

Synspunkter på matematikk i utdanningen sett i lys av matematikkens rolle på to utvalgte arbeidsplasser

Ronald Bradal

Artikkelen bygger på en hovedfagsoppgave fra Høgskolen i Agder. Hensikten med oppgaven var å analysere hvordan matematikk brukes i yrkeslivet, for så å vurdere om funnene bør få konsekvenser for matematikkundervisningen i skolen. Analysen bygger på undersøkelser gjort på tre ulike arbeidsplasser. Krav til utdanning og formell kompetanse på arbeidsplassene spente over et stort spektrum. Studien bekreftet at alt beregningsarbeid var overtatt av dataprogrammer og at vurdering av resultater stod sentralt. I mange tilfelle var matematikken skjult for de som brukte programmene. Programmene utarbeides av et lite fåtall spesialister. Etter forfatterens vurdering bidrar dette til å forstå hvorfor mange elever i skolen har følelsen av at sjansen er liten for at de kommer til å bruke matematikk som voksne. Konklusjonen er at fagets rolle i samfunnet bør synliggjøres i undervisning.

Våren og sommeren 1996 begynte jeg å formulere problemstillinger til en hovedoppgave i matematikkdiraktikk, og det var forholdet mellom elevers opplevelse av faget og de krav som faktisk vil møte dem ute i samfunnet, som opptok meg. Jeg hadde en følelse av at de premisene som brukes til å begrunne fagets stilling i utdanningssystemet i beste fall er uklare, i verste fall at faget har blitt vår tids latin uten særlig annen misjon enn å plage elever. I forlengelse av dette stilte jeg meg en del ubehagelige spørsmål. Kjernepunktene i spørsmålene var på den ene siden hvorvidt matematikkfagets stilling i hovedsak skyldes tradisjonell status, på den andre siden om fagets innhold og metoder er irrelevante for livet utenom skolen. Spørsmålene representerte på en måte et slags «verste alternativ» i forhold til fagets stilling. Svarene på spørsmålene ville nødvendigvis få implikasjoner for hvilken status faget bør ha i skolen og hvordan det bør undervises. Kanskje faget trygt kan vektlegges mindre, kanskje det bør beholde sin stilling eller økes i omfang, men med et annet innhold og undervises annerledes. For å belyse spørsmålene gjennomførte jeg en studie av tre ulike arbeidsplasser og analyserte hvilke krav til matematikkkunnskaper som krevdes der. På den måten kunne jeg vurdere skolepensas opp mot praktisk bruk av faget.

Ronald Bradal er høgskolelektor ved Avdeling for lærerutdanning ved Høgskolen i Hedmark på Hamar. Han er hovedfagskandidat fra Høgskolen i Agder. Han har undervist i matematikk og naturfag i ungdomsskolen i 26 år.

Jeg vil starte med en beskrivelse av hvordan matematikkfaget oppleves av elever og voksne og sammenholde dette med hvilke idealer vi finner i læreplanene for skolen. Deretter skal jeg beskrive mitt valg av bedrifter og gi en kort beskrivelse av den matematikken som ble brukt ved to av dem. (Jeg har valgt å konsentrere meg om disse to, da det ville ta for mye plass å beskrive alle, uten at det ville tilføre argumentasjonen i artikkelen noe prinsipielt nytt). Videre vil jeg knytte funnene opp mot noen teoretiske betraktninger. Til slutt vil jeg trekke en del konklusjoner.

Et stort antall voksne og skoleelever føler skolematematikken som svært plagsom

Svært mange elever har et negativt forhold til faget matematikk. Hundeide (1989) gjennomførte en større spørreundersøkelse blant barn i Jakarta og fra Oslo vestkant, for å sammenligne to grupper med svært forskjellige livsformer. Et av spørsmålene var :

Kan du fortelle meg hva som er den aller største vanskeligheten du opplever ?

Det svaret som kom på topp hos de norske barna var :

Skolevansker, særlig matte.

Et slikt svar, avgitt av barn fra et område med presumptivt vellykkede middelklasseborgere, bør få oss til å reagere.

