Rapport

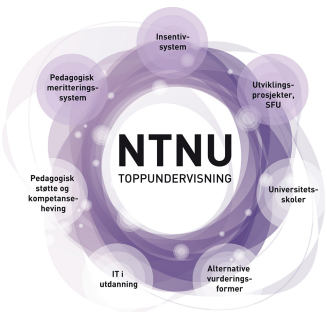
Frode Rønning

ACT! ACTive learning in core courses in mathematics and statistics for engineering education

Sluttrapport

Trondheim, januar 2021

NTNU
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for informatikk og elektroteknikk
Institutt for matematiske fag



NTNU
Kunnskap for en bedre verden

ACT! ACTive learning in core courses in mathematics and statistics for engineering education

Sluttrapport

SAMMENDRAG

ACT! ACTive learning in core courses in mathematics and statistics for engineering education

Mål for prosjektet
Hovedmålet for prosjektet har vært å modernisere innhold og form i de grunnleggende matematikk- og statistikkemnene i de teknologiske masterprogrammene (sivilingeniør) ved NTNU. Dette innebærer å gjøre bruk av moderne teknologi både i presentasjon av og arbeid med lærestoff. Et grunnleggende prinsipp for prosjektet har vært studentaktiv læring.

Resultat fra prosjektet
Prosjektet har vært organisert i tre arbeidspakker: innhold i grunnemnene i matematikk og statistikk, interaktive digitale læringsressurser, og læringsmiljø. Innholdsmessig har det skjedd en endring gjennom at flere av de involverte emnene har fått en sterkere orientering mot beregninger. Videre har det som del av prosjektet blitt igangsatt et forsøk med en tettere kobling mellom matematikkemner og bestemte studieprogram. Interaktive digitale lærings- og vurderingsressurser er utviklet, og videreutviklet, i betydelig omfang i form av videoer, nettsider og oppgaver for databasert vurdering. Det er arbeidet med ulike former for alternative læringsmiljø, både fysiske og digitale. Det er særlig vektlagt å organisere læringsmiljø som gir gode muligheter for interaksjon mellom lærer og studenter og studentene i mellom.

Overføringsverdi
Erfaringer fra, og ressurser utviklet i, prosjektet er overført til emner utenfor prosjektet. I den situasjonen som oppstod gjennom Covid-19-pandemien i 2020 viste dette seg spesielt verdifullt og bidro til at det var mulig å legge om undervisningen på kort varsel. Erfaringene har også verdi for arbeidet med Fremtidens teknologistudier.

Prosjekttittel:	ACT! ACTive learning in core courses in mathematics and statistics for engineering education
Prosjektleder:	Professor Frode Rønning
Institutt:	Institutt for matematiske fag
Fakultet:	Fakultet for informasjonsteknologi og elektroteknikk

NTNU
Kunnskap for en bedre verden

Mål for prosjektet

Målene for prosjektet var oppsummert slik i søknaden.

> We will modernise *content* and *form* of selected core courses in mathematics and statistics serving the 17 Master of Technology programmes at NTNU. Modernising content will make the courses better attuned to the needs of the students that they serve. Modernising form includes use of modern technology, adapting to the diversity in the student group and the desire to provide easily accessible learning resources. A fundamental principle for the project is student active learning. Core courses in mathematics and statistics are provided for up to 1700 students per course and taught by a team of teachers, from learning assistants to professors, in various settings. This is a complex structure with special challenges for instigating student active learning methods. We intend to meet these challenges through smart use of digital technology, and developing learning environments that stimulate student activity. Expected outcome will be core courses better adapted to the engineering study programmes with increased student activity, improving relevance and learning outcome.

Organisering av prosjektet

Prosjektet har vært lokalisert ved Institutt for matematiske fag med professor Frode Rønning som leder og professor Mette Langaas som nestleder. Det har eksistert en prosjektgruppe bestående av leder og nestleder samt førsteamanuensis Thea Bjørnland, professor Aslak Bakke Buan, professor Håkon Tjelmeland og førstelektor Marius Thaule. I tillegg har en rekke medarbeidere ved IMF, både faglige og tekniske (IKT drift), vært involvert i prosjektet.

I tilknytning til prosjektet ble det opprettet et *studentpanel* bestående av studenter fra ulike årskurs og ulike studieprogram for å gi innspill til utviklingen i prosjektet. Det ble også opprettet et *brukerpanel* bestående av representanter fra ulike ingeniørfag. Dette panelet har sammen med medarbeiderne i ACT! diskutert profilen på matematikk- og statistikkemnene. Resultater av arbeidet i disse panelene vil bli omtalt under Resultater fra prosjektet.

Prosjektet var i søknaden organisert i tre arbeidspakker, slik:

- WP1. Content of core courses in mathematics and statistics
- WP2. Interactive digital learning resources
- WP3. Learning environments

Resultatene fra prosjektet vil bli beskrevet for hver av disse arbeidspakkene.

Resultat fra prosjektet

I denne seksjonen vil hver av de tre arbeidspakkene omtales separat, og det vil bli gjort rede for hvilke aktiviteter som har inngått i hver av dem, og hva disse aktivitetene har resultert i.

WP1. Content of core courses in mathematics and statistics

Sentralt i arbeidet med endring av innhold har vært samarbeid med brukermiljøene, og spesielt har dialogen med brukerpanelet vært viktig her. Det har også vært kontakt og samarbeid mellom ACT! og prosjektet BOS – beregningsorientering i sivilingeniørutdanningen. Medarbeidere i ACT! har deltatt i prosjektgruppen for BOS, og det har også vært annen kontakt mellom de to prosjektene for å diskutere felles mål og strategier.

