiske prinsippet er at det er mange ulike elementer som må fungere i harmoni. Hvis noen av delene til systemet slutter å fungere, eller begynner å oppføre seg feil vil dette påvirke fremdriften til skipet og ytelsen til propellen. Tilstrekkelige sikkerhetssystemer må på plass for at en slik løsning skal være sikkerhetsmessig forsvarlig. Man må også utvikle en god måte å måle vannfeltet på. Dopplerinstrumenter brukes i dag for å måle blant annet vannføring i elver og bør være godt egnet til oppgaven. Men man må utvikle en metode for å bruke denne teknologien for å måle medstrømsfeltet rundt propellen. Hvor sender/mottaker parene til instrumentet er plassert i forhold til hverandre kommer til å være kritisk med tanke på å få en så god måling som mulig. Softwaren som skal regulere systemet kommer til å bli komplekst, men fullt gjennomførbart.

Konklusjon

Ved å endre stigningen kan man oppnå en signifikant økonomisk gevinst. Resultatene fra simuleringene som er utført tilsier at det å endre stigningen gir et godt resultat, når man klarer å endre den i henhold til vannfeltet. Men det er mye arbeid som gjenstår før man kan si noe definitivt om hvor mye det hjelper å regulere stigningen med tanke på virkningsgraden til propeller. Hvis man klarer å kartlegge utmattingssegenskaper og kavitasjonsegenskaper til slike propellsystemer kan man designe propeller tilpasset et RDS-CP system. Man kan da simulere eller lage en modell og teste hvor mye høyere virkningsgrad man klarer å oppnå. Først da kan man foreta en totaløkonomisk vurdering av om det er lønnsomt å regulere stigningen.

Referanse

[1] DNV Classification Notes NO.41.5, Calculation of Marine Propellers, April 2007

[2] Tornblad,J. (1987) MARINE PROPELLERS and PROPULSION OF SHIPS. Marine Laboratory KaMeWa AB.

Vedlegg

- (1) Propblade-D29566.pdf
- (2) Simulering
- (3) MfilSimulering.m
- (4) wake.m
- (5) RDS-CP propell, mekanisk prinsipp (mappe)
- (6) Originalbilder fra Matlabsimuleringen(mappe)

Oppfølgingsdokument

Uke nr: (1)

Forfatter: (Forfatterens fulle navn)

Dato: Forfattet

(1): Uke nr: fylles inn med den nåværende uken/Den uken dokumentet skal leveres

Gjennomgang av sist ukes jobb

"Gjennomgangen av hva hver av prosjektdeltagerne har gjort sist uke, i praksis en liste over de aktivitetene man har jobbet med, og hvor mange de har jobbet med disse aktivitetene. Det er viktig å dokumentere eventuelle avvik ifra hva som var planlagt og hvorfor dette avviket har oppstått."

Det som står i blått skal ikke være med i det dokumentet som leveres, det skal enten fjernes eller fylles inn. Det er lagt inn avsnitt så linjene med blått kan fjernes helt og dokumentet vil ha se ut som det skal. På side 4-6 i dette dokumentet ligger et eksempel på et utfylt oppfølgingsdokument.

Martin

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|---------------------------------------|-----------------|--|
| (Aktivitets nummer): (Aktivitetsnavn) | Ja/Nei | Kun hvis <u>Ja</u> på avvik fra planen |

Tilleggs kommentarer:

Flere kommentarer, eller ikke god nok plass i Kommentarfeltet: skriv kommentaren her.

Aslak

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|---------------------------------------|-----------------|--|
| (Aktivitets nummer): (Aktivitetsnavn) | Ja/Nei | Kun hvis <u>Ja</u> på avvik fra planen |

Tilleggs kommentarer:

Flere kommentarer, eller ikke god nok plass i Kommentarfeltet: skriv kommentaren her.

Knut

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|---------------------------------------|-----------------|--|
| (Aktivitets nummer): (Aktivitetsnavn) | Ja/Nei | Kun hvis <u>Ja</u> på avvik fra planen |

Tilleggs kommentarer:

Flere kommentarer, eller ikke god nok plass i Kommentarfeltet: skriv kommentaren her.

Morten

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|---------------------------------------|-----------------|--|
| (Aktivitets nummer): (Aktivitetsnavn) | Ja/Nei | Kun hvis <u>Ja</u> på avvik fra planen |

Tilleggs kommentarer:

Flere kommentarer, eller ikke god nok plass i Kommentarfeltet: skriv kommentaren her.

Glenn

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|---------------------------------------|-----------------|--|
| (Aktivitets nummer): (Aktivitetsnavn) | Ja/Nei | Kun hvis <u>Ja</u> på avvik fra planen |

Tilleggs kommentarer:

Flere kommentarer, eller ikke god nok plass i Kommentarfeltet: skriv kommentaren her.

Oversikt over hva som skal gjøres neste uke

Martin

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|---------------------------------------|-----------------|--|
| (Aktivitets nummer): (Aktivitetsnavn) | Ja/Nei | Kun hvis <u>Ja</u> på avvik fra planen |

Tilleggs kommentarer:

Flere kommentarer, eller ikke god nok plass i Kommentarfeltet: skriv kommentaren her.

Aslak

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|---------------------------------------|-----------------|--|
| (Aktivitets nummer): (Aktivitetsnavn) | Ja/Nei | Kun hvis <u>Ja</u> på avvik fra planen |

Tilleggs kommentarer:

Flere kommentarer, eller ikke god nok plass i Kommentarfeltet: skriv kommentaren her.

Knut

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|---------------------------------------|-----------------|--|
| (Aktivitets nummer): (Aktivitetsnavn) | Ja/Nei | Kun hvis <u>Ja</u> på avvik fra planen |

Tilleggs kommentarer:

Flere kommentarer, eller ikke god nok plass i Kommentarfeltet: skriv kommentaren her.

Morten

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|---------------------------------------|-----------------|--|
| (Aktivitets nummer): (Aktivitetsnavn) | Ja/Nei | Kun hvis <u>Ja</u> på avvik fra planen |

Tilleggs kommentarer:

Flere kommentarer, eller ikke god nok plass i Kommentarfeltet: skriv kommentaren her.

Glenn

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|---------------------------------------|-----------------|--|
| (Aktivitets nummer): (Aktivitetsnavn) | Ja/Nei | Kun hvis <u>Ja</u> på avvik fra planen |

Tilleggs kommentarer:

Flere kommentarer, eller ikke god nok plass i Kommentarfeltet: skriv kommentaren her.

Kort oppsummering av prosjektet i forhold til prosjektplanen

" Ting som bør være med: Planlagte aktiviteter forrige uke, status på disse aktivitetene, følger vi planen, hvor ferdige er de? Aktiviteter denne uka, hva er planlagt. Kommentar: Hva kan gå galt, hva må dere passe på osv. Disse dokumentene skal sees i sammenheng med timelister og prosjektplan og gi et bilde av hvordan prosjektet går.

Det er også lurt å legge den ukentlige informasjonen ut på Web-siden til prosjektet slik at ekstern veileder kan følge prosjektet nøye."

Oversikt over kritiske aktiviteter

Oppsummering av kritiske aktiviteter for neste uke, hva er det særdeles viktig at vi får gjort.

Vedlegg

1. Timelister for Martin
2. Timelister for Aslak
3. Timelister for Knut
4. Timelister for Morten
5. Timelister for Glenn

Timelistene for forrige uke legges ved dette dokumentet, nummererte i rekkefølgen som står over.

Denne Malen er laget av Aslak B. Espeland

Dokumentet lagres i PDF og sendes inn!

Oppfølgingsdokument

Uke nr: 1

Forfatter: Aslak Brage Espeland

Dato: 1.1.2010

Gjennomgang av sist ukes jobb

Martin

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|----------------------------|-----------------|-----------|
| 1.1: Finne prosjektoppgave | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Det var vanskelig å få tak i riktige personer hos Ola Nordmann As, men fant til slutt frem i telefonjungelen.

Aslak

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-------------------------------|-----------------|----------------------------------|
| 2.1: Forberede presentasjon 1 | Ja | Har ikke fått klarsignal på dato |

Tilleggs kommentarer:

Knut

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|------------------------------------|-----------------|-------------------------|
| 5.1: Generelt søk etter litteratur | Ja | Se tilleggs kommentarer |

Tilleggs kommentarer:

Vi skulle egentlig ikke starte med denne aktiviteten før i neste uke, men da Knut og Morten hadde noe tid ledig startet vi på denne aktiviteten allerede uke 1. Dette vil ikke ha noen stor innvirkning på planene våre fremover. Prosjektplanen er oppdatert etter avviket.

Morten

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|------------------------------------|-----------------|--------------------------------|
| 5.1: Generelt søk etter litteratur | Ja | Se tilleggs kommentar til Knut |

Tilleggs kommentarer:

Glenn

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------|-----------------|-----------|
| Fri | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Glenn har hatt fri som planlagt i prosjektplanen.

Oversikt over hva som skal gjøres neste uke

Martin

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------------------------------|-----------------|-----------|
| 2.2: Presentere presentasjonen | Nei | |
| 5.1:Generelt søk etter litteratur | Nei | |

Tilleggskommentarer:

Aslak

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------------------------------|-----------------|-----------|
| 2.2: Presentere presentasjonen | Nei | |
| 5.1:Generelt søk etter litteratur | Nei | |

Tilleggskommentarer:

Knut

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------------------------------|-----------------|-----------|
| 2.2: Presentere presentasjonen | Nei | |
| 5.1:Generelt søk etter litteratur | Nei | |

Tilleggskommentarer:

Morten

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------------------------------|-----------------|-----------|
| 2.2: Presentere presentasjonen | Nei | |
| 5.1:Generelt søk etter litteratur | Nei | |

Tilleggskommentarer:

Glenn

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------------------------------|-----------------|-----------|
| 2.2: Presentere presentasjonen | Nei | |
| 5.1:Generelt søk etter litteratur | Nei | |

Tilleggskommentarer:

Kort oppsummering av prosjektet i forhold til prosjektplanen

Prosjektet går som smurt, de fleste aktivitetene går som planlagt. Dette er hele gruppas fortjeneste, vi har jobbet bra og fulgt planen. Neste uke skal vi ha presentasjon 1, da er det viktig at alle får forberedt seg godt. Vi har laget selve powerpoint presentasjonen, og sendt den ut på forhånd til veiledere.

Oversikt over kritiske aktiviteter

Det er viktig at vi får presentert, og at alle sensorene møter opp til rett tid.