Curry et al. (1996) rapporterer følgende:

«Si ordet algebra til en hvilken som helst gruppe voksne personer og reaksjonen er negativ, med personlige historier om frustrasjon og utgytelser av ren fortvilelse».

Buxton (McLeod, 1992) rapporterte om voksne som hadde panikkreaksjoner overfor matematikk. Dette er ledsaget av sterke psykologiske reaksjoner. Disse er så vanskelige å kontrollere at det ødelegger deres evne til å konsentrere seg om oppgaven. Reaksjonene er også beskrevet som redsel, angst og forlegenhet.

Både elevers og voksnes oppfatning av faget er ofte gammelmodig, men preget av skolens tradisjoner. Brown et al. (McLeod, 1992) fant at elever flest tror at matematikk er viktig, vanskelig og basert på regler. En slik tro har blitt skapt av den typiske aktiviteten som foregår i klasserommene. Stodolsky (McLeod, 1992) har vist at i samfunns-

orienterte fag har elever på lavere trinn en tilbøyelighet til å arbeide i grupper og til å utvikle evnen til å undersøke og granske, i det hele tatt til å utvikle evnen til høyere ordens tenkning. I matematikk, derimot, sitter elever og gjør øvelser. Andre forskere har vist at elever ser på matematikk som et ferdighetsfag, og at dette begrensede synet på faget fører til angst og mer generelt forstyrrer evnen til høyere ordens tenkning.

Læreplanene har helt andre mål for faget

I den nye norske læreplanen, L 97, sies det at opplæringen i faget har som mål at elevene utvikler et positivt forhold til matematikk, opplever faget som meningsfylt og bygger opp selvfølelse og tillit til egne muligheter i faget og at matematikk blir et redskap elevene kan ha nytte av på skolen, i fritiden og i arbeids- og samfunnsliv. Liknende formuleringer finnes i andre læreplaner.

Den norske læreplanen er kort i sin omtale av fagets nytteverdi utenfor skolen. Det er imidlertid grunn til å tro at folk flest først og fremst er opptatt av dette, noe som bekreftes av en større amerikansk studie, hvor 1500 personer er intervjuet (Curry et al., 1996). Et vanlig syn ute i samfunnet er sannsynligvis at elever som kommer ut fra skolen skal være forberedt til å gå nesten rett inn i en yrkessituasjon og beherske den matematikken som kreves der. I hvert fall er det slik at matematikkfaget regnes som det viktigste *redskapsfaget*, ved siden av morsmålet. Til grunn for dette må det jo ligge forestillinger om en direkte, praktisk anvendbarhet.

I det følgende skal jeg beskrive hvordan matematikk brukes på to utvalgte arbeidsplasser. Jeg skal så bruke dette til å drøfte hvorvidt faget har en fornuftig plass i utdanningssystemet og antyde visse endringer.

Valg av studieobjekter

Jeg ønsket i utgangspunktet å få med meg et så bredt utsnitt av arbeidslivet som mulig. Med den korte tiden som var til disposisjon, måtte jeg likevel gjøre et utvalg. Målet var å få til en variasjon med hensyn på aktivitet (bransje), formell kompetanse, utdanningskrav og at begge kjønn skulle være godt representert.

I hele grunnskolen (i Norge også på grunnkurset i videregående skole) undervises den samme matematikk for alle elever. Som voksne fordeles disse personene på en mengde yrker hvor kravene til matematisk kunnskap må forventes å variere sterkt. Det er naturlig å forvente at kravene øker med utdanningens lengde, men også med type av yrke. Viktigst burde matematikken være i tekniske yrker. Med dette for øye, falt valget på følgende arbeidsplasser:

Et grossistlager

Her fantes et stort antall ufaglærte, dvs. arbeidstakere med liten formell utdanning utover grunnskolen. Det fantes selvsagt også funksjoner som krevde mer, og jeg så nærmere på logistikkfunksjonen, som burde inneholde mange matematisk pregede oppgaver. I dag tilbys logistikkutdanning som et høgstudium med mulighet for utvidelse på hovdfagsnivå.