Matematikkens rolle i ingeniørutdanning har vært diskutert i lang tid (Bajpaj, 1985). Matematikk anses som viktig fordi den muliggjør kvantitative modeller av de fenomener disiplinene beskjeftiger seg med, og det blir ansett som viktig at den blir en komponent i selve *tenkemåten* til fagpersonene (Scanlan, 1985). Imidlertid er det slik at mange studenter, særlig i starten av studiet, opplever matematikken som irrelevant og som noe som tar fokus vekk fra det de egentlig har kommet for å studere (Loch & Lamborn, 2016). Mange studenter opplever også manglende sammenheng mellom matematikken som undervises og de ingeniørfaglige temaene den er ment å støtte (Harris et al., 2015). Internasjonalt finnes det ulike modeller for organisering av matematikk for ingeniørstudenter (Alpers, 2020); fra en modell der matematikkemnene undervises som en del av en generell grunnlagspakke i starten av studiet til en modell der matematikk er sterkt integrert i utdanningen og innrettes mot de spesifikke behovene i de enkelte ingeniørprogram (Alpers, 2008; Enelund et al., 2011; Winkelmann, 2009). I nåværende modell ved NTNU tilbys matematikkemnene i hovedsak likt for alle sivilingeniørprogram, og dette er en modell som er effektiv med tanke på utnyttelse av ressurser og den gjør overgang mellom studieprogram enkelt. Det er imidlertid tegn som tyder på at mange sivilingeniørstudenter opplever manglende relevans, og det kan også være en sammenheng mellom manglende opplevd relevans og strykprosent og frafall. Ved en spørreundersøkelse i 2020 i et studieprogram med relativt høy strykprosent sa bare ca. ¼ av dem som svarte seg «helt enig» i påstanden «Jeg har fått forståelse for hvorfor Matematikk 1 vil være viktig for meg senere i studiet».

Blant annet på bakgrunn av dette har spørsmålet om tilpasning av matematikkemnene til spesifikke studieprogram blitt diskutert, både i brukerpanelet og ellers mellom involverte aktører. Dette har konkret ledet til et nært samarbeid mellom IMF og Institutt for elektroniske systemer som igjen har ført til at det er satt i gang forsøk med et tilpasset matematikkopplegg for studieprogrammet Elektronisk systemdesign og innovasjon (MTELSYS). Det er utviklet emneplaner for fire matematikkemner (tilsvarende Matematikk 1-4) der valg, vektlegging og rekkefølge av tema er gjort spesielt med tanke på en gjensidig tilpasning av innhold og progresjon til MTELSYS. Som følge av dette arbeidet ble det høsten 2020 satt i gang et pilotprosjekt der studentene på MTELSYS undervises i matematikk adskilt fra de andre sivilingeniørstudentene. Denne piloten er foreløpig vedtatt gjennomført for to studentkull. Denne piloten er også relevant i sammenheng med prosjektet Fremtidens teknologistudier (FTS). Det har vært avholdt møter mellom ledelsen i ACT! og ledelsen i FTS, som ser svært positivt på dette tiltaket i ACT!

Pilotprosjektet med MTELSYS har også ført til samarbeid med Institutt for kjemi og Institutt for materialteknologi med tanke på en tilsvarende omlegging av matematikkemnene for studieprogrammet MTKJ. Samarbeidet med MTELSYS og MTKJ førte til en søknad til DIKU på Program for studentaktiv læring som ble sendt våren 2020. Den ble dessverre ikke innvilget, men den ble vurdert med karakteren 6 – Svært godt, både som samlekarakter og som delkarakter på hvert av underpunktene som vurderingen bestod av. Denne piloten representerer en innholdsmessig endring, der hovedmotivasjonen er å gjøre

matematikkfaget bedre tilpasset og mer relevant for de studentgruppene det skal betjene og å styrke kontakten mellom IMF og brukermiljøene.

Spørsmålet om relevans kan belyses fra mange sider. Det å tilpasse innhold i matematikkemnene slik at studentene ser nytten av matematikk i ingeniørfag er ett aspekt. Eksempel på slik tilpasning kan være at studentene på MTELSYS lærer lineær algebra for å bruke det som verktøy til å modellere elektriske kretser eller at de lærer om fourierrekker til bruk i arbeid med signalanalyse. Dette kan innebære at matematikkfaglige tema behandles i en noe annen rekkefølge og gis en noe annerledes vekting for ett studieprogram enn for et annet. Dette må samtidig tilpasses matematikkfagets indre logikk siden det er slik at ett gitt tema i matematikk bygger på andre tema og det er dermed ikke vilkårlig i hvilken rekkefølge tema undervises.

Et annet aspekt ved relevans er det å gi studentene tilgang til metoder og verktøy som gjør dem i stand til å arbeide med virkelighetsnære problemer. Her kommer beregningsorientering inn i bildet. Hellevik et al. (2020) omtaler beregningsorientert problemløsning som «å løse et teknisk-naturvitenskapelig problem ved å formulere det matematisk og løse det ved hjelp av en datamaskin» (s. 6). Det er klart at beregninger (numeriske metoder) er viktige og uunngåelige når matematikk brukes i praktiske anvendelser, men de må kombineres med god analytisk kompetanse. Hellevik et al. skriver at «emnene i de første årskursene stort sett er fokusert rundt klassiske papir-og-blyant-metoder» (s. 11) og skriver videre at dette er en viktig årsak til at ingeniørfagene ikke kan arbeide med motiverende og virkelighetsnære eksempler tidlig i studiet.

