

UTVIKLING AV TESTVERKTØY FOR BILTILHENGERE

Markus Andreassen Hughes
Silje Heiland

Master i produktutvikling og produksjon
Innlevert: Juni 2012
Hovedveileder: Knut Einar Aasland, IPM

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for produktutvikling og materialer

NORGES TEKNISK-
NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR PRODUKTUTVIKLING
OG MATERIALER

MASTEROPPGAVE VÅR 2012
FOR
STUD.TECHN. MARKUS HUGHES OG SILJE HEILAND

UTVIKLING AV TESTVERKTØY FOR BILTILHENGERE

Development of test tool for car trailers

Tysse er en ledende produsent av tilhengere for personbilmarkedet i Norge. De produserer tradisjonelle tilhengere først og fremst i stål. Tilhengerne brukes under mange forhold, og det er framkommet et behov for bedre å kunne forutse tilhengers holdbarhet under ulike forhold. Resultatene av dette vil på den ene side være forbedrede produkter, på den andre side bedre dokumentasjon av produktene.

I prosjektoppgaven har kandidatene foreslått et opplegg basert på strekkklapper, måleutstyr og trådløst nettverk i samvirke med en bom for automatisk kjøring av henger på testbane som Tysse har bygd.

I denne oppgaven skal kandidatene gå videre med det foreslåtte opplegget. Det skal lages en fungerende prototype for å påvise og beregne utmatting i tilhengerne. Prototypen må kunne innhente data om flere forskjellige utmattingspunkter, samtidig som tilhengeren kjøres i Tysse testtrigg. Løsningen må være utformet på en sånn måte at ansatte hos Tysse både kan stå for innhenting av data og prosessering disse dataene på egenhånd etter oppgavens slutt.

Konkret skal disse punktene gjennomføres:

- Identifikasjon av områder på hengerne som er kritiske med hensyn til styrke
- Utvikling av nødvendig program for å høste data fra strekkklappene og omsette dem til belastningsdata for aktuell henger
- Installering av nødvendig hardware og software hos Tysse
- Testkjøring av systemet på utvalgt(e) henger(e)

Og hvis tida tillater det:

- Utvikling av brukergrensesnitt som gjør systemet lettere anvendelig for Tysse ansatte
- Utvikling av generelle regler for plassering av strekkklappene
- Utredning av muligheten for å teste hengerne på veg, slept etter en bil

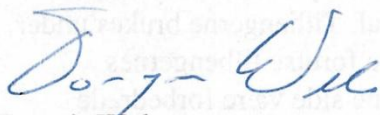
Besvarelsen skal ha med signert oppgavetekst, og redigeres mest mulig som en forskningsrapport med et sammendrag på norsk og engelsk, konklusjon, litteraturliste, innholdsfortegnelse, etc. Ved utarbeidelse av teksten skal kandidaten legge vekt på å gjøre teksten oversiktlig og velskrevet. Med henblikk på lesning av besvarelsen er det viktig at de nødvendige henvisninger for korresponderende steder i tekst, tabeller og figurer anføres på begge steder. Ved bedømmelse legges det stor vekt på at resultater er grundig bearbeidet, at de oppstilles tabellarisk og/eller grafisk på en oversiktlig måte og diskuteres utførlig.

I tillegg til rapporten skal kandidatene levere en PU-journal etter instituttets retningslinjer.

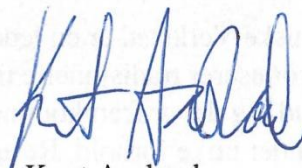
Senest 3 uker etter oppgavestart skal et A3 ark som illustrerer arbeidet leveres inn. En mal for dette arket finnes på instituttets hjemmeside under menyen undervisning. Arket skal også oppdateres ved innlevering av masteroppgaven.

Besvarelsen skal leveres i elektronisk format via DAIM, NTNUs system for Digital arkivering og innlevering av masteroppgaver.

Kontaktperson hos Tysse AS: adm. dir. Rune Tysse



Torgeir Welo
Instituttleder



Knut Aasland
Faglærer



Forord

Denne rapporten er skrevet av Stud. Techn. Markus Hughes og Stud. Techn. Silje Heiland som masteroppgave ved Institutt for Produktutvikling og Materialer ved NTNU. Masteroppgaven løper over et helt semester og teller 30 studiepoeng. Prosjektet er skrevet for og med hjelp fra Tysse i Bergen som er en av Norges ledende produsenter av tilhengere for personbil.

Det har vært god kontakt mellom oppdragsgiver, Tysse, gjennom hele oppgaven og vi ønsker å takke prosjektleder Rune Tysse og daglig leder, Lars Magne Bygheim for god oppfølging. Vi vil også takke produktutvikler hos Tysse, Marcin Kociela for hjelp ved bruk av testriggen i Bergen. Avdelingsingeniør ved IPM, Halvard Støwer, har vært til stor hjelp for oss ved bruk av måleutstyr og ved opplæring i laben. Takk rettes også til Knut Einar Aasland for veiledning av prosjektet.

Trondheim, 8.6.2012


Markus Hughes


Silje Heiland

Sammendrag

Bakgrunnen for denne oppgaven er et ønske fra tilhengerprodusenten Tysse om å utvikle en mer effektiv metode for å beregne levetid i forskjellige punkter på deres tilhengere. Dette skal gjøres ved å bruke strekkklapper i stedet for destruktive metoder slik som brukes i dag. Motivasjonen er å spare tid og penger. Masteroppgaven er basert på prosjektoppgaven skrevet av samme studenter semesteret i forveien. Da masteroppgaven startet var teknologi og utstyr undersøkt og kjøpt inn. Masteroppgaven skal ta dette utstyret til en fungerende løsning. Dette kan i grove trekk deles inn i følgende punkter:

- Tilpassing av måleutstyr
- Materialtesting
- Utvikling av framgangsmåte

Måleutstyret var kjøpt og mottatt da masteroppgaven startet. Brokomplettering ble evaluert og en løsning ble valgt. Dette åpnet for feilsøking, og for å bli kjent med utstyret før testing av utstyret mot testrigger hos Tysse. Besøket bekreftet at valgt utstyr i prosjektoppgaven faktisk fungerte under forholdene. Kompletteringsenheter ble testet under realistiske forhold, noe som førte til utvikling av et nytt, mer robust design. Festemekanisme for måleutstyret mot tilhengeren ble prøvd ut sammen med fuktsikringen.

Etter besøket hos Tysse ble det reservert tid i utmattingslaben der prøver av stålet i tilhengeren ble testet. Dette ble gjort for ytterligere å sikre realistiske resultater fra levetidsberegningene. Prøver ble maskinert, og materialstyrke ble funnet ved strekktesting. Strekktest og utmattingstest ble gjennomført basert på ISO standardene ISO 6892 og ISO 1099. Estimert SN kurve ble sammenliknet med data fra utmattingstestene.

Framgangsmåten for testing av tilhengere ble revurdert i masteroppgaven. Den eksisterende metoden fra prosjektoppgaven ble satt opp mot en ny og enklere løsning som skulle bli bedre tilpasset Tysse. Programvaren for bearbeiding av datamateriale ble videreutviklet og ferdigstilt. Brukermanual som beskriver framgangsmåten steg for steg ble utviklet.

Sluttresultatet ble levert til Tysse i Bergen med demonstrasjon og opplæring av dem som skulle bruke systemet videre. Det ble også lagt fram et forslag til videreføring av systemet.

Abstract

This paper is based on the request from the trailer manufacturing company Tysse to develop a more efficient method of estimating stress life in different trailer components. To do this in a nondestructive way, strain gauges were used to measure strain. Improving cost of development and time consumed were the main motivations. This paper was based on a previous paper written by the same students the previous term. Technology and equipment had been researched and acquired. This paper is all about finishing the existing solution and making it usable. The task may be divided into three main areas

- Adapting equipment
- Material testing
- Development of procedure

At project start the equipment was already available to use. Bridge completion of strain gauge circuit was evaluated and developed. This made bug testing possible before the compatibility with the equipment in Bergen was determined. The trip to Bergen confirmed that the equipment worked adequate. Testing of the completion units led to the design of a new and more robust solution. Methods of fastening and water protection were evaluated.

Testing in Bergen led to time reserved in the fatigue lab to test material used in the trailers. This was to further enhance test quality. Specimens were prepared, and data of material strength was acquired. Tests conducted were based on ISO standard ISO6892 and ISO1099. Results from fatigue testing were used to confirm the estimation of SN-curves.

An alternative to the test procedure in the previous paper was developed. The new procedure was made simpler to implement because of the stronger connection to methodology Tysse already had in use. Further development of fatigue data processing software was conducted, and a release candidate was made. There was also developed a user manual with step by step instructions on how to use the system.

The end result was a system handed over to Tysse in Bergen. Instructions on how to use the system was given to its users. A proposal of further development was also made.

Innhold

Forord.....	iii
Sammendrag	iv
Abstract	v
Innhold	vi
Figurliste	viii
Tabelliste	ix
Formelliste.....	ix
Del 1. Introduksjon	1
1.1 Innledning.....	1
Del 2. Om Tysse og motivasjon for prosjektet	2
2.1 Tysse Mekaniske Verksted AS	2
2.2 Motivasjon.....	3
2.3 Hva som ble gjort i prosjektoppgaven.....	4
2.4 Utstyrsoppsett.....	6
Del 3. Teori	7
3.1 Alternative bro-oppsett.....	7
3.1.1 Kvartbro.....	7
3.1.2 Halvbro	7
3.1.3 Fullbro.....	7
3.1.4 Brukervennlighet og robusthet	8
3.1.5 Komplexjonsmotstander	8
3.2 Utmatting	9
Del 4. Prosjektgjennomføring.....	10
4.1 Forberedelser til testing hos Tysse.....	10
4.1.1 Test av måleutstyr ved bruk av strekkstav	11
4.1.2 Brakett.....	13
4.1.3 Sprutsikring av utstyr.....	18
4.1.4 Mal for liming av strekkklapper	19
4.1.5 Personlig verneutstyr	19
4.2 Testkjøring av utstyr hos Tysse 14.02.12	20
4.2.1 Resultater av testingen.....	21
4.2.2 Bruk av testutstyr på veg, slept etter bil	22
4.2.3 Analyse av testdata	23

4.3 Etter besøket	24
4.3.1 Planlegging av videre arbeid	24
4.3.2 Ny FEM modell	24
4.3.3 Kp basert på FEM.....	25
4.3.4 Nye kompletteringsenheter	26
4.3.5 Skjerming av signalkabler	28
4.3.6 Feste av kompletteringsenhet.....	30
4.3.7 Programvare og brukergrensesnitt	31
4.3.8 Materialtesting	32
4.4 Fremgangsmåte og identifikasjon av problemområder	35
4.4.1 Beskrivelse av fremgangsmåte.....	35
4.4.2 Krav til testingen ved bruk av erfaringsbasert metode.....	38
4.4.3 Valg av fremgangsmåte	39
4.5 Brukermanualen.....	40
4.6 Utstyrsbeskrivelse	41
4.7 Besøk hos Tysse den 29.05.12 – installasjon av utstyr.....	43
4.8 Evaluering av ferdig produkt	44
Del 5. Konklusjon og videre arbeid.....	45
5.1 Konklusjon	45
5.2 Videreføring.....	46
Del 6. Referanser	47
Del 7. Appendiks.....	I
A. Maskintegning av festebrakett til V-Link.....	I
B. Sjekkliste for besøk (14.02.12)	II
C. Rapport fra test hos Tysse 14.02.12	III
D. Brukermanual	IV
E. Data fra materialtesting	VI
F. Brukerkravspesifikasjon	VII
G. Evalueringstabell	VIII
H. Utstyrsliste med bestillingsinformasjon	IX
I. HMS datablad Z 70	X
J. HMS datablad Aceton.....	XI
K. Prosjektoppgaven.....	XII

Figurliste

Figur 1: Varehenger modellnr. 6217	1
Figur 2: Tysse Mekaniske Verksted	2
Figur 3: Illustrasjon av skade påført i testtrigg	3
Figur 4: Testbanen	3
Figur 5: Kritisk punkt.....	4
Figur 6: Forside Prosjektrapporten	5
Figur 7: Utstyrsoppsett.....	6
Figur 8: Kvartbro.....	7
Figur 9: Halvbro samme tøyning	7
Figur 10: Halvbro motsatt tøyning	7
Figur 11: Fullbro	7
Figur 12: Halvbrølapp	8
Figur 13: syklisk spenningsforløp	9
Figur 14: SN-Kurve.....	9
Figur 15: Generell SN-kurve for stål	9
Figur 16: Spenningsforløp strekktest	9
Figur 17: Strekkstav	11
Figur 18: Strekkstav med last	11
Figur 19: Teoretisk og målt tøyning ved forskjellig last.....	12
Figur 20: Festemetoder mellom brakett og V-Link	13
Figur 21: Utvalget stropper som har blitt testet; gummistrikk, kapellstrammer og tekstilreim.....	14
Figur 22: Iterasjon nr. 1	15
Figur 23: Iterasjon nr. 2	15
Figur 24: Iterasjon nr. 3	16
Figur 25: 3D modell	17
Figur 26: Ferdig brakett med V-Link	17
Figur 27: Testoppsett	18
Figur 28: Mal for liming av strekkklapper	19
Figur 29: Anbefalt verneutstyr	19
Figur 30: Illustrasjon av testforberedelse.....	20
Figur 31: Førforhold på testbanen og oppsett av hinder	21
Figur 32: Test av utstyr i bil	23
Figur 33: Modellen før og etter bretting.....	24
Figur 34: FEM analyse for å finne K_p	25
Figur 35: Kompletteringsenhet V1	26
Figur 36: Kompletteringsenhet V2	26
Figur 37: Kontakt V1	26
Figur 39: Måling med behandlet og ubehandlet.....	27
Figur 40: Kontakt V2	27
Figur 38: Fukttest.....	27
Figur 41: Testdata uskjermet kabel uten påført radiostøy	28
Figur 42: Varians i målinger med og uten skjermede kabler	28
Figur 43: Påført radiostøy ved bruk av mobiltelefon under samtale	29
Figur 44: Festemetoder: Lim, sugekopp, magnet, teip og borrelås	30

Figur 45: STOFLO tøyning til spenning	31
Figur 46: Node Commander Low Duty Cycle.....	31
Figur 47: STOFLO Levetid.....	31
Figur 48: Testprøver ferdig maskinert.....	32
Figur 49: Fordeling av deformasjonshastighet i spenningsforløpet.....	32
Figur 50: Prøve med anti-knekning-løsning	33
Figur 51: Spenningsforløp strekktest	33
Figur 52: Utmattingsprøve med anti-knekning-løsning	34
Figur 53: Utmattings tester sammen med estimert SN-kruve	34
Figur 54: FEM basert metode	35
Figur 55: Erfaringsbasert metode.....	36
Figur 56: Identifikasjon av problemområder	37
Figur 57: Tøyningsretning i kritisk punkt	38
Figur 58: Lappen plasseres slik at den ligger parallelt med tøyningen i kritisk punkt.....	38
Figur 59: Side 4 og 5 i brukermanualen.....	40
Figur 60: Utstyrsoversikt	41
Figur 61: Nærbilde Microstrain V-link og base.....	42
Figur 62: Illustrasjon av opplæringen ved testbanen.....	43
Figur 63: Utstyret montert på tilhenger	44

Tabelliste

Tabell 1: Måleresultater	19
Tabell 2: Evalueringstabell.....	39

Formelliste

Formel 1: Spenningsamplitude	9
Formel 2: Spenningsforhold	9
Formel 3: Basquin Slope.....	9
Formel 4: Youngs modulus.....	11
Formel 5: Beregning av krefter.....	32
Formel 6: Knekklast for fast oppspent prøve.....	34

Del 1. Introduksjon

1.1 Innledning

Tysse Mekaniske Verksted er en av Norges ledende produsenter av biltilhengere for privat- og proffmarkedet i Norge. På grunn av økende konkurranse ønsker Tysse å redusere utviklingstiden for nye tilhengere. For å gjøre dette er det laget en teststasjon som blir brukt til å fremkalle brudd i tilhengeren, som så kan forbedres. Tysse ønsker å gjøre dette mer effektivt ved å ta i bruk moderne sensorteknologi og utmattingsanalyse.

Formålet med denne oppgaven er derfor å finne levetid i forskjellige deler av tilhengeren, basert på utmattingsanalyse. På denne måten slipper Tysse å gjøre destruktiv testing for å måle om designendringer har ført til en forbedring. Dette vil gjøre utviklingen av bedre løsninger raskere og mindre kostbart.

Masteroppgaven baserer seg på prosjektoppgaven som ble skrevet semesteret i forveien av undertegnede. Måleutstyr og teori blir her tatt med videre, og det blir utviklet en ferdig løsning. Dette innebærer alt fra oppsett av utstyr til gjennomføring av test, og bearbeiding av data. Utstyrs pakken med ferdig utviklet brukermanual og software blir så levert til Tysse klar til bruk.

Rapporten er delt inn i fem deler. Del 1 og 2 er innledende del og beskrivelse av oppgaven. Del 3 inneholder teori, mens del 4 av rapporten er prosjektgjennomføringen. Del 5 inneholder konklusjonen og videreføring.

Masteroppgaven skiller seg fra prosjektoppgaven i at FEM analysen ble kuttet bort. Dette fordi det ble åpenbart at Tysse verken hadde tid eller ressurser til å sette seg inn i en komplisert metode som dette. Tysse var derfor mer tjent med en metode basert på deres lange erfaring i utvikling av tilhengere.



Figur 1: Varehenger modellnr. 6217

Del 2. Om Tysse og motivasjon for prosjektet

2.1 Tysse Mekaniske Verksted AS

Tysse Mekaniske Verksted AS holder til på Osterøy utenfor Bergen. Selskapet ble opprettet i 1964 og produserte i starten stiger, flaggstenger, tørkestativ og vedkappsager. Produksjonen av biltilhengere kom først i gang i 1972. Tysse er i dag en markedsledende tilhengerprodusent i Norge og har et meget bredt varesortiment. Sortimentet består av blant annet varehengere, bilhengere, båthengere og hestehengere. (Tysse MV)

I tillegg til å produsere tilhengere drives et toppmoderne mekanisk verksted som utfører oppdrag for blant annet bygg og anlegg, fiskeoppdrett, engineeringbedrifter, transportnæringen, offentlige etater og forsvaret. Takket være dette mekaniske verkstedet kan Tysse produsere mesteparten av sine tilhengerdeler selv.



Figur 2: Tysse Mekaniske Verksted

2.2 Motivasjon

Destruktive testmetoder har, fram til i dag, vært Tysse eneste alternativ for produkttesting. Denne testingen har blitt utført enten etter bil, eller mer nylig i Tysse egenproduserte testrigg. Riggeren består av en lang arm som fører tilhengeren rundt på en testbane, se Figur 4. I testbanen er det plassert flere humper som gir kraftige belastninger i tilhengerens konstruksjon når denne kjøres over. Tilhengeren kjøres i testbanen frem til brudd eller andre skader oppstår i konstruksjonen. Forbedringer blir så gjort etter inspeksjon og undersøkelser av disse fremprovoserte skadene. For å teste forbedringene må tilhengeren gjennomgå en ny test i riggeren.

Denne testmetoden er ressurskrevende både i form av tid og kostnad. Hver enkelt test som gjøres vil ødelegge en tilhenger. Tysse ønsker derfor en ny testmetode som eliminerer eller drastisk reduserer behovet for destruktiv testing. En testmetode av denne typen vil tillate hyppigere tester og kan akselerere utviklingen av nye produkter samt forbedring av eksisterende. Hyppigere tester vil gi Tysse mulighet til å påvise skader som følge av feillasting og overlasting, noe som kan brukes som argument i reklamasjonssaker.



Figur 3: Illustrasjon av skade påført i testrigg



Figur 4: Testbanen

2.3 Hva som ble gjort i prosjektoppgaven

Høsten 2012 ble det gjennomført et forberedende prosjekt for denne masteroppgaven. Prosjektoppgaven hadde til hensikt å stifte bekjentskap med situasjonen til oppdragsgiveren, og definere deres behov. Det skulle legges fram forslag til løsning og utstyr skulle kjøpes inn.

Det ble i løpet av høsten foretatt et besøk hos Tysse i deres lokaler i Tyssebotnen utenfor Bergen. Besøket resulterte i en brukerkravspesifikasjon som la grunnlaget for videre arbeid. Brukerkravspesifikasjonen foreligger i Appendiks F. Oppsummert konkluderes det fra brukerkravspesifikasjonen at Tysse ønsker et system som er brukervennlig og robust.

Gjennom hele prosjektet ble IMM modellen for produktutvikling (Hildre, 2002) fulgt, og det ble lagt vekt på å undersøke flere løsninger på utfordringene som oppstod. Dette for å forsikre at løsningen som ble presentert var den beste vi kunne tilby. Oppgavene var av både praktisk og teknisk natur og de viktigste var:

- Undersøkelse av kritiske områder på tilhengeren
- Valg av måleinstrument
- Tekniske utfordringer for implementering av måleutstyr på tilhengeren og testbanen
- Hente inn informasjon og tilbud fra utstyrsleverandører

De kritiske områdene som ble undersøkt var dem Tysse allerede hadde informasjon om. Et av områdene fremstod som spesielt problematisk og det ble besluttet å fokusere arbeidet rundt dette punktet. Punktet er presentert i Figur 5. Ut i fra forholdene i dette punktet og råd fra personer med mye erfaring fra denne typen arbeid ble det besluttet å beregne levetid ut i fra tøyingsanalyse. Måleinstrumentet som ble funnet best egnet var strekkklapper.



Figur 5: Kritisk punkt

Når måleinstrumentet var valgt kunne de praktiske utfordringene rundt dette tas til følge. Disse utfordringene bestod hovedsakelig av:

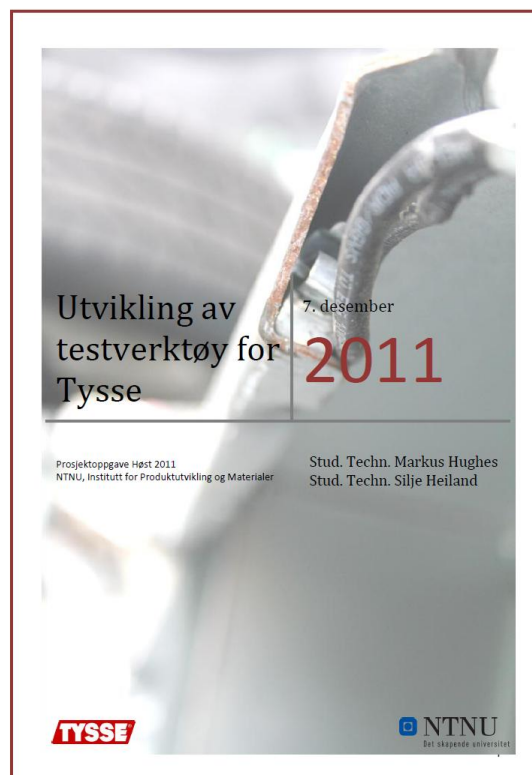
- Strømforsyning
- Dataoverføring og datalogging
- Hensyn til miljø, slik som støt og vibrasjoner samt fukt.
- Forstyrrelser fra elektromagnetisk felt.

Den største utfordringen med tanke på de praktiske utfordringene var at riggen roterer rundt sin egen akse. Dette skapte problemer med hensyn til strømforsyning og dataoverføring. Klimaet i Bergen kan være svært fuktig og dette måtte tas til følge. Testriggen baserer seg på at tilhengeren får belastinger i form av støt og vibrasjoner og dette stilte krav til enten utstyret selv eller måten det ble festet og plassert. Testbanen drives av en kraftig elektrisk motor, og Tysse har tidligere opplevd problemer med utstyr plassert nær denne.

Løsningen ble å bruke utstyr med integrert, oppladbart batteri og trådløs overføring av data. Dataen overføres til en basestasjon som er plassert ved siden av testbanen og denne logger og bearbeider dataen. Utstyret som ble kjøpt inn er sertifisert til å tåle kraftige støt. Produsenten som tilbød den beste løsningen på kravene vi stilte var Microstrain, og det ble kjøpt inn to stk av enheten V-Link med tilhørende basestasjon. Strekkklapper ble også kjøpt inn fra produsenten HBM.

Gjenstående arbeid fra prosjektoppgaven var å finne en løsning for fuktsikring av utstyret, samt å teste utstyret mot testriggen hos Tysse.

I Appendiks 0 ligger prosjektrapporten, og kan i sin helhet, leses her.



Figur 6: Forside Prosjektrapporten

2.4 Utstyrsoppsett



Figur 7: Utstyrsoppsett

Det var nødvendig at plasseringen av utstyret var avgjort slik at kravene til utstyret var kjent før innkjøp. Mesteparten av utstyret vil være festet på tilhengeren og opererer trådløst med batterier som strømkilde.

Informasjonsflyten i utstyret er som illustrert i Figur 7:

- Strekkklappen måler tøyningene til underlaget den sitter på. Her er dette underlaget tilhengerens konstruksjon.
- Informasjonen fra disse går via ledninger inn til en kompletteringsenhet som fullfører brooppsettet. Ut i fra dette sendes informasjon om tøyning som senere kan oversettes til spenninger.
- Informasjonen som sendes fra kompletteringsenhet overføres til V-Linken som sender trådløst til basestasjonen som er plassert nær testbanen. Denne dataen kan nå bearbeides på en PC.

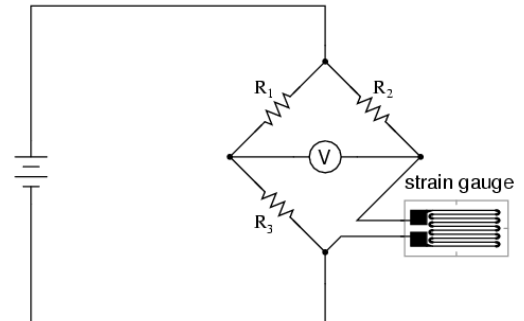
Del 3. Teori

3.1 Alternative bro-oppsett

Som beskrevet i prosjektoppgaven (Appendiks 0) brukes en krets med navnet Wheatstone Bridge for å gjøre motstanden i strekkappen om til en målbar spenning. En Wheatstone Bridge bruker i utgangspunktet tre motstander for å finne en fjerde og ukjent motstand.

3.1.1 Kwartbro

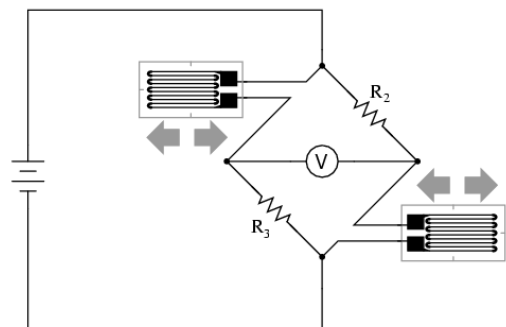
I en $\frac{1}{4}$ bro, eller kvartbro, er denne ene ukjente motstanden representert av en strekkapp, mens motstandene R_1 , R_2 og R_3 i Figur 8 er kjente. Disse motstandene er som regel representert av resistorer med høy kvalitet som sikrer nøyaktige resultater.



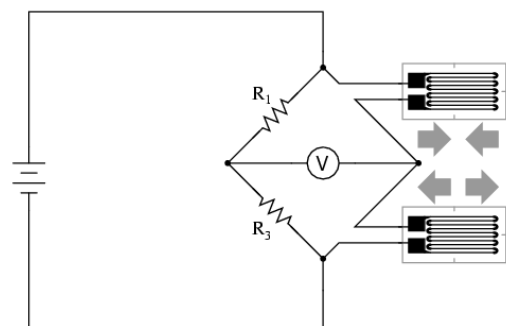
Figur 8: Kwartbro

3.1.2 Halvbro

I en $\frac{1}{2}$ bro, eller halvbro, er to av motstandene byttet ut med strekkapper. I Figur 9 er R_1 byttet ut med en strekkapp som utsettes for de samme tøyningene som den første. Dette gir dobbelt så mye signal. Dette betyr at endringen i spenningen i denne halvbroen er dobbelt så stor som i en tilsvarende kvartbro. Det finnes en annen form for halvbro der i stedet for R_1 , blir R_2 eller R_3 byttet ut med en strekkapp. Denne strekkappen kan brukes på to måter. Enten som en dummylapp der den limes på samme materiale som den aktive lappen. Dette på et sted uten tøyning, eller et sted med invers tøyning i forhold til første lappen. Med invers tøyning menes trykk i stedet for strekk, for eksempel på undersiden av en bjelke der første lappen er limt på oversiden. Dummylappen vil gi fordelene av å balansere broen ved temperaturendringer. Dette vil si at den tar hensyn til tøyning i materialet på grunn av temperaturendringer. Med en aktiv lapp i R_2 , med motsatt tøyning, vil broen gi både dobbelt signal samtidig som den tar hensyn til temperaturendringer.



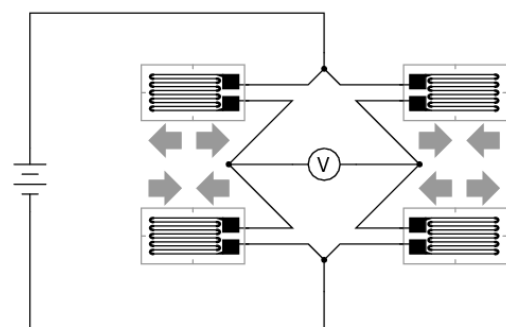
Figur 9: Halvbro samme tøyning



Figur 10: Halvbro motsatt tøyning

3.1.3 Fullbro

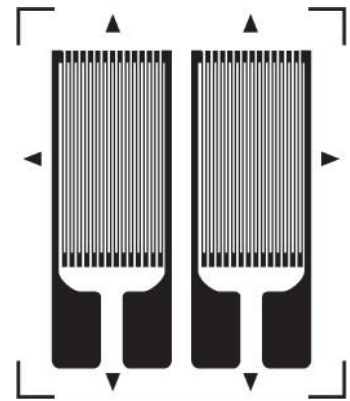
En fullbro består av fire strekkapper. Dette gir samme fordelene som en halvbro med motsatt tøyning, men doubler signalstyrken enda en gang. Dette vil si at fullbroen har fire ganger så sterkt signal som kvartbroen. Fullbroen kan også konfigureres med to dummylapper i stedet for R_2 og R_3 . Dette gjøres gjerne der områder med motsatt tøyning ikke er tilgjengelig.



Figur 11: Fullbro

3.1.4 Brukervennlighet og robusthet

Ved bruk av halvbro og helbro blir det dobbelt og fire ganger så mange strekkklapper å lime og montere. Dette gjør systemet mindre brukervennlig og krever mer tid per måling. I tillegg vil flere komponenter redusere robustheten ved at det er flere ting som kan gå galt. Testing i laben har vist at dårlig kontakt i loddepunkter kan gi støy i signalene. Med flere loddepunkter øker sjansen for slik støy. Og arbeidet med å finne de dårlige punktene blir vanskeligere. Det er likevel verd å nevne at det finnes strekkklapper som er beregnet for halvbro og fullbro i seg selv. Illustrasjonen i Figur 12 er et eksempel på en halvbrølapp som er beregnet for samme tøyning i begge lappene for å doble signalet. Slike lapper gjør jobben lettere, men gir dårligere presisjon for oppgaver der det skal måles tøyning i et bestemt punkt. Dette fordi lappen blir større og derfor måler over et større område enn en singel lapp vil gjøre i en kvartbro.



Figur 12: Halvbrølapp

3.1.5 Komplexjonsmotstander

Motstandene R1, R2 og R3 blir ofte kalt kompleksjonsmotstander. Dette fordi disse kompletterer broen med den ukjente motstanden. Motstandene må i utgangspunktet loddess inn i den eksterne kretsen, noe som reduserer robustheten på samme måte som ved å bruke lapper. Utstyret fra Microstrain har derfor muligheten for interne kompleksjonsmotstander som tar bort behovet for eksterne motstander, og ulempene de medfører. Disse interne motstandene er mindre trivielle å installere. Det er derfor bare hensiktsmessig å bruke slike kompleksjonsmotstander dersom utstyret skal brukes til kun en type bro-oppsett.

3.2 Utmatting

For å gjøre utmattingsberegninger er det viktig å ha en godt estimert SN-kurve. SN-kurven blir laget ved å utsette en materialprøve for syklisk last (Figur 13) med en gitt spenningsamplitude, σ_a (Dowling, 2006), se Formel 1.

Formel 1: Spenningsamplitude

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

Ved middelspenning, σ_m , lik null er spenningsforholdet $R = -1$, se Formel 2.

Formel 2: Spenningsforhold

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

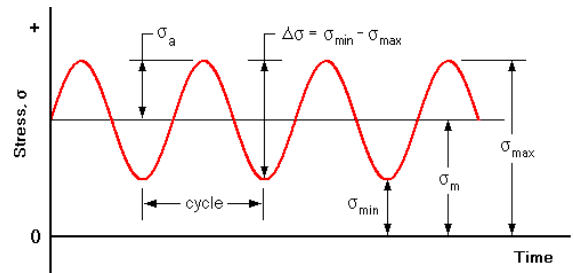
Ved estimering av SN-kurve er stress ratioen $R = -1$.

Når prøven går til brudd utgjør testen et datapunkt med informasjonen spenningsamplitude og sykler før brudd. Med flere slike datapunkt og flere forskjellige spenningsamplituder, kan det plottes en SN-kurve, se Figur 14. Stigningstallet til SN-kurven blir ofte kalt Basquin Slope (Dowling, 2006) og er gitt ved Formel 3.

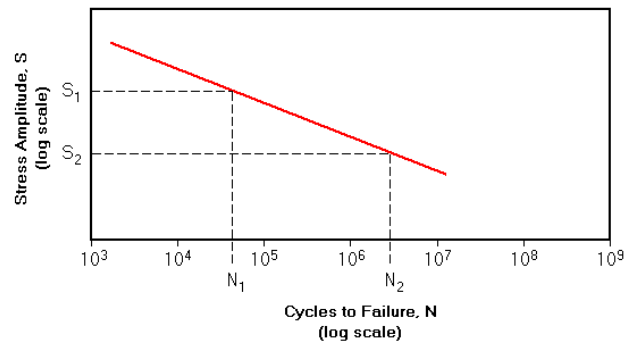
Formel 3: Basquin Slope

$$b = \frac{-(\log S_1 - \log S_2)}{\log N_2 - \log N_1}$$

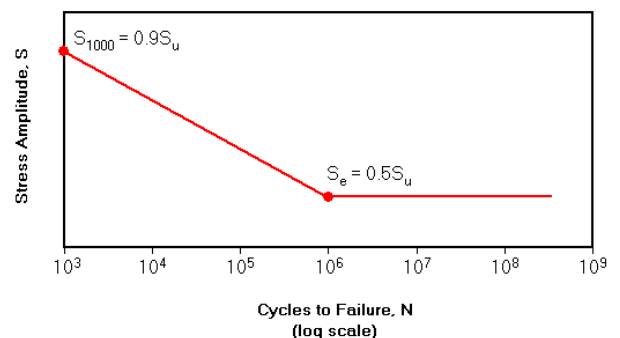
SN-kurven har forskjellig form for ulike materialer. Stål av typen Tysse bruker i sine tilhengere er mye brukt i forskjellige sammenhenger, og generelle regler for utmattingssegenskaper er utviklet (Dowling, 2006). Disse reglene sier at forholdet mellom antall sykler til brudd og spenningsamplitude er lineært fra 10^3 til 10^6 sykler. Videre er det spesifisert brudd ved spenningsamplitude lik 90 % av ultimate tensile strength, S_u , ved 10^3 sykler og 50 % av S_u ved 10^6 sykler, se Figur 15. Dette betyr at SN kurven kan estimeres basert på ultimate tensile strength alene, noe som tar bort behovet for tidkrevende sykliske tester. Ultimate tensile strength blir funnet ved å strekke en materialprøve til brudd. Toppen av spenningskurven gir denne verdien, se Figur 16.



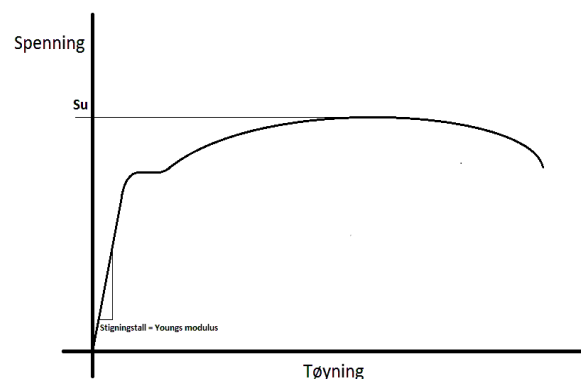
Figur 13: syklisk spenningsforløp



Figur 14: SN-Kurve



Figur 15: Generell SN-kurve for stål



Figur 16: Spenningsforløp strekktest

Del 4. Prosjektgjennomføring

4.1 Forberedelser til testing hos Tysse

Ved oppstart av masteroppgaven var det naturlig å ta opp igjen tråden fra prosjektoppgaven. Denne oppgaven ble avsluttet med forberedelse til et besøk hos Tysse. Hensikten med besøket var å teste innkjøpt utstyr sammen med eksisterende testrigg.

Det var nødvendig, da utstyret nettopp var mottatt, å gjøre noen undersøkelser av oppsettet før avreise. Undersøkelsene inkluderte blant annet:

- Bli kjent med utstyret og hvordan det fungerte.
- Utarbeide klare prosedyrer for montering og behandling av utstyr.
- Utvikle og produsere nødvendig tilleggsutstyr.

Flere tester ble utført i laben med det formål å opparbeide erfaring og kjennskap til utstyret. Utstyret ble blant annet koblet opp parallelt med utstyret som ble brukt i prosjektoppgaven forrige semester (Appendiks 0). På denne måten var det mulig å teste utstyrssettene opp mot hverandre. Det ble også utført en test for å undersøke ulike brooppsett og finne det mest velegnede til bruk i denne oppgaven. På grunn av behov for sprutsikring og avstanden mellom tilhengeren på testbanen, var det nødvendig å undersøke rekkevidden på signalene fra senderen. Signalstyrkens sårbarhet for påvirkninger som fysiske hinder og elektromagnetisk støy måtte også undersøkes.

Etter at utstyret var testet måtte det finnes løsninger for å plassere og sikre dette på tilhengeren under testing. Det mest utfordrende var å finne en god metode for å feste V-Linken til tilhengeren. Metodene som ble utarbeidet krevde utvikling og produksjon av ekstra utstyr i form av braketter og maler. Annen forberedelse av utstyr bestod blant annet av innkjøp av nødvendig materiell samt loding av streklapper.

For å kartlegge formålet med turen ble det laget en sjekkliste over hva som skulle gjøres og hva det var nødvendig å finne svar på under besøket. Denne listen kan sees i Appendiks B.

4.1.1 Test av måleutstyr ved bruk av strekkstav

For å forsikre at utstyret var satt opp på riktig måte ble det tidlig i semesteret gjort en enkel strekktest med bruk av stål fra Tysse og måleutstyret som er kjøpt inn. Stålet som ble mottatt fra Tysse, er samme stålet som tilhengerne er bygget av. Dette gjør at materialdataene som er gitt fra stålprodusenten kan verifiseres i samme test.

Bakgrunn

Ved bruk av Hooks lov (Hibbeler, 2005) og definisjon av stress og tøyning, som vist i Prosjektoppgaven (Appendiks 0), kommer det fram at:

Formel 4: Youngs modulus

$$\frac{F}{A_0} = E\varepsilon$$

Der A_0 er prøvens tverrsnittareal, E er Youngs modulus som er gitt av stålprodusenten til å være 210 Gpa, F er lasten prøven blir belastet med og ε er tøyning som utstyret måler.

Målte verdier

Prøvestaven, som har et tverrsnitt på 7mm x 2mm, var belastet med 5, 10, 15, 20 og 30kg med strekkapp pålimt. Resultatene ble så plottet i grafen Figur 19 sammen med de teoretiske verdiene fra Formel 4.



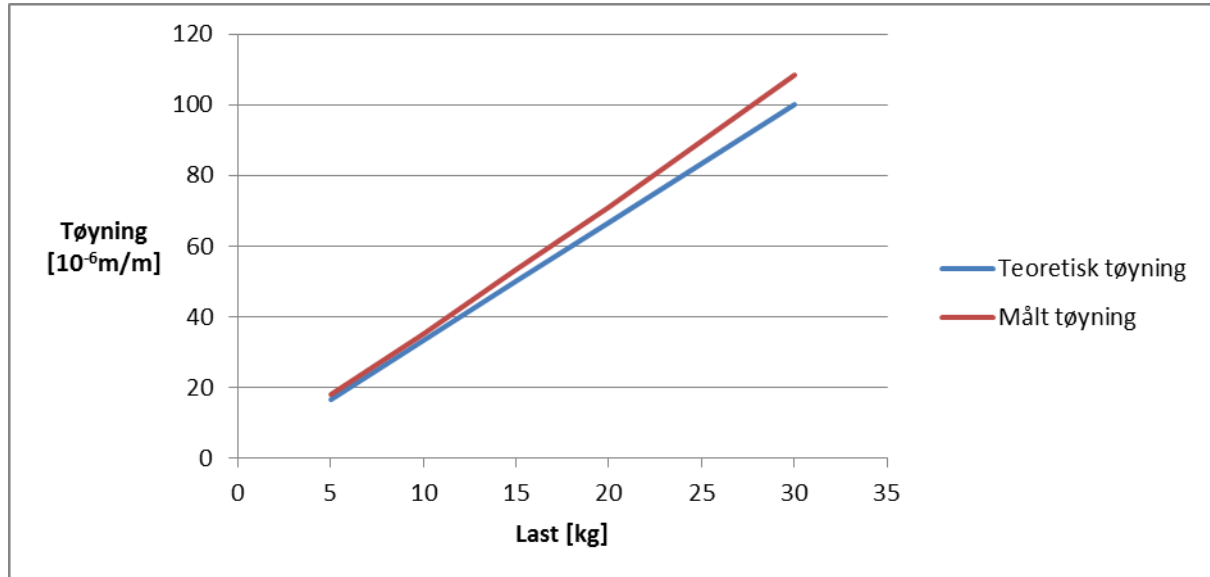
Figur 17: Strekkstav



Figur 18: Strekkstav med last

Resultat fra test

Resultatene viste omtrent null statisk avvik og et gjennomsnittlig proporsjonalt avvik på 6,8 %. Dette er innenfor rimelige toleranser da både prøvens tverrsnittareal og oppgitt Youngs modulus er potensielle feilkilder. Resultatene viser at utstyret er tilstrekkelig kalibrert og satt opp på riktig måte. Det positive avviket vil, om noe, gi mer konservative verdier, noe som er ønskelig.



Figur 19: Teoretisk og målt tøyning ved forskjellig last

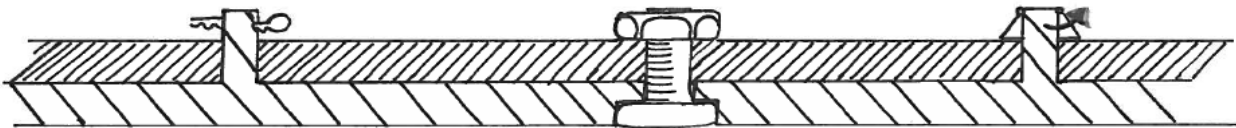
4.1.2 Brakett

Utviklingen

Det var behov for en løsning for montering av V-Linken til tilhengeren på en trygg måte under testing. Å montere senderen til underlaget direkte viste seg å være utfordrene da monteringsfestene er plassert slik at senderen må demonteres for hver gang. Det ble dermed besluttet å lage en brakett som senderen kan festes til permanent og som videre monteres til tilhengeren. To ting var viktig for utformingen av braketten; hvordan V-Linken festes til braketten og hvordan braketten festes til tilhengeren.

Montering av V-Link på brakett

Det var naturlig å benytte seg av eksisterende fester på senderen når denne skulle festes til braketten. Ulike metoder som ble vurdert kan sees i Figur 20. Valget falt på skrue og mutter, da dette er lett tilgjengelig, lett å bytte ut, og krever lite maskinering på braketten. En annen viktig ting som favoriserer skruen er at denne kan strammes slik at en unngår slark og dermed vibrasjoner.



Figur 20: Festemetoder mellom brakett og V-Link

Plassering

På dette stadiet er det uvisst hvor mye motstand som oppstår i ledningene fra streklappen til senderen. Det er derfor uklart om senderen kan sitte på samme punkt på tilhengeren hver gang eller om den må flyttes så nærme målepunktene som mulig. Ved å ta utgangspunkt i det punktet som analyseres på daværende tidspunkt fant en at det var passende å plassere braketten på akslingen. Her er det forholdsvis enkelt å montere den og den bør være plassert trygt med tanke på sprut og støt.

Materiale

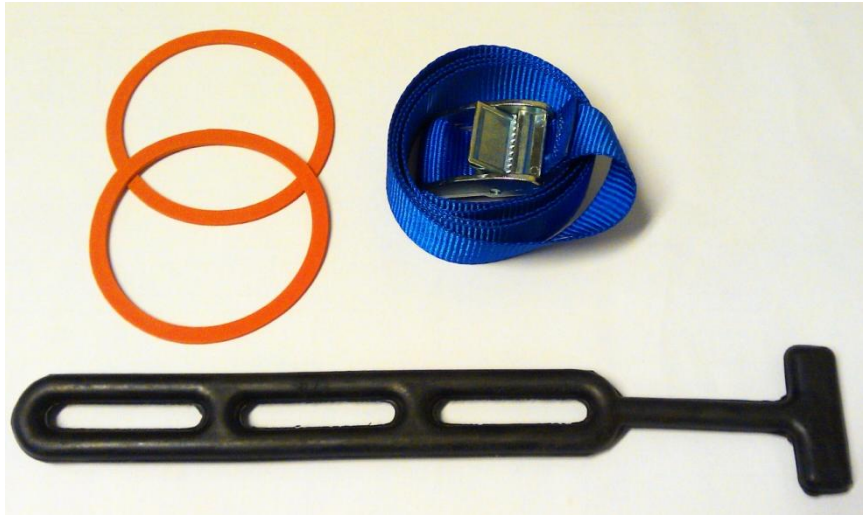
Materialet braketten er laget av er ikke av stor betydning, da den verken skal holde store krefter eller benyttes i ekstreme miljøer. De umiddelbare kandidatene var aluminium eller plastikk da disse materialene var lett tilgjengelige og er lette å maskinere. Stål ble også vurdert men funnet uhensiktsmessig tungt. Valget falt på plastikk og ble fattet på grunnlag av tilgang og enkel maskinering.

Montering av brakett på tilhenger

Siden det ikke var ønskelig å feste braketten på tilhengeren permanent, måtte monteringen være enkel. Ved å bruke stropper – enten i tekstil eller strikk, blir braketten forholdsvis fleksibel med hensyn på plassering. Tekstilstropper har den fordel at de vil være sikre mot ryking, men det fryktes at disse ikke vil holde seg stramme ved vibrasjoner. Strikk har derimot større risiko for å ryke, men gjør at braketten vil sitte stramt mot underlaget hele tiden. Det endelige designet baserer seg på bruk av to eller flere strikk, men kan enkelt utvides til også å inneholde en tekstilreim. Grunnen til at det er ønskelig med flere strikk er at det gir en sikkerhet skulle den ene ryke. Dessuten vil to strikker plassert på hver side av braketten gi økt stabilitet.

Testing av ulike stropper

Da en prototype av braketten var laget kunne eksperimentering med de ulike stroppene gjennomføres. Stroppene som ble testet var solide gummistrikk, kapellstrammere og tekstilreim. Se Figur 21.



Figur 21: Utvalget stropper som har blitt testet; gummistrikk, kapellstrammer og tekstilreim

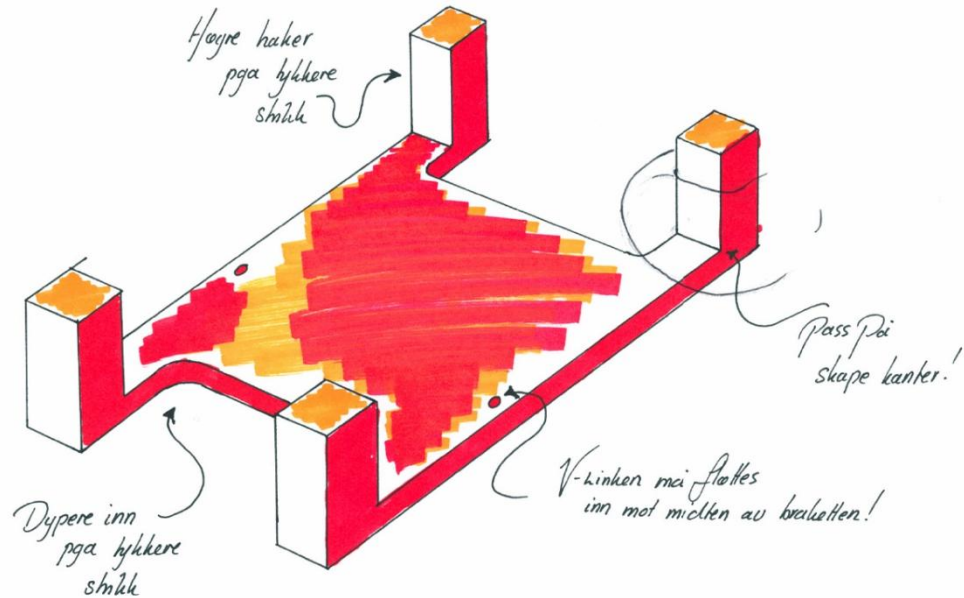
Kapellstrammeren ble forkastet da denne var for lite elastisk og kraftig overdimensjonert for denne bruken. Tekstilreimen følte ikke tilfredsstillende da den var vanskelig å stramme godt til. Pga dette er det fare for at V-Linken vil bli utsatt for støt og vibrasjoner. Som følge av de foregående resultatene, samt at gummistrikkene ga et godt inntrykk ved at de holdt braketten godt til underlaget, gjorde at valget falt på disse.

Designet

Underveis i testingen av stropper ble det gjort gjentatte iterasjoner av designet til braketten. Det ble laget til sammen to prototyper. En av Brakett #1 og en av Brakett #3 som er vist i Figur 24.

BRAKETT #2

- for kappellstrammere -

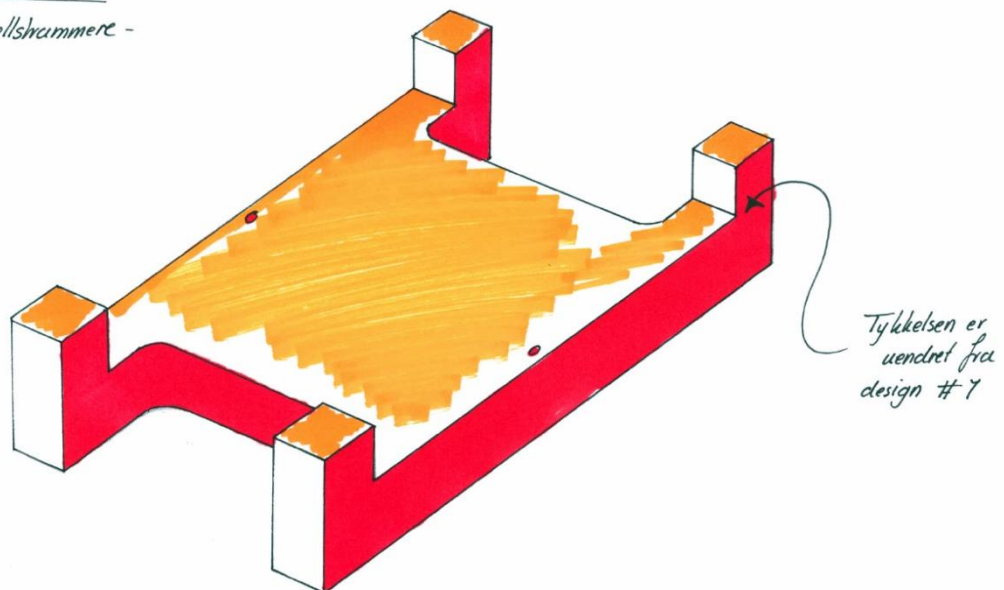


Figur 22: Iterasjon nr. 1

Første utkast skilte seg fra iterasjon nr. 2 ved tykkelsen. Brakett #2 (Figur 22) oppstod etter ønsket om å bruke kappellstrammere som indikert i forrige delkapittel. For å få plass til denne måtte hakene være høyere og innfellingene dypere. Brakett #1 hadde ikke innsenkning rundt hakene noe som var uheldig på grunn av gnaging på strikkene.