Et sykehuslaboratorium

Her arbeidet det utelukkende bioingeniører, et yrke som krever tre års høgstudium. Det er dessuten et typisk kvinneyrke, noe som i seg selv var interessant. Alle bioingeniørene hadde utdanning på høgstudiumnivå, men utdanningens innhold og opptakskravene dit har endret seg en del gjennom årene.

En større teknologibedrift

Her blir det utført konstruktørarbeid og ingeniørarbeid på mange nivåer, fra det mer rutinemessige til det forskningsbaserte. Bedriften hadde konstruktører og ingeniører med bakgrunn både fra praktisk utdanning, ingeniørhøgstudier og fra teknisk høgstudium, dvs. universitetsnivå.

I grossistlageret så jeg litt på innkjøp, plassering og henting av varer i lageret, samt logistikkfunksjonen. På sykehuslaboratoriet fikk jeg se bruk av ulike målemaskiner. I teknologibedriften undersøkte jeg ingeniørarbeid på ulike nivåer, dvs. generelt utviklingsarbeid, et spesielt utviklingsprosjekt (simulering og beskrivelse av en sprenggranats livsforløp), konstruksjonsarbeid og beskrivelse og beregning av arbeidsprosesser.

Til sammen representerer disse arbeidsplassene en såpass stor bredde i forhold til formelle utdanningskrav at det bør være akseptabelt å trekke en del konklusjoner på grunnlag av funn derfra. I det følgende vil jeg gi en nærmere beskrivelse av de to først nevnte arbeidsplassene.

Funnene fra disse bør være nok til å understreke de poengene jeg er ute etter. Funnene fra den tredje arbeidsplassen (teknologibedriften) er relevante for spørsmålet om hvor og hvordan matematikk best kan læres i yrkesopplæringa. Dette er ikke hovedtemaet for denne artikkelen, selv om de teoretiske betraktningene som følger etter beskrivelsen av de to arbeidsplassene i stor grad berører spørsmålet. Mitt hovedanliggende i denne omgangen er undervisningen i grunnskolen og på grunnkurset i videregående skole.

Mine arbeidsmetoder

Andre undersøkelser (Harris, 1991) viser at arbeidstakere har en tilbøyelighet til å knytte begrepet matematikk opp mot skolematematikken og den bruk av algoritmer og teknikker som de møter der. For mange er matematikk ensbetydende med å foreta utregninger. På den måten kan mye matematisk aktivitet være skjult for dem i den forstand at de ikke oppfatter aktiviteten som matematisk. Disse forholdene førte til at jeg valgte å følge arbeidstakerne i deres arbeid og observere dem, det vil si en kvalitativ tilnærming. Under arbeidet var det viktig å etablere et åpent og tillitsfullt forhold til dem som skulle observeres eller intervjues. Jeg la vekt på at jeg ikke var kommet for å måle eller vurdere de ansattes ferdigheter eller kompetanse, men utelukkende for å finne ut i hvilken grad de brukte matematikk i sin yrkesutøvelse, og at jeg ønsket å vurdere dette opp mot den undervisningen som gjøres i utdanningssystemet. Jeg ytret ønske om å få opptre som en litt uvitende lærling, noe som ga meg muligheter til å spørre på fritt grunnlag. Ulike former for samtaler sto sentralt i mitt arbeid. Samtalene ble supplert med observasjon, bruk av enkle spørreskjemaer og analyse av interne dokumenter. Under observasjonen snakket jeg mye med arbeidstakerne og fikk ting forklart. Jeg tok da notater som jeg bearbeidet etterpå.