ACT! møter de utfordringene som er beskrevet her på to måter. For det ene vil den sterkere koblingen av matematikk og ingeniørfag som piloten for MTELSYS innebærer, gjøre at det i større grad blir et felles ansvar for matematikk og ingeniørfag å legge inn tema, metoder og eksempler i undervisningen som gjør at den blir preget både av et solid teoretisk grunnlag og virkelighetsnære eksempler. Dette innebærer å i større grad se de enkelte emnene i lys av læringsmål på studieprogramnivå. En slik tankegang er i tråd både med FTS og med den såkalte CDIO-tilnærmingen (Crawley et al., 2014). Det er her verdt å merke seg at det første overordnete målet i CDIO er formulert slik: «Master a deeper working knowledge of technical fundamentals» (Crawley et al., 2014, s. 13). Her legges det stor vekt på grunnleggende begrepsmessig kunnskap der ideer knyttet til «a deep approach to learning» (Marton & Säljö, 1976) fremheves som sentrale. Det er altså ikke slik at en tilpasning av matematikken til brukergruppene innebærer en avgrensning til å kun undervise metoder og teknikker. Grunnleggende matematikkfaglig teori vil altså fortsatt være viktig. Her kan det også vises til studier som viser at i anvendelser er de begrepsmessige aspektene ved f.eks. integralet viktigere enn de rent regnetekniske (González-Martín & Hernandes-Gomes, 2017).

For det andre møtes disse utfordringene gjennom at numeriske metoder innføres tidlig i utdanningen, allerede i første semester. Her arbeides det med numeriske metoder for løsning av både algebraiske ligninger og differensialligninger, samt numeriske integrasjonsmetoder. Beregningene gjøres ved hjelp av såkalte Jupyter Notebooks. Dette er et verktøy som gjør det mulig, med lav inngangsterskel, å bruke programmering for å implementere numeriske metoder. I en Jupyter Notebook kombineres tekst og kode (i Python), og brukeren kan, med utgangspunkt i et ferdiglaget eksempel, selv endre funksjoner og parametere for å gjøre eksemplet til sitt eget. I figur 1 er vist utdrag fra en Jupyter Notebook for å regne ut et integral ved hjelp av trapesmetoden. Brukeren kan endre funksjonen som skal integreres, intervallet det integreres over og antall delintervall. Jupyter Notebooks er et svært fleksibelt verktøy, og det er tatt i bruk

i en rekke emner både i matematikk og statistikk helt fra første semester, også i emner som ikke omfattes av ACT! Bruken av dette verktøyet i flere emner sikrer at studentene møter samme applikasjon flere steder.

In [1]:
```
from numpy import *
```

In [2]:
```
def trapesmetoden(f, a, b, n):
    x_noder = linspace(a, b, n + 1)    # Deler inn [a,b] i n delintervaller
    h = (b - a)/n                      # Steglenden h
    T1 = f(x_noder[0]) + f(x_noder[n]) # Summen av f(a) og f(b)
    T2 = sum(f(x_noder[1:n]))          # f(x_1) + f(x_2) + ... + f(x_(n - 1))
    T = h*(T1 + 2*T2)/2                # T_n
    return T
```

Trapesmetoden brukes nå på funksjonen

$$f(x) = \frac{1}{x^3 - x + 1}$$

integrert over intervallet $[0, 1]$.

In [3]:
```
def f(x):
    return 1/(x**3-x+1)           # Definerer f(x)

trapesmetoden(f, 0, 1, 2)
```

Out[3]: 1.3

Figur 1 Jupyter Notebook som viser integrasjon med trapesmetoden

Et annet konkret eksempel på arbeid med innhold er at det i statistikk er utviklet et nytt emne for bachelor-ingeniørstudenter (ISTT/G/A1001/2/3). I dette arbeidet har en bygd på erfaringer gjort i arbeidet med statistikkemnet for sivilingeniørprogrammene, og dermed kan dette arbeidet sees på som spredning til studieprogram som i utgangspunktet ikke var omfattet av ACT!-prosjektet.

WP2. Interactive digital learning resources

I perioden 2014-2016 var IMF ansvarlig for prosjektet Kvalitet, tilgjengelighet og differensiering i grunnutdanningen i matematikk, KTDiM. Ett av målene for dette prosjektet var en differensiering av undervisningstilbudet, med utgangspunkt i at studenter har ulike preferanser og ulik motivasjon for læring. For å oppnå dette var utvikling av digitale læringsressurser ett av tiltakene. Dette omfattet utvikling av flere ulike videoserier, utvikling av et elektronisk øvingssystem og utvikling av nettbaserte ressurser kalt *temasider*. Disse tiltakene er videreført i ACT! og utvidet til andre emner enn de som var omfattet av KTDiM, og også utvidet og forbedret på andre måter. Tiltakene vil bli gjort rede for i det følgende.