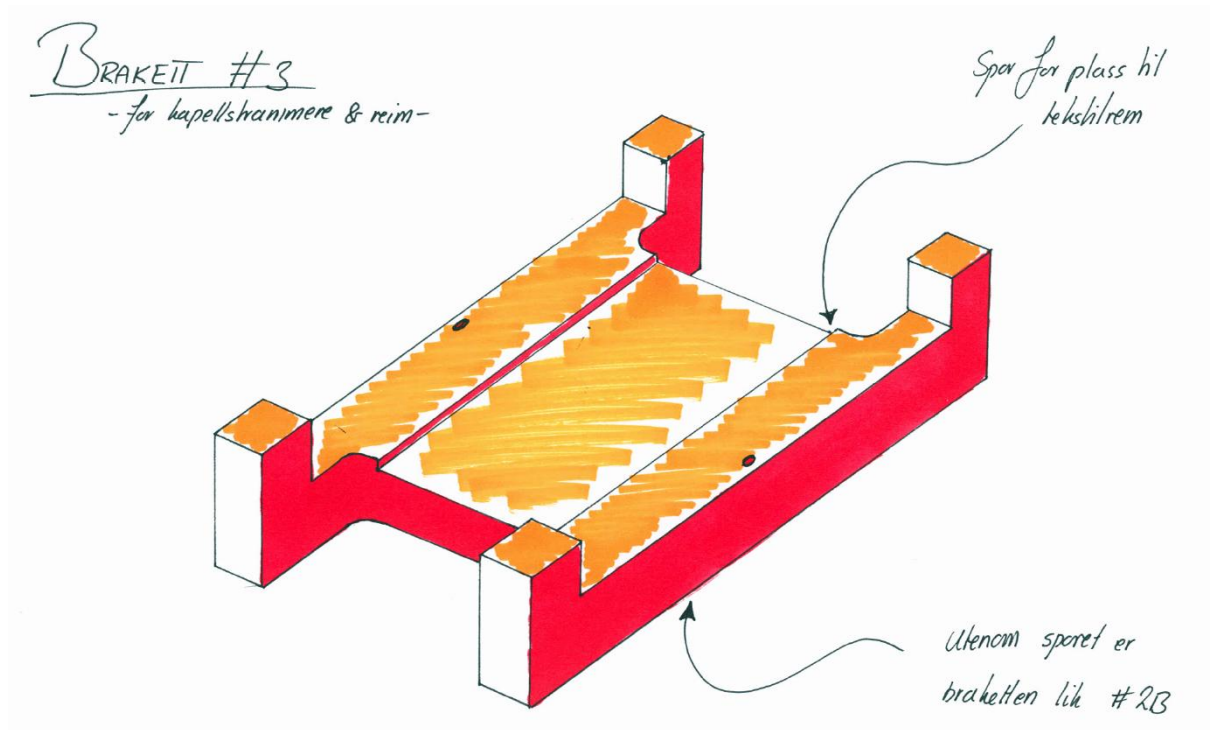
BRAKETT #2B

- for kappellstrammere -



Figur 23: Iterasjon nr. 2

I Brakett #2B (Figur 23) ble tykkelsen endret tilbake til den opprinnelige fra Brakett #1. Dette fordi det ble funnet at kombinasjonen tynnere materiale i brakett og kraftig, overdimensjonert strikk ikke var heldig. I tillegg ville en økning i tykkelsen, uten endring i høyden på hakene gjort braketten uhensiktsmessig stor.

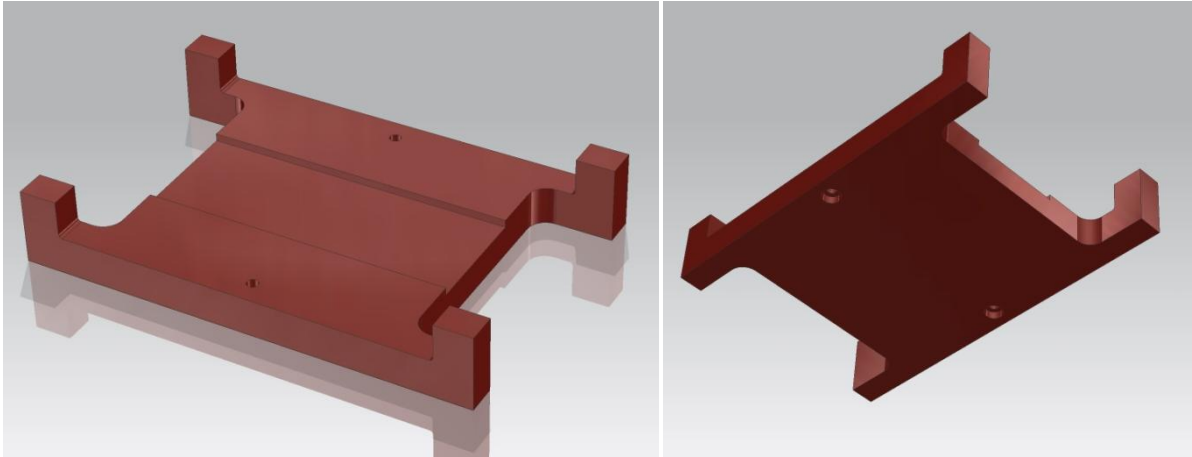


Figur 24: Iterasjon nr. 3

Det endelige designet er vist i Figur 24. Endringene i iterasjon nr. 3 er at det er lagt til et spor som gir mulighet for bruk av tekstilstropp i tillegg til gummistrikkene. Skulle strikkene ryke vil ikke braketten m V-Linken falle ned på testbanen.

Produksjon

Braketten ble laget ved hjelp av 3 akse fres. Det var nødvendig å lage en CAD modell siden dette er fresens input. Modelleringen ble gjort i NX og finpussing av hjørner og boring av hull ble gjort for hånd. 3D modellen fra NX kan sees i Figur 25 og ferdig resultat, med V-Link festet, kan sees i Figur 26. Endelige mål og dimensjoner vises på maskintegning i Appendiks A.



Figur 25: 3D modell



Figur 26: Ferdig brakett med V-Link

4.1.3 Sprutsikring av utstyr

Siden utstyret skal kunne brukes under nær sagt alle værforhold må det sikres mot vannsprut. Kompletteringsenhetene er sprutsikre og strekkloppene er ganske bestandige mot fuktighet. Ved svært dårlig vær vil det benyttes et eksisterende produkt som består av tetningsmasse festet på aluminiumsfolie. Det eneste som ikke sprutsikres med eksisterende produkter er V-Linken. Løsningen for sprutsikring av denne bør være enkel og lite tidkrevende. Metoden for å sprutsikre V-Linken kan påvirke signalstyrken og ble derfor testet for dette. De ulike metodene som ble vurdert var plastikk i form av lukket boks eller pose, metallboks og plastikk som teipes rundt enheten.

Test av signalrekkevidde i laboratoriet

For å være sikker på at utstyret fungerer tilfredsstillende med sprutsikring var det nødvendig å gjennomføre en signaltest mellom sender og mottaker. Dette for å undersøke hvordan ulike sprutbeskyttelser og ulike avstander påvirket signalstyrken. Testen ble gjennomført ved å bruke Node Commanders Range Test funksjon. Det ble foretatt til sammen åtte tester. Testen innebar fire ulike blokkeringer; ingen, tykk plastpose, plastboks og metallboks. Disse er vist i Figur 27. Alle disse ble først testet helt nært og det ble ikke registrert noen forskjell unntatt for metallboksen som gav omtrent halve signalstyrken. Fra avstand og mellom to tynne og to vanlige vegger fremkom resultatene som er vist i Tabell 1.



Figur 27: Testoppsett

Medie	Signalstyrke (-dB)	Notater
Ingen	55-60	Ingen dårlige ping
Pose	50-55	Nær ingen endring.
Boks (plast)	60-70	Noen dårlige ping
Boks (metall)	-	Ingen kontakt

Tabell 1: Måleresultater

Her fremkommer det tydeligere at sprutbeskyttelsen endrer signalstyrken, men det er fortsatt bare metallboksen som utgjør en vesentlig forskjell. Begge plastmediene er enkle å arbeide med. Ut i fra dette konkluderes det med at plastpose og tynn plastboks er gode måter å sikre senderen mot fukt. Og det endelige valget fant på plastikkpose da denne fungerte bra sammen med festebraketten.

4.1.4 Mal for liming av strekkklapper

Det var behov for en måte å sikre at strekkklappen ble limt på nøyaktig samme sted hver gang. For å få dette til ble det laget en mal i gjennomsiktig pleksiglass. Denne hjelper brukeren til å risse inn plasseringspunktet helt korrekt. Malen er vist i Figur 28.

4.1.5 Personlig verneutstyr

Da testingen krever flere kjemikalier under monteringen av utstyret var det nødvendig å fremskaffe informasjon og anbefalinger for bruk av personlig verneutstyr. De to kjemikaliene som er i bruk under testingen er hurtiglimet som brukes for å lime strekkklappene og aceton til rengjøring av overflater. Limet produseres av HBM og heter Z 70. HMS - datablad på norsk kan sees i Appendiks I. Fra databladet (seksjon 8) fremgår det at beskyttelsehansker av typen NBR (Nitrilautsjuk) skal benyttes sammen med tettsittende vernebriller. Databladet for aceton (Appendiks J) krever vernehansker ved fare for direkte kontakt og sprut. Da limet krever en spesiell type hanske og kontakten med aceton er minimal, kan vi konkludere med at nitrilhansken er tilstrekkelig i dette tilfellet. Det bør likevel informeres om at denne hansken har ca 10 min gjennombruddstid ved kontakt med aceton og ikke er blant de anbefalte hansketypene.



Figur 28: Mal for liming av strekkklapper

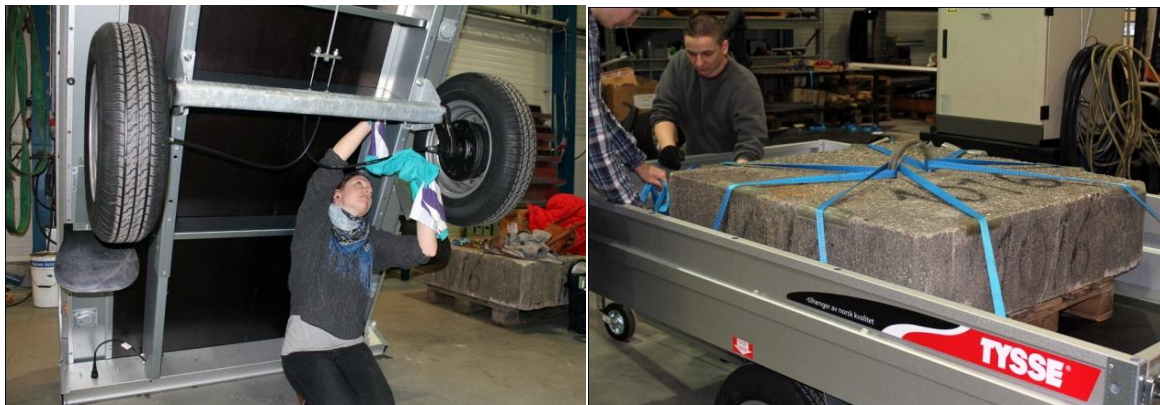


Figur 29: Anbefalt verneutstyr

4.2 Testkjøring av utstyr hos Tysse 14.02.12

En av de viktigste delene av masteroppgaven bestod i å implementere resultatene fra prosjektoppgaven (Appendiks 0) i Tysse testtrigg. For å teste utstyret og prosedyrene som var utviklet var det nødvendig å reise til Bergen for å kjøre tester i testtriggen.

Testkjøringen ble startet nær sagt umiddelbart etter ankomst hos Tysse. Dette ble gjennomført på en tilhenger av samme type som den det har blitt arbeidet med på NTNU. Tysse stilte til disposisjon både lokaler og nødvendige materialer og verktøy. Under arbeidet med å rigge utstyr og lime strekkklapper var en representant fra Tysse tilstede for å observere og hjelpe til. Dette var viktig da noe av motivasjonen for testen også var å kartlegge brukerens forståelse av og reaksjoner på utstyr og metode.



Figur 30: Illustrasjon av testforberedelse

Da utstyret var montert og sprutsikret ble tilhengeren fraktet med bil ut til teststasjonen. Slik ble det mulig for å teste utstyret etter bil slik det var ønsket. Målet for testen var å undersøke:

- Rekkevidde på de trådløse signalene
- Utstyrets sensitivitet for elektromagnetisk støy
- Festemekanismene for utstyr
- Sprutsikringen av utstyret

Teststasjonen består av en sirkulær bane hvor en arm, drevet av en kraftig elektromotor, kjører tilhengeren med ønsket hastighet rundt banen. I testbanen er det mulighet for å sette opp to ulike typer hindre i form av humper. Disse humpene kan plasseres vilkårlig og Tysse har funnet kombinasjoner av disse humpene som gir meget stor belastning på tilhengeren. For å øke belastningen ytterligere kjøres tilhengeren med last. For en nærmere beskrivelse av teststasjonens virkemåte henvises leseren til projektrapporten vedlagt i Appendiks 0.

Som vist i Figur 31 var været på testdagen svært fuktig og det var store mengder vann, snø og is på testbanen. Dette gav mulighet til å få testet sprutsikringen på verst tenkelig føre. Tilhengeren ble utsatt for en rekke tester med ulike sammensetninger av humper. Det ble dessuten utført tester med akselerasjon og bremsing.



Figur 31: Føreforhold på testbanen og oppsett av hinder

De dårlige føreforholdene på testbanen gjorde at tilhengeren ble utsatt for enda sterkere påkjenninger en normalt. Dette fordi isen gav noe som minner om vaskebrett i veien. Løsningene for fester av utstyr ble dermed testet på en svært tilfredsstillende måte.

For å teste signalstyrken fra V-Linken ble PC med basestasjon installert i en bu ved testasjonen, og signalstyrken undersøkt på samme måte som i labtesten (4.1.3). Sensitivitet for elektromagnetisk støy ble testet ved at måling av signalstyrke ble startet mens tilhengeren var plassert slik at elektromotoren stod mellom tilhengeren og basestasjonen. Deretter ble motoren startet og belastet opp til punktet rett før tilhengeren blir satt i bevegelse. På dette tidspunktet gir elektromotoren fra seg mye magnetisk støy, men tilhengeren beveger seg ikke og det vil ikke være noe annet utslag på målingene en den støyen fra motoren gir.

Etter testingen var det avsatt tid til en samtale med dem som var involvert i testingen for å høre hva de synes om løsningene som nå var lagt fram.

4.2.1 Resultater av testingen

Både under og etter testingen ble det opparbeidet erfaringer med hvordan utstyret presterer. Jevnt over gikk testen bra, men noen problemer oppstod underveis:

- Lodding av endene på ledningene til streklappene førte til sprøtt metall og dårlig kontakt. Dette ble gjort på en av sensorene for å hindre at ledningen ble fliset opp, men førte til brudd i kabelen.
- Flere ledere i samme punkt på koblingsbiten viste seg å være mindre pålitelig. Dette kan løses ved å bruke flere doble koblingsbiter.
- Bruken av koblingsbiter og motstander viser seg å være vanskelig å beskytte mot vær og vind. Dette kan løses ved bruk av koblingsbiter med innebygde motstander spesielt utviklet for formålet.

Andre, mer positive, erfaringer var at:

- Nyutviklet festebrakett for festing av V-link til tilhenger var en suksess fordi den fungerte bra sammen med værbeskyttelse, samtidig som den holdt utstyret godt på plass.

- Værbeskyttelsen av V-link fungerte bra sammen med festemekanismen. I tillegg holdt den utstyret tørt under svært dårlige værforhold.
- Rekkevidde på den trådløse kontakten mellom V-link og basestasjon var mer enn god nok, selv med værbeskyttelsen installert som dekker til antennen. Laveste målte signalstyrke var -63 dBm, noe som er et bra resultat.
- Magnetfeltet fra elektromotoren som driver teststasjonen viste seg ikke å ha noen merkbar innvirkning på verken måleresultatene eller den trådløse kontakten mellom basestasjon og målestasjon.

Vi hadde ikke mulighet til å bearbeide testdata mens vi var hos Tysse, slik at dette ble gjort tilbake i Trondheim. Derimot var det satt av tid til samtale med de involverte etter testingen for å kartlegge hvilke erfaringer de satt igjen med. Før vi reiste til Bergen hadde vi satt opp en del spørsmål som vi ønsket at medarbeiderne hos Tysse skulle tenke gjennom. Resultatene fra samtalen kan oppsummeres ved at de var positive til metoden vi har utviklet og at de hadde tillit til utstyrssikringen. Det ble også lagt vekt på at de setter pris på enkle løsninger.

4.2.2 Bruk av testutstyr på veg, slept etter bil

Under besøk hos Tysse var et av målene å gjøre målinger på tilhengeren fra innsiden av bilen som trekker den. Grunnen til at dette var av interesse, var muligheten for Tysse å gjøre utmatingsberegninger under andre forhold enn det teststasjonen kan tilby. Slike forhold kan være:

1. Høyhastighetstest
2. Bakketest
3. Test ved bruk av tilhengerens egne bremses

Det viktigste for denne oppgaven var at utstyret hadde muligheten til å gjøre dette på en effektiv måte. For å kunne sikre dette måtte den trådløse overføringen kunne fungere gjennom bilens ytre og inn under tilhengeren. Det ble gjort småskala tester i Trondheim ved bruk av metallbokser og forskjellige avstander, men dette var ikke fullstendig avklart før testen var gjort hos Tysse.

Vel fremme hos Tysse ble det montert utstyr på en tilhenger som skulle testes i testbanen. På veien bort til testbanen ble bærbar PC med basestasjon koblet opp mot V-Link under tilhengeren. PC og operatør ble plassert i baksetet i bilen som dro tilhengeren, se Figur 32. På den relativt korte veien til teststasjonen kunne det måles tilstrekkelig signal for å gjennomføre tester i denne konfigurasjonen. Dette betyr at Tysse med enkelthet kan bytte ut testtriggen med et motorkjøretøy av tilsvarende type som ble testet, uten problemer.



Figur 32: Test av utstyr i bil

4.2.3 Analyse av testdata

Tilbake i Trondheim ble dataen fra testen utført i Bergen analysert. De estimerte spenningene i utmattingspunktet ble beregnet til å være 40 % - 60 % av forventet resultat. Dette er ikke et godt resultat og feilsøking for å finne problemet ble innledet. Avviket kan skyldes dårlig modellering av geometrien i NX, feil kalibrert utstyr, eller bruk av feil materialkoeffisienter.

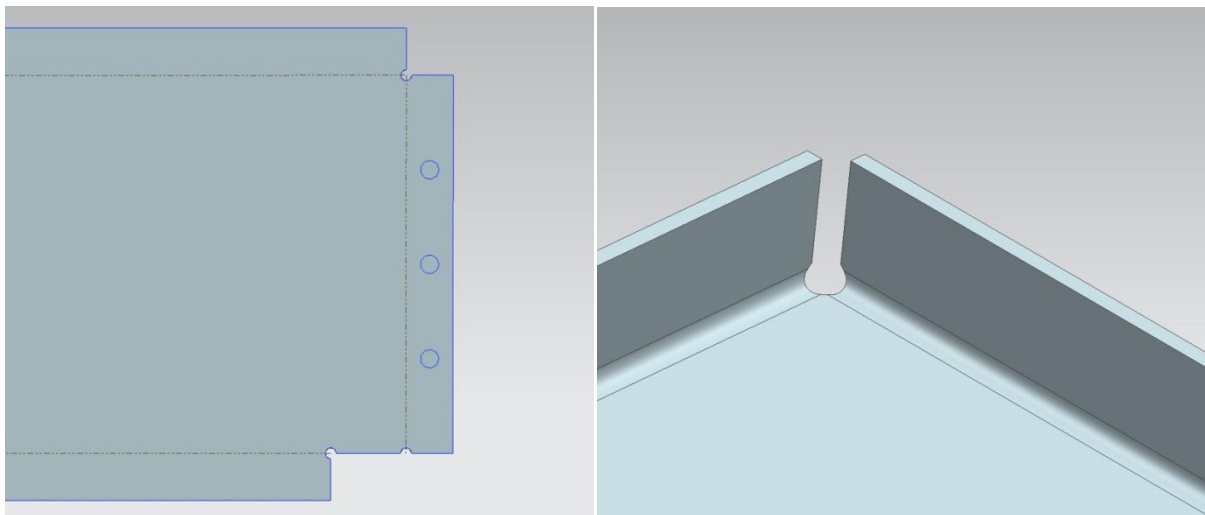
4.3 Etter besøket

4.3.1 Planlegging av videre arbeid

Etter besøket var det flere utfordringer som måtte løses. Resultatene fra dataanalysen gav mange spørsmål som bestemte retningen for det videre arbeidet. Hovedfokuset fra dette tidspunktet ble feilsøking for å finne årsaken til de dårlige resultatene. Som nevnt i 4.2.3 lå mistanken på FEM modellen, utstyrskalibrering og materialkoeffisientene som var gitt av produsenten. Det ble bestemt å innlede arbeidet ved å lage en ny FEM modell og å forbedre utstyrsoppsettet.

4.3.2 Ny FEM modell

Det ble bestemt å prøve en ny modelleringsmetode for å få en mer realistisk geometri. Modellen ble laget ved bruk av modelleringsmodulen NX Sheet Metal. Denne er spesielt egnet for å modellere platekonstruksjoner av den typen tilhengeren i sin helhet er laget av. Her tegnes metallplaten opp i 2D før det legges på tykkelse og metallet bøyes til endelig produkt som demonstrert i Figur 33. Dette gjør det enklere å oppnå riktig geometri i brettene da modellen lages på samme måte som produktet. Da den første modellen ble laget var de eneste målene tilgjengelig hentet fra tilhengeren med enkle metoder. Til den nye var det derfor ønskelig å motta nøyaktige mål fra Tysse. Den nye konstruksjonsmetoden var eneste endring som ble gjort. For å sammenligne resultatene fra tidligere simuleringer måtte last og constraints holdes konstant.



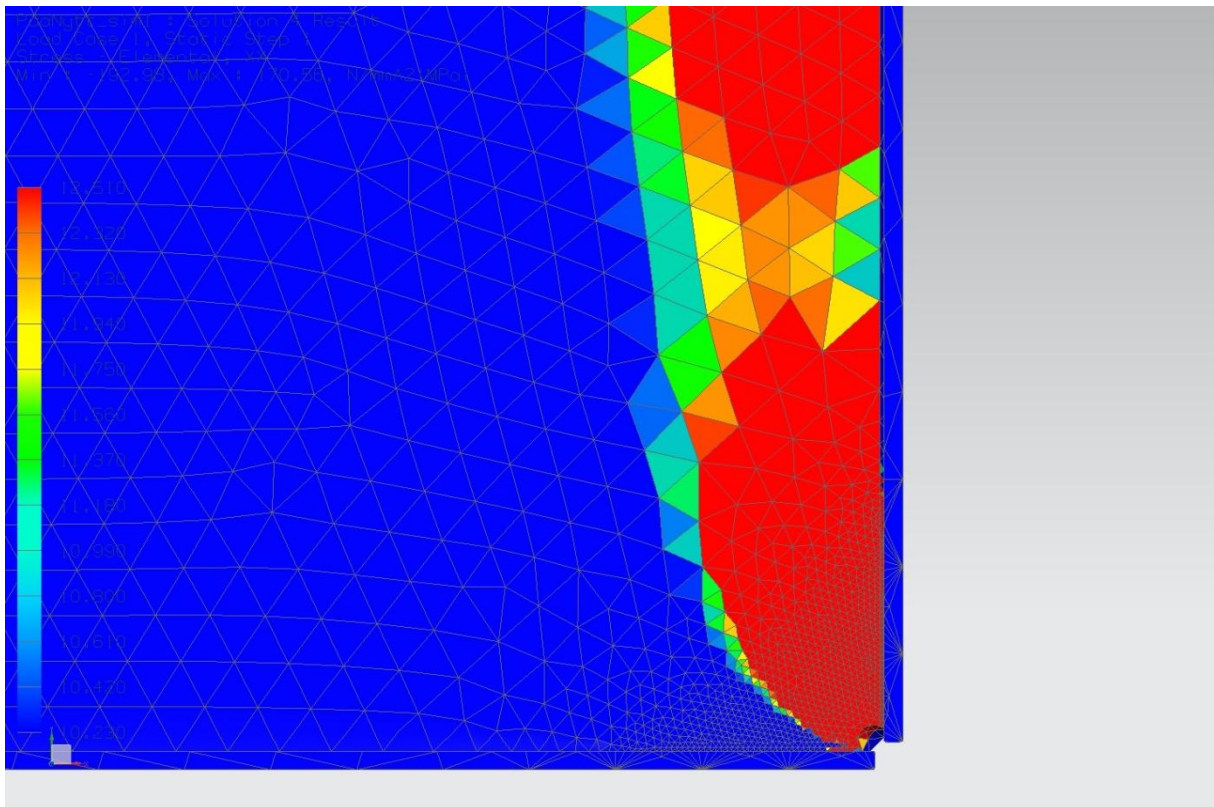
Figur 33: Modellen før og etter bretteing

Det ble forsøkt å simulere uten tykkelse, men dette var ikke heldig i denne situasjonen. Årsaken til dette er bøyespenninger som skaper trykk på ene siden av platen og strekk på andre. For at metoden som er utviklet skal fungere optimalt er det nødvendig å ha kjennskap til disse. Simuleringene ble derfor gjennomført med tykkelse og 3D mesh. Datautstyret som har vært tilgjengelig under prosjektets løpetid er ikke veldig kraftig og har lagt en begrensning på simuleringene i form av størrelse. Siden det har vært nødvendig å simulere med et mesh som har større geometri enn det kritiske punktet oppstod et problem med en singularitet i punktet. Spenningene ble derfor unaturlig høye, og dette var vanskelig å håndtere. Dette gjør at videre beregninger har vært utfordrende. Som et forsøk på å bedre dette har det blitt foretatt endringer i modellens geometri ved å runde av hjørnet i det kritiske punktet, selv om geometrien ikke er slik på produktet. Dette hjalp med singularitetsproblemet. Resultatene av simuleringene ble nå gode, men

endringene gjort i modellen førte til at metoden ikke følte optimal. Det er vanskelig å finne realistiske resultater når det er nødvendig å endre modellens geometri. Det kreves mange antagelser og dette kan være problematisk.

4.3.3 Kp basert på FEM

FEM modelleringen var viktig fordi denne ble brukt til å finne Kp verdien, se Figur 34. For en nærmere beskrivelse av teorien bak utregning av Kp henvises leseren til kapittel 3.2 . Tysses erfaring var at tilhengermodellen som ble underøst hadde en levetid på ca 14 dager i testriggen. Dette var en nyttig referanse for å evaluere resultatet fra FEM beregningene. Ved å sammenligne Kp verdien fra FEM analysen med Kp verdien beregnet fra levetiden, kunne modellens sikkerhet vurderes. Kp verdien som gav 14 dagers levetid var 5, og verdiene som til slutt fremkom av modellen lå mellom 4,50 og 4,77. Dette gir en levetid på ca 10 dager.



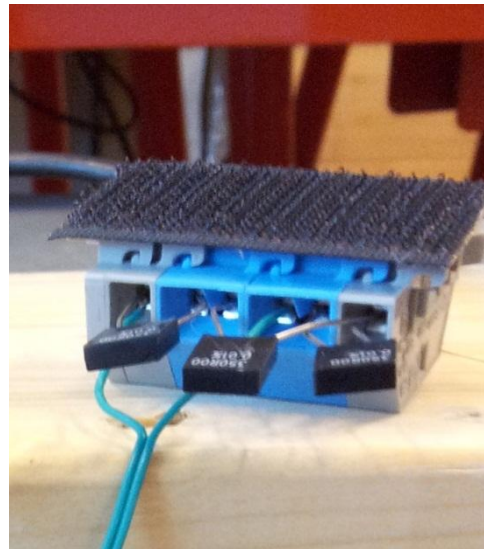
Figur 34: FEM analyse for å finne Kp

4.3.4 Nye kompletteringsenheter

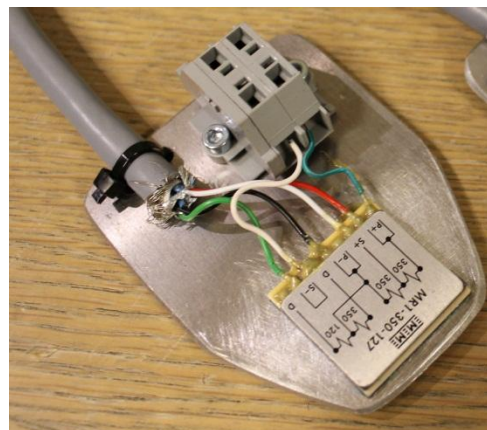
Kompletteringsenheten ble utviklet for å romme kompletteringsmotstandene som er nevnt i teoridelen 3.1. Enheten skulle være robust samtidig som det skulle være lett å koble til strekkklapper uten å måtte lodde. Første versjon av kompletteringsenheten besto av tre frittstående motstander koblet sammen i en enkel koblingsbit, se Figur 35. Denne enheten fungerte greit til testing, men viste seg å fungere dårlig når vibrasjoner og andre realistiske forhold fra testbanen ble tatt med i betraktningen.

Det ble derfor besluttet å utvikle en mer robust enhet med forseglede kompletteringsmotstander. Motstandsbrikkene ble bestilt gjennom Halvard Støwer, og montert på en aluminiumsbrakett sammen med koblingsbit og festeanordning for ledningen, se Figur 36. Ideen til det nye designet ble inspirert av en eksisterende løsning brukt med strekkklapper her på universitetet. Forskjellen lå i kompletteringsmotstandene som ble flyttet fra måleboksen ut til koblingspunktet til strekkklappen. Dette minimerte lengden på ledningen fra strekkklappen til kompletteringsmotstandene, som ga mer nøyaktige målinger (Appendiks 0).

En ting som ikke fungerte så bra var måten kompletteringsenheterne var koblet til måleutstyret på. Denne metoden var levert sammen med utstyret fra Microstrain og baserte seg på hurtigkoblinger med skruefester, se Figur 37. Dette var en god ide hvis utstyret skulle brukes til mye forskjellig, men bød på problemer med kontakt etter en del bruk der ledningene ble utsatt for krefter. Dette førte til utviklingen av nye kontakter som var permanent koblet til kompletteringsenheten. Dette ble gjort mulig ved at hurtigkoblingene kunne dras ut og erstattes av nye kontakter. Krympeslange ble brukt for å sikre beskyttelse både fra krefter i ledningen og fra forholdene i testbanen, se Figur 39.



Figur 35: Kompletteringsenhet V1

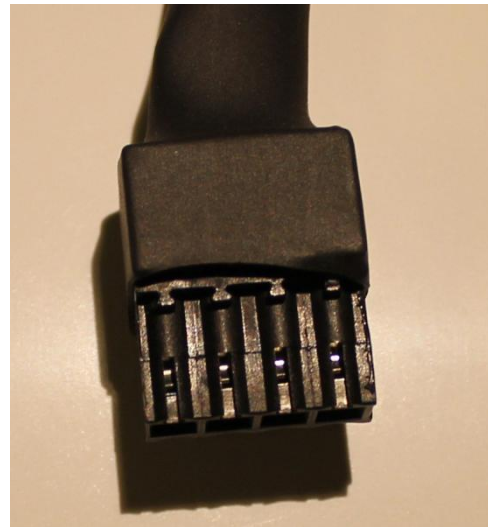


Figur 36: Kompletteringsenhet V2

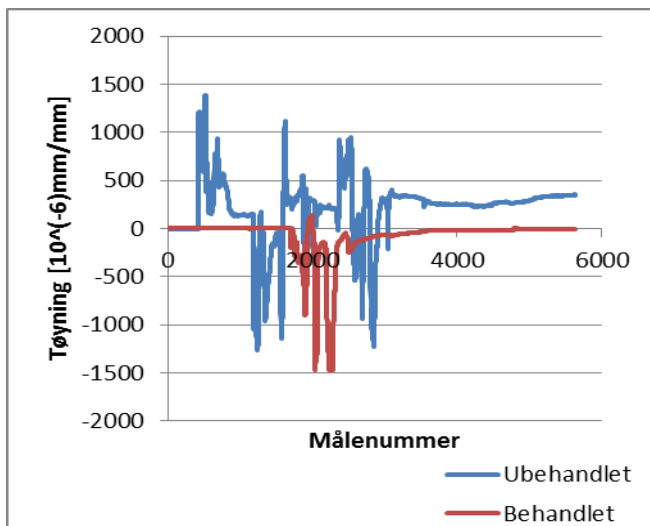


Figur 37: Kontakt V1

Da den nye kompletteringsenheten var koblet sammen ble det brukt et limliknende plaststoff på loddepunktene for å gjøre enheten mer motstandsdyktig mot vannsprut. Denne sprutsikringen ble testet ved å gjøre måling med to kompletteringsenheter samtidig, se Figur 40. Den ene var beskyttet med beskyttelsesmiddel, mens den andre var fri for dette. Under måling ble det introdusert vann fra en beholder på begge enhetene og målingene ble lagret, se Figur 38. Det viste seg at begge enhetene fikk forstyrrelser med store mengder vann, men bare enheten uten beskyttelse fikk et permanent avvik i målingene. Det virket som det ved store mengder vann ble kortslutning mellom kontaktene i koblingsdelen. Det var derfor enheten med beskyttelse også ble påvirket. Dette var riktignok mer vann enn enhetene vil bli utsatt for ved bruk. Årsaken til det permanente avviket på den ubehandlede enheten ble begrunnet med vann som ble liggende mellom loddepunktene. Dette vannet lagde problemer både ved store mengder vann, og mindre vannsprut. Det ble derfor besluttet at alle kompletteringsenhetene skulle ha denne behandlingen.



Figur 39: Kontakt V2



Figur 38: Måling med behandlet og ubehandlet



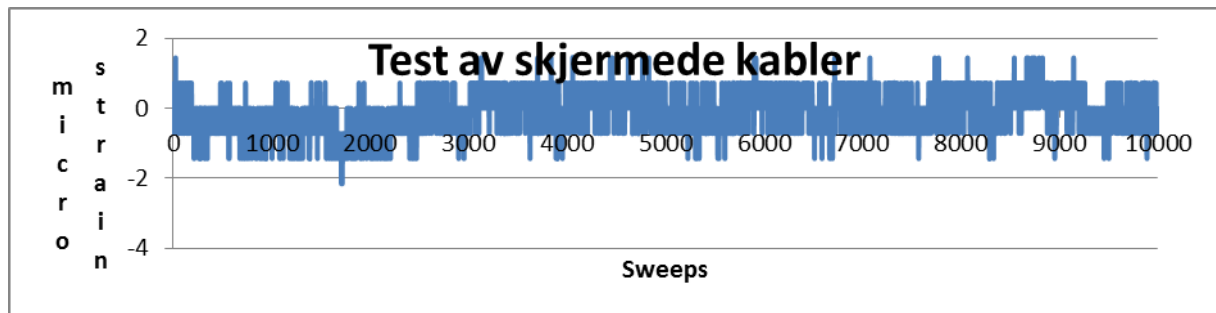
Figur 40: Fukttest

4.3.5 Skjerming av signalkabler

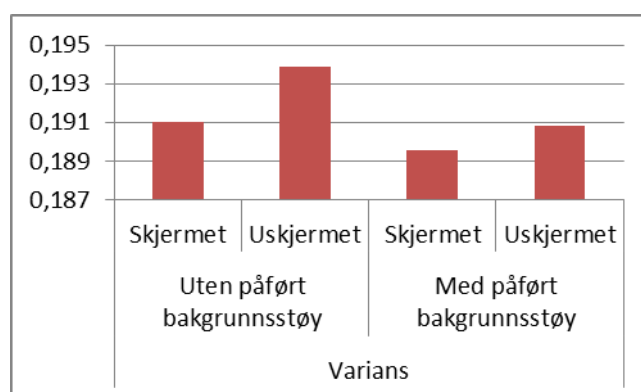
Fra produsenten av måleutstyret, Microstrain, er det anbefalt bruk av skjermede signalkabler mellom V-Link og strekkklapper. En skjermet kabel har et strømledende materiale mellom den ytterste plastisolasjonen, og lederne. Dette materialet kan minne om folie og er ment for å lede bort uønsket støy fra radiobølger og annet som kan indusere spenning i lederne. Skjermingen er koblet til jord som leder bort den uønskede spenningen.

Testing av signalkvalitet med og uten skjerming

Det kan være flere ulemper ved å bruke skjermede signalkabler. Disse kablene er ofte dyrere i innkjøp, stivere og tyngre å arbeide med. Derfor er det ønskelig å måle effekten av å bruke skjermede kabler. For dette formålet ble det gjort en innhenting av 10 000 målepunkter over en periode på 13 sekunder per målesekvens. Broen som det ble målt over inneholdt fire kjente og like motstander, som skulle simulere null tøyninger. Signalkabelen var 4,0 meter lang, som er lengre enn noe vi kommer til å bruke på tilhengere. Variansen av signalet ble så regnet ut ved bruk av Excel. Variansen er et mål på avvik fra signalets middelvei som i dette tilfellet var svært nær null. Ved første øyekast på Figur 42 kan det synes som at skjerming av signalkabelen ga lavere varians. Det er likevel verd å merke seg at testen med påførte forstyrrelser ved bruk av en mobiltelefon under samtale, hadde lavere varians enn testen uten denne forstyrrelsen.



Figur 41: Testdata uskjermet kabel uten påført radiostøy



Figur 42: Varians i målinger med og uten skjermede kabler

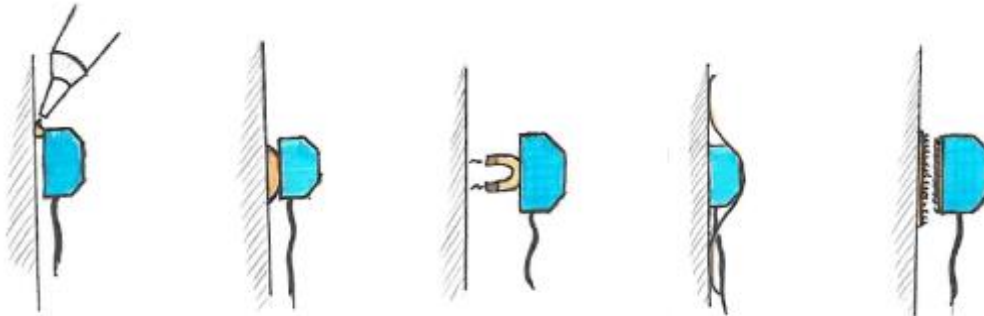
Nærmere undersøkelser viser også at variansen til testene ligger mindre enn 2,2 % fra hverandre. Dette kan sies å være innenfor tilfeldig variasjon av målingene, noe som skjer i alle typer måling. Konklusjonen basert på disse resultatene er at skjermede kabler ikke har noen effekt på variansen av måleverdiene.



Figur 43: Påført radiostøy ved bruk av mobiltelefon under samtale

4.3.6 Feste av kompletteringsenhet

Kompletteringsenheten vil sitte på undersiden av tilhengeren under testing. Enheten skal brukes om igjen og må derfor kunne tas av tilhengeren etter endt testing. Avhengig av testen som gjennomføres vil den være plassert på ulike plasser fra gang til gang. Hensyn som må tas er blant annet kablene som kobles til; det må være enkelt å koble dem til, og de må ikke kunne rykkes ut. De bør utsettes for minst mulig bevegelse under testen. Dette samtidig med at det bør være enkelt og lite tidkrevende å sette enheten fast og å ta den av. I Figur 44 vises ulike metoder som ble undersøkt.



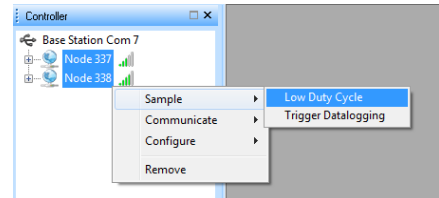
Figur 44: Festemetoder: Lim, sugeskopp, magnet, teip og borrelås

De to løsningene som ble eliminert først var teip og lim. Lim fordi dette må være veldig sterkt og dermed blir en permanent løsning. Teipen er følsom for fukt og etterlater limrester på koblingsboksen. I tillegg er det fare for å rive ut ledninger når man benytter teip. Sugeskoppen er også noe følsom for fukt, og for ujevnheter og skitt på underlaget. Men sugeskopper er enkle å feste og fjerne, og er slitesterke. Magneter er ikke følsomme for fukt, ujevnheter eller skitt men vi vet foreløpig ikke hvilken innvirkning magneten vil ha på elektronikken. Borrelås er tradisjonelt mye benyttet til å feste måleutstyr av denne typen. Kompletteringsenheten tar ikke skade av å ha en borrelås permanent festet til seg, og pålimt borrelås på tilhengeren kan enkelt fjernes siden. Hvis det er den stive delen av borrelåsen som festes til kompletteringsenheten vil ikke slitasje være et problem. På grunnlag av dette ble borrelås valgt som festemetode.

4.3.7 Programvare og brukergrensesnitt

Programvaren som ble brukt til testing og analyse av tilhengeren fra Tysse var i hovedsak Microstrains Node Commander for innhenting av data, og Excelscriptet STOFLO for bearbeiding av dataen. Disse to programmene ble vi gjort kjent med i prosjektoppgaven og ble i masteroppgaven forbedret på en rekke områder.

Node Commander er programmet som følger med utstyret fra Microstrain for innhenting av data fra nodene til PC. Her var det ingen muligheter til å endre på brukergrensesnittet, men under testingen ble det funnet et par hendige triks som til slutt kom med i brukermanualen. En av disse forbedringene var å bruke funksjonen “low duty cycle” i stedet for “streaming”, som ble brukt i prosjektoppgaven. I motsetning til “streaming” der samplingraten konstant var 730Hz kunne dette i “low duty cycle” endres, og denne endte opp på 128Hz. I tillegg var det nå mulig å kjøre to noder samtidig uten større problemer, se Figur 46. Grunnen til at denne funksjonen ikke var brukt tidligere var oppdatering av Node Commander fra produsentens side. Dette gjorde funksjonen mer brukervennlig og ble derfor tatt med.



Figur 46: Node Commander Low Duty

INPUT		OUTPUT	
E-module [MPa]	210000	Max Stress[MPa]	251,2281116
Offset	0	Min Stress [MPa]	-101,958371
Samplingrate [HZ]	730		
Kp	8		

Sweep number	Microstrain [10 ⁻⁶ strain]	Time [Seconds]	Stress [MPa]
0	41,17453384	0	69,17321685
1	45,50917435	0,001369863	76,45541291
2	47,6764946	0,002739726	80,09651093
3	50,56625366	0,004109589	84,95130615
4	52,0111351	0,005479452	87,37870697
5	53,45601654	0,006849315	89,80610779

Figur 45: STOFLO tøyning til spenning

STOFLO var et “open source” Excelscript som gjorde rainfow-counting og utmattingsberegninger med dataen hentet fra tilhengeren. Teorien bak, og begrunnelsen for bruk av denne metoden var dekket i prosjektoppgaven (Appendiks 0). Siden STOFLO var “open source”, ble det gjort endringer i scriptet for å gjøre det mer brukervennlig for Tysse. Først og fremst ble det lagt til et eget ark som gjorde tøyning om til spenning, se Figur 45. Deretter ble det lagt til automatisk overføring av disse verdiene til resten av scriptet. På slutten under resultater ble det programmert en egen boks som viste levetiden til punktet som ble målt. Dette var basert på antall sykler til brudd og hvor lang testen var. Dette gjorde det lettere å få et overblikk, og å se forbedringer ved flere tester. Levetiden var i dette tilfellet tiden det tok før tilhengeren røk, i målte punkt, i testbanen.

Stress-life, $S_{NF}=A(N_f)^B$		
Mod. Goodman	No S_m Correct	Morrow S-N:
88664,7	187813	70730,4
repeats	repeats	repeats
CLEAR DATA		
Days	Hours	
9	4	

Figur 47: STOFLO Levetid

4.3.8 Materialtesting

Det er i prosjektoppgaven (Appendiks 0) skrevet om utmatting og SN-kurver. Dette er egenskaper som er materialspesifikt. For denne oppgaven er det derfor viktig å teste materialet brukt av Tysse for å gjøre sikre beregninger. Tysse bruker stål fra leverandøren Rukki, som holder til i Finland. Delene i tilhengerne er i hovedsak stanset ut av 2mm stålplater, og skrudd sammen. I kontakt med Rukki ble deres spesifikasjoner for stålet oppgitt.

Strekktest

I 3.2 er det skrevet om hvordan SN-diagrammet kan estimeres fra ultimate tensile strength. Dette betyr at denne verdien måtte bli funnet. I kontakt med Rukki ble det oppgitt at ultimate tensile strength hadde en verdi på 400MPa. Dette ble brukt i dimensjoneringen av prøvene som måtte maskineres.

Utføring av strekktesten og maskinering av prøvene ble gjennomført etter ISO6892 standarden. (CEN, 2009) Her står det beskrevet geometrien til prøvene og deformasjonshastigheter. For å få tilstrekkelig oppløsning på signalene fra lastcellen som er montert i strekkmaskinen ble det anbefalt ikke å strekke prøver som ville ryke under 10 % av maskinens maksimale kapasitet. Kapasiteten til strekkmaskinen som ble brukt var 50 000 N eller omtrent 5 tonn. ISO6892 hadde en ferdig definert prøve for tynne plater med bredde på 25mm. For å se om denne prøven skulle gi god nok oppløsning ble kraften krevd for brudd regnet ut, se Formel 5.



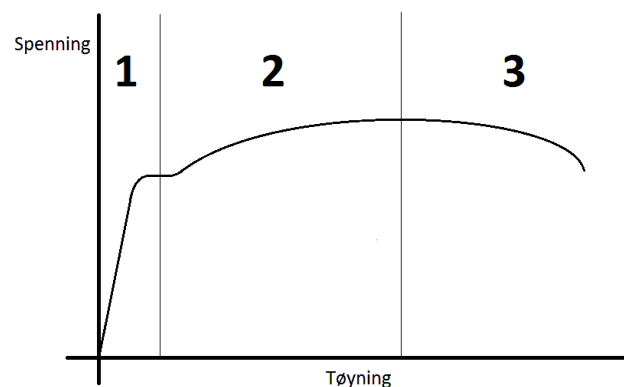
Figur 48: Testprøver ferdig maskinert

Formel 5: Beregning av krefter

$$Kraft = Spenning * Areal = 400MPa * 25mm * 2mm = 20\ 000\ N$$

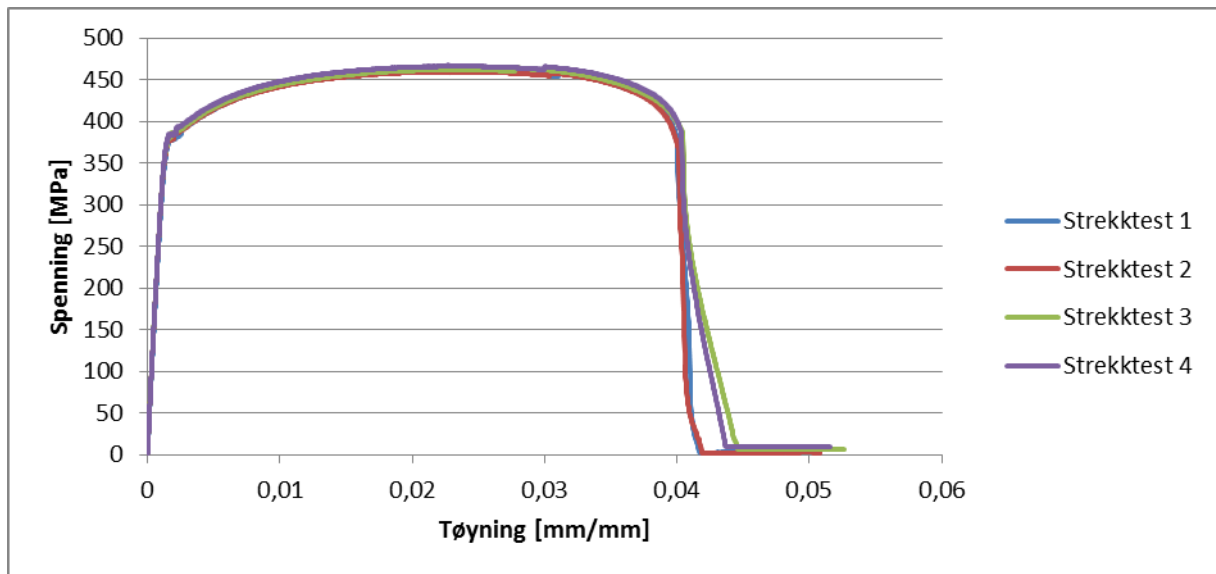
20 000 N utgjør 40 % av maskinens maksimale kapasitet, og vil derfor gi meget god signaloppløsning. Etter dimensjonene til prøven var bestemt ble prøvene frest ut av stålplatene fra Tysse. Maskineringen ble gjort i en pinnefres etter spesifikasjonene i ISO6892.

Da prøvene var ferdiglaget ble de oppspent i maskinen, og testet etter tur. ISO6892 spesifiserer forskjellig deformasjonshastighet i tre avgrensede områder av testen som vist i Figur 49. Del 1 er i den elastiske sonen og trenger lavest hastighet for å gi et godt estimat av Youngs modulus (3.2). Hastigheten her var spesifisert til 0,9mm/min. Sone 2 går fra slutten av det elastiske området helt opp til



Figur 49: Fordeling av deformasjonshastighet i spenningsforløpet

toppunktet av spenningsforløpet der S_u blir målt. Da toppen er lang og slak er hastigheten her betraktelig større, og spesifisert til 7,2mm/min. Sone 3 er etter toppunktet, og har ingen relevante data å hente ut. Hastigheten her var spesifisert til 21,6mm/min for vår prøve.



Figur 51: Spenningsforløp strekktest

Etter alle fire prøvene var testet til brudd ble det utarbeidet en felles graf med spenning langs Y-aksen og tøyning langs X-aksen, se Figur 51. Disse fire testene ga en midlere S_u på 463,1 MPa. Dette er 15,7 % høyere enn verdien vi fikk oppgitt av stålprodusenten. Senere samtaler med Tysse viste at dette også var registrert hos dem ved at noen av maskinene i produksjonslinjen hadde problemer med det sterkere stålet.

Utmattingstest

Nå som ultimate tensile strength var funnet, ble det mulig å gjøre et estimat av SN-kurven. Da det var knyttet en del usikkerhet til hvor bra dette estimatet var, ble det besluttet å gjøre noen sykliske tester som kunne sammenliknes med den estimerte SN-kurven. Den valgte testmetoden var også beskrevet i en ISO standard, og det ble maskinert prøver etter standarden ISO1099 (CEN, 2006). Prøvene ble innspennet i samme maskin som for strekkprøvene, men denne gangen ble maskinen konfigurert til å levere sykliske krefter. Fordi middelspenningen var spesifisert til å være 0, ble det i tillegg til strekk, også introdusert trykk i testingen. Dette bød på problemer på grunn av knekning i de relativt tynne prøvene.



Figur 50: Prøve med anti-kneknings-løsning

Fra fasthetslæren brukte vi knekking med fast oppspenning i begge ender, se Formel 6.