Vedlegg

1. Timelister for Martin
2. Timelister for Aslak
3. Timelister for Knut
4. Timelister for Morten
5. Timelister for Glenn

Oppfølgingsdokument

Uke nr:8

Forfatter: Glenn

Dato:23.2.2010

Gjennomgang av sist ukes jobb

"Gjennomgangen av hva hver av prosjektdeltagerne har gjort sist uke, i praksis en liste over de aktivitetene man har jobbet med, og hvor mange de har jobbet med disse aktivitetene. Det er viktig å dokumentere eventuelle avvik ifra hva som var planlagt og hvorfor dette avviket har oppstått. "

Martin

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------|-----------------|-------------------------|
| 5.3 | | Jobbet med propellteori |

Tilleggs kommentarer:

Aslak

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|--------------------------|-----------------|--|
| 8.6 5.5 8.2 8.4 | | Skrevet kapittel om korrosjon og ryddet opp i vårs nett database www.huddle.net |

Tilleggs kommentarer:

Knut

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-------------------------|-----------------|---|
| 6.1.2 5.4.1 5.4.2 | | Samlet informasjon og begynt på kapittel om utmattingsteori Vært på HiO på opplæring av utmattingsmaskinen |

Tilleggs kommentarer:

Morten

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-------------------|-----------------|---|
| 8,6 7,2 7,1 | | Forrige uke har jeg jobbet med Simulink og Matlab for å få ned litt på reguleringsbiten. Jeg har fokusert på å få på plass utregninger, dette er noe som Glenn skal jobbe videre med denne uken, jeg skal da hjelpe Glenn litt ut med dette. Denne uken skal jeg også jobbe med propellteori kapittelet i kompendiet. |

Tilleggs kommentarer:

Glenn

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|---------------------|-----------------|---|
| 5.6.1 8.1 8.4 | | Jobbet med testteori, skrevet adm dokumenter. |

Tilleggs kommentarer:

Oversikt over hva som skal gjøres neste uke

Martin

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------|-----------------|--|
| 5,5 | | Ta over arbeidet til Aslak med korrosjonsteori |

Tilleggskommentarer:

Aslak

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------|-----------------|-------------------------------------|
| 5,4 | | Overta for Knut med utmattingsteori |

Tilleggskommentarer: Aslak er på ferie i Hawaii uke 8 men dette er med i planleggingen og går som planlagt.

Knut

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------|-----------------|--------------------------------|
| 5,6 | | Overta for Glenn med testteori |

Tilleggskommentarer:

Skal til HiO på opplæring tirsdag 23 feb

Morten

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------|-----------------|------------------------------------|
| 5,3 | | Overta for Martin med propellteori |

Tilleggskommentarer:

Glenn

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------|-----------------|----------------------------|
| 7,2 | | Overta reguleringssystemet |

Tilleggskommentarer:

Prosjektet

Prosjektet går fremover, alle har begynt på temaene sine og er godt i gang. Vi er spendte på hvordan første bytte av kapitlene fungerer, vil vi klare å øke kvaliteten uten eierforhold til dokumentene?

Opplæringstidspunkt er avtalt og gruppa ser frem til å komme i gang med dette.

Testrapport er under planlegging, info rundt teknisk rapportskrivning er samlet inn og under bearbeiding. Vi har også begynt å tenkte på presentasjon 2 og har da sendt mail til Olaf ang tidspunkter.

Vedlegg

Oppfølgingsdokument

Uke nr:9

Forfatter: Martin

Dato:2.3.2010

Gjennomgang av sist ukes jobb

"Gjennomgangen av hva hver av prosjektdeltagerne har gjort sist uke, i praksis en liste over de aktivitetene man har jobbet med, og hvor mange de har jobbet med disse aktivitetene. Det er viktig å dokumentere eventuelle avvik ifra hva som var planlagt og hvorfor dette avviket har oppstått. "

Martin

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------|-----------------|--------------------------------------|
| 5.3 | | Gjorde ferdig propellteori |
| 5.5 | | Starte på korrosjonskapittel |
| 6.3 | | Opplæring på utmattingsmaskin i oslo |

Tilleggs kommentarer:

Aslak

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------|-----------------|-----------|
| | | Bortreist |

Tilleggs kommentarer:

Knut

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------|-----------------|--------------------------------------|
| 5.4 | | Gjorde ferdig kapittel utmatting |
| 5.7 | | Startet på kapittel om testteori |
| 6.3 | | Opplæring på utmattingsmaskin i oslo |

Tilleggs kommentarer:

Morten

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------|-----------------|--|
| 7.1 | | Skrevet på reguleringsbiten, pluss gitt Glenn en innføring i arbeidet så lang. |
| 5.3 | | Tok over propellteorien, og startet med det kapittelet |

Tilleggs kommentarer:

Glenn

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------|-----------------|--|
| 5.6 | | Gjorde ferdig testeoribiten |
| 7.1 | | Tok over reguleringsbiten, og fått en innføring av Morten om hvor i prosessen denne delen av oppgaven er |

Tilleggs kommentarer:

Oversikt over hva som skal gjøres neste uke

Martin

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------|-----------------|----------------------------------|
| 5,5 | | Fortsette med korrosjonskapittel |

Tilleggs kommentarer:

Aslak

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------|-----------------|------------------------------|
| 5,4 | | Starter på utmattingkapittel |

Knut

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------|-----------------|------------------------|
| 5,6 | | Fortsette med testeori |

Tilleggs kommentarer:

Skal til HiO på opplæring tirsdag 23 feb

Morten

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------|-----------------|----------------------------|
| 5,3 | | Fortsette med propellteori |

Tilleggs kommentarer:

Glenn

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------|-----------------|-----------------------------------|
| 7,2 | | Fortsette med reguleringssystemet |

Tilleggs kommentarer:

Prosjektet

Vi har da gjort oss ferdig med første delen og syns dette har fungert bra. Vi er godt i gang med alle emnene. Har også fått beskjed fra DNV om at prøvestavene er satt i produksjon, så vi venter spent på at dem kommer snart

Vedlegg

Oppfølgingsdokument

Uke nr: 10

Forfatter: Martin Moberg

Dato: 9.3.2010

Gjennomgang av sist ukes jobb

Martin

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-------------------------------------|-----------------|-----------|
| 5.5.2: Skrive kapittel om korrosjon | Nei | |
| 8.2: Dokumentering og innlevering | Nei | |
| 8.6: Møte | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Aslak

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------------------------------|-----------------|-----------|
| 5.4: Utmatting | Nei | |
| 5.8: Redigere kompendiet | Nei | |
| 8.2: Dokumentering og innlevering | Nei | |
| 8.6: Møte | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Knut

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|----------------|-----------------|-----------|
| 5.6: Testteori | Nei | |
| 8.6: Møte | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Morten

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-------------------|-----------------|-----------|
| 5.3: Propellteori | Nei | |
| 8.6: Møte | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Glenn

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|------------------------------|-----------------|--|
| 7.2: Reguleringsystem | Nei | |
| 8.4: Diverse Adm. Arbeid | Nei | |
| 8.6: Møte | Nei | |
| 3.1: Forbrede presentasjon 2 | Ja | Har ikke fått fastsatt dato og klokkeslett |

Tilleggs kommentarer:

Oversikt over hva som skal gjøres neste uke

Martin

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------------------|-----------------|-----------|
| 5.2: Korrosjon | Nei | |
| 8.6: Oppdateringsmøte | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Aslak

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------------------|-----------------|-----------|
| 5.4: Utmatting | Nei | |
| 8.6: Oppdateringsmøte | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Flere kommentarer, eller ikke god nok plass i Kommentarfeltet: skriv kommentaren her.

Knut

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------------------|-----------------|-----------|
| 5.6: Testteori | Nei | |
| 8.6: Oppdateringsmøte | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Morten

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------------------|-----------------|-----------|
| 5.3: Propellteori | Nei | |
| 8.6: Oppdateringsmøte | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Glenn

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-------------------------|-----------------|-----------|
| 7.2: Reguleringsystemet | Nei | |
| 8.6: Oppdateringsmøtet | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Kort oppsummering av prosjektet i forhold til prosjektplanen

Vi har gjort noen endringer med tanke på fremdriften. Dette grunnet at vi har fått eksamenstidene og dem var etter påsken i stedet for før, som vi først hadde regnet med. Dette har gjort at vi har forskjøvet sluttiden på når kompendiet skal være ferdig til 16.april. Dette er oppdatert i prosjektplanen.

Oversikt over kritiske aktiviteter

Vi har ikke mottatt prøvestavene fra DNV enda, og det begynner å bli litt kritisk at vi får dem hvis vi skal klare å gjennomføre testen optimalt. Vi fikk beskjed forrige uke at dem var under produksjon, så vi vil ta tak i dette denne uken slik at vi kan få lagt prøvestavene i kunstig sjøvann.

Vedlegg

1. Timelister for Martin

| Dato | Aktivitet | Fra kl | Til kl | Timer | krive aktiv |
|------|-----------|--------|--------|-------|-------------|
| 2.3. | 5,5 | 18:00 | 21:00 | 03:00 | Korrosjon |
| 3.3. | 8,6 | 11:00 | 12:00 | 01:00 | Møte grup |
| 3.3. | 5,5 | 15:00 | 17:00 | 02:00 | Korrosjon |
| 4.3. | 5,5 | 09:00 | 13:00 | 04:00 | Korrosjon |
| 5.3. | 5,5 | 12:00 | 14:00 | 02:00 | Korrosjon |
| 7.3. | 5,5 | 11:00 | 16:00 | 05:00 | Korrosjon |
| 7.3. | 8,2 | 19:00 | 21:00 | 02:00 | Administr |

2. Timelister for Aslak

| Dato | Aktivitet | Fra kl | Til kl | Timer | krive Aktiv |
|------|-----------|--------|--------|-------|-------------|
| 2.3. | 5,4 | 06:30 | 08:00 | 1:30 | Utmatt |
| 2.3. | 5,4 | 15:30 | 17:00 | 1:30 | Utmatt |
| 2.3. | 5,8 | 21:00 | 23:00 | 2:00 | Første pro |
| 3.3. | 8,6 | 10:00 | 12:00 | 2:00 | Kap møte, |
| 3.3. | 8,2 | 13:00 | 17:30 | 4:30 | MAL arbei |
| 4.3. | 5,4 | 10:00 | 16:00 | 6:00 | Utmatt |
| 7.3. | 8,1 | 20:00 | 21:00 | 1:00 | Timelister |
| 7.3. | 5,4 | 21:59 | 23:59 | 2:00 | Utmatt |

