

# TMM4155 Produktutvikling og materialer 2015

**Kaja Mehl Amundsen**

Master i produktutvikling og produksjon  
Innlevert: juni 2013  
Hovedveileder: Terje Rølvåg, IPM

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for produktutvikling og materialer



NORGES TEKNISK-  
NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET  
INSTITUTT FOR PRODUKTUTVIKLING  
OG MATERIALER

**MASTEROPPGAVE VÅR 2013**  
**FOR**  
**STUD.TECHN. STUD.TECHN. KAJA MEHL AMUNDSEN**

**TMM4155 - PRODUKTUTVIKLING OG MATERIALER 2015**  
**TMM4155 - Engineering Design and Materials 2015**

Faget Produktutvikling og Materialer (TMM4155) skal fornyes til vintersemesteret 2014. Målet er å gi studentene en grundig opplæring i produktutvikling basert på praktiske anvendelser og CAE verktøy. Faget skal også være en videreføring av analytiske emner og verktøy brukt i fagene Maskindeler (TMM4112) og Dimensjonering basert på elementmetoden (TMM4135). Det vil også bli gitt teoretiske forelesninger knyttet til løsningen av praktiske anvendelser og anvendte CAE metoder.

Oppgaven vil besvare følgende temaer:

1. Evaluere dagens TMM4155 fag
2. Definere læringsmål
3. Vurdere faglig innhold (anvendelser/problemer, CAE systemer og teoretisk pensum)
4. Velge undervisningsformer og grunnlag for karaktersetning (se på muligheter for fysisk testing, internett basert undervisning og bruk av multimedia etc.)
5. Utarbeide pensum og øvingsopplegg sammen med veileder

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.

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 masteroppgave

(<http://www.ntnu.no/ipm/masteroppgave>). Arket skal også oppdateres en uke før innlevering av masteroppgaven.

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



Torgeir Welo  
Instituttleder



NNTU  
Norges teknisk-  
naturvitenskapelige universitet  
Institutt for produktutvikling  
og materialer



Terje Rølvåg  
Faglærer

## Sammendrag

Faget *TMM4155 Produktutvikling og materialer* har de siste årene gjennomgått endringer for å tilpasse seg de stadige skiftende ønsker fra studenter. En evaluering av faget viser at studentene mener at faget har forbedringspotensial på flere punkter, og faglærer ønsker derfor en gjennomgang av hvilke muligheter som finnes for endring.

Måten et fag undervises kan avgjøre i hvor stor grad faget forstås av studentene. Undervisningen bør tilpasses det faglige innholdet, og mulighetene er mange. Undervisningsformer kan være med på å skape en mer effektiv og lærerik dialog og debatt mellom studenter og foreleser. Eksempler på nye måter å fornye og tilpasse undervisningen på er å variere med videoforelesninger, gruppearbeid/prosjektarbeid, problembasert læring og omvendt undervisning (flipped learning).

Målet med oppgaven har vært å utvikle et casebasert fag som fokuserer på problemløsning. Resultatet har blitt tre forslag med ulik struktur, men med fellesnevnerne *problembasert læring, case og multimedia i undervisningen*.

## **Abstract**

The course *TMM4155 Engineering Design and Materials* have over the last years been subject to changes due to the changing wishes of the students. An evaluation of the course shows that the students believe the course has many ways to improve, and the professor wanted a review of the possibilities for changing the course.

The way a course is taught can decide how it is understood by the students. The teaching should be adjusted to the content of the course, and the possibilities for doing this are many. Different ways of teaching can create more effective dialog and debate between students and professors. Examples of new ways of renewing and adjusting the way of teaching is adding videos, different kinds of groups and projects, learning by doing and flipped learning.

The goal has been to develop a case based course that focuses on problem solving. The result is 3 proposals with different structures, with the common denominators learning by doing, cases and using multimedia in the teaching.

## Forord

Denne oppgaven er skrevet i forbindelse med avsluttende semester på sivilingeniørutdannelsen Produktutvikling og produksjon ved NTNU våren 2013. Oppgaven er gitt av institutt for Produktutvikling og materialer, og er veiledet av Terje Rølvåg. Det har vært en spennende prosess som har gitt innsikt i alle aspektene som må vurderes når det skal lages nye fag eller eksisterende fag skal videreutvikles og tilpasses ny kunnskap og nye undervisningsverktøy.

Å skrive en masteroppgave er på ingen måte en prosess man går igjennom alene, og det er mange mennesker som har stilt opp og hjulpet meg med nyttig informasjon og veiledning underveis. Man veiledes frem av både veileder, medstudenter, venner, familie og ressurser ved universitetet. Jeg vil gjerne takke alle som har tatt seg tid til å prate med meg, for alt engasjementet, og jeg skulle ønske at rammene og tiden tillot meg å benytte meg mer av alt jeg har fått vite. Og til dere som har stilt opp med tid til gjennomlesing og korrektur, tusen takk for det.

Det endelige utkastet til en masteroppgave er en komprimert versjon av et semester fylt med lesing, møter, leting, diskusjoner, undersøkelser, blindveier og omveier, skriving og ikke minst sletting. Den er essensen av mye arbeid, og selv om den ikke kan reflektere alt arbeidet som ligger bak er det forhåpentlig et konsentrat som byr på det beste og viktigste man har kommet fram til.

Jeg håper oppgaven kan gi forelesere og andre ved NTNU et innsyn i de muligheter som finnes til å legge opp undervisningen på en måte som formidler det aktuelle emnet best og som oppfordrer til god læring.

Kaja Mehl Amundsen  
Juni 2013

# Innholdsfortegnelse

Sammendrag .....	I
Abstract .....	II
Forord.....	III
Innholdsfortegnelse .....	IV
Figurliste.....	VIII
1 Introduksjon .....	1
1.1 Innledning.....	1
1.2 Mål .....	1
1.3 Avgrensninger .....	1
1.4 Arbeidsmetode.....	2
1.5 Oppgavens oppbygning .....	3
1.6 Begreper .....	4
2 Dagens TMM4155 Produktutvikling og materialer.....	5
2.1 Om faget.....	5
2.1.1 Generelt om dagens fag .....	5
2.1.2 Fagmål i dagens TMM4155 .....	6
2.2 Evaluering av dagens TMM4155 .....	7
2.2.1 Bakgrunn for evaluering .....	7
2.2.2 Faglærers evaluering av TMM4155 .....	7
2.2.3 Studentenes evaluering av TMM4155.....	8
2.2.4 Om evalueringen .....	9
3 CAE-kunnskap og ønsker for et nytt TMM4155 .....	10
3.1 Undersøkelsen.....	10
3.1.1 Statistisk gyldighet.....	10
3.1.2 Spørsmål.....	11
3.2 Kunnskap før oppgaveskriving.....	15
3.2.1 CAD-kunnskap før oppgave .....	15



3.2.2	FEM-kunnskap før oppgave .....	16
3.2.3	FEA-kunnskap før oppgave .....	17
3.3	Ønsket CAE-kunnskap .....	18
3.3.1	Ønsket CAD-kunnskap.....	18
3.3.2	Ønsket FEM-kunnskap .....	19
3.3.3	Ønsket FEA-kunnskap .....	20
3.4	Tilbakemeldinger på TMM4155 med tanke på prosjekt- og masteroppgave .....	21
3.5	Oppsummerte resultater .....	21
4	Faglig innhold i nye TMM4155.....	22
4.1	Faglig grunnlag.....	22
4.2	Faglige mål .....	22
4.2.1	Bakgrunn for målene .....	22
4.2.2	Faglige mål i det nye TMM4155.....	23
4.3	Pensum og teoretisk grunnlag .....	24
4.3.1	Generelt om pensum .....	24
4.3.2	Teoretisk grunnlag: TMM4110 Maskindeler .....	24
4.3.3	Teoretisk grunnlag: TMM4135 Dimensjonering basert på elementmetoden .....	25
4.4	Caseforslag.....	26
4.4.1	Om casene .....	26
4.4.2	Optimal modellering og meshing av veimaster.....	27
4.4.3	Assembly-modellering og simulering av girboks .....	29
4.4.4	Dimensjonering av løfteutstyr.....	31
4.4.5	Systemer med friksjon og demping i romfart .....	33
4.4.6	Eliminering av responsproblemer i militær radar .....	35
4.4.7	Optimalisering av svingarm.....	37
4.4.8	Kræsjsimulering .....	39

4.4.9	Termiske analyser av bremseskive (koblet analyse) .....	41
4.4.1	Andre forslag .....	43
5	Mulige undervisningsmetoder til nye TMM4155 .....	44
5.1	Pedagogiske metoder .....	44
5.1.1	Innledende tanker .....	44
5.1.2	Learning by doing – problemmetoden .....	44
5.1.3	Flipped classroom – omvendt undervisning .....	46
5.1.4	Massive Open Online Courses .....	48
5.2	Digitalt verktøy i undervisningen .....	51
5.2.1	Video .....	51
5.2.2	Student response systems .....	54
5.2.3	Itslearning .....	55
5.2.4	Undervisningslokalet .....	56
5.2.5	IKT på NTNU .....	57
6	Struktur og undervisning i nye TMM4155 .....	59
6.1	Faglig struktur .....	59
6.1.1	Generelle betraktninger .....	59
6.1.2	Oppbygging av faget .....	60
6.1.3	Forslag 1 .....	61
6.1.4	Forslag 2 .....	64
6.1.5	Forslag 3 .....	67
6.2	Undervisning .....	70
6.2.1	Undervisningsstruktur .....	70
6.2.2	Multimedia og video .....	73
6.2.3	Fysisk testing .....	74
6.2.4	Innleveringer .....	75
6.3	Et nytt TMM4155 oppsummert .....	77

7	Avsluttende bemerkninger .....	80
7.1	Betraktninger .....	80
7.2	Utfordringer .....	81
7.4	Videre arbeid .....	82
	Bibliografi.....	83
	Vedlegg 1: Sammendrag av evaluering av TMM4155 fra fjorårets studenter .....	i
	Vedlegg 2: Evaluering av TMM4155 fra årets studenter .....	x
	Vedlegg 3: Resultatene av undersøkelsen .....	xiv

## Figurliste

Figur 1: Oppgavens oppbygning .....	3
Figur 2: Fordeling av studenter ut i fra bruk av CAD/FEA/FEM.....	13
Figur 3: CAD-kunnskap før oppgave .....	15
Figur 4: FEM-kunnskap før oppgave.....	16
Figur 5: FEA-kunnskap før oppgave.....	17
Figur 6: Ønsket CAD-kunnskap .....	18
Figur 7: Ønsket FEM-kunnskap.....	19
Figur 8: Ønsket FEA-kunnskap .....	20
Figur 9: Veimast og fotplate .....	27
Figur 10: Sammenstilling av girboks .....	29
Figur 11: En løftekrans elektromekaniske system .....	31
Figur 12: Ozonmåleren GOMOS .....	33
Figur 13: Optimalisering av svingarm .....	37
Figur 14: Kræsjsimulering av Ford Fiesta og trafikkmast .....	39
Figur 15: Termisk effekt på bremskloss .....	41
Figur 16: Problem metodens 5 trinn .....	45
Figur 17: Vanlig undervisning og flipped classroom .....	46
Figur 18: MOOC og samarbeidspartnere.....	48
Figur 19: Skjermdump fra coursera.org og faget How things work 1 .....	49
Figur 20: Skjermdump fra www.nxportalen.no .....	51
Figur 21: Skjermdump fra video.adm.ntnu.no/openvideo .....	52
Figur 22: Skjemdump fra video.adm.ntnu.no som viser en forelesning tatt opp i et auditorium.....	53
Figur 23: Skjermdump fra video.adm.ntnu.no viser en toskjermsløsning ....	53
Figur 24: Skjermdump fra dagens TMM4155 på itslearning .....	55
Figur 25: Skjermdump fra Itslearning .....	55
Figur 26: Undervisningsrom VE22 .....	57
Figur 27: Den didaktiske trekant .....	59
Figur 28: Struktur i forslag 1 .....	62
Figur 29: Struktur i forslag 2 .....	65
Figur 30: Struktur i forslag 3 .....	68
Figur 31: Oppbygning av faget.....	70
Figur 32: Eksempel på oppbygning av temaer.....	71
Figur 33: Eksempel på innlevering i TMM4155 .....	76

# 1 Introduksjon

## 1.1 Innledning

Denne oppgaven tar for seg faget TMM4155, evaluering av nåværende innhold og struktur, og muligheter for endringer og nye løsninger. Stadige små endringer i faget har gitt et behov for en vurdering av om faget trenger en opprydning og omstrukturering. I tillegg er det ytret et ønske fra faglærer om en mer problembasert undervisning, og oppgaven vil belyse mulighetene for å implementere dette i faget. Dette gir dermed muligheten til å se etter helt nye pedagogiske løsninger og strukturering av det faglige innholdet for å kvalitetssikre undervisning og fagutbytte for studentene.

## 1.2 Mål

Målet med oppgaven er å undersøke hvilke endringer som er ønsket i faget, vurdere nye måter formidle fagstoff på, legge frem forslag til et faglig innhold og foreslå alternative problem- og caseorienterte strukturer.

## 1.3 Avgrensninger

I forkant av denne oppgaven er det ikke gjort noe forprosjekt, så mye av tiden har gått med til kartlegging av muligheter og evaluering av dagens fag. Oppgaven begrenser seg til å presentere mulige løsninger, og ikke et helt ferdig opplegg. Til det er tiden for kort. Forslagene vil være basert på case- og problembasert undervisning, og kartleggingen av mulig faglig innhold og undervisningsmetoder vil også presenteres med hensyn til dette.

## 1.4 Arbeidsmetode

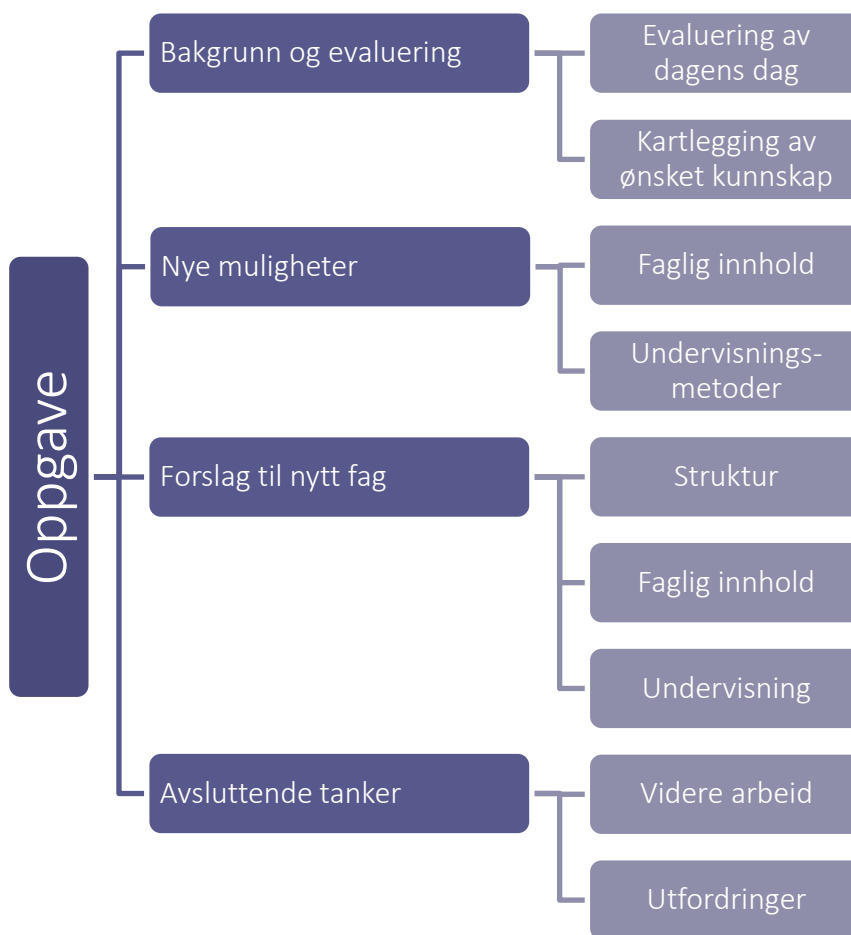
For å løse oppgaven har mye av arbeidet gått på kartlegging av mulige løsninger og metoder. Det har vært møter med ulike instanser ved NTNU, som Multimediaavdelingen, Universitetspedagogisk senter, professorer som benytter seg av nye undervisningsmetoder og samtaler med studenter. Det er gjennomført en undersøkelse for å kartlegge studentenes ønsker for innholdet i faget og samtaler med faglærer for å komme frem til det faglige innholdet.

Som student ved Produktutvikling og materialer arbeider man mye med å utvikle nye produkter på ulike premisser. Noe av det som vektlegges mye er å kartlegge hva kundene ønsker og hvem kundene er. Et produkt som skal ut på et marked er avhengig at kjøperne er villige til å betale for det, og det er derfor viktig å ta hensyn til dem som skal benytte seg av det.

I arbeidet med denne oppgaven er det arbeidet mye på samme måten som i produktutvikling. Forskjellen er at produktet her er et fag og kundene er foreleser og studenter. Det er derfor lagt ned mye tid til evaluering og samtaler med både studenter og faglærer for å finne ut hva de ønsker for å legge grunnlaget for hvordan det nye TMM4155 kan bli.

## 1.5 Oppgavens oppbygning

Oppgaven er bygget opp slik at den skaper en logisk flyt fra evalueringen av dagens fag og kartlegging av nye ønsker, via de nye mulighetene man har med tanke på faglig innhold og undervisningsmetoder til en presentasjon av forslagene til nye fag og til slutt avsluttende bemerkninger. Dette er gjort for å skape logisk oppbygning av prosessen som har ført til de forslagene som presenteres.



Figur 1: Oppgavens oppbygning

## 1.6 Begreper

### **CAE** – *Computer aided engineering*

CAE er den utvidede bruken av software i engineering-oppgaver. Begrepet omfatter bruken av software i ulike prosesser som design med CAD, analyse med CAD og FEA, optimalisering, prototyping, produksjon, planlegging og postprosessering av resultater.

### **CAD** – *Computer aided-design*

CAD er den delen av CAE som omfatter bruken av datamaskinsystemer i utviklingen, modelleringen, analyseringen og optimaliseringen av en modell.

### **FEM** – *Finite Element Method* eller *Finite Element Modeling*

Finite Element Method, eller elementmetoden som den kalles på norsk, er en numerisk teknikk for å finne tilnærmede løsninger på grenseverdi-problemer.

I undersøkelsen som er gjort i denne oppgaven benyttes begrepet *FEM* i forbindelse med modellering, *Finite Element Modeling*, for å skille mellom analysedelen av elementmetoden og modelleringsdelen av metoden.

### **FEA** – *Finite Element Analysis*

FEA er den praktiske bruken av elementmetoden i dataprogrammer.



## 2 Dagens TMM4155 Produktutvikling og materialer

### 2.1 Om faget

#### 2.1.1 Generelt om dagens fag

Faget TMM4155 Produktutvikling og materialer undervises i dag for studenter på fjerde året ved fordypningen Produktutvikling og materialer (PuMa) på linjen Produktutvikling og produksjon ved NTNU. Det er et obligatorisk emne for alle studentene som har valgt denne fordypningen og undervises på vårsemesteret.

Dagens fag baserer seg på gruppearbeid. Studentene kan velge å fordype seg i en av tre ulike retninger som benyttes i gruppeoppgaven. De tre fordypningsalternativene er:

- *Produktsimulering*: gir en kort innføring i teori og anvendelse av produktsimulering og bruken av relevant programvare.
- *Polymerer og kompositter*: gir en innføring i nødvendig teori og innføring i simuleringsverktøy og metoder for beregning og optimalisering av strukturer hvor polymerer og kompositter inngår.
- *Forming av metaller*: det undervises generelt om viktige formetekniske aspekter ved hjelp av simulering basert på elementmetoden

Prosjektene studentene jobber med kan enten velges fra forhåndsbestemte oppgaver gitt av faglærer, eller man kan komme med egne forslag til prosjekter som lar seg gjennomføre innenfor de gitte rammene. I tillegg til å jobbe med prosjektet i grupper, har man separat undervisning i de tre fagretningen. Her har man tre forelesere som gir opplæring i de forskjellige emnene og en flervalgstest knyttet til hver av fordypningene som studentene tar som en del av vurdering av faget.

Vurderingen av faget er en kombinasjon av en flervalgsprøve innenfor hvert emne (teller 20 %), en gruppeinnlevering som beskriver prosjektet (teller 50 %) og en individuell rapport som beskriver studentenes individuelle arbeid (teller 30 %).

### 2.1.2 Fagmål i dagens TMM4155

Fagmålene i dagens TMM4155 ligger ute på hjemmesidene til faget på NTNU sine nettsider. Disse skal gi studentene en klar ide om hva som er målet med faget og hva som forventes av dem.

#### *Kunnskaper:*

Kandidaten skal få kunnskap om:

- Produktutvikling (PD)
- Bruk av tekniske IT programmer
- Teamarbeid basert på Product Lifecycle Management programmer (PLM)
- *Leane* metoder og prinsipper i PD
- Utvikling av Shell ECO marathon biler

#### *Ferdigheter:*

Kandidaten kan:

- Lage 3D-modeller av komponenter og sammenstillinger i et CAD system.
- Lage 2D arbeidstegninger
- Virtuelt teste produkter med hensyn på styrke og vibrasjoner (FEA)
- Utforme Knowledge Briefs (A3 ark)
- Lage naturtro reklameflyers basert på 3D modeller

#### *Generell kompetanse:*

Kandidaten kan:

- Forstå fordelene ved bruk av 3D modellering og analyse i produktutvikling
- Utvikle produkter med full fokus på læring og brukerverdi
- Kunnskaper om modellering, analyser og bildesign

## 2.2 Evaluering av dagens TMM4155

### 2.2.1 Bakgrunn for evaluering

De siste årene har det blitt gjort endringer av TMM4155 for å tilpasse prosjektoppgavene aktuelle temaer, samt i det faglige innholdet etter hva som er aktuelt å undervise innen de ulike fagretningene. Faget er dermed blitt usammenhengende og faglærer vurderer en total opprydning og omstrukturering av faget for å sikre kvaliteten på undervisningen.

For å få en balansert evaluering er det foretatt en gjennomgang av tilbakemeldinger fra studenter i år, studenter i fjor og fra faglærer selv. På den måten sikrer man at de elementene som dukker opp gjenspeiler alle sidene av faget og dermed gir et reflektert grunnlag for videre arbeid med opprydningen og gjennomgangen av det nåværende TMM4155 og oppbygningen av et nytt emne.

### 2.2.2 Faglærers evaluering av TMM4155

I tillegg til at faget er blitt mer usammenhengende de siste årene, er det flere punkter som pekes på av faglærer.

Når det er flere undervisere, men kun én som er faglig ansvarlig for innholdet i undervisningen som er tilfellet i dette faget, vil det bli mye unødvendig planlegging og organisering som ikke bidrar til det faglige utbytte for studentene. En engasjert faglærer er viktig for undervisningen, og faglærer mener at det i faget har blitt for mye administrering og organisering som ikke nødvendigvis gjør faget noe bedre.

TMM4155 er det siste faget studentene har felles på PuMa, før de etter planen starter i 5. klasse og skal begynne på prosjektoppgave på høsten og masteroppgave på våren. Faglærer mener at faget i større grad burde forberede studentene på hva som venter i prosjekt- og masteroppgave det siste året av studiet, og gi dem en mer solid bakgrunn for de oppgavene som kommer enn det som er tilfellet i dag. Faglæreren i TMM4155 har mye erfaring fra både universitetsmiljøet og industrien, og har en god oversikt over hvilke problemstillinger som er aktuelle for studentene å løse. Faglærer mener at studentene sitter igjen med svært ulik kompetanse etter at de har

gjennomført dagens TMM4155 og at et mer fastsatt opplegg vil kunne sikre at alle vil sitte igjen med et mer samlet faglig utbytte.