Grossistlageret

Lageret håndterer i alt et sted mellom 3 500 og 4 000 vareslag. Varene bringes ut til ulike butikker, men de kjøpes inn før butikkene bestiller hva de skal ha. Lageret fungerer altså som en innkjøpsenhet for butikkene, ikke bare som et mellomlager. Dette betyr at innkjøp av varer er en viktig funksjon, både for butikkenes sikkerhet for leveranser og for økonomien i selskapet. Gjennomsnittlig liggetid for varene på lageret er i overkant av to uker. De bestiller varene, og har også ansvaret for å vurdere mengde og hyppighet av innkjøpene

av de ulike vareslagene. Viktige parametre i vurderingsarbeidet er lagerkostnader, bestillingskostnader, ledetid = tid som går med fra bestilling til mottak av varen på lageret, og ledetidsvariasjon (= variasjon i ledetid etter leverandør, distribusjonsnett, antall varelinjer osv.) Også ulike felleskostnader kan trekkes inn.

Innkjøperne må gjøre disse vurderingene, men i dag har de datautstyr til å hjelpe seg med dette. De bruker maskiner som er utstyrt med programmer hvor slike parametre som nevnt over er lagt inn. Disse programmene utfører alt beregningsarbeidet. Innkjøperne slipper altså å gjøre utregninger selv.

Lagerarbeidet

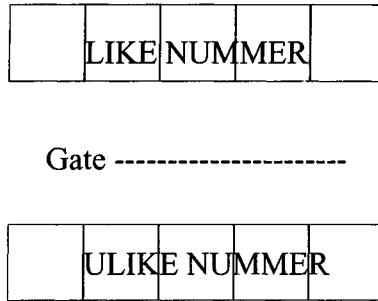
Varene blir tatt i mot av lagerarbeidere, som også har ansvar for å kontrollere at de mottatte varene stemmer med det som er bestilt. Til hjelp i dette arbeidet brukes varebestillingslister som skrives ut fra datasystemet på grunnlag av bestillingene. Dersom det finnes uoverensstemmelser mellom mengde av bestilt og mottatt vare, må dette sjekkes. (Vanligvis gis det melding fra leverandøren.) Den som mottar varene har også ansvar for å lage ei såkalt vareplasseringsliste. Også dette gjøres via EDB.

Et lite utsnitt av ei av listene kan se slik ut:

Lev. varenr.	Krt.	Antall Lev.pak	Innhold Enh. m/varenavn	Varenr. Lev.	Pris
103300	80 a	25.00 stk	Farin 25 kg avg.fritt	134668	3.20
106024	1920 a	10.00 stk	Rainbow sukker Dansk 1 kg	114611	7.11
417003	48 a	20.00 stk	Raffin. hård krystal 1/2 kg	167494	5.50
478000	45 a	20.00 stk	Mokkasukker 1/2 kg pk	118091	5.08
647055	315 a	20.00 stk	Melis Dansk 1/2 kg pk	105171	4.93

Figur 1. Eksempel på vareplasseringsliste

Lagerplasseringen angis ved hjelp av et adressesystem etter omtrent samme prinsipp som nummerering av hus i ei vanlig gate. I tillegg er det angitt hvilken etasje i reolen varen skal lagres i. En vare har for eksempel adressen D1575401. D1 viser at dette er avdeling for dagligvarer. De to neste sifrene, 57, angir hvilken gate varen skal til, mens de to neste sifrene - 54 - angir reolens nummer. De to siste sifrene -01- angir hvilken etasje i reolen varen skal legges i.



Figur 2: Grunnelementene i det systemet som brukes for å angi en vares plassering i lageret.

Logistikk

Ordet logistikk kan oversettes med materialadministrasjon og omfatter både transport og lagring og kostnadsfordeling i alle trinn. Logistikken er i dag et eget fagfelt, og det er et satsingsområde for næringslivet. Høgskolen i Molde er blitt tildelt knutepunktfunksjonen for dette fagområdet her i Norge. I deres studiehandbok for 96/97 (s. 30) er logistikk forklart som oppgaven «å få rett vare på rett sted til rett tid». Målet er å effektivisere lager, innkjøp, materialstyring, produksjonsstyring og distribusjon. Studiet er integrert med informatikk og administrasjonsfag og økonomiske fag og fører fram til cand.mag.-grad. Høgskolen tilbyr også utvidelse til cand. scient.-grad.