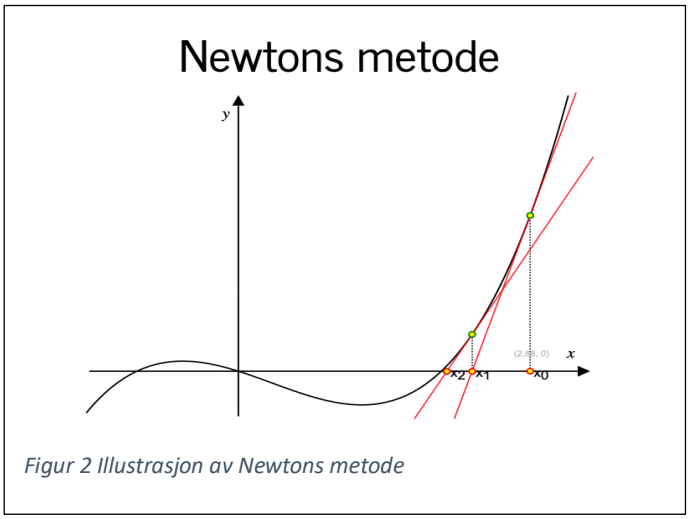
Temasider og andre digitale læringsressurser

I KTDiM ble det lagt ned et stort arbeid i å utvikle såkalte temasider for de ulike emnene som inngikk i prosjektet. I ACT! er temasidene utvidet med ny funksjonalitet. Temasidene kan betraktes som en digital lærebok der fagstoff presenteres både gjennom tekst, animasjoner, interaktiv grafikk og videoer. Det er utviklet en ny plattform som blant annet gir muligheter for å søke etter ord og begreper i temasidene. Et annet viktig moment med den nye plattformen har vært å sørge for at brukergrensesnittet oppleves som godt på ulike plattformer (PC, nettbrett, mobiltelefon). Utviklingen av temasidene bygger i stor grad på tilbakemeldinger fra studentene både gjennom spørreundersøkelser og tilbakemeldinger fra det såkalte studentpanelet.

I Statistikk er det arbeidet spesielt med å bygge opp et bibliotek med interaktiv grafikk med bruk av systemet R Shiny, tilgjengelig online for bruk i undervisningen. IMF har satt opp en egen server til dette formålet. Nye temasider i statistikkemnene TMA4240/TMA4245 er utviklet. Disse er organisert som en egen webside for hvert begrep. Dette gjør de nye temasidene bedre egnet for å benyttes fra små skjermer,

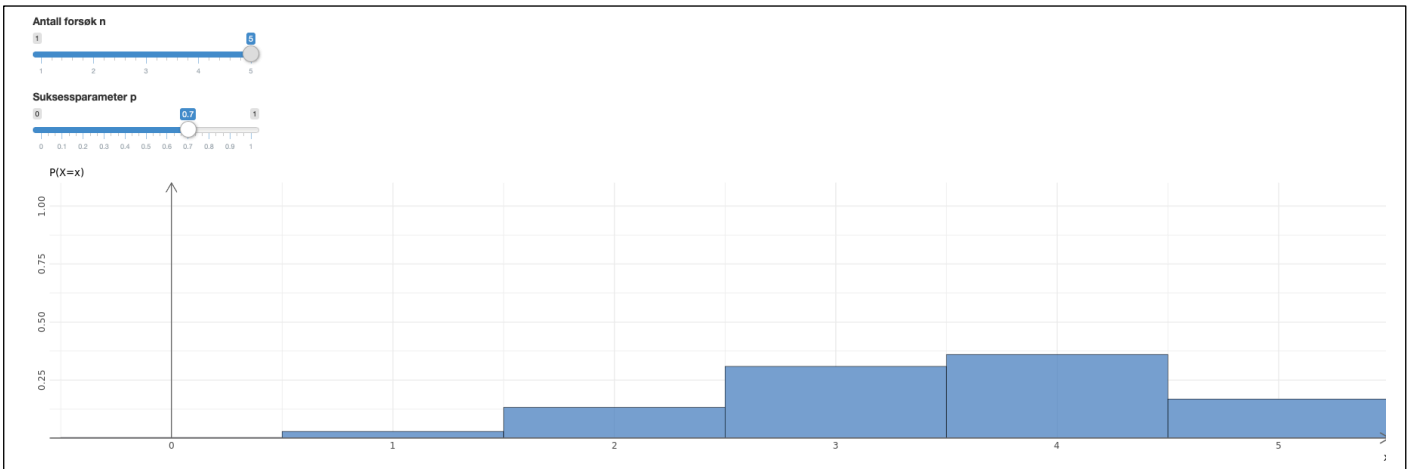
som for eksempel mobiltelefoner. Det er også lagt til temasider som inneholder regneeksempler og som illustrerer anvendelse av regneregler og regneprosedyrer.

I matematikkemnene er det arbeidet med å legge inn interaktive grafiske fremstillinger i temasidene. Figur 2 viser interaktiv grafikk som viser prinsippet bak Newtons metode for løsning av algebraiske ligninger. Brukeren kan her velge startverdien x_0 ved å dra i punktet på x-aksen merket x_0 og figuren vil så oppdateres med nye punkter x_1 og x_2. Slik interaktiv grafikk er også lagt inn i forhåndsproduserte forelesningsvideoer som ble laget høsten 2020 da det på grunn av Covid-19 ble umulig å holde forelesninger for store studentgrupper. Dette er et element som bringer inn en viss grad av studentaktivitet og dynamikk også i ferdiglagede videoer.