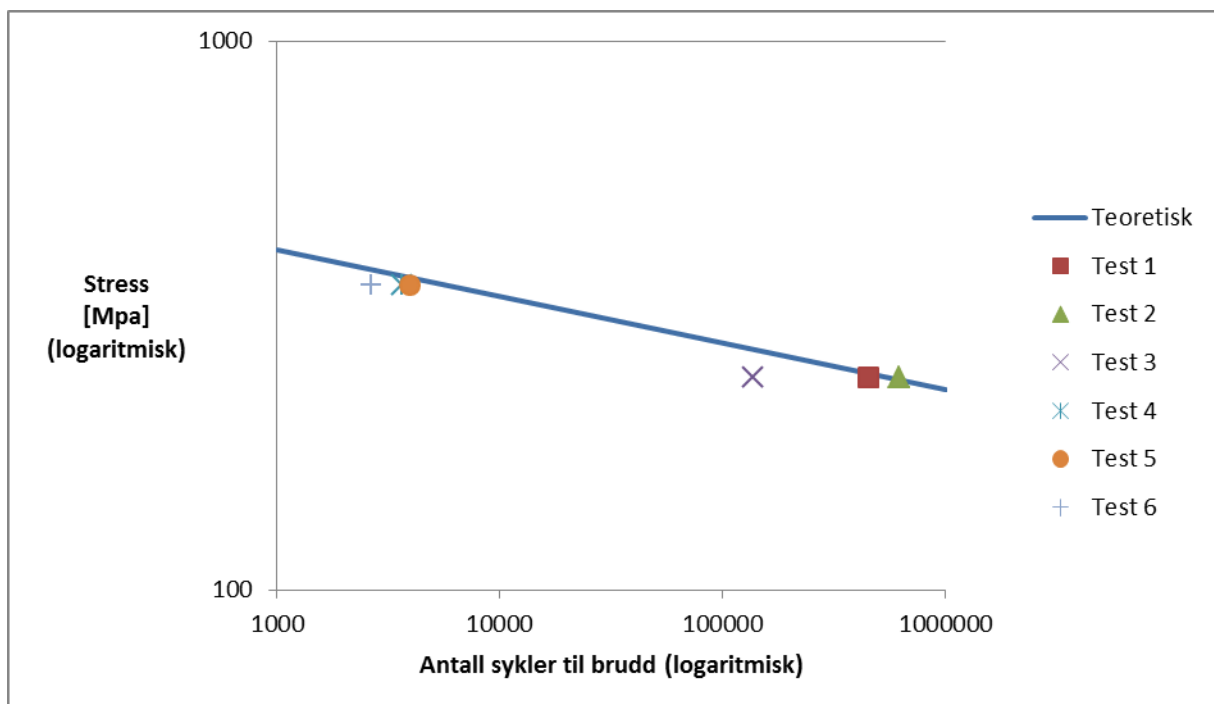
Formel 6: Knekklast for fast oppspent prøve

$$\begin{aligned} \text{Knekklast} &= \frac{4\pi^2 EI}{L^2} \\ &= \frac{4\pi^2 210000 \text{MPa} * 20 \text{mm} * (2 \text{mm})^3}{12 * (140 \text{mm})^2} \\ &= 5640 \text{ N} \end{aligned}$$

Knekklasten på 5640 N var mindre enn lasten i testen som derfor ville få problemer med knekking. Dette ble løst ved å lage en anti-knekkning-løsning. Denne løsningen besto av fire triangulære deler av flattjern som støttet opp prøven uten å lage for mye friksjon, se Figur 52. Etter alle prøvene var testet, ble det laget en grafisk visning av resultatene sammen med den estimerte SN-kurven, se Figur 53.



Figur 52: Utmattingsprøve med anti-knekkning-løsning



Figur 53: Utmattings tester sammen med estimert SN-krurve

4.4 Fremgangsmåte og identifikasjon av problemområder

4.4.1 Beskrivelse av fremgangsmåte

Det ble i prosjektoppgaven brukt FEM analyse for å finne plassering av strekkklapper, og for å finne forholdet mellom tøyning i målepunkt og utmattingspunkt. Dette viste seg etter hvert å være veldig komplisert, mye fordi små endringer i modellen eller oppspenningen hadde store utslag på resultatene. Da FEM analyse i tillegg viste seg å være mindre brukervennlig ble det bestemt at oppgaven måtte ta en ny venning.

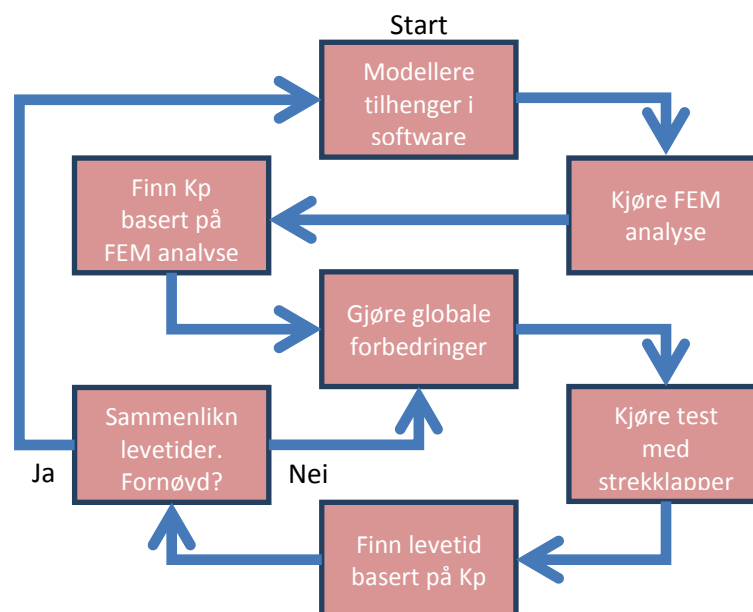
Tysse som skal bruke dette systemet sitter inne med mye erfaring om de forskjellige problemområdene på tilhengerne de produserer. Det var derfor et ønske om å bruke denne erfaringen mer direkte i den nye metoden. Etter en del diskusjon ble det kommet frem til en metode som senere fikk navnet erfaringsmetoden.

Erfaringsmetoden dreide seg om å kvantifisere effekten på forskjellige utmattingspunkt ved endringer gjort på tilhengeren. På denne måten kunne Tysse få en formening om effekten av endringene uten å måtte kjøre den til brudd på ny. Kalibreringen av metoden var basert på erfaringer Tysse hadde om levetiden til forskjellige punkter på tilhengeren.

For å beskrive erfaringsmetoden er det viktig først å gjøre klart hvordan FEM metoden var bygget opp.

FEM metoden

Den metoden som var utgangspunktet fra start i dette prosjektet baserte seg på FEM analyse for å finne målepunkter. Metoden blir beskrevet grafisk og oppsummert i Figur 54.



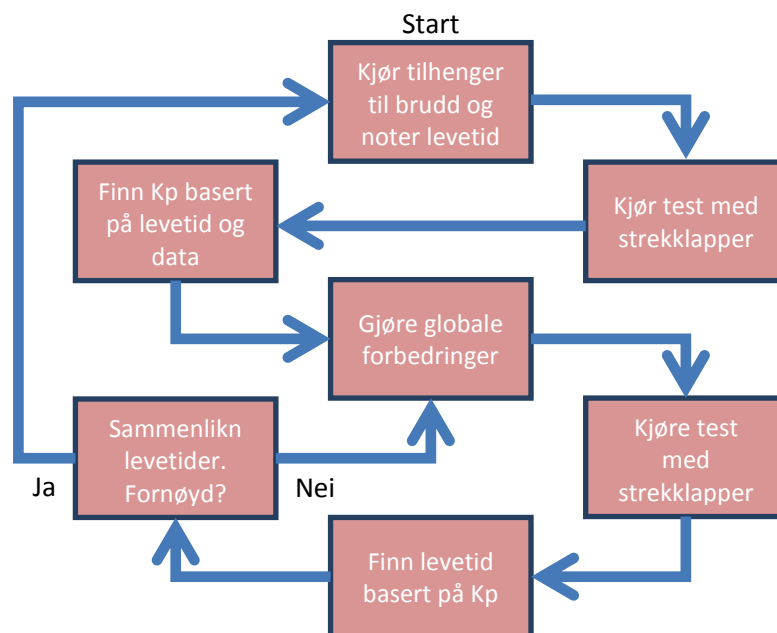
Figur 54: FEM basert metode

FEM metoden viste seg godt egnet når det var stilt krav om null destruktivitet. Her ga programvaren all forkunnskap som trengtes og fremgangsmåten var dermed også godt egnet når helt nye produkter skulle utvikles. En utfordring ved bruk av denne metoden viste seg å være nøyaktighet. Etter å ha testet ulike modelleringsmuligheter, meshtyper og lastscenarier viste det seg at det krevde

stor nøyaktighet og mye "fikling" for å få FEM modellene gode. Prosessen var tidkrevende og små variasjoner ga store utslag i resultatene. Dette, sammen med at Tysse bruker et annet simuleringsprogram enn det som var tilgjengelig under prosjektets løpetid, gjorde det utfordrende å overføre kunnskapen som var kommet frem.

Erfaringsbasert metode

Denne metoden baserer seg på den kunnskapen Tysse hadde til produktets levetid på forhånd. Ved hjelp av dette ble stressendringene i et punkt målt ved ulike påvirkninger. Dette kunne så overføres til levetidsberegning. Denne metoden er relativt lik FEM metoden bortsett fra de tre første punktene. Her er FEM analyse byttet ut med kjøring i teststasjonen, noe som gir resultatet en sterkere tilknytning til virkeligheten. Metoden oppsummeres i Figur 55.



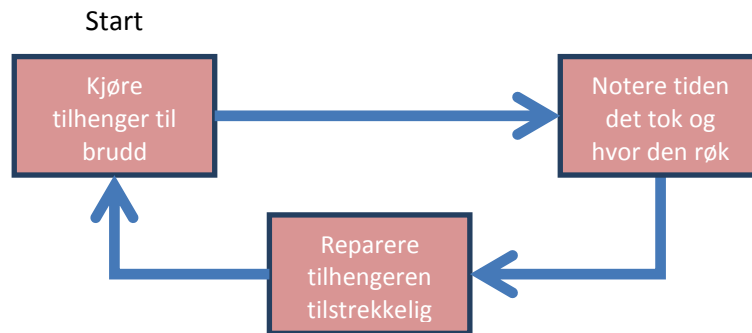
Figur 55: Erfaringsbasert metode

Denne fremgangsmåten har som største styrke at den krever mindre forarbeid i form av modellering og FEM analyse, da den baserer seg på å sammenligne spenningsendringer. Den viste seg svært godt egnet til å beskrive/kvantifisere endringer i levetid og stressfordeling ved endringer i tilhengerens design. Den kunne også brukes til å måle effekten av forhold som for eksempel feillasting. Det som er utfordrende med denne metoden er at den ikke kunne brukes ved lokale endringer rundt utmattingspunktet. Dette fordi en endring her ville føre til en endring av K_p verdien som analysen baserte seg på. Fremgangsmåten krevde også at det fantes kunnskap om produktets levetid før testingen starter.

Identifikasjon av problemområder

I første omgang er det Tysse som selv vet hvilke områder på tilhengeren som vil ryke først. Med den erfaringsbaserte metoden blir det likevel lettere å finne neste punkt etter første punkt er forbedret. I Figur 55 blir det gjort globale forbedringer helt til det aktuelle utmattingspunktet ikke lengre ryker først. Dermed blir hengeren med de nye forbedringene kjørt til brudd for å finne neste problempunkt. Dette krever at det blir kjørt en tilhenger til brudd for hvert punkt som skal forbedres.

For å redusere antall tilhengere som må kjøres til brudd, ble det laget en ny løsning. Denne løsningen baserte seg på å finne levetiden til alle problempunkt i en og samme tilhenger. Dette gjøres ved å kjøre tilhengeren til brudd i testbanen, notere tiden det tok og hvor den røk, reparere tilhengeren tilstrekkelig for så å starte på nytt, se Figur 56. Her er det viktig å gjøre reparasjonen av punktet som røk så grundig at det ikke vil ryke neste gang tilhengeren kjøres i testbanen. Likevel må denne reparasjonen ikke påvirke tøyninger i andre punkter som da ville forstyrret testen. Til slutt har man identifisert alle problemområder på tilhengeren og hvor lang tid det tar før hvert av punktene ryker. Denne informasjonen kan så brukes i den erfaringsbaserte metoden for å forbedre alle punktene samtidig.



Figur 56: Identifikasjon av problemområder

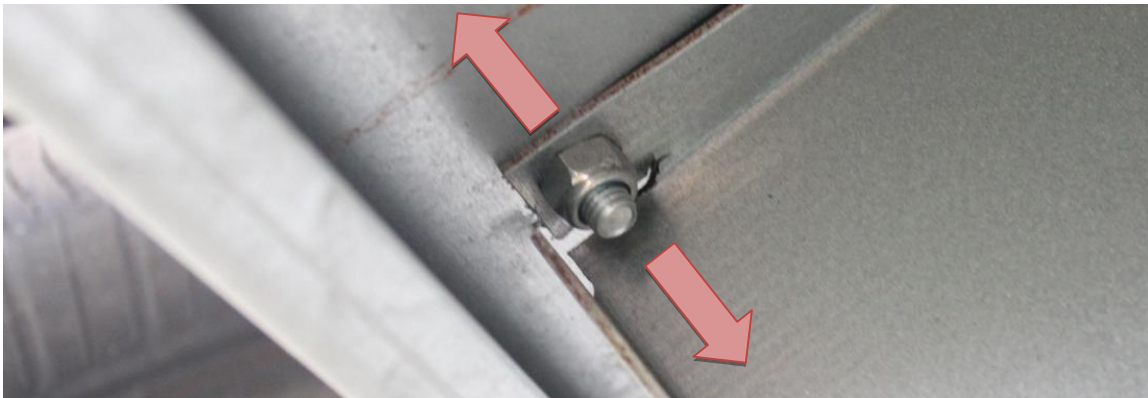
4.4.2 Krav til testingen ved bruk av erfaringsbasert metode

Generalisert prosedyre for plassering av strekkklapper

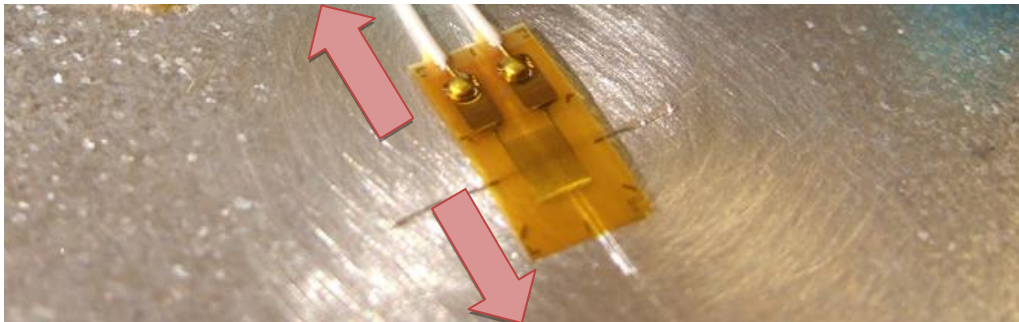
De to metodene presentert i 4.4 krever sine respektive metoder for å finne en god plassering av strekkklappene. Når overordnet metode var bestemt kunne prosedyre for strekkklappplasing fastsettes. Prosedyren som ble presentert for Tysse er som følger:

1. Undersøk retning på tøyningen fra utmattingspunktet. (Figur 57)
2. Plasser lappen slik at den ligger parallelt med tøyningensretningen. (Figur 58)

Det er fordelaktig at lappen plasseres i et område hvor spenningsretningen også er parallell med retningen på tøyningen i punktet men dette er ikke avgjørende da det er differansen mellom målingene som måles.



Figur 57: Tøyningsretning i kritisk punkt



Figur 58: Lappen plasseres slik at den ligger parallelt med tøyningen i kritisk punkt

Behov for konstante testbetingelser

Etter at man har iterert seg frem til en god verdi på K_p , skal denne holdes konstant mens det gjøres endringer i konstruksjonen på tilhengeren. For at dette skal fungere er det viktig at ytre betingelser også er konstante. En viktig anbefaling til Tysse er derfor at testbanen standardiseres; humpene bør være fastmontert, slik at en forsikrer samme testbetingelser hver gang. Hastighet må også være lik i hver test så lenge det er samme testpunkt som undersøkes.

Hvis konstruksjonen i tilhengeren ikke endres kan metoden benyttes for å undersøke resultat av ulik form for feillasting og påvirkning fra vei og kjøreforhold.

4.4.3 Valg av fremgangsmåte

Når tiden kom for valg av fremgangsmåte ble brukerkravspesifikasjonen, utarbeidet i prosjektoppgaven, tatt fram igjen. Det viktigste i valget av hvilken fremgangsmåte som ble presentert for Tysse var at deres behov ble dekket. Brukerkravspesifikasjonen kan leses i Appendiks F. Alle punktene som omhandlet utstyrvalg direkte ble eliminert og nye punkter ble lagt til for å lage en evalueringstabell som vist i Tabell 2. Tabellen er inspirert av evalueringstabellen funnet i kapittel 7 i (Ulrich & Eppinger, 2003). Arbeidet starter med å vekte de ulike vurderingspunktene på relativ viktighet. Deretter scores produktene på grad av tilfredsstillelse for de ulike vurderingspunktene. På denne måten kan produkter som har mange likheter vurderes mot hverandre, ved at poengene fordeles etter styrke og viktighet. Punktene som omhandler utstyr vil være like for begge metodene og vil ikke hjelpe med å differensiere dem. Punktene som ble lagt til er kriterier som har oppstått underveis og som omhandler metode spesielt. Vektingen er hentet fra brukerkravspesifikasjonen for punktene som er hentet derfra.

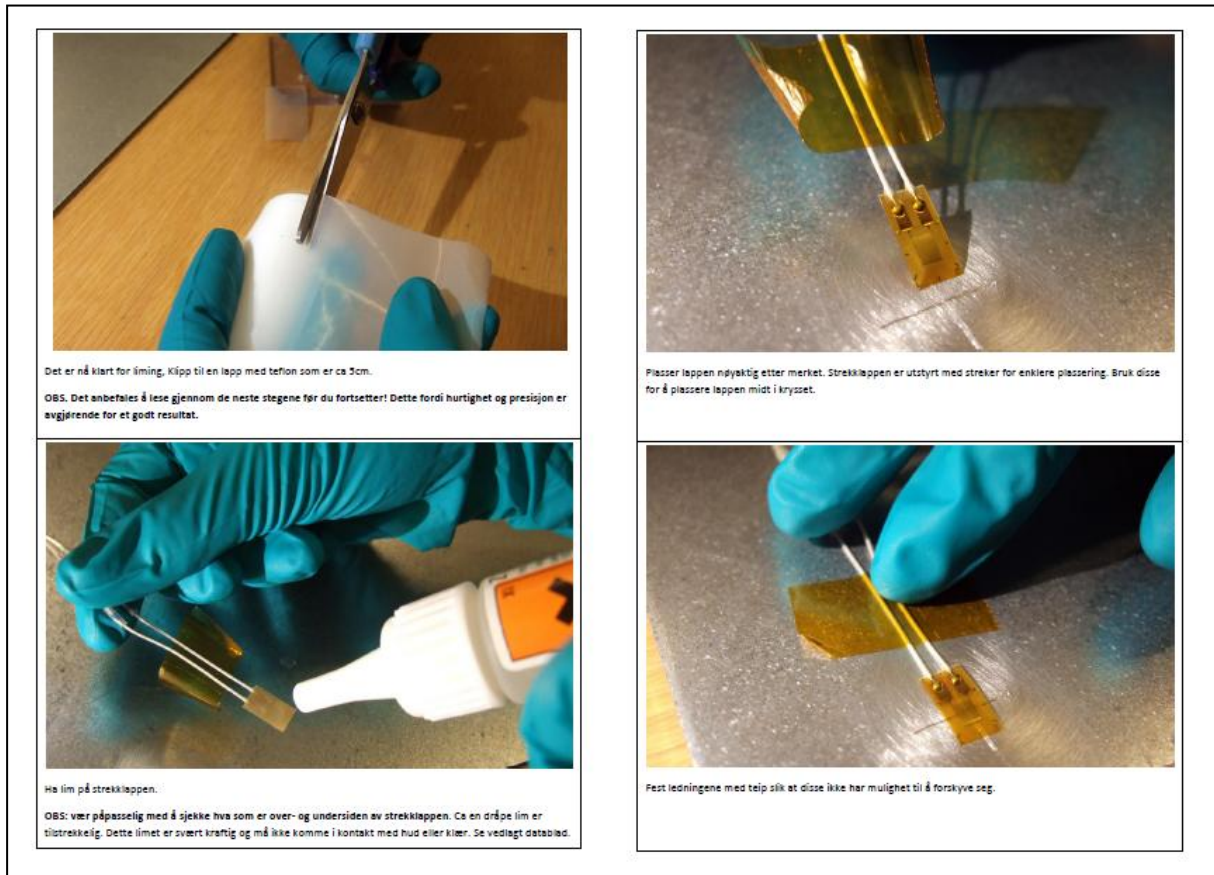
Evalueringstabell for valg av endelig konsept						
Produkt Metode	Utarbeidet av <i>Silje Heiland</i>	Vekt	Metode Antall poeng 1-5			
Pkt.	Beskrivelse av kriteria	1-5	FEM		Erfaring	
				vektet		vektet
1	Kunne benyttes på ulike pkt på tilhengeren	5	4	20	4	20
2	Kunne analysere flere punkt samtidig	4	5	20	4	16
3	Antall steg i testprosessen	3	4	12	5	15
4	Enkelt å gjøre repetitive tester	4	4	16	4	16
5	Totalt tidskonsum pr. testsyklus	4	3	12	5	20
6	Ha lav kjøretid	2	5	10	5	10
7	Ha lav omstillingstid for ny syklus	4	3	12	4	16
8	Lav terskel for å gjennomføre test	5	3	15	5	25
9	Lavt behov for opplæring	4	3	12	4	16
10	Lav grad av kompleksitet	5	3	15	4	20
11	Utnyttelse av eksisterende kunnskap	3	3	9	5	15
12	Robusthet mot tekniske feil	4	3	12	4	16
13	Nøyaktige resultater	4	5	20	4	16
14	Pålitelige resultater	5	4	20	5	25
15	Kostnad pr. test	2	3	6	3	6
Poengsum			55		70	
Poengsum m. vekting				211		252
Endelig valg						X

Tabell 2: Evalueringstabell

Ut i fra Tabell 2 og det generelle inntrykk som er blitt opparbeidet gjennom arbeidet med denne oppgaven, er konklusjonen at det er den erfaringsbaserte fremgangsmåten som vil bli anbefalt til Tysse. Denne metoden er lettere å relatere til Tysses eksisterende kunnskap og praksis. Det er færre antagelser i denne metoden og selv om den gir litt mindre nøyaktige resultater, er resultatene mer pålitelige.

4.5 Brukermanualen

Et viktig aspekt ved denne oppgaven er videreformidling av utstyr og kunnskap til Tysse. Den mest utfordrende av disse er formidlingen av kunnskap. Et av de viktigste midlene har vært utformingen av en brukermanual. Manualen tar sikte på å guide brukeren gjennom hele testprosessen, steg for steg. Den omfatter liming av strekkklapper, plassering og rigging av utstyr samt bruk av programvare. Manualen kan sees i sin helhet i Appendiks D, men to av sidene er presentert i Figur 59.



Figur 59: Side 4 og 5 i brukermanualen

Manualen er utformet slik at montering av utstyr og bruk av programvare er delt i to kapitler. Dette fordi disse stegene i testprosessen er to adskilte oppgaver. Disse er naturlig adskilt blant annet på grunn av endring i lokasjon. Det var ønskelig å lage manualen så grafisk som mulig og ha forklarende bilder som hovedfokus. Dette gjør manualen enkel, intuitiv og mer interessant å bruke.

Manualen leveres i tre former; en enkel papirutgave for bruk på kontor, en laminert til bruk i verksted og digitalt slik at Tysse kan ha en back-up. Under besøket hos Tysse den 29.5.2012 ble manualen testet under bruk og virket tilfredsstillende.

4.6 Utstyrbeskrivelse



Figur 60: Utstyrsoversikt

På slutten av semesteret var det på tide å overlevere utstyret til Tysse. Før reisen ble det tatt et oversiktsbilde over utstyret som ble levert. Tanken var at Tysse med denne utstyrspakken skulle kunne starte testingen umiddelbart etter overtakelsen. Det eneste som ikke fulgte med i esken var acetone, som flyselskapet ikke ville la oss ta med. Figur 60 viser oversiktsbildet med nummerering som refererer til utstyrlisten under.

1. Manualer og dokumenter fra Microstrain
2. 2 x kompletteringsenhet 3 meter
3. 2 x kompletteringsenhet 2 meter, tynn kabel
4. 2 x kompletteringsenhet 2 meter
5. 2 x kompletteringsenhet 1 meter
6. CD med programvare, manualer fra Microstrain og brukermanualen laget for Tysse
7. Bomullspinner for behandling av overflate før liming av strekkapper
8. Installasjonsutstyr: sandpapir, gaffers tape og strikk for å feste V-link til aksling på tilhenger
9. 30 x 350ohm strekkapper med 0,5 meter ledning
10. Original CD fra Microstrain
11. Verktøy for installasjon
12. 2 x V-link målebokser
13. Basestasjon som kobler sammen målebokser trådløst med en PC
14. Brukermanual
15. Strekkaplim

I alt ble det levert åtte kompletteringsenheter. Med åtte kompletteringsenheter var det mulig å bruke alle kanalene på begge V-Linkene samtidig. Kompletteringsenhetene hadde forskjellig ledningslengde for å kunne rekke forskjellige deler av tilhengeren. To av enhetene hadde 3 meter kabel for de lengste strekkene. Fire av enhetene hadde 2 meter kabler, som rekker de aller fleste punktene på tilhengeren. Til slutt ble det laget to enheter med 1 meter kabel for de korteste trekkene.

En CD ble produsert som inneholdt nyeste versjon av programvaren. Dette var Node Commander, STOFLO, brukermanualen laget for Tysse i elektronisk format, manualer fra Microstrain og HMS datablad. Node Commander var programvaren til Microstrain som ble brukt da data ble hentet in under testing. STOFLO var Excel scriptet som ble brukt til å analysere dataen fra strekkloppene etter testingen. Brukermanualen ble lagt ved elektronisk i tilfelle Tysse skulle miste de to fysiske eksemplarene. Manualene fra Microstrain finnes også på internett, men ble lagt ved for enkelhets skyld.

Utstyrspakken for testing med strekklopper inneholdt sandpapir i to forskjellige grovheter, bomullspinne, gaffers tape, syl og festestrikker. Sandpapiret ble brukt til å preparere metalloverflaten før liming. De to typene sandpapir hadde grovhet på 120 og 400, for først å fjerne sinkbelegg, og så skape en jevn overflate. Bomullspinne ble brukt sammen med aceton for å fjerne fett og metallpartikler før liming. Gaffers tape var beregnet for festing av løse ledninger fra strekkloppen og kompletteringsenheten. Sylen ble brukt til å merke punktet der strekkloppen skal limes. De røde festestrikkene ble brukt til å feste V-Link til akselen på tilhengeren.

Strekkloppene som ble levert med utstyret ble kjøpt hos HBM. Disse har beskrivelsen K-LY43-3/350 med 0,5meter ledning. Limet som ble levert har beskrivelsen 1-Z70 Strekklopplim.

Utstyret fra Microstrain utgjorde to V-link trådløse målenoder og en basestasjon, se Figur 61. V-linkene var montert på braketter spesielt utviklet for å bli festet oppå akslingen på tilhengerne til Tysse. Det fulgte også med strømkabel for å lade V-link, samt USB kabel for å koble basestasjonen til PC.



Figur 61: Nærbilde Microstrain V-link og base

4.7 Besøk hos Tysse den 29.05.12 – installasjon av utstyr

Som en avslutning på et godt samarbeid ble det avtalt et møte hos Tysse utenfor Bergen. Dette møtet ble avtalt slik at overlevering av innkjøpt utstyr kunne kombineres med opplæring i bruk av dette. Det følte viktig å forsikre seg om at oppdragsgiveren hadde god forståelse for bruk av metode og utstyr når prosjektet nå avsluttes. Dette for at Tysse skal få best mulig utbytte av arbeidet som er blitt lagt ned.

Møtet startet med en kort presentasjon for å forklare de overordnede aspektene ved metoden som er blitt utviklet. Utstyret ble presentert slik at representantene fra Tysse fikk mulighet til å bli kjent med det. Slik dagen var lagt opp var det satt av god tid til å gjennomføre en full test med utstyret slik at alle aspekt ved bruken av metode og utstyr kom frem. Dette gikk uten store problemer og det var flere representanter fra Tysse til stede under gjennomføringen. Programvare ble installert og testet på en pc dedikert til bruk med testsystemet. Etter å ha analysert dataene fra testingen var det god tid til å svare på spørsmålene som var oppstått underveis.

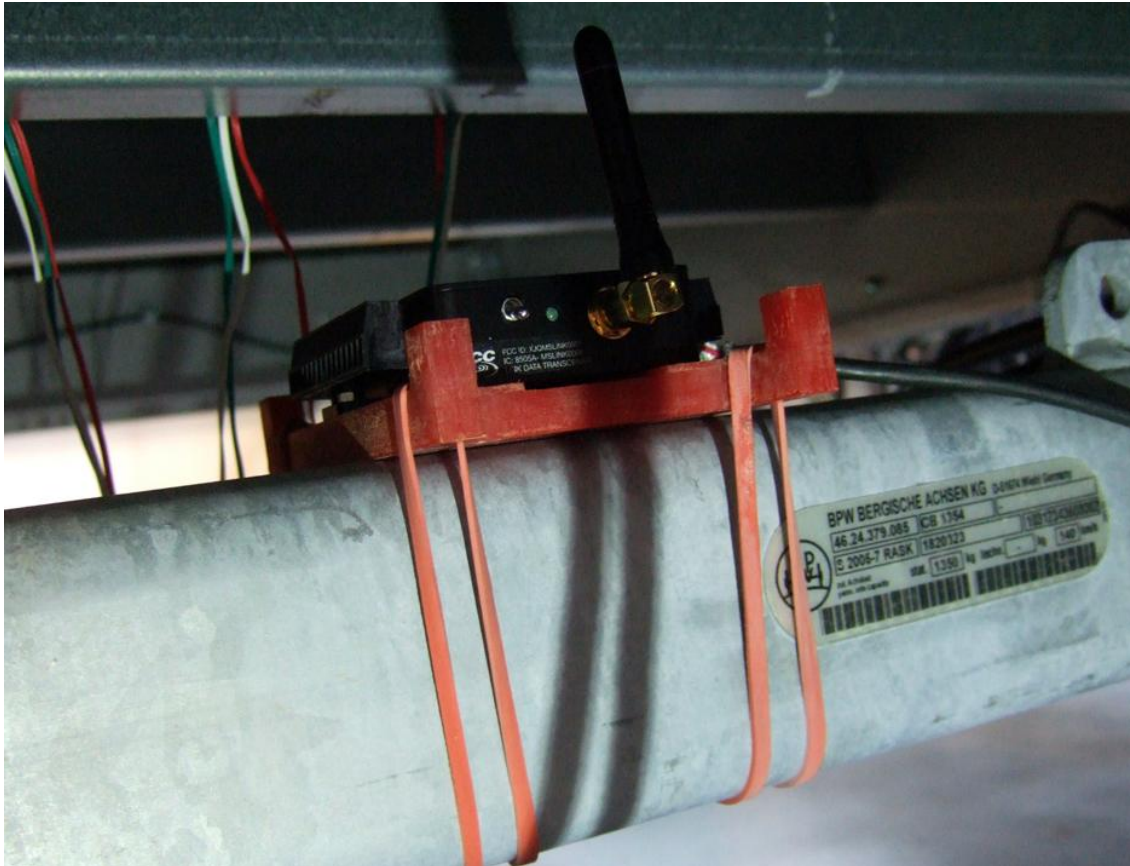
Tilbakemeldingene etter endt besøk var gode. Under besøket ble brukermanualen presentert for brukerne, og denne ble godt mottatt. Oppdragsgiver var fornøyd med å ha fått et system de kan ta i bruk med det samme, samtidig som det kan bearbeides videre til å passe deres fremtidige behov. En ting som ble savnet var en liste over leverandører og innkjøpsinformasjon for senere. Dette ble tatt til følge og en liste over viktige spesifikasjon på strekkklapper, lim osv ble utformet, sammen med anbefalte leverandører.



Figur 62: Illustrasjon av opplæringen ved testbanen

4.8 Evaluering av ferdig produkt

Når systemet var ferdig utviklet var det ønskelig å undersøke i hvilken grad det har lyktes å oppfylle Tyssees behov. Det ble derfor utviklet en tabell for å undersøke dette i forhold til brukerkravspesifikasjonen og vurderingstabellen i 4.4.3. Tabellen er inspirert, på samme måte som Tabell 2, av evalueringstabellen funnet i kapittel 7 i (Ulrich & Eppinger, 2003). Tabellen, som foreligger i Appendiks G, viser at metoden som ble valgt er tilfredsstillende. Etter scoring ligger dette helhetlige produktet på 87.5 % av maks score.



Figur 63: Utstyret montert på tilhenger

Del 5. Konklusjon og videre arbeid

5.1 Konklusjon

Oppgaven skrevet for Tysse er sammensatt av flere deler med individuelle konklusjoner. Disse delene kan oppsummeres som følger:

- Datainnsamlingsenheten
- Kompletteringsenheten
- Materialtesting
- Fremgangsmåte

Datasamlingsenheten fra Microstrain var plattformen for innhenting av data fra streklappene på tilhengeren. Denne enheten måtte testes og modifiseres for å fungere til vårt bruk. Festebrakett ble utviklet sammen med strikk som enkelt og sikkert kunne feste enheten til tilhengeren. Sprutsikring ved bruk av lukkbar plastpose ble valgt på bakgrunn av kompatibilitet med festebrakett og signalstyrke fra enheten. Målinger opp mot materialet i tilhengerne viste seg å stemme overens med teoretiske verdier, som tilsa at utstyret var riktig satt opp, og mykheten til stålet oppgitt av stålprodusent var riktig.

Kompletteringsenheten ble utviklet for å huse kompletteringsmotstandene, samtidig som den skulle være koblingen mellom streklapp og datainnsamlingsenhet. Kompletteringsenheten ble utviklet fra bunn og skjerming av kabel ble testet og funnet overflødig. Borrelås ble etter tester valgt som metode for festing til tilhengeren. Testing i vann viste bruken av gummibeskyttelsesmasse ga tilstrekkelig beskyttelse.

Materialtestingen ble gjort i laben for å verifisere data gitt for stålet tilhengerne var laget av. Det ble også gjort for å teste estimat av SN kurve basert på materialstyrke. Materialstyrken ble målt til å være 463,1 MPa som var 15,7 % høyere enn spesifikasjonene skulle tilsi. Dette ble verifisert i utmattingstesting der teoretisk SN kurve basert på ny styrkeverdi stemte overens med måldata. Utmattingstesten viste at SN estimatet var et brukbart estimat.

Fremgangsmåten for testing basert på FEM analyse ble erstattet til fordel for ny metode. Denne metoden hadde sterkere tilknytning til faktiske testresultater, og var mindre basert på teori og numerikk. Den nye erfaringsbaserte fremgangsmåten scoret bedre i evalueringen, og fikk god mottakelse hos Tysse. Brukermanualen som var utviklet viste seg å fungere bra. Programvaren brukt til bearbeiding av testdata var ytterligere modifisert, og viste seg å gjøre jobben bra for Tysse.

5.2 Videreføring

Tysse har fra starten av uttrykt et ønske om at oppgaven skulle inneholde en del om videre arbeid for systemet. Det er spesielt på to punkter systemet hadde tjent på videreutvikling:

- Videreutvikling av software for analyse av data
- Implementering av FEM

STOFLO er et "Open Source" Excelscript som gjør alle utmattingsberegninger i dette systemet. Scriptet gjør jobben tilfredsstillende, og det var mulig å gjøre tilpasninger etter Tysse's behov. Baksiden er tiden det tar å gjennomføre beregningene. Dette kan gjøres bedre ved å utvikle et uavhengig program som ikke holdes tilbake av begrensningene som kommer med Excel. STOFLO bruker i dag omtrent 30 minutter på å analysere hvert punkt. Det er derfor rom for forbedring.

FEM delen av oppgaven ble tatt bort fordi det var komplisert og tidkrevende for Tysse å ta i bruk. Ved bruk av annet software og ferdige modeller, vil terskelen for å bruke denne metoden bli mindre. Det vil likevel ikke fullstendig løse problemene som oppstod med kompleksiteten og nøyaktigheten som kreves ved bruken av denne metoden.

Vår anbefaling blir derfor først å utvikle nytt software for beregning av utmatting, for så å gjøre et nytt forsøk på implementering av FEM analyse.

Del 6. Referanser

CEN. (2006). *Metallic materials - Fatigue testing - Axial force-controlled method*. International Standard.

CEN. (2009). *Metalliske materialer - Strekkprøving - Del 1: Prøvmingsmetode i romtemperatur*. Brussel: Standard Norge.

Dowling, N. E. (2006). *Mechanical Behavior of Materials*. USA: Pearson Education.

Ganji, A. R., & Wheeler, A. J. (2010). *Introduction to Engineering Experimentation*. Pearson Education (US).

Hibbeler, R. (2005). *Mechanics of Materials*. Singapore: Pearson Education South Asia Pte Ltd.

Hildre, H. P. (2002). *Produktutvikling*. Trondheim.

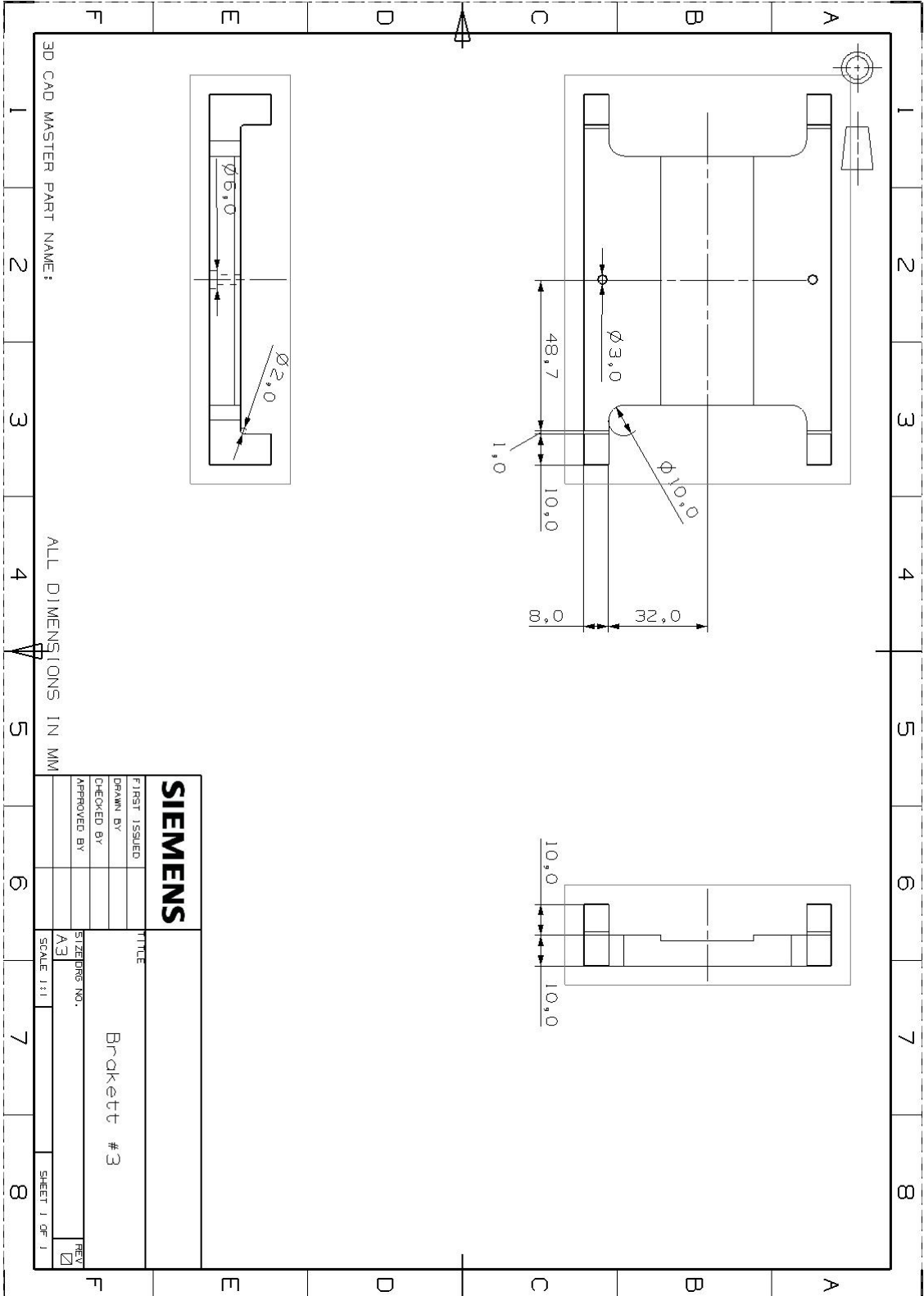
Hughes, M. A., & Heiland, S. (2011). *Utvikling av testverktøy for Tysse*. Trondheim: NTNU.

Tysse MV. (u.d.). *Tysse*. Hentet November 21, 2011 fra <http://tysse.no/?page=242&show=287>

Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2003). *Product Design and Development*. New York: McGraw Hill Higher Education.

Del 7. Appendiks

A. Maskintegning av festebrakett til V-Link



Tur til Tysse – Checklist

1) Teste rekkevidde

- a) Ute
- b) Inne
- c) Forskjellig RF effekt
- d) Under bruk – forstyrrelser fra motor etc.
- e) Med ulike sprutsikringer (boks, pose..)

2) Sjekke hytte

- a) Veggen
- b) Strøm etc.

3) Undersøke strikk vs. Stropp

- a) Med dummy

4) Teste for sprut

- a) Undersøke erfaringer med sprutsoner
- b) Teste vår løsning

5) Finne omtrentlige krefter påført for overføring til lab og egen testing m bil

6) La dem "ta og føle på" utstyret

- a) Hva savner de?
- b) Hva er de fornøyd med?
- c) Hvordan håndterer de utstyret?

7) Diskutere veien videre

- a) Hvilke andre områder vil de vi skal konsentrere oss om?
- b) Hva vil de vi skal konsentrere oss om?

C. Rapport fra test hos Tysse 14.02.12

Rapport Tysse 14/2-12

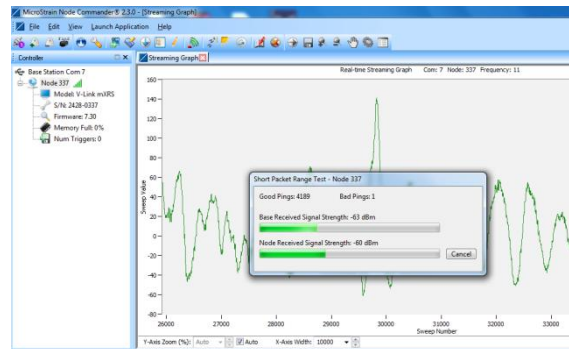
14/2-12 dro Markus Hughes og Silje Heiland til Bergen for å teste hos tilhengerprodusenten Tysse. Dette er en kort oppsummering av resultatene fra denne turen.

Hva ble gjort

Hos tysse ble utstyr installert på en tilhenger av samme type som vi har hatt tilgang til i Trondheim. Dette ble gjort mens representant fra Tysse fulgte med, og dermed fikk en innføring i prosedyren. Etter utstyret var installert ble hengeren transportert gjennom snø, is og vann fram til teststasjonen. Her gikk tilhengeren sammen med utstyret gjennom en rekke tester for å bestemme rekkevidde, elektromagnetisk støy, festemekanisme og værbeskyttelse. Til slutt hadde vi en prat med representanter fra Tysse om hva

Hva fungerte bra

- Nyutviklet festebrakett for festing av V-link til tilhenger var en suksess fordi den fungerte bra sammen med værbeskyttelsen, samtidig som den holdt utstyret tilstrekkelig på plass.
- Værbeskyttelsen av V-link fungerte bra sammen med festemekanismen. I tillegg holdt den utstyret tørt under eksepsjonelt dårlige værforhold
- Rekkevidde på den trådløse kontakten mellom V-link og basestasjon var mer enn god nok, selv med værbeskyttelsen installert som dekker til antennen. Laveste målte signalstyrke var -63 dBm, noe som er et bra resultat.
- Magnetfeltet fra elektromotoren dom driver teststasjonen viste seg ikke å ha noen merkbar innvirkning på verken måleresultatene eller den trådløse kontakten mellom basestasjon og målestasjon.



Hva fungerte mindre bra

- Lodding av endene på ledninger førte til sprøtt metall og dårlig kontakt. Dette ble gjort på en av sensorene for å hindre at lederen ble flist opp, men førte til brudd i kabelen.
- Flere ledere i samme punkt på koblingsboksen viste seg å være mindre pålitelig. Dette kan løses ved å bruke flere doble koblingsbokser.
- Bruken av koblingsbokser og motstander viser seg å være vanskelig å beskytte mot vær og vind. Dette kan løses ved bruk av koblingsbokser med innebygde motstander spesielt utviklet for formålet.
- Estimerte spenninger i utmattingspunktet er 40 % - 60 % høyere enn forventet. Dette kan komme av feil modellering av geometri, feil kalibrert utstyr, eller bruk av feil materialkoeffisienter.



Brukermanual

Om hvordan du skal bruke utstyr, programvare og
testprosedyrer

Silje Heiland
Markus Hughes

Hvordan plassere strekkloppene?

Vi har to metoder for å plassere strekkloppene:

1. Bruk av avanserte numeriske metoder (FEM analyse)
2. Utnytte tidligere erfaring

Metoden vi mener vil fungere best for Tysse er metoden basert på tidligere erfaringer. Dette fordi FEM analysen krever svært mye tid og utstyr, samtidig som det er vanskelig å få et realistisk resultat. Mer om dette kan sees i prosjektrapporten.

Erfaringsmetoden går i korte trekk ut på dette:

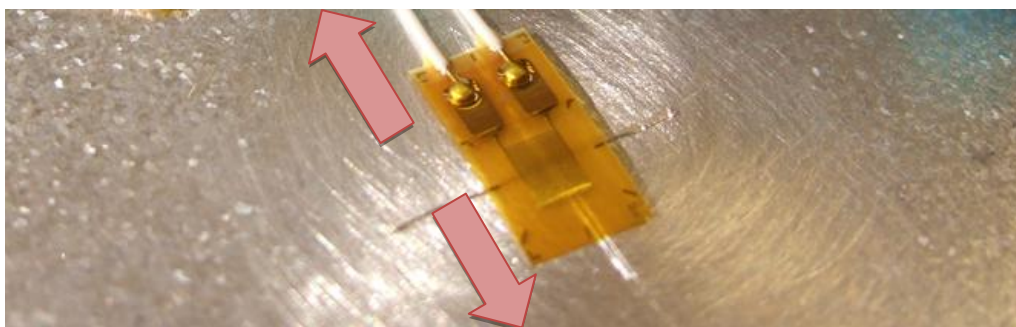
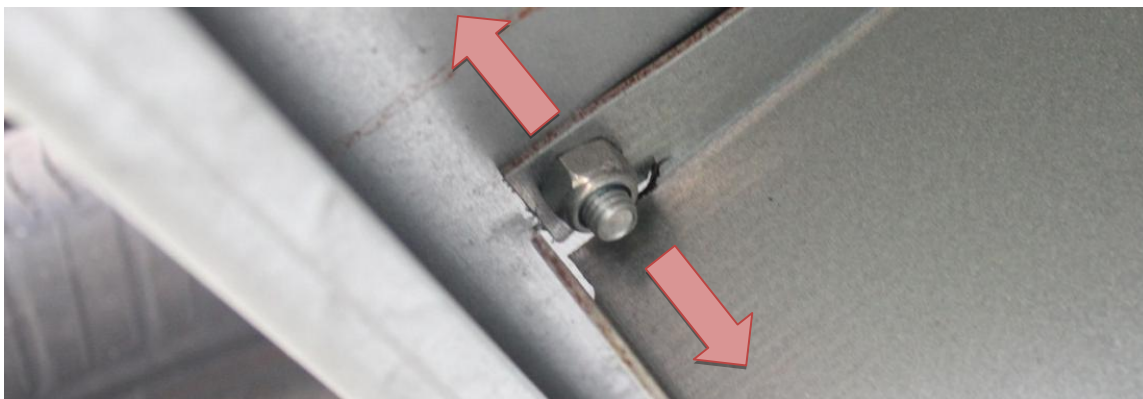
1. Plassere strekkklapp i uiddelbar nærhet av utmattingspunkt i en retning parallell med tøyningen i utmattingspunktet. Se bilder under for demonstrasjon.
2. Måle tøyning ved å kjøre hengeren i testbanen.

Ved bruk av tidligere erfaringer om hvor lenge hengeren vil kjøre før brudd i denne konfigurasjonen kan man finne et forhold mellom tøyning i målepunkt og utmattingspunkt ved prøving og feiling:

1. Bruk Excel scriptet STOFLO for å gjøre analyse med et vilkårlig tøyingsforhold (eks. $K_p=5$)
2. Gjør endringer i K_p basert på resultatet.
3. Kjøre ny analyse
4. Hvis ikke resultatet er tilfredsstillende, gå tilbake til punkt 2.

Når det er funnet en tilfredsstillende verdi av K_p for det gitte målepunktet, kan denne holdes konstant, mens andre faktorer kan endres og resultatet sammenliknes med tidligere målinger:

1. Gjør endringer på tilhengeren og dermed kunne dokumentere forskjellen ved måling.
2. Kunne dokumentere forskjellen ved forskjellig former for feillast ved å sammenlikne målingene.
3. Dokumentere effekten av forskjellige vei - og kjøreforhold ved å sammenlikne målingene

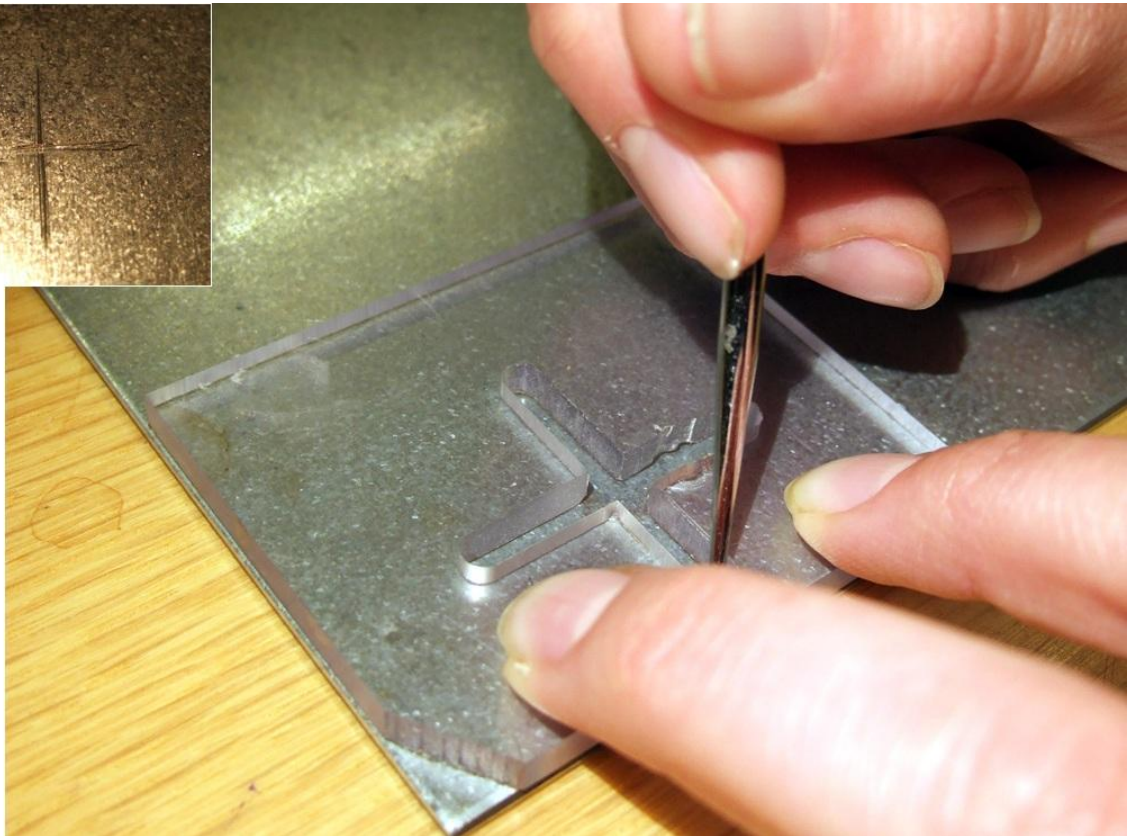


Hvordan forberede utstyret?