En av områdene faglærere trekker frem som positivt med faget er valgfriheten studentene har med tanke på oppgaver og samarbeidspartnere. Dette gir både studenter og faglærer variasjon i arbeidet og gir studentene mulighet til å arbeide innenfor egne interesseområder om de ønsker det.

Til å være et fag hvor det stort sett benyttes datamaskiner i undervisning og gjennomføring mener faglærer at TMM4155 ligger etter i bruken av internett og multimedia i undervisningen. Faget har potensialet til å gjøres mer visuelt, tilgjengelig på nett og mer fleksibelt i undervisningen.

### **2.2.3 Studentenes evaluering av TMM4155**

I den individuelle rapporten studentene leverer i slutten av semesteret har alle skrevet en tilbakemelding på hvordan de mener faget fungerer, se Vedlegg 1 for utfyllende svar. I tillegg til å summere opp tilbakemeldinger fra studentene som tok faget våren 2012, er det gjennomført samtaler med referansegruppen i årets fag.

Et punkt som kommer tydelig fram er mangel på klare mål i faget, og at studentene føler seg usikre på hva de skal oppnå med gruppearbeidet og hva som er grunnlaget for karaktersettingen.

Studentenes klareste tilbakemelding går på den faglige opplæringen i de ulike fordypningsemnene og variasjonen i kvaliteten på denne. I *Forming av metaller* oppfattes undervisningen som god, men programvaren som benyttes er ukjent og til tider vanskelig å benytte seg av. I *Polymerer og kompositter* er det en utbredt oppfatning blant studentene at den faglige undervisningen er mangelfull. I tillegg oppfattes også opplæringen og kunnskapen om hvordan man benytter programvaren til beregning på kompositter som mangelfull. Ikke alle oppgavene studentene samarbeider om er like godt tilrettelagt for alle de tre fagretningene, noe som fører til at flere føler seg overflødige i sin gruppe når fagretningen de har valgt ikke er så relevant for oppgaven de skal løse, og dermed ikke får så mye ut av faget.

Den praktiske arbeidsmetodikken med løsning av problemer i grupper er de fleste både kjent og fornøyd med. Det at man i tillegg får individuelle oppgaver som også vurderes individuelt trekkes fram som positivt, selv om ikke alle føler at de lærte så mye innen fagretningen som de hadde ønsket.

Samtaler med referansegruppen for TMM4155 denne våren gir mye av de samme resultatene. De har fått tilbakemelding fra studentene om at de ulike fordypningsretningene gir ulik undervisning og oppfølging, at det til tider er vanskelig å samarbeide når medlemmene av gruppene ikke er der samtidig eller har den samme bakgrunnskunnskapen. Det er allikevel verdt å nevne at responsen etter endt semester i år har vært betraktelig mer positiv enn tidligere år, og at flere av studentene virker mer tilfreds med faget enn tidligere årskull, se Vedlegg 2 for mer utfyllende informasjon.

#### **2.2.4 Om evalueringen**

Det er klart at tilbakemeldingen på faget varierer fra person til person og fra år til år. I år var det flere studenter som var fornøyd med faget enn i fjor, og årsakene til dette kan være tilpasning av faget, oppgavene studentene har løst, sammensetning av grupper eller andre ting. Faglærer erfarer også at det er store variasjoner fra år til år med tanke på hva studentene mener fungerer og hva faglærer mener fungerer.

### 3 CAE-kunnskap og ønsker for et nytt TMM4155

#### 3.1 Undersøkelsen

##### 3.1.1 Statistisk gyldighet

For å kartlegge hva studentene mener de ville hatt bruk for å lære innenfor CAE før de begynte med prosjekt- og masteroppgave er det gjennomført en nettbasert undersøkelse. Målgruppen for undersøkelsen er studentene som gjennomfører prosjekt- og masteroppgaver høsten 2012 og våren 2013, altså den samme målgruppen som vurderingen av dagens TMM4155 er basert på i forrige avsnitt.

For å sikre at en undersøkelse gir tilfredsstillende resultater bør man statistisk sett ha en maksimal feilmargin på +/- 10 % når man stiller et krav på 95% konfidensnivå. Det vil si at man kan si med 95 % sikkerhet at et gitt resultat vil variere med maksimalt 10 % (1).

Antall studenter som går i 5. klasse på Produktutvikling og materialer er i år 57 og antall studenter som har svart på undersøkelsen er 39. Dette gir følgende feilmargin

$$\begin{aligned} \text{Feilmargin} &= 1,96 * \sqrt{\frac{1,25}{\text{utvalg}}} * \sqrt{\frac{\text{populasjon} - \text{utvalg}}{\text{populasjon}}} * 100 \\ &= 1,96 * \sqrt{\frac{1,25}{39}} * \sqrt{\frac{57 - 39}{57}} * 100 = +/- 8,8 \% \end{aligned}$$

med et 95 % konfidensnivå, og dette er ansett for å være innenfor de krav man setter for spørreundersøkelser (1).

### 3.1.2 Spørsmål

Det første spørsmålet i undersøkelsen silte ut de som ikke har benyttet seg av CAE/FEA i prosjekt- og/eller masteroppgaven, se Figur 2. De som ikke har jobbet med CAE eller FEA i oppgavene sine kan heller ikke gi svar på hva som trengs av opplæring i TMM4155 til arbeidet med prosjekt- og masteroppgave.

Videre i undersøkelsen er det gitt valgalternativer for den kunnskapen de hadde før de startet på oppgaven, og så de samme valgalternativene for kunnskapen de ønsket de hadde før de startet med oppgaven. De har i tillegg til de gitte alternativene kunnet skrive inn andre temaer i feltet *annet*.

Til slutt er det gitt mulighet til å skrive i fritekst om det er noe spesifikt de mener burde endres eller bevares i faget TMM4155 med tanke på arbeid med prosjekt og masteroppgave. Dette presenteres som et eget avsnitt senere i kapittelet. Spørsmålene som ble stilt presenteres i Tabell 1. Svaralternativene er gitt på engelsk fordi dette er språket som benyttes i programmet og av studentene.

**Tabell 1: Spørsmål i undersøkelsen**

Kartlegging av ønsket kunnskap til prosjekt- og masteroppgave på PuMa
Bruk av CAE/FEA i oppgave
Benyttet du deg av CAE og eller FEA i prosjekt- og/eller masteroppgaven?
Ja
Nei
Kunnskap før prosjekt/master
Hvilke(n) av de følgende CAD-kunnskapene hadde du FØR du begynte på prosjekt/master?
Solid modeling
Surface modeling
Assembly
Tolerances
Kinematics/Dynamics (rigid body)
Drafting
Andre

---

Hvilke(n) av de følgende FEM-kunnskapene (modellering) hadde du FØR du begynte på prosjekt/master?

- Geometry abstractions (forenkling)
- Meshing (FEM)
- Assembly modeling
- Composite structures
- Material modeling
- Non-linear material meshing
- Andre

---

Hvilke(n) av de følgende FEA-kunnskapene hadde du FØR du begynte på prosjekt/master?

- Contact analysis (non-linear)
- Crash (non-linear)
- Dynamics
- Statics
- Multiphysics (Coupled Analysis: heat, flow, control...)
- Andre

---

Ønsket kunnskap før prosjekt/master

---

Hvilke(n) av de følgende CAD-kunnskapene skulle du ønske du hadde lært mer om før prosjekt/master?

- Solid modeling
- Surface modeling
- Assembly
- Tolerances
- Kinematics/Dynamics (rigid body)
- Drafting
- Andre

---

Hvilke(n) av de følgende FEM-kunnskapene (modeling) skulle du ønske du hadde lært mer om før prosjekt/master?

- Geometry abstractions (forenkling)
  - Meshing (FEM)
  - Assembly modeling
  - Composite structures
  - Material modeling
  - Non-linear material meshing
  - Andre
-



---

Hvilke(n) av de følgende FEA-kunnskapene skulle du ønske du hadde lært mer om før prosjekt/master?

Contact analysis (non-linear)

Crash (non-linear)

Dynamics

Statics

Multiphysics (Coupled Analysis: heat, flow, control...)

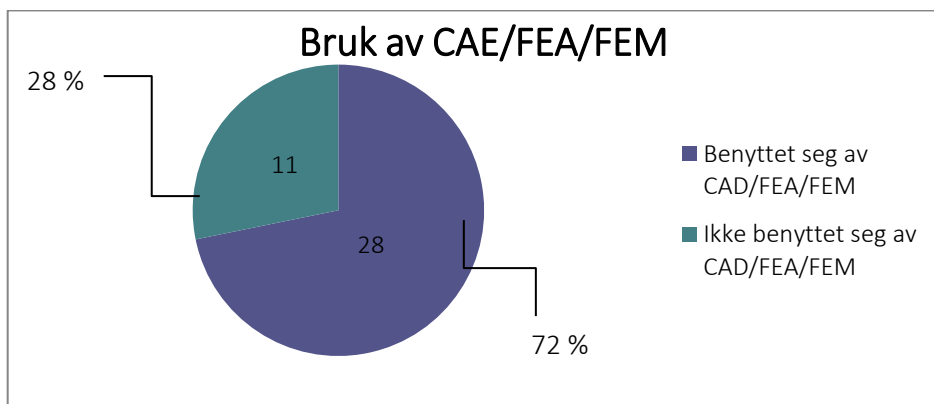
Andre

---

Er det noe du kunne tenkt deg at faget TMM4155 Produktutvikling og materialer (PuMa 8) tok for seg eller gjorde likt/annerledes som i dag med tanke på arbeid med prosjekt og master?

---

Av alle som har svart på undersøkelsen er det rundt 30 % som ikke har benyttet seg av CAE eller FEA i prosjekt- og masteroppgave, og disse er ikke tatt med videre i resultatene av undersøkelsen. Grunnen til dette er at målet med undersøkelsen er å kartlegge hva studentene etter endt master- og prosjektoppgave savner av kunnskaper i CAD og FEA/FEM etter å ha jobbet med oppgavene og opplevd hva de mangler i arbeidet.



Figur 2: Fordeling av studenter ut i fra bruk av CAD/FEA/FEM

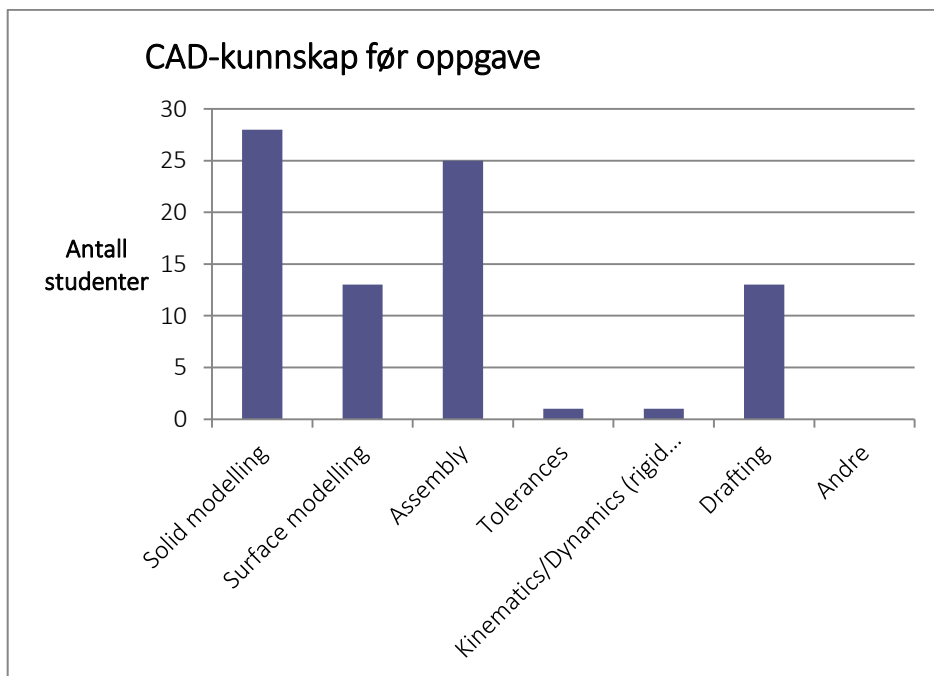
Som det fremgår av Figur 2 anvender størstedelen av masterstudentene på Produktutvikling og materialer en eller annen form for CAE-program i

arbeidet med prosjekt og/eller masteroppgave. Dette understreker behovet for å legge til rette for en god opplæring i dette faget før de starter på det siste året slik at de ikke trenger å bruke for mye tid på å lære seg programvaren.

Videre er det presentert hvordan fordelingen ble på de ulike spørsmålene. Hvert spørsmål vil presenteres med en graf over svarene, og en oversikt over eventuelle *andre* temaer som kom opp i undersøkelsen.

## 3.2 Kunnskap før oppgaveskriving

### 3.2.1 CAD-kunnskap før oppgave



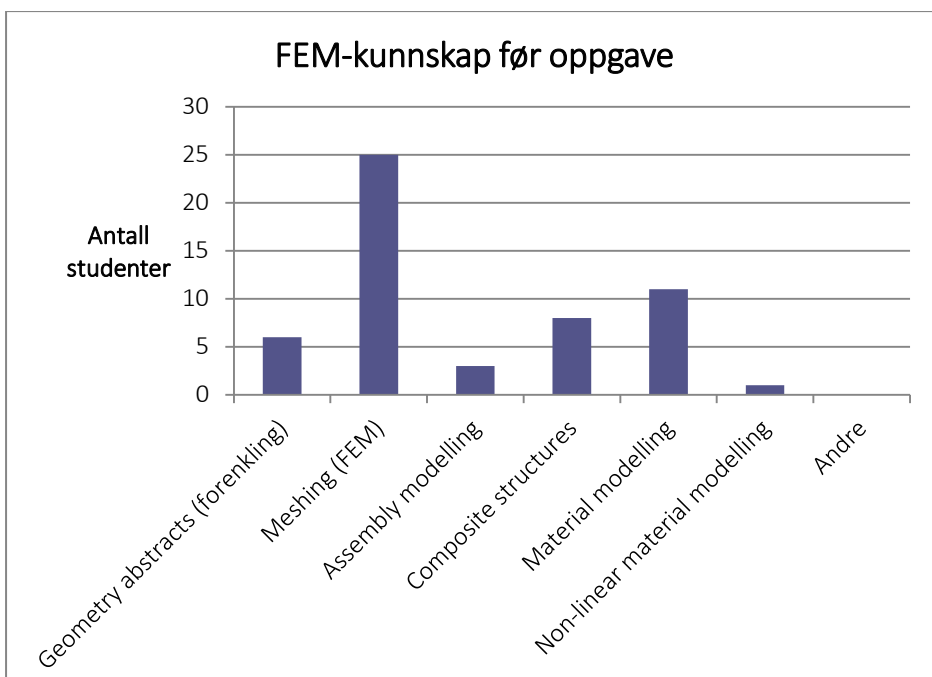
Figur 3: CAD-kunnskap før oppgave

28 av 28 (100 %) av de som jobbet med CAD i prosjekt og/eller master kunne bruke *solid modeling*, og 25 av 28 (89 %) kunne bruke *assembly*, og dette er naturlig ettersom det er dette man i størst grad bruker programvaren til gjennom studiet.

*Drafting* og *surface modeling* benyttes i varierende grad etter hvilket behov studentene har i oppgavene sine, og dette kan forklare at de ligger på 13 av 28 (46 %) begge to.

Både *tolerances* og *kinematics/dynamics* var det kun én person som kunne benytte seg av etter 4. året, så her er det sannsynlig at noen har lært det selv etter behov.

### 3.2.2 FEM-kunnskap før oppgave

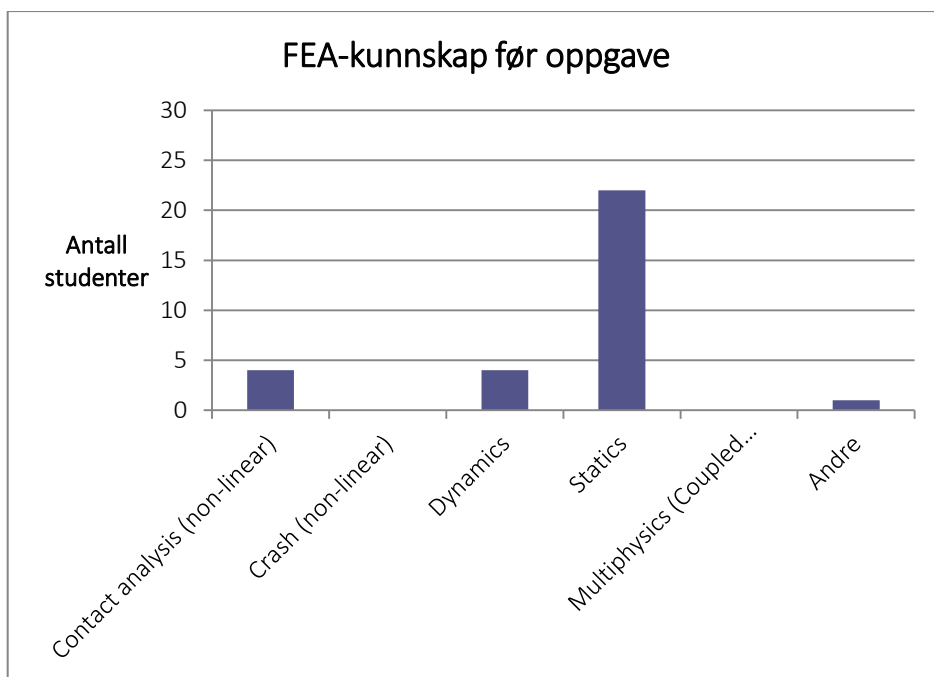


Figur 4: FEM-kunnskap før oppgave

Som det kommer fram av Figur 4 er det *meshing* som er det de fleste studentene kan. Det var hele 25 av 28 (89 %) av de som benyttet seg av CAE i oppgavene sine som kunne *meshing* før de startet. Dette er den grunnleggende faktoren i bruken av elementmetoden i CAE-verktøy, og er steget man må gjennom før man kan analysere modellene sine. Det er derfor et godt tegn at såpass mange kan dette før de starter i 5. klasse.

De resterende tallene varierer fra *material modeling* på 11 studenter (39 %) til *non-linear material meshing* på 1 student (4 %). Dette er relativt kompliserte metoder, og flere av disse er nok metoder studentene har lært seg i arbeid med spesifikke oppgaver, og ikke temaer som er blitt dekket av felles undervisning.

### 3.2.3 FEA-kunnskap før oppgave



Figur 5: FEA-kunnskap før oppgave

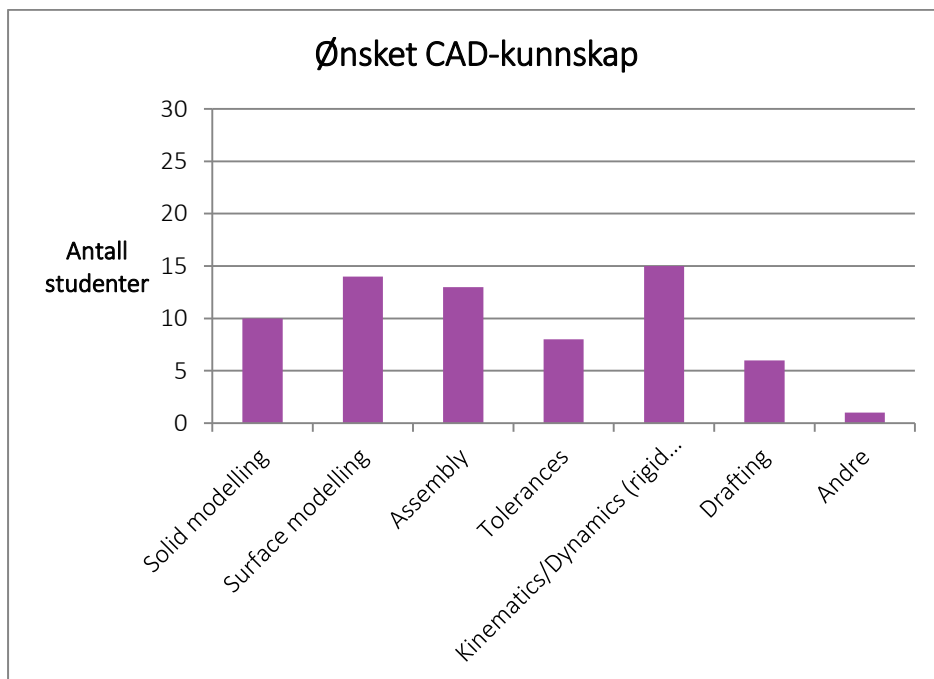
Etter endt modellering og meshing, påføres krefter og modellen testes for å se hvordan den deformeres og påvirkes av belastningen.

Av Figur 5 er det tydelig å se at det meste som analyseres er statiske problemer, og dette var det 22 av 28 (79 %) av studentene som behersket etter 4. året. Det er kun fire studenter (14 %) som kunne *dynamics* og like mange som kunne *contact analysis* og dette er nok varierende fra år til år etter hvilke prosjekter som er gjennomført i TMM4155 og andre fag.

Det som legges frem som forslag til *andre* i denne grafen er *aerodynamisk analyse*.

### 3.3 Ønsket CAE-kunnskap

#### 3.3.1 Ønsket CAD-kunnskap

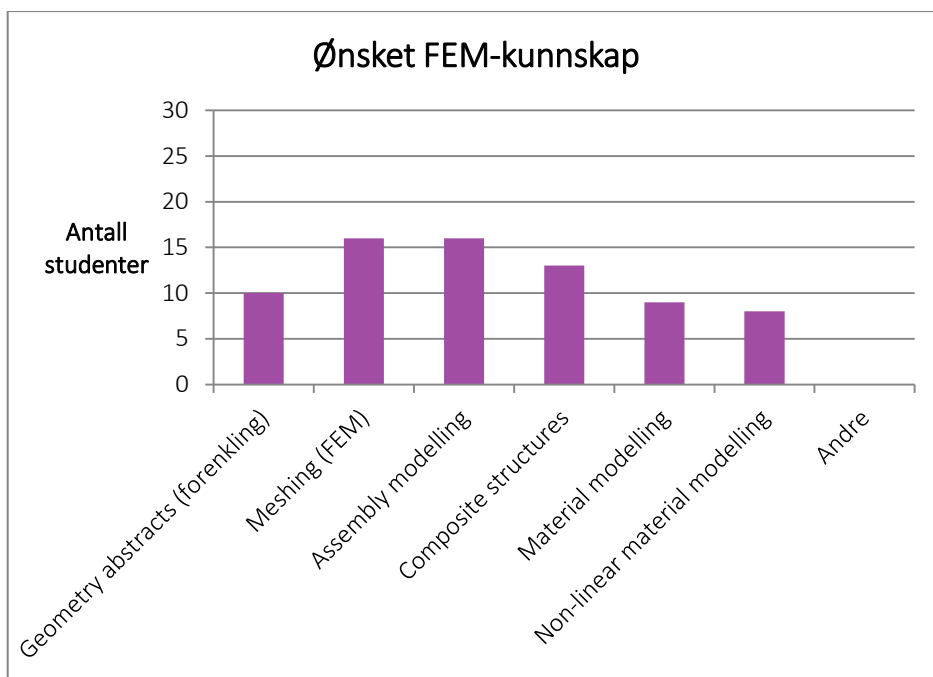


Figur 6: Ønsket CAD-kunnskap

Innenfor CAD-kunnskap er det mange som kan en del fra før, og i Figur 6 vises det at det er interessen for å lære seg dynamisk sammenstilling som er størst. Det er ikke så overraskende at *solid modeling* ikke får så høyt tall, da dette er noe studentene føler de kan og dermed lærer nok om i dag. *Kinematics* var det studentene hadde minst kunnskap om da de begynte på 5. året, og er det de aller fleste mener de bør lære mer om. Det er allikevel små marginer som skille de ulike verktøyene. Tallene varierer mellom 6 og 15 studenter (21 og 54 %) på det meste, så en bredere innføring i CAD ser ut til å være det studentene ønsker.