Figur 2 Illustrasjon av Newtons metode

Figur 3 viser et eksempel på interaktiv grafikk i statistikk. Her vises en binomisk fordeling, og brukeren kan velge antall forsøk n (her n = 5) samt sannsynligheten p (her p = 0,7) for at hvert forsøk skal gi et bestemt (positivt) resultat. Søylene i figuren viser sannsynligheten for x positive resultat for hver x = 0, 1, 2, 3, 4, 5.

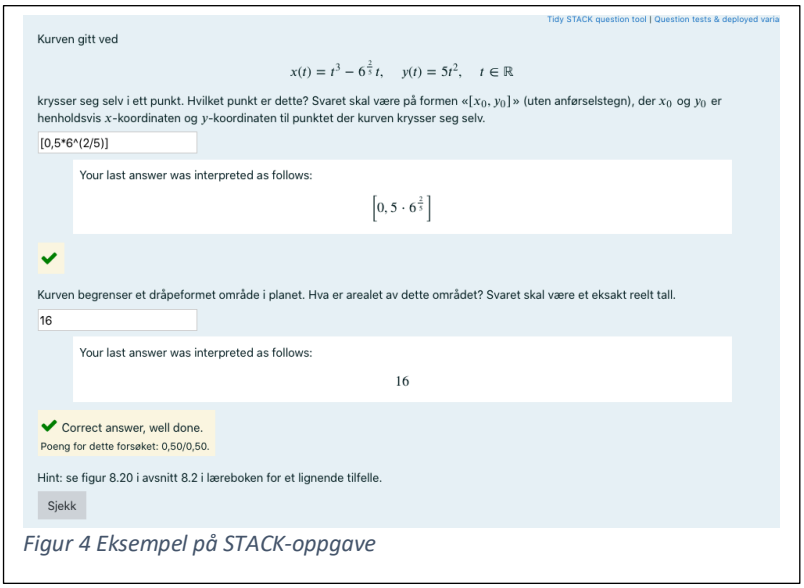


Figur 3 Illustrasjon av binomisk fordeling

Digital vurdering

Med KTDiM ble digital vurdering innført som en sentral komponent i flere emner, gjennom systemet Maple T.A., som etter en omorganisering ble del av et større e-læringssystem og da skiftet navn til Möbius Assessment. Som følge av denne omorganiseringen økte kostnadene betraktelig, og det ble nødvendig å finne andre løsninger. Etter en vurdering av flere mulige løsninger endte man opp med systemet STACK, System for Teaching and Assessment using a Computer algebra Kernel, (Sangwin, 2013). Dette har klare faglige fortrinn fremfør Möbius Assessmen, blant annet langt bedre muligheter for tilbakemeldinger til studentene, og det er fritt tilgjengelig med åpen kildekode. En stor databank av oppgaver både i matematikk og statistikk er oversatt fra Möbius Assessment til STACK. Det er nå utviklet en stor mengde øvingsoppgaver i STACK for alle emnene Matematikk 1, 2 og 3 samt Statistikk. IMF har satt opp en egen server for å drifte STACK. Parallelt med arbeidet i ACT! har det kommet i gang en omfattende bruk av STACK ved andre deler av NTNU. Viktig her er prosjektet Digital og konstruktiv tilbakemelding i matematikk, med førsteamanuensis Andrey Chesnokov ved IMF Gjøvik som prosjektleder. Dette prosjektet er ikke en del av ACT! men det kan sees på som noe som er kommet i gang som en konsekvens av ACT!

Tilbakemeldinger fra studentene på systemet Maple T.A./Möbius Assessment var blant annet knyttet til at systemet ikke skilte mellom feil av begrepsmessig karakter og feil som skyldtes syntaks, som for eksempel manglende parenteser. Figur 4 viser et eksempel på en oppgave i STACK. Her kan man se at den første tilbakemeldingen til brukeren er «Your last answer was interpreted as follows» fulgt av et bilde som viser hvordan systemet har tolket det brukeren skrev. Dette gir muligheter til å rette opp syntaksfeil før det endelige svaret sendes til systemet.



Figur 4 Eksempel på STACK-oppgave

Digital vurdering til slutteksamen med bruk av INSPERA ble gjennomført for ca. 1200 studenter våren 2019 i Matematikk 2, med godt resultat. Det er videre gjennomført digital vurdering, også med bruk av tredjeparts programvare i flere statistikkemner både vår og høst 2019. I 2020 ble digital vurdering høyaktuelt som følge av Covid-19. Erfaringene gjort i forkant gjennom ACT! var svært nyttige for å kunne gjennomføre digital eksamen i stor skala i 2020.

Videoopptak av forelesninger

Videoopptak av forelesninger i de store grunnemnene har vært gjennomført i flere år, både i ACT! og i det forutgående prosjektet KTDiM. I denne forbindelse har det vært et nært samarbeid med Multimediesenteret, og i vårsemestret 2020 ble Matematikk 2 brukt som et pilotemne for utprøving av et nytt system (Panopto) med automatisk opptak av forelesninger. Den omfattende erfaringen som er gjort ved IMF med videoopptak, både gjennom ACT! og ellers, gjorde at det var mulig å reagere svært raskt på nedstengingen av universitetet torsdag 12. mars 2020. Allerede påfølgende mandag var man i gang med videobaserte undervisningstilbud. I løpet av 2020 er det gjort erfaringer med ulike løsninger for videobasert undervisning, både i sanntid med og uten opptak, og i form av forhåndsproduserte videoer. Denne utviklingen fortsetter i 2021. Det har vært engasjert studenter til å gå gjennom videoer og tilhørende skriftlig materiale. Tilbakemeldinger fra disse har ført til raffinering både av videoer og av skriftlig materiale.