Finn fram nødvendig utstyr: Grovt og fint sandpapir, syl, liten skrutrekker, sjablong, bomull, aceton, lim, teflon, saks, streklapp og borrelås.

Nødvendig verneutstyr: Briller og engangshansker.

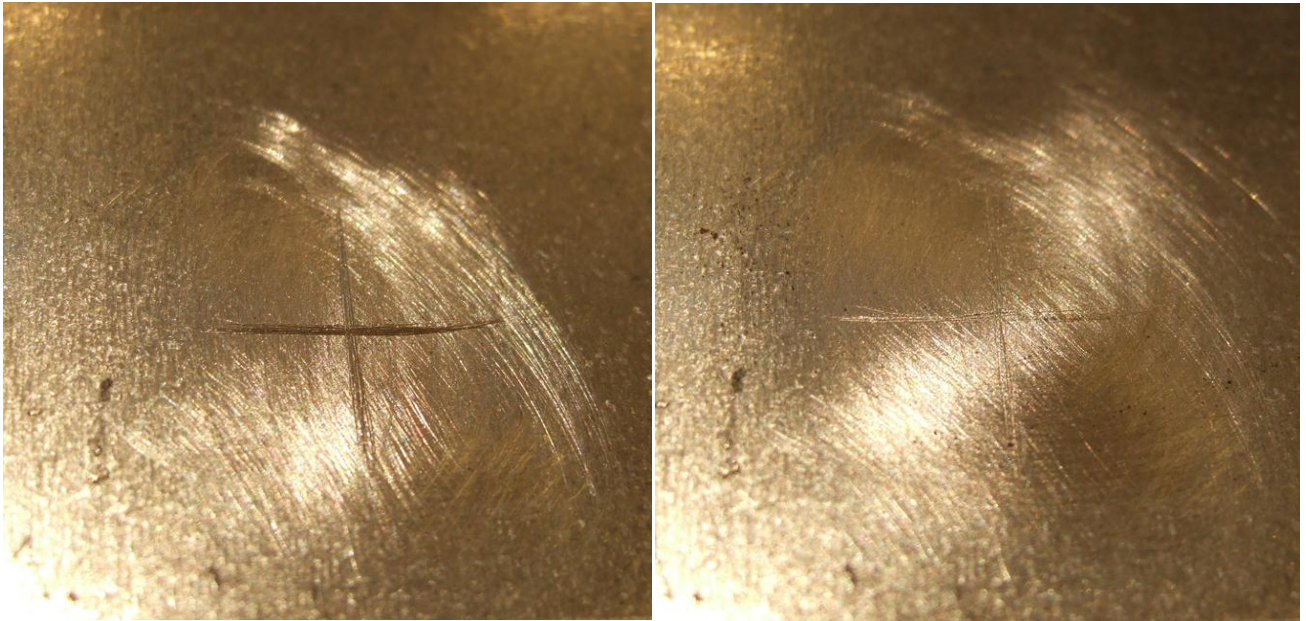


Start med å lage merket der hvor strekkklappen skal plasseres. Bruk syl og sjablong og sørg for at merket er så dypt at du kan pusse over med sandpapir etterpå. Det avkuttete hjørnet av sjablongen plasseres nede i hjørnet der hvor lappen skal limes.



Bruk grovt sandpapir og puss over merket med sirkulære bevegelser.

Er overflaten svært oljete/fettete bør den vaskes med aceton før pussing.

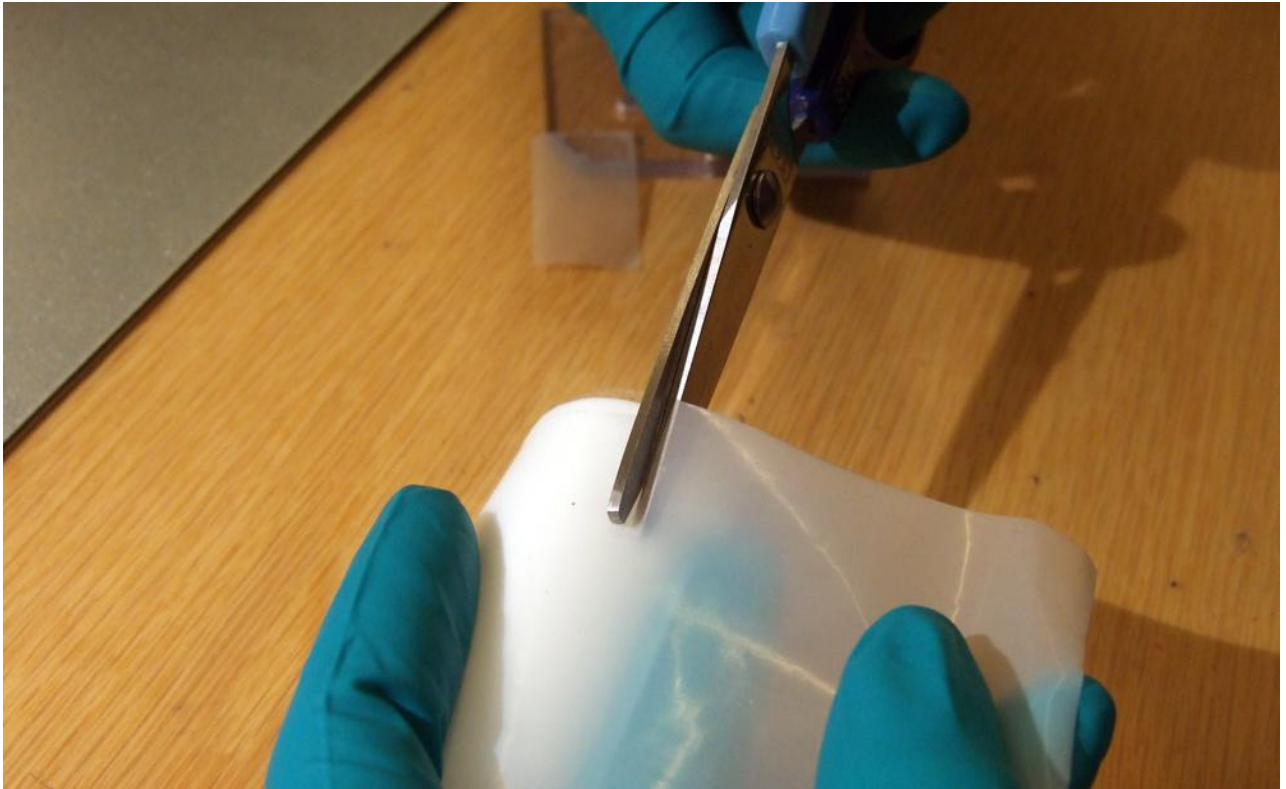


Gjenta, men med fint sandpapir. Pussingen er ferdig når overflaten ser ut som vist på bildet over. Grovt til venstre og fint til høyre.



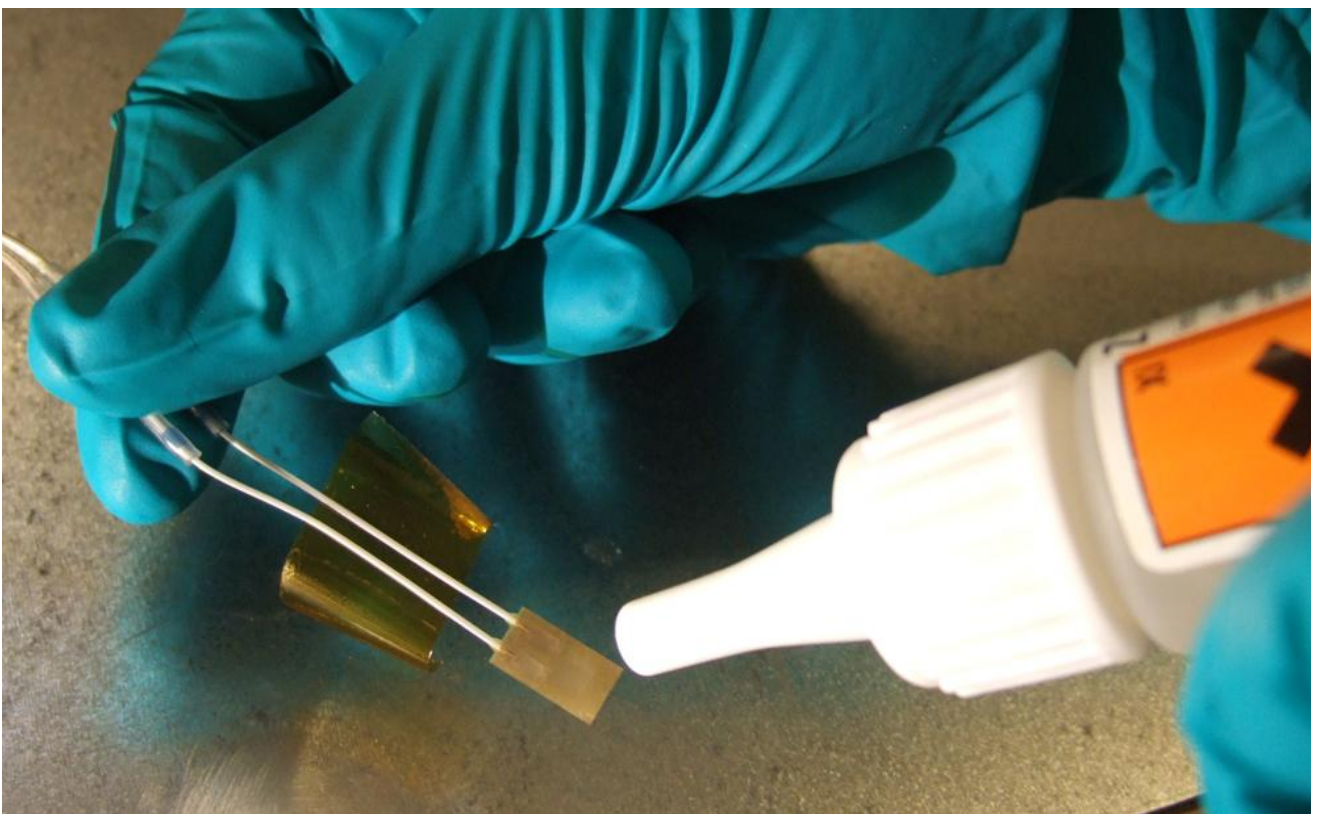
Ta på hansker og vernebriller.

Vask vekk pussestøv vha bomull og aceton. Det er viktig å føre bomullen vekk fra limeområdet slik at støv og skitt ikke blir liggende her. Når bomullen ikke lenger blir farget er det rent nok.



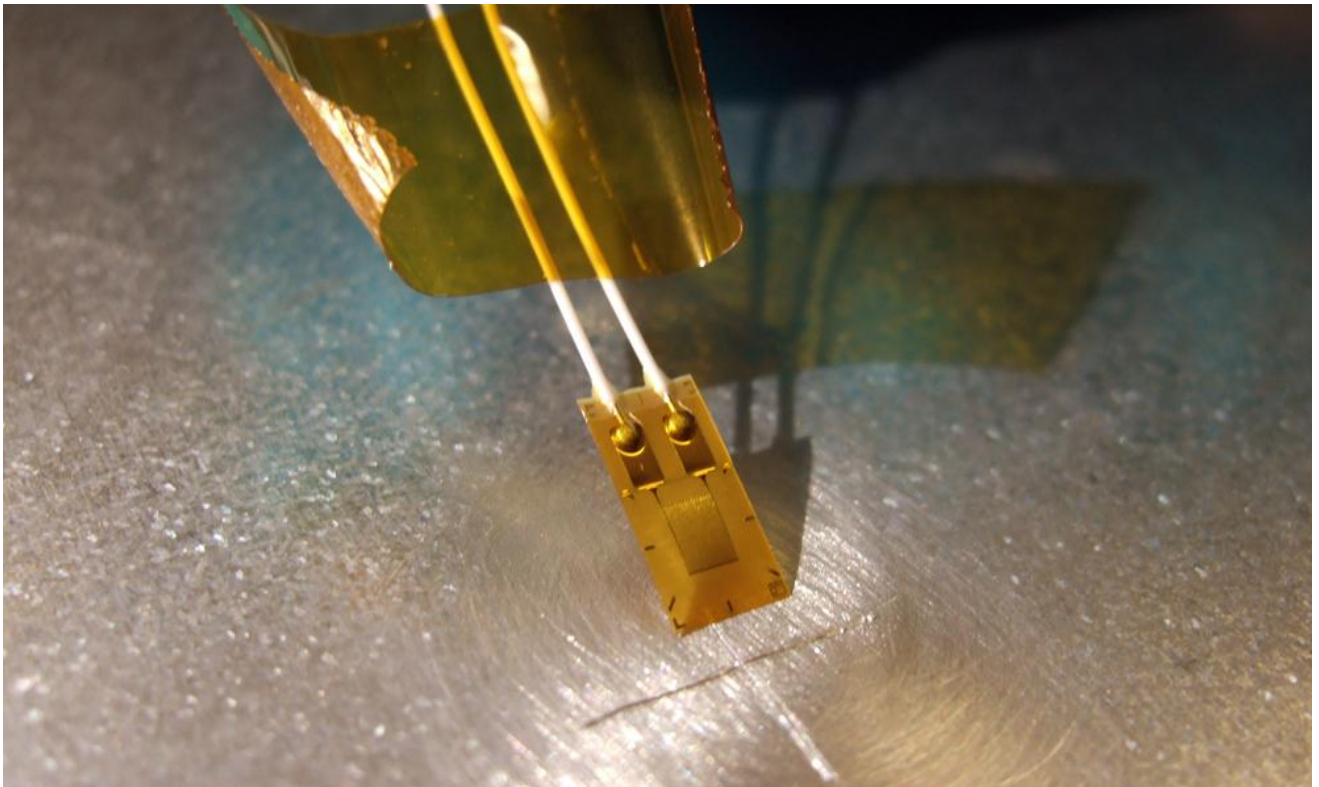
Det er nå klart for liming, Klipp til en lapp med teflon som er ca 5cm.

OBS. Det anbefales å lese gjennom de neste stegene før du fortsetter! Dette fordi hurtighet og presisjon er avgjørende for et godt resultat.

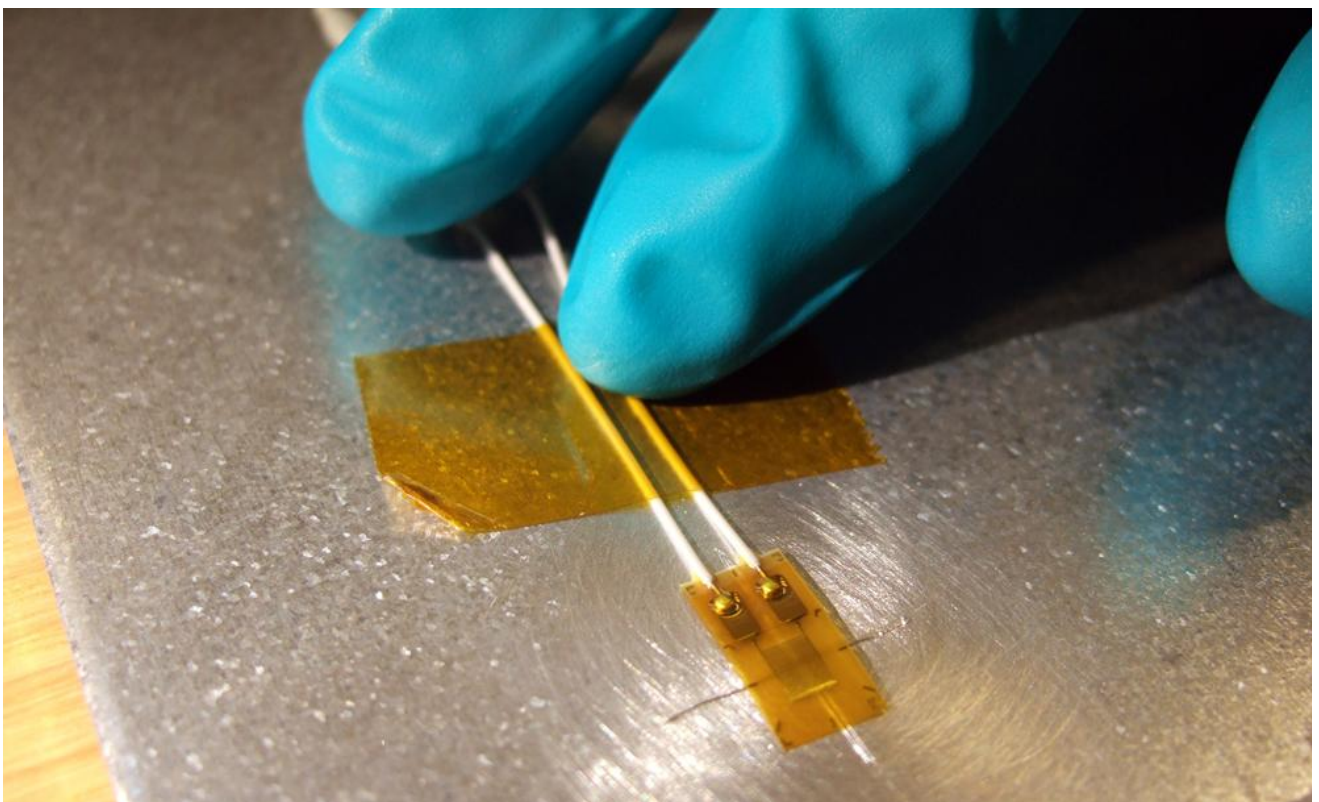


Ha lim på strekkappen.

OBS: vær påpasselig med å sjekke hva som er over- og undersiden av strekkappen. Ca en dråpe lim er tilstrekkelig. Dette limet er svært kraftig og må ikke komme i kontakt med hud eller klær. Se vedlagt datablad.



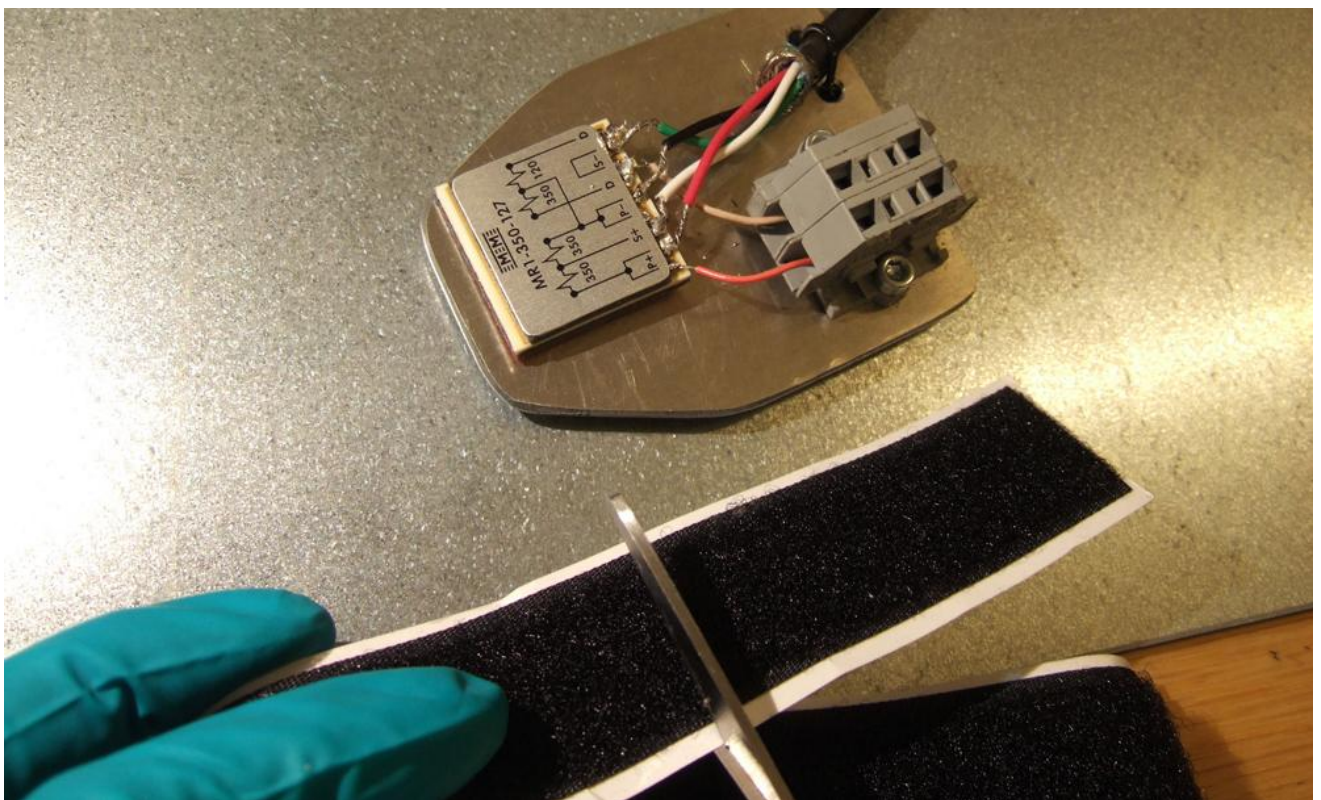
Plasser lappen nøyaktig etter merket. Strekklassen er utstyrt med streker for enklere plassering. Bruk disse for å plassere lappen midt i krysset.



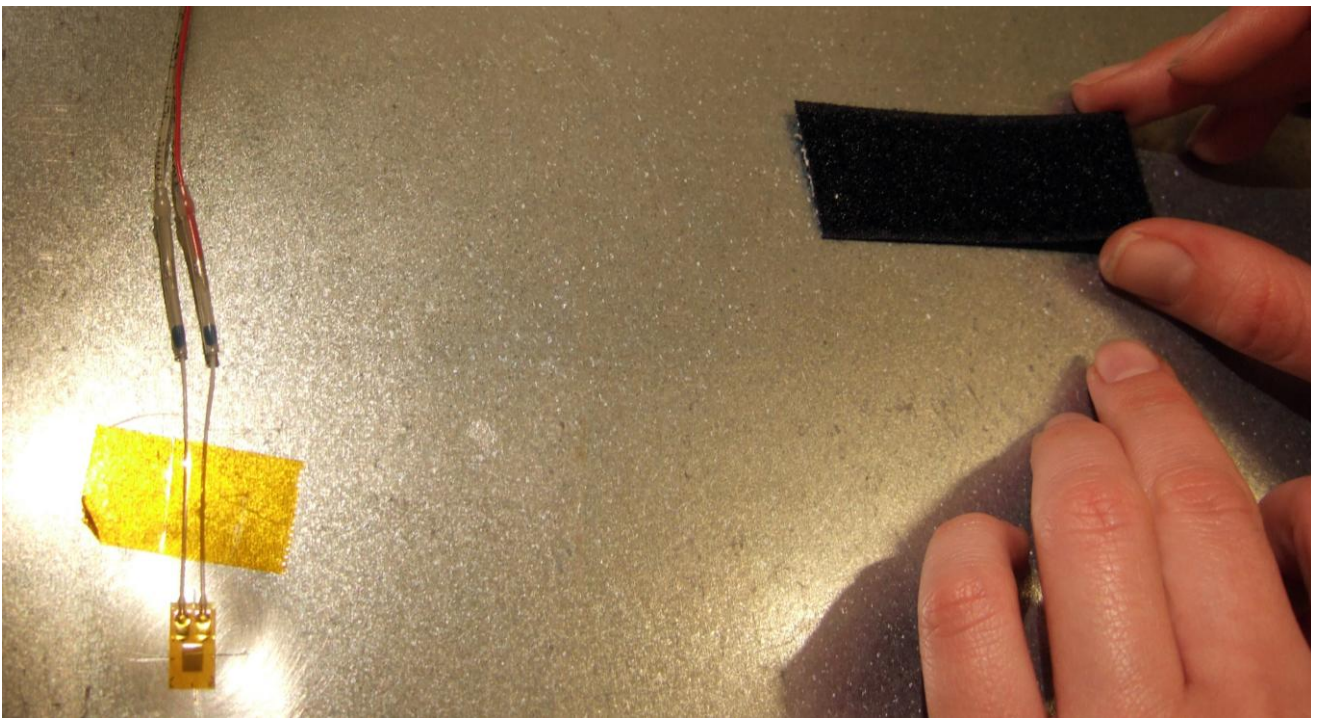
Fest ledningene med teip slik at disse ikke har mulighet til å forskyve seg.



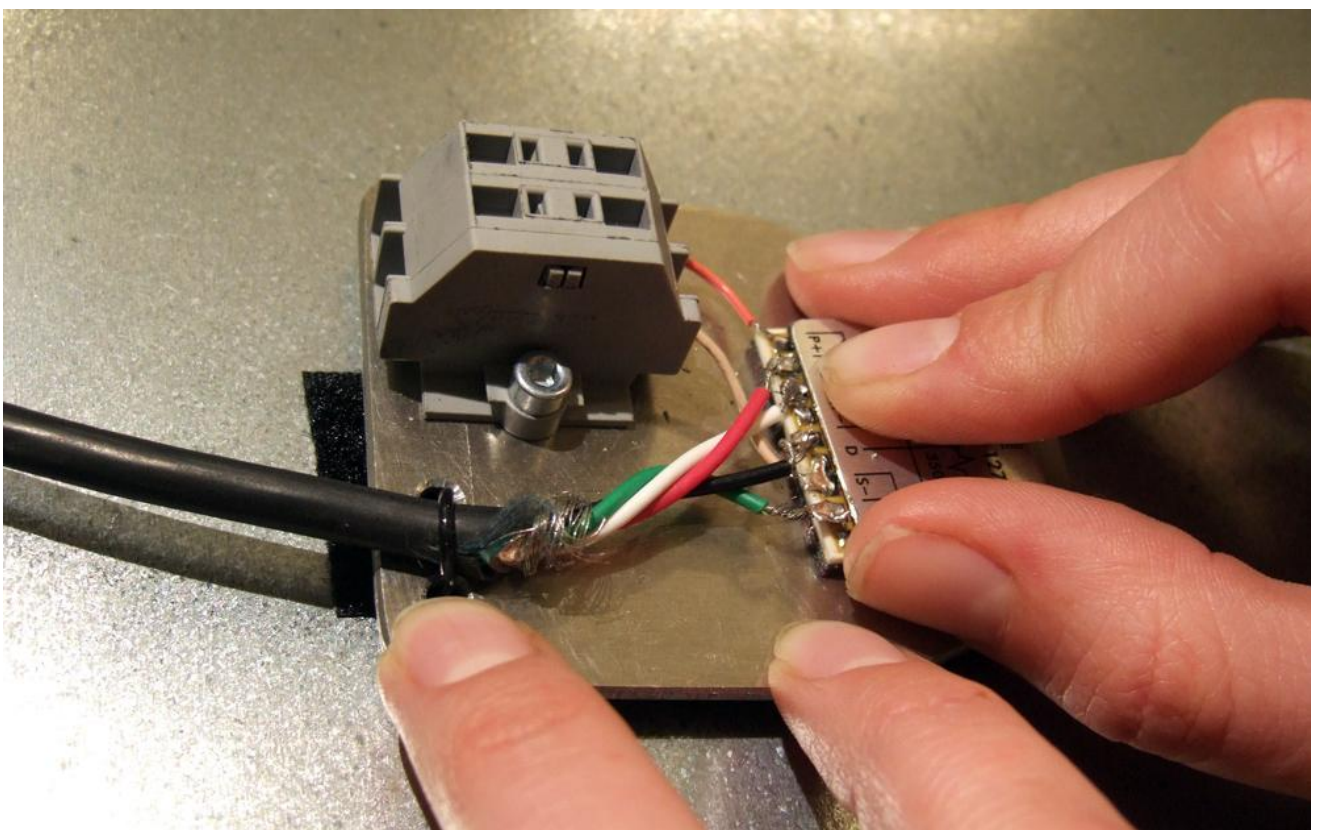
Legg teflonlappen over strekklappen og press. Press ut luft ved å rugge forsiktig. Presset må holdes i 60 - 120 sekunder. Etter dette kan du fjerne teflonlappen forsiktig.



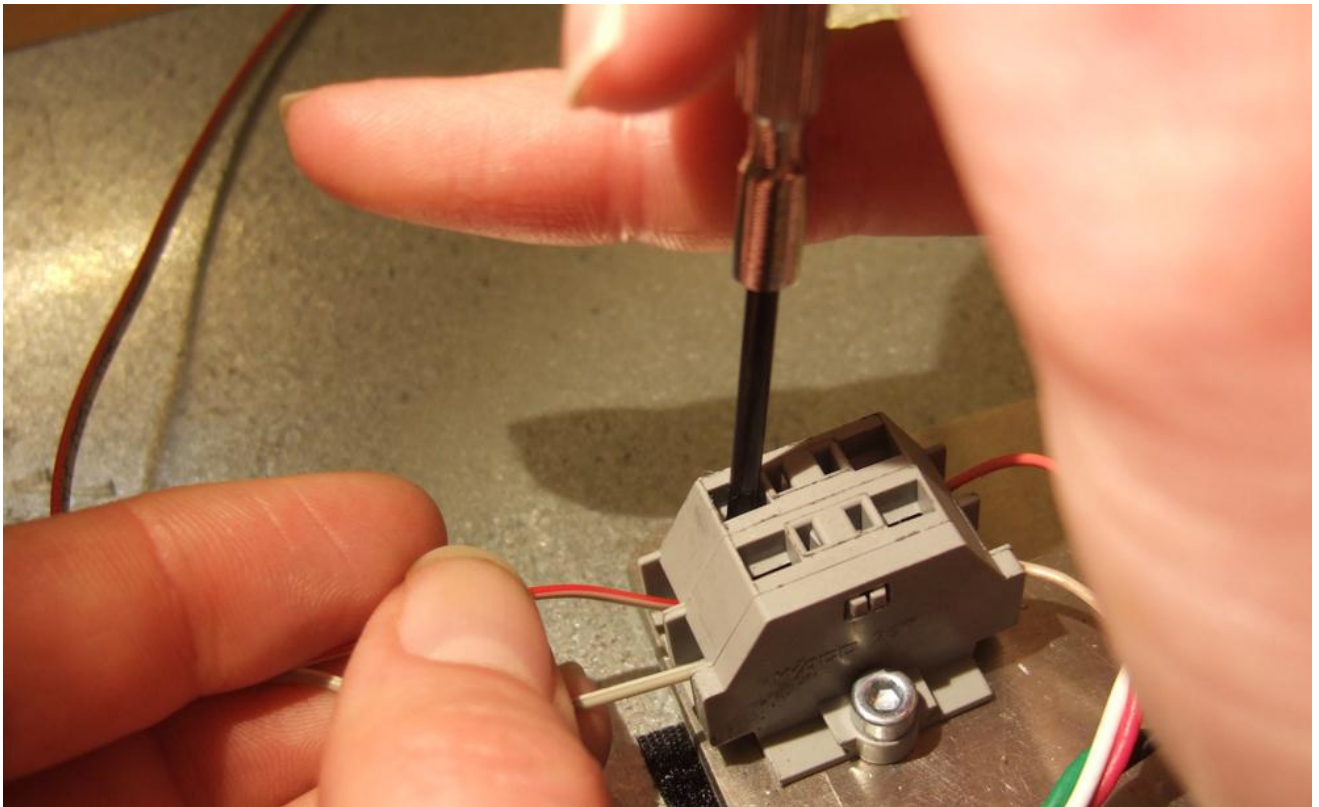
Klipp til en bit med borrelås slik at den passer under kompletteringsenheten.



Fest borrelåsen slik at du unngår skarpe bøyer på ledningene fra strekklappen.



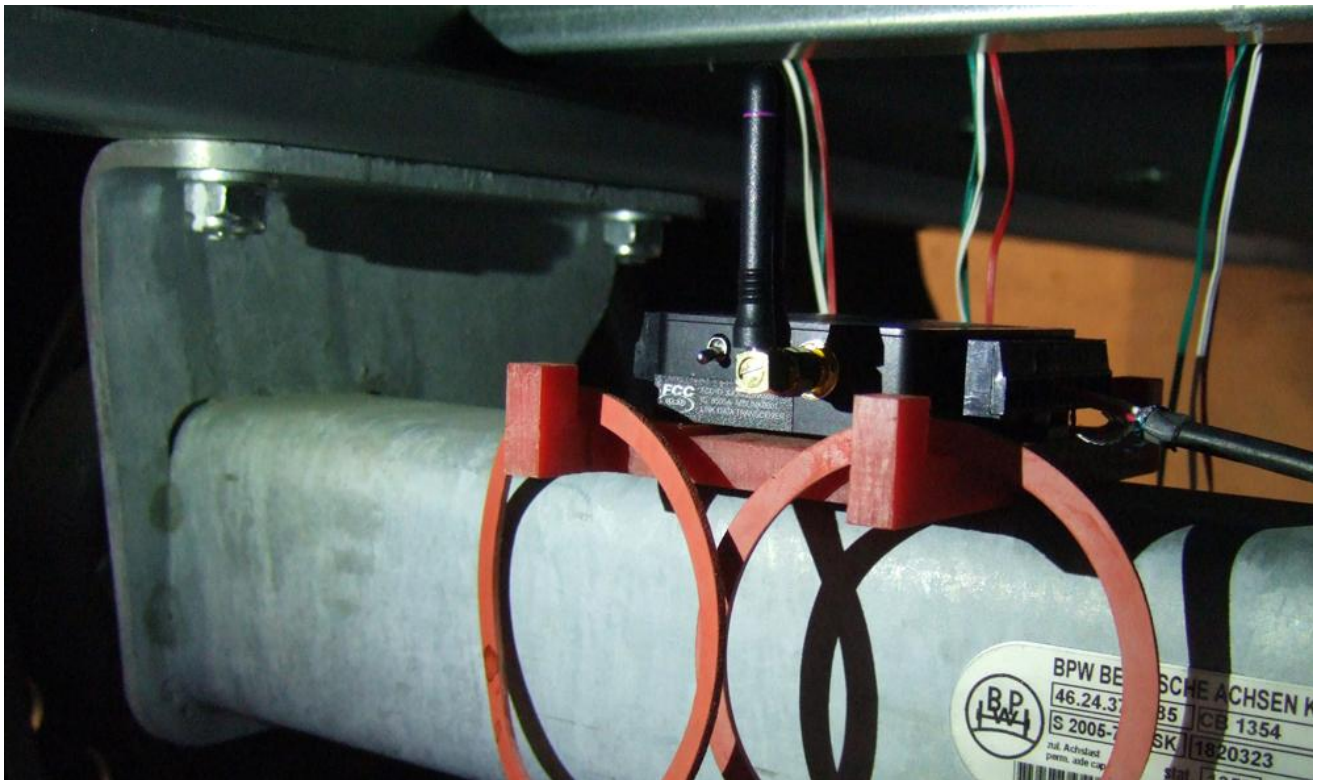
Fest kompletteringsenheten til borrelåsen.



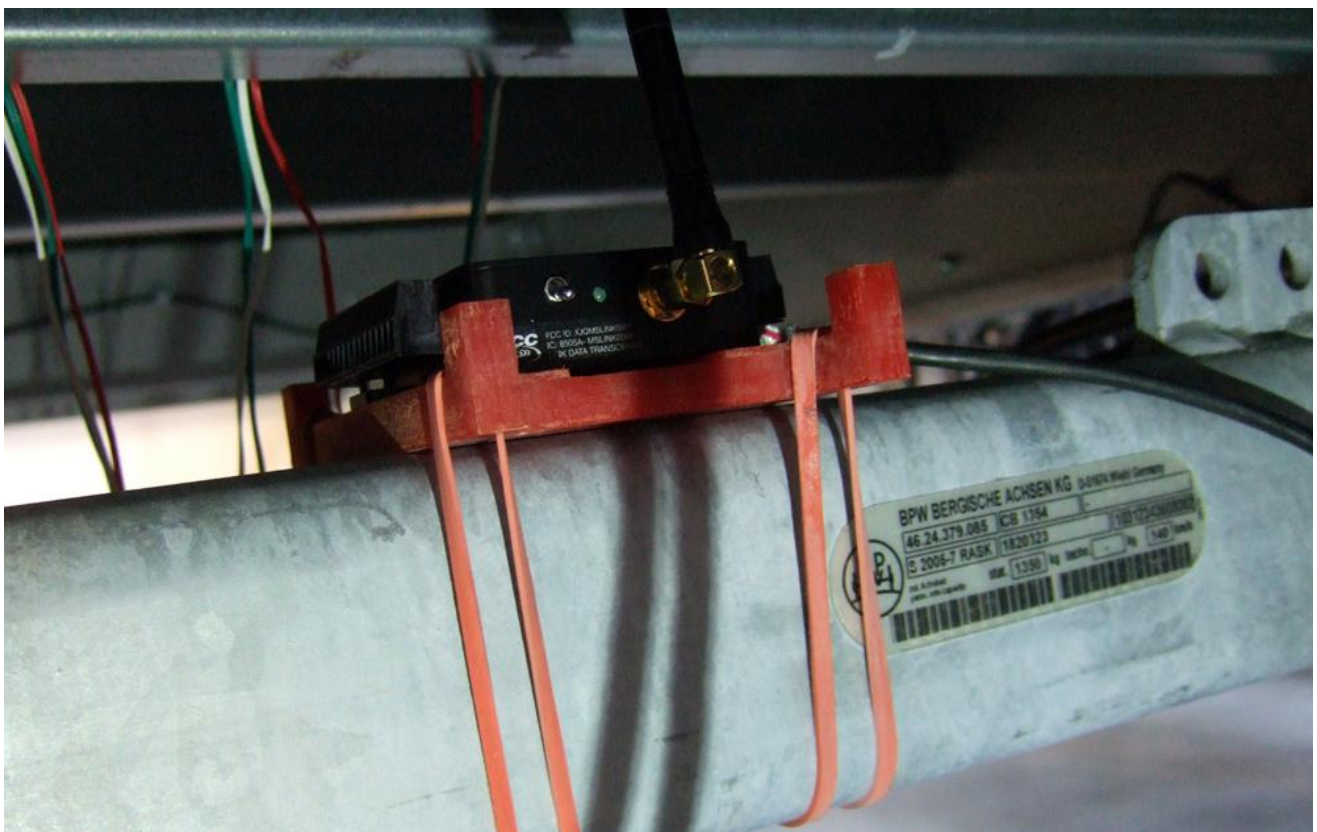
For å koble til ledningene fra strekklappen trenger du et lite skrujern. Sørg for at fibrene i ledningen er godt samlet og snurret. Før skrujernet ned i åpningen på toppen, sett inn ledningen og slipp opp skrujernet. Ledningene kan kobles vilkårlig.



Koble kompletteringsenheten til V-Linken. Endestykket kobles slik at det går fra SP+ til GND. Altså vil det være et koblingspunkt mellom hvert endestykke som ikke er i bruk (S1 S, S2 S, S3 S, S4 S). På den ene siden er det kun ett sett innganger som kan brukes.



Nå er utstyret klart til å monteres på tilhengeren. V-Linken er festet til en brakett og det er den som festes til akslingen på hengeren med strikk.

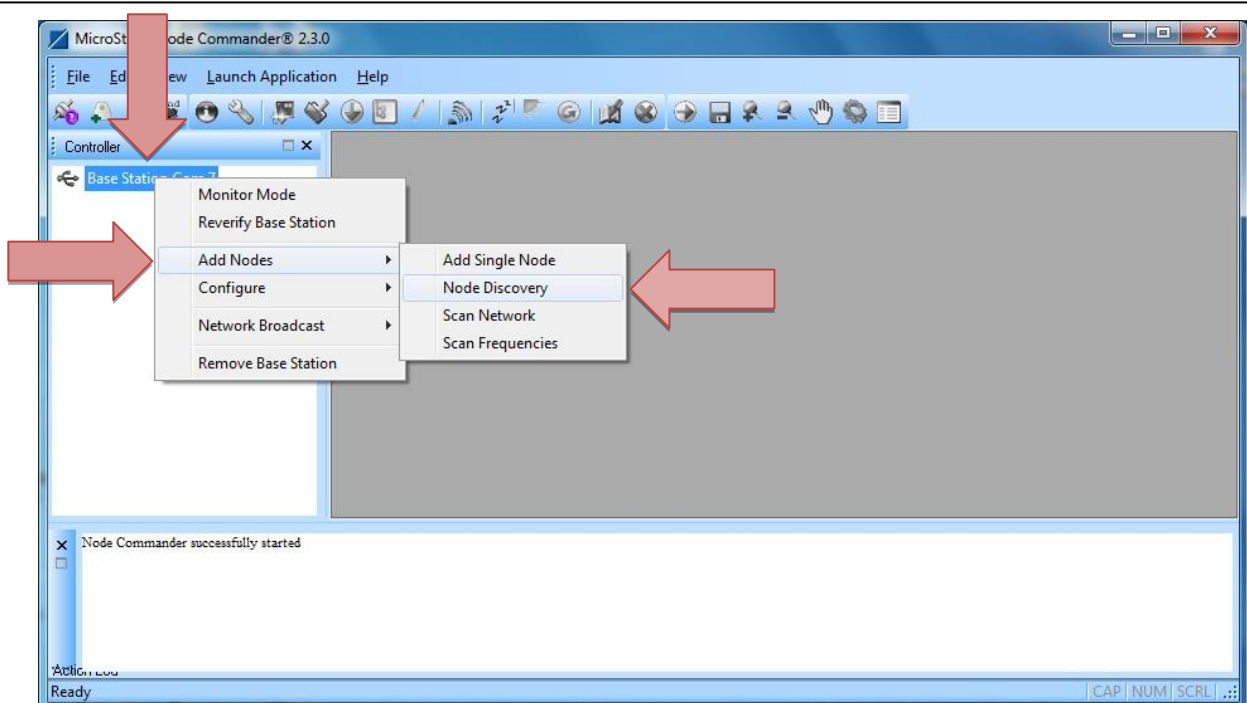


Når V-Linken er festet bør alle ledningene sikres med gaffateip.



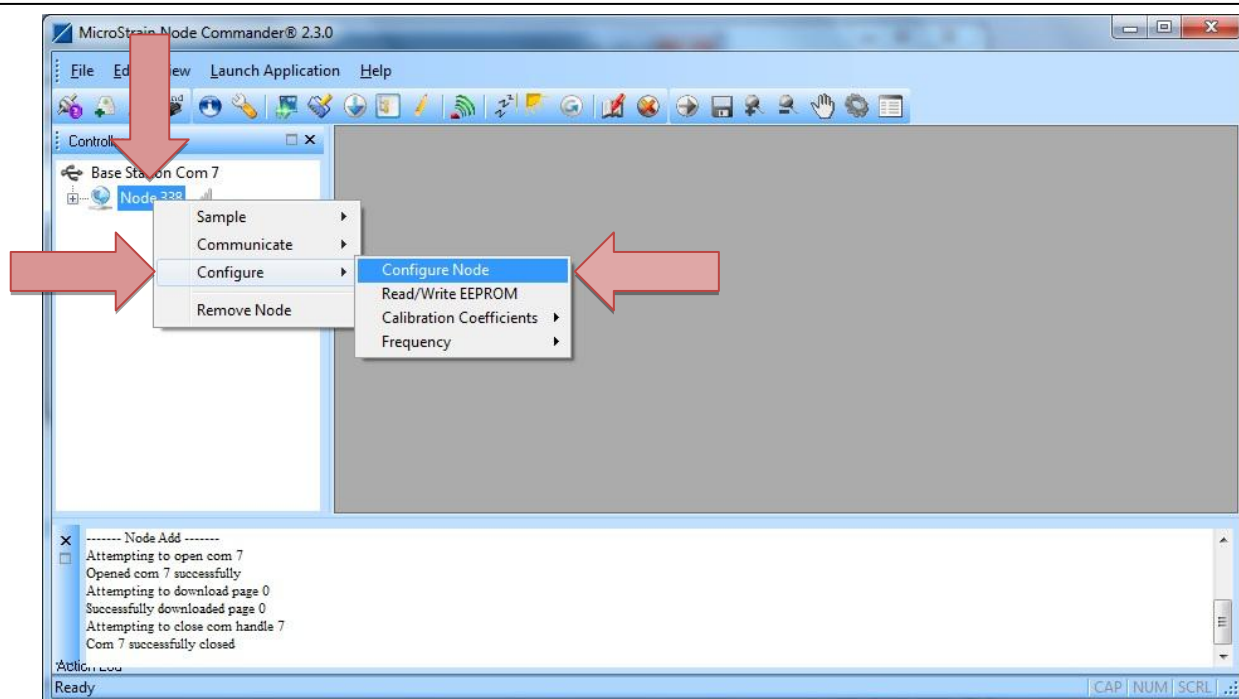
Hvis det er en regnfull og fuktig dag må V-Linken sprutsikres. Monter utstyret som vist på bildet. Kompletteringsenhetene er sprutsikre og strekkloppene trenger kun å sikres under svært dårlige forhold.

Hvordan bruke programvaren?