3. Timelister for Knut

4. Timelister for Morten

5. Timelister for Glenn

| Dato | Aktivitet | Fra kl | Til kl | Timer | krive Aktiv |
|------|-----------|--------|--------|-------|-------------|
| 2.3. | 7,2 | 09:00 | 12:00 | 03:00 | Reg opplæ |
| 3.3. | 7,2 | 14:00 | 16:00 | 02:00 | Reg opplæ |
| 3.3. | 8,6 | 10:00 | 12:00 | 02:00 | Møte i gru |
| 3.3. | 8,4 | 14:00 | 16:00 | 02:00 | Administr |
| 4.4. | 07.jan | 09:00 | 16:00 | 07:00 | Reg opplæ |
| 5.5. | 7,2 | 08:00 | 10:00 | 02:00 | reg |

Oppfølgingsdokument

Uke nr: 11

Forfatter: Martin Moberg

Dato: 15.3.2010

Gjennomgang av sist ukes jobb

Martin

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-------------------------------------|-----------------|-----------|
| 5.5.2: Skrive kapittel om korrosjon | Nei | |
| 8.2: Dokumentering og innlevering | Nei | |
| 8.6: Møte | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Aslak

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|----------------|-----------------|-----------|
| 5.4: Utmatting | Nei | |
| 8.6: Møte | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Knut

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|----------------|-----------------|-----------|
| 5.6: Testteori | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Morten

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-------------------|-----------------|-----------|
| 5.3: Propellteori | Nei | |
| 8.6: Møte | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Glenn

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|------------------------------|-----------------|-----------|
| 5.2: Propellteori | Nei | |
| 8.4: Diverse Adm. Arbeid | Nei | |
| 8.6: Møte | Nei | |
| 3.1: Forbrede presentasjon 2 | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Oversikt over hva som skal gjøres neste uke

Martin

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|------------------------------|-----------------|-----------|
| 3.1: Forbrede presentasjon 2 | Nei | |
| 5.4: Utmatting | Nei | |

Tilleggskommentarer:

Aslak

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|------------------------------|-----------------|-----------|
| 3.1: Forbrede presentasjon 2 | Nei | |
| 5.6: Testteori | Nei | |

Tilleggskommentarer:

Knut

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------|-----------------|-----------|
| Bortreist | Ja | |

Tilleggskommentarer:

Morten

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|------------------------------|-----------------|-----------|
| 3.1: Forbrede presentasjon 2 | Nei | |
| 7.2: Reguleringsystemet | Nei | |

Tilleggskommentarer:

Glenn

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|------------------------------|-----------------|-----------|
| 3.1: Forbrede presentasjon 2 | Nei | |
| 5.3: Propellteori | Nei | |

Tilleggskommentarer:

Kort oppsummering av prosjektet i forhold til prosjektplanen

Vi ligger i rute i forhold til prosjektplanen som vi oppdaterte sist uke. Det eneste var at vi ikke hadde tatt høyde for at Knut er bortreist deler av denne uka. Har også lagt mer fokus på de punktene vi gikk gjennom på sist oppfølgingsmøte.

Oversikt over kritiske aktiviteter

Har fortsatt ikke fått prøvestavene, så vi må høre hvordan det står til med dem. Er ikke stort mer vi i gruppa får gjort i forhold til dem, så det ligger og hviler på DNV når vi skal få dem.

Vedlegg

1. Timelister for Martin

| Dato | Aktivitet | Fra kl | Til kl | Timer |
|-------|-----------|--------|--------|-------|
| 9.3. | 8,2 | 09:00 | 11:00 | 02:00 |
| 9.3. | 5,5 | 11:00 | 16:00 | 05:00 |
| 10.3. | 8,6 | 10:00 | 11:00 | 01:00 |
| 10.2. | 5,5 | 11:00 | 16:30 | 05:30 |
| 11.2. | 5,5 | 09:00 | 14:00 | 05:00 |
| 14.3. | 5,5 | 12:00 | 20:00 | 08:00 |

2. Timelister for Aslak

| Dato | Aktivitet | Fra kl | Til kl | Timer |
|-------|-----------|--------|--------|-------|
| 8.3. | 5,4 | 00:00 | 01:00 | 1:00 |
| 9.3. | 5,4 | 09:30 | 11:30 | 2:00 |
| 9.3. | 5,4 | 16:30 | 18:30 | 2:00 |
| 9.3. | 5,4 | 21:00 | 23:00 | 2:00 |
| 10.3. | 8,6 | 09:00 | 11:30 | 2:30 |
| 10.3. | 5,4 | 11:30 | 16:00 | 4:30 |
| 11.3. | 5,4 | 12:00 | 15:00 | 3:00 |
| 13.3. | 5,4 | 13:00 | 16:00 | 3:00 |
| 14.3. | 5,4 | 13:00 | 22:00 | 9:00 |

3. Timelister for Knut

4. Timelister for Morten

5. Timelister for Glenn

| Dato | Aktivitet | Fra kl | Til kl | Timer |
|-------|-----------|--------|--------|-------|
| 9.9. | 8,4 | 09:00 | 12:00 | 03:00 |
| 10.3. | 8,4 | 09:00 | 10:00 | 01:00 |
| 10.3. | 8,6 | 10:00 | 12:00 | 02:00 |
| 10.3. | 5,3 | 12:00 | 15:00 | 03:00 |
| 10.3. | 0 | 15:00 | 16:00 | 01:00 |
| 10.3. | 5,3 | 09:00 | 11:00 | 02:00 |

Oppfølgingsdokument

Uke nr: 12

Forfatter: Martin Moberg

Dato: 23.3.2010

Gjennomgang av sist ukes jobb

Martin

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|---------------------|-----------------|-----------|
| 3.1: Presentasjon 2 | Nei | |
| 8.2: Administrativt | Nei | |

Tilleggskommentarer:

Aslak

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|---------------------|-----------------|-----------|
| 3.1: Presentasjon 2 | Nei | |
| 8.2: Kompendium | Nei | |

Tilleggskommentarer:

Knut

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------|-----------------|--|
| Bortreist | Ja | Hadde bestilt ferie uten å avklare med gruppen i forkant |

Tilleggskommentarer:

Morten

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------------------|-----------------|-----------|
| 3.1: Presentasjon 2 | Nei | |
| 7.2: Reguleringsystem | Nei | |
| 8.2: Kompendium | Nei | |

Tilleggskommentarer:

Glenn

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|---------------------|-----------------|-----------|
| 3.1: Presentasjon 2 | Nei | |
| 8.2: Administrativt | Nei | |

Tilleggskommentarer:

Oversikt over hva som skal gjøres neste uke

Martin

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-------------------|-----------------|-----------|
| 3.1: Presentasjon | Nei | |
| 5.4: Utmatting | Nei | |
| 8.6: Møte | Nei | |

Tilleggskommentarer:

Aslak

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-------------------|-----------------|-----------|
| 3.1: Presentasjon | Nei | |
| 5.6: Testteori | Nei | |
| 8.6: Møte | Nei | |

Tilleggskommentarer:

Knut

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|---------------------|-----------------|-----------|
| 3.1: Presentasjon | Nei | |
| 5.5: Korrosjon | Nei | |
| 6.1: Utmattingstest | Nei | |
| 8.6: Møte | Nei | |

Tilleggskommentarer:

Morten

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-------------------------|-----------------|-----------|
| 3.1: Presentasjon | Nei | |
| 7.2: Reguleringsystemet | Nei | |
| 8.6: Oppdateringsmøte | Nei | |

Tilleggskommentarer:

Glenn

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-------------------|-----------------|-----------|
| 3.1: Presentasjon | Nei | |
| 5.3: Propellteori | Nei | |
| 8.6: Møte | Nei | |

Tilleggskommentarer:

Kort oppsummering av prosjektet i forhold til prosjektplanen

Sist uke gikk i hovedsak til å forberede presentasjon 2. Får også levert prøvestavene fra DNV på presentasjonen, så vi får også satt i gang med testingen ganske snart.

Oversikt over kritiske aktiviteter

Vedlegg

1. Timelister for Martin

| Dato | Aktivitet | Fra kl | Til kl | Timer |
|-------|-----------|--------|--------|-------|
| 15.3. | 8,2 | 20:00 | 21:00 | 01:00 |
| 17.3. | 3,1 | 10:00 | 12:00 | 02:00 |
| 18.3. | 3,1 | 10:00 | 19:00 | 09:00 |

2. Timelister for Aslak

| Dato | Aktivitet | Fra kl | Til kl | Timer |
|-------|-----------|--------|--------|-------|
| 16.3. | 3,1 | 12:00 | 14:00 | 2:00 |
| 17.3. | 8,2 | 08:30 | 15:00 | 6:30 |
| 17.3. | 8,2 | 22:00 | 23:30 | 1:30 |
| 18.3. | 3,1 | 09:00 | 19:00 | 10:00 |

3. Timelister for Knut

4. Timelister for Morten

| Dato | Aktivitet | Fra kl | Til kl | Timer |
|-------|-----------|--------|--------|-------|
| 17.3. | | 09:00 | 11:00 | 02:00 |
| 17.3. | | 11:30 | 13:00 | 01:30 |
| 17.3. | | 13:00 | 15:30 | 02:30 |
| 17.3. | | 16:00 | 22:00 | 06:00 |
| 18.3. | | 08:00 | 14:00 | 06:00 |
| 18.3. | | 14:00 | 16:30 | 02:30 |

5. Timelister for Glenn

| Dato | Aktivitet | Fra kl | Til kl | Timer |
|-------|-----------|--------|--------|-------|
| 16.3. | 8,4 | 08:30 | 13:00 | 04:30 |
| 17.3. | 8,4 | 09:00 | 15:00 | 06:00 |
| 18.3. | 8,4 | 09:00 | 16:00 | 07:00 |

Oppfølgingsdokument

Uke nr: 15

Forfatter: Glenn A Jensen

Dato: 20.4.2010

Gjennomgang av sist ukes jobb

Martin

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------------------------------|-----------------|-----------|
| 5.4: Utmatting | Nei | |
| 8.2: Dokumentering og innlevering | Nei | |
| 8.6: Møte | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Aslak

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|------------------|-----------------|-----------|
| 5.6: Testteori | Nei | |
| 7.3: Solid works | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Knut

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------------------|-----------------|-----------|
| 6.3: Forberede testen | Nei | |
| 8.6: Møte | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Morten

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|---------------------|-----------------|-----------|
| 7: Reguleringsystem | Nei | |
| 8.6: Møte | Nei | |
| 8.3: Hjemmeside | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Glenn

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-------------------------------|-----------------|-----------|
| 6.3: Forberede utmattingstest | Nei | |
| 8.4: Diverse Adm. Arbeid | Nei | |
| 5.3: Propellteori | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Oversikt over hva som skal gjøres neste uke

Martin

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-------------------------|-----------------|-----------|
| 6:Utmattingtest | Nei | |
| 5.8:Redigere kompendiet | Nei | |
| 8.6: Oppdateringsmøte | Nei | |

Tilleggskommentarer:

Aslak

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-------------------------|-----------------|-----------|
| 5.8:Redigere kompendiet | Nei | |
| 8.6: Oppdateringsmøte | Nei | |

Tilleggskommentarer:

Flere kommentarer, eller ikke god nok plass i Kommentarfeltet: skriv kommentaren her.