Det som legges frem som forslag til *andre* i denne grafen er *parameterisering*.

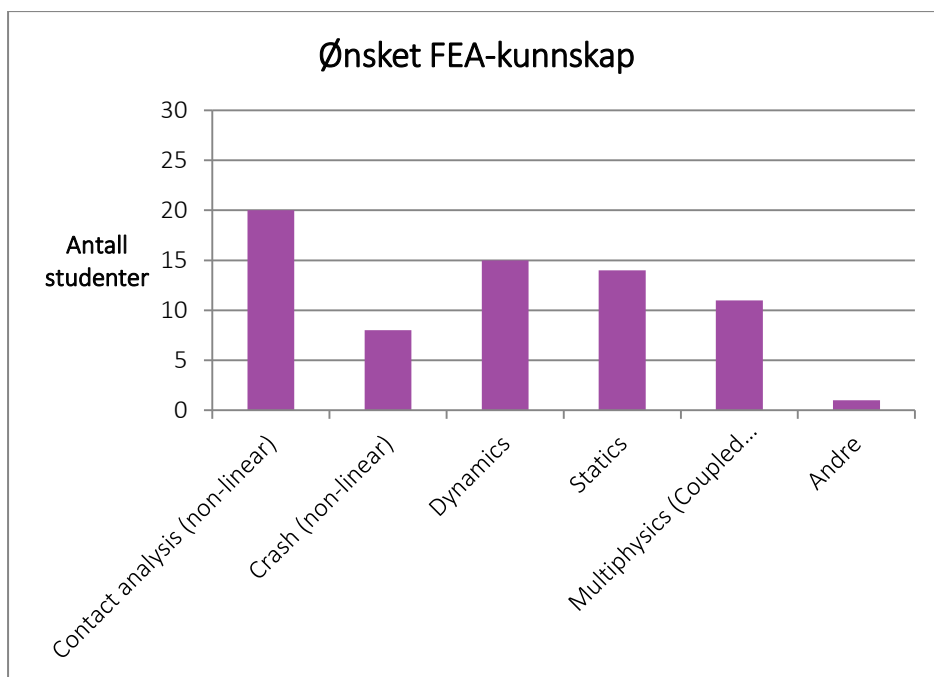
### 3.3.2 Ønsket FEM-kunnskap



Figur 7: Ønsket FEM-kunnskap

Som i tilfellet med CAD-kunnskap ser vi i Figur 7 at det er en jevn spredning mellom resultatene, selv om svarene her ligger litt høyere i antall, mellom 16 og 8. En likhet med resultatene fra spørsmålet om hvilken FEM-kunnskap de hadde fra før er at det er *meshing* som rager høyest, og det er flere som mener de har god kunnskap om dette enn som ønsker mer opplæring. Det kan bety at studentene er fornøyd med det de lærer om dette temaet i dag. *Assembly modellering* var det studentene kunne minst om fra før, og det er derfor naturlig at det er en del som ønsker å lære seg mer om dette. Det samme gjelder for *non linear material modellering*, enda tallene her er noe lavere.

### 3.3.3 Ønsket FEA-kunnskap



Figur 8: Ønsket FEA-kunnskap

Figur 8 viser en større spredning i resultatene enn de foregående spørsmålene. *Contact analysis* er ønsket av en større del av studentene (20 studenter), og dette er noe kun få mener de kan noe om fra før (4 studenter). Det var ingen av studentene som mente de hadde noen kunnskap om *crash* og *multiphysics*. Dette er komplekse analyser å arbeide med og det er spennende at flere ønsker å lære mer om dette feltet. I *statics* ser vi at det er flere som mener de har god kunnskap om dette fra før (22 studenter) enn de som mener de trenger å lære mer om det (14 studenter), noe som tyder på at nivået på opplæringen av dette er tilfredsstillende i dagens fag.

Det som legges frem som forslag til *andre* i denne grafen er *optimization analysis*.



### **3.4 Tilbakemeldinger på TMM4155 med tanke på prosjekt- og masteroppgave**

Mye av tilbakemeldingen på hva TMM4155 kan bidra med å forberede studentene på det avsluttende året var å gi dem en oversikt over hvilke muligheter man har tidlig i faget. Flere har kommentert at de ikke er klar over alle mulighetene man har med CAE-programmer og at undersøkelsen de gjennomførte ga en oversikt over muligheter de ikke visste om eller visste hva var.

Det ble ytret et ønske om kursing i samtlige av de ulike områdene av CAE i starten av faget, så kan man benytte semesteret til å lære seg disse. De som har kommentert er enige i at opplæringen og kursingen burde skje tidlig så man kan benytte seg av dette utover i faget og la kunnskapen få modnes.

Igjen kommenteres det at tredelingen av dagens fag ikke er hensiktsmessig fordi studentene ønsker å lære seg alle mulighetene man har ved bruk av CAE-verktøy og ikke bare de som gjelder innenfor en retning. Det ble også foreslått å utvide undervisningsdelen så man ikke trenger så stor grad av selv-læring av programvare som det er i dag, men heller ha mer opplæring i bruken av verktøyene.

### **3.5 Oppsummerte resultater**

Kort oppsummert viser resultatene fra undersøkelsen at kunnskapen i dag er mer konsentrert om enkelte temaer, samtidig som studentene ønsker mye bredere og jevnere fordelt kunnskap. Det er ønske om å lære mer om alle verktøyene programvaren har å tilby, og å få jobbe med dette gjennom hele semesteret for å lære seg bruken av verktøyene godt.

## 4 Faglig innhold i nye TMM4155

### 4.1 Faglig grunnlag

For å definere hva som skal være det faglige innholdet i det nye TMM4155 er det tatt utgangspunkt i tilbakemeldingen fra studenter og faglærer med hensyn til de delene av faget studentene ønsker å lære mere om og hvilke oppgaver og case faglærer mener er hensiktsmessige.

Faget skal baseres på praktiske anvendelser av analyseverktøy for å gi studentene en grundig opplæring i produktutvikling. Det legges derfor opp til en casebasert undervisning med en problembasert vinkling. Det er valgt å gå vekk fra ordningen med at studentene velger én av tre fagretninger og heller fokusere på en helhetlig undervisning der alle lærer det samme. Den tredelte undervisningen er ett av punktene med klarest tilbakemelding om at ikke fungerer, hverken på det faglige eller det organisatoriske planet. I tillegg ønsker studentene å kunne lære mer om alle funksjonene CAE-verktøy har å tilby, og ikke måtte begrense seg til én av tre spesifikke retninger.

Det vil også gis en teoretisk opplæring for hver av casene og problemene studentene skal løse i faget. Dette kapitlet vil gjennomgå det faglige innholdet og forslag til case som dekker det man ønsker at studenten skal lære.

### 4.2 Faglige mål

#### 4.2.1 Bakgrunn for målene

Noe av tilbakemeldingen på dagens fag gikk på at målene med faget var uklare. Studentene har vært usikre på hva man egentlig skal lære i faget, og når alle jobber med vidt forskjellige oppgaver innenfor tre ulike fagretninger er det vanskelig å legge til rette for tydelige mål som alle kan følge. I tillegg er flere av dagens fagmål ikke lenger aktuelle da de ikke representerer de faktiske målene faglærer jobber etter, og dette skaper ytterligere forvirring.

Det nye faget vil derfor ha tydelige mål som formidler hva som forventes av studentene, innholdet i faget og faglig utbytte. Det er lagt vekt på tydelige mål som er enkle å forstå, samtidig som de gir studentene en ide om hva som forventes av dem i faget.

#### **4.2.2 Faglige mål i det nye TMM4155**

De nye faglige målene er utarbeidet i samsvar med faglærer. Det er lagt fokus på færre og mer konkrete mål for å gjøre dem enkle å forstå og arbeide mot.

##### ***Kunnskapsmål***

Studentene skal ha kunnskap om:

- hvilke funksjoner i verktøyet som skal benyttes for å kunne løse ulike engineering-problemer
- teorien som ligger til grunn for de ulike verktøy og funksjoner for å kunne ta de rette valgene og forstå resultatene og kunne vurdere disse

##### ***Ferdighetsmål***

Studentene skal kunne:

- benytte CAE-verktøy for å løse komplekse engineering-problemer.

##### ***Generelle mål***

- faget ønsker å formidle avansert engineering på en måte som gjør det enkelt å forstå

## 4.3 Pensum og teoretisk grunnlag

### 4.3.1 Generelt om pensum

Det nye faget vil bygge på de tidligere obligatoriske emnene TMM4110 Maskindeler og TMM4135 Dimensjonering, og vil ta opp temaer fra disse fagene samt andre relevante temaer knyttet til bruken av CAE-programmer. Faget har som mål å være et verktøyfag, hvor et definert pensum vil endres med hvilke case som er aktuelle fra år til år. Det er derfor ikke mulig å beskrive et gitt pensum i faget, men det vil bli gjennomgått relevant teori til hvert tema casene tar opp.

De følgende fagene oppsummerer mye av det studentene har lært tidligere i utdannelsesløpet, samt at det danner et nødvendig grunnlag både for forståelsen og bruken av elementmetoden i CAE-programmet, samt den mekaniske forståelsen som trengs i konstruksjon og testing av modeller.

### 4.3.2 Teoretisk grunnlag: TMM4110 Maskindeler

I Maskindeler lærer studentene om maskindynamikk som fjærende oppstilte maskiner, torsjonssvingninger, kritiske turtall, statisk og dynamisk balansering. Det er også fokus på mekanismer og transmisjoner som skruemekanismen, tannhjul og tannhjulsveksler, bremses og clutcher, lager og press- og krympeforbindelser (2).

Målet med faget er å gi studentene kunnskap om funksjonen hos noen vanlige maskindeler utforming, løse dimensjonerings- og konstruksjonsoppgaver for disse, etablere strukturelle og dynamiske modeller for mekanisk oppførsel og velge fornuftige design- og konstruksjonsløsninger. Faget bygger på studentenes grunnleggende kunnskap fra fag som matematikk, fysikk, mekanikk, statikk, fasthets- og materiallære og design og engineering av virkelige komponenter. Etter endt kurs er målet at studentene skal ha de nødvendige forutsetningene til å evaluere resultater fra mer avanserte numeriske analysemetoder som Finite Element Method (2).

### 4.3.3 Teoretisk grunnlag: TMM4135 Dimensjonering basert på elementmetoden

I Dimensjonering lærer studentene teorien bak utmattingsberegninger. Det er fokus på elementmetoden, og man ser på elementanalyser av blant annet sirkulære plater, sylinderskall, element- og systemmatriser for bjelker og skiver og ulike elementkrav og feilestimering (3).

Det er et mål at studentene skal ha en grunnleggende teoretisk forståelse av elementmetoden og ha kunnskap om metodikk for utmattingsberegninger. De skal kunne sette opp og løse enkle rammekonstruksjoner ved bruk av elementmetoden og håndberegning, og kunne trekke slutninger basert på analyseresultatene. I sammenheng med den teoretiske tilnærmingen til fagstoffet er det et mål at studentene skal kunne utføre enkle spenningsanalyser både ved hjelp av elementmetoden og ved analyseverktøy som NX Nastran (3).

## 4.4 Caseforslag

### 4.4.1 Om casene

Innholdet i casene vil kunne endres ettersom temaene som skal undervises endres, og det er mulig å tilpasse casene slik at de bygger mer eller mindre på hverandre. Det gir muligheter til å skape sammenhenger mellom oppgavene, eller å legge opp helt individuelle oppsett etter hva faglærer anser som hensiktsmessig. Ved å få inn relevante case fra industrien i oppgavene kan man knytte dem til besøk og gjesteforelesninger fra ingeniører som er ute i jobb, og man sikrer en tilknytning til næringslivet for studentene.

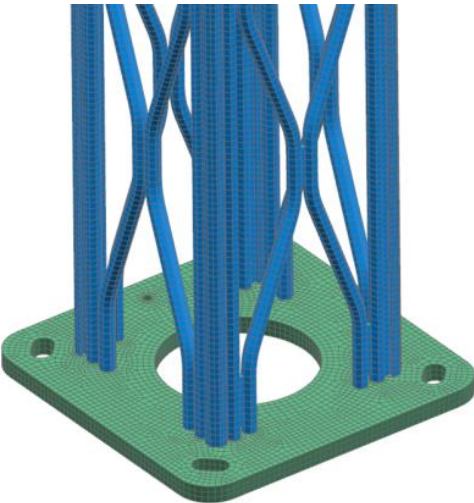
Ved å legge opp til case-basert oppgaveløsning vil man kunne variere case for å sikre at de er relevante. Det er mulig å tilpasse oppgavene til nye ideer og problemstillinger som er nyttige for studentene å kunne løse, og etter studentenes ønsker. Dette gir en fleksibilitet i faget som gjør at innholdet kan holdes relevant fra år til år og det blir engasjerende både for studenter og foreleser.

Det er viktig å understreke at målet med en case- og problembasert undervisning er at man skal lære seg metoder gjennom arbeid med problemer der man benytter metodene til å løse de gitte problemene. For å klargjøre for studentene de ulike metodene man benytter i hvert case kan dette legges frem i caset, men det er ikke et mål å jobbe med de ulike verktøyene hver for seg.

Under følger en presentasjon av aktuelle case som er knyttet opp til relevant teori og resultatet av undersøkelsen blant studentene på femte året på PuMa.

Det er gjort et forsøk på å ta inn flere av temaene fra undersøkelsen i hvert case slik at man får arbeidet med emnene på ulike måter og dermed lært seg metodene med ulik vinkling. Alle temaene er representert i casene, men i noe ulik grad da ikke alle naturlig lar seg flette inn i en sammenheng.

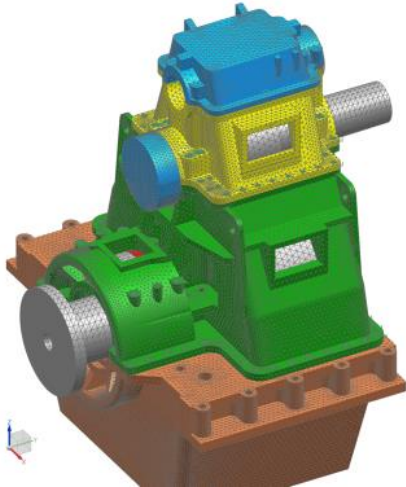
#### 4.4.2 Optimal modellering og meshing av veimaster

Case	Veimast
<b>Om</b>	<p>Raske 64 bit prosessorer og iterative <i>solvere</i> har gjort elementanalyser i CAE-programmer veldig effektive, samtidig som størrelsen på modellene man kjører analysene på har ekspandert kraftig de siste årene. Ingeniører bruker stadig mindre tid på å optimalisere elementmodeller og kjører gjerne helt unødvendig mange analyser. Elementmetoden har derfor ikke gitt ønsket effektivisering av produktutvikling de siste 10 – 20 årene, og dette er noe TMM4155 ønsker å ta tak i.</p>
 A 3D finite element analysis (FEA) mesh model of a mast and base plate. The mast is shown in blue and consists of several vertical poles connected by cross-bracing. The base plate is shown in green and is a square plate with a central circular hole and four smaller circular holes at the corners. The entire structure is discretized into a mesh of small elements.	
<p>Figur 9: Veimast og fotplate</p>	
<b>Mål</b>	<p>Oppgaven vil ta for seg følgende temaer:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Forenkling og idealisering av mastens geometri</li><li>2. Valg av rett elementtype og størrelse til de ulike delene av mastene</li><li>3. Optimalisering av elementkvaliteten ved hjelp av <i>mesh seeding</i> eller <i>mesh control</i></li><li>4. Korrekt meshing av sammenkoblede elementmodeller ved hjelp av verktøy som <i>mesh mating</i>, <i>spot welds</i> og lignende</li><li>5. Postprosessering med uthenting og tolking av resultater</li></ol>

<b>Teori</b>	Det blir gitt en repetisjon av numerisk integrasjon fra TMM4135 Dimensjonering Grunnkurs og en rask teoretisk gjennomgang av de mest brukte elementtyper. Meshet er representasjonen av elementmetoden, hvor hvert element representerer en enkel form som overfører stivhet, krefter og forskyvning (4).
<b>Verktøy</b>	CAD: Solid modeling FEM: Meshing, geometriforenkling FEA: Contact analysis, statics
<b>Annet</b>	



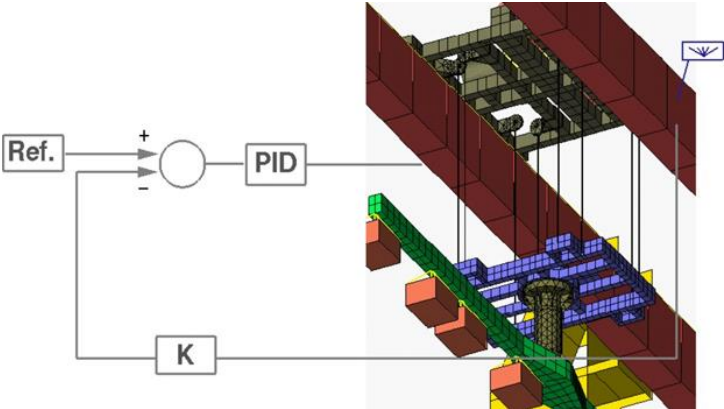
### 4.4.3 Assembly-modellering og simulering av girboks

Case	Girboks
<b>Om</b>	<p>Valgfri girboks fra båtmotorprodusenten Rolls Royce, bilprodusenten Ferrari eller MC-produsenten Triumph Rocket.</p> <p>Lineære FE-analyser av enkeltkomponenter er blitt enkelt å utføre for designere, men modellering av sammenstillinger av flere komponenter kan være langt mer komplisert å få til. I en sammenstilling må man definere grensebetingelsene mellom de sammenstilte delene før man gjennomfører en analyse på objektet.</p>
	 <p>The image shows a 3D CAD assembly model of a gearbox. It consists of several components: a blue top housing, a yellow middle housing, a green main housing, and a brown base. A grey cylindrical shaft is visible on the right side, and a grey gear is visible on the left side. The model is rendered with a semi-transparent mesh overlay, indicating it is used for finite element analysis.</p>
<b>Mål</b>	<p>Studentene skal lære å modellere følgende:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. En CAD-sammenstilling som skal forenkles og analyseres</li><li>2. Et sammenstillings-mesh assosiert med en CAD-sammenstilling</li><li>3. Forspente boltforbindelser og andre grensebetingelser</li><li>4. Kontaktflater og lager med fordelte lagerkrefter</li></ol>

Figur 10: Sammenstilling av girboks


<b>Teori</b>	Det blir gitt en innføring i lineære, og muligens ikke-lineære, kontaktanalyser og en repetisjon av boltberegninger fra TMM4112 Maskindeler.
<b>Verktøy</b>	CAD: Assembly, tolerances, drafting FEM: Assembly modeling FEA: Contact analysis
<b>Annet</b>	

#### 4.4.4 Dimensjonering av løfteutstyr

Case	Løftekran
<p><b>Om</b></p>	<p>Hvordan kan sikkerheten, levetiden og effektiviteten til en kran økes samt lastekapasiteten optimaliseres? Virtuell testing av aktiv damping, alternative wireoppheng og materialer i kranbjelker kan bidra til at lastebåter kan redusere liggetiden ved havnene ved at kranene blir mer presise.</p> <p>Det skal jobbes med en lett modifisert travers kran fra Munck Cranes.</p>
	
<p>Figur 11: En løftekrans elektromekaniske system</p>	
<p><b>Mål</b></p>	<p>For å finne det ut skal studentene lære:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Modellering av kranens elektriske og mekaniske system (aktivt tilbakekoplet system)</li> <li>2. Dynamisk simulering og optimalisering av løfteoperasjoner (aktiv damping)</li> <li>3. Modellering av utmatting (FLS) og bruddlaster (ULS/ALS)</li> <li>4. Dimensjonering av kranbjelker mot utmatting (FLS) og brudd (ULS/ALS)</li> <li>5. Pålegging av strekkklapper og sprølakk for utmattingsanalyser</li> <li>6. Optimalisering av wireoppheng</li> </ol>

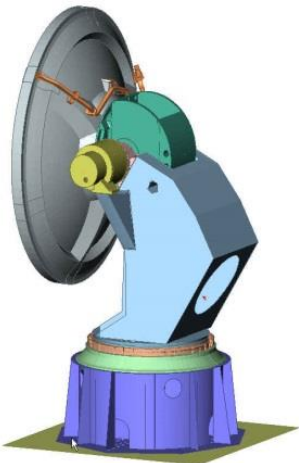
<b>Teori</b>	Det blir gitt en introduksjon til FEA basert utmatting med bakgrunn i TMM4135 Dimensjonering mot utmatting. Det vil og fokuserer på elektromekaniske forbindelser og hvordan man gjennomfører simulering av dette.
<b>Verktøy</b>	CAD: FEM: Meshing FEA: Dynamics, multiphysics
<b>Annet</b>	Dette caset gir mulighet for implementering av fysisk og praktisk testing av blant annet strekkklapper.

#### 4.4.5 Systemer med friksjon og demping i romfart

Case	Ozonmåler
<b>Om</b>	<p>Romfartsorganisasjonen ESA slet med instrumentet GOMOS som nå foretar ozon-målinger fra satellitten ENVISAT. Prototypen ble skadet under testing og reparasjonene kostet mer enn 10 millioner NOK. De kunne spart de pengene om de hadde gjort denne øvingen og kjøpt en litt dyrere elektrisk motor med <i>back electromotive force</i> (EMF) som koster 100 NOK mer</p>
	 <p data-bbox="376 1047 672 1075">Figur 12: Ozonmåleren GOMOS</p>
<b>Mål</b>	<p>Studentene skal gjennom modellering og simulering lære å:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estimere strukturell demping basert på målinger (masse- og stivhetsproporsjonal demping)</li> <li>2. Modellere og teste ikke-lineære friksjonseffekter i ledd og lager samt se hvordan disse kan påvirke stabiliteten til et elektromekanisk system</li> <li>3. Utnytte elektriske komponenter til å stabilisere dynamikken (Back EMF)</li> </ol>
<b>Teori</b>	<p>Det blir gitt en teoretisk opplæring i elektrisk (back EMF) og FE-basert demping i tids og frekvensplanet, med fokus på praktiske anvendelser. Det blir også vist hvordan man estimerer masse- og stivhetsproporsjonal demping basert på målinger av dempningen til to ulike svingemoder.</p>

<b>Verktøy</b>	CAD: Solid modeling, Kinematics/Dynamics FEM: Meshing FEA: Dynamics, contact analysis
<b>Annet</b>	Elementmetoden er generelt svak når det gjelder modellering og simulering av demping og friksjon. Det opereres derfor med relativt store sikkerhetsmarginer for godkjenning av utstyr påkjent av dynamiske krefter og store bevegelser. For å regne på problemer som dette brukes et program, for eksempel FEDEM, som har sin styrke på dette feltet. Her kan det imidlertid være en utfordring å estimere parametere som brukes av friksjonsmodellene.

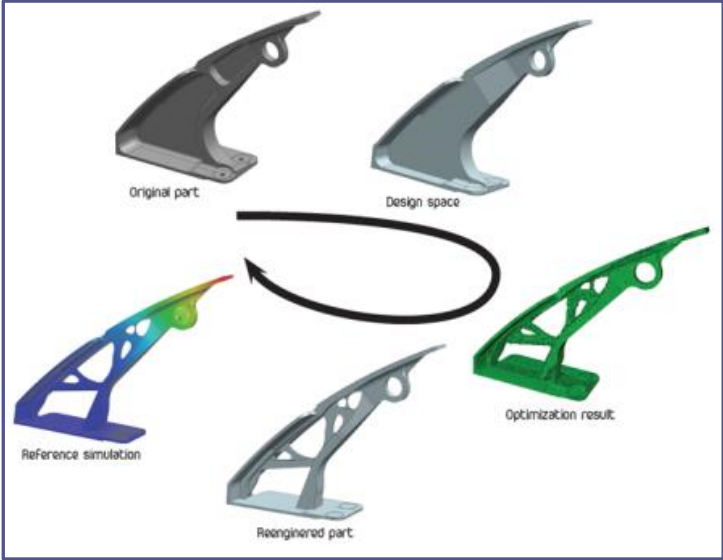
#### 4.4.6 Eliminering av responsproblemer i militær radar

<b>Case:</b>	Radar
<b>Om</b>	En “maskert” utgave av en radar som ble designet og optimalisert for de nye norske fregattene sliter med resonansproblemer. Radaren er en del av et forsvarssystem som skal gi innkomne fly varsel om at de er oppdaget, og at om de ikke snur så vil de bli beskutt.
	