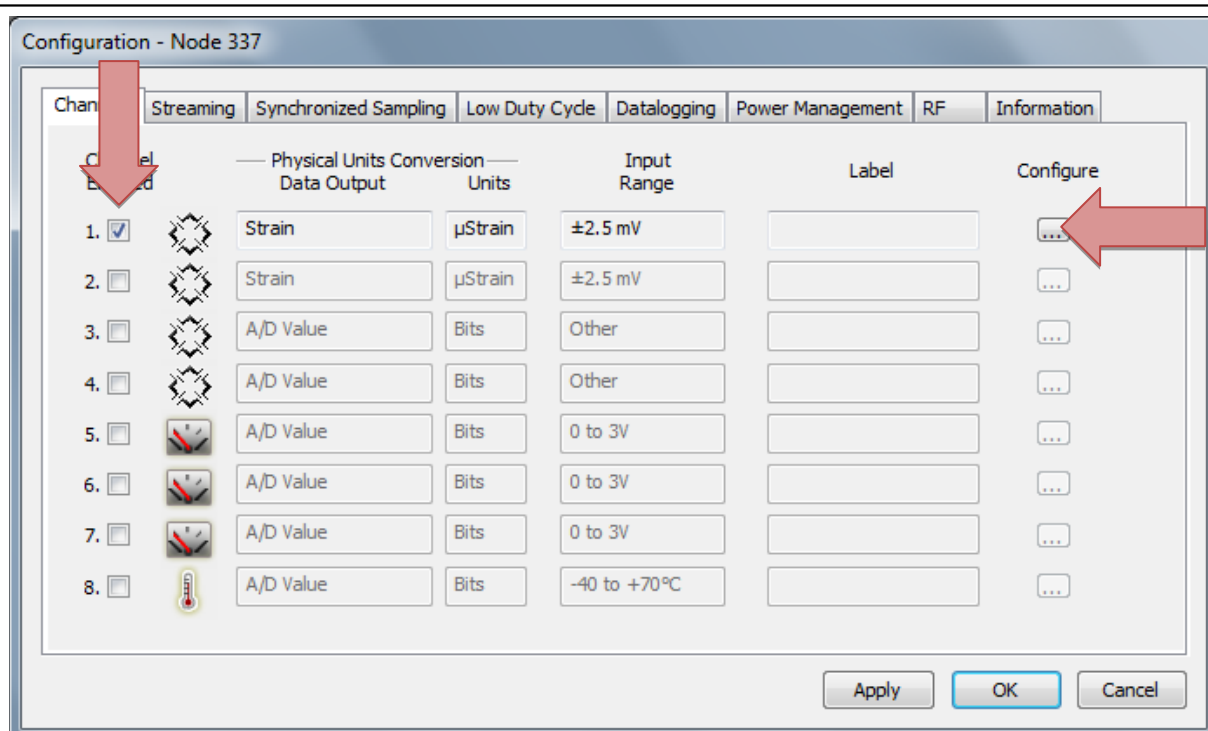
Koble opp sensor node mot basestasjon:

1. Høyreklikk basestasjonen
2. Klikk "Add Nodes"
3. Klikk "Node Discovery"
4. Skru på noden (Bryter OPP)



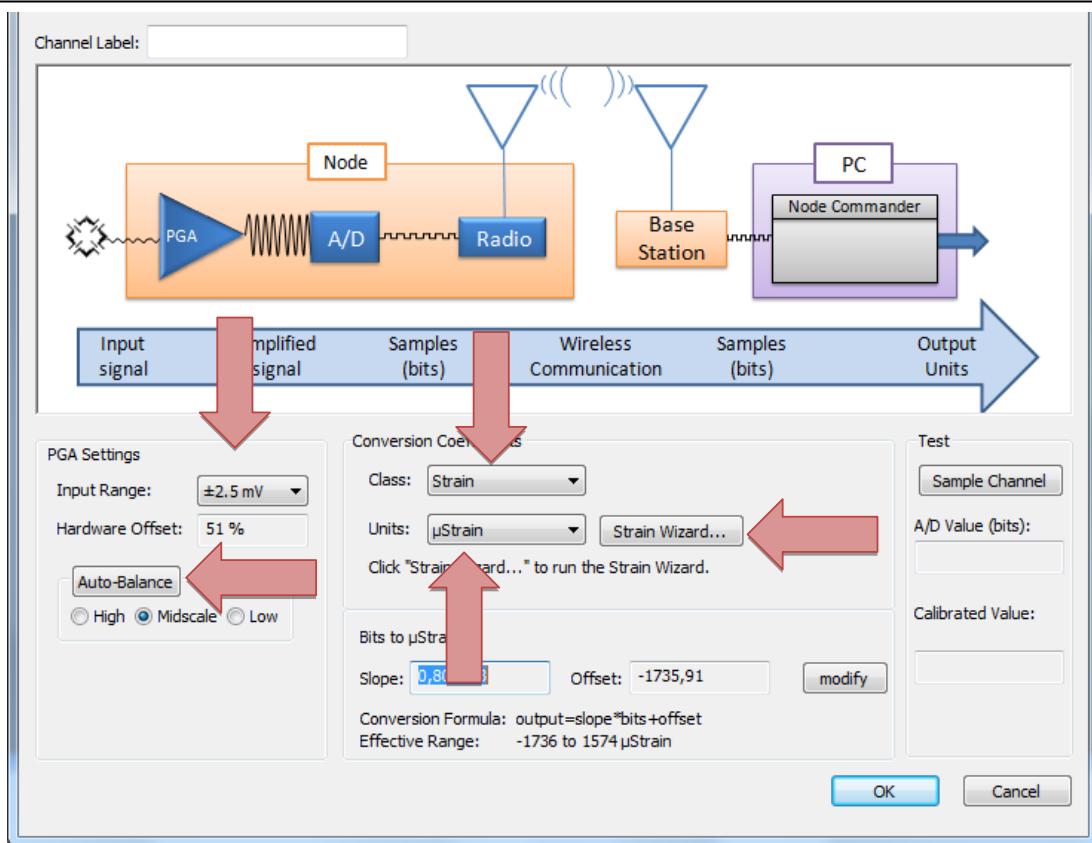
Konfigurer node:

1. Høyreklikk Noden
2. Klikk "Configure"
3. Klikk "Configure Node"

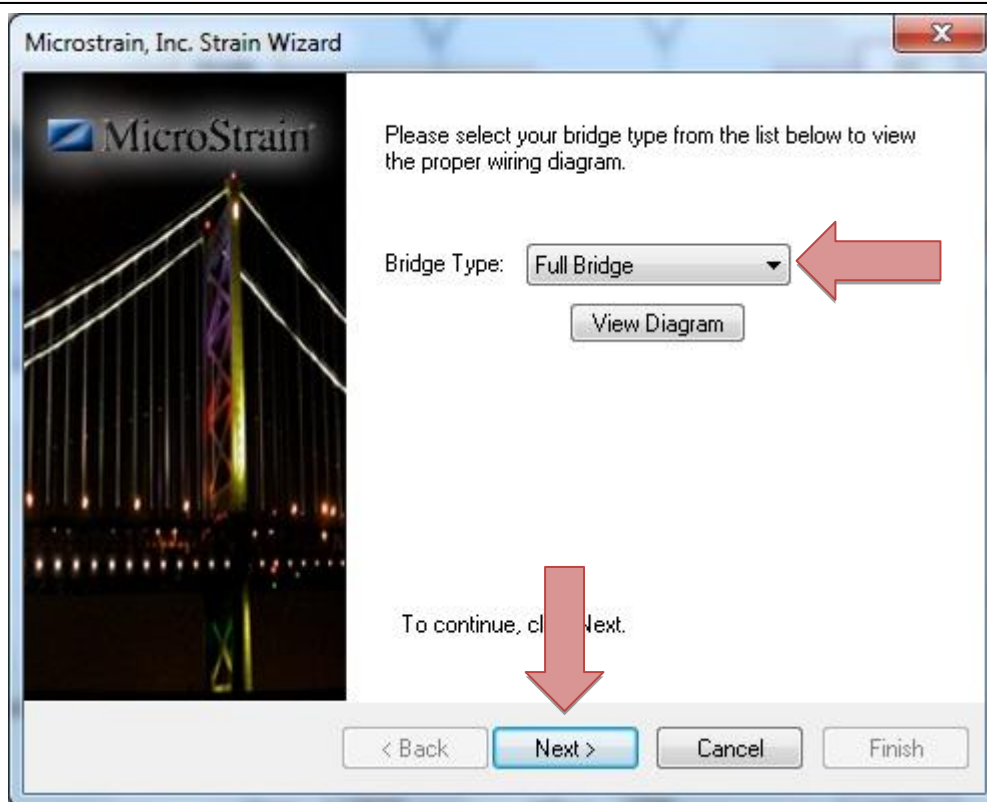


Konfigurer kanaler:

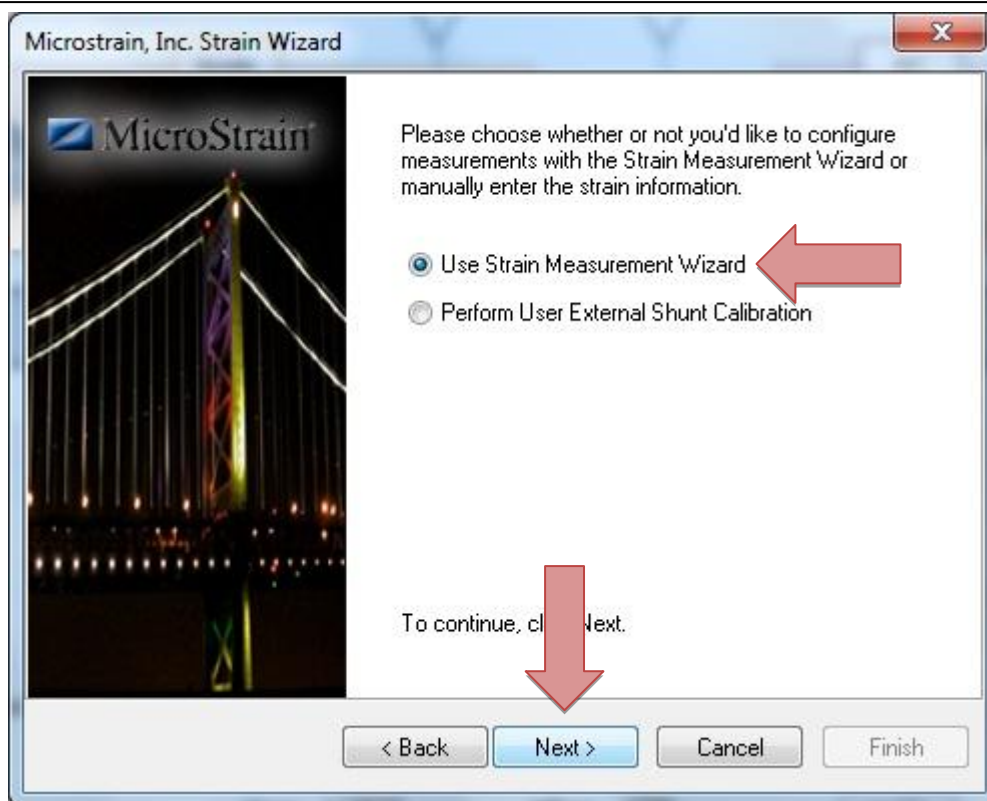
1. Kryss av for hvilke kanaler som skal brukes
2. Trykk "Configure" på kanalen du vil konfigurere



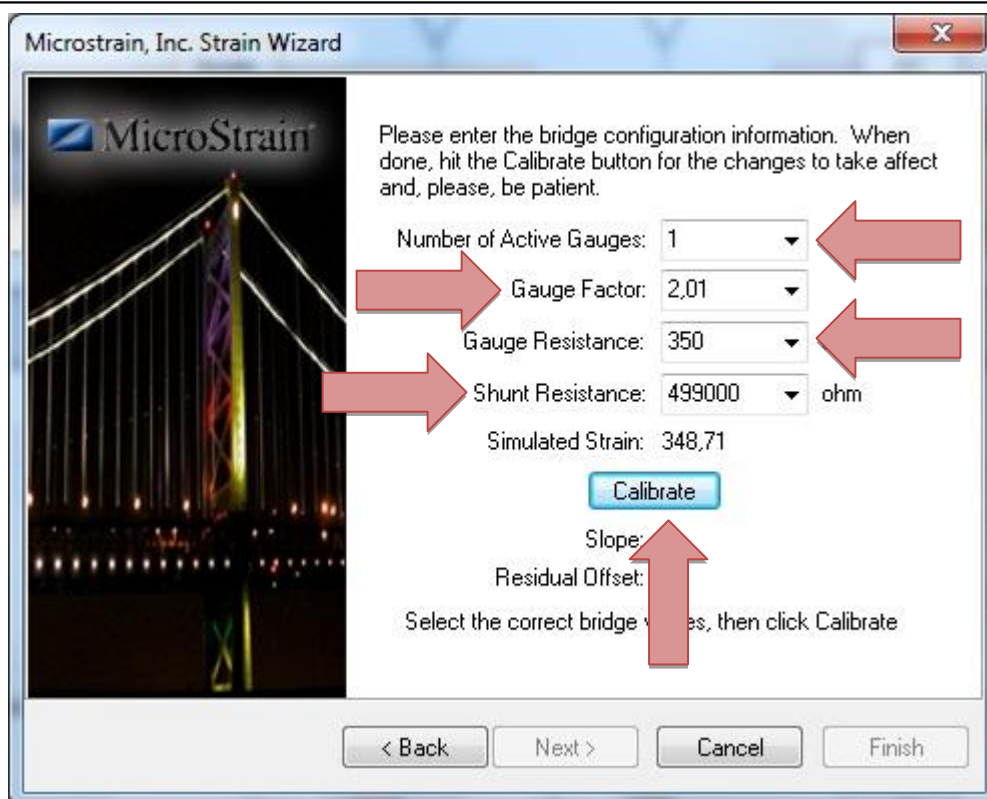
1. Sett "Inpute Range" til +/- 2.5mV
2. Trykk "Auto-Balance"
3. Sett "Class" til "Strain"
4. Sett "Units" til "µStrain"
5. Trykk "Strain Wizard"



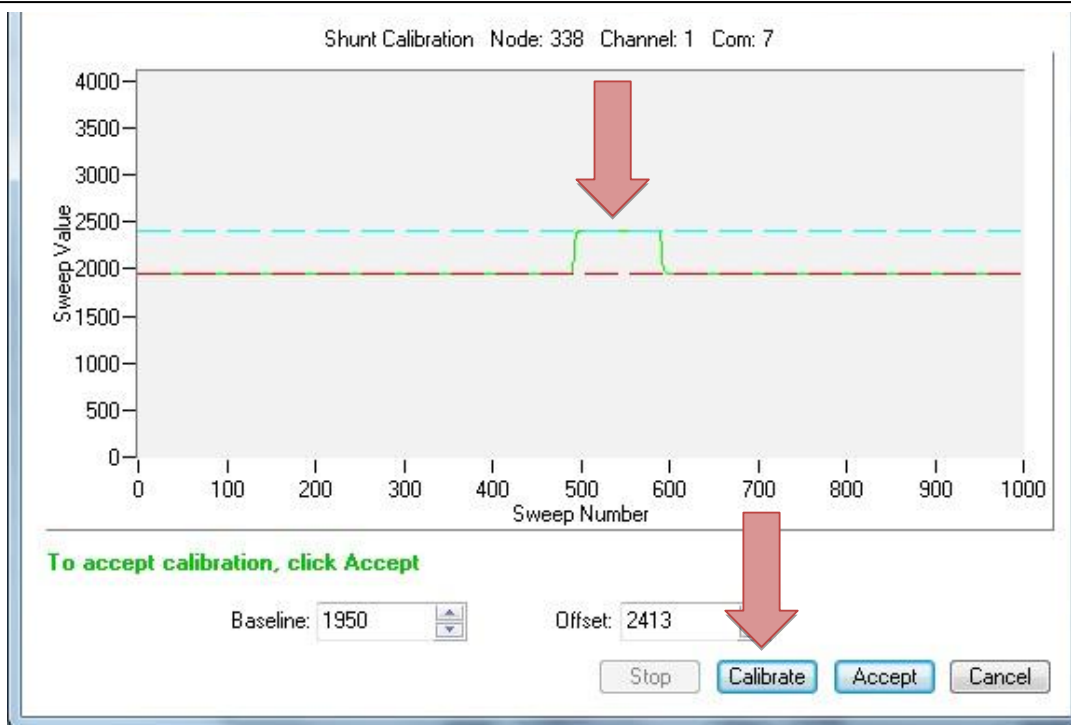
1. Sett "Bridge Type" til "Full Bridge"
2. Trykk "Next"



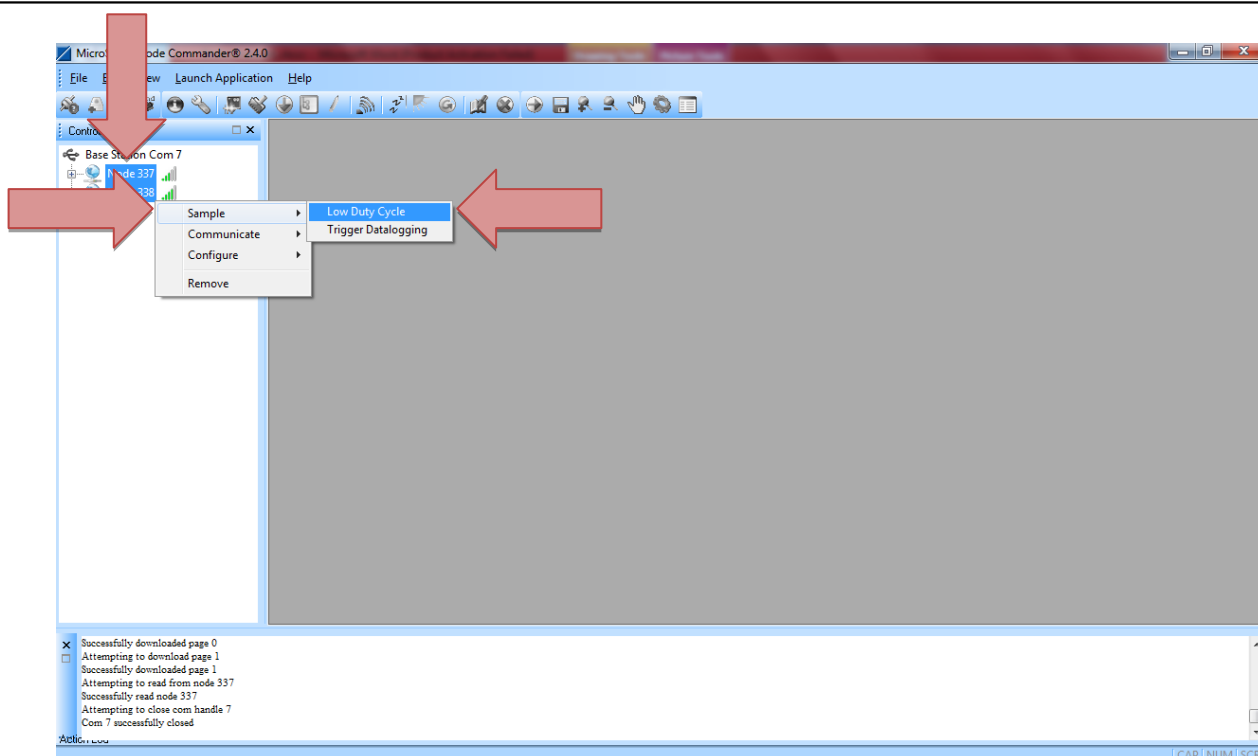
1. Sett "Use Strain Measurement Wizard"
2. Trykk "Next"



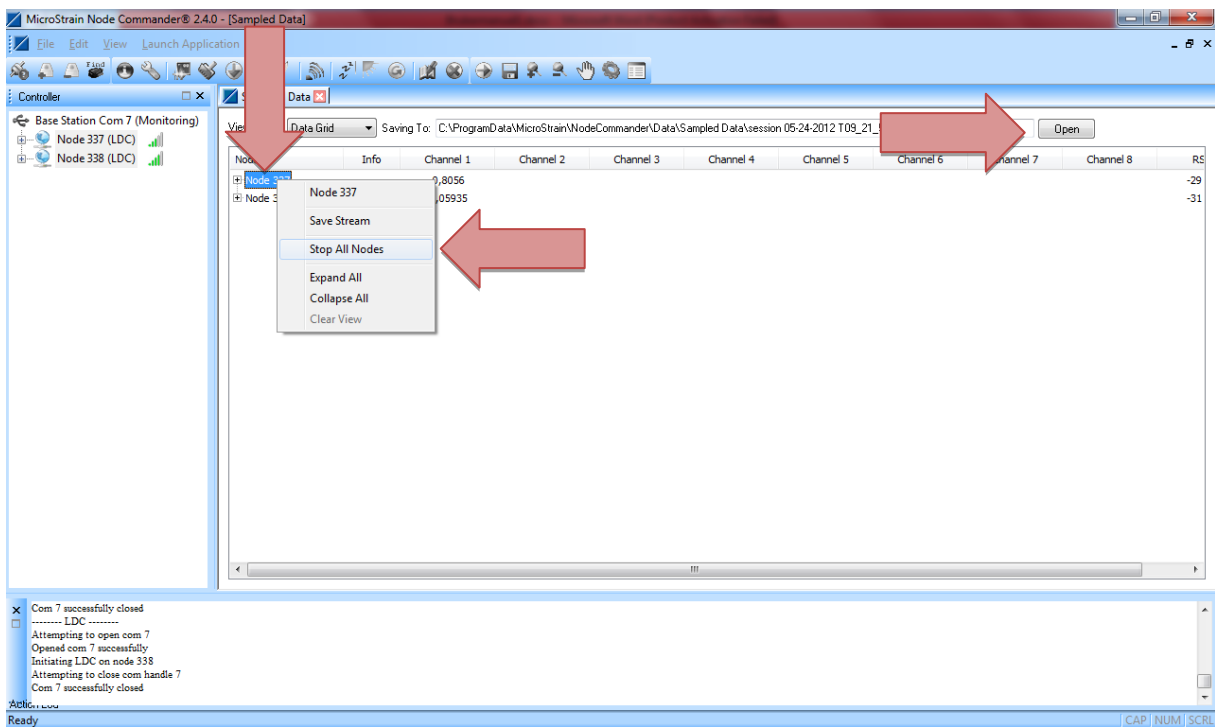
1. Sett "Number of Active Gauges" til 1
2. Sett "Gauge Factor" til 2,01
3. Sett "Gauge Resistance" til 350 ohm
4. Sett "Shunt Resistance" til 499000 ohm
5. Trykk "Calibrate"



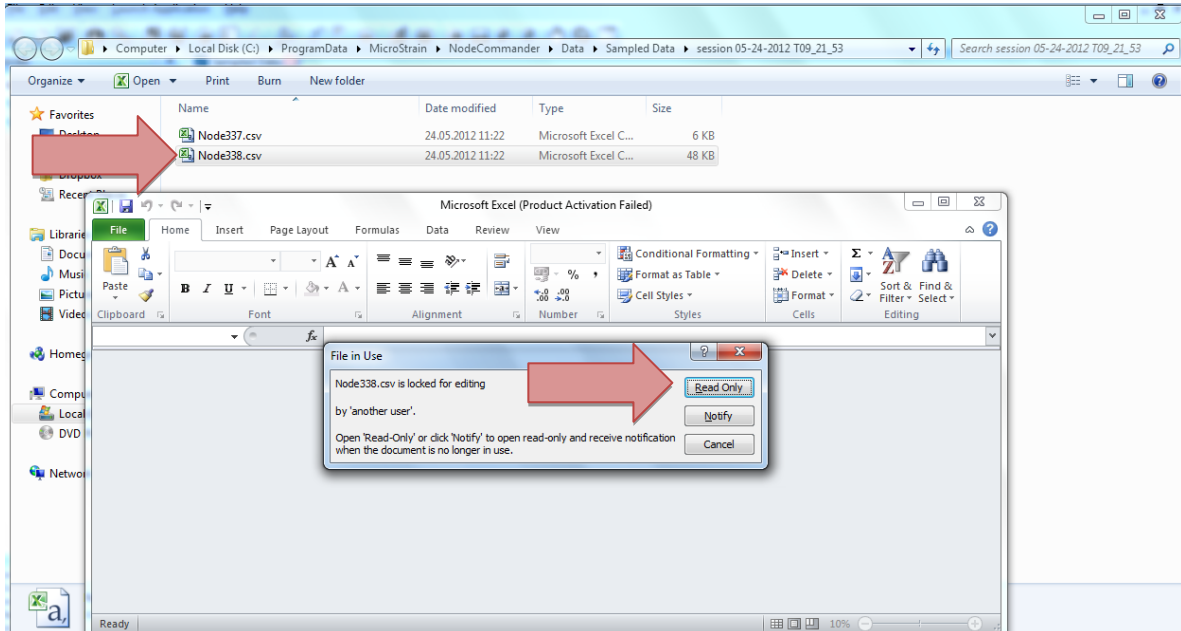
1. Trykk "Calibrate"
2. Warnings eller feilmeldinger betyr at det er noe galt med tilkoblingen til noden.
3. Sjekk om resultatet ser ut som på bildet
4. Hvis alt ser bra ut, trykk "Accept"
5. Trykk "Finish" og "Ok" til du er tilbake i Node commander startmeny
6. Sensorene er nå installert og kalibrert, og testing kan begynne



1. Flytt tilhengeren til teststasjonen og gjør nødvendige forberedelser for testkjøring
2. Kjør teststasjonen opp til ønsket hastighet
3. Merk nodene som blir brukt i målingene
4. Trykk "Sample"
5. Trykk "Low Duty Cycle"



1. Vent til tilhengeren har kjørt en full runde i testbanen.
2. Høyreklikk på en a nodene og trykk "Stop All Nodes"
3. Trykk "Open"



1. Åpne filen med data fra noden du er interessert i.
2. Trykk "Read Only"

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

Channel	1	2	3	4
Timer Tick Time (sec)	0,015625	0,03125	0,046875	
Node RSSI	-8,86555	-8,86555	-9,67175	
Base RSSI (dBm)	-30	-30	-30	

A red arrow points to the value -8,86555 in cell C15.

1. Finn fram til kanalen med data fra strekklappen du er interessert i (Channel 1, 2, 3, 4, på V-Link)

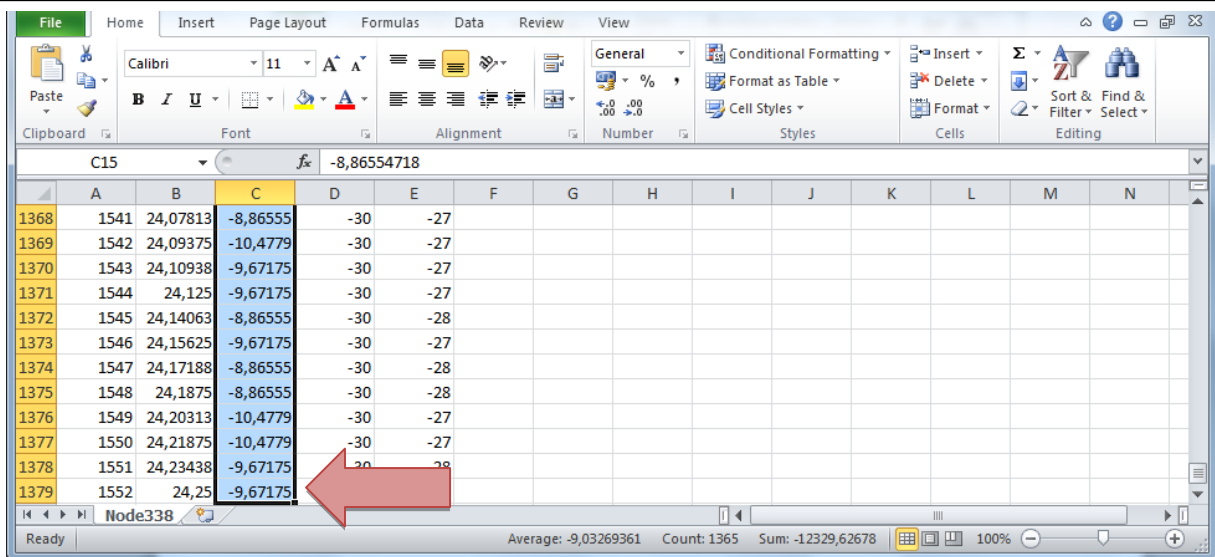
The screenshot shows an Excel spreadsheet with a 'Protected View' warning bar. A red arrow points to the 'Enable Editing' button. The spreadsheet contains the following data:

INPUT		OUTPUT	
E-module [MPa]	210000	Max Stress [MPa]	0
Offset	0	Min Stress [MPa]	0
Samplingrate [HZ]	730		
Kp	8		

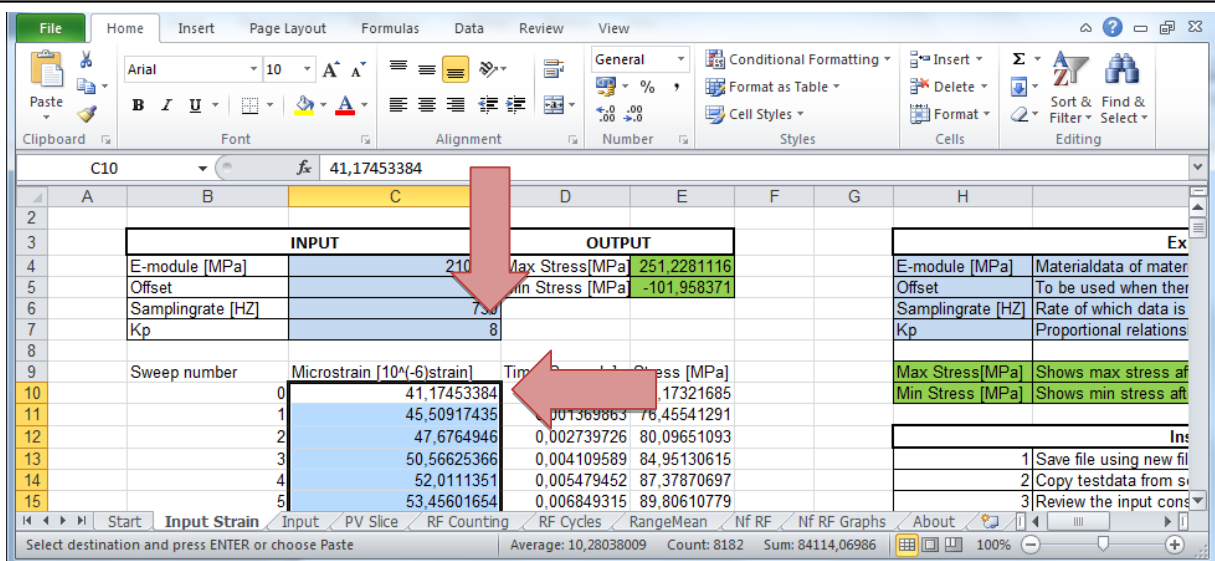
Below the table, there is a table with the following data:

Sweep number	Microstrain [10 ⁻⁶ strain]	Time [Seconds]	Stress [MPa]
0	0	0	0

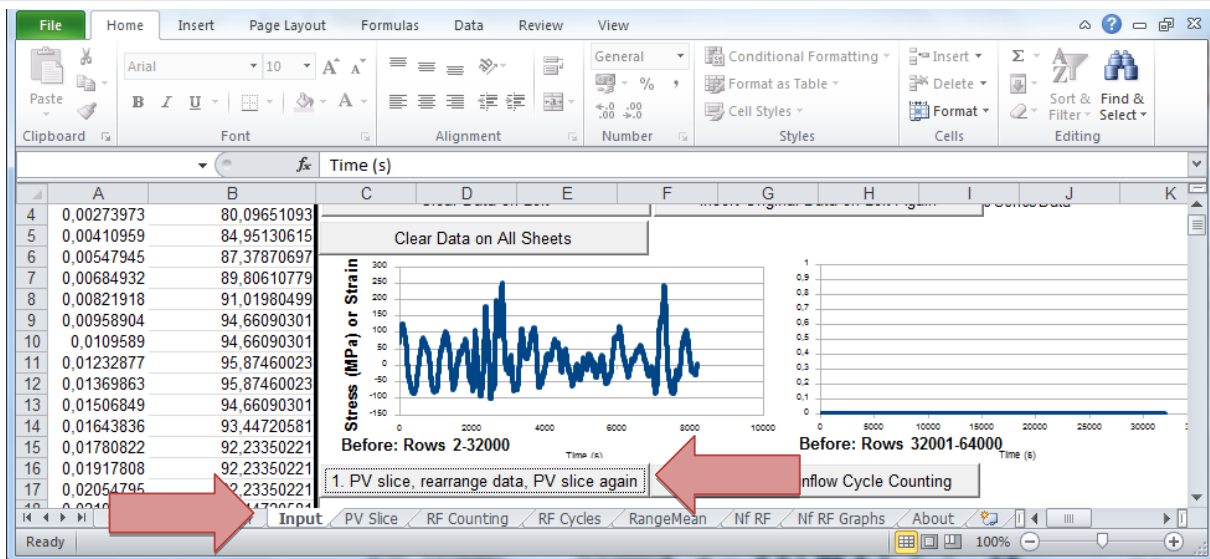
1. Start Excel scriptet STOFLO ved å åpne filen Original.xls
2. Trykk "Enable editing" og/eller "Enable content" hvis spurt om dette.
3. Lagre filen med passende filnavn (ex 24.06.12 i C:\Testdata)



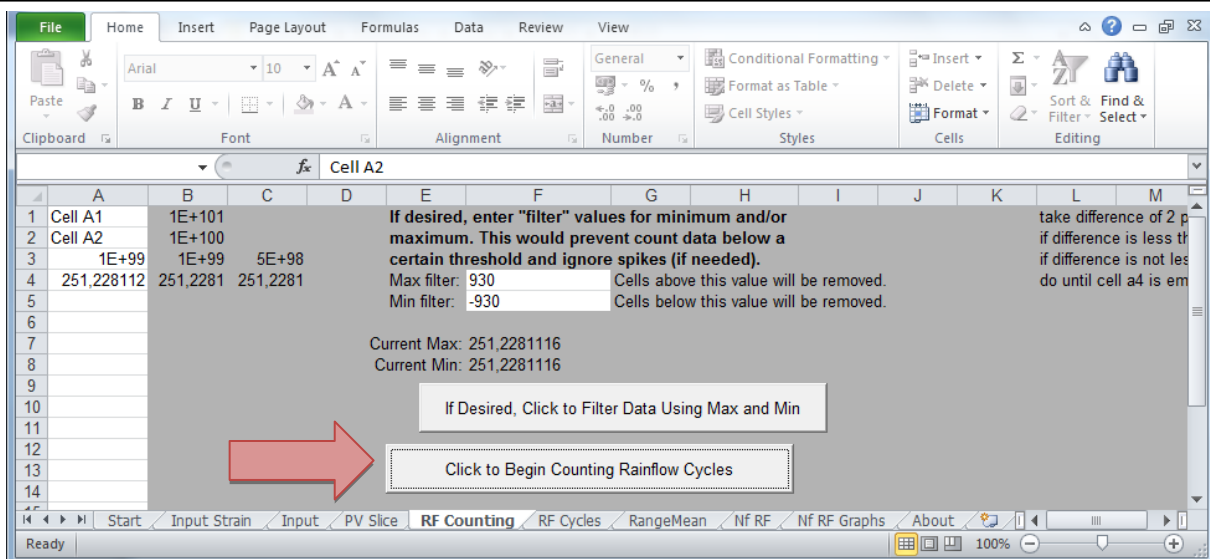
1. Gå tilbake til Excelfil med måleresultater
2. Merke all data i kolonnen som skal analyseres (tips: merk første data i kolonnen og trykk Ctrl+Shift+Pil ned)
3. Kopier dataen (Ctrl+C)



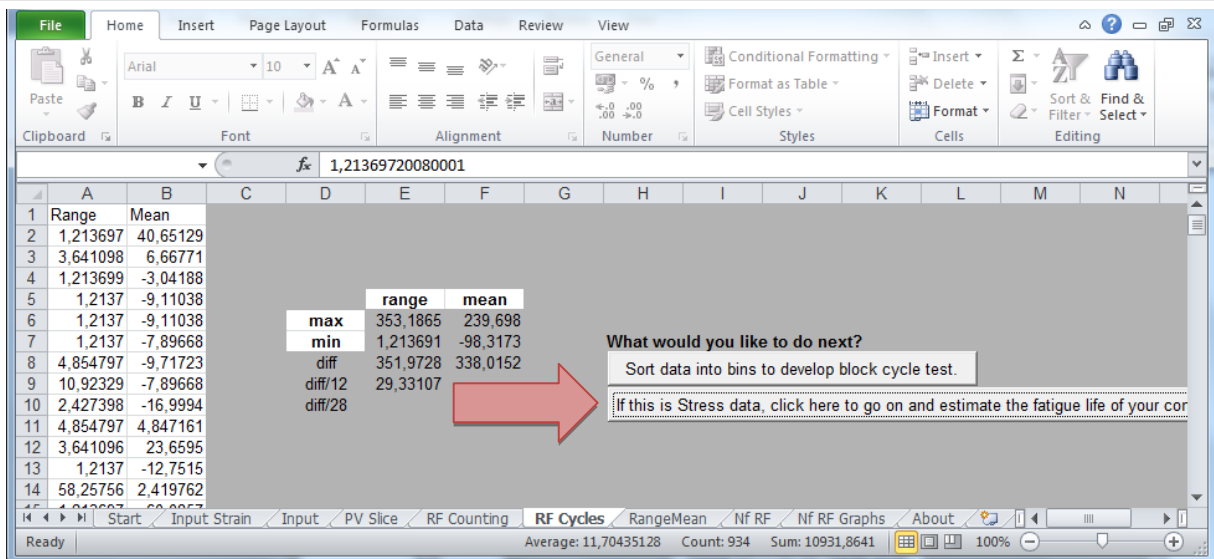
1. Gå tilbake til STOFLO Excel-arket
2. Marker ruten med verdien "0" under kolonnen "Microstrain"
3. Lim inn dataen som ble kopiert tidligere (Ctrl+V)
4. Sett Kp verdien basert på FEM analyse eller basert på erfaring.



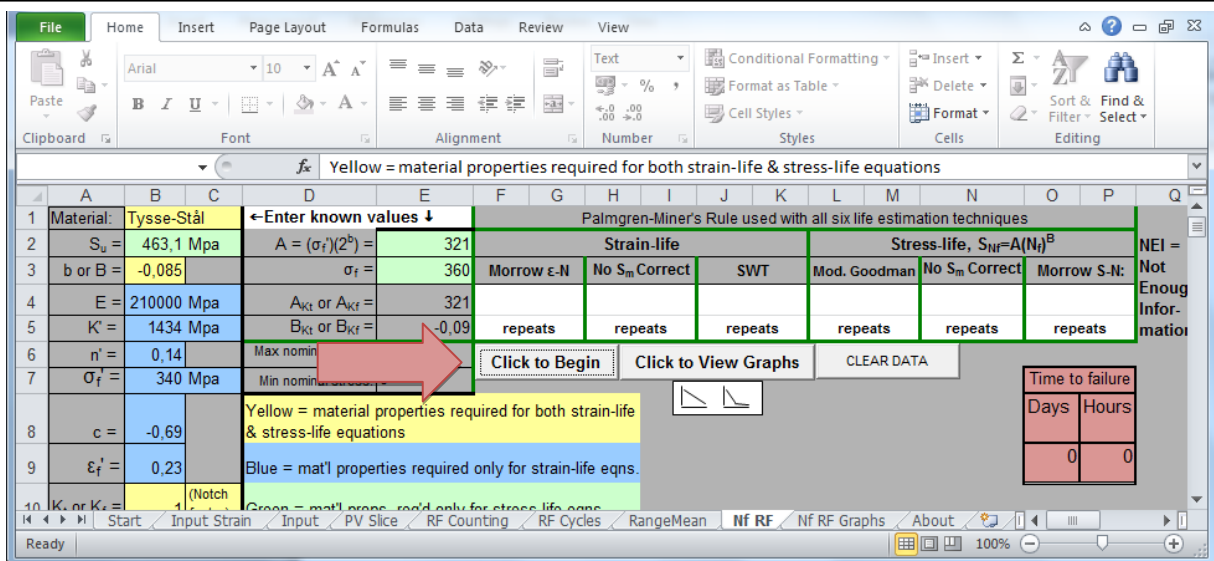
1. Gå til neste side "Input" ved å trykke nede i margen.
2. Trykk "PV slice, rearrange data, PV slice again"



1. Trykk "click to Begin Counting Rainflow Cycles"



1. Trykk "if this is Stress data, click here..."



1. Trykk "Click to Begin"
2. Vent til utregningen er ferdig, dette kan ta litt tid...

Material: Tysse-Stål

← Enter known values ↓

Palmgren-Miner's Rule used with all six life estimation techniques

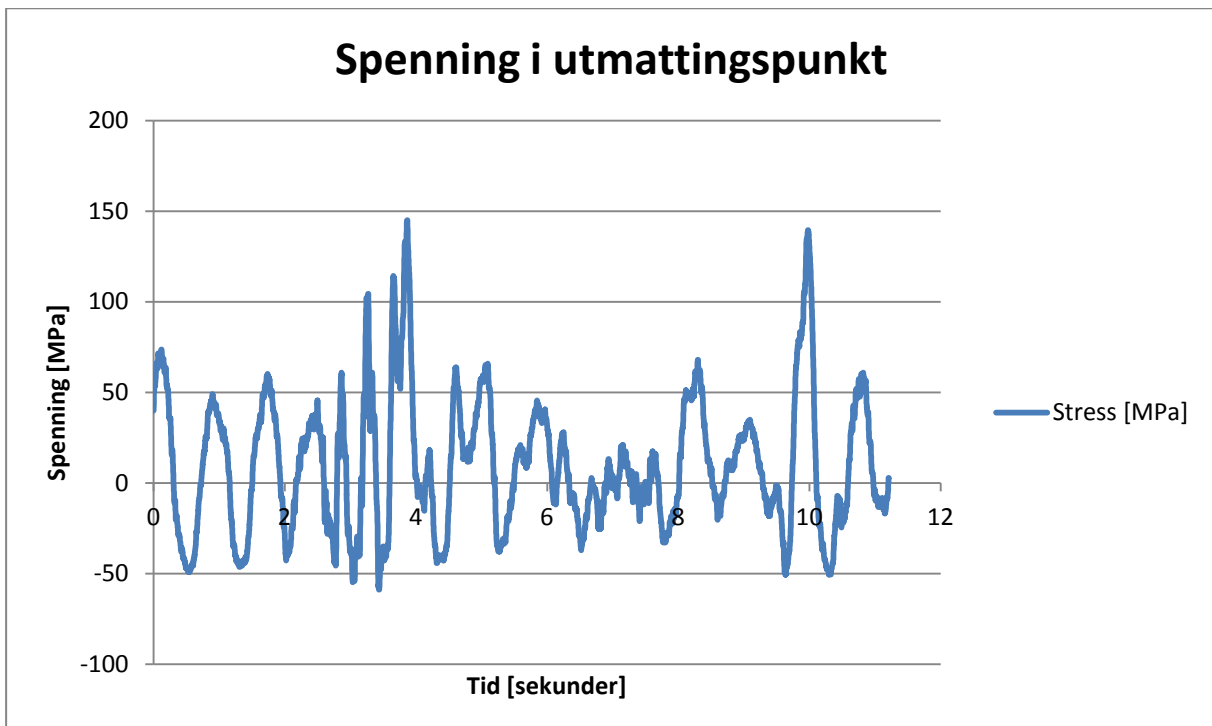
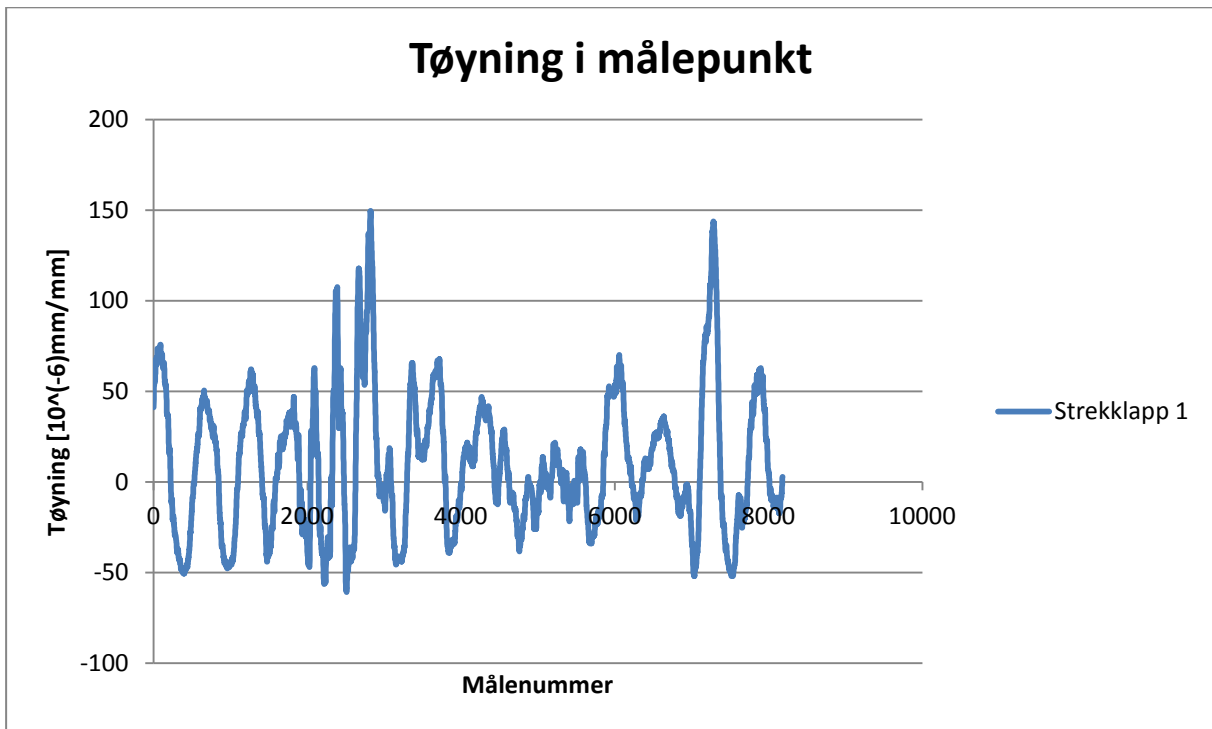
		Strain-life			Stress-life, $S_{Nf}=A(N_f)^B$							
		Morrow ϵ -N	No S_m Correct	SWT	Mod. Goodman	No S_m Correct	Morrow S-N:					
1	Material:	Tysse-Stål										
2	$S_u =$	463,1 Mpa	$A = (\sigma_f)(2^b) =$	321								
3	b or B =	-0,085	$\sigma_f =$	360								
4	E =	210000 Mpa	A_{Kf} or $A_{Kt} =$	321	114819	252863	65641,9					
5	K' =	1434 Mpa	B_{Kt} or $B_{Kf} =$	-0,09	repeats	repeats	repeats					
6	n' =	0,14	Max nominal stress:	139,16757	repeats	repeats	repeats					
7	$\sigma_f' =$	340 Mpa	Min nominal stress:	-78,539731	repeats	repeats	repeats					
8	c =	-0,69	Yellow = material properties required for both strain-life & stress-life equations					<table border="1"> <tr> <td>Days</td> <td>Hours</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>4</td> </tr> </table>	Days	Hours	9	4
Days	Hours											
9	4											
9	$\epsilon_f' =$	0,23	Blue = mat'l properties required only for strain-life eqns.									
10	K_t or $K_f =$	1 (Notch)	Green = mat'l props. req'd only for stress-life eqns.									

Click to Begin Click to View Graphs CLEAR DATA

Ready

1. Les av beregnet tid til brudd
2. (Eventuelt) Start på nytt med ny Kp verdi

E. Data fra materialtesting



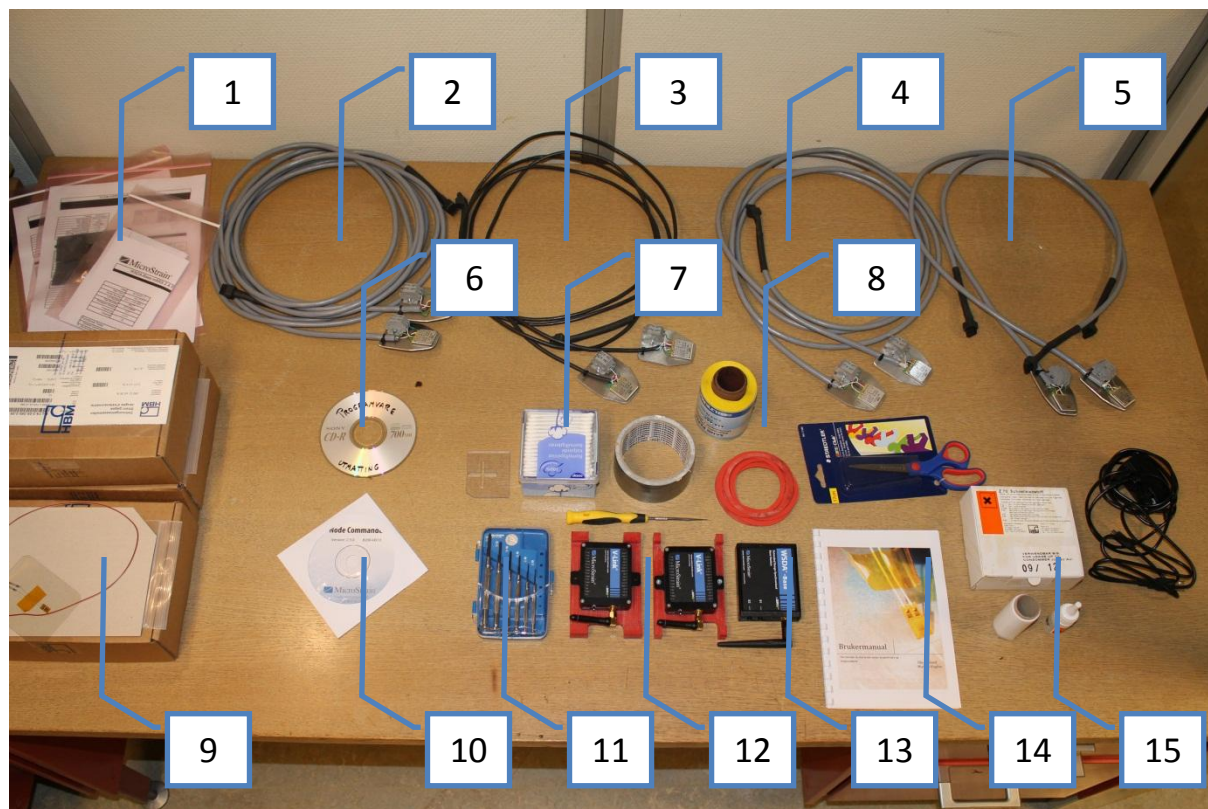
F. Brukerkravspesifikasjon

Brukerkravspesifikasjon			
Produkt <i>Testverktøy</i>	Utarbeidet av <i>Silje Heiland</i>	Primær bruker	Sekundær bruker
Pkt.	Beskrivelse	Vurdering	Vurdering
Funksjon			
1.1	Kunne benyttes på ulike pkt på tilhengeren	4	4
1.2	Kunne måle i flere punkt samtidig	4	3
1.3	Gi output i form av tøyning	4	3
1.4	Gi output som kan bearbeides i Excel	3	2
1.5	Brukes 1-4 ganger i måneden	2	3
1.6	Enkelt å gjøre repetitive tester	4	3
1.7	Ha lav kjøretid	2	3
1.8	Ha lav omstillingstid	2	3
1.9	Fungere på en roterende rigg	5	5
1.10	Kreve få endringer på riggen	2	4
Omgivelser			
2.1	Tåle fukt	4	4
2.2	Fungere i fuktige omgivelser	3	3
2.3	Fungere ved lave temperaturer	2	3
2.4	Fungere tross temperatursvingninger	3	3
2.5	Tåle støt og rystelser	4	5
2.6	Tåle nærhet av magnetisk felt	2	3
2.7	Fungere i nærhet av magnetisk felt	1	2
Operasjon			
3.1	Enkelt å montere	4	4
3.2	Sikkert å montere (avgass, sammenliming)	4	4
3.3	Enkelt å vedlikeholde	4	3
3.4	Godt grensesnitt på utstyr	5	3
3.5	Kunne startes automatisk på tid eller fjernstyres	2	1
Organisatorisk			
4.1	Pris	2	5
4.2	Gode serviceavtaler	2	4
4.3	God tilgjengelighet på deler og utstyr	3	3
4.4	Være driftsikker	2	4

G. Evalueringstabell

Evalueringstabell for endelig produkt							
Produkt <i>Testverktøy</i>	Utarbeidet av <i>Silje Heiland</i>	Vekt 1-5	Metode Antall poeng 1-5				Maks poeng
Pkt.	Beskrivelse av kriteria		FEM		Erfaring		
Funksjon				vektet		vektet	
1.1	Kunne benyttes på ulike pkt på tilhengeren	5	4	20	3	15	25
1.2	Kunne analysere flere punkt samtidig	3	5	15	5	15	15
1.3	Gi output i form av tøyning	3	5	15	5	15	20
1.4	Gi output som kan bearbeides i Excel	3	5	15	5	15	10
1.5	Nøyaktige resultater	4	4	16	4	16	20
1.6	Pålitelige resultater	5	3	15	5	25	25
1.7	Brukes 1-4 ganger i mnd	3	4	12	4	12	10
1.8	Enkelt å gjøre repetitive tester	5	4	20	5	25	20
1.9	Ha lav kjøretid i testrigg	3	5	15	5	15	15
1.10	Ha lav omstillingstid for ny syklus	3	2	6	4	12	20
1.11	Totalt tidskonsum pr. testsyklus	3	3	9	5	15	15
1.12	Fungere på en roterende rigg	5	5	25	5	25	25
1.13	Kreve få endringer på riggen	3	5	15	4	12	15
Omgivelse							
2.1	Fungere i fuktige omgivelser	4	4	16	4	16	20
2.2	Fungere ved lave temperaturer	3	4	12	4	12	15
2.3	Fungere tross temperatursvingninger	4	3	12	3	12	20
2.4	Tåle støt og rystelser	5	4	20	4	20	25
2.5	Fungere i nærheten av magnetisk felt	5	5	25	5	25	25
Operasjon							
3.1	Enkelt å montere	4	4	16	4	16	20
3.2	Sikkert å montere (kjemikalier osv)	5	4	20	4	20	25
3.3	Enkelt å vedlikeholde	3	4	12	4	12	20
3.4	Godt grensesnitt på utstyr	3	4	12	4	12	20
3.5	Lav grad av kompleksitet	4	1	4	4	16	20
3.6	Få steg i testprosessen	3	3	9	4	12	15
3.7	Utnyttelse av eksisterende kunnskap	4	2	8	5	20	20
Organisatorisk							
4.1	Lav terskel for å gjennomføre test	5	3	15	4	20	20
4.2	Lite behov for opplæring	4	3	12	4	16	20
4.3	God tilgjengelighet på deler og utstyr	4	4	16	4	16	20
4.4	Gode serviceavtaler	3	3	9	3	9	15
4.5	Være driftsikkert	4	4	16	4	16	20
4.6	Robusthet mot tekniske feil	4	4	16	5	20	20
4.7	Pris	3	4	12	4	12	15
4.8	Kostnad pr. test	4	4	16	3	12	20
Poengsum m. vektning				476		531	630
Prosent av maksimal poeng				75.6 %		84.3 %	

H. Utstyrsliste med bestillingsinformasjon



1. Manualer og dokumenter fra Microstrain
2. 2 x 3 meter kompletteringsenhet
3. 2 x 2 meter kompletteringsenhet, tynn kabel
4. 2 x 2 meter kompletteringsenhet
5. 2 x 1 meter kompletteringsenhet
6. CD med programvare, manualer fra Microstrain og brukermanualen laget for Tysse
7. Bomullspinner for behandling av overflate før liming av strekkapper
8. Installasjonsutstyr: sandpapir, gaffers tape og strikk for å feste V-link til aksling på tilhenger
9. 30 x 350ohm strekkapper med 0,5 meter ledning
10. Original CD fra Microstrain
11. Verktøy for installasjon
12. 2 x V-link målebokser
13. Basestasjon som kobler sammen målebokser trådløst med en PC (nr, type)
14. Brukermanual
15. Strekkaplim:

Strekkapper: K-LY43-3/350 m. 0.5 meter ledning

Lim: 1-Z70

Lapper og lim kan bestilles per mail hos Arnt-Henning.Andersson@hbm.com

I. HMS datablad Z 70



HMS-datablad

Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH

i henhold til Forordning (EF) nr. 1907/2006

Z 70

Trykkingsdato: 22.12.2011

Produktkode: A1654

Side 1 av 6

SEKSJON 1: Identifikasjon av stoffet/stoffblandingen og selskapet/foretaket

Produktidentifikator

Z 70

Relevante identifiserte anvendelser av stoffet eller blandingen og anvendelser som frarådes

Bruk av stoffet/stoffblandingen

Adhesiv, pakningsstoffer

Detaljer angående leverandøren på sikkerhetsdatabladet

Selskap: Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH
Darmstadt
Gate: Im Tiefen See 45
Sted: D-64293 Darmstadt
Telefon: +49 (0)6151 803-0
E-post: info@de.hbm.com
Internet: www.hbm.com
Opplysningsgivende område: Customer Care Center CCC +49 6151 803 0

Nødtelefon: +49(0)6131/19240

SEKSJON 2: Viktigste faremomenter

Klassifisering av stoffet eller blandingen

Fareindikasjoner : irriterende
R-sett:
Irriterer øynene, luftveiene og huden.

Merkelementer

Faresymboler: Xi - irriterende



Xi - irriterende

R-setninger

36/37/38 Irriterer øynene, luftveiene og huden.

S-setninger

02 Oppbevares utilgjengelig for barn.
23 Unngå innånding av ikke innånd gass. .
26 Får man stoffet i øynene; skylk straks grundig med store mengder vann og kontakt lege.
37 Bruk egnede vernehansker.
46 Ved svelging, kontakt lege omgående og vis denne beholderen eller etiketten.
56 Ta hånd om dette kjemikaliet og dets emballasje og lever til godkjent avfallbehandlingsanlegg.
24/25 Unngå kontakt med huden og øynene.

SEKSJON 3: Stoffblandingers sammensetning og stoffenes klassifisering

Blandinger

HMS-datablad

i henhold til Forordning (EF) nr. 1907/2006

Z 70

Trykkingsdato: 22.12.2011

Produktkode: A1654

Side 2 av 6

Farlige komponenter

EF-nr.	Stoffnavn	Innhold
CAS-nr.	Klassifikasjon	
Index-nr.	GHS-klassifisering	
REACH-nr.		
205-275-2	mekrilat	50-100%
137-05-3	Xi R36/37/38	
607-235-00-3	Eye Irrit. 2, STOT SE 3, Skin Irrit. 2; H319 H335 H315	
230-391-5	etyl-2-cyanoakrylat	10-25%
7085-85-0	Xi R36/37/38	
607-236-00-9	Eye Irrit. 2, STOT SE 3, Skin Irrit. 2; H319 H335 H315	

Ordlyden i R- og H-setningene: se under avsnitt 16.

