

Innovativ utdanning. Skjema for godkjenning av søknader. Frist 29.11.13

Del 1 og **del 2** fylles ut av prosjektleder.

Del 3 fylles ut og signeres av deltakende fakultet og/eller eksterne partnere.

Del 4 fylles ut og signeres av vertsdekan.

Det utfylte skjemaet sendes til rektor v/Kirsti Rye Ramberg i ePhorte. Saksnummeret i ePhorte er: 13/14837. Start med søknadens "tittel" + "godkjenningsskjema" i ePhorte rubrikken "innhold" slik at vi kan skille sakene på en enkel måte.

Frist 29. november 2013

Del 1. Informasjon om søker:

Fylles ut av prosjektleder

Prosjekttittel:	KTDiM: Kvalitet, tilgjengelighet og differensiering i grunnutdanningen i matematikk
Prosjektleder	Førsteamanuensis Mats Harald Andreas Ehrnstrøm
Vertsfakultet	Fakultet for informasjonsteknologi, matematikk og elektroteknikk
E-post adr. prosjektleder	Mats.Ehrnstrom@math.ntnu.no
Ansvarlig controller:	Anders Kongsli Kvernberg

Del 2. Informasjon om involverte NTNU-fakultet/NTNU-institutt og eksterne partnere

Fylles ut av prosjektleder

Involverte fakultet/institutt ved NTNU (legg til linjer etter behov)

Involverte fakultet	Involverte institutt	Kontaktperson
Fakultet for informasjonsteknologi, matematikk og elektroteknikk	Institutt for matematiske fag	Professor Aslak Bakke Buan (nestleder IMF)
Fakultet for samfunnsvitenskap og teknologiledelse	Program for lærerutdanning, og spesielt Seksjon for universitetspedagogikk (Uniped)	Førsteamanuensis Rolf Jonas Persson (Video for kvalitet-prosjektet), og Professor Vidar Gynnild (evaluering, følgeforskning)
Samtlige fakulteter og institutt som berøres av siv.ing.-utdanningen	Primær kontakt gjennom Forvaltningsutvalget for sivilingeniørutdanningen	Professor Brynjulf Owren (prodekan for undervisning, IME-fakultetet)

Eksterne partnere (legg til linjer etter behov)

Institusjon	Søker/partner	Kontaktperson
Universitetet i Agder	MatRIC Senter for fremragende utdanning	Professor Simon Goodchild

Del 3. Godkjenning av søknad ved involverte fakultet og eksterne partnere

Fylles ut og signeres av deltakende fakultet og/eller eksterne partnere (legg til linjer etter behov)

Det et fakultetsnivåets ansvar å innhente godkjenninger fra instituttledernivået.

Deltagende fakultet/eksterne:	Signatur controller: (på fakultetsnivå)	Signatur: (dekanus)

Del 4. Vertsdekans godkjenning av søknad:

Fylles ut og signeres av vertsdekan.

Før vertdekanen kan godkjenne søknaden, må del 1 og 2 være utfylt, og del 3 må være utfylt og signert for de søknadene som involverer flere fakultet og/eller eksterne partnere.

Vertsfakultet:	Signatur controller: (på fakultetsnivå)	Signatur: (dekanus)
IME	<i>Anders Kvernberg</i>	<i>Gør C. B.</i>

Ansvarlige kontrollere/administrativt personale på fakultetsnivå (administrativ oppfølging) som kan kontaktes:

- DMF: Kontakt Tore Romundstad
- IVT: Kontakt Eva Terese Voldhagen
- IME: Anders K. Kvernberg
- SVT: Anniken Herje, Hilde Røysland
- AB: Kontakt Erik Sigvaldsen
- HF: Anne Marit Skancke, Unni Rohnes
- NT: Kontakt Lillian Hanssen

KTDiM

Kvalitet, tilgjengelighet og differensiering i grunnutdanningen i matematikk

Grunnutdanningen i matematikk og statistikk utgjør en viktig del av NTNUs største profesjonsutdanning, master i teknologi (sivilingeniørutdanningen). Institutt for matematiske fag (IMF) ønsker å gjennomføre en omfattende omlegging av grunnutdanningen. Det overordnede målet er å utvikle et læringsmiljø der alle aktiviteter og tilbud tar utgangspunkt i den kunnskap vi til enhver tid har om hva som best understøtter studentenes læring. Kunnskapsgrunnlaget for den foreslåtte omleggingen er instituttets erfaring med eget pilotprosjekt høsten 2013, funn fra IME-fakultetets utdanningsstrategiske prosjekt FRIKT og internasjonal didaktisk forskning.

Didaktisk følgeforskning knyttet til prosjektet vil bidra til dynamisk utvikling av kunnskapsgrunnlaget og i sin tur til utviklingen av læringsmiljøet. Omleggingen vil være dyptgripende og berøre alle deler av undervisningen, dvs. forelesninger, øvinger og evaluering. Omleggingen vil være basert dels på digital formidling og digital evaluering, og dels på en omfordeling og kvalitetssikring av lærerressursene med økt fokus på én-til-én kontakt mellom studenter og lærere. En viktig erkjennelse for prosjektet er at studenter har ulike preferanser og ulik motivasjon for læring, og differensiering av undervisningstilbudet vil derfor stå sentralt.

Prosjektet vil i første omgang berøre emnet Matematikk 1, det første emnet i grunnutdanningen og det emnet som har flest studenter¹, men vil i løpet av prosjektperioden utvides til å omfatte flere av grunnemnene i matematikk og statistikk. Et styrket Matematikk 1 vil gi et bedre grunnlag for læring av matematikkfag senere i studiet, og som et sentralt emne i første studieår danner det et viktig grunnlag for utvikling av læringsmiljøet i andre emner senere i studiet.

1. Overordnet motivasjon

Institutt for matematiske fag har ansvar for all grunnutdanning i matematikk og statistikk ved NTNU, og dermed for viktige og grunnleggende komponenter innen både sivilingeniørutdanningen, realfagstudiene og lektorutdanningen i realfag. I alle studieprogram i sivilingeniørutdanningen inngår minst fem av våre emner. Volumet av grunnutdanningen i matematikk er derfor høyt. I studieåret 2012-2013 ble det avlagt rundt 7400 eksamener i emner som inngår i grunnutdanningen.