<b>Mål</b>	<p>Studentene skal lære å fjerne risikoen for resonans i et elektromekanisk system på to ulike måter:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rekonstruere strukturelle komponenter slik at alle egenfrekvenser flyttes utenfor motorenes båndbredde</li> <li>2. Implementere ett notch-filter slik at motorene ikke eksiterer resonansfrekvenser innenfor styresystemets båndbredde</li> </ol>
<b>Teori</b>	Det blir gitt en teoretisk opplæring i beregning av egenfrekvenser og tilhørende svingformer basert på vektoriterasjon.
<b>Verktøy</b>	<p>CAD: Solid modeling, surface modeling, Kinematics/Dynamics  FEM: Assembly modeling  FEA: Dynamics</p>

**Annet** Resonansproblemer i mekaniske systemer er et problem fordi det fører med seg uønsket støy, vibrasjonsbevegelser, dårlig komfort og i verste fall utmatting og utmattingsbrudd i mekaniske komponenter. For å unngå uønsket resonans kan systemet analyseres med elementmetoden i utviklingsfasen og dermed fjerne årsaken til at problemet oppstår i utgangspunktet.

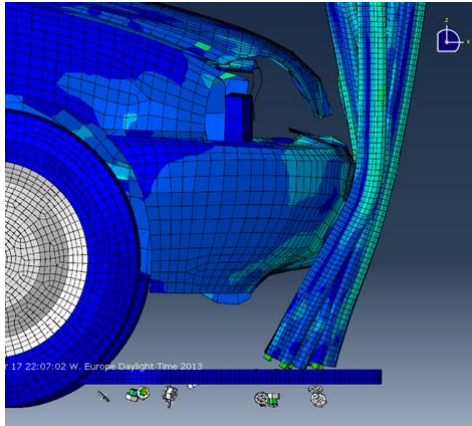


#### 4.4.7 Optimalisering av svingarm

Case	Svingarm
<b>Om</b>	Elementmetoden er et svært nyttig verktøy når man kan bruke den, men i tillegg til å kunne utføre analyser må ingeniører også kunne tolke resultatene og foreta de rette endringene på designet for å nå kravspesifikasjonene. De siste årene har CAE/FEA-programmer implementert såkalte <i>shape</i> - og topologi-optimalisering som kan automatisere deler av denne prosessen.
	
<b>Figur 13:</b> Optimalisering av svingarm	
<b>Mål</b>	Studentene skal lære å sette opp slike optimaliseringsprosesser med fokus på: <ol style="list-style-type: none"><li>1. Valg av designvariable (CAD dimensjoner)</li><li>2. Valg av designmål og kravspesifikasjon</li><li>3. Valg av grensebetingelser</li><li>4. Spesifisering av numeriske parametere</li></ol>

<b>Teori</b>	Det blir gitt en teoretisk innføring i de mest brukte optimaliseringsmetoder og en vurdering av ulike programmer som NX, ABAQUS og ModeFRONTIER.
<b>Verktøy</b>	CAD: Tolerances FEM: Geometry abstractions, meshing, composite structures FEA: Static simulation
<b>Annet</b>	<i>Shape-</i> og topologi-optimalisering er funksjoner som kan automatisere deler av prosessen med å fjerne overflødig materiale, og allikevel beholde den påkrevde styrken i modellen. Det programmet gjør er å analysere modellene, og så fjerne overflødig materiale der man ikke opplever spenninger som er over en gitt nivå. Dermed beholder man de delene som gir styrkebidrag, men fjerner materialet som ikke bidrar.

#### 4.4.8 Kræsjsimulering

Case	Bilkræsje
<b>Om</b>	<p>Standardbilen for testing av trafikksikkerhet langs vei i Norge er Ford Fiesta. Ved å kræsje denne inn en vegmast vil studentene dokumentere om masten kan godkjennes av Vegdirektoratet. FE-basert kræsjsimulering har blitt ett særdeles viktig verktøy i bilbransjen i de senere årene. Sikkerheten til passasjerer i moderne biler har økt drastisk og ingen vil lenger kjøpe biler med mindre enn 5 stjerner i den europeiske standarden for veisikkerhet (NCAP testen).</p>
	 <p>Figur 14: Kræsjsimulering av Ford Fiesta og trafikkmast</p>
<b>Mål</b>	<p>For å kunne vurdere effekten av kræsjet skal studentene lære</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Viktige prinsipper for kræsje-modellering og eksplisitte simuleringer som massetetthet, elementstørrelse og lignende.</li> <li>2. Modellering av ikke-lineære material og boltforbindelser med rett energioptak</li> <li>3. Kræsjsimulering av en bil mot en veimast i 35 og 100 km/t</li> <li>4. Å beregne Acceleration Severity Index (ASI) og Theoretical Head Impact Velocity (THIV)</li> <li>5. Å hente ut resultater som viser hvorfor man ikke bør kjøre en liten og gammel bil.</li> </ol>

<b>Teori</b>	Det blir gitt en teoretisk innføring i programmet Abaqus Explicit og ikke-lineære materialmodeller.
<b>Verktøy</b>	CAD: Assembly, tolerances FEM: Meshing, material modeling, non-linear material modeling FEA: Crash, contact analysis
<b>Annet</b>	<p>Det som gjør kræsjsimulering så vanskelig er at man går vekk i fra de lineære materialmodellene og regner på ikke-lineære systemer.</p> <p>De lineære antakelsene man benytter seg av i fysiske beregninger er ofte kun valide i spesielle sammenhenger og gjerne i sammenheng med små tilfeller, som liten endring, små rotasjoner, liten temperaturendring osv. En ikke-lineær simulering gir en mer realistisk bilde på hva som skjer i et komplekst tilfelle der man har deformasjon samtidig som det påføres mer krefter, eller at et materiale endrer seg underveis i simuleringen (5).</p>

#### 4.4.9 Termiske analyser av bremseskive (koblet analyse)

Case	Bremseskive
<b>Om</b>	<p>Når en bremseskive utsettes for nedbremsing fra høye hastigheter ned til null utvikles det ekstreme termiske forhold og det oppstår store spenninger. Spenningene fra den termiske belastningen er betraktelig høyere enn den fra selve bremseklossene, og det er viktig å kunne regne på disse kreftene for å kunne dimensjonere bremseskivene og innfestingen.</p>
	 <p>Figur 15: Termisk effekt på bremsekloss</p>
<b>Mål</b>	<p>Studentene skal lære å kombinere metoder for å regne ut spenningene ved nedbremsing ved å:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Regne ut temperaturen ved nedbremsing</li> <li>2. Utlede spenningene som påføres fra bremseskiver og termisk belastning</li> <li>3. Påføre belastningen på bremseskivene for å kartlegge hvilken effekt varmeoverføringen har å si for material og form.</li> </ol>
	<p>Det blir gitt en innføring i hvordan å modellere og simulere koplete analyser</p>
<b>Verktøy</b>	<p>CAD: FEM: Meshing, material modeling FEA: Multi physics, contact analysis</p>
<b>Annet</b>	<p>I en koblet analyse utfører man oppgaven i flere steg. Si at man ser på en</p>

sveiseprosess og ønsker å finne ut hvilke spenninger dette påfører konstruksjonen. Først må man kjøre en termisk analyse for å finne temperaturene, deretter regne ut hvilke spenninger disse temperaturendringene fører til i modellen. Når man finner spenningene settes disse på modellen og det kjøres en egen analyse for å se hvordan modellen blir påvirket.

#### 4.4.1 Andre forslag

Det er noen av områdene som ikke dekkes like godt av casene i avsnittet over.

- Avansert flatemodellering
  - o Hvordan lære å designe og optimalisere klasse A flater for biler og båter
- Avansert *assembly modeling*
  - o Hvordan lære å designe og konfigurere store sammenstillinger

## 5 Mulige undervisningsmetoder til nye TMM4155

### 5.1 Pedagogiske metoder

#### 5.1.1 Innledende tanker

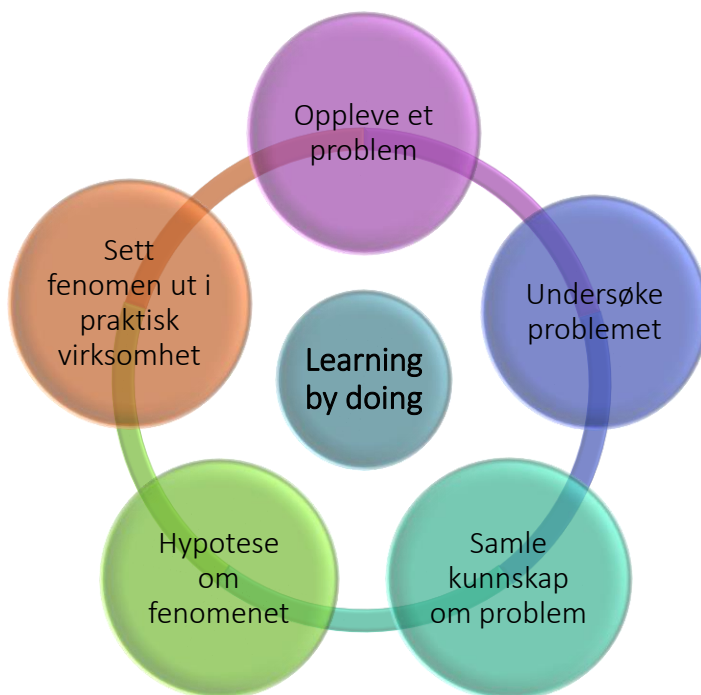
Den kontinuerlige utviklingen av ny teknologi og ny kunnskap om læringsprosesser gjør at det stadig dukker opp nye alternativer til dagens undervisning. Alternative undervisningsformer kan være med på å skape en bedre og mer lærerrik dialog og debatt mellom studenter og foreleser. Det kan gjøre undervisningen mer tilgjengelig og åpne for nye måter å tilegne seg informasjon og kunnskap på.

Dette avsnittet vil ta for seg ulike undervisningsmetoder som benytter internett og ulike teknologiske løsninger samt en oversikt over hvilke ITK-løsninger som finnes på NTNU i dag. I tillegg vil det ta for seg ulike pedagogiske metoder som kan legges til grunn for undervisningen i det nye TMM4155.

#### 5.1.2 Learning by doing – problemmetoden

Begrepet *learning by doing* kommer fra den amerikanske filosofen og pedagogen John Dewey som hadde sin storhetstid i skiftet mellom 1800- og 1900-tallet. På den tiden da Dewey selv startet på skolen var utdanning sett på som en øvelse i repetisjon og memorering med fokus på ren faglig kunnskap funne i bøker. Selv var Dewey også det man kan kalle noe gammeldags, men på ingen måte konservativ. Han ønsket å gå vekk fra puggingen og heller se til de tradisjonelle måtene barna lærte i hjemmet og på gårdene. Han så at i hjemmet fikk barnet stimulert sin nysgjerrighet som et resultat av samtaler og ved å utføre ulike prosjekter. Problemene ble løst ved å sette dem i en kontekst ved hjelp av undersøkelser og eksperimentering. Dewey mente at man kunne videreføre dette inn i skolen ved å gi en praktisk tilnærming til problemløsning med prøving og feiling der man lærer av erfaring (6).





Figur 16: Problemmetodens 5 trinn

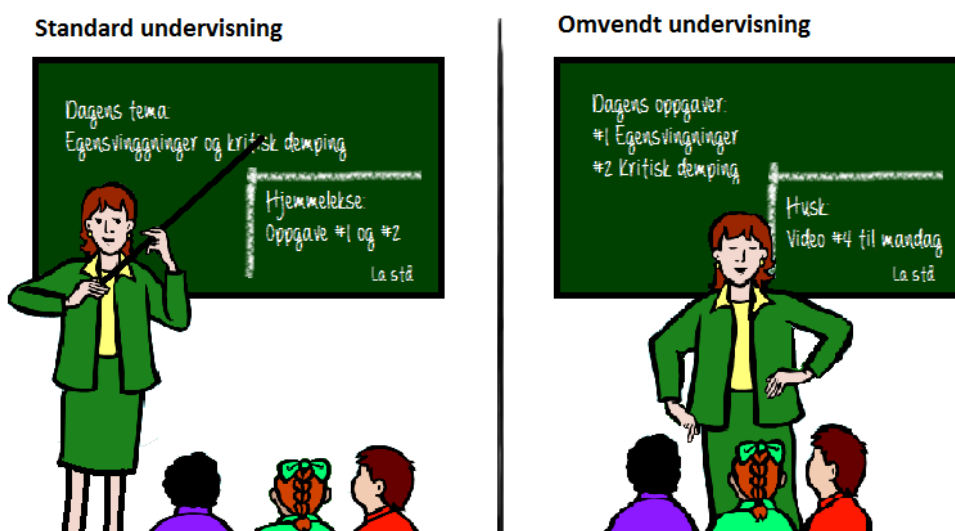
Deweys filosofi har hatt stor betydning for hvordan man praktiserte undervisning i det amerikanske skolevesenet, og derfra spredte den seg både til Europa og Asia. Undervisningsmetoden hans er ofte kalt *problemmetoden* og den støtter seg på Darwins teori om at ingenting er uforanderlig og at alt er i kontinuerlig endring ved at den hevder at både utvikling og læring er vekst. Ved å se lærestoffet og elevens egne erfaringer som en helhet i undervisningen vil man tilegne seg en dypere forståelse ved at man selv får testet ut teorien og sett i praksis hvordan det hele fungerer. Problemmetoden kan oppsummeres i 5 trinn, se Figur 16. Selv om Deweys startet sine tanker om undervisning og læring for godt over 100 år siden er metodene og filosofien hans høyst levende og i bruk den dag i dag (7).

I det nye TMM4155 vil problemmetoden kunne komme til uttrykk ved at studentene selv må prøve og feile i CAE-programmene og se hvilke effekter det de gjør har på modellene de til en hver tid jobber med. Dette vil gjøre

dem bevisst på hva som fungerer og hva som ikke fungerer, og gi dem eksplisitt erfaring med hvorfor de ulike temaene er viktige å forstå for å unngå store feil. Ved å gjennomføre oppgaver knyttet til spesifikke temaer vil de få inngående kjennskap til temaene og lære konkrete metoder for de ulike problemene med å gjennomføre oppgaver etter *learning by doing*-metoden etter en kort innføring i temaet.

### 5.1.3 Flipped classroom – omvendt undervisning

Et omvendt klasserom er et klasserom der lærer eller foreleser kan benytte tiden man har med studentene til å hjelpe dem med praktiske oppgaver og temaer de trenger ekstra hjelp til, mens leksene man skal gjennomføre hjemme er å gå igjennom det stoffet som tradisjonelt sett blir forelest om på tavla, illustrert i Figur 17.



Figur 17: Vanlig undervisning og flipped classroom

Begrepet *flipped classroom* oppsto i 2007 da to kjemilærere ved Park High School i Colorado kom over en programvare som gjorde det mulig å spille inn video som kombinerte med bilde, presentasjoner, lyd og notater som enkelt kunne distribueres. Dette førte til at de spilte inn undervisningen sin

direkte, og la den ut så elevene kunne se på den i etterkant. Tilbakemeldingen fra studentene var positiv, og de merket at videoene ble en god læringsressurs når elevene skulle gjøre lekser, for dem som av ulike grunner gikk glipp av forelesninger og når det ble tid for eksamenslesing. Den gode tilbakemeldingen fra elevene fikk de to lærerne på ideen om at man kunne prøve å la elevene se undervisningen hjemme og for så å frigi tiden på skolen til samhandling mellom lærere og elever, illustrert i Figur 17. Og dermed ble *flipped classroom* et fenomen. Det er viktig å huske på at det å bruke video i undervisningen ikke er det som definerer en omvendt undervisning, men det at man har teknologien tilgjengelig tillot den pedagogiske tilnærmingen med mer arbeid og veiledning i undervisningstiden (8).

Omvendt undervisning i dag krever at faget er godt strukturert online med god kvalitet på det materiellet som ligger ute på nettet. En dårlig forelesning blir ikke bra ved at den filmes. Et annet element som utgjør denne typen undervisning er tilbakemelding fra elever på hvilke emner de mestrer og hvilke de ikke føler seg trygge på. Da har foreleser mulighet til å gå gjennom temaer som flere sliter med i plenum, eller ta opp temaer med enkeltpersoner som trenger litt ekstra oppmerksomhet rundt ett tema (8)

Egen erfaring tilsier at mye av det som undervises i forelesningssaler på et universitet ofte følger en bok eller et kompendium som studentene uansett har tilgjengelig. Ved å lese i dette hjemme kommer man forberedt til undervisningen og kan utnytte den tiden man har med foreleser og veileder til å gå dypere ned i stoffet i form av øvinger og oppgaver og få hjelp til de mer komplekse problemene. Det er i dag tilsvarende løsninger på NTNU hvor man har øvingstimer med studentassistenter til stede for å løse øvingsoppgaver i forskjellige fag, men her har man ikke nødvendigvis videoer og læringsmateriell tilgjengelig online.

### 5.1.4 Massive Open Online Courses

Massive Open Online Course (MOOC) er kort forklart kurs og fag som er tilrettelagt for et stort antall deltagere på internett, gjerne gratis, og alle delene av undervisning og vurdering gjennomføres online. Det vil si at det i motsetning til mindre onlinekurs som har vært vanlig lenge, er disse fagene lagt opp til at over 100000 deltakere skal kunne ta kurset samtidig, og at man ikke har noen kontakt med foreleser (9). I USA har MOOC blitt veldig populært det siste året, og det finnes flere store plattformer som [www.coursera.org](http://www.coursera.org) og [www.edx.org](http://www.edx.org) med samlinger av åpne fag fra store og anerkjente universiteter som Stanford, MIT, Harvard og Berkeley, se Figur 18.



Figur 18: MOOC og samarbeidspartnere

MOOCene følger et strukturert opplegg som er basert på at man gjennomfører en ny modul hver uke, hvor hver modul har klart definerte læringsmål og –aktiviteter. Det er vanlig med flervalgstester underveis i modulene og informasjon formidles til studentene via et gitt pensum samt videoforelesninger (9). De ulike fagene har egne fagsider der man enkelt kan følge undervisning, gjennomføre prøver, finne pensum og diskutere med medelever, se Figur 19.

The screenshot shows the Coursera interface for the course 'How Things Work 1' by Louis A. Bloomfield. The page is titled 'How Things Work 1' and includes a navigation menu on the left with options like 'Home', 'About the Course', 'Course Schedule', and 'Suggested Readings'. The main content area features an 'Announcements' section with a 'Welcome to How Things Work!' message. The message includes a video link and text explaining the course's focus on case-study physics and its interactive nature.

Figur 19: Skjermdump fra coursera.org og faget How things work 1

En utfordring med kurs som formidles som MOOC er vurdering og tilbakemeldinger til deltakerne på kursene. Det å skulle gi tilbakemeldinger til over 100000 deltakere hver uke er en umulig jobb for en foreleser. I fag som krever mer enn flervalgsprøver som evaluering er det utarbeidet et system som kalles *peer review* (10). Peer review går ut på at hver student etter å ha levert inn en oppgave må evaluere et gitt antall av de andre deltakernes oppgaver før de kan få opp vurderingen av sin egen. For at dette skal være vellykket kreves det av kursene at det er klare evalueringskriterier til hver oppgave, og at deltakerne får helt klare retningslinjer for hvordan de skal gjennomføre evalueringen (9).

Et annet vanlig element i MOOC er deltagerens mulighet til å diskutere med hverandre på et online forum knyttet til faget. Her kan man stille spørsmål til dem som tar faget parallelt og man kan se på tidligere diskusjoner for å få hjelp og tilbakemeldinger. Deltakerne har mulighet til å gi poeng til diskusjonstrådene slik at man enkelt kan finne diskusjoner som flere

deltakere syns er spennende, og at foreleserne kan svare på de mest populære spørsmålene. Det er ikke vanlig at foreleser deltar i selve diskusjonene, men det er mulig å lede deltakerne på rett spor ved å legge ut relevante spørsmål og opprette aktuelle diskusjonstemaer (10).

Det er flere årsaker til at MOOC har blitt så populært de siste årene, og det er ikke kun undervisningsårsaker som har gjort dette. NTNU tjener, som mange andre universiteter, penger på etterutdanning, og ved å utvikle fag som i sin helhet ligger på nett vil man kunne benytte disse til den daglige undervisningen samt til etter- og videreutdanning og profilering mot næringslivet. MOOC gir universitetene mulighet til profilering både nasjonalt og internasjonalt, og er derfor en spennende måte å tiltrekke seg studenter fra hele verden. Ved at deltakerne tar enkeltkurs ved et universitet får de samtidig en introduksjon til de ulike gradene universitetene tilbyr. I USA har *American Council on Education* gitt en anbefaling om å gi gyldige studiepoeng til flere av fagene til coursera.org (11), noe som ytterligere vil hjelpe universitetene til å lokke til seg studenter. I tillegg gjør det at kursene er åpne for alle som er interessert i at man får kunnskap og forskning tilgjengelig for alle, uansett hvor de bor i verden (10).

I følge Coursera har flere av deres partnerinstitusjoner planer om å benytte seg av tilbudet deres til å utvide undervisningstilbudet sitt på campus til et mer aktivt et. MOOC gir universitetene mulighet til å flytte hele eller deler av undervisningen ut av klasserommet til et format som ofte er mer interaktivt og engasjerende (9). Det er mye spennende å hente fra MOOC med tanke på utvikling av nye fag. Selv om man ikke ønsker å gjøre hele faget nettbasert, kan man benytte MOOC til inspirasjon for deler av faget, og tilpasse dem så man får interaktive og spennende fag som engasjerer og involverer studentene mer.

## 5.2 Digitalt verktøy i undervisningen

### 5.2.1 Video

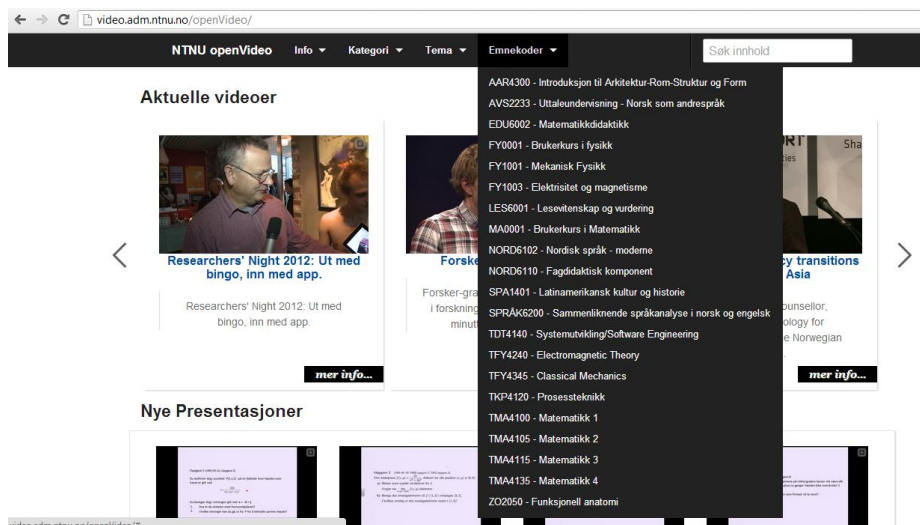
Måten vi i dag tilegner oss informasjon er i stadig endring takket være tilgangen på informasjon på internett. Summit Systems er et firma som formidler CAE-programmet NX i Norge, og de driver også med opplæring i bruken av programmet. De erfarer at unge mennesker i dag lærer seg bruken av programvaren helt annerledes enn tidligere, nemlig ved at de søker opp den informasjonen de trenger på internett raskt og enkelt, da særlig i form av videoer. Ett eksempel på dette er siden [www.nxportalen.no](http://www.nxportalen.no) som er utviklet av en student ved NTNU der det ligger ute lærevideoer som studentene kan søke på for å lære ulike funksjoner i programmet NX, se Figur 20.