Andre opplysninger

Superlim av cyanoakrylat.

SEKSJON 4: Førstehjelpstiltak**Beskrivelse av førstehjelpstiltak****Ved innånding**

Sørg for frisk luft. Det er nødvendig med behandling hos lege

Ved hudkontakt

Cyanacrylat! Fare! Limer i løpet av sekunder hud og øyelokk sammen. Oppbevares utilgjengelig for barn.
Produktskorpor som oppstår må ikke fjernes fra de impliserte hudområdene med makt eller ved bruk av løsemidler.
Kontakt lege omgående.

Ved øyekontakt

Cyanacrylat! Fare! Limer i løpet av sekunder hud og øyelokk sammen. Oppbevares utilgjengelig for barn.
Produktskorpor som oppstår må ikke fjernes fra de impliserte hudområdene med makt eller ved bruk av løsemidler.
Kontakt lege omgående.

Ved svelging

Kan ved svelging eller inntrenging i luftveiene være dødelig.

Viktigste akutte symptomer/virkninger

åndenød.

SEKSJON 5: Tiltak ved brannslukking**Slukkemidler****Passende brannslukningsmiddel**

Kulldioksyd (CO₂). Slokningspulver. Vannspredningstråle.
Ved storbrann og store mengder: Vannspredningstråle. alkoholbestandig skum.
Tilpass slokningstiltak til omgivelsene.

Brannslukningsmiddel som av sikkerhetsmessige grunner ikke må benyttes

Full vannstråle.

Spesielle farer som kommer fra stoffet eller blandingen

Damp kan sammen med luft danne en eksplosiv blanding. Ved brann kan oppstå:
Kvellsoff-oksyder (NO_x). Kullmonoksyd.

HMS-datablad

i henhold til Forordning (EF) nr. 1907/2006

Z 70

Trykingsdato: 22.12.2011

Produktkode: A1654

Side 3 av 6

Forsiktighetsregler for brannmenn

Ved brann: Ventilasjonsuavhengig åndedrettsvernapparat må brukes.

Ytterligere råd

Slå ned gasser/damper/tåke med vann i spredt stråle. Kontaminert slukningsvann må samles adskilt. Må ikke komme i kloaksystemet eller i vassdrag.

SEKSJON 6: Tiltak ved utilsiktet utslipp**Personlige forholdsregler, personlig verneutstyr, og nødsprosedyrer**

Det må sørges for tilstrekkelig lufting. Unngå innånding av gass/røyk/damp/sprøytetåke. Unngå kontakt med hud, øyne og klær. Bruk personlig beskyttelsesutrustning.

Sikkerhetstiltak for å beskytte ytre miljø

Må ikke komme i kloaksystemet eller i vassdrag.

Metoder og materialer for forurensning og opprensning

Må opptas med væskebindende material (sand, kiselgur, syrebinder, universalbinder). Det absorberte materialet må behandles i henhold til avsnitt om avfallshåndtering. Det må sørges for tilstrekkelig lufting.

SEKSJON 7: Håndtering og oppbevaring**Forholdsregler for sikker håndtering****Sikkert håndteringsråd**

Unngå innånding av gass/røyk/damp/sprøytetåke. Skal behandles og åpnes med forsiktighet.

Henvisninger til brann- og eksplosjonsbeskyttelse

Ingen særlige forholdsregler er nødvendig.

Vilkår for forsvarlig lagring, inkludert enhver ukompatibilitet**Krav til lagringsområder og containere**

Emballasjen skal holdes tett lukket. Må kun oppbevares i den originale emballasjen på et kjølig, godt ventilert sted.

Tekniske forhåndsregler/lageringsbetingelser

Ikke lagre sammen med: Mat og for

SEKSJON 8: Eksponeringskontroll/personlig beskyttelse**Kontrollparametere****Administrative normer for forurensning i arbeidsatmosfære**

CAS-nr.	Stoffnavn	ml/m ³	mg/m ³	fib/cm ³	Anm.	
137-05-3	Metyl-2-cyanoakrylat	2	8		A	

Eksponeringskontroll**Begrensning av eksponering på arbeidsplassen**

Ved åpen omgang/håndtering må man bruke anretning med lokalt avsug. Unngå innånding av gass/røyk/damp/sprøytetåke.

Beskyttelse og hygienetiltak

Tilsolte klær må fjernes straks. Forebyggende hudbeskyttelse med hudbeskyttelsessalve. Vask hender og ansikt etter at arbeidet er slutt. Det må ikke spises eller drikkes under bruk.

Åndedrettsvern

Ved sakkyndig bruk og under normale forhold er åndedrettsvern ikke nødvendig.

Håndvern

Kontrollerte beskyttelseshansker må brukes: NBR (Nitrilkautsjuk). En må ta hensyn til materialets gjennombruddstid og kildeegenskaper.

**HMS-datablad**

i henhold til Forordning (EF) nr. 1907/2006

Z 70

Trykkingsdato: 22.12.2011

Produktkode: A1654

Side 4 av 6

Øyevern

Tettsittende vernebriller.

Annet hudvern enn håndvern

Bruk egnede verneklær.

SEKSJON 9: Fysiske og kjemiske egenskaper**Informasjon angående grunnleggende fysiske og kjemiske egenskaper**

Tilstandsform:	flytende
Farge:	farveløs
Lukt:	stikkende

Testnorm**Tilstandsendringer**

Kokepunkt:	149 °C
Flammepunkt:	80 °C
Tetthet (ved 20 °C):	1,1 g/cm ³

SEKSJON 10: Stabilitet og reaktivitet**Mulighet for farlige reaksjoner**

Polymerisasjon.
Reagerer heftig med: Alkalier (baser), konsentrert.
Reagerer heftig med: Oksyderingsmidler, sterk.
Reagerer heftig med: Vann.

SEKSJON 11: Opplysninger om helsefare**Informasjon angående toksikologiske virkninger****Irritasjon- og etsevirkning**

Irritasjon på huden: irriterende.
Irritasjonsvirkning i øyet: sterkt irriterende. Fare for alvorlig oyeskade.

Ytterligere opplysninger om prøver

Plasseringen ble foretatt etter tilberedelsesretningslinjens beregningsmetode (1999/45/EC).

SEKSJON 12: Miljøopplysninger**Andre opplysninger**

Må ikke komme i kloaksystemet eller i vassdrag.
Plasseringen ble foretatt etter tilberedelsesretningslinjens beregningsmetode (1999/45/EC).

SEKSJON 13: Fjerning av kjemikalieavfall**Metoder for behandling av avfall****Avfallsbehandling**

Uskadeliggjøring etter myndighetens forskrifter.

Europeisk avfallskatalog - Avfall fra rester/ubrukte produkter

080409 Avfall fra produksjon, bearbeiding, distribusjon og bruk (PBDB) av beleggingsprodukter (malinger, lakker og glassemaljer), klebemidler, tetningsmasse og trykkfarger; avfall fra PBDB av klebemidler og tetningsmasse (herunder vanntetningsmidler); avfall av klebemidler og tetningsmasse som inneholder organiske løsemidler eller andre farlige stoffer
Innordnet som farlig avfall.

HMS-datablad

i henhold til Forordning (EF) nr. 1907/2006

Z 70

Trykkingsdato: 22.12.2011

Produktkode: A1654

Side 5 av 6

Europeisk avfallskatalog - Forurenset emballasje

080409 Avfall fra produksjon, bearbeiding, distribusjon og bruk (PBDB) av beleggingsprodukter (malinger, lakker og glassemaljer), klebemidler, tetningsmasse og trykkfarger; avfall fra PBDB av klebemidler og tetningsmasse (herunder vanntetningsmidler); avfall av klebemidler og tetningsmasse som inneholder organiske løsemidler eller andre farlige stoffer
Innordnet som farlig avfall.

Forurenset emballasje og anbefalt rengjøringsmiddel

Ikke kontaminerte og resttomte emballasjer kan bli tilført en gjenutnytting. Kontaminerte emballasjer skal behandles etter materialets forskrifter.

SEKSJON 14: Opplysninger om transport**Land transport (ADR/RID)**

UN-nr.: 3334
Forsendelsesnavn: AVIATION REGULATED LIQUID, N.O.S.
Fraktfareklasse: 9
Klassifisering-kode: M11

Skipstransport innenlands

UN-nr.: 3334
Forsendelsesnavn: AVIATION REGULATED LIQUID, N.O.S.
Fraktfareklasse: 9
Emballasjegruppe: N-S
Klassifisering-kode: M11

Sjøtransport

UN-nr.: 3334
Forsendelsesnavn: AVIATION REGULATED LIQUID, N.O.S.
Fraktfareklasse: 9
Emballasjegruppe: -
Etiketter: 9



Spesielle bestemmelser: 960
Begrenset mengde (LQ): -
EmS: -

Lufttransport

UN/ID-nr.: 3334
Forsendelsesnavn: AVIATION REGULATED LIQUID, N.O.S.
Fraktfareklasse: 9
Etiketter: 9



Spesielle bestemmelser: A27
Begrenset mengde (LQ) Passenger: 30 kg G
IATA-Emballeringsinstruksjon - Passenger: 964
IATA-Maksimalt kvantum - Passenger: 100 L

**HMS-datablad**

i henhold til Forordning (EF) nr. 1907/2006

Z 70

Trykkingsdato: 22.12.2011

Produktkode: A1654

Side 6 av 6

IATA-Emballeringsinstruksjon - Cargo:

964

IATA-Maksimalt kvantum - Cargo:

220 L

SEKSJON 15: Opplysninger om lover og forskrifter**Sikkerhets-, helse og miljøbestemmelser/lovegivning som gjelder spesielt for stoffet eller blandingen****EU-forskrifter****Ytterlinge henvisninger**

Produktet er plassert og merket etter EU-retningslinjer eller den til en hver tid gjeldende nasjonale lov.

Nasjonal forskrifter

Vannforurensende-klasse (D): 1 - noe fare for vannet

SEKSJON 16: Andre opplysninger**Fullstendig ordlyd for enhver R-frase som henvist til i kapitler 2 og 3**

36/37/38 Irriterer øynene, luftveiene og huden.

Full tekst med H-uttelselser henvises til under seksjoner 2 og 3

H315 Forårsaker hudirritasjon.

H319 Forårsaker alvorlig øyenirritasjon.

H335 Kan føre til irritasjon av åndedrettssystemet.

Utfyllende opplysninger

Denne informasjonen er basert på et nåværende nivå i følge vårt kjennskap. Informasjonen vil imidlertid ikke kunne gi forsikringer når det gjelder produktegenskaper og etablerer ingen legale kontraktforhold.

(All data for de farlige bestandelene ble tatt fra siste versjon av underleverandørens produktdatablad.)

J. HMS datablad Aceton

HMS-DATABLAD



Sist endret: 01.11.2005

Internt nr:

Erstatter dato: 17.10.2003

Aceton

1. IDENTIFIKASJON AV KJEMIKALIET OG ANSVARLIG FORETAK

HADELNAVN	Aceton
KJEMISK NAVN	Aceton
BRUKSOMRÅDE	Laboratoriekjemikalie Kit-material / Kit-komponent
FORMEL	C ₃ H ₆ O

Cas-nr.	67-64-1
EC-nr.	200-662-2
Indeksnr.	606-001-00-8

Artikkelnummer	A017
----------------	------

Deklarasjonsnummer (PRN-nr.)	007634(NO)
------------------------------	------------

Nasjonal produsent/importør	
Foretak	VWR International AS
Adresse	Postboks 45
Postnr./sted	NO-0901 OSLO
Land	N
E-post	ehs@se.vwr.com
Telefon	02290
Faks	22 90 00 40

Navn	E-post	Tlf. (arb.)
Miljø & Sikkerhet		

Nødtelefonnummer	
Nødtelefonnummer	Bistandstype
112	Politi
110	Brann
113	Med nødhjelp

2. OPPLYSNINGER OM KJEMISK SAMMENSETNING

Nr.	Ingrediensnavn	EC-nr.	Cas-nr.	Kons.	Merking
1	Aceton	200-662-2	67-64-1	> 98 %	Xi,F,R36 - R66 - R67 - R11
Tegnforklaring: T+=meget giftig, T=giftig, C=etsende, Xn=helseskadelig, Xi=irriterende E=eksplosiv, O=oksidierende, F+=ekstremt brannfarlig, F=meget brannfarlig, N=miljøskadelig, Krefr=kreftfremkallende, Mut=arvestoffskadelig, Rep=reproduksjonsskadelig, Kons.=konsentrasjon					

INGREDIENSKOMMENTARER

Organisk løsemiddel.

Aceton

3. VIKTIGSTE FAREMOMENTER



Meget
brannfarlig



Irriterende

GENERELT

MEGET BRANNFARLIG.

IRRITERER ØYNENE. GJENTATT EKSPONERING KAN GI TØRR ELLER SPRUKKEN HUD. DAMP KAN FORÅRSAKE DØSIGHET OG SVIMMELHET.

4. FØRSTEHJELPSTILTAK

INNÅNDING

Frisk luft. Gi kunstig åndedrett ved behov. Hold luftveiene frie.

HUDKONTAKT

Ta av forurenset tøy. Skyll huden med mye vann.

ØYEKONTAKT

Skyll straks med vann i minst 5 minutter. Hold øynene vidåpne. Kontakt lege.

SVELGING

Hold luftveiene frie. Gi mye vann å drikke. Fremkall ikke brekning! Risiko for aspirasjon! Kontakt lege umiddelbart. Gi aktivt kull (20-40g som 10% slurry). Ikke giv matolje. Ikke giv melk.

MEDISINSK INFORMASJON

Magepumping kan behøves. Laksativ natriumsulfat (1 ss/250 ml vann).

5. TILTAK VED BRANNSLUKKING

EGNET BRANNSLUKKINGSMIDDEL

Brann kan slukkes med: Pulver, skum.

BRANN- OG EKSPLOSJONSFARE

Meget brannfarlig. Dampene kan allerede ved temperaturer under romtemperatur danne eksplosive blandinger med luft. Forurenset tøy utgjør brannrisiko. Dampene er tyngre enn luft og kan samles ved gulvet og spredes til andre rom. Ved brann kan karbonmonoksid, karbondioksid og andre irriterende gasser frigjøres.

PERSONLIG VERNEUTSTYR VED SLUKKING AV BRANN

Ved brann skal passende beskyttelsesklær og pusteapparat benyttes.

ANNEN INFORMASJON

Vær oppmerksom på risiko for eksplosjon. Ta forholdsregler mot statisk elektrisitet. Eliminer antennelseskilder. Beholdere i nærheten av brann flyttes og/eller nedkjøles med vann.

Aceton

6. TILTAK VED UTILSIKTET UTSLIPP

SIKKERHETSTILTAK FOR Å BESKYTTE PERSONELL

Sørg for god ventilasjon. Benytt hensiktsmessig verneutstyr iht seksjon 8.

SIKKERHETSTILTAK FOR Å BESKYTTE YTRE MILJØ

Unngå at produktet kommer i avløp eller trange områder pga. eksplosjonsfaren.

METODER FOR OPPRYDDING OG RENGJØRING

Omkranses og oppsamles med inert absorpsjonsmiddel, f.eks. Vermikulit eller Chemizorb. Sendes til destruksjon. Rengjør den forurensede overflaten. Spyl rent med store mengder vann. Saneringsavfall tas hånd om som farlig avfall.

ANNEN INFORMASJON

Vær oppmerksom på risikoen for antennelse og eksplosjon. Kontakt SFT ved større utslipp.

7. HÅNTERING OG OPPBEVARING

SPESEILLE BRUKSOMRÅDER, EGENSKAPER OG FARER

Kan skade gummi og visse plastmaterialer.

HÅNTERING

Ved håndtering av produktet skal regler for håndtering av brannfarlige artikler følges. Se pkt 8. Benytt personlig verneutstyr iht. seksjon 8.

OPPBEVARING

Oppbevares som brannfarlig vare. Oppbevares adskilt fra antennelseskilder. Røyking forbudt. Oppbevares på godt ventilert sted. Beskyttes mot lys.

Oppbevaring skal skje i samsvar med lov om brannfarlige varer, med forskrifter, samt regler og bestemmelser fastsatt av Direktoratet for Brann- og Eksplosjonvern.

8. EKSPONERINGSKONTROLL OG PERSONLIG VERNEUTSTYR

BEGRENSNING OG KONTROLL AV EKSPONERING

Alt arbeide med farlige kjemikalier skal utføres i avtrekkskap eller i godt ventilert og godkjent rom. Mulighet for øyeskylling skal finnes på arbeidsplassen. Fjern alle antennelseskilder. Unngå fritt fallende stråle (statisk elektrisitet). Vask hendene og ansiktet etter arbeid med produktet. Skift forurensede klær.

ÅNDEDRETTSVERN

Ved utilstrekkelig ventilasjon og/eller ved støvdannelse kan bruk av åndedrettsvern være nødvendig. Åndedrettsvern kan behøves ved forekomst av damper/aerosoler. Gassfilter AX.

ØYEVERN

Ved risiko for direkte kontakt eller sprut skal øyebeskyttelse benyttes. Beskyttelsesbriller. Bruk ikke kontaktlinser ved håndtering.

Aceton

HÅNDVERN

Vernehansker skal benyttes ved fare for direkte kontakt og sprut.

Vernehanskene som brukes må være i hht spesifikasjonene i EU direktiv 89/686/EEC og standarden EN374. Våres anbefaling gjelder kun for produktet nevnt i HMS-databladet og leverert av oss for laboratoriebruk. Anbefalingen gjelder ikke ved oppløsning eller blanding med andre stoffer under betingelser som er forskjellige fra det. Vernehansker av følgende materiale har normalt ved romtemperatur gjemnombruddstid mer enn 4 timer: Butylgummi. Laminatplast med etenvinylalkohol (EVOH).

ANNET HUDVERN ENN HÅNDVERN

Ved risiko for direkte kontakt eller sprut skal verneklær benyttes. Bruk av barriere krem (før arbeid med produktet) anbefales.

ADMINISTRATIVE NORMER

Ingrediensnavn	Cas-nr.	Intervall	ppm	mg/m ³	År	Anm.
Aceton	67-64-1	8 timer	125,0	295,0	2001	

9. FYSISKE OG KJEMISKE EGENSKAPER

Tilstandsform	Væske.
Farge	Fargeløs.
Lukt	Fruktaktig.
Løselighet	Kloroform. Etanol.

FYSISKE OG KJEMISKE PARAMETERE

Smelte-/frysepunkt:	-95 °C	Tetthet:	0.79 kg/dm ³
Ekspløsjonsomr., %--%:	2,2-12,8	Løselighet i vann:	100 %
Damptrykk:	23,3 kPa (20°C)	Metningskons:	
pH-løsning:		Kokepunkt:	56 °C
Flammepunkt:	-20 °C	pH-konsentrat:	
Molvekt:	58.08 g/mol	Viskositet:	0,31 mPas (25°C)
Tenntemperatur:	540 °C	Luktgrense:	
Rel. damp tetthet (l.=1):	2	Rel. fordampingshast:	0.5
logP (ow)	-0.24		
BCF:	0,69		

10. STABILITET OG REAKTIVITET

STABILITET

Stabil ved normal håndtering. Unngå oppvarming. Følsom for lys. Følsom mot luft.

MATERIALER SOM SKAL UNNGÅS

Plaster. Alkalimetaller. Alkali (-salter). Oksiderende stoff. Metaller. Halogener. Halogenerte hydrokarboner. , m.

FARLIGE SPALTINGSPRODUKTER

11. OPPLYSNINGER OM HELSEFARE

Aceton

Akutte toksiske testresultater

Akutt oralt toks.	5800 mg/kg	LD-50 (orl-rat)
Akutt derm. toks.	20000 mg/kg	LD-50 (derm-rbt)
Inneh. toksisitet	76 mg/l /4h	LC-50 (ihl-rat)

INNÅNDING

Hodepine. Kvalme. Svimmelhet. Høye konsentrasjoner kan forårsake: Bevisstløshet.

HUDKONTAKT

Avfetter huden og kan gi sprekke dannelse og eksem ved langvarig kontakt. Kan virke svakt irriterende på huden.

ØYEKONTAKT

Irriterer øynene. Sprut i øynene kan gi: Hornhinneskade.

SVELGING

Magesmerter. Kvalme. Absorpsjon av toksiske kvantiteter gir: hodepine. Svimmelhet. Brekninger. Økt spyttmengde. Narkotisk effekt. Bevisstløshet.

ALLERGI

Produktet har ved djurtester ikke vist seg å være sensibiliserende.

KREFT

Kreftfremkallende egenskaper er ikke kjent.

MUTAGENE EFFEKTER

Ikke mutagen i AMES-test. Bakteriell mutagenitet: Salmonella typhimurium: negativ.

FOSTERSKADELIGE EFFEKTER

Viste ikke mutagene eller fosterskadende virkninger i dyreforsøk.

ANNEN TOKS. INFORMASJON

Hud: Noe rødhet, irritasjon ved hudpenslingsforsøk på kanin.

Øyne: Viss irritasjon på øyne observeres ved test på kanin.

12. MILJØOPPLYSNINGER**ØKOTOKSISITET**

Lav giftighet for pattedyr som lever på land. Normal håndtering og mindre utslipp vurderes å ikke utgjøre noen skaderisiko.

Skadelig for vannlevende organismer.

Giftighet for fisk: *L. macrochirus* LC50 : 8300 mg/l / 96 h

Giftighet for krepsdyr: *Daphnia magna* EC50 : 12600-12700 mg/l / 48 h

Giftighet for alger: *Sc. quadricauda* IC5 : 7500 mg/l / 8 d

Giftighet for bakterier: *Ps. putida* EC5: 1700 mg/l (16 h)

PERSISTENS OG NEDBRYTBARHET

Lett biologisk nedbrytbar. Biologisk nedbrytbar. Biologisk nedbrytbarhet = 90 % etter 28 dager.

BIOAKKUMULERINGS-SPOTENSIAL

Bioakkumulerer ikke. $\log P(ow) < 1$

Aceton

ANNEN INFORMASJON

Skadelig for vannorganismer. Kan allerede ved lav konsentrasjon og kortvarig eksponering forårsake dødlighet eller forgiftning av fisk og andre organismer som lever i vann. Tilgjengelige miljødata tyder dog på at kun større utslipp kan utgjøre en risiko.

COD= 2.07 g/g

ThOD = 2.20 g/g

BOD5: 1.85 g/g

13. FJERNING AV KJEMIKALIEAVFALL

GENERELT

Klassifisert som farlig avfall.

Destrueres i henhold til lokale forskrifter, eller kontakt et godkjent deponeringssted. Spørsmål om generell kjemisk avfallshåndtering kan som regel besvares av kommunen eller NORSAS.

AVFALLSGRUPPER

07 01 04 Andre organiske løsemidler, vaskevæsker og utgangsvæsker. 7152 Organisk avfall uten halogen

14. OPPLYSNINGER OM TRANSPORT

Kjemikaliet er klassifisert som farlig gods: Ja Nei Ikke vurdert

UN-nr: 1090

VARENAVN OG BESKRIVELSE:
ACETONE

ADR/RID (veitransport/jernbanetransport)

Klasse:	3	Forpkningsgr:	II
Fareseddel:	3		

IMDG (sjøtransport)

Klasse:	3	Forpkningsgr:	II
Sub. risiko:		EMS:	F-E,S-D

IATA (lufttransport)

Klasse:	3	Forpkningsgr:	II
Etikett:	3		

15. OPPLYSNINGER OM LOVER OG FORSKRIFTER



Meget
brannfarlig



Irriterende

EF-etikett Nei Ja Ikke vurdert

SAMMENSETNING

Aceton (> 98 %)

Aceton

R-SETNINGER

Nr.	R-setningstekst
R11	Meget brannfarlig.
R36	Irriterer øynene.
R66	Gjentatt eksponering kan gi tørr eller sprukket hud.
R67	Damp kan forårsake døsigheit og svimmelhet.

S-SETNINGER

S9 Oppbevares på et godt ventilert sted.

S16 Holdes vekk fra antenneskilder - Røyking forbudt.

S26 Får man stoffet i øynene; skylk straks grundig med store mengder vann og kontakt lege.

REFERANSER

Merck Safety Data Sheet.

Forskrift om klassifisering og merking av farlige kjemikalier 2002 eller Stoffliste 2002

HMS-databladet er revidert i.h.t. 29 ATP (2004/73/EU)

16. ANDRE OPPLYSNINGER AV BETYDNING FOR HMS **LEVERANDØRENS ANMERKNINGER**

Opplysningene i dette databladet baseres på vår nåværende kunnskap og er ment å beskrive produktet fra et sikkerhetsaspekt. Databladet er ikke å betrakte som en kjemisk spesifisering. Det er derfor kundens ansvar å kontrollere att produktet er egnet til kundens spesifikke bruk.

Informasjonen i dette HMS-databladet gjelder bl.a. kitkomponent i:

LEUCOGNOST® Basic kit

LISTE OVER ALLE RELEVANTE RISIKOSETNINGER

Nr.	R-setningstekst
R11	Meget brannfarlig.
R36	Irriterer øynene.
R66	Gjentatt eksponering kan gi tørr eller sprukket hud
R67	Damp kan forårsake døsigheit og svimmelhet

YL-gruppe

5

YL-tall

>3200 m³/l

RÅD OM OPPLÆRING

VWR International Norge forutsetter at personer som håndterer produktet har tilegnet seg de kunnskaper og ferdigheter som kreves for laboratoriearbeide.

UTGITT:

28.01.1996

HMS-DATABLAD



Sist endret: 01.11.2005

Internt nr:

Erstatter dato: 17.10.2003

Aceton

REVISJONSOVERSIKT

Versjon	Rev.dato	Ansvarlig	Endringer
0.0.1	17.10.2003	Siri Lindström	Generell oppdatering
0.0.2	01.11.2005	Siri Lindström	Endret merking (YL) og kontrollert i.h.t. 29 ATP

HMSD er utarbeidet av

Foretak	VWR International AB
Postnr./sted	SE-163 94 STOCKHOLM
Land	S
E-post	info@se.vwr.com
Telefon	+46 8 621 34 00
Faks	+46 8 760 45 20

Navn	E-post	Tlf. (arb.)
Miljø & Sikkerhet	ehs@se.vwr.com	+46 8 621 34 00

K. Prosjektoppgaven

Utvikling av testverktøy for biltylhengere

7. desember

2011

Prosjektoppgave Høst 2011
NTNU, Institutt for Produktutvikling og Materialer

Stud. Techn. Markus Hughes
Stud. Techn. Silje Heiland



NORGES TEKNISK-
NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR PRODUKTUTVIKLING
OG MATERIALER

PROSJEKTOPPGAVE HØSTEN 2011
FOR
STUD. TECHN. SILJE HEILAND og MARKUS HUGHES

**UTVIKLING AV VERKTØY FOR STYRKEBEREGNING OG TESTING AV
BILTILHENGERE**

Tysse er en ledende produsent av tilhengere for personbilmarkedet i Norge. De produserer tradisjonelle tilhengere først og fremst i stål. Tilhengerne brukes under mange forhold, og det er framkommet et behov for bedre å kunne forutse tilhengernes holdbarhet under ulike forhold. Resultatene av dette vil på den ene side være forbedrede produkter, på den andre side bedre dokumentasjon av produktene.

Til dette formålet har Tysse bygget en testrigg, som kan gjøre akselererte tester av tilhengeren. I denne riggen blir tilhengeren kjørt i lange tidsperioder uten bemanning. Det kan påføres ulike belastninger, for å simulere ulike lastforhold.

Tysse ønsker nå et system for å måle påkjenninger i hengeren under testing, og på bakgrunn av dette regne på utmatting i forskjellige kritiske punkt.

I denne oppgaven skal dette konseptet tas fram til en fungerende løsning. Kandidatene skal finne fram til løsninger både for måling og analyse av data i dette totalsystemet. Drøfting av forskjellig måleutstyr skal gjennomføres før oppdragsgiver går til innkjøp av beste utstyrsalternativ.

Sluttr resultatet skal være en løsning som er utprøvd i labben. Dette skal så kunne tas videre til masteroppgave der testing opp mot testriggen i Bergen skal gjennomføres.

I tillegg til prosjektrapporten, skal det leveres en PU-journal i instituttets A3-format.

Ved bedømmelsen legges det vekt på at problemstillingen presenteres klart, at besvarelsen er skikkelig gjennomarbeidet og at kandidaten gir en selvstendig framstilling av stoffet med egne vurderinger, der også de egne bidragene i samarbeidsprosjektet gjøres rede for.

Besvarelsen skal ha med oppgavetekst og skal forsynes med innholdsfortegnelse. I forord skal det stå hvilke fordypningsemner kandidaten tar. Rapporten innledes med en klar formulering

av problemstillinger bearbeidet i prosjektet, et sammendrag av viktige resultater, og konklusjoner. Rapporten skal være på maksimum 45 sider, inklusive skisser innarbeidet i tekst. Eventuelle tabeller, tegninger, detaljerte skisser, fotografier, med videre, kan medtas i et bilag som regnes i tillegg til de 45 sider. I besvarelsen henvises til de respektive steder i vedleggene, men besvarelsen skal skrives slik at den kan leses uten vedlegg.

Figurer og tabeller skal inneholde alle nødvendige påskrifter. Litteraturhenvisninger skal være fullstendige med angivelse av forfatter, bok (artikkel), tittel, forlag, årstall og sidenummer. Henvisninger foretas ved nummer i teksten og dette refererer til en nummerert litteraturliste bak i rapporten.

Tre (3) uker etter utlevering av prosjektoppgaven innleverer kandidaten et A3-ark med tekst og bilder som beskriver hva oppgaven går ut på (en papirversjon og et elektronisk eksemplar i pdf-format). Mal for arket finnes på instituttets hjemmeside under menyen undervisning.

Senest 3 uker før innlevering av prosjektoppgaven skal kandidaten innlevere et A3 ark som illustrerer resultatet av arbeidet (en papirversjon og et elektronisk eksemplar).

Prosjektarbeidene presenteres som muntlige foredrag 21.oktober 2011. Det er obligatorisk frammøte for alle prosjektkandidater under foredragene.

Innleveringsfrist for prosjektbesvarelsen er 20.desember 2011. Besvarelsen leveres i to papirversjoner og elektronisk på CD eller DVD.

Kontaktpersoner hos Tysse AS: Rune Tysse

Knut Aasland

Faglærer

Forord

Denne rapporten er skrevet av to studenter som en del av et fordypningsprosjekt ved Institutt for Produktutvikling og Materialer ved NTNU. Prosjektoppgaven løper over ett semester og teller 22.5 studiepoeng. Prosjektet deles i et fordypningsprosjekt og to fordypningsemner som teller henholdsvis 15 og 3.75 studiepoeng. Prosjektforfatter Silje Heiland har hatt TMM1 Produktmodellering og TMM2 Produktsimulering som fordypningsemner. Prosjektforfatter Markus Hughes har hatt TMM6 Kompositter, og TMM10 Robuste materialer.

Prosjektet er skrevet for og med hjelp fra Tysse MV i Bergen som er en av Norges ledende produsenter av tilhengere for personbil. Tysse ønsket hjelp til forbedring av sin testrigg for tilhengere. Testtriggen utfører i dag destruktive tester for å hente ut ønsket data om problemområder på tilhengeren. Det er ønskelig å kunne få tak i denne dataen uten destruktiv testing og det har vært prosjektets mål å finne en god metode for å gjøre dette.

Det har vært god kontakt mellom oppdragsgiver, Tysse MV, gjennom hele prosjektet og vi ønsker å takke prosjektleder Rune Tysse og daglig leder, Lars Magne Bygheim for god oppfølging. Vi vil også takke produktutvikler hos Tysse, Marcin Kociela for demonstrasjon av testrigg og informasjon om tidligere arbeid med denne. Avdelingsingeniør ved IPM, Halvard Støwer, har vært til stor hjelp for oss ved bestilling av måleutstyr og ved opplæring i laben. Takk rettes også til Knut Einar Aasland for veiledning av prosjektet.

Trondheim, 7.12.2011

Markus Hughes

Silje Heiland

Sammendrag

Hensikten med denne oppgaven er å utvikle et verktøy for å kunne kvantifisere utmatting i tilhengere produsert av tilhengerprodusenten Tysse. Dette har tidligere vært gjort ved destruktiv testing der tilhengeren har blitt utsatt for overdimensjonerte sykliske påkjenninger fram til brudd. Det er nå ønskelig å kunne måle levetiden i forskjellige belastede punkter uten bruk av destruktive metoder. Oppgaven er delt inn i fem deler der første del er introduksjonen til oppgaven.

Andre del av oppgaven handler om oppdragsgiver Tysse og motivasjonen for prosjektet. Tysse er en av landets største produsenter av tilhengere for personbiler. For å få et forsprang i markedet ønsker Tysse nå å gå nye veier. Resultatene fra utmattingstester denne oppgaven handler om gir muligheter for å forbedre tilhengere, men kan også i seg selv være en intensiv til å kjøpe tilhengere fra produsenten.

Tredje del av oppgaven handler om teorien bak utviklingen av denne oppgaven, og teorien bak teknologien involvert. Her utdypes teori om strekkklapper, og tøyningen den måler. Hvordan denne tøyningen gjøres om til spenninger blir forklart, og teorien bak dette. Til slutt blir det forklart hvordan et datasett med spenninger kan gjøres om til prediksjon om antall sykler før utmattingsbrudd.

Fjerde del er hoveddelen av oppgaven. Her beskrives gjennomføringen med visjon, misjon og målet med oppgaven. Behovsanalyse og teknologianalyse følger, og profil på brukeren blir utviklet. I denne delen blir det også beskrevet tekniske og praktiske utfordringer. Utfordringene som kommer fram er som følger:

- Strømforsyning
- Dataoverføring
- Datalogging
- Støt og vibrasjoner
- Elektromagnetisme
- Kritiske punkt
- Kraftfordeling i tilhengerkonstruksjonen

Disse utfordringene blir så undersøkt og behandlet. Videre følger konseptgenerering med morfologitabell. Konseptene blir evaluert gjennom konseptevalueringen før det blir funnet et krav til utstyr. Utstyr fra forskjellige leverandører blir satt opp mot hverandre før alternativet fra produsenten Microstrain blir valgt.

Femte del av oppgaven inneholder konklusjonen og videre arbeid. Her blir valgene som er gjort i oppgaven presentert og konkludert. Videre arbeid blir drøftet. Dette er aktuelt for begge oppgaveforfatterne som tar denne prosjektoppgaven videre til masteroppgave.

Innhold

Forord.....	iv
Sammendrag	v
Figurliste	vii
Del 1. Introduksjon	1
1.1 Innledning.....	1
Del 2. Om Tysse og motivasjon for prosjektet	2
2.1 Tysse Mekaniske Verksted AS	2
2.2 Motivasjonen for prosjektet.....	3
2.3 Hva gjorde HIB?	3
Del 3. Teori	4
3.1 Produktutviklingsmetodikk	4
3.1.1 IMM modellen.....	4
3.2 Om tøyning.....	6
3.3 Streklapper	7
3.3.1 Virkemåte	7
3.4 Utmatting	9
3.5 Rainflow cycle counting.....	10
Del4 Prosjektgjennomføringen	12
4.1 Fase 1: Visjon.....	12
4.1.1 Visjon	12
4.1.2 Misjon.....	12
4.1.3 Forretningsmål	12
Fase 2: Behovs- og teknologianalyse.....	13
4.2.1 På besøk	13
4.2.2 Brukerprofil	13
4.2.3 Brukssituasjon og bruksmåte	13
4.2.4 Beskrivelse av praktiske utfordringer.....	15
4.2.5 Beskrivelse av teoretiske utfordringer	16
4.2.6 Funn av kritiske punkt og evaluering av disse	16
4.2.7 Brukerkravspesifikasjon	17
Fase 3: Konseptgenerering og evaluering	18
4.3.1 Konseptgenerering	18
4.3.2 Morfologitabell.....	20

4.3.3 Konseptevaluering.....	23
Fase 4: Struktur og utforming	25
4.4.1 Valg av utstyr	25
4.4.2 Oppsett av utstyr	27
4.4.3 Plassering av streklapper	28
Del 5 Konklusjon og videre arbeid.....	32
5.1 Konklusjon	32
5.2 Videre arbeid	33
Referanser	34
Appendiks A: Spørreskjema.....	A
Appendiks B: Møtereferat.....	B
Appendiks C. Testdata.....	C
Appendiks D. Brukerkravspesifikasjon	F
Appendiks E. Produktspesifikasjon V-Link.....	G
Appendiks F: Produktspesifikasjon HBM.....	I
Appendiks G: Kvittring på utstyr	K

Figurliste

Figur 1: Varehenger modellnr. 6217	1
Figur 2: Tysse mekaniske verksted	2
Figur 3: Testtriggen.....	3
Figur 4 Visualisering av faser og milepæler i IMM modellen	4
Figur 5: Tøyning	6
Figur 6: Streklappens oppbygning	7
Figur 7: Kvadratisk og ekuiangulær rosett.....	8
Figur 8: Eksempel på ferdig oppsatt rosett	8
Figur 9: S-N kurve	9
Figur 10: Eliminasjon av data mellom topp og bunnpunkter.....	10
Figur 11: Matrise med stress-data	11
Figur 12: Definisjon av topper og daler	11
Figur 13: Testtriggen i bruk.....	14
Figur 14. Geometri på humper i testbanen. Mål er angitt i mm.....	15
Figur 15 Visualisering av problemområder	16
Figur 16: Kritisk punkt nr. 1	18
Figur 17: Morfologitabell.....	21
Figur 18: Konsepter for utstyrsoppsett	22
Figur 19: HBM QuantumX M840A.....	25
Figur 20: Microstrain V-LINK-mXRS-SK2.....	25

Figur 21 Spenning fra FEM analyse i avstand fra utmattingspunkt	28
Figur 22 Lastsenarioer med opplagring i skruehullene. Fra venstre: Sidelast og topplast	28
Figur 23 Spenningsbilde sidelast med målepunkt 1, 2 og 3	29
Figur 24 Spenningsbilde topplast med målepunkt 3.....	29
Figur 25 Spenningsretning.....	29
Figur 26 Liming av strekkklapper	30
Figur 27 Testing av strekkklapp-plassering på tilhengeren.....	30
Figur 28 Sidelast	31
Figur 29 Topplast.....	31

Tabell 2: Evauleringstabell.....	23
----------------------------------	----

Formel 1.....	6
Formel 2.....	6
Formel 3.....	6
Formel 4.....	6
Formel 5.....	7
Formel 6.....	8
Formel 7.....	8
Formel 8.....	8
Formel 9.....	9
Formel 10	9
Formel 11	9
Formel 12	9
Formel 13	10
Formel 14	10
Formel 15	10
Formel 16	28

Del 1. Introduksjon

1.1 Innledning

Tysse Mekaniske Verksted har vært med i tilhengerbransjen lenge, og er en av Norges ledende produsenter av tilhengere for personbil. Mye av produktutviklingen så langt har vært basert på erfaring og nyutvikling har vært tid- og resurskrevende. På lik linje med andre bransjer ser en nå en utvikling i markedet. Antallet produsenter er uendret, men flere utenlandske aktører kommer til, samtidig som etterspørselen etter nye produkter øker. Dette skaper økt fokus på å utvikle nye produkter for å vinne marked.

For å møte det nye markedet ønsker Tysse å ta i bruk mer avanserte metoder i sitt utviklingsarbeid. Formålet er å kutte tiden og kostnadene ved utvikling av nye produkter, samt å forbedre eksisterende produktmodeller. De har til nå utviklet og bygget en testrigg for sine tilhengere og denne er i bruk i dag. Testriggen har ikke utstyr for å kunne foreta målinger av belastninger underveis i testingen, og dette fører til at destruktive tester er nødvendig. Denne oppgaven har som hensikt å finne gode metoder og løsninger slik at Tysse kan bruke testriggen for å få ønsket data uten destruktiv testing.

Rapporten er delt inn i 5 deler hvor Del 1 er innledende del og Del 2 inneholder beskrivelse av bedrift og testrigg samt en nærmere beskrivelse for motivasjonen for prosjektet. Utfyllende teori om produktutviklingsmetodikk og materialteknologi finnes i Del 3. Del 4 av rapporten er en beskrivelse av prosjektgjennomføringen. Vi har i dette prosjektet valgt å benytte IMM modellen (Hildre, 2002) for produktutvikling, og har gått gjennom de 4 første fasene. Tidlig i prosjektet reiste begge prosjektdeltakerne til Bergen på besøk hos Tysse. Mye av vår kunnskap om brukere og bruksmåte for testriggen samt dennes virkemåte kommer fra dette besøket. Under besøket fikk vi også tildelt en tilhenger som vi kunne bruke for å foreta tester i laboratoriet. (Figur 1) Dette har vært avgjørende for å komme frem til de resultatene vi har. For å komme frem til en løsning har vi foretatt analyser av bruker, brukssituasjon og måte, og vi har foretatt en teknologistudie.

Utviklingen i dette prosjektet har vært krevende da det har vært mange utfordringer som er avhengige av hverandre, og mye utvikling har måttet gjøres parallelt. Det har vært mye fokus på materialteknologi og løsning av teoretiske utfordringer, og produktutviklingen har fulgt beslutningene vi har tatt om målemetoder. Det skulle i hovedsak settes sammen eksisterende produkter for å tilfredsstille kundens behov, fremfor å utvikle nye komponenter og produkter.



Figur 1: Varehenger modellnr. 6217

Del 2. Om Tysse og motivasjon for prosjektet

2.1 Tysse Mekaniske Verksted AS

Tysse Mekaniske Verksted AS holder til utenfor Bergen og ble opprettet i 1964. I starten produserte de stiger, flaggstenger, tørkestativ og vedkappsager før de i 1972 begynte å produsere biltilhengere. Tysse er i dag en markedsledende tilhengerprodusent i Norge og har et meget bredt varesortiment. (Tysse MV) Sortimentet består av blant annet varehengere, bilhengere, båthengere og hestehengere i tillegg til at de produserer spesialhengere for blant annet politiet. De siste årene har de også lansert Tysse lift som er en tilhenger som kan heves og senkes hydraulisk.

I tillegg til å produsere tilhengere drives et toppmoderne mekanisk verksted som utfører oppdrag for blant annet bygg og anlegg, fiskeoppdrett, engineeringbedrifter, transportnæringen, offentlige etater og forsvaret. (Tysse MV) Takket være dette mekaniske verkstedet kan Tysse produsere mesteparten av sine tilhengerdeler selv.



Figur 2: Tysse mekaniske verksted

2.2 Motivasjonen for prosjektet

Tysse har ved en tidligere anledning utviklet og bygget en rigg for testing av sine tilhengere. Slik denne riggen fungerer i dag er den utstyrt med en 9 m lang arm som roteres av en kraftig elektromotor. På enden av denne armen er det et tilhengerfeste hvor tilhengeren kobles på for så å kjøres rundt på testbanen som inneholder ulike typer humper. Tilhengeren lastes, ofte over anbefalt kapasitet, og kjøres til brudd. Deretter vil man manuelt inspisere skader og ta lærdom av dette.

Tysse sitt ønske er å kunne foreta tester med denne riggen uten å måtte kjøre tilhengeren til brudd. De ønsker seg et verktøy som kan foreta målinger av spenninger og deformasjoner i ulike punkter på tilhengeren og lagre denne dataen for så å kunne analysere spenningskonsentrasjoner og levetid senere. Dette er et ønske som har oppstått i forbindelse med forbedring av eksisterende tilhengere og utvikling av nye produkter. Fram til i dag har all utvikling skjedd på grunnlag av erfaring men man ser nå et behov for nærmere undersøkelser for å holde seg på topp i markedet og i forbindelse med at varesortimentet stadig blir bredere. Data fra denne testingen vil også gi Tysse mulighet til å bruke dette i sin markedsføring samt som argumentasjon i reklamasjonssaker.



Figur 3: Testriggen

2.3 Hva gjorde HIB?

Våren 2008 hadde Institutt for elektrofag ved Høyskolen i Bergen (HIB) en hovedoppgave der fire bachelorgrad studenter så på mulighetene til å måle påkjenninger i tilhengeren til Tysse. Etter å ha studert oppgaven nøye har vi kommet til følgende observasjoner:

- HIB har konsentrert seg om datainnsamling og ulike tekniske løsninger for dette.
- Oppgaven konkluderer med at streklapper er beste egnede sensor for oppdragsgiver, men gjør ingen tester med dette.
- Løsningen som ble presentert med sensornode fra Scanmatic oppfyller ikke kravene til overføringshastighet og har heller ikke broforsterkere som kreves for å bruke streklapper.

Hva skal vi gjøre annerledes?

- I stedet for å gå dypt inn på kretskort og programmering av dette, går vi til anskaffelse av anerkjent og testet utstyr fra en anerkjent produsent.
- Vi vil ha større fokus på plassering av streklappene og etterbehandling av dataen.

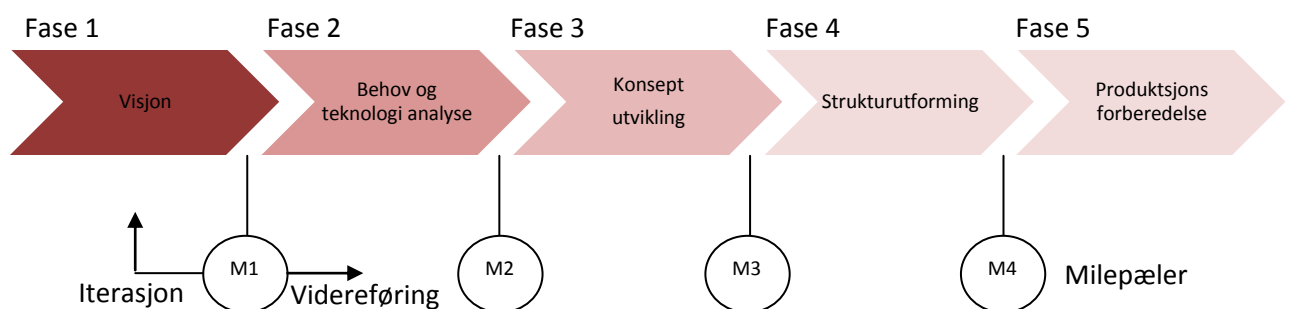
Del 3. Teori

3.1 Produktutviklingsmetodikk

For å sikre at vi ved enden av prosjektet kom frem til en løsning som Tysse er fornøyd med besluttet vi å benytte oss av produktutviklingsmetodikk i utviklingsfasen. Dette gav oss et verktøy for å nå målene våre og for å kvalitetssikre sluttresultatet. Vi valgte å følge IMM modellen (Hildre, 2002) fordi denne er godt kjent for begge prosjektforfatterne og vi har hatt gode erfaringer med denne tidligere.

3.1.1 IMM modellen

I Produktutvikling av Hans Petter Hildre (Hildre, 2002) deles produktutviklingsprosessen opp i fem faser hvor hver fase representerer en ny del av utviklingsprosessen. Fasene er navngitt og organisert som vist i Figur 4. Navngiving og beskrivelse er kun veiledende da de bør justeres etter hvert enkelt prosjekts behov. Hver slutførte fase markeres med en milepæl; en leveranse og presentasjon av hva som er oppnådd i denne fasen.



Figur 4 Visualisering av faser og milepæler i IMM modellen

Fase 1

Fase 1 dreier seg om å definere prosjektets visjon; den grunnleggende ideen. Videre er denne fasens formål å lage en prosjektspesifikasjon. Ved første milepæl, som er ved enden av fase 1, skal prosjektets prosjektspesifikasjon foreligge. Denne inneholder visjon, misjon, prosjektplan og -betingelser.

Fase 2

Det viktigste som gjøres i denne fasen er å kartlegge brukerens behov og ønsker. Ved bruk av ulike analyseverktøy slik som intervjuer, observasjon eller spørreundersøkelser kartlegges og evalueres ulike brukergruppers behov. Videre oversettes disse behovene til tekniske kriterier som ligger til grunn når konsepter skal utvikles. Det er også i denne fasen teknologimuligheter undersøkes. Leveranser her kan være brukerprofil, brukerkravspesifikasjon og produktspesifikasjon.

Fase 3

Hensikten med denne fasen er å generere flere ulike konsepter for videre å evaluere dem. I starten genereres mange konsepter og vi får et stort løsningsrom. Disse vurderes ut fra kriteriene som ble satt i fase 2 og elimineres ned til et mindre løsningsrom. De gjenværende konseptene detaljeres og evalueres opp mot hverandre. Ved utgangen av denne fasen skal et endelig konsept foreligge.

Fase 4

I fase 4 skal det valgte konseptet detaljeres. Her studeres ulike formkonsepter og materialer og produktet er mer eller mindre ferdig utviklet når fase 4 er over.

Fase 5

Her utarbeides detaljer som toleranser, overflatebeskaffenhet og annen dokumentasjon som er nødvendig for produksjon.

I dette prosjektet skal vi utvikle et produkt som ikke skal produseres i mer enn ett eksemplar. Vi vil derfor ikke konsentrere oss om Fase 5, fordi produksjonsforberedelse ikke er aktuelt for oss.

Det er også viktig å nevne at produktutvikling er en iterativ prosess. Ved hver milepæl foretas en evaluering på om prosjektet er klart for å videreføres, om det er behov for å gå tilbake og gjøre justeringer eller om prosjektet burde kanselleres.

3.2 Om tøyning

Når en stav påføres last i lengderetningen vil den deformeres og bli lengre. Så lenge belastningen er innenfor det lineærelastiske området er endringen i lengde proporsjonal med belastningen. Forholdet mellom endringen i lengde (dl) og stavens opprinnelige lengde (l) kalles transvers tøyning eller - strain (ϵ_t). Se Figur 5.

$$\epsilon_t = \frac{dl}{l}$$

Formel 1

Målt tøyning i metaller er typisk av størrelsesorden 10^{-6} og noteres ofte som microstrain ($\mu\epsilon$) som er faktisk tøyning ganget med 10^6 . (Hibbeler, 2005) Når en stav strekkes vil man i tillegg til endringen i lengde få en tilhørende endring i tverrsnittareal (A) som kalles for aksial tøyning (ϵ_a). Aksial tøyning beregnes ved hjelp av:

$$\epsilon_a = \frac{\pi(dD/2)^2}{A_0}$$

Formel 2

Der A_0 er tverrsnittareal før belastning. Forholdet mellom disse beskrives av formelen (Hibbeler, 2005):

$$\epsilon_t = -\nu\epsilon_a$$

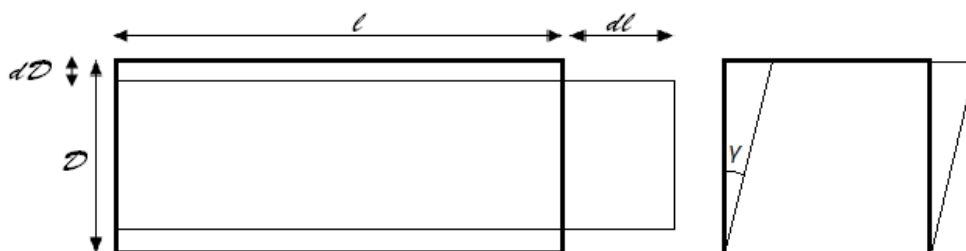
Formel 3

Poisson's tall, ν , er materialavhengig og konstant. I tillegg til disse har man skjærspenninger (γ) som er definert som endringen i vinkelen mellom to opprinnelig vinkelrette linjestykker i et testemne (Figur 5). Ved å benytte Hooke's lov (Hibbeler, 2005);

$$\sigma = E\epsilon$$

Formel 4

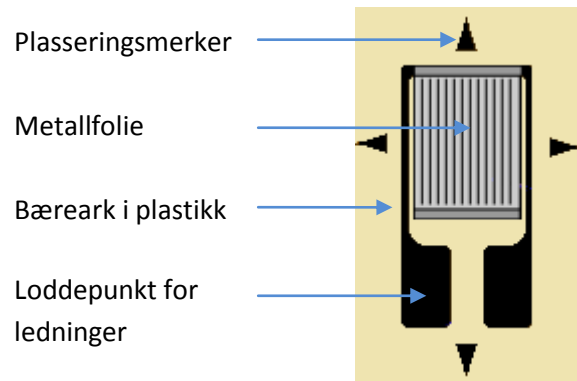
kan man utnytte den målte tøyningen for å finne stress i testemnet. (E) kalles Young's modul eller elastisitetsmodul og er en materialkonstant.