Digital veiledning

Et viktig tiltak i KTDiM var den såkalte matte-/statistikklaben. Denne er organisert etter modell av såkalte drop-in senter, eller support senter (Lawson et al., 2003) der studenter kan gå for å få hjelp, innenfor svært romslige åpningstider. Etter nedstengingen i mars 2020 kunne dette tilbudet ikke opprettholdes, og det ble rask etablert en digital veiledningstjeneste med bruk av diskusjonsforumet Piazza. Igjen, som følge av høy digital kompetanse, kunne dette tilbudet komme i gang allerede uken etter at nedstengingen var et faktum. I tillegg har det vært gitt tilbud om veiledning gjennom 1-1 videosamtaler. Her har ulike systemer vært prøvd (Zoom, Whereby). Veiledning i Piazza skiller seg fra veiledning i mattelab på to vesentlige punkter, den er *asynkron* og den er *skriftlig.* Bruken av Piazza har gitt verdifulle erfaringer med en annerledes veiledningsmodell, og tilbakemeldinger fra studentene tyder på at denne modellen har en verdi, i tillegg til synkron, muntlig veiledning, også i en normalsituasjon. En styrke med veiledning på forum er at studentene kan stille spørsmål anonymt, og de må også bruke tid på å formulere spørsmålet skriftlig, noe som i seg selv kan bidra til en avklaring. Så er det selvsagt ulemper ved at man må vente på svar, og det kan være kronglete, både for den som spør og den som skal svare, å måtte formulere seg skriftlig.

WP3. Learning environments

Gjennom ACT! er det gjort mange erfaringer med bruk av de interaktive læringsarealene R2 og Smia. R2 har vært brukt til *interaktive forelesninger* og *matte-/statistikklab* i emner med et stort antall studenter, og Smia har vært brukt til emner med færre studenter, både i matematikk og statistikk. Etter hvert er det flere og flere lærere som har begynt å ta i bruk disse arealene. Interaktive forelesninger, som ble innført i KTDiM, er videreført og videreutviklet i ACT! Både spørreundersøkelser og tilbakemeldinger fra studentene gjennom referansegruppene viser at interaktive forelesninger blir satt pris på. Slike tilbakemeldinger viser også at rommet R2 settes pris på, og det er et ønske fra vår side med flere rom av denne typen som kan romme store studentgrupper. I januar 2021, med all undervisning og veiledning digital, fikk studentene i Matematikk 2 spørsmål om hvilke av undervisningstilbudene de ville prioritere å få tilbake i fysisk form. Her skårer de interaktive forelesningene og mattelaben høyest. I en mer

Figur 5 Interaktiv forelesning i R2

omfattende spørreundersøkelse i Matematikk 1 høsten 2020 ble studentene bedt om å rangere de ulike undervisnings- og læringsressursene på en skala fra 1 (best) til 10 (dårligst) etter hvilke de syntes de lærte mest av. Her er de interaktive forelesningene den enkeltressursen som får toppskår fra flest studenter.

I emnet Matematikk 3 har man innført begrepet *interaktiv øvingstime.* Her gjøres det en rask oppsummering av ukas stikkord, og det gjennomføres en quiz og noen korte oppgaver, med «polling»/stemming. Her brukes et studentresponssystem kalt *mentimeter.* I tillegg gis det noen litt lengre og krevende oppgaver som gås gjennom i plenum. I Matematikk 3 er det utviklet omfattende ressurser i form at videoer og skriftlig materiale. Ideen er at studentene skal ha satt seg inn i dette forut for de interaktive øvingstimene. Dette kan karakteriseres som en form for omvendt undervisning (Mazur, 2012). Dette fungerer bra og oppslutningen blant studentene er veldig god. Per januar 2021 foregår denne aktiviteten i Zoom, men man har ambisjoner om å gjennomføre tilsvarende modell også etter tilbakevending til fysisk undervisning.

Matte-/statistikklab er videreutviklet gjennom å ha felles mattelab for Matematikk 1 og 3 i høstsemestret og felles for Matematikk 2 og 3 i vårsemestret. Dette ser ut til å fungere bra. I vårsemestret er det mange studenter som både tar Matematikk 2 og 3, og de vil da ha *ett* sted å gå til for å få hjelp med begge fagene. Alt i alt vil dette også øke fleksibiliteten da det til enhver tid vil være et større antall læringsassistenter til stede. Se ellers det som står om digital veiledning ovenfor.

Følgeforskning

Det har vært samlet inn en del data i prosjektet ved bruk av spørreskjema. Det ble innhentet tillatelse fra NSD til å samle inn persondata slik at man kunne følge en og samme person gjennom flere emner. Dette innebar at studentene, for å kunne svare, måtte gjennom en påloggingsprosess og gi samtykke til datainnsamlingen. Sammenlignet med de tilsvarende, men fullstendig anonyme spørreundersøkelsene som ble gjennomført i KTDiM, ga dette vesentlig lavere svarprosent. En undersøkelse om læringsstiler er også gjennomført, med ganske god svarprosent. Arbeidet med spørreundersøkelser ble ikke gjennomført som opprinnelig planlagt i 2020 på grunn av den akutte situasjonen som oppstod med Covid-19.

I forbindelse med samarbeidet med MTELSYS er det igangsatt forskning for bedre å forstå forskjeller og likheter mellom fremstilling og bruk av matematikkfaglige tema i matematikkfaget sammenlignet med aktuelle fag i MTELSYS.