Et av de verktøyene som brukes er å fordele kostnader på ulike funksjoner, avdelinger og varegrupper som er knyttet til lageret. Med funksjon menes slike ting som innkjøp, lagerdrift, transport og salg/markedsføring. Avdelinger er for eksempel varemottak, kjølelager osv. En slik fordeling kalles en *vareflytanalyse*. Analysen er omfattende og svært detaljert, og laget etter vedtatte standarder. Analysen utføres i dag i praksis ved hjelp av regneark-oppsett som logistikksjefen har satt opp selv. Disse regnearkene kan være svært store, men de er i prinsippet matematisk enkle. Et lite utsnitt ser slik ut:

Avdeling	ant m ²	faktor	adresse	% av tot husleie	----- segment -----				
					50	100	200	400	500
Oppst. areal	756	0,5	87500	2,415	0	0	0,0032	0	0
Eks. Kontor	120	1,7	47222	1,303	0	0	0,0052	0	0
Osv...									

Figur 3. Eksempel på vareflytanalyse.

Den personen som innehar jobben som logistikksjef ved lageret i dag har lite formell utdanning sett i forhold til det programmet som tilbys i Molde. Han har gått samfunnsfaglig linje i videregående skole og har siden tatt en del interne kurser. På tross av at hans bakgrunn kan synes å være forholdsvis beskjeden, så han ut til å beherske jobben til alles tilfredshet. Det han selv mener å savne mest er bedre innsikt i bruk av regneark, altså ferdigheter i bruk av et praktisk hjelpemiddel. De teoretiske kunnskapene som kreves i arbeidet syntes han å beherske fullt ut.

Krav til matematiske ferdigheter

Det er selvsagt stor forskjell på de krav som stilles til lagerarbeiderne og til logistikk-sjefen. De første har til nå blitt rekruttert blant mennesker med lav formell utdanning. For den siste stillingen er det altså utviklet et omfattende høgskestudium. Jeg kjenner ikke det matematiske pensum i disse studiene, men det er grunn til å anta at det er nokså omfattende. Vi ser likevel at personer med lite matematisk utdanning utmerket godt kan gjøre det arbeidet som forventes. Det ser ut til at den teoretiske matematikken som tilbys i studier i hovedsak anvendes i forsknings- og utviklingsarbeid, ikke i praktisk yrkesutøvelse.

Den matematiske aktiviteten i de delene av lageret jeg besøkte, kan oppsummeres slik:

- Et dataprogram har blitt et dominerende verktøy i virksomheten. Det har ført til at alt numerisk beregningsarbeid har blitt skjult for de impliserte partene og at maskinene har frigjort menneskene i virksomheten for algoritmisk rutinearbeid.
- Det matematiske fundamentet som er tatt i bruk i programmene, er i prinsippet enkelt og rent aritmetisk av natur. De avhengighetsrelasjonene som brukes for å sette opp et regneark, kan likevel sies å være av algebraisk art, idet det brukes formler som benytter seg av regnearkets koordinatsystem. Manipulasjon av formler slik som det gjøres i skolematematikken, kunne imidlertid ikke spores.
- I enkelte funksjoner stilles det store krav til å kunne lese og tolke numeriske informasjoner.
- Den teoretiske opplæringen som sentrale aktører hadde fått, var i stor grad målrettet og knyttet til praksis. Dette syntes å ha vært en effektiv og vellykket strategi.

Sykehuslaboratoriet

Hovedaktiviteten ved laboratoriet er analyse av blod, men det blir også foretatt en del analyser av urin og andre kroppsvæsker, som for eksempel leddvæske. De mest omfattende målingene ble utført i maskiner som doserer analysevæsker og utfører beregninger automatisk. De viktigste aktivitetene var fotometriske målinger i en tørrkjemi-maskin, måling av hormoner og vitamin B12 i våtkjemi-maskiner, samt ulike manuelle drypptester og blodtypebestemmelser. Som illustrasjon på arbeidet skal jeg beskrive bruken av tørrkjemi-maskina.