Figur 20: Skjermdump fra [www.nxportalen.no](http://www.nxportalen.no)

Det ligger store mengder informasjon lett tilgjengelig på nettet, og en av de vanligste kanalene i bruk for rask, billedlig informasjon er korte videosnutter med læreprogrammer, eller såkalte *tutorials*. Det er mye raskere å søke på det aktuelle temaet man ønsker å lære seg, se en kort videosnutt som viser akkurat hva man skal foreta seg, for så å prøve på dette selv enn å lese seg opp på det samme temaet eller kontakte noen som kan det man lurer på.

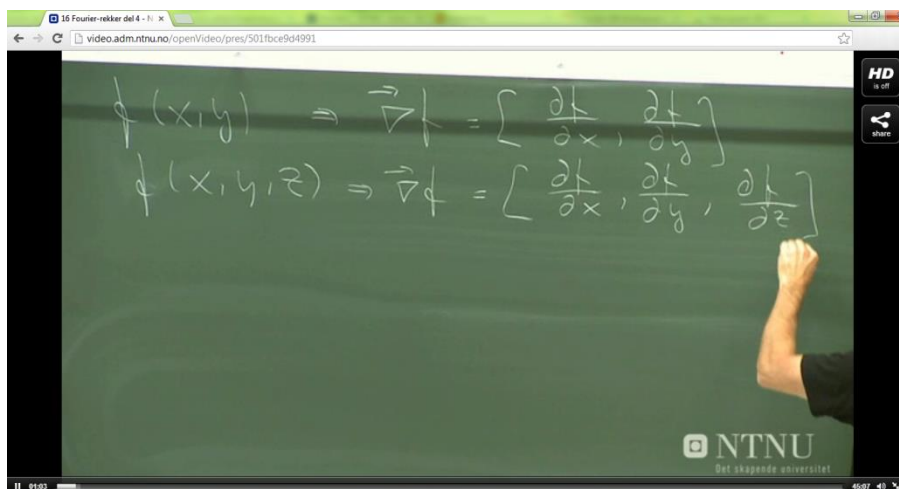
Flere fag ved NTNU tilbyr i dag hele forelesninger på nett for studentene enten de ikke deltok i den aktuelle forelesningen eller som repetisjon om det er noe de ønsker gjentatt. Multimediesenteret ved NTNU tilbyr videoinnspilling av forelesninger og legger disse ut på en egen samleside som er åpen og tilgjengelig for alle. Her kan man enkelt finne frem til de aktuelle fagene man ønsker å se videoklipp fra, og det er systematisk og oversiktlig, se Figur 21.



Figur 21: Skjermdump fra video.adm.ntnu.no/opencvideo

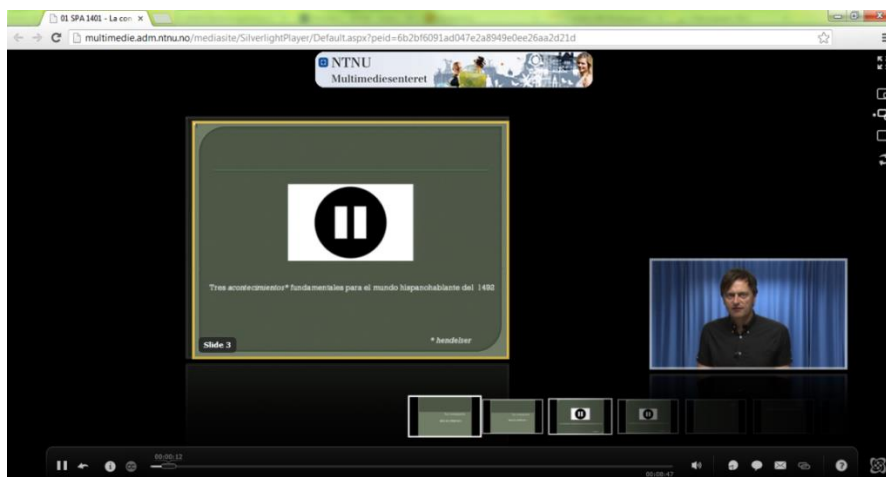
Det er mulig å filme både hele forelesninger direkte mens den foregår, spille inn på forhånd eller komme i studio og ta opp sekvenser der, se Figur 22.





Figur 22: Skjermdump fra video.adm.ntnu.no som viser en forelesning tatt opp i et auditorium

Det er også mulig å legge til opptak av notater og presentasjoner laget i Power Point eller lignende for å kunne presentere et komplett undervisningsopplegg ved hjelp av en toskjermsløsning, som vist i Figur 23.



Figur 23: Skjermdump fra video.adm.ntnu.no viser en toskjermsløsning

Filmene benyttes både som supplement i de fysiske forelesningene og på nett, som repetisjon på tidligere forelesninger og som erstatning for de fysiske forelesningene.

### 5.2.2 Student response systems

Det finnes en spennende mulighet til implementering av direkte tilbakemelding i undervisningen kalt Student Response System (SRS). SRS går ut på at man har direkte tilbakemelding fra studentene i undervisningen, via et internettbasert system som registrerer studentenes tilbakemeldinger og gir foreleser tilgang på informasjonene umiddelbart.

En spennende måte å benytte SRS til å sikre undervisningskvaliteten er å legge inn flervalgsspørsmål underveis, og vurdere om studentene har skjønnet det aktuelle temaet ut ifra hvor lang tid de bruker på å svare eller hvor stor feilprosent man får sammenlignet med tidligere år. Da kan foreleser sjekke om studentene har forstått temaet, og kan repetere de delene som studentene synes er vanskeligst (12).

Høgskolen i Sør-Trøndelag (HiST) begynte i 2009 å ta i bruk et egenutviklet SRS-system i undervisningen. De har opplevd at dette gjorde at studentene deltok mer aktivt i diskusjoner i forhold til i mer rett på sak-metodikk. Dette skyldes at de fikk sjansen til å danne seg en egen oppfatning av løsningen på problemet og i mindre grad ble overkjørt av sterkere medstudenter (13).

For å undersøke om innføringen av SRS hadde en reell plass i undervisningen og ikke bare var nok en døgnflue testet de to parallelle klasser av forkurset på HiST. Resultatet var at studentene var så positive til systemet at de ønsket å videreføre bruken til samtlige fag, også i ingeniørutdanningen. Studentene rapporterte at SRS gjør dem til aktive studenter i motsetning til passive tilhørere. De opplever også økt engasjement for faget, og føler at de lærer bedre, forutsatt at SRS brukes rett (14).

..

## 5.2.3 Itslearning

NTNU benytter seg av nettstedet itslearning (www.itslearning.com) til sine interne fagsider, se Figur 24.

Figur 24: Skjermdump fra dagens TMM4155 på itslearning

Her kan faglærer kommunisere med studentene ved å legge ut fagplan, oppgaver, lage diskusjonsforum, tester osv. og tilpasse fagsiden til det aktuelle faget, se Figur 25.

Figur 25: Skjermdump fra Itslearning

Ved å benytte seg av alle de mulighetene et slikt system gir, vil man kunne utvide studentenes involvering i faget gjennom faglige diskusjoner, spørsmål og tilbakemeldinger som alle kan ha glede av. Det er mulig å opprette egne fagsider der man legger til det man ønsker av videoer, foredrag, tilbakemeldingsskjemaer, tester og andre interaktive tillegg, og dermed kan man tilpasse Itslearning etter den bruken man ønsker.

Ulempen med systemer som Itslearning er mangelen på universell utforming av nettstedet. Navigasjonen kan oppleves som lite intuitiv for brukerne, strukturen er rotete og bygget opp med lite fleksibilitet og koden er laget på en måte som gjør det vanskelig for digitale hjelpemidler å lese det som presenteres. Derfor er det vanskelig å utforme fagsidene akkurat slik man ønsker, og man må holde seg innenfor de rammene Itslearning gir. Også med tanke på åpen og gratis kunnskap er Itslearning dårlig, og det er veldig restriktivt på hvem som har tilgang til kursmateriell. Dette gjør det vanskelig for potensielle studenter å sjekke ut emner de vurderer å ta, og å lage åpne fag som studenter kan følge uavhengig av linje og årstrinn (15).

#### 5.2.4 Undervisningslokalet

Lokalet faget TMM4155 undervises i er undervisningsrom VE22, et stort rom med bord beregnet på flere personer, datamaskiner og en skjerm til visning av presentasjoner og undervisning midt i rommet, se Figur 26. Det er et rom Multimediesenteret vurderer å utstyre med bedre tekniske løsninger, og de har allerede lagt planer for nytt utstyr til rommet. Godt teknisk utstyr er en forutsetning for å få multimediebasert undervisning til å bli effektiv.



Figur 26: Undervisningsrom VE22

Det kan settes opp for opptak, slik at man enkelt kan ta opp forelesninger om dette er ønskelig. VE22 er et rom som ofte brukes til undervisning av problem- og prosjektbaserte fag, og dette vil kunne gi de samme mulighetene i alle fagene der det er relevant med bruk av multimedia.

En mulighet er å utforme rommet slik at man har alt som trengs av kabler og trådløs kommunikasjon samlet på ett sted lett tilgjengelig for alle. Dette forutsetter at man arrangerer det slik at det er enkelt å få tilgang både til programvare og internett. Da kan man gjennomføre og eventuelt ta opp en forelesning, kommunisere med studentene til deres datamaskiner, dele skjermer så studentene kan vise det de har på skjermen på rommets fremviser og gjøre VE22 til et interaktivt og multimediebasert lokale.

### 5.2.5 IKT på NTNU

Høsten 2013 får NTNU en ny rektor, og det er allerede varslet at den nye rektoren, Gunnar Bovim, kommer til å kreve at NTNU utvikler en samlet digital strategi. Det er i dag ingen felles retningslinjer for utvikling av nye IKT-systemer for bruk i undervisningen. Man finner heller ildsjeler spredt om på ulike institutter som jobber med sine ting uten at resten av

universitetet nyter godt av dette. Dette fører til at man ikke har muligheten til enkelt å følge med på det som skjer, og at man gjerne utfører dobbeltarbeid med tanke på utvikling av tekniske systemer og pedagogiske virkemidler.

Det skal nå opprettes en plattform på nett for NTNU der man samler alt av ofte stilte spørsmål med svar, ulike ressurser og programmer til bruk i undervisning, informasjon om seminarer og online-kurs og informasjon om juridiske og etiske problemstillinger knyttet til blant annet MOOC.

NTNU vil også opprette et kvalitetsstempel i samarbeid med Multimediesenteret og Universitetspedagogisk avdeling som sikrer at kvaliteten på det som legges ut på nett både er god teknisk, juridisk og pedagogisk.

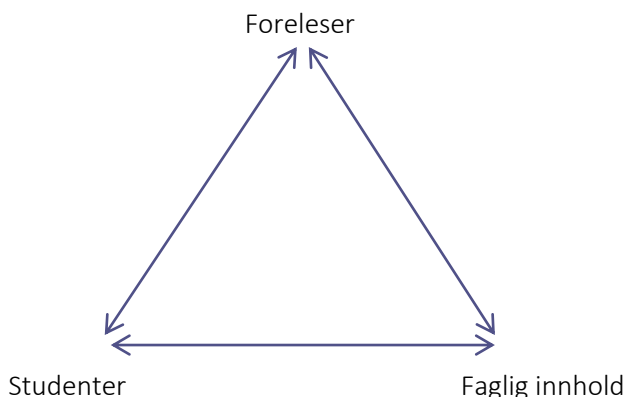
## 6 Struktur og undervisning i nye TMM4155

### 6.1 Faglig struktur

#### 6.1.1 Generelle betraktninger

Å velge et nytt alternativ til undervisning i TMM4155 vil innebære en endring av det eksisterende opplegget hvor noen alternativer innebærer mindre endring enn andre. Ulike alternativer kan velges på bakgrunn av hvilke ønsker man har for undervisningen. I forslagene til det nye TMM4155 vil det legges vekt på de visjonene faglærer har hatt, evalueringen av faget og på tilbakemeldingen fra studentene som går siste året. Det er mange meninger som skal flettes sammen, og dette er løst i denne oppgaven ved å presentere 3 ulike forslag til løsning.

Det er flere måter å løse fagoppsett i det kommende TMM4155, basert på om man ønsker mer eller mindre individuelt arbeid, færre og større oppgaver eller flere og litt mindre case. Det er også mulig å kombinere ideer, og ta med seg videre de delene av dagens TMM4155 som studentene setter pris på. Det er også ulike måter å gjennomføre evalueringen av studentene på. Man har mulighet til å implementere noen eller flere av ITK-løsningene som er presentert i avsnittene over. Undervisningen kan varieres med tanke på flipped classroom og SRS, og avsnittene vil derfor ta for seg ulike forslag til faglig opplegg som virker realistiske og hensiktsmessige med tanke på gjennomføring av faget og tilbakemeldingen som er gitt.



Figur 27: Faglig informasjonsflyt

Det er viktig å tenke helhetlig for at både studenter og faglærer skal blir engasjerte og yte sitt beste, og for at innholdet i faget både skal formidles godt og forstås godt. Dette er illustrert i Figur 27, med foreleser på toppen som ansvarlig for faget.

### 6.1.2 Oppbygging av faget

Hvordan oppbyggingen av faget blir vil til en hver tid være avhengig av de tilbakemeldingene faglærer får fra studentene. På den ene siden kan man ha en rigid, case-basert struktur der man formidler de ønskede temaene gjennom relevante. Derfra har man mulighet til å variere med ulike mengder prosjektarbeid i ulike faglige kombinasjoner, frem til den helt andre enden av skalaen som er et rent prosjektfag hvor man jobber med det samme prosjektet gjennom hele semesteret som i dag.

Det er et ønske å gjennomføre faget som et case-basert fag for å holde seg til en problembasert tilnærming til undervisning. Derfor vil dette ha høy prioritet når det legges frem forslag til måter å gjennomføre faget på. Det vil være vekslende grad av case- og prosjektjobbing i de ulike forslagene, og det er også tatt hensyn til tilpasset bruk av multimedia og undervisningsmetoder knyttet til dette.

I vurderingen av faget er det viktig å legge vekt på studentenes egen vurdering av oppgavene de har løst og hva de har lært. Ved at studentene må reflektere over det arbeidet de har gjort og hvorfor de har fått de resultatene de har fått lærer de å stille seg kritisk til arbeidet sitt og legge inn kontroll av resultatene som en viktig del av arbeidet.



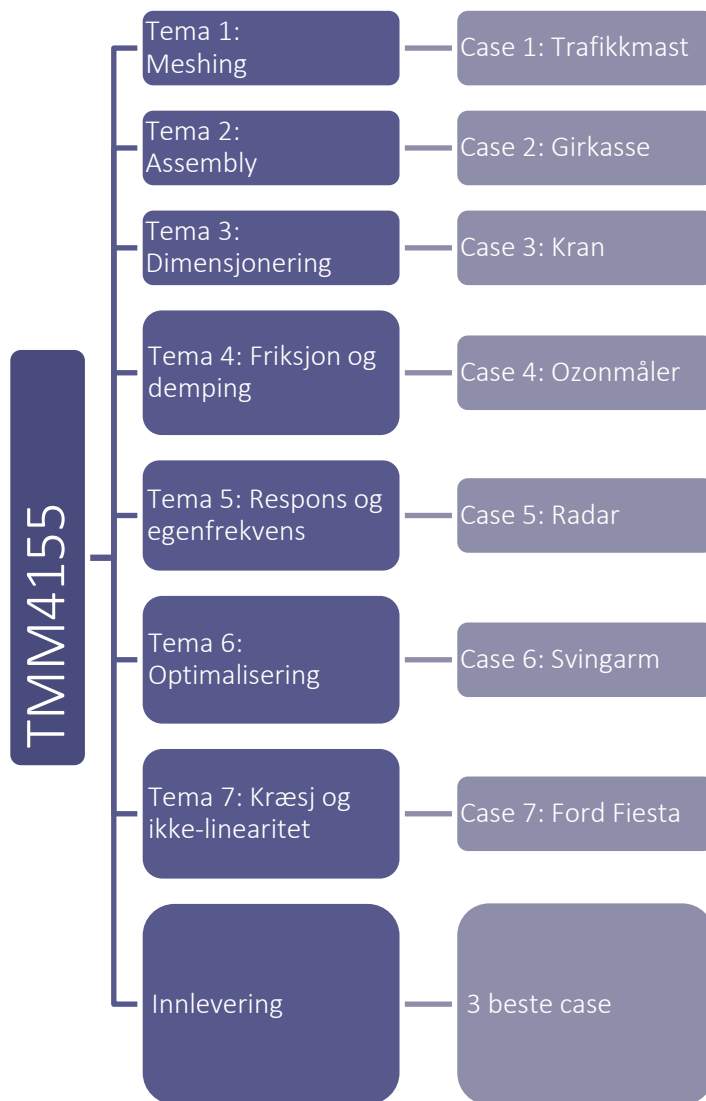
### 6.1.3 Forslag 1

Det første forslaget er basert på den opprinnelige tanken med et case-basert fag der studentene arbeider selvstendig med case for å lære seg de ulike temaene. Forslaget går ut på at studentene jobber med ulike, relativt komplekse case gjennom hele semesteret, får tilbakemelding på disse underveis og til slutt velger ut et antall case som skal evalueres grundigere og så forbedres før endelig innlevering. Dette er illustrert i Figur 28.

Casene som er presentert er av ulik vanskelighetsgrad, og det er derfor antatt at man arbeider med de enkleste casene i starten av faget, før de vanskeligere og mer komplekse casene kommer etter hvert. Dette krever at man har god tid til de mer komplekse oppgavene slik at man får nok tid til å jobbe seg igjennom dem skikkelig og lærer seg det man skal. Varigheten på casene vil derfor variere ved at man har ulik tidsramme på de ulike oppgavene.

Opgavene utføres individuelt slik at studentene er avhengige av å forstå innholdet i oppgavene selv, og lærer seg å gjennomføre og løse problemet ved hjelp av erfaring og tilbakemelding fra egen innsats og fra faglærer. Det er igjennom årene på Produktutvikling og produksjon lagt opp til mye gruppearbeid, og noe av tilbakemeldingen fra studentene som er jobber med prosjekt- og masteroppgave er at man ikke får nok erfaring med selvstendig arbeid. Et faglig opplegg som i forslag 1 vil gi studentene god erfaring med selvstendig arbeid samtidig som det alltid er mulighet for å rådføre seg med faglærer og andre studenter.

Utfordringen vil være å ha oppdatert innhold både i forelesninger og i videoer og annet multimedieum på nett. Videoene må oppdateres etter hvilke case som benyttes. For å kunne benytte det teoretiske innholdet i flere sammenhenger burde dette være så generelt som mulig.



Figur 28: Struktur i forslag 1

### *Vurderingsgrunnlag*

For å vurdere studentenes innsats i forslag 1 kan man se på det arbeidet de har gjort i løpet av semesteret som grunnlag for karakteren. Vurderingen her kan være basert på et gitt antall innleveringer de selv velger ut fra oppgavene de har jobbet med igjennom semesteret, som evalueres og eventuelt forbedres før en siste, karaktergivende innlevering. På forhånd må alle oppgavene godkjennes slik at man sikrer at alle som leverer inn siste rapport har bestått faget, samtidig som man sikrer en kontinuerlig innsats gjennom hele semesteret.

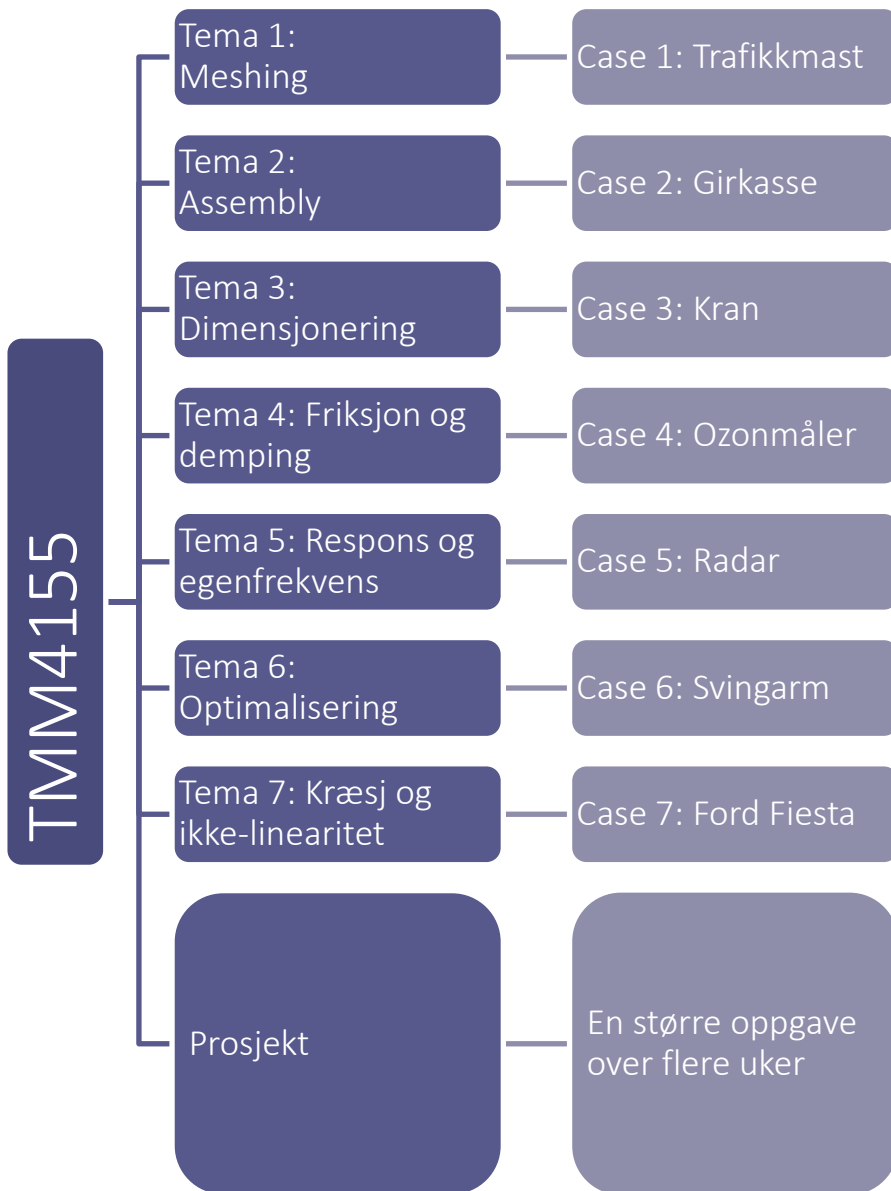
Denne modellen gir mulighet til å teste ut *peer review* i det nye TMM4155. Det kan legges opp til at alle skal evaluere noen andres siste og avgjørende innlevering og gi tilbakemeldinger. Dette kan være noe av grunnlaget for karaktersettingen, samtidig med at faglærer kvalitetssikrer resultatene. Dette gir muligheten for å teste ut *peer review* i dette faget samtidig som man sikrer at resultatene tilfredsstillende både fagets mål og faglærers forventninger når resultatene av *peer view* kvalitetssikres av faglærer.