I forbindelse med interaktive læringsarealer har det vært nært samarbeid mellom ACT! og prosjektet Tett På. En ph.d.-stipendiat ble tilsatt i 2018 og er nå i gang med interaktiv aksjonsforskning i samarbeid med tilsatte ved IMF og SEED (Center for Science & Engineering Education Development at NTNU). Det er også tilsatt en stipendiat som skal se på matematikkfaget i overgangen mellom skole og høyere utdanning. Ingen av stipendiatene er finansiert av ACT!, og overgangsproblematikken er heller ikke direkte en del av ACT!, men kunnskap om hvordan studenter opplever overgangen er svært relevant for tiltakene i ACT! Derfor hører også virksomheten til denne stipendiaten naturlig med i miljøet rundt ACT!

Det fremgår av listen over presentasjoner gjort i regi av prosjektet at følgeforskningen har gitt resultater. Siden de to nevnte stipendiatene ikke er direkte del av ACT! er deres presentasjoner ikke tatt inn i denne listen.

Overføringsverdi

I søknaden ble det beskrevet at prosjektet omfattet emnene Matematikk 1-4, Statistikk og Diskret matematikk. Av ulike grunner ble det ikke naturlig å inkludere Diskret matematikk, men de andre emnene er det arbeidet med. I tillegg har erfaringer fra prosjektet kommet til nytte i en rekke andre emner. Tidligere i rapporten er nevnt utvikling av nytt emne i statistikk for bachelor-ingeniør. Interaktive læringsarealer har vært brukt i flere emner. I situasjonen som oppstod med Covid-19 har særlig behovet for ulike former for digital undervisning og veiledning vært presserende, og her har erfaringer fra ACT!, i kombinasjon med generelt god digital kompetanse ved IMF, vært viktig. Det ble opprettet en ressursgruppe for digital undervisning ved IMF, bestående av medarbeidere fra ACT! og andre, som har bistått og fortsatt bistår, faglærere med å løse utfordringer knyttet til digital undervisning.

Som nevnt tidligere i rapporten, kan også aktiviteten i ACT! sies å i noen grad ha hatt betydning for tilblivelsen av prosjektet Digital og konstruktiv tilbakemelding i matematikk, støttet av Diku. Arbeidet med FTS var ennå ikke kommet i gang da ACT! startet, men det har vist seg at filosofien som lå til grunn for ACT! har mye til felles med filosofien bak FTS. Denne samstemtheten bør gi et godt grunnlag for utvikling av matematikk- og statistikkemner når FTS skal implementeres.

Presentasjoner gjort i regi av prosjektet

I løpet av prosjektperioden har det vært gjort en rekke presentasjoner, både muntlige og skriftlige, nasjonalt og internasjonalt, knyttet til prosjektet. Disse er listet opp nedenfor. Flere presentasjoner planlagt for 2020 ble kansellert fordi arrangementene de var planlagt for ble avlyst på grunn av Covid-19-situasjonen.

Muntlige bidrag

Kværnø, A. (2018). *Bruk av Jupyter i undervisning av numerisk matematikk ved NTNU.* MatRIC and CCSE workshop on programming, november.

Langaas, M. (2018). *Interaktive forelesninger i innovative læringsareal - erfaringer fra undervisning på masternivå i statistikk ved NTNU.* Presentasjon ved Læringsfestivalen 2018, NTNU, mai.

Langaas, M. (2018). *Teaching statistics: with all learning resources written in R Markdown.* Presentasjon ved useR!2018, Brisbane, Australia, juli.
https://folk.ntnu.no/mettela/Talks/useR2018ML.html
https://www.youtube.com/watch?v=lr9JybM5lww

Langaas, M. (2019). *The future of teaching statistics.* Foredrag ved Norsk Regnesentral/UiO BigInsight lunsjforedrag 23.10.2019, foredrag ved NMBU 21.11.2019 og ved Institutt for matematiske fag 16.12.2019. https://www.biginsight.no/events/2019/10/23/wednesday-lunch-mette-langaas

Rønning, F. (2018). *A mild form of flipped classroom in large courses for engineering students.* Presentasjon ved Øresundsdagen, DTU, Danmark, 31. oktober 2018.

Rønning, F. (2018). *Aktivierende Lehre in der Mathematikausbildung von Ingenieurstudierenden.* Fakultetskollokvium ved Leibniz Universität, Hannover, Tyskland, 12. juni 2018.

Rønning, F. (2018). *Die Rolle der Sprache in dem Lernen von Hochschulmathematik – Beispiele aus einem norwegischen Entwicklungsprojekt.* Foredrag ved Hanse-Kolloquium, Essen, Tyskland, 10. november 2018.

Rønning, F. (2018). *Mathematik in der Ingenieursausbildung- Erfahrungen aus einem Forschungs- und Entwicklungsprojekt in Norwegen.* Presentasjon ved khdm-Tag, Kassel, Tyskland, 22. juni 2018.

Thaule, M. (2019). *Digital vurdering i matematiske fag ved NTNU.* Foredrag ved Norsk matematikkråds årsmøte, 18.-19. september 2019.

Thaule, M. (2020). *Erfaring med digital hjemmeeksamen.* Foredrag ved seminaret «Endring av vurderingsform våren 2021», IE-fakultetet, NTNU, 17. desember 2020.