Målinger ved hjelp av fotometrisk tørrkjemi

Disse målingene ble foretatt i en moderne maskin og med en forholdsvis ny teknikk. Væsken som det skal tas prøver fra dryppes på små glassplater, slides. Glasset er gjennomtrengelig (semipermeabelt) og delt i ulike skikt. I reagensskiktet er det innebygget reagenser som prøvene reagerer med. Glasset er delt i fem ulike skikt, slik som vist i figur 4.

Reaksjonen gir fargevirkninger som måles fotometrisk, dvs. med belysning og avlesning av farge og intensitet. Fargemålingen foretas med belysning nedenfra og måler væske som har trengt ned til skikt nummer 4. Maskina beregner en hel rekke faktorer på grunnlag av den fotometriske målingen.

Spredeskikt
Reagensskikt
Semipermeabelt skikt
Indikatorskikt
Support

Figur 4: Oppbygging av slides for fotometrisk tørrkjemi.

En slide består av 5 ulike skikt. Væsken som skal analyseres trenger etter hvert ned til det fjerde skiktet, indikatorskiktet, hvor selve målingen foregår. Arealet av glasset er omkring 1 cm².

Maskinene i laboratoriet betjenes via dataskjerm (de jeg så ble betjent via et touch-system), og dataene kommer automatisk og fortløpende opp på skjermen. Derfra kan de overføres til en datamaskin

som inngår i sykehusets nettverk. Vurdering, godkjenning og eventuell forkastelse av resultater foretas via denne maskina. Programmet i maskina inneholder diverse kontrollmekanismer som støtter dette arbeidet. Når dataene er godkjent overføres de til en databank. Her kan brukerne hente data. Også primærlegene i distriktet er koblet opp mot denne basen og henter resultatene av sine prøver derfra.

Forberedelser til målinger

En av de viktigste arbeidsoppgavene i laboratoriene er å kalibrere maskinene. Når det gjelder tørrkjemimaskina, er tidspunkt for de mest omfattende kalibreringene knyttet opp mot innkjøp av nye slides. Dette gjøres ved å ta målinger på ferdiglagede prøver som kommer fra fabrikken og deretter sjekke resultatene med fabrikkens fasit. Vanligvis klarer man seg med en mindre kontrollrutine som kjøres hver dag. Man bruker to ulike prøver som kjøres annenhver gang. De to prøvene inneholder de samme stoffene, men i ulike mengder. Resultatene fra de daglige kontrollene bevares i datasystemet. Dette systemet kan gi en oppsummering av resultater for hver måned. Avdelingsleder for tørrkjemiavdelingen lager i tillegg til dette sin egen langtidsoversikt over kontrolldata. Hensikten er å ha bedre oversikt over slitasje på maskinas utskiftelige deler. Hun plotter inn middelvei og spredning (CV) for hver måned i en langtidsgraf.

Hva som kreves av matematikk for å arbeide i laboratoriet

Det går fram av det ovenstående at det meste av det som kan kalles matematisk aktivitet er automatisert. Det som står igjen er å lage en del statistiske oversikter. Når det gjelder de krav som stilles til matematisk forståelse for å kunne utføre arbeidet i laboratoriet, kan dette kort oppsummeres slik:

- Sikker forståelse av tallsystemet (sifferposisjon).
- Kunnskap om måleenheter og forståelse av små dekadiske enheter.
- Forståelse av tidsangivelser. Datoer må kunne leses med norsk og engelsk notasjon.
- Kjennskap til begreper som standardavvik og CV = Coefficient of Deviation.