Knut

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------------------|-----------------|-----------|
| 6:Utmattingtest | Nei | |
| 8.6: Oppdateringsmøte | Nei | |

Tilleggskommentarer:

Morten

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-------------------------|-----------------|-----------|
| 7:Reguleringssystem | Nei | |
| 8.6: Oppdateringsmøte | Nei | |
| 5.8:Redigere kompendiet | Nei | |

Tilleggskommentarer:

Glenn

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|------------------------|-----------------|-----------|
| 6:Utmattingtest | Nei | |
| 8.6: Oppdateringsmøtet | Nei | |

Tilleggskommentarer:

Kort oppsummering av prosjektet i forhold til prosjektplanen

Vi så at det var nødvendig med noen ekstra dager til kompendiet. Dette var på grunn av at testen kom i gang og flere av deltagerne måtte legge sine ressurser der. Den nye leveringsfristen ble 20. april. Fremover skal Aslak, Martin og Morten begynne redigeringen og ferdigstillingen av kompendiet.

Oversikt over kritiske aktiviteter

Vi har fått prøvestavene og testen ved Høgskolen i Oslo er i gang. Vi regner med at de første 5 prøvestavene er ferdige i uke 16.

Vedlegg

1. Timelister for Martin
2. Timelister for Aslak

| Dato | Aktivitet | Fra kl | Til kl | Timer | Kommentar (Før vi har aktivitetsliste) |
|-------|-----------|--------|--------|-------|--|
| 12.4. | 5,6 | 08:30 | 16:00 | 7:30 | Test kap |
| 13.4. | 7,3 | 08:30 | 16:00 | 7:30 | SolidWorks |
| 14.4. | 5,6 | 08:30 | 14:30 | 6:00 | Test kap |
| 15.4. | 5,6 | 09:00 | 14:00 | 5:00 | Test kap |
| 15.4. | 5,6 | 19:00 | 21:00 | 2:00 | Test kap |
| 16.4. | 5,6 | 08:30 | 14:00 | 5:30 | Test kap |
| 17.4. | 5,6 | 16:00 | 17:00 | 1:00 | Test kap |
| 18.4. | 5,6 | 17:00 | 20:00 | 3:00 | Test kap |

3. Timelister for Knut
4. Timelister for Morten

| Dato | Aktivitet | Fra kl | Til kl | Timer | Kommentar (Før vi har aktivitetsliste) |
|-------|-----------|--------|--------|-------|--|
| 12.4. | 7 | 09:00 | 16:00 | 07:00 | regg |
| 13.4. | 7 | 09:00 | 16:00 | 07:00 | regg |
| 14.4. | 7 | 09:00 | 14:30 | 05:30 | regg |
| 15.4. | 7 | 09:30 | 13:00 | 03:30 | regg |
| 15.4. | 8,3 | 13:00 | 14:00 | 01:00 | hjemmeside |
| 16.4. | 8,6 | 10:00 | 11:00 | 01:00 | intern møte |
| 17.4. | 7 | 11:00 | 14:30 | 03:30 | regg |
| | | | | 00:00 | |

5. Timelister for Glenn(Pappapermisjon)

| Dato | Aktivitet | Fra kl | Til kl | Timer | Kommentar (Før vi har aktivitetsliste) |
|-------|-----------|--------|--------|-------|--|
| 12.4. | 8,4 | 12:00 | 13:00 | 01:00 | Administrativt |
| 13.4. | 5,3 | 09:00 | 11:00 | 02:00 | Propellteori |
| 13.4. | 6,3 | 11:00 | 14:00 | 03:00 | Forberede test |
| 15.4. | 6,3 | 10:00 | 13:00 | 03:00 | Forberede test |
| 16.4. | 6,3 | 08:00 | 13:00 | 05:00 | Forberede test |
| 17.4. | 5,3 | 17:00 | 19:00 | 02:00 | Propellteori |
| 18.4. | 5,3 | 11:00 | 16:00 | 05:00 | Propellteori |

Oppfølgingsdokument

Uke nr: 17

Forfatter: Martin Moberg

Dato: 27.4.2010

Gjennomgang av sist ukes jobb

Martin

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|---------------------|-----------------|-----------|
| 5.4: Utmatting | Nei | |
| 6.4: Testing | Nei | |
| 8.4: Administrasjon | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Aslak

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------------|-----------------|--|
| 5.6: Testkap. | Nei | |
| 5.8: Redigering | Nei | |
| 7.3: Simulering | Ja | Aslak/Morten hjalp hverandre |
| 8.6: Møte | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Knut

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------|-----------------|-----------|
| Korrosjon | Nei | |
| Test | Nei | |
| Transport | | |

Tilleggs kommentarer:

Morten

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------------|-----------------|--|
| 5.8: Redigering | Ja | Morten/Aslak hjalp hverandre |
| 7: Regulering | Nei | |
| 8.6: Møte | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Glenn

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|---------------------|-----------------|-----------|
| 5.3: Propellteori | Nei | |
| 6.3: Forberede test | Nei | |
| 8.6: Møte | Nei | |
| Sykt barn | Ja | Bilulykke |

Tilleggs kommentarer:

Oversikt over hva som skal gjøres neste uke

Martin

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|--------------------------|-----------------|-----------|
| 5.8: Redigere kompendiet | Nei | |
| 8.7: Intern Presentasjon | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Aslak

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|--------------------------|-----------------|-----------|
| 5.8: Redigere kompendiet | Nei | |
| 8.7: Intern Presentasjon | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Knut

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|--------------------|-----------------|-----------|
| 6.4: Testen | Nei | |
| 6.5: Testrapporten | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Morten

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------------------|-----------------|-----------|
| 5: Kompendiet | Nei | |
| 7: Reguleringsystemet | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Glenn

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------------|-----------------|-----------|
| 7.3: Simulering | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Kort oppsummering av prosjektet i forhold til prosjektplanen

Vi har fått noen nye utfordringer med tanke på tiden som må brukes på simulering. Så vi har frigjort en del av oppgavene til Glenn slik at han kan få konsentrert seg fullt om simuleringen. Vi er også fullt i gang med testingen av prøvestavene. Og er snart ferdig med alle testene som ikke har ligget i sjøvann.

Oversikt over kritiske aktiviteter

Vedlegg

1. Timelister for Martin

| Dato | Aktivitet | Fra kl | Til kl | Timer |
|-------|-----------|--------|--------|-------|
| 19.4. | 5,4 | 09:00 | 19:00 | 10:00 |
| 20.4. | 6,4 | 09:00 | 14:00 | 05:00 |
| 20.4. | 5,4 | 15:00 | 18:30 | 03:30 |
| 21.4. | 6,4 | 09:00 | 12:00 | 03:00 |
| 21.4. | 8,4 | 12:00 | 16:00 | 04:00 |
| 22.4. | 5,4 | 09:00 | 15:00 | 06:00 |
| 23.4. | 5,4 | 09:00 | 15:00 | 06:00 |
| 24.4. | 5,4 | 12:00 | 15:00 | 03:00 |
| 25.4. | 5,4 | 17:00 | 19:00 | 02:00 |

2. Timelister for Aslak

| Dato | Aktivitet | Fra kl | Til kl | Timer |
|-------|-----------|--------|--------|-------|
| 19.4. | 5,6 | 08:30 | 14:30 | 6:00 |
| 19.4. | | 17:00 | 19:00 | 2:00 |
| 20.4. | 5,6 | 08:30 | 14:30 | 6:00 |
| 20.4. | 5,8 | 15:59 | 23:59 | 8:00 |
| 21.4. | 5,8 | 00:00 | 00:30 | 0:30 |
| 21.4. | 8,6 | 09:30 | 12:00 | 2:30 |
| 21.4. | 8,6 | 12:00 | 15:00 | 3:00 |
| 22.4. | 7,3 | 08:30 | 17:30 | 9:00 |
| 23.4. | 7,3 | 22:00 | 23:30 | 1:30 |
| 23.4. | 7,3 | 10:00 | 12:00 | 2:00 |

3. Timelister for Knut

| Dato | Aktivitet | Fra kl | Til kl | Timer |
|-------|-----------|--------|--------|-------|
| 19.4. | | 08:30 | 09:30 | 01:00 |
| 19.4. | | 09:30 | 14:00 | 04:30 |
| 19.4. | | 14:00 | 19:00 | 05:00 |
| 20.4. | | 09:00 | 09:30 | 00:30 |
| 20.4. | | 09:30 | 14:00 | 04:30 |
| 20.4. | | 14:00 | 18:00 | 04:00 |
| 21.4. | | 09:00 | 09:30 | 00:30 |
| 21.4. | | 09:30 | 16:00 | 06:30 |
| 22.4. | | 09:00 | 09:30 | 00:30 |
| 22.4. | | 09:30 | 14:30 | 05:00 |
| 23.4. | | 09:30 | 13:00 | 03:30 |

4. Timelister for Morten

| Dato | Aktivitet | Fra kl | Til kl | Timer |
|--------|-----------|--------|--------|-------|
| 19.04. | 7 | 09:00 | 14:30 | 05:30 |
| 19.04. | 7 | 18:00 | 19:00 | 01:00 |
| 20.04. | 7 | 08:30 | 14:30 | 06:00 |
| 20.04. | 7 | 18:30 | 19:30 | 01:00 |
| 20.04. | 5,8 | 19:30 | 22:30 | 03:00 |
| 21.04. | 7 | 09:00 | 11:00 | 02:00 |
| 21.04. | 8,6 | 11:00 | 12:00 | 01:00 |
| 21.04. | 7 | 12:00 | 14:30 | 02:30 |
| 22.04. | 5,8 | 09:00 | 17:30 | 08:30 |

5. Timelister for Glenn

| Dato | Aktivitet | Fra kl | Til kl | Timer |
|-------|-----------|--------|--------|-------|
| 19.4. | 5,3 | 09:00 | 15:00 | 06:00 |
| 20.4. | 5,3 | 08:30 | 12:00 | 03:30 |
| 20.4. | 6,3 | 12:00 | 15:00 | 03:00 |
| 21.4. | 8,4 | 10:00 | 11:00 | 01:00 |
| 21.4. | 5,3 | 11:00 | 14:00 | 03:00 |
| 22.4. | 5,3 | 08:30 | 11:30 | 03:00 |
| 21.4. | | 14:00 | 16:00 | 02:00 |
| 22.4. | | 08:00 | 16:00 | 08:00 |
| 23.4. | | 08:00 | 16:00 | 08:00 |