IMF har arbeidet kontinuerlig over lang tid med å utvikle grunnutdanningen, og i løpet av det siste tiåret har det vært satt i gang en rekke tiltak for å legge om øvingsopplegget, bl.a. med auditorie- og dybdeøvinger. Et annet tiltak har vært opprettelsen av *Mattelab* som et sted der studenter kan komme for å få hjelp med faget. Av andre tiltak nevnes såkalt lørdagsverksted, samt oppfriskningskurs og aktiviteter knyttet til Teknostart. Som ledd i kvalitetssikringssystemet har en siden 2003 benyttet seg av referansegrupper. Både grupper og enkeltpersoner ved instituttet har flere ganger mottatt priser for god undervisning².

Det har likevel vært klare utfordringer, og både fagmiljø, studenter og undervisningsledelse ved NTNUs institutter, programråd og utvalg har over lengre tid sett behovet for nytenkning rundt undervisningsformene som benyttes i grunnutdanningen i matematiske fag. Tidligere innovasjoner har ofte vært knyttet til enkeltpersoner, og det har vært lagt for liten vekt på systematiske evalueringer av tiltakene.

¹ Høsten 2013 mer enn 1600 studenter fordelt på 18 studieprogram.

² Sintefs pris for fremragende formidling: Ivar Amdal, Kari Hag, Idar Hansen, Lisa Lorentzen, IMEs pris for årets lærer eller årets formidler: Eirik Mo, Helge Holden, Lisa Lorentzen, Idun Reiten, Heidi Dahl, Andrew Stacey, Matematikk 1-teamet.

KTDiM-prosjektet representerer en ambisiøs og ressurskrevende videreutvikling av et opplegg som ble igangsatt i Matematikk 1 høsten 2013. I det planlagte prosjektet vil alle komponenter av undervisnings- og øvingsopplegget, og noen komponenter av evalueringsopplegget, gradvis fornyes. I prosjektperioden vil fokus være på de emnene som inngår i sivilingeniørutdanningen, først Matematikk 1 og så en gradvis innfasing av de andre grunnemnene i matematikk og statistikk. På lengre sikt vil en også se på spredning til de andre utdanningsretningene instituttet er involvert i, særlig lærerutdanning, og en vil også se på spredning til relevante miljøer utenfor NTNU. Det planlegges en omfattende forskningsaktivitet i forbindelse med prosjektet.

Det overordnede motivet for prosjektet er å bidra til *økt læringsutbytte* i den forstand at *studentene i større grad utvikler en dypere forståelse for matematiske begreper og prosesser*, noe som vil gjøre dem bedre i stand til å bruke matematikk i anvendelser (Crawford et al., 1998; Hiebert & Lefevre, 1986; Marton & Säljö, 1976; Skemp, 1976). Med dette ønsker vi å bidra til økt opplevd kvalitet og relevans i utdanningen, og dermed også til å forbedre gjennomstrømming og redusere frafall. Dette ønsker vi å oppnå, gjennom:

- å øke studentenes aktivitet og involvering i alle deler av undervisningen
- å motivere og stimulere til økt og mer kontinuerlig egeninnsats i studiet
- å skape tettere kontakt mellom studentene og høyt kvalifisert fagpersonale
- å tilrettelegge for differensiering med tanke på å gjøre undervisningen bedre tilpasset til studentgruppenes hovedprofil, og varierende forkunnskaper og interesse for faget
- å stimulere til økt kontakt mellom faglærere i matematiske fag og faglærere i relevante emner i sivilingeniørutdanningen

Prosjektet er godt forankret i strategiplaner både ved fakultet og instituttet. I IME-fakultetets strategiplan står det at *"IME skal vektlegge både faglig kvalitet og utvikling av læringsmiljøet i rekruttering og personalutvikling, og i samarbeid med studentene og NTNU sentralt arbeide systematisk for å sikre og videreutvikle høy kvalitet og nødvendig fornyelse i læringsmiljøet"*, og i IMF's egen strategiplan at *"IMF skal kontinuerlig arbeide for å videreutvikle grunnutdanningen i matematikk, både når det gjelder bruk av nye undervisningsformer, øvingsopplegg og vurderingsformer"*. Intensjonene i prosjektet er også i tråd med "Fremtidens IKT-studier" (FRIKT) som er et stort pågående utdanningsstrategisk prosjekt ved IME (Midtstraum et al., 2013). Dette vil bli utdypet nærmere i seksjon 5.

Levekårsundersøkelsen fra 2010 (Statistisk sentralbyrå, 2011) viser at det mangler mye på å oppfylle intensjonene i Kvalitetsreformen (KUF, 2001), selv 10 år etter at den ble innført. En del av de tiltakene vi foreslår kan begrunnes ut fra et ønske om å oppnå bedre kontakt mellom student og lærer, og også å utvikle læringsfremmende tilbakemeldinger. Dette er i tråd med Kvalitetsreformens intensjoner.

2. utfordringer og tiltak

IMF er meget bevisst sitt store ansvar i forbindelse med grunnutdanningen og bruker store ressurser på denne. Flertallet av våre fast ansatte faglærere er involvert i denne virksomheten, og det legges stor vekt på pedagogiske kvalifikasjoner ved nytillsettinger. Også når det gjelder øvingslærere og studentassistenter har man forsøkt å sikre god kvalitet, både i tilsettingsprosessen og ved å legge til rette for god kommunikasjon mellom faglærer og assistenter. Det totale volumet i forhold til tilgjengelige ressurser tilsier imidlertid at mye av undervisningen må foregå i store studentgrupper. Opplegget har vært basert på en kombinasjon av forelesninger og øvinger med obligatoriske skriftlige innleveringer. Øvingsopplegget har bidratt til å stimulere til egeninnsats, men det har vært klare begrensninger, spesielt med tanke på mulighetene for tilbakemelding fra lærere med tilstrekkelig kompetanse. Innholdet i undervisningen i sivilingeniørutdanningen har i liten grad vært tilpasset de forskjellige studieprogrammene. Diversiteten i studentmassen, både i fagprofil, motivasjon for faget og matematikkunnskaper fra videregående skole, representerer en betydelig utfordring. Dersom universitetet beholder sin ensidige og klassiske måte å organisere undervisningen på, vil dette stå i sterk kontrast til hvordan formidling av kunnskap og informasjon nå gjøres i skolen og i samfunnet ellers. KTDiM-prosjektet møter denne utfordringen, bl.a. gjennom å legge til rette for økt diversitet ved bruk av moderne teknologi. Tiltakene innenfor prosjektet innebærer både en økt satsing på digitalisering og en økt grad av kontakt mellom student og lærer. I de følgende avsnittene beskriver vi hvordan dette vil bli realisert

2.1 Utvikling av digitale ressurser av høy kvalitet. Studenter er forskjellige og tilegner seg kunnskap på forskjellige måter. Vi ønsker derfor å tilby ulike ressurser slik at studentene selv kan velge hva de vil benytte seg av og hvordan de vil tilrettelegge læringen sin. I dette inngår en stor satsing på å utvikle digitale læringsressurser (videoer, pencasts, og gjennomarbeidede eksempler i elektronisk format) og å integrere disse i undervisningen i de ulike emnene. Stikkord er økt *dybdeforståelse, flere eksempler på forskjellig nivå, og eksempler og vinklinger som er tilpasset studentenes hovedprofil* (studieprogram). Dette utdypes i seksjon 3 og 5. Utviklede læringsressurser vil i stor grad kunne gjenbrukes, både innenfor og utenfor NTNU.

