

Innledning

Betydningen av beregninger

Beregninger ved hjelp av datamaskiner har betydning for nær alle aspekter av våre liv: Det ligger til grunn for utvikling av bygninger, nye materialer, værvarsling, alternative og tradisjonelle energikilder, medisinsk teknologi og behandling, økonomi, finans og risikostyring, underholdning -- så og si alle deler av vårt moderne samfunn. Selv markedsføring og datingtjenester er i dag basert på beregningsmessige modeller -- for forbrukeratferd eller for matching av kjærester. Og bruken av beregninger vil kun vokse seg viktigere ettersom stadig nye aspekter av tilværelsen digitaliseres og åpner seg for beregningsmessige tilnærminger.

En utdanning som skal forberede studentene på denne verden må derfor gi studentene de redskapene de trenger -- de ha kunnskaper og ferdigheter innen beregninger på datamaskin.

BOX:

Miljøregnskap

BOX:

Økonomi

BOX:

Tradisjonell ingeniørvirksomhet

Beregninger i tradisjonell utdanning

Matematikk har en sentral plass i mange realfaglige utdanninger fordi matematikken strukturerer vår tenkning, gir grunnlaget til å beregne -- tall, resultater, konsekvenser -- og til å formulere lovmessigheter basert på vår kunnskap. Derfor er matematikk en integrert del av utdanningen, ved at studenten tidlig har kurs i matematikk, metodekurs, som så danner grunnlaget for anvendelsen av matematikk i andre kurs. Beregninger ved hjelp av datamaskiner er en like gjennomgripende metode og bør derfor innføres etter samme mønster: først ved innledende metodekurs og deretter ved anvendelser i forskjellige emner. I tradisjonell utdanning forekommer dog beregninger i hovedsak som et tillegg. Noen ganger som en ekstra komponent, en oppgave eller en lab i et kurs, eller i form av et eget kurs i beregningsorienterte metoder sent i studiet. Selv om dette kan være et nyttig, første steg for å introdusere beregninger, viser erfaring at en slik innføring ofte faller vanskelig for studentene, krever ekstra undervisningsinnsats, og ikke gir den samme fortrolighet med beregninger som en integrert tilnærming gjør.

Bakgrunn -- Mandat

Sammensetning

Vi har fått i oppdrag og skrive en veileder for innføring av beregninger i den grunnleggende ingeniør- og realfagsutdanningen. Før vi tar for oss dette i detalj, er det naturlig å presisere hva vi mener med beregninger og beregningsorientert utdanning.

Beregninger

De fleste har en viss forståelse av hva beregninger er, ikke minst fra erfaring med matematikk i skolen. Dette er et godt utgangspunkt for hvordan vi bruker ordet i dette dokumentet, bortsett fra at vi primært er opptatt av beregninger på datamaskin. Vårt hovedfokus er beregninger med tall, men det kan også være andre typer beregninger som vi vanligvis vil kalle symbolske beregninger. I vår sammenheng her vil 'beregninger' vanligvis assosieres med matematikk. En definisjon av beregninger kan derfor være:

Med beregninger mener vi matematisk problemløsning ved hjelp av datamaskin.

Dette vil kunne innebære bruk av programsystemer som er programmert av andre, men også utvikling av egen programvare. Bruk av beregninger på nivået vi snakker om her forutsetter derfor en viss kunnskap om programmering av datamaskiner. Litt mer presist kan vi derfor si at vi med beregninger mener:

Med beregninger mener vi å bryte ned et matematisk problem i presise steg som kan utføres av en datamaskin.

En annen måte å si dette på er

Med beregninger forstår vi det å løse et matematisk problem ved hjelp av en algoritme eller algoritmisk tenkning.

Hvorfor beregningsorientert utdanning?