Figur 5: Tøyning

3.3 Strekkklapper

Den vanligste måten å måle tøyning på er ved å bruke strekkklapper (Ganji & Wheeler, 2010). En strekkklapp er en liten sensor som festet på testemnets overflate måler strekk eller trykk i denne. De tidlige strekkklappene bestod av en metalltråd som lå i viklinger og var støpt inn i et bæreak av plastikk. I dag er det vanligere at de kuttes ut fra en tynn metallfolie som ligger på et bæreak. Det er dette bæreaket som limes på testemnet med et kraftig spesiellim. Når testemnet utsettes for strekk vil deformasjonen overføres via bæreaket til metalltråden som igjen deformeres.



Figur 6: Strekkklappens oppbygning

3.3.1 Virkemåte

Strekkklapper er basert på at elektrisk motstand i en metalltråd vil endres hvis trådens tverrsnittareal endres. Når metalltråden strekkes vil trådens areal minske som gitt i Formel 2 og dermed øke den elektriske motstanden. Denne endringen kan måles ved hjelp av en Wheatstone bro og leses ut som microstrain. For å kunne lese av riktig er man avhengig av å vite strekkklappens gage factor (S). Denne er gitt ved

$$S = \frac{dR/R}{\epsilon_a}$$

Formel 5

der R er metalltrådens elektriske motstand. (Ganji & Wheeler, 2010)

Når testemnet utsettes for tøyning i flere retninger får man en situasjon som kalles biaksiell tøyning. Strekkklappen kan kun måle tøyning i én retning og dette utgjør nå en utfordring. For å kunne kartlegge et biaksielt tøyningensbilde må man definere to ortogonale tøyninger ϵ_x og ϵ_y samt skjærtøyningen γ_{xy} . For å finne disse tøyningene brukes strekkklapprosetter. Det finnes mange ulike rosetter men de som vises i Figur 7 er de mest vanlige (Ganji & Wheeler, 2010). Lappene er her plassert i 0° , 45° , 90° eller 0° , 60° , 120° fra hverandre. For å finne ϵ_x , ϵ_y og γ_{xy} benytter vi: (Ganji & Wheeler, 2010)

$$\epsilon_{\theta_1} = \epsilon_x \cos^2 \theta_1 + \epsilon_y \sin^2 \theta_1 + \gamma_{xy} \sin \theta_1 \cos \theta_1$$

$$\epsilon_{\theta_2} = \epsilon_x \cos^2 \theta_2 + \epsilon_y \sin^2 \theta_2 + \gamma_{xy} \sin \theta_2 \cos \theta_2$$

$$\epsilon_{\theta_3} = \epsilon_x \cos^2 \theta_3 + \epsilon_y \sin^2 \theta_3 + \gamma_{xy} \sin \theta_3 \cos \theta_3$$

Formel 6

Som gir følgende svar for den kvadratiske rosetten (Ganji & Wheeler, 2010):

$$\epsilon_x = \epsilon_{0^\circ}$$

$$\epsilon_y = \epsilon_{90^\circ}$$

$$\gamma_{xy} = 2\epsilon_{45^\circ} - (\epsilon_{0^\circ} + \epsilon_{90^\circ})$$

Formel 7

Og for den ekuiangulære (Ganji & Wheeler, 2010):

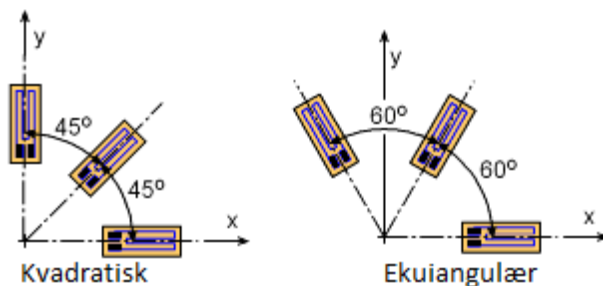
$$\epsilon_x = \epsilon_{0^\circ}$$

$$\epsilon_y = \frac{2\epsilon_{60^\circ} + \epsilon_{120^\circ} - \epsilon_{0^\circ}}{3}$$

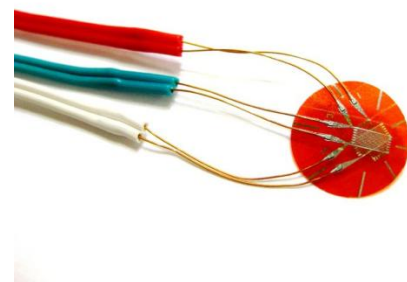
$$\gamma_{xy} = \frac{2}{\sqrt{3}}(\epsilon_{60^\circ} + \epsilon_{120^\circ})$$

Formel 8

Det er riktignok sjeldent at man setter opp rosetter selv da leverandørene tilbyr et stort antall ulike rosetter som er ferdig satt opp på et felles bæreak som vist i Figur 8.



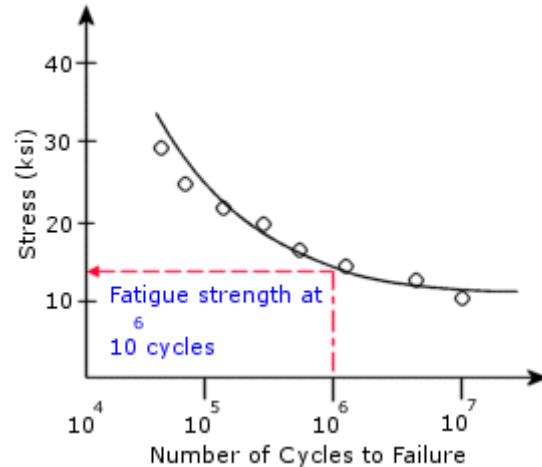
Figur 7: Kvadratisk og ekuiangulær rosett



Figur 8: Eksempel på ferdig oppsatt rosett

3.4 Utmatting

Dersom et materiale blir utsatt for tilstrekkelig store, gjentagende spenninger vil dette etter et gitt antall gjentakelser føre til utmattingsbrudd. Hvis spenningen økes vil antall gjentakelser før brudd reduseres. Plotter man disse resultatene etter stress amplitude og antall stress sykler, får man det som kalles en "stress-life curve", eller S-N kurve. Denne kurven blir ofte beskrevet av funksjonen (Dowling, 2006):



Figur 9: S-N kurve

$$\sigma_a = \sigma'_f (2N_f)^b$$

Formel 9

Der b = Rockwell hardness, σ'_f = engineering fracture strength, N_f er antall spenningscykler før brudd og σ_a er spenningsamplituden.

S-N kurven er basert på kun spenningsamplituden. Tar vi i tillegg med middelspenningen σ_m må revidert spenningsamplitude σ_{ar} regnes ut (Dowling, 2006);

$$\frac{\sigma_a}{\sigma_{ar}} + \frac{\sigma_m}{\sigma_u} = 1$$

Formel 10

Der σ_u = ultimate tensile strength

Denne relasjonen er kalt "modified Goodman equation". En enda bedre approksimering blir gjort av Morrow der σ_u blir byttet ut med σ'_f fra tidligere beskrevet S-N kurve (Dowling, 2006).

$$\frac{\sigma_a}{\sigma_{ar}} + \frac{\sigma_m}{\sigma'_f} = 1$$

Formel 11

Ved å løse for revidert spenningsamplitude σ_{ar} og bruke revidert spenningsamplitude i (Dowling, 2006)

$$\sigma_a = \sigma'_f (2N_f)^b$$

Formel 12

kan det løses for N_f . I tilfeller der spenningsbildet inneholder flere forskjellige spenningsamplituder eller middelspenninger gjelder The Palmgren-Miner Rule (Dowling, 2006):

$$\frac{1}{N_f} = \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{N_{fi}}$$

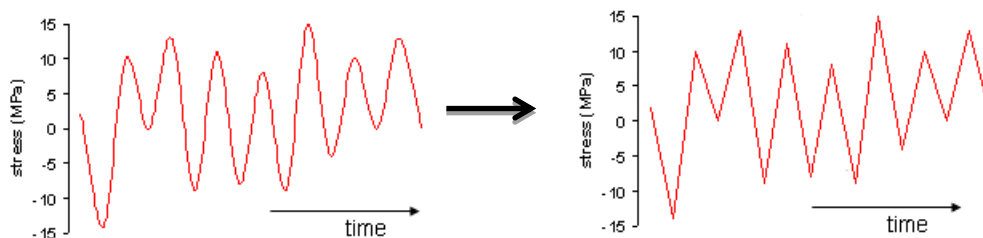
Formel 13

Der N_i er antall sykler med amplituden σ_{ari} . Antall repetisjoner før brudd fra S-N kurven for σ_{ari} er N_{fi} . Løses likningen for N_f finner man antall repetisjoner av spenningsbildet som kan kjøres før brudd.

3.5 Rainflow cycle counting

Tidligere var det vært stor usikkerhet knyttet til måten å behandle varierende spenninger i et spenningsforløp på. Flere forskjellige metoder har vært foreslått og brukt, men det er en metode som til slutt er blitt unisont akseptert. Dette er Rainflow cycle counting utviklet av professor T. Endo i Japan rundt 1968. (Dowling, 2006). Rainflow cycle counting går ut på å registrere Stress Range og Mean stress for alle topper og daler i et spenningsforløp.

Første steg i Rainflow cycle counting er å finne topppunkter og bunnpunkter i spenningsforløpet, og deretter glemme resten av punktene. Dette er illustrert i Figur 10.



Figur 10: Eliminasjon av data mellom topp og bunnpunkter

Videre blir alle toppene og dalene identifisert og behandlet etter tur ved hjelp av Formel 14 og Formel 15 (Dowling, 2006):

1. Dersom a og $c \leq b$ (Figur 12) blir Stress Range og Mean Stress registrert, og toppen eller dalen blir slettet fra spenningsforløpet.

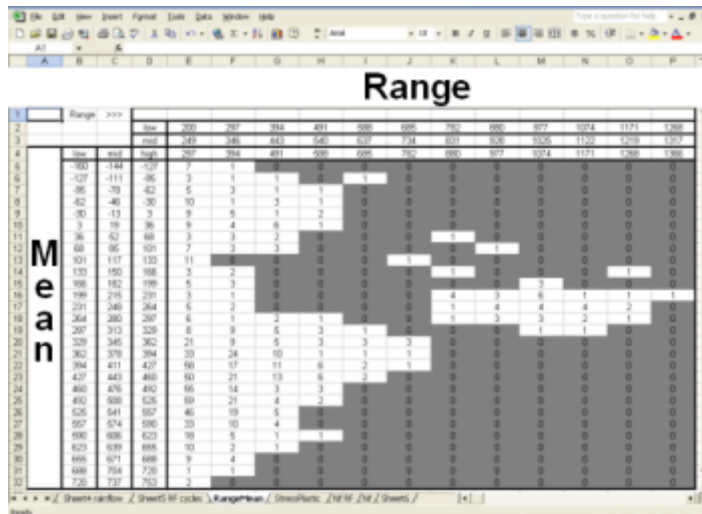
$$\text{Stress Range} = \Delta\sigma = b$$

Formel 14

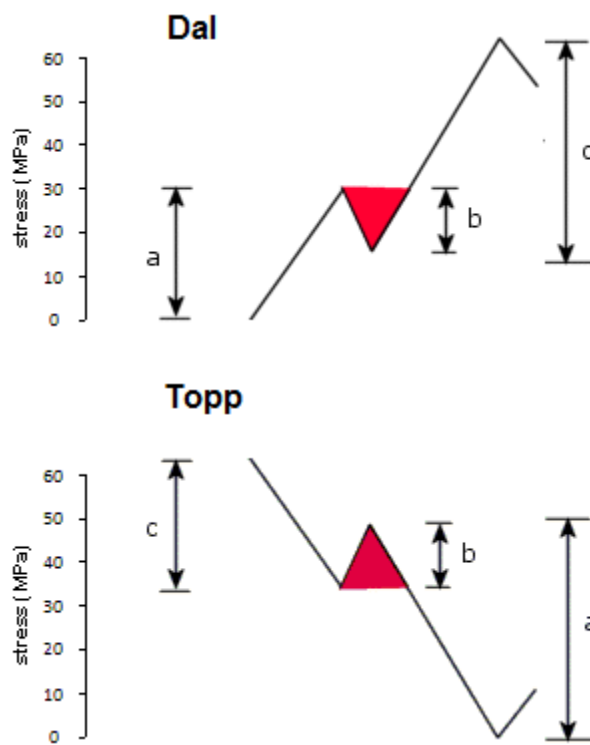
$$\text{Mean Stress} = \sigma_m = a - \frac{b}{2}$$

Formel 15

2. Dersom a eller $c > b$ (Figur 12) går turen til neste topp eller dal
3. Dette gjentas til alle topper og daler er registrert.
4. Resultatene blir sortert i en todimensjonal matrise med Stress Range på førsteaksen og Mean Stress på andreaksen. (Figur 11)



Figur 11: Matrise med stress-data



Figur 12: Definisjon av topper og daler

Del4 Prosjektgjennomføringen

4.1 Fase 1: Visjon



4.1.1 Visjon

Prosjektets visjon skal beskrive prosjektet grunnleggende idé og være en kort og klar beskrivelse. (Hildre, 2002) Vår visjon er som følger:

"Å lage et system som tillater Tysse å foreta målinger av tøyning og beregne levetid på sine tilhengerne."

4.1.2 Misjon

Våre målsetninger kan kortes ned til:

- *"Løsningen skal utbedre dagens testrigg slik at det ikke er nødvendig å kjøre destruktive tester for å tilegne seg kunnskap om spenninger og problemområder på tilhengerne."*
- *"Kunnskapen skal kunne benyttes for å beregne levetid på tilhengerne."*
- *"Løsningen må fungere sammen med eksisterende testrigg."*

Det er viktig at disse målsetningene står i stil med ambisjonene.

4.1.3 Forretningsmål

Det er viktig å forsøke å spesifisere forretningsmålene for å ha klare retningslinjer når arbeidet starter.

- *"Ved hjelp av løsningen skal Tysse bli i stand til å utvikle nye produkter, samt forbedre eksisterende produkter, med mindre tidsbruk og lavere kostnader."*
- *"Kunnskapen som hentes ut av testene skal fungere som argumentasjon i reklamasjonssaker hvor feilbruk er mistenkt."*

Fase 2: Behovs- og teknologianalyse

Fase 2

4.2.1 På besøk

Det kom tidlig opp et behov for nærmere kontakt med oppdragsgiver og det ble besluttet at vi skulle reise til Tysse i Bergen. Dette for å kartlegge prosjektets ønskede forløp samt innhente nødvendige data og informasjon. Våre ønsker for besøket var blant annet å få se testriggen i drift, inspisere en tilhenger som var brukt i en tidligere test, prate med dem som skal benytte produktet og med Rune Tysse som er vår primære oppdragsgiver.

Hos Tysse ble vi tatt godt imot og fikk mange gode svar på spørsmålene våre. Vi fikk en del datamateriale fra tidligere tester og fikk tatt målinger av riggen slik som fart, diameter og geometrien på humpene. Dessuten fikk vi et klart bilde av hvor kritiske områder på tilhengerne er.

For å kartlegge brukergruppenes behov ble det før besøket gjort arbeid i form av utvikling av et spørreskjema. Under besøket ble det satt opp et møte hvor spørsmålene ble diskutert mellom interessentene slik at de også fikk klarhet i hverandres behov. I tillegg fikk vi gode samtaler med de involverte under demonstrasjoner og omvisninger, samt mulighet til å observere arbeidet. Ut fra dette mener vi å ha fått en god innsikt i hva kunden ønsker. Spørreskjema og møtereferat finnes i Appendiks A og Appendiks B.

Etter besøket har vi definert to brukergrupper:

- Primær buker: Montøren, den som bruker produktet og den som skal analysere dataen etter testing.
- Sekundær bruker: Innkjøper og den som er ansvarlig for veldikehold av produktet.

Vi har så utviklet en brukerprofil for den primære brukeren.

4.2.2 Brukerprofil

Vår primære bruker kan deles opp i en før - og etterbruker. Montøren, og den som vil kjøre testene, er produktutvikler og verkstedansatt. Marcin er i 30- årene og opprinnelig fra Polen men prater godt engelsk. Det er Marcin som har vært ansvarlig for testriggen frem til nå og kan mye om tilhengere. Han er ikke kjent med bruk av måleutstyr men virker motivert for å lære.

Etterbrukeren er også produktutvikler men er utdannet ingeniør. Han er i 30-40 årene og godt vant med å bruke Excel og andre tilsvarende programmer. Det er denne brukeren som vil behandle og analysere dataen som kommer ut av testene. Han er ikke godt kjent med bruk av denne typen tester og har moderat kunnskap om materialteknologi.

4.2.3 Brukssituasjon og bruksmåte

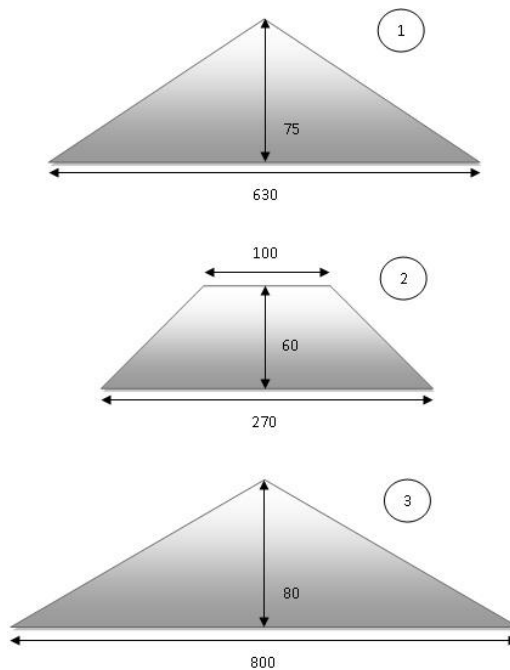
Teststasjonen er laget for å kunne foreta akselererte tester med hensikt å predikere levetid og finne kritiske områder. Den gjør dette ved å rotere en 9m lang arm, med tilhengeren koblet til, rundt på en bane hvor det er installert humper (Figur 13). Humpene simulerer hull eller små hinder i vegbanen. Humpene er løse og kan flyttes for å endre lastsyklusen. På denne måten testes tilhengeren både for stør og for sving. Tilhengeren lastes, gjerne med 500kg mer en anbefalt, for å akselerere testen ytterligere. Tilhengeren kobles til ved hjelp av et tilhengerfeste fra personbil som er festet ytterst på armen. Armen drives rundt av en kraftig elektromotor som kan kjøres begge veier. Dette utnyttes for

å kunne snu testriggens kjøreretning og dermed få mer jevn slitasje som følge av svingen. Mesteparten av informasjon og spesifikasjoner vi har om testriggen har vi fått etter et besøk hos Tysse i starten av prosjektet. Vi fant da blant annet at høyeste fart riggen klarer med ulastet tilhenger er 19.5 km/t. Kjørebanelen har en diameter på 9.5m fra senter til tilhengerfestet på armen. Tysse har tre ulike typer humper til testriggen. Tverrsnittsgeometrien på disse vises i Figur 14. Hump nr.1 og nr.2 er det tilhengeren som kjører over og nr.3 er det støttehjulene på armen som skal kjøre over. Den siste simulerer at bilen som trekker tilhengeren kjører på en hump. Dette fordi det gir et annet spenningsbilde i tilhengeren enn førstnevnte tilfelle. Erfaring viser at hump nr.2 er den som gjør mest skade på tilhengeren. Det verste scenarioet de klarer å få ut av testriggen med dette utstyret oppstår når 3-4 av hump nr.2 settes etter hverandre, og tilhengeren kjøres over i høy hastighet.



Figur 13: Testriggen i bruk

Utstyret vil for det meste bli montert innendørs før tilhengeren fraktes ut til testriggen. Dette setter krav til hvor følsomt utstyret er for temperaturendringer. Utstyret vil også brukes i nærmest alle værtypene, og klimaet i Bergen er ofte vått. Det er derfor viktig at utstyret tåler både høye og lave temperaturer, samt mye fukt. Ved montering innendørs, vil dette foregå i en stor verkstedhall hvor ventilasjonen er god. Det burde likevel tas hensyn til at Tysse ikke har et eget lokale med avtrekk hvor dette skal gjennomføres slik at avgasser fra kjemikalier kan være et problem. Tysse bruker i dag testriggen sin omtrent en gang i måneden og testen kjøres gjerne i én uke. Det er et ønske om å kunne korte ned denne testtiden, men også ha mulighet til å kjøre en lang test og foreta målinger i start og slutt av testen. Slik testriggen fungerer, er overføring av data en utfordring på grunn av den roterende armen. Det må lages en løsning for kabler og ledninger slik at strøm og datatrafikk ikke hindres av den roterende bevegelsen. Tilhengeren og riggen utsettes for mye vibrasjoner og støt under testen slik at utstyr montert på rigg eller tilhenger er svært utsatt.



Figur 14. Geometri på humper i testbanen. Mål er angitt i mm.

4.2.4 Beskrivelse av praktiske utfordringer

Bruk av måleutstyret opp mot testtriggen hos Tysse byr på en del utfordringer. Under testing i laben på NTNU står tilhengeren stille, mens testtriggen hos Tysse setter tilhengeren i bevegelse. Dette skaper en del utfordringer for utstyret og dets plassering.

Strømforsyning

Testtriggen er, som beskrevet tidligere i oppgaven, en arm som drar tilhengeren i en sirkel. Dette betyr at løsningen som brukes i laben, en vanlig skjøteledning, vil bli tvunnet rundt aksene av riggen. Teststasjonen er bygget for å kunne kjøre tilhengeren rundt testbanen uavhengig av fører, drivstoff eller andre faktorer. En kabel som kun kan tvinnes et par runder før teststasjonen må skifte retning vil derfor begrense teststasjonens bruksområde.

Dataoverføring

På samme måte som for strømovertøringen er dataoverføring via kabel en utfordring. Under testing i laben går informasjon fra forsterker til datamaskin gjennom en USB kabel. Denne kabelen vil også begrense teststasjonens bruksområde.

Datalogging

Dataen som blir innhentet må lagres for senere å kunne analyseres. Dette krever datalagringsegenskaper enten fra utstyret som sitter på tilhengeren, eller utstyret som er koblet til. Måten dataen blir sendt på er også en utfordring. Hvert punkt kan sendes separat til tilkoblet utstyr, eller dataen fra en gitt periode kan sendes samlet.

Støt og vibrasjoner

Teststasjonen utsetter tilhengeren for en rekke påkjenninger. Dette er vanskelig å unngå da meningen med testen er å produsere utmatting i tilhengeren. Det er derfor viktig at utstyret som

kjører med tilhengeren må tåle påkjenningene det vil bli gitt. Dette gjelder både utstyret i seg selv, og måten utstyret er festet til tilhengeren på.

Elektromagnetisme

Testriggen drives av en kraftig elektrisk motor som er plassert i senter av riggen. Denne motoren gir fra seg et kraftig elektromagnetisk felt som Tysse har erfart kan forstyrre elektriske apparater plassert i umiddelbar nærhet. Dette må eventuelt undersøkes før utstyr plasseres her.

4.2.5 Beskrivelse av teoretiske utfordringer

I tillegg til de praktiske utfordringene ved konstruksjonen av produktet finnes en del utfordringer i forhold til målingene som skal foretas.

Kritiske punkt

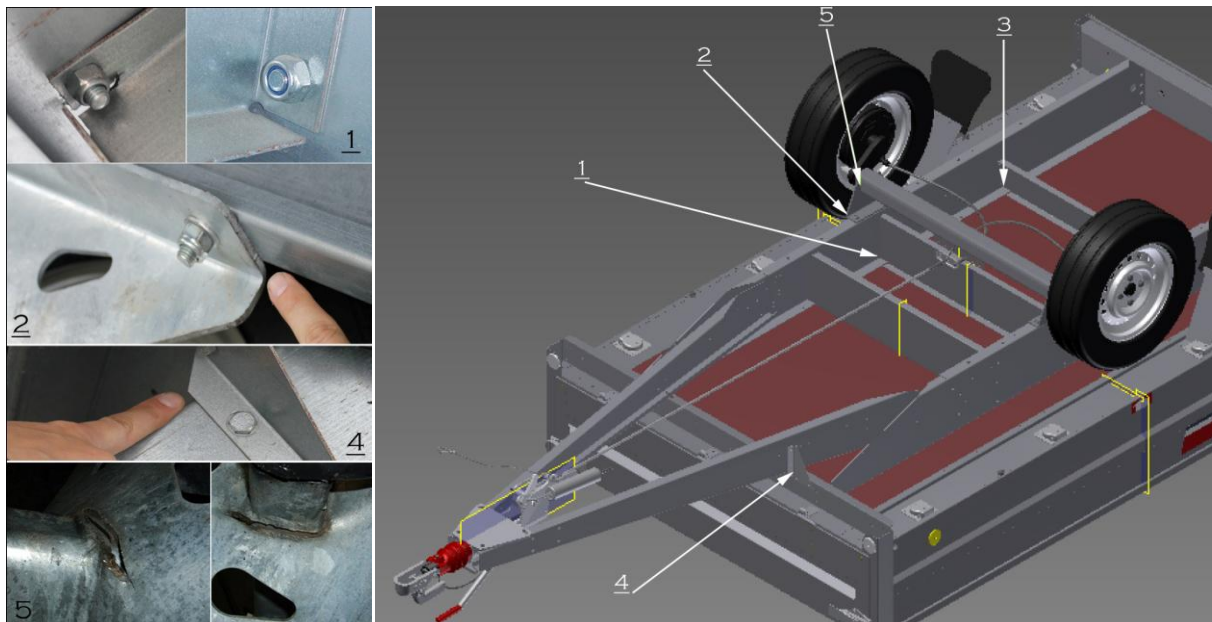
For å finne ut hvor det er mest hensiktsmessig å foreta målinger må vi lokalisere og identifisere de kritiske områdene på tilhengeren.

Kraftfordeling i tilhengerkonstruksjonen

For å forstå hva som skjer i punktet vi skal måle må vi vite noe om hvordan kreftene og deformasjonene forplanter seg ut i tilhengeren ved ulike påkjenninger.

4.2.6 Funn av kritiske punkt og evaluering av disse

Under vårt besøk hos Tysse la vi vekt på å finne og identifisere kritiske punkt på tilhengeren som de ønsker å teste. Vi fikk identifisert fem ulike punkt samt en beskrivelse på hvilke problemer som oppstår og mulige forklaringer på hvorfor disse oppstår. De fem punktene vi fikk presentert vises i Figur 15.



Figur 15 Visualisering av problemområder

I alle punktene vi fikk presentert er det sprekkdannelse og deformasjon som er problemet. Noen av problempunktene fikk vi se med sprekkdannelser og deformasjoner, mens problemer ikke hadde oppstått i punkt 2, 3 og 4 på den tilhengeren vi fikk se. Disse problemene ble dermed kun forklart og vi har ikke noen visuelle beskrivelser. Problemområde 3 er nær identisk med problemområde 1 og nærbilde av dette punktet vises ikke i Figur 15.

4.2.7 Brukerkravspesifikasjon

Etter arbeidet med å kartlegge brukerbehovene, samt bruksmåte og situasjon er det nyttig å formulere disse som krav, slik at en får konkrete mål å arbeide mot. Når brukerkravene er formulert kan de sorteres inn i en brukerkravspesifikasjon (Hildre, 2002) slik at de er enkle å hente frem senere i utviklingsprosessen når beslutninger skal tas. Ut i fra informasjonen vi fikk gjennom analysen av bruker og brukssituasjon satte vi opp en brukerkravspesifikasjon som kan sees i Appendiks

Fase 3: Konseptgenerering og evaluering

Fase 3

4.3.1 Konseptgenerering

I Fase 2 er brukssituasjoner og utfordringer tilknyttet til dette kartlagt. I Fase 3 er det på tide å komme opp med ulike løsninger på de forskjellige utfordringene.

Målepunkt

Grunnet tiden vi har til disposisjon har vi valgt å konsentrere oss om ett av punktene slik at vi kan evaluere dette grundig og komme fram til et godt resultat. Etter anmodning og rådføring med Tysse har vi bestemt oss for å se på punkt 1 som vist i Figur 15. Grunnen til at vi valgte dette punktet er fordi dette identifiseres av Tysse som et av de største problemområdene. Problemet i området oppstår i form av sprekkdannelse ved kjerven og videre oppover i bretten på platen som vist i Figur 16. Sprekken oppstår som følge av en spenningskonsentrasjon i kjerven.



Figur 16: Kritisk punkt nr. 1

Strømforsyning

Måleutstyret i tilhengeren krever elektrisitet for å kunne gjøre målinger. Tidligere er det blitt påpekt at en vanlig skjøteledning er lite gunstig da den ville hindre banens bevegelse. I prinsippet er det tre forskjellige måter å få elektrisitet til måleutstyret på:

- Oppkobling mot strømnettet
- Produksjon av elektrisitet på stedet
- Bruk av oppladbare batterier

Oppkobling mot strømnettet er som beskrevet tidligere en utfordring på grunn av teststasjonens roterende bevegelse. Det lar seg likevel gjøre. Elektromotorer har samme problemet der rotoren roterer mens statoren står stille. Dette er løst ved bruk av børster som leder strøm, men som gir mulighet for bevegelse. Det er også mulig å bruke skinner av metall som leder strøm som på et tog. Begge disse løsningene krever modifisering av testtriggen, noe som ikke er ønskelig.

Produksjon av strøm på stedet er også en mulighet. Dette kan løses ved å bruke et aggregat som omgjør drivstoff i en stempelmotor til elektrisitet. Det kan også brukes solcellepaneler som omgjør

sollyset til elektrisitet. Dette krever at det alltid er sol under testing. En tredje løsning er å bruke en dynamo som produserer elektrisitet fra bevegelsen av testbanen.

Oppladbare batterier er kjemiske celler som gjør kjemisk potensiell energi om til elektrisitet når de er i bruk, men kan også lades opp ved å reversere prosessen. Dette er en løsning som krever mindre utstyr for å gjennomføre, men har sine ulemper. Det kan for eksempel ikke måles over lengre perioder enn batteriet varer. Det må sørges for å være batterier tilgjengelig før hver test.

Dataoverføring

Under testing vil det bli produsert en mengde data som senere skal analyseres. Det er flere måter denne dataen finner veien til analysen på:

- Fysisk oppkobling mot en datamaskin under testing
- Trådløs oppkobling mot en datamaskin under testing
- Ingen oppkobling under testing, men lokal lagring

Som med strømforsyning er det mulig med fysisk oppkobling ved bruk av skinner eller børster. Det er likevel usikkert om signalene vil bli påvirket av en slik overføringsmetode. For eksempel opererer USB med relativt lave spenninger, og kan heller ikke holde på dataen over lengre kabellengder uten forsterkere.

Trådløs dataoverføring er en annen måte å formidle resultatene fra utstyret på. Her er det flere forskjellige industrielle standarder og frekvenser som brukes. En enkel løsning uten mellomlagring krever at utstyret har kontakt med en datamaskin under hele testen. Det finnes også mer komplisert utstyr som lagrer dataen lokalt før det sendes stykkevis, eller som enkeltpunkter. Her er det litt mer rom for dårlige signaler.

Det finnes også utstyr som kun har lokal lagring av testresultater, og som senere må lastes over på en datamaskin. Dette gjøres enten ved å koble datamaskinen opp mot utstyret, eller ved bruk av et minnekort eller liknende. Ulempen med denne metoden er at det ikke er mulig å se dataen underveis. Dette gjør det vanskeligere å oppdage feil med testen underveis.

Støt og vibrasjoner

Som tidligere beskrevet er formålet med testtriggen å utsette tilhengeren for varierende støt og vibrasjoner for å gjenskape forholdene som den vil bli utsatt for på veien. Dette gjør at utstyret som er montert i tilhengeren også vil bli utsatt for de samme påkjenningene. Dette er måter å unngå problemer med påkjenningene:

- Flytte måleutstyret fra tilhengeren ut på armen der det er mindre påkjenninger
- Dempe utstyret fra støt
- Bruk av utstyr som er sertifisert til å tåle påkjenningene det er snakk om

Flytting av måleutstyret fra tilhengeren ut på armen av testtriggen er en enkel måte å redusere påkjenningene på. Dette krever likevel lange ledninger fra sensorer til utstyr. Dette kan i mange tilfeller være uakseptabelt, da signalene vil bli forstyrret. Det er også slik at elektromotoren som står i midten av testbanen produserer et relativt sterkt magnetfelt. Dette kan også påvirke resultatene hvis utstyret blir satt i nærheten.

Det er mulig å dempe utstyret fra støt ved bruk av en serie med fjærer og støtdempere. Dette er likevel en komplisert oppgave å få riktig. Feil valg av fjærer eller dempere kan føre til verre resultater enn det som allerede var tilfellet. Det er heller ingen garanti at demping av utstyret vil fungere i det lange løp.

Den sikreste måten å beskytte mot støt og vibrasjoner fra tilhengeren er å bruke utstyr som tåler påkjenningene. Det finnes utallige applikasjoner som krever den samme motstanden mot støt og vibrasjoner som det vi trenger. Dette bekreftes med en kort markedsundersøkelse, men ofte må man betale ekstra for slike egenskaper.

Sensortechnologi

Det finnes flere forskjellige måter å måle krefter i en konstruksjon på, og det finnes enda flere typer sensorer. Dette er noen av alternativene som ble vurdert

- Akselerometer
- Strekkklapper
- Fiberoptisk strekksensor

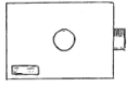

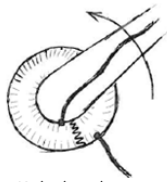
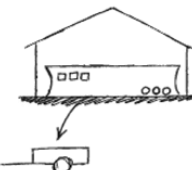
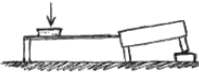
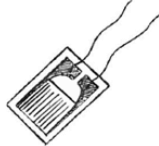


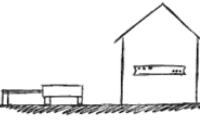
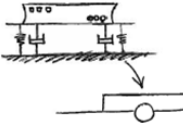






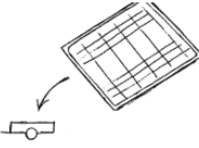
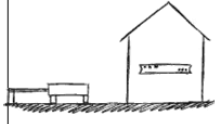

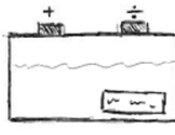
Et akselerometer måler akselerasjonen som blir påført sensoren. Ved bruk av dette er det mulig å finne kreftene som virker på tilhengeren. Det er likevel ikke helt trivielt å forstå hvordan disse kreftene forplanter seg gjennom tilhengeren, og kvantifisere utmatting ut fra dette.

Strekkklapper måler tøyning i et begrenset område med en bestemt retning. Ved bruk av Hooke's lov kan dette gjøres om til spenninger. Strekkklappen består av en tynn folie med en innebygget metalltråd som endrer elektrisk resistans når den blir strukket. Dette er en mye brukt sensor som uheldigvis er noe utsatt for elektromagnetisk interferens.

Fiberoptiske strekksensorer er utviklet for bruk der konvensjonelle strekkklapper ikke fungerer. Dette vil si i områder med høy temperatur, eller mye elektromagnetisk interferens. Denne teknologien er forholdsvis ny og derfor dyr i innkjøp.

4.3.2 Morfologitabell

For å lage et utfallsrom som gir mange ulike konsepter er morfologitabellen (Hildre, 2002) et godt hjelpemiddel. I morfologitabellen stilles løsningene for de ulike utfordringene opp skjematisk og nye konsepter lages ved å sette sammen de ulike elementene i tabellen. Vi ønsket å bruke denne for å finne løsninger på oppsett av utstyr på riggen. Ut i fra morfologitabellen har vi satt opp flere konsepter hvorav de 4 mest aktuelle vil bli presentert og evaluert her. Konseptene presenteres i Figur 18.

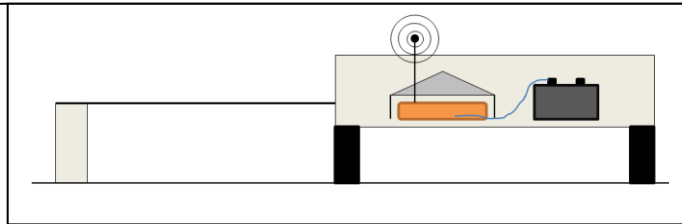
Sensor	Dataoverføring	Strømoverføring	Fuktbeskyttelse	Støtbeskyttelse
 Akselerometer	 Kabel	 Kabel og børste	 I boks på rigg	 Plassert på arm
 Strekklapp	 Trådløst	 Kabel og skinne	 I bygg utenfor rigg	 Støtdemper
 Øptisk kabel	 Trådløst i bolk	 Aggregat	 Vannbestandig	 Støtsikker
	 Lagring på sted	 Solcelle		 Plassert utenfor rigg
		 Dynamo		
		 Batteri		

Figur 17: Morfologitabell

Konsepter for oppsett

Konsept 1: Alt i tilhengeren

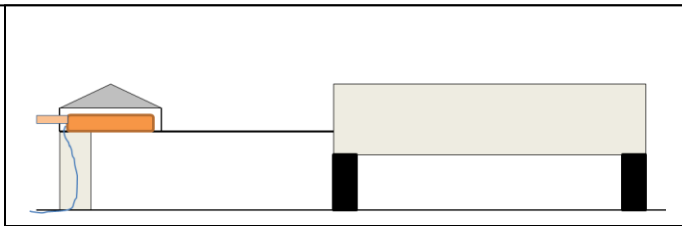
- Trådløs dataoverføring
- Strømforsyning via batteri
- Vannbeskyttet av boks
- Utstyret tåler støt



Dette oppsettet har en fordel med at det er kompakt og kan installeres mer eller mindre som en enhet. Utfordringen ligger i den trådløse overføringen og å finne utstyr som tilfredsstillere kravet om støtsikring.

Konsept 2: På arm

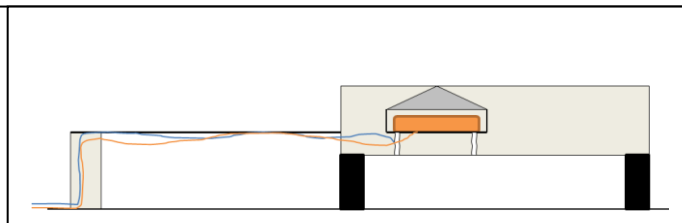
- Datalagring lokalt
- Strømforsyning via batteri
- Vannbeskyttet av boks
- Støtbeskyttet ved plassering



Også i dette konseptet ligger styrken i oppsettets kompaktet. En ulempe er at det ikke finnes noen måte å kontrollere at ting fungerer under testingen da det ikke mottas noe info underveis. Dessuten er utstyret plassert nær elektromotoren og magnetfeltet denne skaper.

Konsept 3: Via kabel

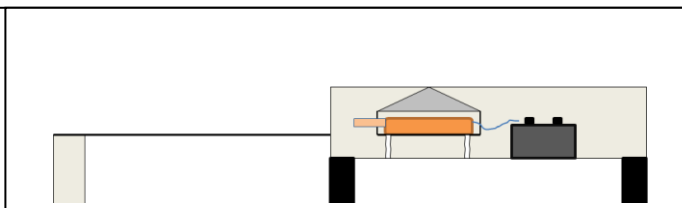
- Dataoverføring via kabel
- Strømforsyning via kabel
- Vannbeskyttet av boks
- Støtbeskyttet med dempere



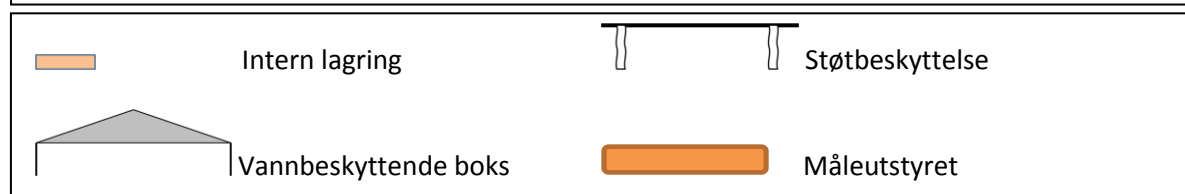
Dette oppsettet løser utfordringene som kommer med trådløs overføring men skaper en utfordring med dataoverføring i kabel over lengre avstand. Ved å plassere utstyret på støtabsorberende underlag settes mindre krav til utstyret.

Konsept 4: Alt i tilhengeren 2

- Datalagring lokalt
- Strømforsyning via batteri
- Vannbeskyttet av boks
- Støtbeskyttet med dempere



Dette oppsettet er det mest kompakte av alle 4 som er presentert her. Utfordringen ved dette er at en ikke vil motta noe informasjon under testen, og ikke vet om alt fungerer.



Figur 18: Konsepter for utstyrsoppsett

4.3.3 Konseptevaluering

For å finne ut hvilke konsepter som bør tas videre og utvikles er det viktig å evaluere disse for å finne den som best løser brukerens behov. Brukerkravspesifikasjonen og vil nå tjene som et godt hjelpemiddel når konseptene skal evalueres.

Sensortechnologi

Ut i fra kravene vi fant i brukeranalsen ser vi at pris er viktig når Tysse skal velge løsning. Løsningen med fiberoptiske sensorer er en svært dyr løsning som er lite utprøvd. Vi mener derfor at dette ikke er en god løsning for Tysse. Løsningen med å bruke akselerometer er forholdsvis komplisert beregningsmessig og oppfyller ikke kravet om at produktet må være enkelt. Å bruke strekkklapper for å beregne spenninger og utmatting er en utprøvd og anerkjent metode. Strekkklapper er også forholdsvis rimelige selv om tilhørende utstyr utgjør en liten investering. Beregning av utmatting fra dataene mottatt fra målingene er forholdsvis enkelt og det finnes programvare og metoder for å gjøre dette. Vi velger derfor å bruke strekkklapper som målesensor i vårt produkt. Vi vet også at det tidligere har blitt skrevet en oppgave av HiB for Tysse som også konkluderte med at strekkklapper var den beste målemetoden.

Evaluering av oppsett

For å evaluere de ulike oppsettene har vi brukt en evalueringstabell (Tabell 1) som vi har laget med inspirasjon fra tabeller funnet i Produktutvikling (Hildre, 2002) og Product Design and Development (Ulrich & Eppinger, 2003). Vi har kombinert disse modellene for at tabellen best skulle stå til våre behov. Tabellen er satt opp med kriterier vi ønsker å evaluere mot, med vektning for å få et bilde av kriterienes relative viktighet. Den totale summen av poeng med vektning vil være avgjørende for hvilke konsepter som vil bearbeides videre.

Evalueringsskriterium	Vekt %	Konsept				Maks Poeng	Maks med vektning
		#1	#2	#3	#4		
Fleksibelt mht omstilling	5	4	3	3	4	4	0,2
Enkelt å montere	15	4	4	3	4	4	0,6
Kunne tas med inn	5	4	4	3	4	4	0,2
Driftsikker	15	3	3	2	3	4	0,6
Godt brukergrensesnitt	10	3	2	3	2	4	0,4
Pris	15	3	3	2	3	4	0,6
Lite vedlikehold	15	3	3	2	3	4	0,6
Kreve lite endringer	10	4	3	1	4	4	0,4
Grad av kompleksitet	5	3	3	4	3	4	0,2
Beskyttelse mot magnetfelt	5	4	2	4	4	4	0,2
Sum		35	30	27	34	32	
Sum med vektning		3.4	3.05	2.45	3.3		4
Fortsette?		ja	nei	nei	ja		

Tabell 1: Evalueringstabell

Resultatet av evalueringen gir at konsept 1 og 4 er de vi velger å gå videre med. Vi kan se fra tabellen at det som skiller disse to løsningene er måten dataen behandles på og hvordan utstyret beskyttes mot støt. Hvordan vi klarer å løse dette og hvilket utstyr som finnes vil være avgjørende for hvordan den endelige løsningen ser ut.

Fase 4: Struktur og utforming

Fase 4

4.4.1 Valg av utstyr

Kartlegging av behov og evaluering av konsept er gjennomført, og nå er det på tide å velge utstyr til innkjøp. Selve valget ble gjort av Tysse med veiledning fra oss.

Produktspesifikasjoner

Etter en omfattende markedsundersøkelse veiledet av vår ekspert på området, Halvard Støwer, satt vi igjen med to fullgode alternativer på strekkloppforsterkere:

HBM QuantumX M840A

- Rolls Royce av forsterkere
- 8 Kanaler (8 strekklopper)
- Trådløs overføring
- Bruker samme programvare som ble brukt under testing i laben
- Trenger ekstern strøm (bilbatteri el.)
- Ikke sertifisert for høye g-krefter
- Pris for hele systemet ca. 80 000,-



Figur 19: HBM QuantumX M840A

Microstrain V-LINK

- Pakkeløsning fra produsenten Microstrain
- 4 Kanaler per node (kan koble mange noder sammen trådløst)
- Trådløs overføring
- Innebygget Litiumion batterier
- Bruker egen software som vi må sette oss inn i
- Sertifisert for å tåle akselerasjon på 500 g
- Pris ca. 27 000,- for en base og to 4-kanalsnoder



Figur 20: Microstrain V-LINK-mXRS-SK2

Nærmere spesifikasjoner fra leverandører finnes i Appendiks D.

Forskjellig vektlegging

Avgjørelsen om hvilket utstyrsalternativ som skulle velges ble tatt av Tysse med veiledning fra oss. Derfor er det viktig å ta med i betraktning hvordan oppdragsgiver, Tysse, kan vektlegge kjøpsargumenter annerledes enn oppdragstaker. Det er særlig tre hovedforskjeller i vektleggingen mellom oss og oppdragsgiver:

- Ingeniørstudentene konsentrerer seg om tekniske spesifikasjoner og muligheter
- Oppdragsgiver vektlegger pris og "bang for buck" faktor
- Ingeniørstudentene vil foretrekke utstyr som bygger på samme plattform som tidligere brukt utstyr

Når det kommer til tekniske spesifikasjoner ligger produktet fra HBM i en noe annen klasse enn produktet fra Microstrain. I følge Halvard Støwer kommer dette i hovedsak av størrelsen og kvaliteten på broforsterkerene som leser signalet fra strekkklappene. Behovet for nøyaktighet til vårt formål er relativt begrenset, så begge alternativene vil her holde høy nok standard.

Oppdragsgiver betaler regningen for utstyret. Det er derfor klart at det vil bli lagt vekt på pris i deres avgjørelse. Her kommer også begrepet “bang for buck” inn. Kort sagt betyr dette hvor mye du får for pengene. Ofte er dette vanskelig for oppdragsgiver å bestemme, da teknisk innsikt er påkrevd. At HBMs løsning koster nesten tre ganger så mye som løsningen fra Microstrain, betyr for oppdragsgiver at den bør ha trippelt så mye nytteverdi, noe som kan være vanskelig å argumentere for.

I denne oppgaven er det blitt gjort testing med allerede tilgjengelig utstyr i laben. Dette utstyret brukte programvare fra HBM som kan brukes sammen med utstyr fra samme produsent. Ved innkjøp av utstyr fra Microstrain må en sette seg inn i nytt programvare, som betyr mer jobb for oppdragstaker. Dette er en faktor som sjeldent vil bli vektlagt av oppdragsgiver.

Teknologiutvikling i markedet

Sensorteknologi er et marked med høy utviklingshastighet. Dette betyr at det kommer nye løsninger og produkter fra forskjellige leverandører med jevne mellomrom. Valget av produsent og produkt blir fort bli et valg mellom eldre og mer anerkjent utstyr og merkenavn, eller nyere og mer ukjente navn. Et etablert merkenavn kan ofte operere med større marginer fordi merkenavnet i seg selv ofte er en intensiv nok til at produktet blir solgt. Dette gjør at nye produsenter må levere det lille ekstra for å komme inn på markedet. Dette kan være konkurranse på pris, funksjonalitet eller kvalitet.

Valget mellom HBM og Microstrain kan sees på som valget mellom en etablert og velrenommert produsent av strekkklappforsterkere, og en mindre kjent men smidigere konkurrent. HBM er her det velrenommerede, men relativt mye dyrere alternativet. Microstrain er mindre kjent, men har et modulært system som på mange måter er mer elegant og nyskapende enn det HBM leverer.

Utvidelsesmuligheter

Oppdragsgivers behov kan i fremtiden endres. Derfor er det viktig å ha fleksibelt utstyr som kan endres for å tilfredsstille senere ønsker. Dette er sannsynlige utvidelser som kan bli aktuelt:

- Øke antallet aktive strekkklapper
- Bruk av akselerometer for å bedre kartlegge sammenhenger mellom krefter og utmatting
- Bruk av annen teknologi for å gi et bedre bilde av hva som skjer

Løsningene fra både Microstrain og HBM har utvidelsesmuligheter, men Microstrains løsning med modulære enheter gjør den til det mest fleksible alternativet. Siden hver modul kommuniserer med basestasjonen individuelt, kan man koble til så mange moduler man ønsker. Disse modulene kan gi flere broforsterkere, treakse akselerometer, eller andre sensorer som måtte være nødvendig. Det eneste alternativet for HBM er å kjøpe ekstra utstyr som må kjøre parallelt

Beslutningen

Etter diskusjon med ekspert på området, Halvard Støwer, og Tysse, ble løsningen fra Microstrain bestilt. Dette var en avgjørelse som var basert på både tekniske og økonomiske hensyn. Til slutt sto løsningen fra Microstrain som det klart beste valget.

4.4.2 Oppsett av utstyr

Avgjørelsen som nå er tatt på valg av utstyr gir følger for vårt valg av konsept på oppsett av utstyr. Vi har funnet utstyr som både kan overføre data trådløst på en tilfredsstillende måte og som er støtsikker. Vi velger dermed å bruke konsept nr. 1. I tillegg har løsningen fra Microstrain integrerte batterier som eliminerer en del av oppsettet og produktet blir enda mer kompakt. Dette er en stor fordel med tanke på ønsket om å kunne ta med produktet inn. Det gjør det også enklere å konstruere en løsning for fuktbeskyttelse siden det er færre komponenter som skal beskyttes.

Det som står for tur nå er å se nærmere på hvordan oppsettet skal løses praktisk. Utstyret må festes til tilhengeren slik at det ikke hopper rundt under kjøring og det må festes slik at det ikke kommer i konflikt med eventuell last. En løsning for fuktbeskyttelsen må også utvikles. Dette vil ikke bli gjort i fordypningsprosjektet, men vil være videre arbeid i en masteroppgave.

4.4.3 Plassering av strekkklapper

Som regel når det er snakk om utmatting i komponenter med komplisert geometri, finnes det punkter med spenningskonsentrasjoner. Utmattingspunktet som beskrevet tidligere i oppgaven er et eksempel på en slik spenningskonsentrasjon. Å måle spenninger i et slikt punkt direkte er ikke mulig på grunn av punktets størrelse og geometri. Måten dette løses på er å måle spenningene indirekte. Strekkklappen blir plassert i et punkt utenfor spenningskonsentrasjonen, og spenningen i utmattingspunktet blir derfor en lineær funksjon av spenningen fra strekkklappen. Spenningen i strekkklappen kalles gjerne global spenning (σ_g) mens spenningen i utmattingspunktet kalles lokal spenning (σ_l). Forholdet mellom de to spenningene er kalt konsentrasjonsfaktoren (K_t) (Dowling, 2006).