Instituttet har siden 2010, i samarbeid med Multimediasesenteret, produsert videoer av ulik lengde og ulik karakter for deler av fagstoffet i grunnundervisningen. Som en følge av dette arbeidet er IMF aktiv i prosjektet *Video for kvalitet og fleksibilitet*, startet i 2013. Et fortsatt og intensivt samarbeid mellom KTDiM- og Video for kvalitet-prosjektet er avtalt med prosjektleder Jonas Persson.

2.2 Endring av undervisningsstrukturen for å oppnå økt studentaktivitet. Alle IMF sine grunnetnemner er i dag organisert med fire forelesningstimer per uke, forelest i auditorier med opptil 500 studenter. Normalt blir alle vesentlige deler av pensum behandlet i forelesningene, som typisk er preget av liten interaksjon mellom foreleser og studenter. For å øke graden av aktiv læring, planlegger vi en endring av denne strukturen for å oppnå økt én-til-én-interaksjon mellom faglærer og studenter, der denne interaksjonen også gir input til undervisningstiden. Endringen, som er nærmere beskrevet i seksjon 5.3, baseres på det store utvalg av nettbaserte ressurser som vil bli laget i løpet av prosjekttiden. Dette er også en av de primære kostnadene i prosjektet.

2.3. Fornyelse av øvingsopplegget i emnene. Inntil nylig har alle grunnetnemner hatt et øvingsopplegg basert på ukentlige øvinger. I øvingstimene har studentassistenter hatt ansvar for hver sin gruppe på opptil 25 studenter. Assistentene har også vært ansvarlig for godkjenning av innleverte øvinger. Tilgangen på studentassistenter med tilstrekkelig kompetanse er begrenset, og studenter har ofte gitt tilbakemelding på at de ikke har fått adekvat hjelp eller tilbakemelding på øvingene. Det har i flere fag vært lavt oppmøte på øvingene, og det er velkjent at en stor andel av de innleverte øvingene har vært preget av avskrift. Dessuten er dette opplegget svært ressurskrevende.

Behovet for en endring av øvingsopplegget var noe av bakgrunnen for revisjonen av Matematikk 1 som ble iverksatt fra høsten 2013. IMF har investert betydelige ressurser i det nye opplegget, og satsningen har fått stor oppmerksomhet. Spesielt mottok Matematikk 1-teamet IME-fakultetets pris for ”beste læringsmiljø” i 2013. I KTDiM-prosjektet blir dette arbeidet videreutviklet, og i tillegg utvidet til å omfatte flere emner. Hovedideene i denne videreutviklingen er:

- I. En digitalisering av øvingsopplegget som gir muligheter for
 - a. differensiering av øvingsoppgavene
 - b. overgang fra manuell til automatisert godkjenning av øvinger
- II. Økt satsing på kvalitet
 - a. færre assistenter, men med bedre og mer relevant bakgrunn
 - b. fokus på kvalitet ved tilbakemeldinger på skriftlige øvinger, færre innleveringer, men utfyllende skriftlig tilbakemelding til hver besvarelse
 - c. fokus på kvalitet i interaksjon mellom assistenter og studenter

Punktene over vil til sammen bidra til å øke studentenes egeninnsats og frigjøre lærertid som kan brukes der den gir større effekt (én-til-én-kommunikasjon). Tiltakene krever midler til avlønning av høyt kvalifiserte øvingslærere, samt midler til utviklingsarbeid i prosjektgruppen.

3. Kvalitet og relevans for studentenes læringsutbytte

En av de mest grunnleggende faktorene for all læring er studenters ulike forutsetninger, motivasjon og interesser (Midtstraum et al., 2013). I et klassisk undervisningsdesign vil det være tilnærmet umulig å legge til rette for nødvendig differensiering slik at dette kan tas hensyn til. Dagens teknologi gir nye muligheter for en slik differensiering. Dette innebærer at ulike ressurser, spesielt nettbaserte, stilles til rådighet for studentene. Heri finnes både en komponent av relevans og en av kvalitet.

3.1. Relevans. Gjennom å lage et stort antall eksempler og tematiske innføringer kan disse rettes mot de forskjellige studentgruppene. Dette innebærer et tilbud av en mengde ulike ressurser – som video-, pencast- og Maple-eksempler – rettet mot de forskjellige studentgruppene. Ettersom hvert enkelt

eksempel ikke kan og heller ikke er tenkt å benyttes av alle, finnes her en helt annen mulighet enn i den klassiske undervisningsstrukturen til å lage anvendte eller teoretiske eksempler tilpasset de forskjellige programmene.

3.2. Kvalitet. NTNU utdanner 80 % av alle sivilingeniører i Norge. Dette medfører at vi ta hensyn til ulike studentgrupper, også når det gjelder faglig nivå. På den ene siden er det IMF sin oppgave å sørge for god nok gjennomstrømming i NTNUs studieprogrammer innenfor MNT-fag, og på den andre siden må man gi Norges flinkeste mulighet til å nå høy standard i sine respektive fag. Gjennom den differensieringen som prosjektet legger opp til, vil denne tosidigheten kunne adresseres på en god måte. Gjennom å skape varierte eksempler, oppgaver og teoriavsnitt gis både de flinkeste og mest interesserte, og de som sliter muligheten til å utvikle seg.

Vi ser også muligheter for at den timeplanfestede undervisningen kan organiseres på en annen måte enn dagens seks programbaserte paralleller, der så vel en redusering av antallet paralleller som en større grad av tematisering, som 'grunnleggende metoder', 'anvendt og eksempelbasert forelesning' og 'teoretiske prinsipper' er tenkelig. En annen mulighet er *programuavhengig* gradering av forelesninger, noe som gjøres ved flere andre store tekniske universiteter. Gjennom videofilming kan slike graderte eller tematiserte forelesninger også gjøres tilgjengelig for samtlige studenter.