Utdanning i realfag og ingeniørfag er veletablert i en solid, internasjonal utdanningstradisjon, med grunnlag i matematiske metodefag og naturvitenskaplig modellering. Real- og ingeniørfagenes suksess underbygger at denne utdanningstradisjonen har fungert og fungerer godt, og terskelen for å gjøre endringer bør derfor være høy. Samtidig bør sentrale metoder og løsningsteknikker som er viktige i dagens utøvelse av fagene vurderes inkludert i utdanningen. Når dette gjøres må vekten legges på forståelse av de grunnleggende prinsippene, som forhåpentligvis vil være kunnskap av varig art. Motsetningen er spesielle verktøy som bygger på de grunnleggende prinsippene, men som stadig endres.

Beregninger ved hjelp av datamaskin er nå et helt grunnleggende verktøy i så og si all utøvelse av real- og ingeniørfag. Det er derfor god grunn til å inkludere dette verktøyet i den grunnleggende metodeundervisningen, og utnytte det i naturvitenskapene og ingeniørfagene på samme måte som i den profesjonelle utøvelsen av disse fagene. Samtidig er det viktig å fastholde det klassiske grunnlaget i alle fagene. Den grunnleggende årsaken til at beregninger bør inkluderes i utdanningen er at det har blitt et så sentralt og kraftig verktøy at en utdanning som utelater det blir ufullstendig. Beregninger av denne typen er et helt grunnleggende verktøy i moderne industri og forskning, og det er derfor av avgjørende betydning at våre utdannede kandidater behersker denne typen kompetanse. Noen fordeler med å trekke beregninger inn i grunnutdanningen på denne måten er følgende:

Kandidatene får en mer relevant utdanning med tanke på faglig utøvelse i arbeidslivet. Veien fra metodefag til realistiske anvendelser blir kortere og dermed blir det mulig å bedre studentenes forståelse og motivasjon for metodefagene. Dette kan være spesielt sentralt i kortere studier som ingeniørutdanningen.

Beregningskompetanse vil gjøre det mulig å inkludere realistiske eksempler og problemer i ingeniør- og naturfagene.

Beregningsorientert utdanning

Beregningsorientert utdanning inkluderer beregninger på en systematisk og helhetlig måte på tvers av ulike fag, slik at studentene får en solid basis for bruk av beregninger i en framtidig arbeidskarriere. Dette innebærer blant annet at:

Beregninger inngår naturlig både i de grunnleggende metodefagene og i de tekniske emnene i utdanningen

Studentene får bevissthet om

- hvordan beregninger og klassiske, matematiske løsningsmetoder tilsammen gir en slagkraftig verktøykasse

- ulike feilkilder og begrensninger ved bruk av beregninger

Studentene får praktiske ferdigheter både i det å bruke ferdig programvare for beregninger og selv å programmere enkle beregninger

Implementasjon

Med ujevne mellomrom skjer det strukturelle endringer i høyere utdanning, og den siste var Kvalitetsreformen som ble innført i 2003. Innføring av et beregningsperspektiv i utdanningen er grunnleggende forskjellig fra slike strukturelle endringer i og med at det primært dreier seg om en *faglig* justering. Under gir vi noen momenter som er viktige ved implementasjon av et beregningsperspektiv.

Faglig entusiasme

Et viktig grunnlag for all god undervisning er faglig entusiasme. En vellykket innføring av et beregningsperspektiv er derfor avhengig av at det fins nøkkelpersoner som brenner for dette og er villige til å gjøre en innsats utover det vanlige. Arbeidet innebærer planlegging av det faglige innholdet i sentrale emner (og gjennomføring av undervisningen i et eller flere emner), noe som naturlig nok forutsetter en fortrolighet med beregninger.

Faglig samarbeid

En rasjonell innføring av beregninger krever samarbeid på tvers av faggrenser, institutter og avdelinger. Da kan de anvendte fagene utnytte grunnlaget som legges i matematikk- og informatikkemner uten å bruke tid på innlæring av grunnleggende teknikker. For å få til noe slikt er det viktig å etablere et kollegialt samarbeidsklima på tvers av tradisjonelle faggrenser. Dette betyr at en del personlige kjepphester kanskje må vike for løsninger til glede for et større fellesskap. Men dette gir belønning i form av et bredt og moderne undervisningstilbud som ikke kan implementeres av enkeltpersoner på egenhånd.