Thaule, M., Bjørnland, T., Buan, A. B., Kværnø, A., & Langaas, M. (2019). *Digitale læringsressurser i matematikk og statistikk.* Foredrag ved MNT-konferansen, Tromsø, 28.-29. mars 2019.

Skriftlige bidrag

Bjørnland, T., Buan, A. B., & Gynnild, V. (akseptert). First-year students' attitudes and learning goals in Calculus: A ten-year follow-up study. Under revisjon for tidsskriftet *Numeracy*.

Rønning, F. (2018). Methoden zur Studentenaktivierung in der Ingenieursausbildung. I Fachgruppe der Mathematik, Universität Paderborn (red.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2018* (Bind 3, s. 1515-1518). Münster: WTM-Verlag.

Rønning, F. (2019). Die Rolle der Sprache in dem Lernen von Hochschulmathematik – Beispiele aus einem norwegischen Entwicklungsprojekt. I M. Klinger et al. (red.), *Hanse-Kolloquium zur Hochschuldidaktik der Mathematik 2018* (s. 19-28). Münster: WTM-Verlag.

Rønning, F. (i trykk). The role of Fourier series in signal theory. Akseptert i *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*.

Rønning, F. (under arbeid). Learning mathematics through working with engineering projects. Bokkapittel under arbeid.

Støtteapparat – prosjektgjennomføring

Etter prosjektleders oppfatning har ikke prosjektet støtt på utfordringer som kunne ha vært løst av NTNU Toppundervisning. Det er alltid utfordrende å frigjøre folk til å gjøre innsats i prosjektet, og særlig var dette vanskelig for vårsemestret 2018 siden tilsagn om midler kom såvidt sent at planene for semestret på det tidspunktet var lagt. Dette ble løst ved å forskyve prosjektet slik at det i praksis går også i vårsemestret 2021, da med kun intern finansiering.

En annen, og absolutt uforutsigbar utfordring, var selvsagt Covid-19-situasjonen. Denne har gjort at ikke alt har kunnet gjennomføres som planlagt, men den har også ført til behov som, i hvert fall delvis som følge av virksomheten i og erfaringene fra ACT!, er blitt ivaretatt trolig på en bedre måte enn hva som ville ha vært mulig uten ACT!

Økonomi

Prosjektmidlene er i all hovedsak brukt til lønn. Fast vitenskapelig tilsatte har vært frikjøpt fra undervisning i et semester av gangen for å drive utvikling i prosjektet. For å drifte pilotprosjektet med MTELSYS er det brukt midler til lønn for en lengre periode. Det er også gjort bruk av stipendiater til å utføre arbeid for prosjektet, og personer ved IKT drift ved IMF har gjort en hel del arbeid, blant annet med å utvikle et nytt rammeverk for temasider.

Referanser

Alpers, B. (2008). The mathematical expertise of mechanical engineers – The case of machine element dimensioning. I B. Alpers, S. Hibberd, D. Lawson, L. Mustoe, & C. Robinson (Red.), *Proceedings of 14 SEFI (MWG) Conference, Loughborough, 6-9 April 2008.* Aalen: SEFI.

Alpers, B. (2020). *Mathematics as a service subject at the tertiary level. A state-of-the-art report for the Mathematics Interest Group.* Brussel: European Society for Engineering Education (SEFI).

Bajpaj, A. C. (1985). The role of mathematics in engineering education: A mathematician's view. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 16*(3), 417-430.

Crawley, E. F., Malmqvist, J., Östlund, S., Brodeur, D. R., & Edström, K. (2014). *Rethinking engineering education. The CDIO approach* (2. utg.). Cham: Springer.

Enelund, M., Larsson, S., & Malmqvist, J. (2011). Integration of a computational mathematics education in the mechanical engineering curriculum. I *Proceedings of the 7th International CDIO Conference, Technical University of Denmark, Copenhagen, June 20 - 23, 2011.*

González-Martín, A. S., & Hernandes-Gomes, G. (2017). How are calculus notions being used in engineering? An example with integrals and bending moments. I T. Dooley & G. Gueudet (Red.), *Proceedings of the Tenth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (CERME 10) (pp. 2073–2080). Dublin: DCU Institute of Education & ERME.

Harris, D., Black, L., Hernandez-Martinez, P., Pepin, B., & Williams, J. (2015). Mathematics and its value for engineering students: What are the implications for teaching? *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 46*(3), 321-336.

Hellevik, L. R., Helmersen, I. A., Leiknes, H., Mathisen, K., & Nygård, M. (2020). *Beregningsorientering av sivilingeniørstudiene ved NTNU. FUS-prosjekt.* Trondheim: NTNU.

Lawson, D., Croft, T., & Halpin, M. (2003). *Good practice in the provision of mathematics support centres* (2. utg.). Birmingham: The Higher Education Academy.

Loch, B., & Lamborn, J. (2016). How to make mathematics relevant to first-year engineering students: perceptions of students on student-produced resources. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 47*(1), 29–44.

Mazur, E. (2012). Twilight of the lecture. Hentet fra http://harvardmagazine.com/2012/03/twilight-of-the-lecture

Sangwin, C. (2013). *Computer aided assessment of mathematics.* Oxford: Oxford University Press.

Scanlan, J. O. (1985). The role of mathematics in engineering education: An engineer's view. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 16*(3), 445-451.

Winkelman, P. (2009). Perceptions of mathematics in engineering. *European Journal of Engineering Education, 34*(4), 305–316.

NTNU

Kunnskap for en bedre verden