4. Forskning og forskningsforankring i prosjektet

Det legges opp til en omfattende følgeforskning og evaluering av prosjektet. I de følgende seksjonene vil vi beskrive hvilke effekter vi tar sikte på å se, hvordan forskningen vil bli gjennomført, og til slutt vil vi plassere den planlagte forskningen inn i en internasjonal kontekst.

4.1 Målbare effekter. Hovedmålet for prosjektet er å forbedre kvaliteten i læringen, noe som vil bidra til økt læringsutbytte og gjennomstrømming. Det er generelt utfordrende å måle læringsutbyttet, spesielt langtidsvirkningene av tiltakene. Vi vil fokusere på følgende:

- Å undersøke studentenes opplevde kvalitet i læringen.
- Å kartlegge utviklingen i studentenes dybdekunnskap.
- Å måle studentenes egeninnsats og deltagelse i emnene som inngår i prosjektet, sammenlignet med tilsvarende emner som ikke inngår i prosjektet.
- Å måle gjennomstrømmingen i de relevante studieprogrammene..
- Å følge utviklingen i studentenes eksamensresultater, både i emner som inngår i prosjektet, og i emner som bygger på disse.

4.2 Forskning. Utformingen av det nye prosjektet baseres på erfaringer som er gjort med pilotprosjektet som ble startet høsten 2013. For å få kunnskap om studentenes erfaringer med dette opplegget er det allerede satt i gang et forskningsprosjekt som har to hovedkomponenter. Komponent 1 består av semistrukturerte fokusgruppeintervjuer (Kvale & Brinkmann, 2009) med studenter. Komponent 2 vil være en web-basert spørreskjemaundersøkelse som blir distribuert til alle studenter på Matematikk 1 i slutten av semestret. Resultatene fra dette vil være sentrale i utformingen av det endelige designet av KTDiM.

Forskningen innenfor prosjektet vil være preget av både kvalitative og kvantitative metoder. Siden endringene er initiert av de som selv driver utdanningen som er gjenstand for forskning, og forskningen også delvis utføres av dem som driver utdanningen, har forskningsdesignet et klart preg av aksjonsforskning (Carr & Kemmis, 1986). Vi vil samle inn data som svarer på i hvilken grad ulike læringsressurser, både digitale og andre, blir brukt og hvilke erfaringer studentene gjør med dem. Dette kan dokumenteres ved ulike former for survey-baserte undersøkelser, ved logging av besøk på ulike nettstedet og ved å registrere fram møte til fysiske møtesteder. Både survey-undersøkelser og kvalitative metoder kan brukes for å få innsikt i hvorvidt studentenes læring er preget av dybdekunnskap eller overflatekunnskap (Biggs et al., 2001; Hiebert & Lefevre, 1986). Vi vil følge grupper av studenter gjennom observasjon og intervju for å få innsikt i deres læringsprosesser og kunnskapsutvikling, samt samle mer direkte målbare data om gjennomstrømming og eksamensresultater. I tillegg kommer jevnlig evaluering gjennom det ordinære kvalitetssikringssystemet, slik som dagens system med referansegrupper.

Følgforskningen vil gjennomføres i nært samarbeid mellom personer med forskningskompetanse i matematikdidaktikk og andre fagpersoner innenfor prosjektet. Leder vil være professor Frode Rønning. Det er også etablert kontakt med professor Vidar Gynnild ved NTNUs Seksjon for universitetspedagogikk som, i samarbeid med tilsatte ved IMF, er interessert i å gå inn i forskning på prosjektet. Som en del av prosjektet vil det blir tilsatt en PhD-stipendiat eller postdoc-stipendiat, og en vesentlig del av prosjektmidlene vil benyttes til avlønning av denne, og også til delvis frikjøp av medlemmer i prosjektgruppen til å kunne bidra aktivt til følgforskningen.

4.3 Forankring i tidligere forskning. Både innenfor matematikkfaget og for matematikk i anvendelser er en begrepsbasert kunnskap (Hiebert & Lefevre, 1986) viktig for å kunne gjøre velfunderte vurderinger av hvordan problemer skal kunne løses. Arbeid med oppgaver er sentralt for å lære matematikk, men det er ikke oppgavene i seg selv som gir læring, men studentenes oversettelse av disse oppgavene til aktiviteter (Ellis et al., 2008). I erkjennelsen av at ikke all aktivitet fører til læring (Säljö et al., 2001) er en viktig del av prosjektet at det legges opp til økt kommunikasjon mellom lærer og student der læreren kan tilby faglige begreper og notasjon som gjør studenten i stand til å utvikle sin forståelse gjennom aktiviteten.

Til grunn for prosjektet ligger et syn på kunnskap som noe som må konstrueres av den enkelte (von Glasersfeld, 1995) og kan utvikles gjennom sosial deltakelse og interaksjon (Lerman, 2000), noe som også inkluderer aktivt engasjement i formidlingssituasjoner, både i møte med mennesker og digitale ressurser. Dette innebærer at vektleggingen i utdanningen flyttes fra undervisning til læring (Engelbrecht & Harding, 2005). Et slikt skifte i vektleggingen innebærer at utdanning, i stedet for å kun handle om hvordan et lærestoff kan presenteres på best mulig måte, fokuserer på hvordan presentasjonen legger til rette for at studenter lærer best mulig (Chang, 2011). Dette innebærer videre en erkjennelse av at studenter er ulike. De kommer til studiet med ulik bakgrunn, ulike forutsetninger og ulik motivasjon. En undervisningsform med én måte å presentere lærestoffet på vil ha vanskeligheter med å gi en adekvat utdanning til en stadig mer variert studentgruppe (Henderson & Broadbridge, 2007).

Studenter som kommer til universitetet vil ha med seg oppfatninger om undervisning og læring fra tidligere skolegang, og også oppfatninger om det enkelte fag, som preger deres måte å nærme seg faget og studiet ved universitetet på. Studier (bl.a. Crawford et al., 1998) viser at en stor del av studenter som kommer til universitetet ser på matematikkfaget som fragmentert og at læring av matematikk handler om å kunne bruke rutinemessige framgangsmåter på standardiserte oppgaver. Den pågående intervjustudien blant Matematikk 1-studenter gir indikasjoner om at dette kan være tilfelle også blant våre studenter. Det synes derfor å være behov for tiltak som retter læringen av matematikk mer inn mot begrepsstrukturer og dyp, relasjonell, forståelse.