Støtte fra ledelsen

Som nevnt over krever innføring av et bredt beregningsperspektiv koordinerte endringer i studieplaner på tvers av grunnleggende metodefag som matematikk, statistikk og informatikk såvel som ulike anvendte fag. En slik prosess vil nødvendigvis involvere mange lærere med ulik bakgrunn og kompetanse. Det vil derfor nesten være en forutsetning at ledelsen ved avdelingen/fakultetet/institusjonen først har tatt en avgjørelse om at disse endringene skal gjøres. Det kan også være hensiktsmessig å etablere en styringsgruppe som har ansvar for den overordnede gjennomføringen av reformen. Den *faglige entusiasmen på grunnplanet* må altså kombineres med *organisatorisk støtte fra institusjonens ledelse*.

Ressurser

Beregningsperspektiv i utdanningen vil være fremmed for de fleste og vil for alle som blir involvert kreve betydelig arbeid. Ekstra ressurser vil åpenbart kunne øke motivasjonen, men er også en forutsetning for deler av arbeidet.

Belønning. Motivasjonen for en ekstra innsats kan økes ved at det stilles ekstra ressurser til rådighet i form av økte reisemidler, utstyrsmidler eller annen form for kompensasjon for enkeltpersoner

Utstyr. En forutsetning for å lykkes er at studenter og lærere har tilgang til nødvendig utstyr. I dag har de fleste studenter egen bærbar datamaskin som de gjerne vil bruke i undervisningen. I så fall vil det være nødvendig å ha et opplegg for installasjon av nødvendig programvare på studentenes maskiner. Dette er generelt krevende siden mangfoldet i maskinparken kan være så stort. En måte å løse dette på er å gi studentene gode tilbud på (eventuelt dele ut gratis) maskiner med nødvendig programvare ferdig installert. En annen løsning er å distribuere virtuelle maskiner med nødvendig programvare. Uansett vil det de fleste steder også være nødvendig med datarom med passende utstyr. Ikke minst er det viktig undervisningsrommene gir mulighet for eksperimentering og programmering.

Kompetanse. De fleste steder vil det være et betydelig antall lærere med begrenset erfaring med beregninger på datamaskin. Det å få disse inkludert i reformprosessen vil være viktig både med tanke på det kollegiale klimaet og det å spre belastningen på flest mulig. På den annen side er det liten tradisjon for organisert videreutdanning av lærere i høyere utdanning, noe som gjør dette utfordrende.

Undervisningsformer. La oss diskutere hva som skal stå her.

Valg av programvare

Kjernen i et beregningsperspektiv er hvordan problemer kan løses ved hjelp av presise algoritmer. Dette er en grunnleggende konseptuell forståelse som er uavhengig av konkrete programmeringsspråk og beregningsplattformer. Når det er sagt, så er det åpenbart viktig at studentene får praktisk erfaring med beregninger på datamaskin, noe som krever bruk av en konkret programmeringsomgivelse. Diskusjon om valg av programmeringsspråk har lett for å bli konfliktfylt. Det er derfor viktig å først enes om de overordnede kravene en har til programmeringsspråket. Dette kan variere noe, men noen vanlige krav vil typisk være:

Språket bør være egnet til å kunne fokusere på grunnleggende programmering.

Språket bør gjøre bruk av de grunnleggende talltypene som støttes av standard maskinvare.

En god plottomgivelse bør være inkludert.

Språket bør ikke være for omfattende, det gjør det vanskelig for studentene å få oversikt.

En konsekvens av det siste punktet er at språket bør ikke gi støtte for symbolske beregninger. Mulighet for symbolske beregninger øker læringsterskelen betraktelig og gjør det langt vanskeligere å fokusere på de grunnleggende programmeringsideene. For eksempel blir det lett forvirring omkring variable som noen ganger skal være symbolske og andre ganger numeriske. Det vil selvsagt kunne være en fordel for mange studenter å kjenne til symbolske beregninger, men dette gjøres nok best i videregående emner når de grunnleggende programmeringskunnskapene allerede er etablert.