Oppfølgingsdokument

Uke nr: 19

Forfatter: Martin Moberg

Dato: 18.5.2010

Gjennomgang av sist ukes jobb

Martin

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|----------------------------|-----------------|-----------|
| 5.8: Redigere kompendiet | Nei | |
| 8.4: Administrativt arbeid | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Aslak

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|----------------------------|-----------------|-----------|
| 5.8: Redigere kompendiet | Nei | |
| 8.4: Administrativt arbeid | Nei | |
| 8.6: Møte | Nei | |
| 8.7: Intern presentasjon | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Knut

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|--------------------------|-----------------|-----------|
| Test | Nei | |
| 5.8: Redigere kompendiet | Nei | |
| 8.6: Møte | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Morten

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|----------------------------|-----------------|-----------|
| 5.8: Redigere kompendiet | Nei | |
| 7.2: Regulering | Nei | |
| 8.4: Administrativt arbeid | Nei | |
| 8.7: Intern presentasjon | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Glenn

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|--------------------------|-----------------|-----------|
| 5.2: Lage innledning | Nei | |
| 5.8: Redigere kompendiet | Nei | |
| 6.6: Testrapport | Nei | |
| 8.6: Møte | Nei | |
| 8.7: Intern presentasjon | Nei | |

Tilleggs kommentarer:

Oversikt over hva som skal gjøres neste uke

Martin

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------------------------------|-----------------|-----------|
| 5.8: Redigere kompendiet | Nei | |
| 7.4: Reguleringsrapport | Nei | |
| 8.2: Dokumentering og innlevering | Nei | |
| 8.6: Oppdateringsmøte | Nei | |

Tilleggskommentarer:

Aslak

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------------------------------|-----------------|-----------|
| 5.8: Redigere kompendiet | Nei | |
| 7.4: Reguleringsrapport | Nei | |
| 8.2: Dokumentering og innlevering | Nei | |
| 8.6: Oppdateringsmøte | Nei | |

Tilleggskommentarer:

Knut

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------------------------------|-----------------|-----------|
| 5.8: Redigere kompendiet | Nei | |
| 8.2: Dokumentering og innlevering | Nei | |
| 8.6: Oppdateringsmøte | Nei | |

Tilleggskommentarer:

Morten

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------------------------------|-----------------|-----------|
| 5.8: Redigere kompendiet | Nei | |
| 7.2: Regulering | Nei | |
| 8.2: Dokumentering og innlevering | Nei | |
| 8.6: Oppdateringsmøte | Nei | |

Tilleggskommentarer:

Glenn

| Aktivitet | Avvik fra plan? | Kommentar |
|-----------------------------------|-----------------|-----------|
| 5.8: Redigere kompendiet | Nei | |
| 7.4: Reguleringsrapport | Nei | |
| 8.2: Dokumentering og innlevering | Nei | |
| 8.6: Oppdateringsmøtet | Nei | |

Tilleggskommentarer:

Kort oppsummering av prosjektet i forhold til prosjektplanen

Vi nærmer oss den interne fristen for å ha kompendiet ferdig, så uken har gått til å kommentere og redigere de forskjellige kapitlene. Det har også vært en intern presentasjon denne uken for intern veileder.

Oversikt over kritiske aktiviteter

Vedlegg

1. Timelister for Martin

| Dato | Aktivitet | Fra kl | Til kl | Timer |
|-------|-----------|--------|--------|-------|
| 13.5. | 5,8 | 23:00 | 00:00 | 01:00 |
| 14.5. | 5,8 | 10:00 | 16:00 | 06:00 |
| 15.5. | 5,8 | 12:00 | 16:00 | 04:00 |
| 16.5. | 8,4 | 15:00 | 17:00 | 02:00 |

2. Timelister for Aslak

| Dato | Aktivitet | Fra kl | Til kl | Timer |
|-------|-----------|--------|--------|-------|
| 10.5. | 5,8 | 08:30 | 16:00 | 7:30 |
| 11.5. | 8,6 | 08:30 | 16:00 | 7:30 |
| 12.5. | 8,6 | 08:30 | 10:00 | 1:30 |
| 12.5. | 8,7 | 10:00 | 14:00 | 4:00 |
| 12.5. | 8,4 | 21:30 | 23:00 | 1:30 |
| 13.5. | 5,8 | 08:30 | 16:00 | 7:30 |
| 14.5. | 5,8 | 08:30 | 16:00 | 7:30 |

3. Timelister for Knut

| | | | | |
|-------|--|-------|-------|-------|
| 10.5. | | 08:00 | 15:00 | 07:00 |
| 11.5. | | 11:00 | 12:00 | 01:00 |
| 12.5. | | 10:00 | 13:00 | 03:00 |
| 12.5. | | 13:00 | 16:00 | 03:00 |
| 13.5. | | 10:00 | 17:00 | 07:00 |
| 14.5. | | 09:00 | 17:00 | 08:00 |
| 16.5. | | 12:00 | 14:30 | 02:30 |

4. Timelister for Morten

| Dato | Aktivitet | Fra kl | Til kl | Timer |
|-------|-----------|--------|--------|-------|
| 10.5. | 8,4 | 09:00 | 16:00 | 07:00 |
| 11.5. | 5,8 | 08:30 | 15:30 | 07:00 |
| 13.5. | 5,8 | 08:00 | 12:00 | 04:00 |
| 12.5. | 8,7 | 08:30 | 14:00 | 05:30 |
| 13.5. | 5,8 | 15:30 | 17:00 | 01:30 |
| 13.5. | 5,8 | 18:00 | 20:00 | 02:00 |
| 14.5. | 5,8 | 08:00 | 11:00 | 03:00 |
| 14.5. | 7,2 | 14:00 | 15:30 | 01:30 |
| 15.4. | 5,8 | 13:00 | 15:00 | 02:00 |

5. Timelister for Glenn

| Dato | Aktivitet | Fra kl | Til kl | Timer |
|-------|-----------|--------|--------|-------|
| 10.5. | 5,8 | 08:30 | 16:00 | 07:30 |
| 11.5. | 5,8 | 08:30 | 16:00 | 07:30 |
| 12.5. | | 10:00 | 14:00 | 04:00 |
| 12.5. | 7,3 | 08:30 | 10:00 | 01:30 |
| 12.5. | 6,6 | 14:00 | 16:00 | 02:00 |
| 13.5. | 6,6 | 07:30 | 16:00 | 08:30 |
| 14.5. | 6,6 | 10:00 | 15:00 | 05:00 |
| 15.5. | 5,2 | 08:00 | 10:00 | 02:00 |
| 15.5. | 6,6 | 10:00 | 13:00 | 03:00 |

Møtereferat

| | | | |
|--------------------|---|----------------------|-----|
| Møte nr: | (1) | | |
| Møte: | Navn på møte, omhandler det noe spesielt? | Saks ref: | (2) |
| Sted: | Hvor møte fant sted | Møtedato: | (3) |
| Referent: | Hvem skriver dette referatet | Antall sider: | (4) |
| Deltakere: | Hvem var til stede | | |
| Fraværende: | Hvem var ikke til stede | | |
| Kopi til: | Skal referatet sendes til noen (for eksempel de fraværende) skrives det her, e-postadresse eller liknende | | |

- (1) Møtene nummereres fra 001 og oppover, viktig å få med tre siffer for at møtereferatene havner kronologisk på huddle
- (2) Saks ref: er møtet holdt for å ta opp en tidligere sak, og kun det. Bør saksnummeret til denne saken skrives inn her.
- (3) Møtedato fylles inn på standard form eks: 1.1.2010
- (4) Totalt antall sider

Saksliste

| Sak. Nr: | Sak til behandling | Ansvar | Frist |
|----------|--|--------|-------|
| (5) | Navn på saken i fet skrift Hva ble diskutert, hva kom man frem til | (6) | (7) |

- (5) Saksnummer skrives på formen (møtenummer).(økende nummerering)
- (6) Hvis det i løpet av saken ble avtalt at noen skulle gjøre noe kan den ansvarlige personen navngis her.
- (7) Frist for oppgaven som ble definert i punkt (6)

Oppfølgingsliste

| Sak. Nr: | Sak til oppfølging | Ansvar | Frist |
|----------|--|--------|-------|
| Som (5) | Navn på saken i fet skrift Var det noe man ikke rakk å diskutere ferdig, eller noe som mangler før diskusjonen kan fortsette? Da kan saken overføres på oppfølgingslista. Ved neste møte blir denne tatt opp om mulig. | (8) | (9) |

- (8) Hvis noen må få tak i noe før saken kan tas videre, kan personen navngis her.
- (9) Til når skal punkt (8) gjøres

Møtereferatet lagres med et navn på formen:

Møte (Møtenummer) – (Møtenavn) – (Møtested) – (Møtedato)

Eks: Møte 001 – Test møte om MAL – Prosjektrom på HiBu – 1.1.2010

Det er viktig å ha mellomrom både før og etter bindestrekene.

Møtereferat

Møte nr: 001

| | | | |
|--------------------|---|----------------------|----------|
| Møte: | Test av MAL møtereferat | Saks ref: | |
| Sted: | Prosjektrom på HiBu | Møtedato: | 1.1.2010 |
| Referent: | Aslak Brage Espeland | Antall sider: | 1 |
| Deltakere: | Knut R. Føre, Glenn A. Jensen, Martin Moberg, Aslak B. Espeland, Morten S. Sletta | | |
| Fraværende: | Jamal Safi | | |
| Kopi til: | Jamal Safi (Jamal.Safi@hibu.no) | | |

Saksliste

| Sak. Nr: | Sak til behandling | Ansvar | Frist |
|----------|--|--------|----------|
| 001.1 | Navn på referatene Vi diskuterte hvorvidt navnet på referatene tilfredstiler de kravene som sensorene stiller til dokumenter. Vi kom fram til at dette høyst sannsynlig er etter de krav som stilles | | |
| 001.2 | Hvordan fylle ut et referat Vi diskuterte hvordan vi vil at referatene skal fylles ut, det vi kom fram til var at Aslak skal skrive en beskrivelse som blir lagt ved selve møtereferatet. | Aslak | 2.1.2010 |
| 001.3 | Dresskode Vi diskuterte om det skulle stilles krav til hva slags klær vi i gruppa har på oss til daglig. Det ble store uenigheter og vi bestemte oss for at Martin som prosjektleder, skulle sjekke opp hvilke regler som gjelder i prosjekthåndboka. Saken vil vi så ta opp videre på neste møte om en uke. | Martin | 8.1.2010 |
| 000.2 | Kaffetrakter Diskusjonen om kaffetrakteren som ble starten forrige uke, ble tatt opp på nytt. Vi kom fram til at den andre gruppa på prosjektrommet skulle stille med kaffetrakter. | | |

Oppfølgingsliste

| Sak. Nr: | Sak til oppfølging | Ansvar | Frist |
|----------|--|--------|----------|
| 000.5 | Presentasjon 1 Vi startet diskusjonen om hvilken dato som passet best for presentasjon 1, men måtte avslutte da vi har for liten kunnskap om hvor mye vi vil ha produsert til den tid. Saken må tas opp når presentasjonen nærmer seg. | | |
| 001.3 | Dresskode Vi diskuterte om det skulle stilles krav til hva slags klær vi i gruppa har på oss til daglig. Det ble store uenigheter og vi bestemte oss for at Martin som prosjektleder, skulle sjekke opp hvilke regler som gjelder i prosjekthåndboka. Saken vil vi så ta opp videre på neste møte om en uke. | Martin | 8.1.2010 |
| | | | |

Dette er et eksempel på hvordan møtereferatet skal fylles ut. Ikke alle saker trenger å ha noen ansvarspersoner, men det er viktig at man tar opp saker fra oppfølgingslista så den ikke bare blir lenger og lenger. Det bør være møteleders ansvar å ta med forrige møtereferat.