Det er i tråd med allmenne teorier for læring (f.eks. Lave & Wenger, 1991; Säljö, 2006) og studier rettet mot læring av matematikk på universitetsnivå (f.eks. Chang, 2011; Jaworski & Matthews, 2011; Mokhtar et al., 2010; Roddick, 2001) at læring gjennom deltakelse, kommunikasjon og samhandling er fordelaktig for å oppnå dyp læring. Det syn på kunnskap og læring som prosjektet bygger på, anerkjenner at studentenes engasjement er essensielt for godt læringsutbytte. I dette ligger både et affektivt, atferdsmessig og kognitivt engasjement (Fielding-Wells & Makar, 2008). Både interesse og motivasjon, arbeidsinnsats, og vilje til engasjement for å oppnå dyp læring er viktig for et godt læringsutbytte.

Dette er grunnlaget for et hovedpunkt i prosjektet – å tilby et variert undervisningstilbud og varierte læringsressurser. Læringsressurser innebærer her læringsressurser av alle slag. Begrepet omfatter altså tradisjonelle forelesninger, lærebok og andre papirbaserte kilder, men også kortere og lengre videopresentasjoner, pencasts, nettsider med teori og eksempel, tradisjonelle spørretimer og digitale diskusjonsfora, alt som kan stilles til studentenes disposisjon for å hjelpe dem i deres læring. Når det gjelder det tekniske, så er presentasjons- og formidlingsteknologi sentralt i å kunne tilby varierte muligheter for læring, mens mer fagspesifikk teknologi gir muligheter for en dreining av det faglige innholdet fra vektlegging av rutinemessige utregninger til vektlegging av begrepsforståelse (Wolfram, 2010). Bruk av datamaskiner i matematikkundervisningen har en lang historie både ved IMF/NTNU (Rønning, 1987) og ellers (Schoenfeld, 1988), men bl.a. utfordringer knyttet til det matematiske symbolspråket har gjort at utviklingen har tatt lang tid. Gjennom dagens raske utvikling, spesielt av Internett, ser ut til at det nå er i ferd med å skje et paradigmeskifte når det gjelder undervisning og læring

ved hjelp av teknologi (Engelbrecht & Harding, 2005). Utnyttet riktig kan dette bidra til å styrke NTNU sin rolle i nasjonal og internasjonal matematikkutdanning.

5. Bidrag til fornying av NTNUs undervisnings-, lærings- og vurderingsmetoder

I prosjektet finnes tre momenter som i særlig grad kan tenkes å bidra til fornying: det elektroniske og selvadministrerende evalueringssystemet (Maple T.A.), skifte av fokus fra dagens studentassistentsystem til et mindre antall kvalitetssikrede Master- og PhD-studenter, samt et system for tilbakemelding, som medfører at studentene får hjelp og gjennomgang med akkurat det de sliter med. Disse momentene er i tråd med konklusjonene i FRIKT sin rapport angående utdanningskvaliteten ved de IKT-relaterte sivilingeniørprogrammene (Midtstraum et al., 2013), der begrepet aktiv læring er sentralt. Opplæring av studentassistenter gjennom LAOS-kurs er et viktig element for sikre kvaliteten på assistenter på hele NTNU. I vårt opplegg, med et lavere antall studentassistenter enn før, kan et mål være at LAOS-opplæringen blir gjort obligatorisk.

5.1. Elektronisk evaluering med bruk av Maple T.A. En av de største enkeltutfordringene med eksamensbasert undervisning er at mange studenter forsøker å lære seg fagstoffet gjennom intensivt arbeid kort tid før eksamen. Dette vil lede til en instrumentell forståelse av fagstoffet (overflatelæring) mens det som er ønskelig er en relasjonell forståelse (dybdelæring) (Biggs et al., Kember, & Leung, 2001; Skemp, 1976). Relasjonell forståelse innebærer å kunne se sammenhenger og strukturer i fagstoffet og krever aktivt arbeid over lenger tid (Skemp, 1976). Det klassiske øvingssystemet ved NTNU er ment å fremme innsats gjennom hele semestret, men det har vist seg å være svært utsatt for såkalt ”koking” (Midtstraum et al. 2013), og er dessuten svært ressurskrevende.³ Derfor, og på basis av at igangværende evaluering av opplegget i Matematikk 1 høsten 2013 viser at det elektroniske evalueringssystemet Maple T.A. fungerer bra, vil IMF fortsette utviklingen av dette systemet. Noen av dette systemets fordeler er:

- *Individuell tilpasning:* Maple T.A. bruker både Maples symbolske og numeriske kapasitet, og kan derfor gjenkjenne riktige svar, også innenfor et angitt intervall ut fra individuelt genererte parametere. Studenter kan få hint og nye oppgaver basert på de feil de har gjort.
- *Klar og umiddelbar tilbakemelding til studenten:* Studenten kan direkte se hva han/hun har klart på en test, og kan gis muligheten til å gjøre om eller komplettere testen.
- *Ressursbruk:* Kostnaden for Maple T.A. i Matematikk 1 høsten 2013 beregnes til 20 timer/uke. De ressurser som dermed spares, vil brukes til arbeid som i større grad fokuserer på kvalitet i utdanningen, bl.a. gjennom utvidet kontakttid mellom student og faglærer, samt ennå bedre kvalifiserte øvingslærere.
- *Enklere administrasjon:* Systemet holder kontroll på hvem som har levert og fått godkjent øvinger, og reduserer praktiske problemer med bortkomne løsninger.

5.2. Mattelab og øvingsassistentsystem. Det tradisjonelle øvingsopplegget i grunnundervisningen har bestått av et stort antall mindre grupper med 25–30 studenter, der hver gruppe får veiledning én gang i uken av én studentassistent. Mens dette systemet i utgangspunktet har mange positive sider – studenter får veiledning i små grupper, de trenes i føring, og de må holde tritt med progresjonen i emnet – forutsetter det imidlertid at studentassistene klarer veiledningen, at studentene møter opp, og at de i det minste prøver å løse oppgavene. Erfaring viser at mange grupper har svært lavt oppmøte, at arbeidet i for stor grad konsentrerer seg om å finne én eneste løsningsmåte, samt at studentene slutter å levere inn når de har oppnådd tilstrekkelig antall godkjente øvinger. Disse konklusjoner støttes også av FRIKT sine erfaringer (Midtstraum et al., 2013, s. 13–14).