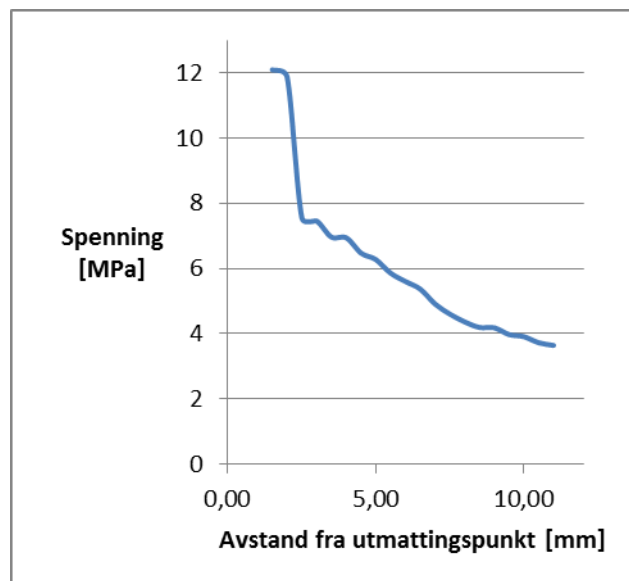
$$\sigma_l = \sigma_g * K_t$$

Formel 16

Størrelsen på K_t er derfor avhengig av plasseringen av strekkklappen i forhold til utmattingspunktet. I tillegg til størrelsen har spenningen i et punkt også en retning. For en singel strekkklapp blir kun spenningen i lappens retning målt. Det er derfor viktig å finne et målepunkt der spenningen har retning vinkelrett på utmattingspunktet. I tillegg til single lapper finnes det rosetter som er beskrevet tidligere. Ved bruk av rosetter kan retningen på spenningen bestemmes.

Størrelsen på K_t

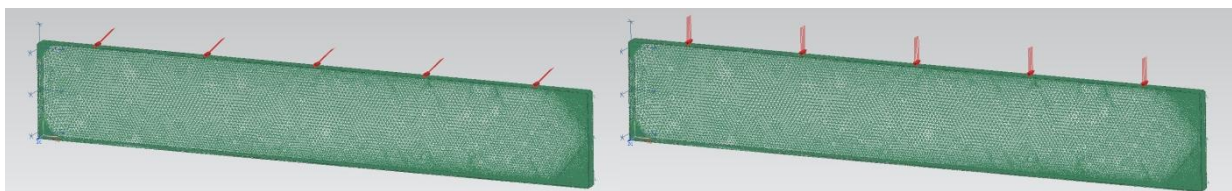
Limes strekkklappen nærmere utmattingspunktet, trengs en liten K_t . Liming av strekkklapp i dette punktet er likevel ikke ønskelig fordi lokal geometri gir uønskede effekter på resultatene. For å vise dette kan en plote spenningsverdiene som en funksjon av lengden fra utmattingspunktet. Spenningen er hentet fra FEM analyse gjort i NX. Som det går ut fra Figur 21 er spenningsfordelingen relativt lineært fordelt til man kommer ca. 3 mm fra utmattingspunktet. Velger man derimot å gå for et punkt langt unna utmattingspunktet, blir det lite signal i strekkklappen, og støy blir dominerende. Etter testing med måleutstyret, og simulering i NX bestemte vi oss for å sette K_t til 15, og plassere strekkklappene deretter.



Figur 21 Spenning fra FEM analyse i avstand fra utmattingspunkt

Forskjellige lastsenarioer

For å bestemme plasseringen av strekkklappen ble spenningsbildet i komponenten med utmattingsproblemet funnet ved hjelp av FEM analyse. Komponentens ble modellert og satt på forskjellige krefter tilsvarende forskjellige lastsenarioer. Tre lastsenarioer som ble testet var



Figur 22 Lastsenarioer med opplagring i skruerullene. Fra venstre: Sidelast og topplast

1. Topplast, vertikale krefter
2. Sidelast, horisontale krefter
3. Kombinasjon topplast og sidelast

For å kunne sammenlikne de forskjellige spenningsbildene ble en tilstrekkelig stor K_t bestemt på bakgrunn av strekkklappens følsomhet. Med en K_t på 15,0 ble spenningsbildet visualisert ved å framheve områdene som tilsvarte globalt punkt. Dette kan sees på Figur 23 og Figur 24 som områdene mellom det blå og røde, som tilsvarer $\sigma_1 \pm 10\%$. Steder der dette skillet er stort egner seg derfor bra til å måle lokal spenning da det krever mindre presisjon ved plassering av lappen.

Mulige målepunkter

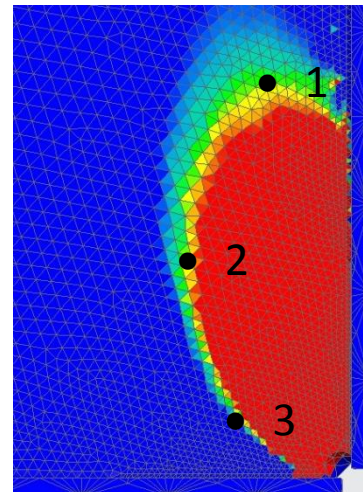
Basert på informasjon gitt av Halvard Støwer ved IPM og kontaktperson ved SINTEF, ble det valgt ut tre forskjellige målepunkter.

1. Topp av spenningsbilde ved sidelast
2. Midten av spenningsbildet ved sidelast
3. Overlapping av spenningsbildet fra topplast og sidelast

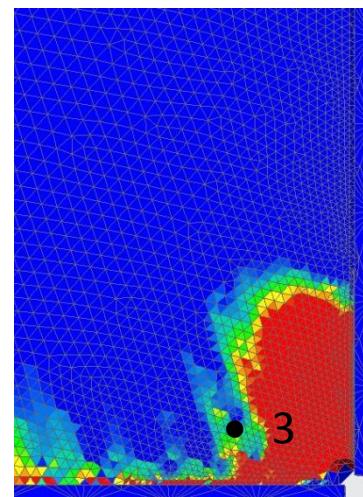
Disse tre punktene ble målt med rosetter ved forskjellig last. Vinkel samt komplementære spenninger ble deretter regnet ut.

Spenningsretning

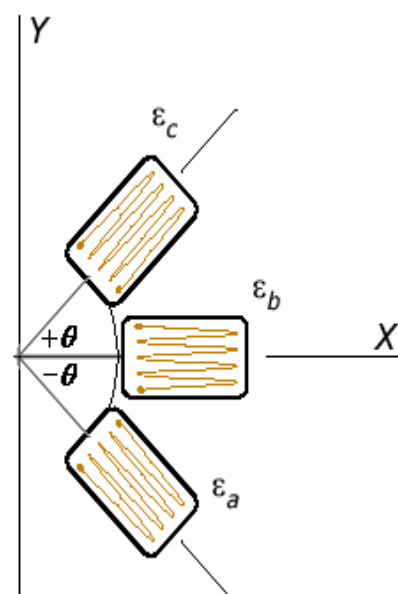
En av de første tingene som ble klart under testingen var at spenningsretningen var avhengig av lastsenarioet og målingspunktet. Det viser seg at topplast gir tøyninger med en negativ vinkel som vist i Figur 29, mens sidelast gir en positiv vinkel. Siden lastsenarioet i tilhengeren er en blanding av topplast og sidelast, var det derfor viktig å få resultater som var sentrert rundt $\theta = 0$. Som det går fram av Figur 28 og Figur 29 var det punkt 2 som hadde de beste spenningsretningene.



Figur 23 Spenningsbilde sidelast med målepunkt 1, 2 og 3



Figur 24 Spenningsbilde topplast med målepunkt 3



Figur 25 Spenningsretning

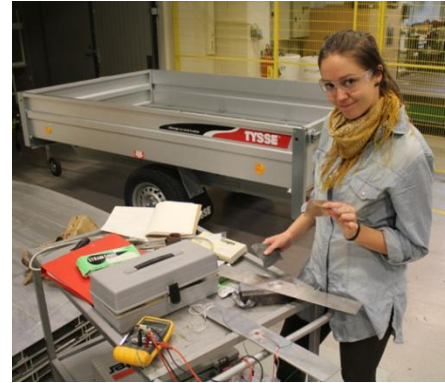
Testing i lab

For å kunne verifisere de teoretiske resultatene ble det i laben limt på en rekke strekkappsetter. Dette ble gjort etter alle kunstens regler med preparering av overflate, vasking med aceton og påføring av trykk under liming. Prosedyren for liming av lapper ble gjort etter instruksjon fra Halvard Støwer. Sikkerheten i laben ble tatt med største alvor, og det ble brukt både briller og hansker under limingen. Testdataen ble så analysert og resultatene følger.

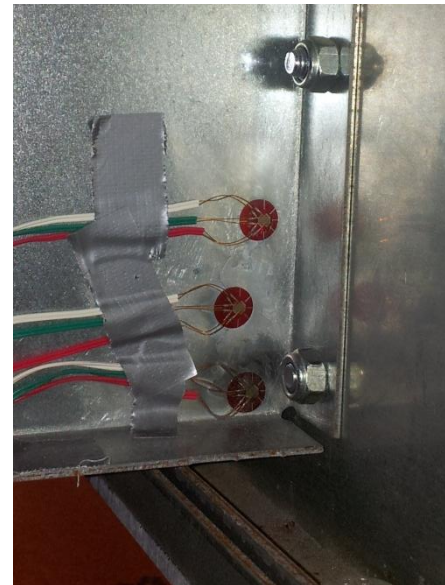
Resultater av testing

Dette er resultatene etter testing med rosetter av de forskjellige målepunktene.

1. Topp av spenningsbilde
 - Størst område med samme spenning, krever mindre presisjon.
 - Minst retningsavvik blant punktene ved topplast
 - Retningen på spenninger er 40° - 60° feil ved sidelast
 - Lave spenninger ved sidelast og høye spenninger ved topplast
2. Midten av spenningsbildet
 - Krever mer presisjon ved plassering enn punkt 1., men mindre enn punkt 3.
 - Spenningsretningen legger seg både rett over og rett under 0 ved topplast og sidelast
 - Spenningene ligger midt i mellom punkt 1. og 3.
3. Overlappning av spenningsbildet fra topplast og sidelast
 - Størst krav til presisjon ved plassering
 - Jevnt over høye retningsavvik
 - Lave spenninger ved topplast og høye spenninger ved sidelast

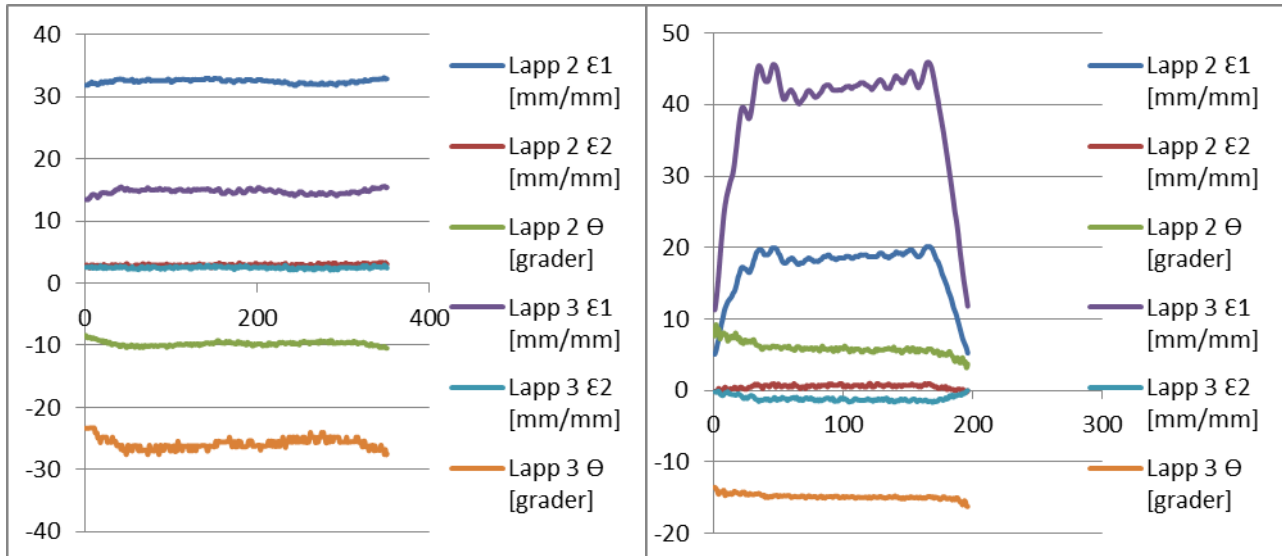


Figur 26 Liming av strekkapper



Figur 27 Testing av strekkapp-plassering på tilhengeren

Resultatene av testingen viser at punkt 2 har det beste kompromisset mellom spenningsverdier og spenningsretning. Det viser seg også at punkt 2 gir spenninger som ligger ganske nøyaktig mellom de to andre punktene som gir høye spenninger enten ved topplast eller sidelast.



Figur 29 Topplast

Figur 28 Sidelast

Del 5 Konklusjon og videre arbeid

5.1 Konklusjon

Etter møtet i Bergen ble det klart at Tysse var på jakt etter en måte å kvantifisere utmatting i forskjellige problempunkter på tilhengerne sine. For å møte Tysses behov, måtte en rekke avgjørelser tas før testing kunne gjennomføres:

- Valg av målemetode
- Valg av måleutstyr
- Behandling av data
- Plassering av målepunkt

Fra start var det tre alternativer for å måle hva som skjedde i tilhengerne fra Tysse. Disse var akselerometer, strekkklapp og optisk deformasjonssensor. Etter gjennomgang av egenskapene til de tre teknologiene ble det konkludert med at strekkklappen var det beste alternativet. Dette valget ble styrket i samtaler med flere eksperter innen området.

Da målemetoden var valgt måtte de forskjellige variantene av måleutstyr undersøkes. På grunn av den sirkulære banebevegelsen tilhengeren kjører i teststasjonen, ble det konkludert med at et trådløst system var å foretrekke. Det var også et ønske om en løsning som gikk på batteri, da dette var den beste løsningen for testing uten strøm tilgjengelig. Til slutt var det to alternativer som ble vurdert gode nok for oppgaven. Løsningen fra Microstrain trakk det lengste strået mye på grunn av sin kompakte og robuste utførelse som samtidig ga muligheter for utvidelser. Det hjalp også at prisen på dette systemet var betraktelig lavere enn alternativet.

Informasjon om tøyning i et punkt er lite verd hvis resultatene ikke blir analysert. For å regne på utmatting på bakgrunn av denne informasjonen, måtte databehandling inn i bildet. Det ble til slutt bestemt at rainflow analyse og SN-kurve var veien å gå. Til dette ble det funnet et Excel script med navnet StoFlo som gjorde denne jobben bra.

Da strekkklapper måler deformasjoner i et område med en gitt retning, ble det et behov for å definere hvordan disse strekkklappene skulle plasseres. Det ble fort klart at plassering av strekkklappene i utmattingspunktet ikke er mulig på grunn av geometri og målemetode. Etter konsultasjon hos personer på IPM med kunnskap om temaet, ble det bestemt å feste lappene i en avstand fra utmattingspunktet. Ved hjelp av FEM analyse ble så spenningene i utmattingspunktet beregnet på bakgrunn av spenningene i det utenforstående punktet, også kalt global punkt. Plasseringen av det globale punktet ble funnet på bakgrunn av målinger gjort i tre forskjellige punkter utenfor utmattingspunktet. Retning og størrelse på spenningene i disse punktene var avgjørende for bestemmelsen av plasseringen til globalt punkt.

5.2 Videre arbeid

Oppgaven så langt har i hovedsak gått ut på å finne beste måte å beregne utmatting i tilhenger fra Tysse. Gjennom diverse undersøkelser er målemetode samt programvare for å analysere resultatene funnet. Det er også gått til innkjøp av måleutstyr om Tysse skal beholde etter endt oppgave. Videre arbeid inneholder blant annet:

- Bruk av tilegnet kunnskap på flere problemområder på tilhengeren
- Utvikle og konstruere måter å feste utstyret til tilhengeren
- Kombinere testingen vi har gjort i laben med teststasjonen hos Tysse i Bergen
- Relatere påkjenninger fra teststasjonen til påkjenninger ved vanlig bruk
- Utvikle testprosedyre som kan brukes av Tysse etter endt oppgave

I prosjektoppgaven har det vært fokus på ett bestemt utmattingspunkt på tilhengeren. Erfaringene fra arbeidet med dette punktet skal overføres til forskjellige andre problemområder på tilhengeren. Den kompliserte geometrien i de forskjellige utmattingspunktene gjør foreløpig at det må brukes FEM analyse for å finne plasseringen av streklappen. Om mulig er det ønskelig å kunne gjøre dette uten bruk av avanserte FEM analyseverktøy.

Det må lages systemer for at utstyret som er kjøpt inn kan festes trygt på tilhengeren på en slik måte at det ikke er til hinder for f.eks. last. Dette systemet skal også konstrueres

Nå som det er mulig å måle tøyninger, og kvantifisere utmatting på bakgrunn av disse målingene, er neste steg å gjøre dette opp mot teststasjonen hos Tysse. Denne teststasjonen er tidligere brukt med overdimensjonerte hindre og overlast for å oppnå akselerert testing. Nå som brudd ikke er nødvendig for å få resultater, kan belastningen reduseres for å få realistiske spenninger.

Når belastningen er redusert må systemet kunne relateres til resultatene fra vanlig bruk av tilhengeren. Dette kan gjennomføres ved å gjøre målinger på vanlig vei, for så å sammenlikne resultatene. Her ligger det utfordringer i det å definere vanlig bruk, og vanlig vei. I tillegg kan det å gjøre målinger fra bil være en utfordring.

Tysse skal til slutt kunne bruke systemet vi har utviklet uavhengig av NTNU. For at dette skal være mulig må testprosedyren dokumenteres på en måte som representanter fra Tysse kan forstå. Dette kan for eksempel gjøres ved å lage en manual men stegvis beskrivelse av prosedyren.

Referanser

Dowling, N. E. (2006). *Mechanical Behavior of Materials*. USA: Pearson Education.

Ganji, A. R., & Wheeler, A. J. (2010). *Introduction to Engineering Experimentation*. Pearson Education (US).

Hibbeler, R. (2005). *Mechanics of Materials*. Singapore: Pearson Education South Asia Pte Ltd.

Hildre, H. P. (2002). *Produktutvikling*. Trondheim.

Tysse MV. (u.d.). *Tysse*. Hentet November 21, 2011 fra <http://tysse.no/?page=242&show=287>

Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2003). *Product Design and Development*. New York: McGraw Hill Higher Education .

Appendiks A: Spørreskjema

Spørsmål til Tysse

For bruk til brukerkravspesifikasjon

Operasjon

- Hvem skal bruke produktet?
- Hvilke kunnskaper har brukeren om materialer og testing?
- **Hvilke erfaringer har brukeren med denne typen utstyr?**
- Hvilke krav har dere til montering av utstyret? (liming av strekkklapper osv)
- Hvilke krav har dere til håndtering av utstyret? (utstyrets grensesnitt, logisk kobling)
- Hvilke krav har dere til programvaren og dens brukergrensesnitt?

Funksjon

- Hvor ofte skal produktet brukes?
- Hvor lenge skal produktet operere av gangen?
- Under hvilke forhold skal produktet operere? (Årstid, fukt, varierende temp, osv)
- Hvor selvstendig må produktet være? Hvilken grad av menneskelig interferens?
- **Hvilke utdata ønsker dere å få?**
- Med hvilken nøyaktighet?
- Hvilke krav stiller dere til dataoverføringen?
- Vil testene være veldig ulike fra gang til gang?
- Hvilke krav stilles til vedlikehold av produktet?

Organisatorisk

- **Hva er budsjett for innkjøp av utstyr?**
- Hva er budsjett for hver test?
- Hva er ønsker og krav for videreutvikling av produktet i fremtiden?

Appendiks B: Møtereferat

06.09.2011

Operasjon

- Det finnes nok kompetanse til å bruke Excel format for resultatet
- Det er et ønske om å få laget en brukermanual
- Vil gjerne ha forklaring på bruk/plassering av strekkklapper

Funksjon

- Produktet skal brukes "forholdsvis ofte"
- Tidligere har tester løpt i ca en uke – kan man nå gjøre dette og lagre data ved start og slutt?
- Trenger kun noen få runder for å få nødvendig data.
- Produktet må tåle fukt og regn. Det vil bli utsatt for varierende temperaturer, men vil antagelig ikke bli brukt om vinteren.
- Drives av bilbatteri? Er fleksibelt og gjør at tester kan kjøres ofte.
- Forslag om å samle alt i en boks; batteri, datamaskin osv. Hvor denne boksen er plassert på armen – i sentrum.
- Vi må finne ut hvor mye støt/vibrasjoner boksen tåler.
- Man vil kunne ta med "boksen" inn når riggen ikke skal brukes. (vinter)
- Det må undersøkes hvordan "boksen" påvirkes av motorens kraftige magnetfelt.
- Vil ha info om kritiske spenningspunkt; størrrelse, retninger og lokasjon, som første prioritet.
- Andre prioritet er teoretisk utmatting. Kanskje det kan beregnes/lages et eksempel?
- Det burde lages en standard for plassering av målere på de ulike tilhengerne.
- Det er ønskelig å bruke utstyr som er "hylleware" slik at de lett kan skiftes ut og det er god tilgang på servicepersonell.
- Helst norsk leverandør.
- Minst mulig vedlikehold – helst kun selvkalibrering.

Organisatorisk

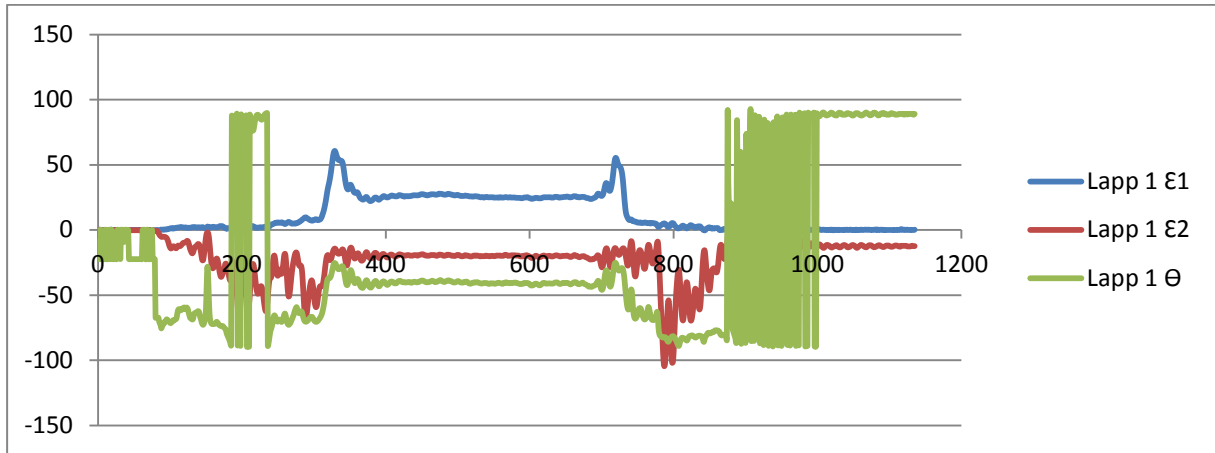
- Vil ha informasjon om hvor mye som trengs i start/utforskningsfasen.
- Etter testing vil man så vite endelig budsjett.
- Finn priser på bokser!

Appendiks C. Testdata

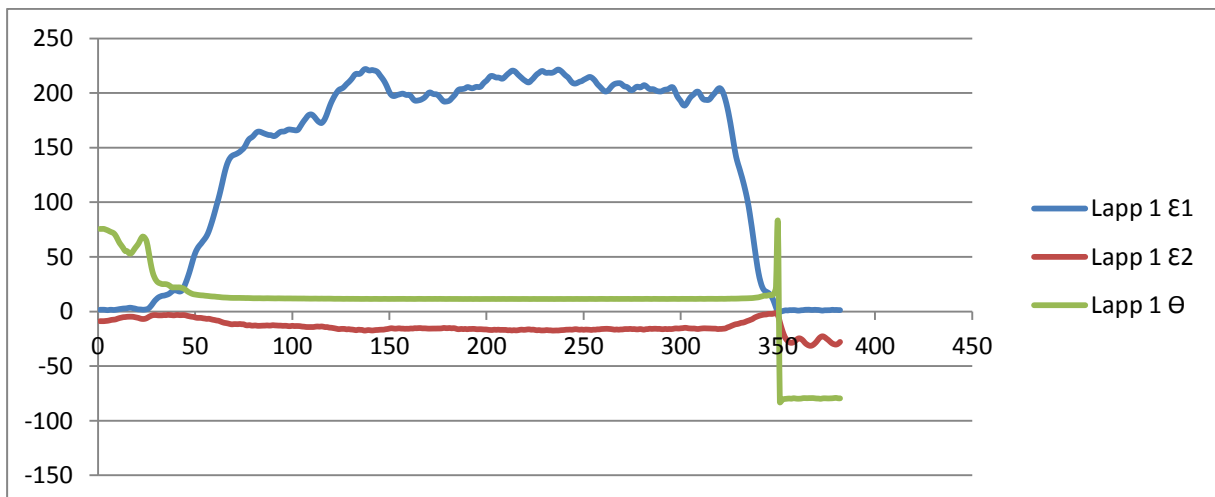
På grunn av tidligere tester er nummereringen av strekkklappene forskjellig her enn i rapporten.

Strekkklapp 1

Topplast:

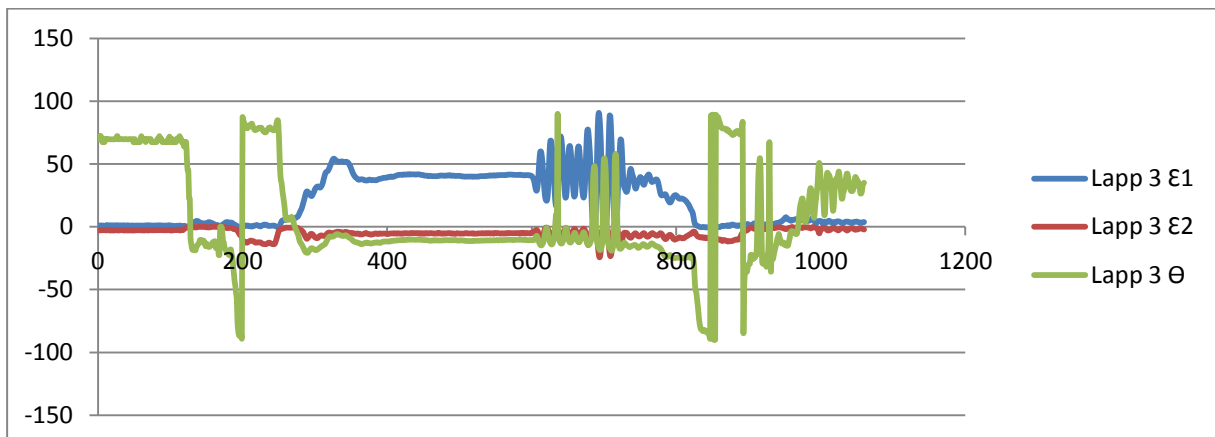


Sidelast:

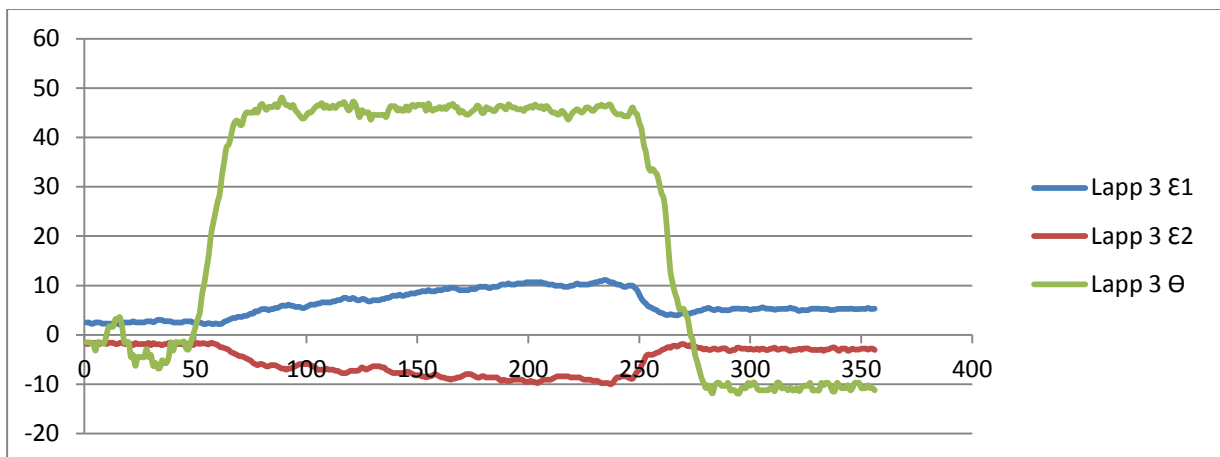


Strekkklapp 3

Topplast:

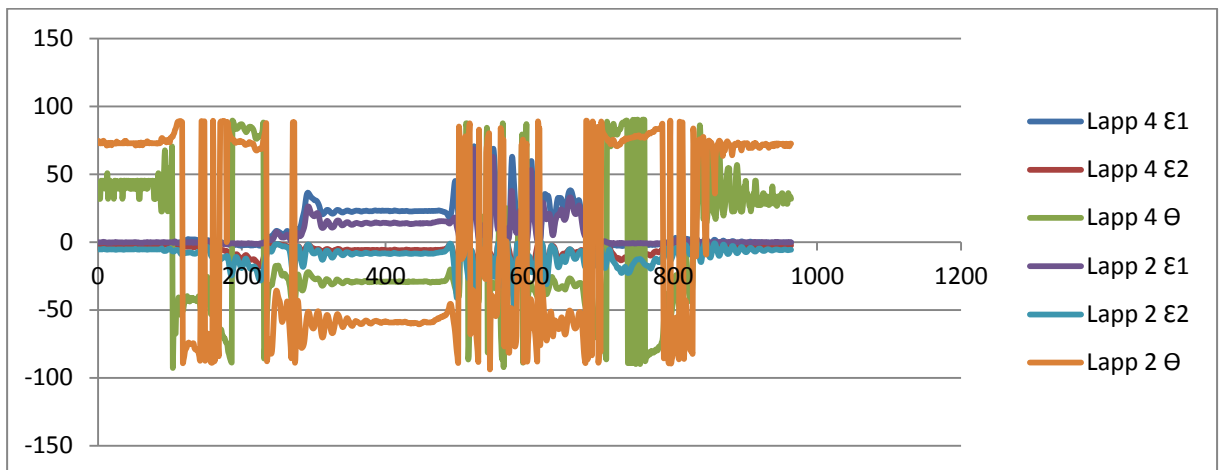


Sidelast:

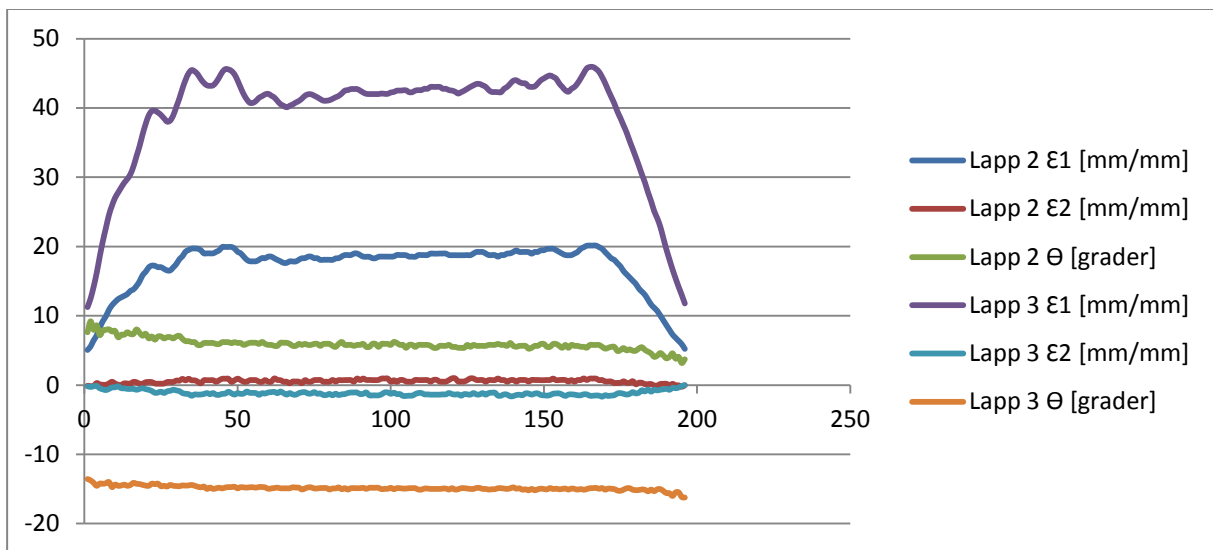


Streckklapp 2 og 4

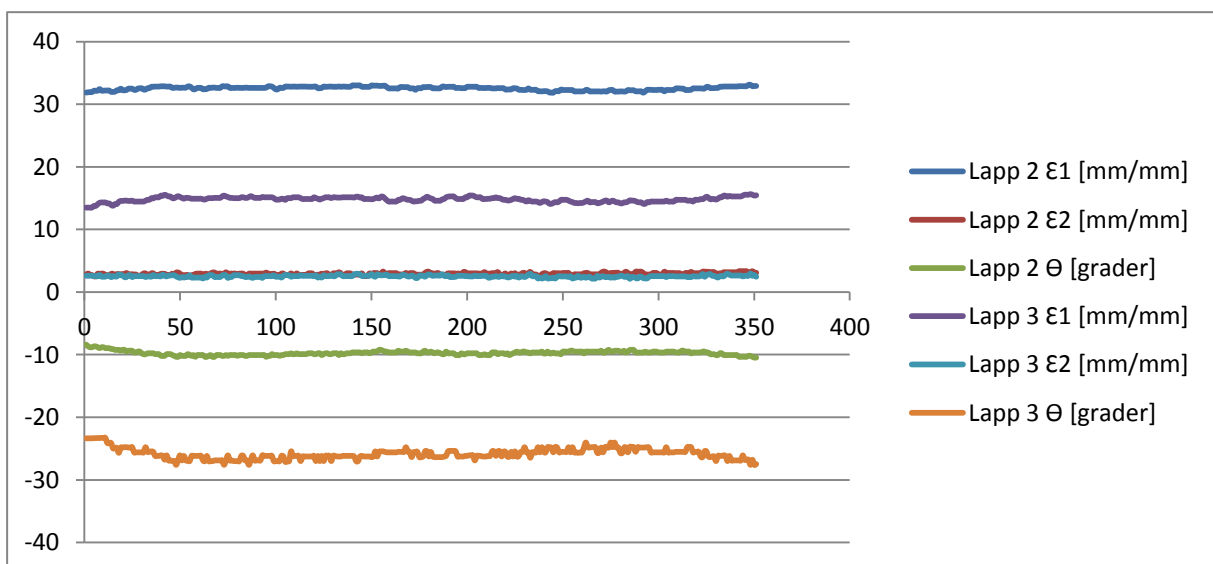
Topplast:



Sidelast:



Blandet last:



Appendiks D. Brukerkravspesifikasjon

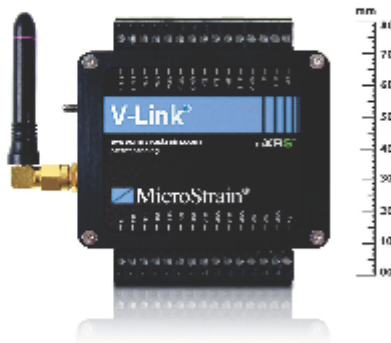
Brukerkravspesifikasjon			
Produkt <i>Testverktøy</i>	Utarbeidet av <i>Silje Heiland</i>	Primær bruker	Sekundær bruker
Pkt.	Beskrivelse	Vurdering	Vurdering
Funksjon			
1.1	Kunne benyttes på ulike pkt på tilhengeren	4	4
1.2	Kunne måle i flere punkt samtidig	4	3
1.3	Gi output i form av tøyning	4	3
1.4	Gi output som kan bearbeides i Excel	3	2
1.5	Brukes 1-4 ganger i måneden	2	3
1.6	Enkelt å gjøre repetitive tester	4	3
1.7	Ha lav kjøretid	2	3
1.8	Ha lav omstillingstid	2	3
1.9	Fungere på en roterende rigg	5	5
1.10	Kreve få endringer på riggen	2	4
Omgivelser			
2.1	Tåle fukt	4	4
2.2	Fungere i fuktige omgivelser	3	3
2.3	Fungere ved lave temperaturer	2	3
2.4	Fungere tross temperatursvingninger	3	3
2.5	Tåle støt og rystelser	4	5
2.6	Tåle nærhet av magnetisk felt	2	3
2.7	Fungere i nærhet av magnetisk felt	1	2
Operasjon			
3.1	Enkelt å montere	4	4
3.2	Sikkert å montere (avgass, sammenliming)	4	4
3.3	Enkelt å vedlikeholde	4	3
3.4	Godt grensesnitt på utstyr	5	3
3.5	Kunne startes automatisk på tid eller fjernstyres	2	1
Organisatorisk			
4.1	Pris	2	5
4.2	Gode serviceavtaler	2	4
4.3	God tilgjengelighet på deler og utstyr	3	3
4.4	Være driftsikker	2	4

Appendiks E. Produktspesifikasjon V-Link

V-Link[®] -mXRS[™]

Data Sheet

Extended Range Synchronized Wireless Voltage Node



Introduction

Fast, compact, & extremely versatile, V-Link[®] wireless voltage nodes are designed to operate as part of a high speed wireless sensor network.

Featuring 2 KHz sweep rates, combined with 2 MB flash memory, these little nodes pack a lot of power in a small package. With every node in the wireless network assigned a unique 16 bit address, a single host transceiver can address thousands of multi-channel sensor clusters.

On-board sensor excitation, bridge completion, programmable gains & offsets, and differential & single ended inputs provide an extremely versatile sensor interface.

Features & Benefits

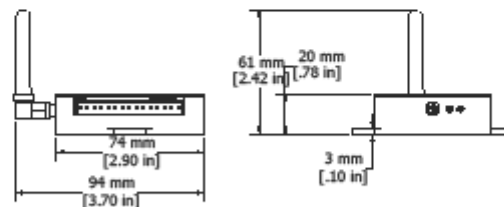
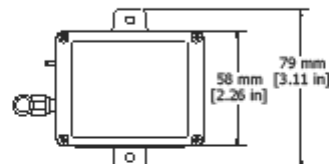
- 2.4 GHz direct sequence spread spectrum radio is license free worldwide
- IEEE 802.15.4 open communication architecture
- supports simultaneous streaming from multiple nodes
- datalogging rates up to 2048 Hz, storing up to 1,000,000 measurements
- real-time streaming rates up to 4 KHz
- programmable communication range from 70m to 2,000m
- regulated 3 volt sensor excitation supports most analog sensors
- on-board bridge completion resistors
- includes internal resistor for wireless shunt calibration
- low power consumption for extended use
- internal rechargeable battery
- SensorCloud[™] ready

Applications

- condition-based monitoring of machines
- health monitoring of structures and vehicles
- smart structures and materials
- experimental test and measurement
- robotics and machine automation
- vibration and acoustic noise testing
- sports performance and sports medicine analysis
- distributed security networks

System Overview

At the heart of MicroStrain's extended range synchronized (mXRS[™]) system is the WSDA[®]-Base, which uses our exclusive beaconing protocols to synch precision timekeepers embedded within each sensor node in the network. The WSDA[®]-Base also coordinates data collection from all sensor nodes, including V-LINK[®] -mXRS. Users can easily program each node on the scalable network for simultaneous, periodic, or burst mode sampling with our Node Commander[®] software, which then automatically configures network radio communications to maximize the aggregate sample rate.



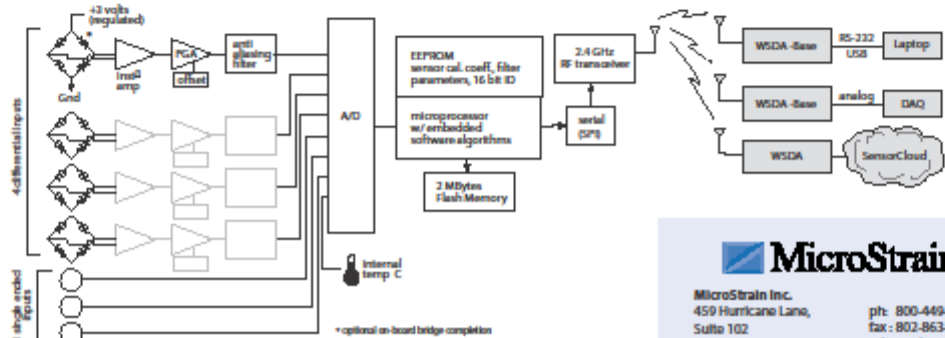
 **MicroStrain[®]** Little Sensors, Big Ideas.[®]

www.microstrain.com

V-LINK® -  Extended Range Synchronized Wireless Voltage Node

Specifications

Input channels	up to 8 Input channels: 4 full differential, 350 Ω resistance or higher (with optional bridge completion), 3 single ended inputs (0-3 volts maximum), and internal temperature sensor
Temperature sensor	-40 °C to 70 °C range, typical accuracy ±2 °C (at 25 °C)
Anti-aliasing filter bandwidth	-3 dB cutoff at 250 Hz (factory adjustable)
Measurement Accuracy	± 0.1% full scale typical
Resolution	1 bit: 0.024% 1 microstrain typical for 3 wire full bridge strain gauge (when used in accordance with MicroStrain® recommendations)
DC bridge excitation	+3 volts DC at 50 mA maximum (pulsed to sensors for sample rates of 100 Hz and below to conserve power)
Programmable gain	software programmable for differential input channels from 210 to 4844 (can be reduced with hardware resistor change)
Programmable offset	software programmable
Analog to digital (A/D) converter	successive approximation type, 12 bit resolution
Data storage capacity	2 megabytes (approximately 1,000,000 data points)
Data logging mode	Log up to 1,000,000 data points (from 100 to 65,500 samples or continuous) at 32 Hz to 2048 Hz
Sample Rates	1/hr - 4 kHz; synchronous mode 1 Hz - 512 Hz
Synchronous Sampling Mode Network Capacity	transmit real time data from node to PC - rate depends on number of active channels and transmitting nodes. e.g.: 3 nodes, 1 channel, 512 Hz 15 nodes, 1 channel, 256 Hz 31 nodes, 1 channel, 128 Hz 63 nodes, 1 channel, 64 Hz 127 nodes, 1 channel, 32 Hz sample rates and # of channels are easily configured within Node Commander Network Configuration Wizard
Sensor event driven trigger	commence datalogging when threshold exceeded
Synchronization between nodes	± 32 µsec in synchronous sampling mode with 10 second beacon interval
Synchronous sample rate stability	± 3 ppm
Wireless shunt calibration	channels 1 to 4, internal shunt calibration resistor 499 KΩ
Radio frequency (RF) transceiver carrier	2.4 GHz direct sequence spread spectrum, license free worldwide (2.405 to 2.480 GHz) - 16 channels, radiated power programmable from 0 dBm (1 mW) to 20 dBm (100 mW); European models limited to 10 mW
RF data packet standard	IEEE 802.15.4, open communication architecture
RF data downloading	8 minutes to download full memory
Range for bi-directional RF link	programmable communication range from 70m to 2,000m
Internal Li-Ion battery	3.7 volt 600 mAh lithium ion rechargeable battery or external power 3.2 to 9 volts
Power consumption	V-Link® node only: real-time streaming - 2.4 mA, datalogging - 25 mA, sleeping - 0.1 mA with 1000 ohm strain gauge
Operating temperature	-20 °C to +60 °C with standard internal battery and enclosure, extended temperature range optional with custom battery and enclosure, -40 °C to +85 °C for electronics only
Maximum acceleration limit	500 g standard (high g option available)
Dimensions	74 mm x 79 mm x 20 mm (enclosure without antenna)
Weight	140 g (with enclosure)
Enclosure material	ABS plastic
Compatible base stations	WSDA®, WSDA® -Base (Analog), WSDA® -Base (USB/RS-232)
Software	Node Commander® Windows XP/Vista/7 compatible



MicroStrain Inc.
459 Hurricane Lane,
Suite 102
Williston, VT 05495 USA
www.microstrain.com

ph: 800-449-3878
fax: 802-863-4093
sales@microstrain.com

© 2011, MicroStrain Inc., Williston, VT - All Rights Reserved.
MicroStrain, Node Commander, m005 and V-Link are trademarks of MicroStrain, Inc. Specifications are subject to change without notice. Version 10.05

Patents Pending

Appendiks F: Produktspesifikasjon HBM

QUANTUM^X MX840A

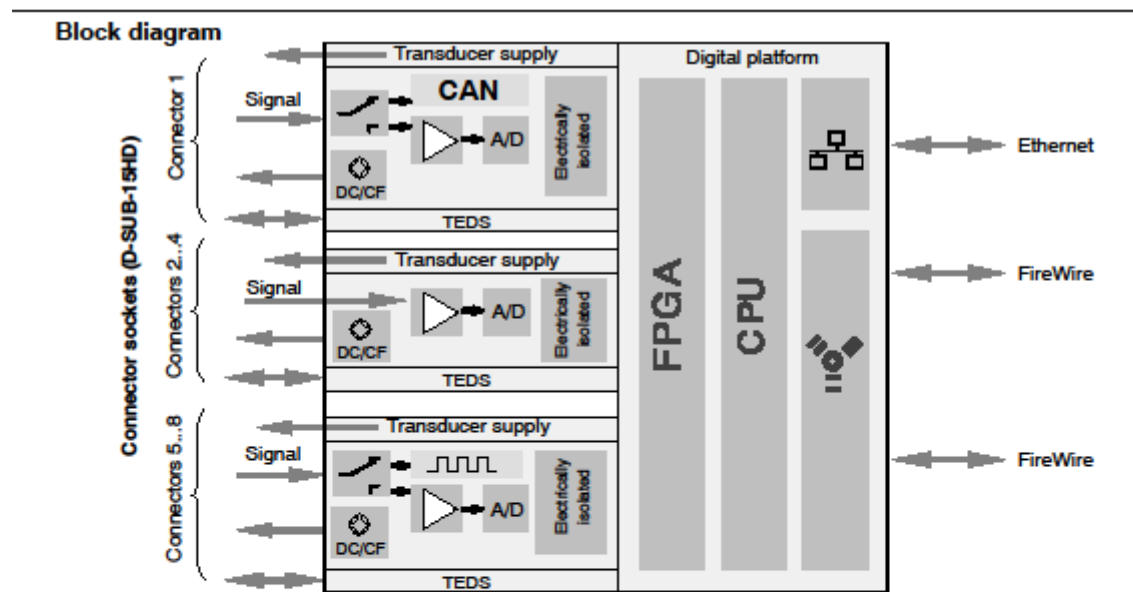
Universal amplifier

Data Sheet



Special features

- 8 individually configurable inputs (electrically isolated)
- Connection of more than 12 transducers technologies
- Data rate: up to 19,200 Hz
- 24-bit A/D converter per channel for synchronous, parallel measurements
- Active low pass filter
- TEDS support
- Supply voltage (DC): 10 V ... 30 V
- Supply voltage for active transducers (DC): 5 V ... 24 V



Specifications MX840A

General specifications		
Inputs	Number	8, electrically isolated from each other and from the supply voltage ¹⁾
Transducer technologies		Strain gage full and half bridge, inductive full and half bridge, piezoresistive full bridge, potentiometric transducers, three voltage ranges, current; resistance (e. g. PTC, NTC, KTY); resistance thermometer (PT100, PT1000); thermocouples (K, N, E, T, S, ...) with cold junction in the plug (1-THERMO-MXBOARD). Frequency, pulse counting, SSI, incremental rotary encoder (connectors 5-8 only) CAN (ISO 11898; connector 1 only)
A/D converter		24 Bit Delta Sigma converter
Data rate	Hz	0.1 ... 19200, adjustable for each channel
Active low-pass filter (Bessel/Butterworth, can be switched off)	Hz	0.01 ... 3200 (-3 dB)
Transducer identification (TEDS, IEEE 1451.4) max. distance of the TEDS module	m	100
Transducer connection		D-SUB-15HD
Supply voltage range (DC)	V	10 ... 30 (24 V nominal (rated) voltage)
Supply voltage interruption		max. 5 ms at 24 V
Power consumption without adjustable transducer excitation with adjustable transducer excitation	W W	< 9 < 12
Transducer Excitation (active transducers) Adjustable supply voltage (DC) Maximum output power	V W	5 ... 24; adjustable for each channel 0.7 each channel / a total of 2
Ethernet (data link) Protocol/addressing Connection Max. cable length to module	- - m	10Base-T / 100Base-TX TCP/IP (direct IP address or DHCP) 8P8C plug (RJ-45) with twisted pair cable (CAT-3) 100
FireWire (module synchronization, data link, optional supply voltage) Baud rate Max. current from module to module Max. cable length between the nodes Max. number of modules connected in series (daisy chain) Max. number of modules in a FireWire system (including hubs ²⁾ , backplane) Max. number of hops ³⁾	MBaud A m - - -	IEEE 1394b (HBM modules only) 400 (approx. 50 MByte/s) 1.5 5 12 (=11 Hops) 24 14
Nominal (rated) temperature range	°C [°F]	-20 ... +60 [-4 ... +140]
Operating temperature range (no dewing allowed/module not dew-point proof)	°C [°F]	-20 ... +65 [-4 ... +149]
Storage temperature range	°C [°F]	-40 ... +75 [-40 ... +167]
Rel. humidity at 31 °C	%	80 (non condensing) lin. reduction to 50 % at 40 °C
Protection class (up to 2000 m height, degree of contamination 2)		III
Degree of protection		IP20 per EN 60529
Mechanical tests ⁴⁾ Vibration (30 min) Shook (8 ms)	m/s ² m/s ²	50 350
EMC requirements		per EN 61326
Max. input voltage at transducer socket to ground (Pin 6) PIN 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 13, 15 PIN 14 (voltage)	V V	5.5 (no transients) 60 (no transients)/typ. 500
Dimensions, horizontal (W x H x D)	mm	32.5 x 200 x 124 (with case protection) 44 x 174 x 124 (without case protection)
Weight, approx.	g	980

¹⁾ When the variable transducer supply is used, there is no electrical isolation from the supply voltage.

²⁾ Hub: FireWire node or distributor

³⁾ Hop: Transition from module to module or signal conditioning / distribution via FireWire (hub, backplane)

⁴⁾ Mechanical stress is tested according to European Standard EN60068-2-6 for vibrations and EN60068-2-27 for shock. The equipment is subjected to an acceleration of 50 m/s² in a frequency range of 5...65 Hz in all 3 axes. Duration of this vibration test: 30min per axis. The shock test is performed with a nominal acceleration of 350 m/s² for 8 ms, half sine pulse shape, with 3 shocks in each of the 6 possible directions.

Appendiks G: Kvittering på utstyr

Load Indicator System AB

Faktura

4578

Fakt nr / Kundnr

5856

5284

Fakturdatum

2011-11-17

Leveransadress

Halvard Stover
Awd.ING, IPM
Richard Birkelands vei 2B (Perlepo)
NO-7491 TRONDHEIM
Norway

Fakturaadress

Tysse Mekaniske Verksted AS
Raudberget

NO-5284 TYSSEBOTNEN
Norway

Frå referens Halvard Stover
Frt ordern
Leveransvillkor Fritt vårt lager
Leveranssätt UPS
Leveransdatum 2011-11-17

Vår referens Jakob Heide-Jørgensen
Betalningsvillkor 30 dagar netto
Förfallodatum 2011-12-17
Erbjudningspris 9,50 %
Vårt ordern 4579

Artik	Beskrivning	Lev ant	Enh	Å-pris	Summa
VLINKMXRSK	V-LINK-MXRS-SK2 s/n 2428-0337-I04ED, 2428-0358-I04ED 2621-1270-I04CT	1	st	26 532,00	26 532,00
S-350-01	S-350-01	4	st	182,00	728,00
	Pris i SEK				
TACK FÖR DIN BESTÄLLNING/THANK YOU FOR YOUR ORDER!					
	Netto	Frakt			
	27 260,00	225,00			
					ATT BETALA 27 485,00

BIC SWEDSESS	Kontonummer 810599046017746	Bank Swedbank AB	Adress Dottervägen 6 A
Landskod SE	IBAN SE70 8000 0810 5999 6601 7746		SE-SE-436 32 Askim

Adress
FA Rosegrens Gata 32
421 31 VÄSTRA FRÖLUNDA
SWEDEN

Telefon
+46-46-31-732 79 00
Fax
+46-46-73-527 51 11
Första gata sött
V Gästlands län

Internet
www.lisab.se
e-post
info@lisab.se
Mörsung.se
SE556730596501