Møtereferat

Møte nr: 1

| | | | |
|-------------|--------------------------------------|---------------|----------|
| Møte: | Første møte med DNV | Saks ref: | |
| Sted: | DNV Høvik | Møtedato: | 08.10.09 |
| Referent: | Glenn | Antall sider: | 1 |
| Deltakere: | Aslak, Knut, Martin, Morten og Glenn | | |
| Fraværende: | | | |
| Kopi til: | Huddle | | |

Saksliste

| Sak. Nr: | Sak til behandling | Ansvar | Frist |
|----------|---|---|-------|
| 1.1 | Det ble snakket om feil ved propeller i sjøvann. Johan viste frem 3 caser med skipspropeller som hadde feilet under utmatting. Det ble da snakket om oppgaveinnhold, utmattings teori ,matrilegenskaper og propeller. Referer til dokument: Stikkord møte1 hos DNV | DNV Aslak Knut Martin Morten Glenn | |
| 1.2 | Finne maskin som kan utføre utmattingstester | Gruppa, DNV | |
| | | | |

Oppfølgingsliste

| Sak. Nr: | Sak til oppfølging | Ansvar | Frist |
|----------|--|--------|----------|
| 1.2 | Finne maskin som kan utføre utmattingstester | Gruppa | 01.12.09 |
| | | | |
| | | | |

Møtereferat

Møte nr: 2

| | | | |
|--------------------|--------------------------------------|----------------------|------------|
| Møte: | Ansvars områder | Saks ref: | |
| Sted: | Kantina Hibu Kongsberg | Møtedato: | 29.10.2009 |
| Referent: | Aslak | Antall sider: | 1 |
| Deltakere: | Aslak, Knut, Glenn, Martin og Morten | | |
| Fraværende: | Ingen | | |
| Kopi til: | Huddle | | |

Saksliste

| Sak. Nr: | Sak til behandling | Ansvar | Frist |
|----------|---|--------|------------|
| 2.1 | Ansvarsområder Vi diskuterte hvilke ansvarsområder vi hittil kunne dele opp prosjektet i og skrev dette over i et egen dokument. Ansvars områder.doc | Martin | |
| 2.2 | Sterke sider Vi diskuterte hvorvidt vi burde gjøre en "personlige egenskaper" test og kom frem til at vi ville gjennomføre Florid Circular test | Martin | |
| 2.3 | Spilleregler Det ble avgjort at vi på neste møtet om en uke skal sette oss ned og skrive ned noen spilleregler for prosjektet | Martin | 05.11.2009 |

Oppfølgingsliste

| Sak. Nr: | Sak til oppfølging | Ansvar | Frist |
|----------|--|--------|------------|
| 2.1 | Ansvarsområder Dokumentet bør følges opp for evt. Senere utvikling og bruk i Prosjektplanleggingen | Martin | 05.01.2009 |
| 2.2 | Gjennomføring av Florid Circular test | Martin | 05.01.2009 |

Møtereferat

Møte nr: 3

| | | | |
|--------------------|---------------------------------|----------------------|------------|
| Møte: | Spilleregler | Saks ref: | |
| Sted: | Aslak | Møtedato: | 05.11.2009 |
| Referent: | Aslak | Antall sider: | 1 |
| Deltakere: | Martin , Glenn, Morten og Aslak | | |
| Fraværende: | Knut | | |
| Kopi til: | Huddle | | |

Saksliste

| Sak. Nr: | Sak til behandling | Ansvar | Frist |
|----------|--|--------|-------|
| 3.1 | Spilleregler Møtet gikk stort sett ut på å utforme et sett med spilleregler for prosjektgruppa. Disse ble satt i system i et dokument Spilleregler.doc Disse må gjennomgås etter flolidus Circular testen og utbedres. | Martin | |

Oppfølgingsliste

| Sak. Nr: | Sak til oppfølging | Ansvar | Frist |
|----------|--|--------|------------|
| 3.1 | Spilleregler Følges opp etter Floridus Circular Testen | Martin | 05.01.2010 |

Møtereferat

Møte nr: 4

| | | | |
|--------------------|--------------------------------------|----------------------|------------|
| Møte: | Forberedning til DNV møte nr 2 | Saks ref: | |
| Sted: | Morten | Møtedato: | 17.12.2009 |
| Referent: | Aslak | Antall sider: | 1 |
| Deltakere: | Morten, Knut, Martin, Glenn og Aslak | | |
| Fraværende: | Ingen | | |
| Kopi til: | Huddle | | |

Saksliste

| Sak. Nr: | Sak til behandling | Ansvar | Frist |
|----------|---|--------|------------|
| 4.1 | Aslak smått om timelister Oversikt over dokumenter og når de er skrevet er lagt ut på huddle. | Aslak | |
| 4.2 | Morten om testing Litt problemer med internett, men dokument med linker kommer på huddle. Presentasjonen er lagt ut på huddle under Presentasjoner | Morten | |
| 4.3 | Martin om utmatting Presentasjon blir laget og lagt ut på huddle fortløpende | Martin | 24.12.2009 |
| 4.4 | Knut om korrosjon Førte til en del spørsmål som skal stilles til dnv, Laget derfor en egen Presentasjon som vi bruker under DNV møtet. Begge presentasjonene legges ut på huddle fortløpende | Knut | 24.12.2009 |
| 4.5 | Glenn om Propeller Vanskelig tema, presentasjonen blir lagt ut på huddle fortløpende. Saken følges videre opp etter møte med DNV | Glenn | 24.12.2009 |

Oppfølgingsliste

| Sak. Nr: | Sak til oppfølging | Ansvar | Frist |
|----------|---|--------|------------|
| 4.5 | Propellteori Hvilken stilling tar vi til propellteori? Hvor dypt skal det "dykkes"? | Glenn | 05.01.2010 |

Møtereferat

Møte nr: 5

| | | | |
|--------------------|---|----------------------|------------|
| Møte: | Møte hos DNV om kravspesifikasjon med mer | Saks ref: | |
| Sted: | DNV, Høvik | Møtedato: | 18.12.2009 |
| Referent: | Aslak | Antall sider: | 1 |
| Deltakere: | Knut, Martin, Morten og Aslak | | |
| Fraværende: | Glenn | | |
| Kopi til: | Huddle | | |

Saksliste

| Sak. Nr: | Sak til behandling | Ansvar | Frist |
|----------|--|--------|-------|
| 5.1 | Kravspesifikasjon Vi diskuterte hvilke krav DNV har til oppgaven, og hvilke krav prosjektgruppa stiller. | | |
| 5.2 | Utmattingstest Prøvematerialet har Johan vært i kontakt med fabrikk om, det er enda noe uvist om og når. Tilvirkningen skulle Johan prøve så godt han kan å hjelpe til med. Gruppa blir ellers nødt til å finne en løsning. | | |
| 5.3 | Dokumentasjon og arbeidsrom Dokumentasjonen gruppa trenger fra DNV er hovedsakelig elektronisk og kan vidreformiddles ved mail. Ellers vil dokumentene bli scannet og sendt på mail. Det er i utgangspunktet ikke mulighet til å sitte hos DNV og arbeide. | | |
| 5.4 | Lærebok Vi diskuterte arbeidet rundt læreboken og hva den skal inneholde, samt omfanget av det som skal stå der. DNV stilte ingen krav til utseende og logoer. | | |

Oppfølgingsliste

| Sak. Nr: | Sak til oppfølging | Ansvar | Frist |
|----------|---|--------|----------|
| 5.2 | Utmattingstest Gruppa tar videre kontakt med Høyskolen i oslo for å avtale lån av maskin. Johan kommer tilbake med mer informasjon om materialet. | Glenn | 8.1.2010 |

Møtereferat

Møte nr: 6

| | | | |
|--------------------|--|----------------------|-----------|
| Møte: | Møte etter presentasjon 1 | Saks ref: | |
| Sted: | Prosjektrom Hibu Kongsberg | Møtedato: | 15.1.2010 |
| Referent: | Morten | Antall sider: | 2 |
| Deltakere: | Aslak, Knut, Glenn, Martin, Morten, Jamal og John Olav | | |
| Fraværende: | Ingen | | |
| Kopi til: | Huddle | | |

Saksliste

| Sak. Nr: | Sak til behandling | Ansvar | Frist |
|----------|---|--------|-------|
| 6 | Kommentarer til dokumentene John Olav la frem kommentarer til dokumentene vi leverte før presentasjon1. | | |
| 6.1 | Visjonsdokumentet I visjonsdokumentet bør det stå: <ul style="list-style-type: none">- Bedre virkningsgraden- Medføre hydrogenmetning | | |
| 6.3 | Kravspecc I kravspeccen bør følgende bli endret: <ul style="list-style-type: none">- 4.1.2: vil øke virkningsgraden Vil redusere utmattingen Ta vekk i kunstig sjøvann i anbefalingen Spesifisere kravspeccen mer i forhold til litteraturstudiet. | | |
| 6.4 | Prosjektplanen I prosjektplanen bør følgende bli endret: Under forutsetninger: bør endre fra database til data | | |
| 6.5 | Testspeccen Det kan være aktuelt å teste boka på noen i DNV som til vanlig ikke jobber med propeller. | | |
| 6.6 | Alle dokumenter <ul style="list-style-type: none">- Alle dokumenter bør rettes for skrivefeil- I framtiden hvis vi reviderer tekst som er felles for alle dokumentene må det passes på at denne rettes i alle | | |
| 6.7 | Diverse ting <ul style="list-style-type: none">- Vi må se mer på forventningene DNV har til litteraturstudiet.- Må se på muligheten til å utføre utmattingstestene i 2 serier, først de vanlige ganske tidlig så de som er utsatt for sjøvann senere- De statiske kreftene skal dominere for at vi skal være fornøyd med reguleringa- Vi må se på DNV reglene for utførelse av tester, vi skal gå kritisk inn å gjøre en uavhengig vurdering. Dette gjelder også DNVs regler for øvrig. | | |

| | | | |
|--|---|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> - For vanlig testing i luft betyr Hzen ingenting, for prøvestaver i sjøvann sier DNVs regler at de skal testes med 5Hz, vi skal gjerne kommentere hva vi syns om grensa på 5Hz - Vi vil se rapporten som svensken som hadde om stål hadde lagd - Jamal skulle prøve å finne relevant informasjon som går utenom studiene. | | |
|--|---|--|--|