Vår måte å møte denne problematikken på består for det første i å gjennomføre den ukentlige prøven med individualiserte Maple T.A.-tester, for det andre å erstatte ukentlige innleveringer med et mindre antall, skriftlige eller muntlige, presentasjoner (som gis skikkelig tilbakemelding), og for det tredje i å gjennomføre oppgaveveiledning i større klasserom, men med kvalifiserte lærekrefter (typisk master- eller PhD-studenter). Maple T.A. er beskrevet ovenfor, så vi vil nå beskrive de to andre momentene.

5.2.1. Mattelab – et åpent rom for matematikk. Ideen bak den såkalte *Mattelaben* er å skape et miljø der det arbeides med matematikk, der ressurser i emnet er samlet, og der man kan få hjelp av kvalifiserte

³ Matematikk 1 og 2 fordrer cirka 5000 studentassistenttimer hver.

veiledere. Antall studenter per øvingslærer i mattelaben er planlagt å være omtrent likt de tradisjonelle øvingsgruppene (ca 25:1), men med mulighet til å tilpasse ressursene etter behov.

En mulighet til utbygging er å ha ett eller flere rom i nærheten av hovedrommet. Hovedrommet kan da benyttes til korte gjennomganger av oppgaver eller fagstoff som studentene sliter med, mens de nærliggende rommene kan brukes som ”stillerom” der studenter kan sitte og arbeide og øvingslærer går rundt og hjelper. Gjennom denne virksomheten vil øvingslærer avdekke spesielle oppgaver eller fagtema som faller vanskelig og kan forberede korte gjennomganger av dette i hovedrommet. Dette annonseres både i stillerommene og på Internett, slik at de studenter som ønsker kan møte opp. Dette kan karakteriseres som en student- og problemdrevet form for undervisning som ivaretar behovet for differensiering.

5.2.2. Presentasjoner. Vi vil arbeide med presentasjoner på en måte der studentenes tekster, bevis eller presentasjoner på tavle eller datamaskin gis grundig tilbakemelding, både på føring og korrekthet. Innleveringer har hittil ofte bare blitt gitt et *godkjent* eller *ikke godkjent*. En grundigere tilbakemelding vil gi studentene bedre muligheter til å utvikle sin egen evne til å presentere matematikk for andre. For å muliggjøre dette ønsker vi et mindre antall innleverings- og presentasjonsoppgaver, både skriftlige og muntlige, som evalueres av høyt kvalifiserte lærere. Hovedpoenget her er dels individualiserte tilbakemeldinger, dels en bredere forståelse for alternative løsninger.

5.3. Forelesninger og faglærers tid med studentene. Forelesningen som undervisningsform har sitt utspring i én persons presentasjon av materiale som typisk fantes i en bok eller et manuskript som ikke var tilgjengelig for alle. Formen har holdt stand selv om forholdene for lengst har endret seg. Men med den særdeles raske endringen som skjer i dag når det gjelder tilgjengelighet av læringsressurser, må forelesningens rolle revurderes og utvikles. Dette gjelder ikke minst i store fag, der identiske forelesninger gis i flere paralleller. Samtidig har forelesningen en svært lang tradisjon som en bærende struktur i universitetsutdanningen, og den igangværende evalueringen av Matematikk 1 viser at også dagens studenter ser på forelesningen som et viktig element i utdanningen. Den foreslåtte endringen må derfor skje gradvis. Primært innebærer den at deler av forelesningstiden brukes til å ta opp tema/problemer som kommer fra studentene selv. Dette har visse elementer av *peer instruction* eller *flipped classroom* (Mazur, 2012), noe som i sine mest utviklede former krever at studentene forbereder seg til forelesningen. Metoden er utviklet i USA, og erfaringer viser at den må innføres med en viss moderasjon mot studenter som ikke er vant med å møte opp forberedt (Sopasakis, 2013).

Som et første skritt ønsker vi derfor å omprioritere bruken av forelesningstiden med det formål å oppnå tid for faglærer til å interagere med studentene. Vi opprettholder strukturen med fire timer per uke som ”forelesningstid”, men med et noe annet innhold enn nå. En forelesningstime i uken brukes til utstrakt toveiskommunikasjon mellom studenter og faglærer, der studentene kommer med innspill til tema de vil ha nærmere diskutert i klassen. Det som kommer opp her, vil danne utgangspunkt for én av forelesningstimene i den påfølgende uken. De to andre timene vil i det første prosjektåret bli gjennomført som ordinære forelesninger, men får naturlig nok noe mer preg av oversiktspresentasjoner enn det som er vanlig i dag. Basert på utfallet av et slikt opplegg, kan utformingen av forelesningstiden komme til å endre seg ytterligere i løpet av prosjekttiden. Vi understreker at dette opplegget, og en eventuell reduksjon av antall klassiske forelesningstimer, er basert på og nært knyttet til det utvalg av nettressurser som vil bli produsert i løpet av prosjekttiden (se seksjon 2 og 3).

En annen mulighet til interaksjon mellom faglærer og studenter er gjennom såkalt *voting* eller *clickers*, interaktive verktøy for umiddelbare tilbakemeldinger fra studenter til faglærer. Ved IME har det i 2013 blitt gjennomført et pilotprosjekt i bruk av slik web-basert elektronisk avstemming. Voting kan brukes i en klasseromssituasjon ved at foreleser stiller et spørsmål, studentene arbeider med spørsmålet og svarer deretter på spørsmålet via sin laptop e.l. Resultatet av votingen blir umiddelbart tilgjengelig for faglærer og studenter. Svarene kan så danne grunnlag for den videre faglige fremdriften i forelesningen.

6. Spredning i og utenfor fagmiljøet

KTDiM vil starte med emnet Matematikk 1 i høstsemestret 2014 og med videreføring til Matematikk 2 i vårsemestret 2015. Senere i prosjektperioden vil også det store grunnemnet i statistikk inkluderes, og eventuelt Matematikk 3 (se seksjon 7 for nærmere detaljer). Dette er i seg selv et storskalaprosjekt, da disse emnene omfatter nesten alle sivilingeniørstudenter ved NTNU og en lang rekke lærere ved IMF.