#### 6.1.4 Forslag 2

Dette forslaget er en variasjon av forslag 1, hvor det er tatt mer hensyn til at studentene ønsker et større prosjekt å jobbe med. Forslaget går ut på at man har rundt 8 mindre case de første ukene av semesteret og så en stor innlevering med flere av elementene samlet i et større case/problem som er grunnlaget for karakteren mot slutten av semesteret. Dette er illustrert i Figur 29. Her kan faglærer velge om caset skal være individuelt eller om man har noen større case som studentene løser i en gruppe. I det siste tilfellet har man mulighet til å dele problemet inn i mindre deler som studenten løser hver for seg, og til slutt samler i en felles rapport for det spesifikke caset. Dette gir studentene god erfaring med både individuelt og samlet arbeid, men konkrete problembaserte case som går direkte på praktiske, relevante problemer.

Det er viktig at man klarer å skape en sammenheng mellom casene og det avsluttende prosjektet slik at studentene kan relatere det de har lært til oppgavene de skal løse. Om det ikke er kontinuitet i arbeidet de gjør kan faget lett virke oppdelt og usammenhengende, og dette kan føre til at man arbeider umotivert med siste del av faget. Målet må være at man benytter seg av det man har lært i de innledende casene for så å kombinere den kunnskapen man har fått til å løse mer komplekse problemer.

For at dette oppsettet skal være gjennomførbart må oppgavene tilpasses et nivå som gjør det mulig å gjennomføre dem på en uke. Dette vil man sikre at alle kommer seg igjennom stoffet, og at man får en oversikt over alle de aktuelle problemtilfellene før man setter seg ned med det store caset mot slutten av semesteret. Her vil man kunne tilpasse det avsluttende caset etter hvert som faget undervises, og man kan hente inn bedrifter som kan komme med relevante problemer fra en ingeniørs hverdag.



Figur 29: Struktur i forslag 2

### *Vurderingsgrunnlag*

Ved vurdering av studentene etter forslag 2 kan man følge deler av det samme opplegget som benyttes i dag. Vurderingen av faget vil være avhengig av om man kjører prosjektet på slutten av faget som et gruppearbeid eller som individuelle prosjekter.

Ved individuelt arbeid vil vurderingen av studentene være basert på den siste innleveringen av prosjektet. Der vil de vise det de har lært igjennom hele semesteret, og vurdere egne resultater opp imot den teorien de har lært.

Ved et gruppeprosjekt kan man kjøre det sammen opplegget som gjøres i dag, nemlig at man leverer inn en felles grupperapport som danner den største delen av grunnlaget. I tillegg til denne leverer studentene inn individuelle rapporter som viser hva de har bidratt med under prosjektoppgaven og eventuelt et sammendrag av hva de har gjort og lært av casearbeidet i starten av faget. Dette vurderes så samlet for å gi den endelige karakteren.

### 6.1.5 Forslag 3

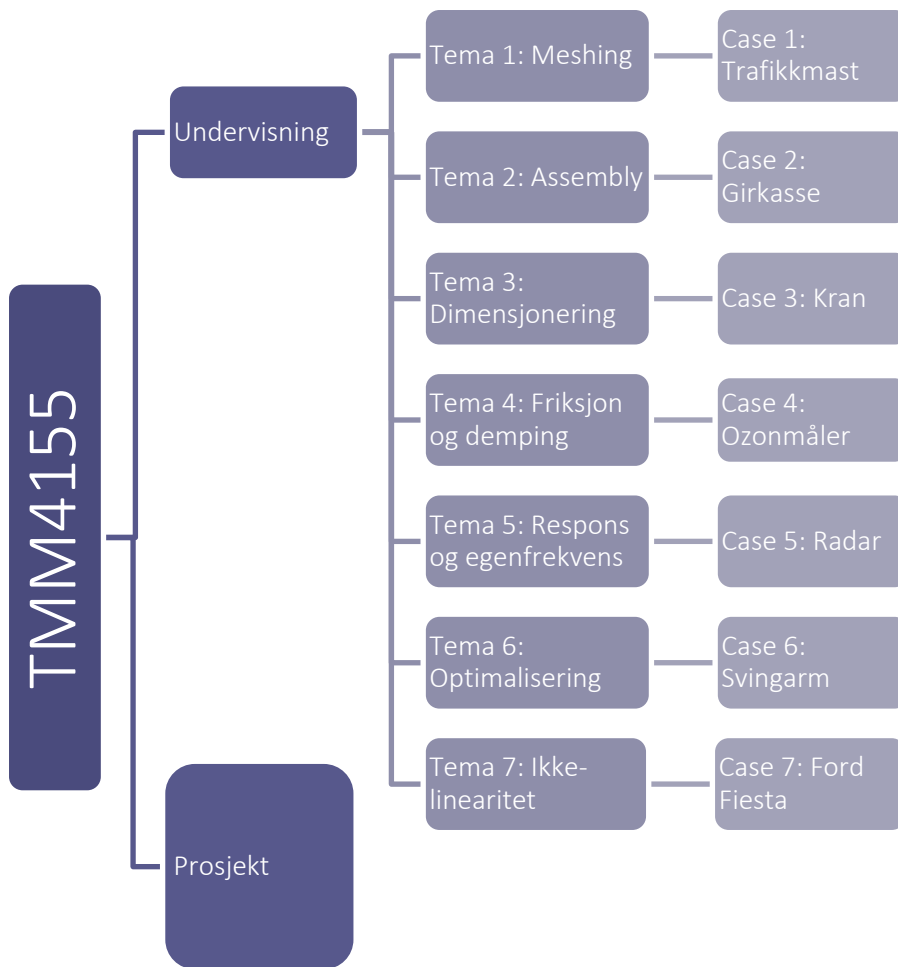
Det tredje forslaget er en mer case-orientert versjon av dagens fag, der studentene jobber i grupper med prosjekter som i dag, men med små presentasjoner av nye temaer i form av mini-case hver uke, se Figur 30. På bakgrunn av tilbakemelding fra årets studenter i TMM4155 er det flere som er positivt innstilt til fagets oppbygning, og når fokuset er at studentene skal være fornøyd og engasjert i faget er det viktig å ta dette med i betraktningen.

Det er allikevel store endringer i dette forslaget sammenlignet med dagens undervisning. I dette forslaget presenteres temaene gjennom nye case hver uke, og ikke i ulike fagretninger der studentene må velge hva de ønsker å lære. Som vi så i tilbakemeldingen fra fjorårets studenter er det et ønske at alle studentene får muligheten til få den samme undervisningen, og dette er i likhet med de andre forslagene derfor tatt med også i dette.

Ved å la et prosjekt styre undervisningen vil man måtte lære seg de nødvendige verktøyene underveis for å løse problemene som oppgavene byr på. Slik vil man opprettholde fokuset på problemløsingen, og studentene lærer seg verktøyet ved å benytte det til å løse ulike problemer.

For å gjøre dette forslaget mer studentstyrt er det mulig å legge inn tilbakemeldingsmuligheter slik at man tar opp de casene som dekker temaer som er etterspurt av studentene til enhver tid. Slik tilpasser man undervisningen til den aktuelle studentgruppen slik at de får mest mulig ut av undervisningen. I den sammenheng er det også mulig å legge inn SRS som en del av undervisningen, slik at man er sikre på at studentene har forstått innføringen i temaene før de arbeider videre med prosjektene.

En av ulempene ved å kjøre et opplegg som dette er at man kan ende opp med en usammenhengende struktur på undervisningsopplegget. Umotiverte case som gjør at studentene føler at de må stoppe opp i arbeidet uten å få noe ut av det vil ikke bidra til å øke motivasjonene, og man risikerer dårlig oppmøte og konsentrasjon. Det krever derfor at man har god oversikt over prosjektene studentene arbeider med og klarer å tilpasse casene så de er relevante med tanke på oppgavene de arbeider med ellers.



Figur 30: Struktur i forslag 3



### *Vurderingsgrunnlag*

Vurderingsgrunnlaget i dette forslaget kan med fordel være likt dagens system. Det som blir utfordringen her er å implementere en sjekk av at studenten lærer det som gjennomgås i casene underveis i tillegg til å gjennomføre prosjektet.

Det er mulig å legge opp til at innleveringen inneholder en del som tar for seg nettopp dette, nemlig at man viser hvordan man har implementer lærdommen fra casene inn i prosjektoppgavene. Om man gjør dette på gruppe- eller individuelt plan avhenger av hvor stor del av prosjektoppgaven man tilegner innholdet i casene. Det kan allikevel være hensiktsmessig å legge det til den individuelle delen av innleveringen så studenten kan reflektere over bruken av det de har lært i sammenheng med både caset og prosjektet. Det er ikke sikkert alle arbeider med det samme i prosjektene, hverken på gruppe- eller individnivå, og ved å legge det til den individuelle innleveringen er det mulig for hver enkelt å vise akkurat hva de har lært.

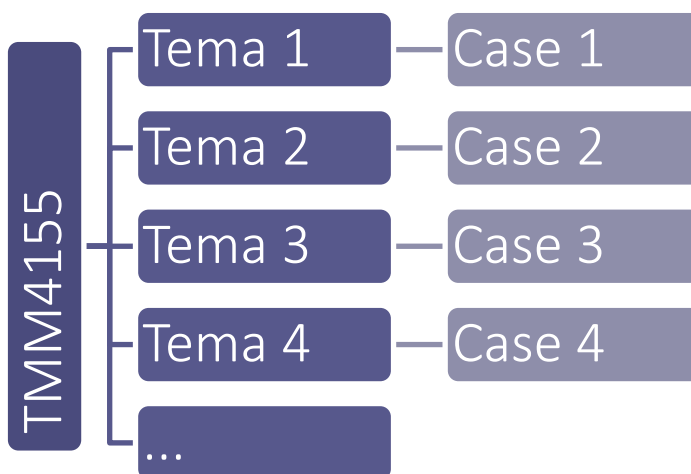
## 6.2 Undervisning

### 6.2.1 Undervisningsstruktur

For å legge opp undervisningen til det nye TMM4155 er det tatt utgangspunkt i metodene som er nevnt i kapittel 4. Omvendt undervisning passer godt til dette faget på grunn av det praktiske innholdet, og med de mulighetene NTNU tilbyr med videoinnspilling både i undervisningsrommet og i studio har man muligheten til å lage et godt pedagogisk opplegg i undervisningen.

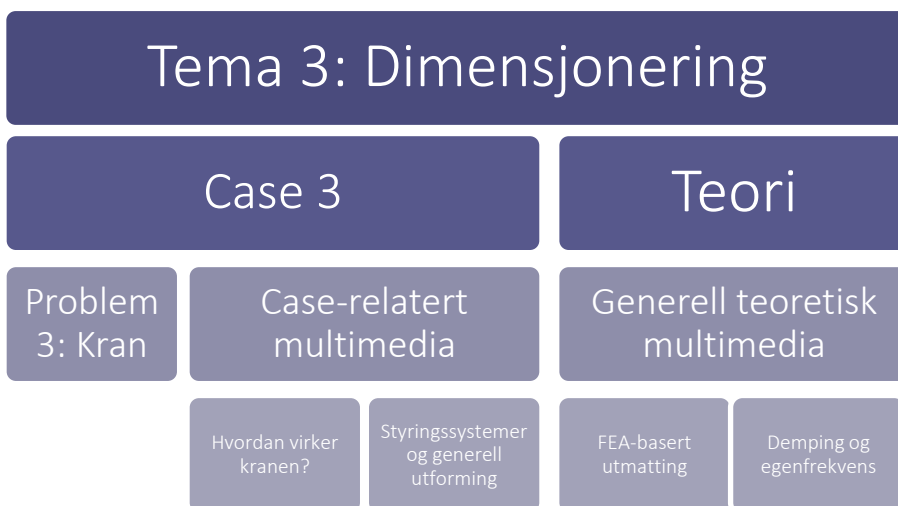
MOOC er som nevnt basert på at man har flere titalls tusen studenter, og det er ikke lagt opp til noen fysisk interaksjon mellom foreleser og studenter. Det er ikke aktuelt å gjøre TMM4155 om til et fag basert kun på nett-undervisning i første omgang, men ved å begynne å tenke i den retningen vil man kunne gjøre faget mer tilgjengelig og lettere å tilpasse om det skulle være aktuelt å tilby det som nettkurs ved en senere anledning. Ved å legge opp til en undervisningsform som tar det beste fra begge metodene vil man kunne skreddersy undervisningen til hvert tema.

Hvert tema representeres med et case, se Figur 31, enten man ønsker et case-drevet fag eller mindre case som introduksjon til et emne. Dette gir grunnlaget for den problembaserte undervisningsmetoden som ønskes i faget.



Figur 31: Oppbygning av faget

Det er ønskelig å kunne endre casene fra år til år, så det er viktig å skille mellom det som er generelt for temaet og det som er spesielt for problemet i hvert enkelt case, se Figur 32. Hvis man får til dette vil man gjøre arbeidsmengden som må utføres ved endringer i casene minst mulig.



Figur 32: Eksempel på oppbygning av temaer

For hvert case vil man ha et sett med videoer og presentasjoner som ligger tilgjengelige på internett. Innholdet i disse filene vil være tilpasset problemet og temaet som dekkes i casene. Studentene vil kunne se på disse som en forberedelse til timene, samt hjelp underveis når de utfører oppgavene.

Etter at caset og teorien er presentert vil den resterende tiden kunne benyttes til problemløsning av casene eller arbeid med prosjekter der man har foreleser og studentassistenter tilgjengelig for spørsmål og tilbakemelding.

Innleveringene vil foregå på nett, slik som det gjøres i dag, og her vil man også ha et tilgjengelig forum hvor man kan diskutere emner man lurer på i sammenheng med de aktuelle casene til en hver tid.

For å engasjere studentene underveis i undervisningen kan man benytte seg av en versjon av SRS. Det er per i dag ikke noe tilgjengelig system som benyttes på NTNU, men det går an å opprette spørreundersøkelser på Itslearning som skal besvares underveis i undervisningen i starten av timene. Det kan legges opp til at man sitter gruppevis under forelesningene, og at man besvarer oppgavene gitt av foreleser før forelesningen går videre. Itslearning gir mulighet til å opprette spørreundersøkelser som er tidsbegrenset og som kan aktiveres når foreleser ønsker det. Det er enkelt å få opp resultatene direkte etter at alle har svart, og man får opp prosentmessig svar på de ulike alternativene.

En av utfordringene i dag er at studentene ikke møter opp når det er veiledning, og at man derfor ikke får tilbakemelding på om de har forstått innholdet i det som er gjennomgått eller ikke. For å sikre at studentene har vært igjennom den ønskede teorien og forstått det de trenger for å løse de ulike oppgavene kan man ha en kort spørreundersøkelse. Ved å gjøre dette ser foreleser om temaet er forstått, og man får studentene aktivt med i undervisningen.

### 6.2.2 Multimedia og video

Mye av grunnlaget for det nye faget er basert på at man har en fungerende nettside for faget der studentene har tilgang på læringsmateriell. Sånn som det ser ut i dag vil man benytte seg av NTNUs Multimediесenter for å produsere og legge ut videoer på deres nettside, og samle annet materiell på fagets side på Itslearning.

Videoene kan deles inn i to kategorier, de som er produsert i studio og de som spilles inn i forelesningene. De forhåndsinnspilte filmene vil være laget i forkant og dekke de ulike problemene og temaene som tas opp i casene. Disse vil kunne benyttes hvert år, og være en nyttig ressurs i arbeidet med casene og oppgavene. Det er viktig å utforme disse filmene så generelt at man kan benytte dem til ulike oppgaver som møter på de samme problemene. Eksempelvis vil man at temaet *meshing* skal gjennomgå slik at man kan se videoen og få hjelp uavhengig av om man arbeider med en modell av en hammer eller en lysesstake. Det er prinsippene som skal dokumenteres. Ved å gjøre det slik vil videoene kunne benyttes i alle de tre forslagene til oppbygning av faget og være til hjelp for studentene i arbeidet gjennom hele semesteret.

Filmene som spilles inn i forelesningsrommet kan tas opp under forelesningene, og vil dermed dekke den mer case-spesifikke delen av faget. Ved å spille inn filmene under forelesningene vil man få med de spørsmål som eventuelt dukker opp underveis, og studentene kan få med seg innholdet i faget selv om de blir forhindret i å møte til forelesningene. Ved å koble innspillingene til prosjektoren vil filmen også kunne inneholde all bevegelse som foreleser viser frem fra egen PC-skjerm, og dermed dekke eksempler og fremvisninger som skjer underveis.

Annet multimedium som benyttes i forelesninger, for eksempel presentasjoner fra gjesteforelesere og faglærer, kan i tillegg til å inkluderes i videoene legges ut som egne filer på Itslearning. På Itslearning vil man også kunne opprette ulike fora for studentene til å diskutere temaene i, legge ut kontrolltester for å sjekke at studentene har forstått ulike temaer og gjennomføre innleveringer og evaluering av oppgavene.

### 6.2.3 Fysisk testing

Fysisk testing gir sammen med modellering og simulering en praktisk tilnærming til opplæringen, og er både et yttre ønske fra studenter og en reell mulighet for å gjøre faget mer spennende og variert. Det er en praktisk tilnærming på linje med modelleringen, og er relevant å trekke fram i sammenheng med problemmetoden og *learning by doing*.

Alle forslagene over er i større eller mindre grad bygget opp med case, og i forbindelse med disse er det mulig å benytte seg av fysiske tester. Dette forutsetter at man har tester som er mulig å tilpasse casene eller omvendt, at man kan tilpasse casene til de testene man har tilgjengelig.

Det samme gjelder om man går for et av forslagene som inneholder større prosjekter i slutten av semesteret. Her har man mulighet til å legge enkelte føringer på prosjektene slik at den fysiske testingen blir en naturlig del av prosjektet, eller man kan tilby det til de gruppene som ønsker dette som en del av oppgaven.

#### 6.2.4 Innleveringer

I og med at man må lage modeller i CAE-programmer, og dette er filer som blir veldig store når modellene er kompliserte, er det upraktisk å skulle levere filene som de er. Når man gjennomfører en analyse lagres ikke filen som en analyse, så for å vise hva de har gjort er det enkleste å dokumentere arbeidet med bilder og levere som et dokument. Det er slik innleveringen foregår i dag, og det har ikke blitt gitt noen tilbakemelding på at man ønsker endring i dette formatet. Oppgavene leveres elektronisk på Itslearning innen en gitt tidsfrist. Ett eksempel på én side i en innlevering i fjorårets fag kan ses i Figur 33.

Ved å levere oppgavene som tekstdokumenter med bilder av prosessen man har gjennomgått og resultatene man har kommet frem til vil man kunne benytte seg av både visuelle og tekstlige virkemidler for å vise det arbeidet som er gjort. Dermed er det ikke bare avgjørende å kunne benytte seg av programvaren, man må også reflektere rundt prosessen og teorien man har vært igjennom i hver oppgave.

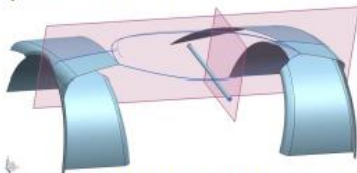
En annen positiv side ved denne typen innlevering er at de i tillegg til å evaluere prosessen de har vært gjennom også kan evaluere sine egne resultater. Det er ikke sikkert at alle vil oppnå ønsket resultat, og da vil man kunne kommentere dette og komme med forslag til hvorfor dette er tilfellet. Man vil dermed ha muligheten til å lære av egne feil, og være kritisk og observant igjennom egen læringsprosess. Dette er helt i tråd med John Dewey og problemmetoden, og vil gi studentene en praktisk erfaring og inngående kunnskap om hvert enkelt problem.

### 3. Organiske modellen – DNV Fuel Fighter 2-dashboardet

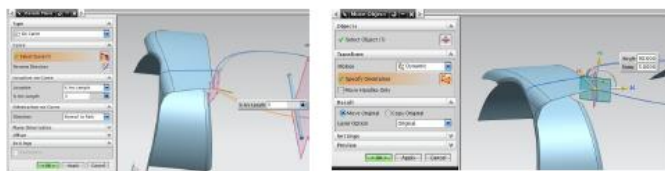
Flat front-modellen var inne på riktig spor, men som helt sant var så var den ikke spesielt pen. Neste utviklingspunkt var å skape en mer organisk modell som passet bedre inn i bilen, samt med vår visjon om å se til naturen. Jeg bestemte meg for å prøve å kombinere de to tidligere ideene mine; treet og flat front-modellen.

Bjelker:

- Brukte linjene langs vinduet til å lage splines langs vinduskanten med ved *Insert* → *Curve from Body* → *Extract* og *bridge curve* til å kombinere disse i front til en sammenhengende kurve der lokket skulle være.
- Den bakre bjelken ble laget som tidligere, ved å legge et datum plane der bjelken skulle ligge, og så lage linjer ved *Insert* → *Curve from bodies* → *Intersect* mellom datum plane og monoqueue.



- For å lage den fremre bjelken med tangent fortsettelse til splinen jeg hadde laget, plasserte jeg et datum plane tangent på splinen i overgangen til hjulbrønnen. Dette gjorde jeg ved å plassere det along line på 0% av linjen og så snu datumplanet 90 grader.



- Deretter gjentok jeg prosedyren over for å lage linjer på monoqueueen. For å få en lik linje på andre hjulbrønn la jeg den til ved *Insert* → *Curve from curve* → *Mirror* og kopierte den over datum planet i rattstangen. Til slutt lagde jeg lukkede kurver både på fremre og bakre bjelke ved *Bridge curve*. For å ha en retningslinje la jeg til en spline fra midten av øvre til midten av nedre *bridge curve*.



- *Insert* → *Surface* → *Mesh Surface*
  - o Valgte øverste og nederste linje som hovedlinjer
  - o Valgte sidelinjene og midtlinje som følgelinjer

7

Figur 33: Eksempel på innlevering i TMM4155



## 6.3 Et nytt TMM4155 oppsummert

I Tabell 2 er det laget en oppsummering av de tre forslagene til ny oppbygging av TMM4155.