Oppfølgingsliste

| Sak. Nr: | Sak til oppfølging | Ansvar | Frist |
|----------|--|--------|-------|
| 6.8 | Ambisjonsnivå Prosjektgruppen må i samråd med DNV bli enige om ambisjonsnivået til litteraturstudiet | Martin | |
| 6.9 | Prøvestaver Knut må få dimensjonene som prøvestavene må være å gi denne informasjonen til Johan | Knut | |

Møtereferat

Møte nr: 7

| | | | |
|--------------------|--------------------------------------|----------------------|-----------|
| Møte: | Status møte Njord prosjektgruppe | Saks ref: | |
| Sted: | Prosjektrom, HiBu, Kongsberg | Møtedato: | 28.1.2010 |
| Referent: | Glenn | Antall sider: | 2 |
| Deltakere: | Knut, Martin, Morten ,Aslak og Glenn | | |
| Fraværende: | | | |
| Kopi til: | Huddle | | |

Saksliste

| Sak. Nr: | Sak til behandling | Ansvar | Frist |
|----------|--|------------------------|----------|
| 7.1 | Bruddanalyse Aslak kom med forslag om det kan være mulighet å gjøre en bruddanalyse av prøvestykkene. | | |
| 7.2 | Korrektur Aslak har funne en nettside som tar for seg korrekturskriving. (www.korrekturavdelingen.no) Han har også tatt for seg alle emnene rundt oppgaveskriving å lagt dem i et dokument på huddle. Aslak har også sett på hvordan DNVs og andre tekniske rapporter skrives. | | |
| 7.3 | Mehdi Gruppen kom frem til at alle skal kikke på Medhi sine foiler ang utmatting og korrosjon. | | |
| 7.4 | Iso 1099 Vi må skaffe oss iso standarden for utmattings tester. | Knut, Glenn | |
| 7.5 | Trenger mer av: Utmatting av propeller | Martin, Glenn | |
| 7.6 | Rotering av ansvarsordning Som et ledd i kvalitetssikring skal man rotere ansvaret for et kapittel i kompendiet ved halv tid og ved slutt. Dette medfører at hvert kapittel har blitt skrevet og kontrollert av tre personer. Det skal her lages et testskjema som benyttes av 3 mann. | Martin, Morten og Knut | 5.2.2010 |
| 7.7 | Prosjektplanen Prosjektplanen må oppdateres mhp utmattingstesten og innledningen. | Martin | 1.2.2010 |
| 7.8 | Mail Mail sendes fra nå kun fra preperpost@gmail.com , det skal også leses igjennom all tekst en gang før man sender. | | |
| 7.9 | Ledelse Vi må ha klarere ansvarsområder, alle må ha mulighet til å ta avgjørelser. | | |
| 7.10 | Punktlighet Alle tidspunkter skal følges, om noen kommer for sent til møte eller med en levering skal det dagen etter spanderes snacks på gruppa som reprimande. | | |
| 7.11 | Fokus Vi skal ha mer fokus på DNV sine ønsker enn Olaf sine når vi utarbeider oppgaven. | | |

| | | | |
|-------------|---|---------------|----------|
| 7.12 | Kvalitetssikring Kan det være mulig å benytte system engineering metoder i prosjektet vårt? | | |
| 7.13 | Kravspec og Testspec Disse må oppdateres | Knut og Glenn | |
| 7.14 | Budsjett Det må undersøkes med DNV om reisepenger. | Martin | 5.2.2010 |
| 7.15 | Profilbilde Alle på skaffe profilbilde til hjemmesiden. | Njord | 4.2.2010 |
| 7.16 | Ambisjonsnivå Alle må sende en mail til Martin med en liste over tenkte temaer i sitt kapittel. Martin skal så bringe dette til DNV slik at vi får på plass de siste kravene. | Njord | 1.2.2010 |
| 7.17 | Møte med DNV ang ambisjonsnivå Martin skal møte DNV ang ambisjonsnivå | Martin | 2.2.2010 |

Oppfølgingsliste

| Sak. Nr: | Sak til oppfølging | Ansvar | Frist |
|-------------|---|--------|-------|
| 7.12 | Kvalitetssikring Kan det være mulig å benytte system engineering metoder i prosjektet vårt? | | |

Møtereferat

Møte nr: 8

| | | | |
|--------------------|-------------------------------|----------------------|----------|
| Møte: | Møte hos DNV om ambisjonsnivå | Saks ref: | |
| Sted: | DNV, Høvik | Møtedato: | 4.2.2010 |
| Referent: | Martin | Antall sider: | 1 |
| Deltakere: | Martin, Johan, John-Olav | | |
| Fraværende: | | | |
| Kopi til: | Huddle | | |

Saksliste

| Sak. Nr: | Sak til behandling | Ansvar | Frist |
|----------|---|--------|-------|
| 8.1 | Ambisjonsnivå Gikk gjennom til hvilken grad vi skulle gå i dybden på de forskjellige emnene vi skal ha med i kompendiet. | | |
| 8.2 | Korrosjon Gikk gjennom de punktene som Knut hadde satt opp i forhold til det med korrosjon. John Olav kommenterte at det da var spesielt korngrensekorrosjon og korrosjonsutmatting som er aktuelt som prosjektet vårt. Han nevnte også at det er greit å knytte korrosjonen opp mot det med utmatting og propellteorien vår. | | |
| 8.3 | Testteori Nevnte Iso-1099 for dem, og det virket som det var en standard dem var kjent med når det kom til testing. De hadde prøvd å finne den selv, men uten hell. Så dem skulle snakke videre med biblioteket sitt om å få tak i den. Skulle sende den over så fort dem hadde fått den. | | |
| 8.4 | Reguleringsoppgaven Det var greit å vi tok utgangspunkt i singel screw propeller. Det å finne et eksempel på wakefield over singel screw propeller kunne bli litt mer vrient, siden det ikke var noe dem hadde liggende. Men de vardiene som vi ternger skulle dem bistå med, slik at det skulle bli enkleere for oss. | | |
| 8.5 | Faglitteratur Vi fikk forklart at det ikke har skjedd noe spennede innenfor litteraturfronten på de emnene vi har i den siste tiden. Så det var helt greit at faglitteraturen var gammel. Fikk også med en del litteratur av Johan. | | |

Oppfølgingsliste

| Sak. Nr: | Sak til oppfølging | Ansvar | Frist |
|----------|--|--------|-----------|
| 8.3 | Testteori Føler opp med DNV slik at vi får ISO-1099 på plass | Glenn | 19.2.2010 |

Møtereferat

Møte nr: 9

| | | | |
|--------------------|---------------------------------|----------------------|------------|
| Møte: | Oppfølgingsmøte | Saks ref: | |
| Sted: | Grupperom HiBu | Møtedato: | 10.02.2010 |
| Referent: | Morten | Antall sider: | 1 |
| Deltakere: | Morten Martin Jamal Aslak Glenn | | |
| Fraværende: | Knut | | |
| Kopi til: | | | |

Saksliste

| Sak. Nr: | Sak til behandling | Ansvar | Frist |
|----------|--|--------|-------|
| 9.1 | ISO standard 1099: DNV prøver å finne den hos seg, Jamal mente at vi kan få se den gjennom biblioteket på HiBu eller på NTNU | | |
| 9.2 | Jamal mente at vi bør gjennomføre en prøvetest på utmattingsmaskinen ved å bruke stålprovestaver. | | |
| 9.3 | Vi kan bruke Visio, dette er et tegneprogram som kan være bra å bruke for å lage tegninger og til rapporter og kompendiet | | |
| 9.4 | Vi må få en formening om life cyclen til propeller | | |
| 9.5 | Det var en på NTNU som hadde skrevet en tilnærmet oppgave som omhandlet turbiner, kan være verdt å se på | | |
| 9.6 | Vi bør vurdere å få putte inn litt cosmos | | |

Oppfølgingsliste

| Sak. Nr: | Sak til oppfølging | Ansvar | Frist |
|----------|---|--------|------------|
| 9.7 | Om 14 dager skal noe av kompendiet være skrevet og levert til Jamal. Alle må komme på neste møtet | Alle | 24.02.2010 |
| | | | |
| | | | |

Møtereferat

Møte nr: 10

Møte: Utmatningsmaskin

Saks ref:

Sted: HiO

Møtedato: 23.2.2010

Referent: Knut Richard Føre

Antall sider: 1

Deltakere: Knut Richard Føre, Martin Moberg

Fraværende:

Kopi til:

Saksliste

| Sak. Nr: | Sak til behandling | Ansvar | Frist |
|----------|-------------------------------|--------|-------|
| | Opplæring av utmatningsmaskin | KRF | |
| | | | |
| | | | |

Oppfølgingsliste

| Sak. Nr: | Sak til oppfølging | Ansvar | Frist |
|----------|--|--------|-------|
| | Skaffe til veie tøyning-spennings-diagram, Ni-Al-Bronshe | GAJ | |
| | Beregne hvilken last og parametre som skal brukes i test | KRF | |
| | Avtale start av test med HiO | KRF | |

Møtereferat

Møte nr: 11

| | | | |
|--------------------|---|----------------------|-----------|
| Møte: | Oppfølgingsmøte 24. februar | Saks ref: | |
| Sted: | HiBu | Møtedato: | 24.2.2010 |
| Referent: | Morten Sletta | Antall sider: | 1 |
| Deltakere: | Knut Richard Føre, Martin Moberg, Morten Sletta, Glenn Andre Jensen, Jamal Safi | | |
| Fraværende: | Aslak Brage Espeland | | |
| Kopi til: | | | |