Det vil derfor være en viktig oppgave å sørge for god forankring i hele fagmiljøet ved IMF. Dette vil i første rekke skje gjennom instituttets faglærermøter, og ved å involvere berørte faglærere allerede i utviklingsprosessen av prosjektets forskjellige deler. I et lengre perspektiv kan et dedikert fagdidaktisk seminar (som involverer alle faglærere) bli til et bærekraftig moment i instituttets aktiviteter. Omfanget av KTDiM-prosjektet tilsier at flesteparten av instituttets faglærere vil komme i direkte kontakt det nye opplegget.

I tillegg til dette vil ressursene, som i mange tilfeller er engangsinvesteringer, også kunne brukes i grunnemner innen lektor- og realfagsutdanningen. Spesielt gjelder dette videreutdanningsemner i matematikk for lærere som ofte er basert på fjernundervisning, og som allerede er tatt opp i prosjektbeskrivelsen til prosjektet Video for kvalitet og fleksibilitet. I en slik situasjon har videoer og andre digitale ressurser åpenbare styrker. I et langsiktig perspektiv vil det spesielt være interessant å høste erfaringer med alternative måter å organisere undervisningen på. Som berørt i seksjon 5.3, er det naturlig å tenke seg en videre utvikling i retning av mindre vekt på klassiske forelesninger, til fordel for mer aktiviserende og differensierte undervisningsformer.

Spredning utenfor IMF, men ved NTNU, vil naturlig inngå i fagdidaktiske seminarer ved IME-fakultetet. Flere serier av slike har blitt avholdt de siste årene, der også det nåværende pilotprosjektet i Matematikk 1 har blitt diskutert.

Hva gjelder spredning utenfor NTNU, vil den dedikerte forskningsaktiviteten i KTDiM-prosjektet gi spredning gjennom tradisjonelle vitenskapelige kanaler (tidsskrift og konferanser). Det noteres her at Universitetet i Agder nettopp har blitt utvalgt til å opprette Senter for fremragende utdanning basert på matematikkutdanning for brukere av faget (ingeniører, lærere og andre). I programplanen for dette senteret er det eksplisitt skrevet inn samarbeid med NTNU, og KTDiM-prosjektet vil passe godt inn i et slikt samarbeid og kunne bidra positivt til at dette senteret får en nasjonal forankring.

Universitets- og høgskolerådet etablerte i 2012 et prosjekt om samarbeid, arbeidsdeling og konsentrasjon i MNT-fag. Prosjektet ledes av professor Bjørn Hafskjold ved NTNU, og til grunn for prosjektet lå et ønske om å etablere et undervisningssamarbeid innenfor MNT-fagene. NTNU, UiB, UiO, UiT og flere høgskoler deltar i dette samarbeidet. Matematikkdelen i dette prosjektet har spesielt fokus på å forbedre og modernisere grunnutdanningen. KTDiM vil benytte seg av dette nettverket i arbeidet med spredning av resultater på nasjonalt plan.

Internasjonalt vil en gjøre bruk av allerede eksisterende forbindelser på nordisk nivå (f.eks. DTU, Chalmers, Lunds universitet), og på internasjonalt nivå bl.a. gjennom den gode kontakten med University of Loughborough, UK. For internasjonal kontakt vil også *The SEF⁴ Mathematics Working Group* bli en naturlig arena.

7. Organisering av prosjektet, tidsplan og budsjett

7.1. Prosjekt- og referansegruppe. Prosjektet organiseres med en prosjektgruppe som ledes av førsteamanuensis Mats Ehrnstrøm (koordinering, planlegging, produksjon og implementering). Prosjektgruppen består videre av førsteamanuensis Mette Langaas (produksjon, planlegging og implementering, primært statistikk), førsteamanuensis Andrew Stacey (produksjon, planlegging og implementering, primært videreføring til Matematikk 2 og 3), professor Kristian Seip (planlegging og noe implementering, overordnede strategiske spørsmål) og professor Frode Rønning (planlegging, evaluering, fagdidaktisk forskning). Som støtte i evaluerings- og forskningsdelen tilkommer en stipendiat/postdoc-stilling. Prosjektgruppen forankres i instituttledelsen gjennom instituttets nestleder, professor Aslak Bakke Buan (planlegging, evaluering, overordnede strategiske spørsmål). Prosjektgruppen vil arbeide nært med de faglærere som til enhver tid er tilknyttet de emner som inngår i prosjektet, og vil også kunne bruke eksterne ressurser (faglærere og stipendiater) til hjelp i multimedieproduksjonen.

Det vil i tillegg opprettes en referansegruppe bestående av personer med kompetanse innen matematikk og læring av matematikk, studentrepresentanter, samt en eller flere representanter fra andre studieprogram ved NTNU, og eventuelt også eksternt representasjon. Prosjektledelsen vil også sørge for å

⁴ European Society for Engineering Education

innhente tilbakemeldinger fra alle studieprogram som inneholder de grunnleggende emnene i matematikk og statistikk. Det er dessuten viktig at arbeidet i prosjektet er godt forankret i FUS, som øverste ansvarlige organ for kvalitetssikringen av sivilingeniørutdanningen.

7.2. Tidsplan, finansieringsplan og kostnadsplan. Hvert emne i prosjektet gjennomføres etter en planleggingsfase, hvor utvikling og integrering av de nettbaserte læringsressursene er sentralt, og følges av evaluering og forskning. Evalueringen begynner samtidig med gjennomføringen av de respektive emner, mens det i den påfølgende forskningen inngår grundigere og dypere undersøkelser av evalueringens utfall og data. Kolonnen 'Følgforskning' i Tabell 1 omfatter her også planlegging av evaluering og følgforskning, basert på at evalueringsrelevante momenter tidlig må bli integrert i opplegget. Dette involverer Frode Rønning, stipendiat eller PostDoc, samt UniPed.

Kostnaden for hele KTDiM er beregnet til 8 276 000 NOK. De forskjellige postene fremgår av Tabell 2, men det bemerkes at de to primære kostnadene er utviklingen av læringsressurser ('Frikjøp prosjektdeltakere') samt følgforskning. Disse er også de to postene søkerne anser som viktigst for prosjektet.