Tabell 2: Oppsummering av forslag

Forslag	1	2	3
<b>Oppbygning</b>	Oppbygningen av faget er case-basert, hvor man arbeider med ulike case som tar for seg relevante temaer og problemstillinger gjennom hele semesteret.	Faget baserer seg på case-basert innføringsfase der studentene lærer det faglige innholdet i løpet av den første 2/3 av faget, før semesteret avsluttes med et større prosjekt som tar for seg flere av temaene fra casene.	Forslag 3 baserer seg på dagens oppbygning, men har gått vekk i fra tredelingen av undervisningen. I stedet vil man ha mindre, caserelaterte forelesninger underveis i faget mens studentene arbeider med et større prosjekt gjennom hele semesteret.
<b>Undervisning</b>	Undervisningen følger casene, og knyttes opp til innholdet i disse. Læringsmaterialet ligger tilgjengelig for studentene på nett og undervisningstiden kan i større grad benyttes til veiledning.	Undervisningen vil gjennomføres på samme måte som i forslag 1. Under arbeidet med prosjektet vil man ha faglærer tilgjengelig i de fastsatte timene, og dette gir mulighet til repetisjon på temaer studentene ønsker.	Undervisningen vil i likhet med de andre forslagene være case-basert, men de vil være mindre dominerende. Man vil benytte casene som en hjelp i arbeidet med gruppeoppgaven, som vil være grunnlaget for undervisningen.
<b>Vurdering</b>	Studentene leverer inn de 3 beste casene basert på egen vurdering og tilbakemelding fra faglærer, og endelig karakter settes på	Vurderingen i faget blir innlevering av et større prosjekt i slutten av semesteret.	Prosjektet som går hele semesteret blir grunnlaget for karaktersettingen. Her blir det opp til faglærer å velge om man kjører samme oppdeling av

	bakgrunn av disse.		vurderingen som i dag, med en samlet og en individuell vurdering, eller ikke, og hvor stor del av vurderingen som skal vektlegges casene.
<b>Multimedia</b>	Multimedia, og ikke minst video, er en stor del av dette forslaget, da mye av undervisningen baserer seg på at det ligger videoer og undervisningsmaterieill tilgjengelig på nett.	Som i forslag 1 er multimedia og videobruk en stor del av undervisningen, og vil bli et viktig hjelpemiddel i arbeide med prosjektet.	Bruken av multimedia i forslag 3 blir ikke like strukturert som i de andre forslagene. Ikke alle temaene som dekkes av videoer og annet materieill vil nødvendigvis dekkes av undervisning, men det vil ligge tilgjengelig uansett.
<b>Fysisk testing</b>	I den grad det er relevant for caset det arbeides med kan man benytte seg av enkle fysiske tester som en del av undervisningen	Behovet og relevansen av fysisk testing vil være den samme som i forslag 1.	Ved å legge til rette for noen fysiske tester som er tilgjengelige for studentene, kan disse benyttes som en tilleggshjelp for dem som behøver det i arbeidet med prosjektet.
<b>Fordeler</b>	Mye frihet med tanke på hvilke case faglærer anser for å være relevante og spennende. Faglærer får mye tid til studentene og kan følge opp direkte i forelesningstimene.	Studentene vil både få en gjennomgang av case der de arbeider selvstendig, i tillegg til et større prosjekt der de setter flere av problemene i en større sammenheng.	Studentene får den samme valgfriheten de har i dag i valget av oppgaver. Foreleser kan tilpasse undervisningen til de temaene studentene ønsker å få undervisning i underveis i faget.
<b>Ulemper</b>	Hvert tema som skal gjennomgås må begrenses i antall uker om man ønsker å komme gjennom	Det kan fort bli mye arbeid om casene blir omfattende, og man i tillegg skal gjennomføre et	Studentene får ikke samlet all kursingen tidlig i semesteret, og fagstrukturen krever mye av faglærer for å

	<p>ett visst antall case i løpet av det 14 uker lange semesteret. Dette krever at faglærer tilpasser casene slik at det ikke ender opp med å være hastverksarbeid.</p>	<p>prosjekt. Motsatt kan man ende opp med case som er for lite dekkende og innholdsrike, og balansegangen her er vanskelig. For faglærer vil det bli mye arbeid både i de første ukene med case-innleveringer, samt i arbeidet med oppgaven.</p>	<p>bli sammenhengende med ulike temaer underveis i et større prosjekt. Faglærer må jobbe mer underveis for å tilpasse undervisningen etter hva som behøves, og dette vil kreve tid og ressurser til aktiv vurdering hele veien.</p>
--	--	--	---

## 7 Avsluttende bemerkninger

### 7.1 Betraktninger

Det er viktig å sile ut hva man ønsker i et fag, og denne oppgaven har tatt for seg å kartlegge de mulighetene som finnes samt å samle dette til ulike forslag til undervisning av faget. Hvordan, og hvis, faget endres avhenger av videre tilbakemeldinger fra studenter og faglærers oppfatning av behovet for fornying. Det er presentert mange ulike metoder, og det er ikke gitt at man ved å benytte seg av samtlige ender opp med et fag som fungerer. Det er viktig å finne ut hvilke metoder som kan fungere sammen, og hvilke om eventuelt fungerer best alene.

De tre forslagene som er presentert har som mål å vise hvordan man kan benytte seg av nye metoder for å oppnå bedre læring. Dette innebærer en endring av faget i større eller mindre grad. Hvorvidt disse fungerer eller ikke er vanskelig å vurdere på et teoretisk plan, og burde testes ut og analyseres før man avgjør om man skal gå videre med dem eller ikke. Det er også fullt mulig å fjerne elementer og forenkle forslagene, og benytte disse som inspirasjon til hva som er mulig å oppnå om det legges til rette for det.

## 7.2 utfordringer

En av utfordringene i dagens TMM4155 er at studentene ikke kan programvaren de skal jobbe i, og når det arrangeres opplæring er det et problem at studentene ikke møter opp. Dette må man ta tak i for å sikre at studentene har de nødvendige forkunnskapene som skal til for å kunne gjennomføre kurset med tilfredsstillende resultater.

En annen utfordring er å få inn mer undervisning om materialer i faget. Det som dekkes er hvordan man tillegger modellene ulike materialegenskaper, og det er ikke mye fokus på dette. Den største utfordringen her er å engasjere andre forelesere som kan mye om dette emnet til å bidra med sin kunnskap i undervisningen og få med temaet som en naturlig del av undervisning og case.

Det å vurdere bruk av multimedia og internett har vært et ønske fra faglærer, og vil kunne åpne for mange nye måter å gjennomføre kurset på. Utfordringer som å kvalitetssikre det som ligger på nett, bestemme hva som skal gjøres tilgjengelig og hvordan man skal gjennomføre det vil også gjøre at det må tenkes nytt med tanke på undervisning, vurdering og karaktersetting. Det er viktig å være klar på hva som forventes av studentene, hva som er målene for kurset og hva som skal til for å oppnå de ulike resultatene.

Det gis i dag ingen insitamenter til forelesere ved NTNU som ønsker å jobbe med å fornye undervisningsmetoder ved hjelp av multimedia og IKT. Når det heller ikke er noe felles uttalt mål om dette eller samarbeidsorgan mellom fagretninger og fakulteter som man kan kontakte vil det ofte føre til at man har ideer som ikke blir noe mer enn nettopp ideer. Utfordringen her er å få innholdet i oppgaven forbi idéstadiet, og det krever en innsats både fra faglærer å videreføre arbeidet og fra NTNU som må tilrettelegge for innovasjon og nyskaping i undervisningen.

## 7.4 Videre arbeid

Om det skulle være aktuelt å jobbe videre med noen av forslagene til det nye faget før man bestemmer seg for ønsket utforming av TMM4155, ville en test av både opplegg og ITK-systemer vært spennende metoder for å finne ut om det fungerer slik det er tiltenkt. I tillegg vil en gjennomgang av øvingene være et interessant prosjekt slik at man er sikker på at de er på et nivå som studentene kan klare samtidig som de lærer noe av det.

Arbeidet med et fullstendig opplegg med undervisningsstruktur, oppgaver og multimedieoppsett burde ideelt sett fortsettes utover høsten så man kunne hatt et testfag klart til våren. Da kunne man kjørt et opplegg på et utvalg av studenter for å få tilbakemelding på om dette er noe de ser på som en forbedring av faget eller ikke.

## Bibliografi

1. Spørreundersøkelser. [Internett] [Sisert: 06 mai 2013.] <http://www.xn--sprreunderskelser-10bj.no/index.asp?valg=Svarprosent-palitelighet>.
2. **NTNU**. TMM4112 Maskindeler. [Internett] NTNU. [Sisert: 10 mars 2013.] <http://www.ntnu.no/studier/emner/TMM4112/2012#tab=omEmnet>.
3. —. TMM4135 Dimensjonering basert på elementmetoden, grunnkurs. [Internett] NTNU. [Sisert: 10 mars 2013.] <http://www.ntnu.no/studier/emner/TMM4135/2012#tab=omEmnet>.
4. **Adams, Vince**. *A Designer's Guide to Simulation with Finite Element Analysis*. s.l. : NAFEMS, 2008.
5. **Koshy, K. G. Raghavan & Asha**. *How to Analyse Practical Problems using FE Software - Volume 1*. s.l. : NAFEMS, 2011.
6. **Boisvert, Raymond D**. *John Dewey: Rethinking our time*. s.l. : State University of New York Press, 1997.
7. **Imsen, Gunn**. *Lærerens verden: innføring i generell didaktikk*. s.l. : Universitetsforlaget, 2009.
8. **Engum, Elisabeth**. [www.utdanningsforbundet.no](http://www.utdanningsforbundet.no). [Internett] 2012. [Sisert: 24 April 2013.] [http://www.utdanningsforbundet.no/upload/Bedre%20Skole/BS\\_nr\\_2-2012/5502-BS-2-12-web-ny\\_Engum.pdf](http://www.utdanningsforbundet.no/upload/Bedre%20Skole/BS_nr_2-2012/5502-BS-2-12-web-ny_Engum.pdf).
9. **Coursera**. [www.coursera.org/about](http://www.coursera.org/about). [Internett] [Sisert: 4 April 2013.]
10. **Kure, Bent**. *MOOC: Kvalitet eller kvantitet? Ja takk begge deler*. [https://screencast.ecampus.no/relaymedia/bentku@uio.no/2013/22.04/2292400/MOOC\\_-\\_iPad\\_-\\_20130422\\_07.24.03PM.mp4](https://screencast.ecampus.no/relaymedia/bentku@uio.no/2013/22.04/2292400/MOOC_-_iPad_-_20130422_07.24.03PM.mp4), Oslo : Universitet i Oslo, 2013.
11. **Coursera**. [blog.coursera.org](http://blog.coursera.org). [Internett] [Sisert: 22 mai 2013.] <http://blog.coursera.org/post/42486198362/five-courses-receive-college-credit-recommendations>.

12. **Hall, Richard, et al., et al.** *A Student Response System for Increasing Engagement, Motivation and Learning in High Enrollment Lectures.* 2005.
13. **Nilsen, K. Liestøl.** *Student Response Systems in Science and Engineering Educational Doctoral theses at NTNU.* s.l. : NTNU, 2012. 978-82-3901-1.
14. **Stav, John, et al., et al.** Experiences Obtained with Integration of Student Response Systems for iPod Touch and iPhone into e-Learning Environments. *Electronic Journal of e-Learning, www.ejel.org.* 2010, Vol. 8, 2.
15. **undervisning, Studentgruppa for alternativ.**  
<http://altund.wordpress.com/>. [Internett] [Sisert: 16 Mai 2013.]  
<http://altund.wordpress.com/>.



## Vedlegg 1: Sammendrag av evaluering av TMM4155 fra fjorårets studenter

Opplæringen vi fikk innefor det jeg jobbet med på prosjektet føler jeg var helt grei. Siden det var Fedem jeg jobbet med, føler jeg det er veldig mye opp til den enkelte hvor mye man har lyst å lære. Dette er helt klart et program som ikke er like intuitivt som NX. Enkelte ting er ganske så uvant i Fedem, men etter en stund blir man vandt til dette også. Angående kurset vi var på med Summit Systems, synes jeg dette var bra.

--

Jeg har i løpet av våren savnet veiledning på torsdagene til kompositt-delen. Vi hadde et par forelesninger, men kunne trengt mer hjelp da jeg satt og skulle forenkle modellen. Jeg savnet også et par tutorials i hvordan man jobber med layups i NX.

--

Jeg kunne gjerne tenkt meg litt mer opplæring på området avansert flatemodellering. Ellers synes jeg opplegget i faget er lagt opp bra. Jeg er tilhenger av å lære ved å gjøre, spesielt ved innføring i tunge programmer med uendelig mange muligheter, derfor synes jeg det er viktig med mye tid til selvstudier. Dette er et område jeg synes faget er godt tilrettelagt for. Samtidig må kunnskapen en gang komme fra en plass, og da helst på en dynamisk måte hvor man kan stille spørsmål underveis, som i et klasserom.

--

For this course, I would recommend hiring a student assistant or maybe the help of a scientific assistant for the CAD part. Somethimes the wait for assistance is long and many of the students have little experience with NX. Especially with advanced surfacing. Also, I would have liked it if there were more tutorials like the one we had with Summit Systems. I cannot seem to shake off the feeling that this course is something like "let's throw the students out in deep water and see who sinks and who swims". In the beginning the project was something other than what it turned out to be. For example; the initial description of the Shell Eco Marathon-project in this course told that we were to investigate the possibilities of converting the energy lost in the shock absorbers into electricity, but this was forfeited. I am not shure if that was because of a counter-notice from the Shell Eco Marathon-team or is the project description was somewhat optimistic in

regards to the time available in the course. All in all I am satisfied with what I have learned, but I think that maybe a more concentrated effort on the CAD-part would be in place. This institute already provides the students with courses in metal forming and carbon fibres and composites but no course in proper use of CAD-software; its use and possibilities.

Recommendations for the arrangement of teaching the subject of composite simulation:

- The main teaching should be done as early in the semester as possible, and preferably being given as an intensive course, giving more time for the students to work on their project.
- There should be more focus on the evaluation criterias, both for the personal report and the group hand-in.

--

Mine forslag til videre års faglig opplegg i fordypningen kompositter:

- Fortsette med hands-on undervisning med konkrete modeller i NX.
- Flere studasser og mer undervisning på simulering.
- Fortsette med «velge-gruppe-opplegget» ved først å velge spesialisering, så velge gruppe.
- Mer selvstendig jobbing med bestemte case med veiledning fra studass/faglærer.
- Avklare vurderingskriteriene for rapporteringen

--

Faget har gitt meg mykje lærdom. Det har vært lærerike forelesningar, men viktigst har det likevel vært å lære ved å jobbe på eigenhånd. Det har vært kjekt å kunne jobbe med eit prosjekt, og tillegnet seg lærdom som trengs til dette arbeidet. Samtidig har det vert greitt å ha ein lærar å kunne spørre om hjelp dersom dette har vært naudsynt.

--

Jeg synes det faglige opplegget har vært veldig bra, det har vært god tilgang på hjelp fra faglærer og eksperthjelp fra Dirk. Det var kanskje litt lite informasjon om fordypningsemne ved valg av emne og litt sen informasjon om hva som ble forventet av studentene ved innlevering av rapporten. Kunne ønske det ble fokusert litt mer på dimensjonering av produktet som

skulle ekstruderes. Rapportmalen var veldig nyttig, den gir god informasjon om hva som forventes og hva som må være med i rapporten.

--

Totalt sett er jeg relativt fornøyd med faget, men savnet litt mer veiledning på arbeid med intrikate komposittdeler. Generelt sett har det også vært litt for dårlig informasjon gjennom faget. Jeg har måtte lett frem flere ting som jeg synes det er relativt innlysende at foreleser skal informere om ila semesteret. Vekting av de forskjellige innleveringene et et eksempel på dette. Utlegging av stoff til multiple choice var forøvrig fryktelig sent ute. Jeg skulle også ønske at jeg hadde fått jobbet mer med flatemodellering, men dette var et resultat av måten oppgaven vår ble gjennomført på.

--

Det faglige opplegget fungerte veldig bra, selv om det i starten kunne føles som om ekstruderingsdelen av PUMA8 ikke "passet" helt inn. Dette var nok mer problematisk for andre grupper enn for vår del. Den ekstruderte profilen til flyet er en veldig sentral komponent i det totale produktet samtidig som den var veldig relevant å ekstrudere i aluminium. For min egen del var det ikke gunstig å reise bort store deler av undervisningsåret, men det får jeg ta på egen kappe.

--

Det faglige opplegg er i utgangspunktet godt. Noen ting kan likevel forbedres. Prøven som ble gitt i starten av semesteret var litt vanskelig å svare på ut ifra forelesningsnotatene. Jeg synes heller ikke det er godt læring å svare på spørsmål om hvor man finner funksjoner i NX, på et ark. Det er også nevnt i forelesningsnotatene at ABAQUS kan avgjøre kriterier for brudd. Kan NX dette?

--

- Det å ha en multiple choice-prøve helt i starten av faget før man har rukket å lære seg noe er litt bakvendt. Jeg hadde lest igjennom det jeg fant av forelesningsnotater, og enda jeg var i forelesningene synes jeg det var litt vanskelig stoff, og skulle ønske det hadde vært mer utfyllende lesestoff så man kunne lære seg det skikkelig.
- Det har vært veldig fint at man har kunnet velge det man ønsker å jobbe med i og med at det er et fastsatt fag men med mange forskjellige ønsker fra elevene.

- Jeg synes det har vært litt uklare læringsmål innenfor de forskjellige retningene i dette faget. I og med at man bruker mye tid på å bare lære seg NX skikkelig når man jobber med faget er et ikke så lett å vite om man har oppfylt de krav som skal til for å oppnå en viss karakter eller ikke.
- Veldig positivt at det er noen få gitte oppgaver til dem som ikke har noe eget, og at det er mulig å komme med egne prosjekter.

--

For min del kunne jeg ha hatt litt flere tutorials for å ha kommet i gang litt tidligere slik at jeg hadde skjønt utfordringen jeg stod ovenfor. En annen ting som kunne ha hjulpet hadde vært å være forberedt med et prosjekt tidligere, sånn at man hadde tenkt ut noe før faget startet. At man kanskje hadde gått igjennom et eksempel før man hadde gått i gang med alt arbeidet hadde også gjort det lettere å sikte seg inn mot målet. Alt i alt synes jeg opplegget har vært kjempe lærerik og spennende, men bittelitt diffust til tider. En annen ting som har vært veldig bra, er kvaliteten på fagpersonell. Man fikk profesjonell hjelp og elevene ble tatt seriøst, noe som bidro til økt læringskurve. Dette er et fag jeg varmt vil anbefale andre.

--

Først og fremst kunne jeg tenkt meg mer, og grundigere, opplæring i Nx, men jeg innser at dette er vanskelig å få til i praksis fordi vi er mange, og alle er på forskjellig nivå.

For det andre synes jeg det er litt rart at vi hadde avkrysningsprøve som blant annet gikk inn på hjuloppheng og standard notasjon for akser på en bil, når dette overhodet ikke samsvarer med hva jeg har drevet med ellers i faget (med unntak av forelesningen om det). Da kunne jeg heller tenkt meg en grundigere test av Nx-ferdigheter, eller enda bedre en stor intuitiv gruppeøving i Nx. Altså en slags mellomting mellom tutorial og prosjekt for å være bedre rustet for prosjektarbeidet.

--

Jeg ønsker å gi ros til det faglige opplegget for metallformingsdelen i PuMa8. Faglærer har undervist metallforming på en interessant måte med eksempler fra industrien, resultat fra forsøk på NTNU (ekstruderte profiler og del-esktruderte bolter), konsultasjon og hyppig besøk av *Dirk Nolte* fra Hydro Aluminium. Det ble satt stor pris på faglærers tilgjengelighet for vurdering av ekstruderingsformer og råd/tips til bruk av DEFORM 2D/3D.

Det som kanskje ville vært ønskelig er en mer stabil lisens under bruk av DEFORM 2D/3D, evt. utdeling av studentversjon av DEFORM for installasjon og bruk i studentenes egne PC'er. Totalt sett har jeg fått stort utbytte av faget mht. produktutvikling og interne/eksterne faktorene som spiller inn under prosessen med å lage et godt produkt.

--

Alt i alt er jeg godt fornøyd med det faglige opplegget i mitt fordypningsevne. Spesielt kurset vi fikk av Summit Systems opplevde jeg som meget lærerikt og inspirerende. Jeg kunne muligens hatt nytte av et introduksjonskurs til Fedem litt tidligere enn vi fikk det i år. Hvis det er noe som kan forbedres med det faglige opplegget så kan det være å definere noen oppgaver som er litt bedre tilpasset de forskjellige spesialiseringene i faget slik at man kan bruke mer tid på å jobbe med det aktuelle temaet og mindre tid på å finne ut hva man skal gjøre i forbindelse med oppgaven. Jeg synes prosjektet har vært svært læringsrikt, og det er veldig bra at man får muligheten til lære det man selv ønsker. Kurset med Summit(Den 8. mars) kunne kanskje kommet noen uker tidligere i semesteret, for å tidligere kunne gi et godt grunnlag til å jobbe med avansert overflatemodellering i NX. Avansert overflatemodellering kan være svært tidskrevende å lære seg(uten forkunnskaper), og man behøver dermed god tid til eksperimentering etter at man har fått opplærende innspirasjon. Jeg føler derfor at det kanskje kunne vært kjørt ennå mer intensivt med opplæring i startperioden.

--

- Personlig syntes jeg det er vanskelig å lære NX fra "tavla", spesielt når jeg ikke har noe særlig bakgrunnsferdigheter i verktøyet. For min del hadde det vært bedre om det ble vist frem demoer litt senere i prosessen, slik at jeg hadde hatt mere grunnlag å relatere til. Men det skal jo samtidig sies at jeg kom noe seint igang med NX fordi jeg dreiv med produktutvikling i starten.
- Slet litt med å formulere oppgaven helt på egenhånd da jeg ikke kunne så mye om NX og hadde vanskelig for å se for meg hva som kunne gjøres. Veldig inspirerende å jobbe med egen oppgave, men det hadde vært enklere med litt fastere rammer.

--

Mitt i semesteret fikk jeg et jobbtillbud fra Oslo, som jeg ikke kunne si nei til. Derfor måtte jeg gjøre mye av modeleringen i NX fra Oslo, noe som jeg tenkte skulle gå greit. Jeg har ikke bruk VPN mye, men fikk høre at jeg kunne gjøre NX gjennom det. Vi fordelte arbeidsoppgaver på gruppen og jeg regnet med at jeg skulle få gjort min del av modeleringen. Det gikk ikke helt som planlagt og hadde først mange problemer med VPN, da det fungerte fikk jeg ikke NX til å virke. Takket være orakeltjenesten fikk jeg etterhvert orden på det, men programmet var tregt og det kom flere feilmeldinger.

Siden jeg ikke har noen erfaringer med verken VPN eller NX fra før av, så kan jeg ikke sette fingeren på problemet. Samtidig er det kanskje ikke så vanlig at folk trenger å kjøre NX gjennom VPN. På grunn av disse feilene har ikke jeg fått gjort alle mine arbeidsoppgaver på gruppen, men takket være et godt samarbeid i gruppen kom jeg så og si i mål.

Mulige forbedringer: Få lov til å teste NX 7.5 mye mer før en blir servert masse teori.

--

Jeg har tatt fordypningsemnet kompositter i dette kurset. En ting jeg har savnet er noe mer generell teori om anvendelser av kompositter. Da tenker jeg på helt konkrete eksempler på laminatoppbygninger som kan være relevant i forhold til de ulike oppgavene. Dette kunne blant annet være noen eksempler fra bilindustrien.

--

Vi er stort sett fornøyd med fagets innhold. Det hadde kanskje vært litt enklere å fordele arbeidsmengden utover semesteret, hvis det hadde vært litt strammere retningslinjer for hva som skal gjøres når i faget. Men dette ville nok begrenset fleksibiliteten til å få jobbe med noe vi har såpass stor interesse for, og den setter vi pris på. Kunne vært en fordel med litt mer informasjon om pensum, og hva vi faktisk har muligheten til å lære, i begynnelsen av semesteret.

--

Inntykket er at det har vært et solid fag med hovedtyngden på å lære seg metodene ved de ulike programvarene. Dette vil være svært nyttig under hovedprosjekter neste år. Siden mange ikke har noen erfaringer med NX Nastran fra tidligere hadde det vært fint om man fikk en litt mer basic innføring i de forskjellige hovedfunksjonene i programmet helt i begynnelsen av faget. Dette gjelder alt fra å tegne opp sketches med

constraints til de enkle ekstrude og revolve funksjonene. Et dokument som beskriver forventningene til studentene ved faget og innleveringsdatoene hadde også vært oversiktlig.

--

Jeg syntes undervisningen og gjennomgang i NX var ganske bra, men det var litt for mye på kort tid i de øktene som ble gjennomgått. Jeg om flere andre manglet endel grunnleggende kunnskaper om funksjoner, hurtigtaster og verktøy som gjør bruken av NX mye enklere. I surface modeling kurset lærte jeg mye, og det var bra tutorials. Jeg skulle gjerne lært drawing og exploded view, har ikke hatt behov i utviklingsfasen. Et kompendie med de viktigste verktøy og hurtigtaster, som er delt opp i de forskjellige applikasjonene, Modeling, Shape studio, Assembly , Drawing etc. ville kommet godt med i kurset.

--

Innholdet i dette fordypningsemnet har vært veldig bra, og veiledere stilt opp ved spørsmål og problemer i tillegg til at det er blitt regelmessig undervisning og oppgaver underveis i kurset. Meget bra!

--

Mulige forbedringer:

- Mer dokumentasjon om hvordan Fedem kan brukes. Det finnes veldig mye til NX, på nett og tilgjengelig gjennom NTNU, men svært lite om Fedem.
- Flere kurs i NX. Gjerne også basisgreier som holdes utenom timene, av studass.
- De timene/kursene som har vært, har vært gode. Innholdsrike, og relevante.
- Foreleser har vært behjelpelig når det har vært behov, men i timene har det vært litt vanskelig å "komme til" grunnet stor pågang fra mange studenter.