Saksliste

| Sak. Nr: | Sak til behandling | Ansvar | Frist |
|----------|---|--------|-------|
| 11.1 | Oppdatering av hva vi har gjort til nå | Alle | |
| 11.2 | Oppdatering av hva vi skal gjøre fremover | Alle | |
| 11.3 | Levere det vi har skrivd til kompendiet | Alle | |

Oppfølgingsliste

| Sak. Nr: | Sak til oppfølging | Ansvar | Frist |
|----------|--------------------------------------|--------|-------|
| 11.4 | Levere siste kapittelet i kompendiet | Martin | 26.02 |
| | | | |
| | | | |

Møtereferat

Møte nr: 012

| | | | |
|--------------------|-------------------------------------|----------------------|-----------|
| Møte: | Oppdateringsmøte | Saks ref: | |
| Sted: | Grupperom HiBu | Møtedato: | 03.3.2010 |
| Referent: | Glenn | Antall sider: | 2 |
| Deltakere: | Morten, Martin, Aslak, Glenn, Knut, | | |
| Fraværende: | | | |
| Kopi til: | | | |

Saksliste

| Sak. Nr: | Sak til behandling | Ansvar | Frist |
|----------|--|--------|----------|
| 12.1 | Samledokument Aslak har laget et samledokument som ble gått i mellom. Det var flere feil med overskrifter og mellomrom. Alle må skrive kapittelet med større nøyaktighet. Det skal være så bra som mulig før levering. | Njord | |
| 12.2 | Kompendieoppsett Det ble diskutert hvordan kompendiet skal bygges opp, skal det leses kronologisk eller skal man kunne lese et og et kapittel hver for seg? Alle skal tenke igjennom dette når man skriver. | Njord | |
| 12.3 | Prosjektplan Prosjektplanen må oppdateres. Det skal skrives en oppdateringsoversikt med versjoner. | Martin | 5.3.2010 |
| 12.4 | Kjernedokumenter Vi må opptatere og klargjøre kjernedokumentene. | Njord | |
| 12.5 | Oppdatering av navn på møtereferatene Navnene må hete 001 002 011 | Morten | 5.3.2010 |
| 12.6 | Frist for 3. rulling Det ble satt ny sluttdato for ferdigstilling av kapitlene. Denne ble 16.april | | |
| 12.7 | Oppfølgingsdokumentet Aslak gav et kurs i skriving av oppfølgingsdokument, gruppa kom frem til at det skulle stå navnet på aktiviteten. | Aslak | 5.3.2010 |
| 12.8 | Oppfølgingsliste Oppfølgingsliste er ikke saksliste den er til saker som skal tas opp på neste møte | | |

| | | | |
|-------------|--|--|--|
| 12.9 | Presentasjon 2 Det ble diskutert presentasjon 2 og fastsatt at vi foreslår 26.mars til DNV | | |
|-------------|--|--|--|

Oppfølgingsliste

| Sak. Nr: | Sak til oppfølging | Ansvar | Frist |
|-------------|--------------------------|--------|-------|
| 12.1 | Diskutere presentasjon 3 | | |
| | | | |
| | | | |

Saksliste

| Sak. Nr: | Sak til behandling | Ansvar | Frist |
|-------------|---|--------|----------|
| 12.3 | Prosjektplan Prosjektplanen må oppdateres. Det skal skrives en oppdateringsoversikt med versjoner. | Martin | 5.3.2010 |
| 12.5 | Oppdatering av navn på møtereføratene Navnene må hete 001 002 011 | Morten | 5.3.2010 |
| 12.7 | Oppfølgingsdokumentet Aslak gav et kurs i skriving av oppfølgingsdokument, gruppa kom frem til at det skulle stå navnet på aktiviteten. | Aslak | 5.3.2010 |

Møtereferat

Møte nr: 013

| | | | |
|--------------------|--|----------------------|----------|
| Møte: | Oppfølgingsmøte | Saks ref: | |
| Sted: | HiBu Atek møterom | Møtedato: | 9.3.2010 |
| Referent: | Aslak Brage Espeland | Antall sider: | 1 |
| Deltakere: | Aslak Brage Espeland, Martin Moberg, Morten Sletta, Glenn Andre Jensen, Jamal Safi | | |
| Fraværende: | Knut Richard Føre | | |
| Kopi til: | Huddle | | |

Saksliste

| Sak. Nr: | Sak til behandling | Ansvar | Frist |
|----------|--|------------------------------|--------------------|
| 13.1 | Prosjektplan oppdatert etter påske Administrasjonen på skolen har lagt ut eksamensplanen. Det viser seg at eksamen havner på uka etter påske istedenfor uka før påske. Dette har vi tatt hensyn til i prosjektplanen ved å strekke litt på fristene til kompendiet. På denne måten står vi litt friere til å disponere tiden før påske, og vil kunne jobbe parallelt med prosjekt og eksamensøving. | Alle | |
| 13.2 | Prøvestaver Det hadde vært fint å kunne vise prøvestavene på presentasjon 2. Det ble satt i gang en utmattingstest ved opplæringen på HiO, men grunnet tid ble den ikke kjørt til brudd. Hvor i løypa er prøvestavene? Purre på Johan | Alle Knut | 17.10.2010 |
| 13.3 | Kompendium <ul style="list-style-type: none">- Vi trenger en rød tråd gjennom kompendiet.- Språkmessige store forskjeller på kapitlene fra første runde. Hvordan skrive teknisk-artikkel (google det).- Viktig med gode innledninger til alle overskrifter både 1,2,3,4. Det hjelper ofte den rødetråden i kompendiet. Og forbereder leseren på hva som kommer- Bruke systems-engineering på hele kompendiet, vi trenger en større forståelse for hva oppgaven <u>egentlig</u> går ut på. Samles rundt en pizza en kveld, å ta for oss hele kompendiet som helhet.- Alle figurer skal vinkles mot propeller, bør helt ha en propell avbildet. | Alle Alle Alle | |

Møtereferat

Møte nr: 015

| | | | |
|--------------------|--|----------------------|-----------|
| Møte: | Oppfølgingsmøte | Saks ref: | |
| Sted: | HiBu Grupperom | Møtedato: | 12.5.2010 |
| Referent: | Aslak Brage Espeland | Antall sider: | 3 |
| Deltakere: | Aslak Brage Espeland, Knut Richard Føre, Morten Sletta, Glenn Andre Jensen, Jamal Safi | | |
| Fraværende: | Martin Moberg | | |
| Kopi til: | Huddle | | |

Saksliste

| Sak. Nr: | Sak til behandling | Ansvar | Frist |
|----------|--|--------|-------|
| 15.1 | Presentasjon Kommentarer til presentasjonen: <ul style="list-style-type: none">- bak hele prosjektet inn.- nevnt problemstilling først, få problemstilling fram hele tida!- Kanskje animasjon på geometri- farger på tegninger- på stignings eller slip tegning få på stigning og P på begge- vannhastighet i farger rødt mot blått, (stiplet propell i midten, eller stor bilde så zoom inn)?- Hvorfor er det viktig å bruke Ni-Al bronse?- farger på bcc fcc- komme med "roterende slide shit" før i kompendiet- komme med problemløsning fra kyb perspektiv- plastikkpropell for å vise?- "da jeg fikk oppgaven så sa ekstern sensor at blablabla"- forslag til løsning, ikke løsning!- legge opp oppgaven bedre først, nevnt begrensninger | Alle | |

| | | | |
|-------------|--|------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> - avslutte prop på en måte som introduserer neste kar (korr?) - få en bedre intro til korrosjon - for pres kan det være bra å få med korrosjon mot testing - få tegning om korngrense til å farga som forskjellige metaller - utmatningskorrosjon så korngrense så kanskje galvanisk - få fram problemstilling - få fram begrensningen om testen, for lite tid, for lite i vann, for få staver, for skada staver - få fram hvorfor vi tester. Hvorvidt tilstedeværelse av sjøvann har noe å si for testresultatet kontra å prime de i saltvann først. | | |
| 15.2 | <p>Forslag om å flytte utmatting til etter korrosjon Glenn foreslo å flytte utmatningskapitelet til etter korrosjon g bruke dette kapitelet til å oppsummere med mer.</p> | Alle | |
| 15.3 | <p>Framover</p> <ul style="list-style-type: none"> - Presentasjon 8.juni - Alt skal leveres 28.mai - Intern innlevering 21.mai - Onsdag 19.mai klokka 16:00 kompendiet skal være ferdig retta - Tirsdag 18.mai 08:00 Skal alt være ferdig kommentert | Alle | |
| 15.4 | <p>Detaljert plan fram til 18.mai Morten: til12 torsdag: Mat teori, til16:00: utmatting. Fredag til 12: korrosjon, til 16:00 material prøving</p> <p>Knut: til12 torsdag: Mat prøving, til16:00: prop teori. Fredag til 12: material teori, til 16:00 utmatting.</p> <p>Glenn: ser over testrapport, og sw, lager innledning til kompendiet</p> <p>Aslak: til12 torsdag: Prop teori, til16:00: mat teori. Fredag til 12: utmatting, til 16:00 korrosjon.</p> | Alle | Tirsdag 18.mai klokka 08:00 |

| | | | |
|--|---|--|--|
| | <p>Martin: til 12 torsdag: korrosjon, til 16:00: mat prøving. Fredag til 12: prop teori, til 16:00 mat teori. Føre opp denne planen i prosjektplanen. Gå gjennom alt som er lagt ut på fronter for å se hva som vi har glemt å gjøre. Finn ut hva som skal inn til presentasjon 3 og lag en plan for når og hvordan dette skal bli lagd</p> | | |
|--|---|--|--|

Møtereferat

Møte nr: 16

| | | | |
|--------------------|---------------------------------------|----------------------|-----------|
| Møte: | Siste oppfølgingsmøte | Saks ref: | |
| Sted: | Hibu | Møtedato: | 25.5.2010 |
| Referent: | Glenn A Jensen | Antall sider: | 2 |
| Deltakere: | Aslak, Martin, Morten, Glenn og Jamal | | |
| Fraværende: | Knut F | | |
| Kopi til: | | | |

Saksliste

| Sak. Nr: | Sak til behandling | Ansvar | Frist |
|----------|--|-------------|-------|
| 16.1 | Gjennomgang av Testrapport Jamal så gjennom testrapporten og kom med kommentarer. | Knut, Glenn | 26.5 |
| 16.2 | Gjennomgang av reguleringsrapport Jamal så gjennom testrapporten og kom med kommentarer. | Morten | 26.5 |
| 16.3 | Endelig levering Vi fikk klarhet i hva som skal leveres 31.mai Det blir lagt ut ei liste over hva som skal leveres på Huddle. | Njord | 31.5 |