FINANSIERINGSPLAN (i tusen NOK)	2014	2015	2016	SUM
NTNU	1.305	1.379	1.454	4.138
- 100 % av støtten til NTNU (IME/IMF):	1.305	1.379	1.454	4.138
- 0 % av støtten til andre partnere:	0	0	0	0
IME/IMF (egenfinansiering)	1.205	1.279	1.354	3.838
IME/Fakultetsnivå (egenfinansiering)	100	100	100	300
SVT/Uniped (egenfinansiering)	0	0	0	0
Universitetet i Agder (egenfinansiering)	0	0	0	0
Totale inntekter:	2.610	2.758	2.908	8.276
KOSTNADSPLAN (i tusen NOK)	2014	2015	2016	SUM
Adm. støtte prosjektledelse (40 %)	260	270	280	810
Frikjøp prosjektdeltakere (120 %) (ltr 65 i 2011 justert 4 % per år)	1.320	1.373	1.428	4.121
Øvingslærere (60 %)	240	250	260	750
Stipendiat/Postdoc	650	675	700	2.025
Driftskostnader - PhD & Postdoc	40	40	40	120
Andre driftskostnader	100	100	100	300
Konferanser og workshop	0	50	100	150
Totale kostnader:	2.610	2.758	2.908	8.276

Tabell 1: Finansierings- og kostnadsplan.

TIDSPLAN	2014V	2014H	2015V	2015H	2016V	2016H
Utvikling læringsressurser	Mat1	Mat2	Mat1	Stat, Mat2	Stat, Mat1, (Mat3)	-
Gjennomføring og evaluering	-	Mat1	Mat2	Mat1	Stat, Mat2	Stat, Mat1, (Mat3)
Følgforskning	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tabell 2: Tidsplan

8. Referanser

- Biggs, J., Kember, D., & Leung, D. Y. P. (2001). The revised two-factor study process questionnaire: R-SPQ-2F. *British Journal of Educational Psychology*, 71, 133–149.
- Carr, W., & Kemmis, S. (1986). *Becoming critical: Education knowledge and action research*. Oxon: RoutledgeFalmer.
- Chang, J. M. (2011). A practical approach to inquiry-based learning in linear algebra. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 42(2), 245-259.
- Crawford, K., Gordon, S., Nicholas, J., & Prosser, M. (1998). Qualitatively different experiences of learning mathematics at a university. *Learning and Instruction*, 8(5), 455-468.
- Ellis, R. A., Goodyear, P., Calvo, R. A., & Prosser, M. (2008). Engineering students' conceptions of and approaches to learning through discussions in face-to-face and online contexts. *Learning and Instruction*, 18, 267-282.
- Engelbrecht, J., & Harding, A. (2005). Teaching undergraduate mathematics on the internet. Part 1: Technologies and taxonomy. *Educational Studies in Mathematics*, 58, 235-252.
- Fielding-Wells, J., & Makar, K. (2008). Student (dis)engagement in mathematics. I *AARE 2008 International Education Conference Brisbane: Changing Climates: Education for Sustainable Futures* (s. 1-10). AARE.
- Glaserfeld, E. v. (1995). *Radical constructivism*. London: Falmer Press.
- Henderson, S., & Broadbridge, P. (2007). Mathematics for 21st century engineering students. I *Proceedings of the 2007 AaeE Conference*, Melbourne (s. 1-8). Hentet fra http://ww2.cs.mu.oz.au/aaee2007/papers/inv_Hend.pdf
- Hiebert, J., & Lefevre, P. (1986). Conceptual and procedural knowledge in mathematics: An introductory analysis. I J. Hiebert (red.), *Conceptual and procedural knowledge: The case of mathematics* (s. 1-27). Hillsdale, NJ: L. Erlbaum.
- Jaworski, B., & Matthews J. (2011). Developing teaching of mathematics to first year engineering students. *Teaching Mathematics and its Applications*, 30(4), 178-185.
- KUF. (2001). *Gjør din plikt – krev din rett. Kvalitetsreform av høyere utdanning*. St.meld. nr. 27 (2000-2001). Oslo: Forfatteren.
- Kvale, S., & Brinkmann, S. (2009). *Det kvalitative forskningsintervju* (2. utg.). Oslo: Cappelen akademisk.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning. Legitimate peripheral participation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lerman, S. (2000). Some problems of socio-cultural research in mathematics teaching and learning. *Nordisk Matematikdidaktikk (NOMAD)*, 8(3), 55-72.
- Marton, F., & Säljö, R. (1976). On qualitative differences in learning. I – Outcome and process. *British Journal of Educational Psychology*, 46(1), 4-11.
- Mazur, E. (2012). Twilight of the lecture. Hentet fra <http://harvardmagazine.com/2012/03/twilight-of-the-lecture>
- Midtstraum, R. et al. (2013). *Utdanningskvalitet i FRIKT-studieprogrammene ved IME*. Intern rapport, IME, NTNU.
- Mokhtar, M. Z., Tarmizi, R. A., Ayub, M., & Tarmizi, M. A. A. (2010). Enhancing calculus learning engineering students through problem-based learning. *WSEAS Transactions on Advances in Engineering Education*, 7(8), 255-264.
- Reid, A., Wood, L. N., Smith, G. H., & Petocz, P. (2005). Intention, approach and outcome: University mathematics students' conceptions of learning mathematics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 3, 567-586.
- Roddick, C. D. (2001). Differences in learning outcomes: Calculus & Mathematica vs. traditional calculus. *Primus*, 11(2), 161-184.
- Rowlett, P. (red.). (2012). *Media enhanced teaching and learning: Case studies and evidence of effective use*. The Higher Education Academy.
- Rønning, F. (1988). Two years of experience with computer assisted learning at the University of Trondheim. I L. Råde (red.), *Teaching of modern engineering mathematics* (s. 174-182). Lund: Studentlitteratur.
- Skemp, R. (1976). Relational understanding and instrumental understanding. *Mathematics Teaching*, 77, 1-7.
- Sopasakis, A. (2013). *Peer instruction experiences in culturally varying pedagogic environments*. Presentasjon på Öresundsdagen, Lunds universitet, oktober 2013.
- Statistisk sentralbyrå. (2011). *Levekår blant studenter 2010*. Oslo: Forfatteren.
- Säljö, R. (2006). *Læring og kulturelle redskaper. Om læreprosesser og den kollektive hukommelsen*. Oslo: Cappelen forlag.
- Säljö, R., Riesbeck, E., & Wyndhamn, J. (2001). Samtal, samarbeide och samsyn: En studie av koordinasjon av perspektiv i klassrumskommunikation. In O. Dysthe (Ed.), *Dialog, samspel og læring* (pp. 219-240). Oslo: Abstrakt forlag.
- Wolfram, C. (2010). *Stop teaching calculating, start teaching math – Fundamentally reforming the math curriculum*. TED Global 2010 talk. Hentet fra http://computerbasedmath.org/resources/Education_talk_transcript.pdf