--

Generelt sett synes jeg det faglige opplegget var bra. Jeg vet at det er få som mestrer alle verktøyene og analysene NX tilbyr, men jeg synes likevill

det var litt mangelfult at ingen av veilederne i faget hadde noen erfaring med aerodynamisk testing. Spesielt med tanke på at blant de faste oppgavene som blir gitt hvert år er både arbeid med bil og motorsyssel. Flow analyser er jo i begge disse tilfellene meget relevant. Jeg synes også det var rart hvor kort tid før flervalgsprøven pensum ble lagt ut. Forberedelsene til den prøven ble automatisk en skippertakprosess, som ikke nødvendigvis er den beste måten å lære teori på. Merker allerede nå at jeg har glemt mesteparten av det. I tillegg synes jeg det i nesten alle fag er en god idé og legge ut en A-oppgave fra tidligere år. Dette gir et godt overblikk over hva som forventes i faget. Jeg har merket meg flere ganger i arbeidet hvor jeg stopper opp lurer på hva du egentlig er ute etter, og kanskje viktigere, hva du ikke trenger å vite.

--

Veldig bra med undervisning i NX, men når man går gjennom hadde det vært fint med litt saktere tempo slik at det er mulig å gjøre simuleringen parallelt med undervisningen. Det er lettere å huske når man har gjennomgått det som skjer selv på sin egen data.

Ellers har jeg lært masse gjennom diverse problemer med NX og modellen, og tilgang til veiledning på NX var vært veldig viktig. Kanskje å åpne for et tidepunkt som man kan oppsøke veileder og/eller stud.ass ved et annet tidspunkt i uka hadde vært fint, slik at hvis man satt fast hadde man mulighet til å komme videre uten å måtte vente til neste torsdag.

--

To improve the composite specialization I suggest that the introductory lectures put more emphasis on shell element theory, like the extra lecture we had in March, rather than learning the practical steps on how to perform an analysis. This is of course also an important part, but it might as well have been self studied through a tutorial. The lecture time would have been better used to explain the theory and to answer questions or problems that we faced. Generally, I would also suggest that more precise information regarding the deliverables are presented, eg. What results we are to present and how (who the intended reader is).

--

Det burde være en høyere kompetanse som kan være tilgjengelig for studentene. Det var satt av for liten tid til oppfølging under selve gruppearbeidet, da kompetanse innen kompositt burde være mer synlig. Elementære spørsmål ble dermed ikke besvart. Også det å legge ut pensum



noen få dager før semesterprøven kan sies å være mindre fordelaktig. Dette har ofte en stor betydning for karakteren som settes hvis gruppen bestemmer seg for å gjøre en innsats i faget. Noe jeg trygt kan si vår gruppe har.

--

## Vedlegg 2: Evaluering av TMM4155 fra årets studenter

Forbedringer som kan gjøres i dette faget er å konkretisere læringsmålene. Det er veldig varierende hva hver enkelt elev sitter igjen med etter prosjektet. Når en ikke vet nøyaktig hva som forventes blir det også vanskelig å vite hvordan egne prestasjoner er, og om disse er gode nok for den karakteren en har ambisjoner om å oppnå. En løsning kan være å ha øvinger som skal gjøres hvor en blir bedre kjent med de verktøy faglærer mener er viktigst å kunne, for så å utvikle forståelsen av disse videre i prosjektarbeidet. Jeg tror også at å utsette midtsemesterprøven vil gjøre at elevene får mer forståelse av pensumet før prøven.

---

Det kunne kanskje vært en ide å, i stedet for eller i tillegg til den individuelle prøven, ha en tellende modelleringsøving tidlig i semesteret hvor man får innført viktige funksjoner og verktøy i NX. Denne øvingen kan fungere som et springbrett over til de forskjellige prosjektene.

--

Det ville vært til stor hjelp med undervisning rundt flatmodellering og strømningsanalyse, enten i form av tutorials på NX- portalen eller ved felles undervisning på skjerm.

--

Jeg ville ha satt stor pris på mer undervisning i bruk av NX

--

Jeg liker godt at CAD-modulen legger opp til at vi skal jobbe selvstendig for å tilegne oss informasjon og lære bruken av NX, men jeg ville gjerne hatt en liten presentasjon om hvordan rendring av bilder kan utføres på best mulig måte.

--

Slik jeg har forstått det er hovedfokuset i faget at man skal kunne tilegne seg ny kunnskap og kompetanse på de ulike funksjonalitetene som

finnes i NX. Jeg tror at ett gruppeprosjekt, slik som dette minker muligheten til å få en bredere kompetanse. Man vil kanskje få en dypere kompetanse innen for ett verktøy i NX, men hadde emnet f.eks. vært case-basert ville man kunne få kompetanse på mange flere områder. Med case-basert mener jeg flere mindre øvinger/ prosjektoppgaver som heller er individuelle hvor man lærer ulike verktøy i NX. Så kan man heller til slutt i emnet ha ett gruppeprosjekt hvor man bruker disse kompetansene man har tilordnet seg. Men kan f.eks. velge ulike caser på hver øving, slik at en gruppe til slutt kan sitte med ulik kompetanse til ett felles prosjekt. Jeg synes også det kanskje var litt dumt at man fjernet bruken av Team Center i faget, ettersom det kunne vært ett godt verktøy i ett teamarbeid. Jeg føler også litt av poenget med gruppeprosjekt forsvinner når man fjerner ett slikt element som ett PLM system.

--

Et obligatorisk øvingsopplegg i starten av semesteret med øvinger i forhold til teori, modellering og simulering hadde vært bra for de uten god erfaring i NX. Skal faget være et verktøyfag bør det også legges mer fokus på opplæring i værktøyet, da produktutviklingen opptar en sigifikant andel av tiden.

--

Siden verktøyene i NX er svært kompliserte kunne det vært vel så lærerikt å fått en innføring i hver enkelt solver som å ha et prosjekt. Ila prosjektet har jeg lært meg flow simulering og flatemodellering, men skulle gjerne vært innom topologi og shape optimalisering, dynamiske analyser på mekanismer og termiske analyser. Det er vanskelig å finne tid til å lære disse helt på egenhånd, så en liten introduksjon av hver hadde vært svært nyttig. Jeg har forståelse for at det kan være vanskelig å finne folk med erfaring innen alle modulene, men det burde være mulig. I tillegg er et er satt av litt liten tid til å gjennomføre prosjektarbeidet grundig nok , siden mye tid går bort til organisering. Det er svært individuelt hvordan semesteret ender opp for hver enkelt, men for min del har jeg tre helfagsprosjekter og ett fag med 2 case studier. Det har også vært gjennomført mye prosjekter tidligere i

utdannelsen, og med EiT så føler jeg at man får god øvelse i slikt arbeid uansett. Dette er mine tanker, og jeg regner med andre kan ha helt forskjellige oppfatninger.

--

Har ingen spesielle invendiger, bortsett fra at teorien til multiple choice oppgaven var vanskelig å sette seg inn i.

--

Både mine personlige mål og gruppens mål for min del av prosjektet er nådd. For gruppen har jeg levert en flykropp som tilfredsstillende kravene satt av gruppa, samt at mine mål om å lære meg NX bedre og få innblikk i både flowsimulering og flatemodellering. Selv om jeg er fornøyd med å få kunne lære meg mye om flatemodellering, hadde det vært greit å fått litt mer innblikk i andre disiplinene også. Det frister å få lære seg mer om både optimaliseringsverktøyene shape og topologi samt dynamiske analyser av mekanismer, slik at jeg kunne tenkt meg at faget hadde blitt lagt opp til at det hadde vært mulig å lære seg flere bolker. Dette er så forståelig nok vanskelig og kanskje umulig å få til i praksis.

Når det gjelder tid til prosjektet, er det bra at dette er det eneste emnet på timeplanen på mandager, dette har gjort at alle har fokusert maksimalt på mandager og fått fram resultater. I starten av semesteret gikk det bort mye tid til organisering og oppstart, noe som gir mindre tid til det tidkrevende arbeidet som kommer senere i form av flerfoldige timer med CAD'ing og FEM'ing. Om det hadde vært en mulighet å unngått dette, ville nok flere blitt enda mer fornøyde med emnet.

--

Mye av tiden gikk med til å lære seg topologioptimaliseringsfunksjonen og verifisering av disse resultatene, mye siden dette er en ny funksjon i NX. Selv om tutorial ble benyttet i starten gav denne liten indikasjon på hvordan resultatene man får ut av optimaliseringsanalysen bør tolkes for å oppnå videre gode produktresultater. Dette er noe som kan vurderes i fremtidig undervisning.

--

Oppfølging fra veileder og det faglige opplegget har vært svært godt. Nivået på både foreleser og forelesningene har vært utmerkede, og dette har vært et fag jeg har sett fram til i flere år. Dette faget føler jeg har gitt meg meget god faglig innføring i, og praktisk bruk av elementmetoden, samt inngående kunnskap i hvordan de ulike elementene i NX fungerer.

--

Mine anbefalinger er nok ganske få. Selve opplegget synes jeg er ganske godt gjort, og prosjektet har for det meste gått greit. Valg av grupper synes jeg kan bli gjort på en annen måte, f.eks ved en slags «tvang» der man kan sette opp grupper fra litt forskjellige linjer muligens, basert på hvilke retninger de vil ta del i. Valg av prosjekt har gått greit, men det føles ut som at de som valgte «tidligere prosjekter» a la stol, krybbe o.l. kom seg unna lettere, da mye av deres arbeid var gjort tidligere og dette gjorde det lettere for de å sammenlikne og få hjelp rundt emnet. Dette kan nok ikke klandres på gruppene som valgte disse prosjektene, men min anbefaling ville vært å gi en liten advarsel om at egne idéer kan være vanskeligere å gjennomføres da det ikke er like mye «støttelitteratur» ute og går. Eventuelt gi de som tar et eget prosjekt et større «slingringsmonn», om ikke dette allerede gjøres. Så vil jeg også si at det kunne være vanskelig å vite hvem som skulle gi hjelp på mandagene, om ikke foreleser var der. Alt i alt synes jeg prosjektet fungerer ganske godt. Vi var 3 elever der ingen går «rent» på Maskin, og vi klarte oss ganske godt, liker jeg selv å tro. Modelleringen virker dog å ta en mye større rolle enn de andre delene, og det virket også som om disse delene ikke kunne helt settes i gang med mindre man var i hvertfall godt i gang med 3D-modellen.

## Vedlegg 3: Resultatene av undersøkelsen

A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Tidsmerke ?	Hvilke(n) av de følgende CAD-kunnskapene hadde du FØR du begynte på prosjekt/master ?	Hvilke(n) av de følgende FEM-kunnskapene (modellering) hadde du FØR du begynte på prosjekt/master ?	Hvilke(n) av de følgende FEA-kunnskapene hadde du FØR du begynte på prosjekt/master ?	Hvilke(n) av de følgende CAD-kunnskapene skulle du ønske du hadde lært mer om før prosjekt/master ?	Hvilke(n) av de følgende FEM-kunnskapene (modellering) skulle du ønske du hadde lært mer om før prosjekt/master ?	Hvilke(n) av de følgende FEA-kunnskapene skulle du ønske du hadde lært mer om før prosjekt/master ?	Er det noe du kunne tenkt deg at faget TMM4155 Produktutvikling og materialer (PuMa 8) tok for seg eller gjorde likt/annerledes som i dag med tanke på arbeid med prosjekt og master?
2	08.05.2013 kl. 15.12.56 Ja	Solid modellering, Surface modellering, Assembly	Meshing (FEM), Composite structures, Material modellering				Contact analysis	Behold prosjektet i PuMa8 - dette gir god motivasjon og arbeidslyst. Det burde vært mer undervisning i CAD i starten av semesteret. Selvlæring er helt greit, som det er nå, men undervisningsdelen burde utvides noe.
3	08.05.2013 kl. 15.16.17 Ja	Solid modellering, Assembly	Material modellering	Statics	Surface modellering, Tolerances	Meshing (FEM), Assembly modellering, Composite structures	Contact analysis, Dynamics	

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
4	08.05.2013 kl. 15.16.53	Ja	Solid modellering, Surface modellering, Assembly, Drafting			Surface modellering	Geometry abstracts (forenkling), Meshing (FEM), Assembly modellering, Composite structures, Material modellering, Non- linear material meshing	Contact analysis, Dynamics, Statics, Multiphysics (Coupled Analysis: heat, flow, control...)	
5	08.05.2013 kl. 15.22.16	Ja	Solid modellering, Surface modellering, Assembly	Meshing (FEM), Material modellering	Dynamics, Statics	Tolerances, Kinematics/Dyna mics (rigid body), Drafting			
6	08.05.2013 kl. 15.37.32	Nei							
7	08.05.2013 kl. 15.41.23	Nei							

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
8	08.05.2013 kl. 15.41.52	Ja	Solid modellering, Surface modellering, Assembly, Drafting	Meshing (FEM), Composite structures		Kinematics/Dyna mics (rigid body)	Geometry abstracts (forenkling), Assembly modellering, Material modellering geometri	Crash, Dynamics, Multiphysics (Coupled Analysis: heat, flow, control...)	Mer definert pensum. Flatemodelleringsteori
9	08.05.2013 kl. 15.49.42	Ja	Solid modellering, Assembly, Kinematics/Dyna mics (rigid body), Drafting	Meshing (FEM)	Dynamics, Statics	Solid modellering, Surface modellering, Assembly, Kinematics/Dyna mics (rigid body), Drafting	abstracts (forenkling), Meshing (FEM), Assembly modellering, Composite structures, Non- linear material meshing	Contact analysis, Dynamics, Statics, Multiphysics (Coupled Analysis: heat, flow, control...)	
10	08.05.2013 kl. 16.05.31	Nei							



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
10	08.05.2013 kl. 16.05.31	Nei		Geometry abstractions (forenkling), Meshing (FEM), Assembly modelling, Composite structures, Material modelling					
11	08.05.2013 kl. 16.32.04	Ja	Solid modellering, Surface modelling, Assembly, Drafting	Statics	Assembly, Kinematics/Dyna mics (rigid body) Solid modellering,	Assembly modelling	Contact analysis, Dynamics		
12	08.05.2013 kl. 16.33.31	Ja		Geometry abstractions (forenkling), Meshing (FEM), Composite structures, Material modelling	Surface modelling, Assembly, Kinematics/Dyna mics (rigid body), parameteriserin g	Geometry abstracts (forenkling), Meshing (FEM), Composite structures, Material modelling	Contact analysis, Statics, optimization analysis		
13	08.05.2013 kl. 17.36.07	Nei	Solid modellering, Assembly	Statics					
14	08.05.2013 kl. 19.28.18	Nei							
15	08.05.2013 kl. 19.30.45	Nei							

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
16	08.05.2013 kl. 23.28-31	Nei							- All kursing I IDUG i taget (dvs. ikke vente og spre det utover, men gjerne ta tid utover kvelder eller andre dager for å sette folk inn i det) - Et mer holistisk perspektiv på produktutvikling (dvs. fokus på hvilken tankemåte/mindset en skal benytte)
17	09.05.2013 kl. 00.02-45	Ja	Solid modellering, Assembly, Drafting	Meshing (FEM), Composite structures	Contact analysis (non-linear), Statics	Assembly, Tolerances, Kinematics/Dyna mics (rigid body)	Geometry abstracts (forenkling), Meshing (FEM), Non-linear material meshing	Multiphysics (Coupled Analysis: heat, flow, control...)	
18	09.05.2013 kl. 12.21-07	Ja	Solid modellering, Assembly	Meshing (FEM) Geometry abstracts	Statics	Surface modellering, Kinematics/Dyna mics (rigid body)	Assembly modellering	Contact analysis, Crash, Dynamics	
19	09.05.2013 kl. 13.17-52	Ja	Solid modellering, Surface modellering, Assembly	Geometry abstracts (forenkling), Meshing (FEM), Material modellering	Statics	Kinematics/Dyna mics (rigid body)	Assembly modellering, Composite structures	Contact analysis, Multiphysics (Coupled Analysis: heat, flow, control...)	

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
20	09.05.2013 kl. 14.39.47	Nei						Contact analysis, Statics, Multiphysics (Coupled Analysis: heat, flow, control...)	
21	09.05.2013 kl. 14.44.57	Ja	Solid modelling, Surface modelling, Assembly, Drafting Solid modelling, Surface modelling, Assembly, Drafting	Meshing (FEM), Composite structures, Material modelling	Contact analysis (non-linear), Statics, aerodynamisk analyse		Meshing (FEM)		
22	09.05.2013 kl. 15.03.17	Ja		Meshing (FEM)	Dynamics, Statics	Solid modelling, Assembly	Geometry abstracts (forenkling), Meshing (FEM)	Crash, Dynamics, Statics	
23	09.05.2013 kl. 15.55.04	Ja	Solid modelling, Assembly, Drafting	Meshing (FEM), Material modelling			Meshing (FEM), Non-linear material meshing	Contact analysis, Dynamics	
24	09.05.2013 kl. 15.55.45	Nei							
25	09.05.2013 kl. 16.29.51	Ja	Solid modelling, Surface modelling, Assembly	Meshing (FEM), Composite structures	Statics	Solid modelling, Surface modelling, Assembly	Meshing (FEM), Composite structures	Statics	
26	09.05.2013 kl. 18.49.54	Nei							

A	B	C	D	E	F	G	H	I
10.05.2013 kl. 10.29.20	Ja	Solid modellering, Assembly	Meshing (FEM), Material meshing	Statics	Solid modellering, Surface modellering, Assembly, Drafting	Meshing (FEM), Assembly meshing, Composite structures, Material meshing	Contact analysis, Crash, Dynamics, Statics	En oversikt (som på forrige spørsmålsside) som viser hvilke mulige CAD, FEM og FAE muligheter som er tilgjengelig hadde vært fint å få i starten. "Disse er tilgjengelig og går ut på ditt og datt" Så kunne man valgt hvilke av disse CAD og analysetypene man vil jobbe med gjennom faget. Jeg lærte mer om hvilke muligheter som finnes i NX da jeg så oversikten på forrige side, enn jeg gjorde i selve faget!

A	B	C	D	E	F	G	H	I
10.05.2013 28 kl. 14.24.55		Solid modellering, Surface modellering, Assembly, Drafting	Geometry abstractions (forenkling), Meshing (FEM)		Surface modellering, Kinematics/Dyna mics (rigid body)			Hatt flere kurs i de ulike områdene innenfor CAD og FEM tidlig i starten av faget PuMa 8. Viktig at de er i starten av semesteret. Da har en semesteret til å eksperimentere og prøve seg fram innenfor ulike områdene og få et bedre inntrykk av hvilke områder en kunne tenke å jobbe med videre på prosjekt eller master. Er kursene tidlig på semester start er deg også lettere å få hjelp tidlig i forbindelse med oppgaven i PuMa 8 og bedre tid til å bli kjent med områdene. Alle må ikke delta på alle kursene, men de de ønsker.

A	B	C	D	E	F	G	H	I
						Geometry abstracts (forenkling), Meshing (FEM), Assembly modellering, Composite structures, Material Kinematics/Dyna modellering, Non-linear material meshing		Ingen påtvungne dellemner (CAD, kompositt, ekstrudering) Hvis alle i samme gruppe ønsker å lære seg mer CAD, og at ingen av de andre dellemnene er relevant å ha med i gruppens problemløsning så lærer man det man ønsker å lære seg. Informere tidligere om mulighetene man har i faget. Da tenker jeg på prosjektvalg og prosjekter for hva man kan lære av disse(FEM, surfacemodellering, dynamiske analyser osv.)
29	10.05.2013 kl. 14.51-58 Ja	Solid modellering	Meshing (FEM)	Statics	Surface modellering, Assembly, Tolerances, Kinematics/Dyna mics (rigid body), Drafting		Contact analysis, Dynamics, Statics, Multiphysics (Coupled Analysis: heat, flow, control...)	
30	10.05.2013 kl. 14.53-51 Ja	Solid modellering, Assembly	Meshing (FEM)	Statics	Surface modellering, Assembly, Tolerances, Kinematics/Dyna mics (rigid body)	Assembly modellering, Non-linear material meshing	Contact analysis, Dynamics, Multiphysics (Coupled Analysis: heat, flow, control...)	
31	10.05.2013 kl. 16.29-38 Ja	Solid modellering, Surface modellering, Assembly, Drafting	Meshing (FEM)	Statics	Solid modellering, Surface modellering, Assembly, Tolerances, Drafting	Meshing (FEM), Assembly modellering, Composite structures	Contact analysis, Crash, Statics	Mer struktur på opplæringen i NX. Mer fokus på NX og mindre på generell prosjekt-læring, vi lærer mye om prosjektarbeid i andre fag

A	B	C	D	E	F	G	H	I
10.05.2013 32 kl. 19.30.43 Ja		Solid modellering, Surface modellering, Assembly	Meshing (FEM)	Statics	Kinematics/Dyna Assembly mics (rigid body) modellering		Contact analysis, Crash, Multiphysics (Coupled Analysis: heat, flow, control...)	Det kunne være et alternativ å tilrettelegge for studenter som tok 4. året i utlandet. De kunne få en oppsummering eller tilgang på fagets it's learning-side for å lære de delene man kanskje ikke fikk undervisning i ved det utlandske læreresetet. Dette kan gjøres når man kommer tilbake til NTNU for å ta 5. året. (Selv om man får faget godkjent så betyr ikke det at faget i utlandet kan med 100% tilsvare faget ved NTNU)
11.05.2013 33 kl. 17.14.08 Ja		Solid modellering, Assembly, Drafting	Geometry abstractions (forenkling), Meshing (FEM)	Dynamics, Statics	Surface modellering, Kinematics/Dyna mics (rigid body)	Assembly meshing, Composite structures, Material meshing, Non- linear material	Contact analysis, Crash, Dynamics	

A	B	C	D	E	F	G	H	I
			Geometry abstracts (forenkling), Meshing (FEM), Assembly modellering, Composite structures, Material modellering			Geometry abstracts (forenkling), Meshing (FEM), Assembly modellering, Composite structures, Material modellering		
34	13.05.2013 kl. 09.33.57	Solid modellering, Assembly, Tolerances, Drafting	Contact analysis (non-linear), Statics	Solid modellering, Assembly, Tolerances, Kinematics/Dyna mics (rigid body), Drafting	Contact analysis, Statics	En bredere innføring i flere temaer. Det er flere av temaene nevnt i denne undersøkelsen jeg ikke vet hva er, og det hadde vært fint å vite alle mulighetene man har i NX.		
35	13.05.2013 kl. 10.09.44	Solid modellering, Surface modellering	Meshing (FEM)	Statics	Solid modellering, Surface modellering, Assembly	Contact analysis, Dynamics, Statics, Multiphysics (Coupled Analysis: heat, flow, control...)		
36	13.05.2013 kl. 10.23.14	Solid modellering, Assembly	Meshing (FEM)	Statics	Meshing (FEM)	Statics		
37	13.05.2013 kl. 10.28.06							



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
38	13.05.2013 kl. 11.23.41	Ja	Solid modelling, Assembly	Meshing (FEM), Assembly meshing, Non- linear material meshing	Contact analysis (non-linear), Statics	Solid modelling	Geometry abstracts (forenkling), Assembly modelling, Composite structures, Non- linear material meshing	Contact analysis, Crash, Dynamics, Statics, Multiphysics (Coupled Analysis: heat, flow, control...)	
39	14.05.2013 kl. 03.08.02	Ja	Solid modelling, Assembly, Drafting	Meshing (FEM), Material modelling		Tolerances, Kinematics/Dyna mics (rigid body)	Meshing (FEM), Composite structures, Material modelling		
40	14.05.2013 kl. 09.13.22	Ja	Solid modelling					Contact analysis, Dynamics, Statics	