Med unntak av punkt 2 og 4 må dette sies å være elementær kunnskap. Det mest krevende er uten tvil den omfattende bruken av måleenheter, store og små størrelser. For å illustrere dette kan jeg gjengi noen små utklipp fra en referanseliste som brukes:

HbA _{1c}		4,5-6,5	%	
S-ALAT	menn	< 50	U ¹ /L	
S-Albumin		35-50	g/L	
S-Prolactin	menn	<500	mU/L	
S-CRP		< 10	mg/L	
S-Ferritin	menn	25-300	µg/L	
P-Glukose		3,7-6,0	mmol/l	Fastende
S-Teofyllin		55-110	µmol/L	
S-T4		65-150	nmol/L	
S-FT4		10-28	pmol/L	
S-FSH		<12	IU/L	Kv. >55 år : 15-13 -Tobramycin
B-Eos		40-450	10 ⁶ /L	Aldersvariasjon hos barn.
B-LPK		4,0-11,0	10 ⁹ /L	LPK-verdi mindre.
B-EPK kvinner		3,8-5,2	10 ¹² /L	

Figur 5. Eksempel på referansliste med måleenheter

Det er altså ikke mye bioingeniørene *må* kunne av matematikk eller statistikk for å kunne utføre jobben sin. Et annet spørsmål er selvfølgelig hva som trengs for at bioingeniøren skal føle seg tilfreds med jobben. Vi vet fra arbeidspsykologien at det er utilfredsstillende å ikke forstå bakgrunnen for hva man driver med. Hvor stort dette behovet er, og hvor dyp forståelse som kreves for å gi en rimelig grad av tilfredsstillelse, varierer fra person til person.

Utdanningskrav

Bioingeniørutdannelsen er i dag en treårig høyskoleutdanning. Den foregår på flere læresteder rundt i Norge og da fortrinnsvis ved sykehus. Pensum og opplegg varierer en del fra sted til sted. Opptakskrav er allmennfag ved videregående skole med naturfag, kjemi og matematikk fra 2. klasse (VK I) i fagkretsen. Tidligere var utdanninga toårig og bygde på realfaglinje eller naturfaglinje i det gamle gymnasets. I tillegg krevdes en del praksis. Nå inngår dette som en del av studiet. Noen av de eldste hadde en fireårig utdanning uten så faste opptakskrav. Selve tittelen bioingeniør er av forholdsvis ny dato, nærmere bestemt fra begynnelsen av 80-åra. Før het disse yrkesutøverne fysiokjemikere.

Spesialutdanninga, dvs. ved høyskolen, er tosidig. Den inneholder både en teknisk, ingeniørpreget del og en biologisk, medisinsk del. I den nåværende, treårige utdanninga inngår matematikk som et trevektstallskurs i tillegg til statistikken. De som har den eldre, toårige utdanninga hadde ikke dette. Til gjengjeld hadde de fleste av studentene mere matematikk fra før, på grunn av sin bakgrunn fra real- eller

1. U står for UNIT

naturfagartium. Ved Bislett Høgskolesenter var fagsammensetningen i studieåret 96/97 følgende:

1. år : Kjemi, hematologi, datalære, fysikk, biokjemi, anatomi og fysiologi, matematikk.
2. år : Immunologi, patologi, klinisk kjemi, måleteknikk, statistikk, transfusjonsmedisin.
3. år : Strålefysikk, nukleær medisin, fortsettelse av en del fag fra 2. år + praksis.

Pensum i matematikk er langt mer omfattende enn det studentene vil få bruk for i sitt daglige yrke. Mange av emnene er relevante for forsknings- og utredningsarbeid, men ikke for arbeidet som praktisk utøvende bioingeniør. De svarene som ble gitt på et spørreskjema, tyder på at det finnes noe ulike oppfatninger om nytten av matematikk under opplæringen. De eldre, som ikke hadde matematikk som eget emne, synes å føle det som et visst savn. De yngre derimot, som hadde 3 vekttall matematikk under studiet, gir inntrykk av at de ikke helt forsto vitsen med det de hadde drevet med i studiet. En av de spurte sier at hun savnet *relevante* emner.

Noen teoretiske betraktninger

Funnene som er referert over synes å være delvis i motstrid med den nærmest universelle oppfatningen om at alle trenger å kunne mer matematikk i framtida. For meg synes bildet å være atskillig mer komplisert. I jobbsammenheng synes datamaskinene å ha redusert behovet for direkte anvendbar matematisk kunnskap ned til tallforståelse, kunnskap om måleenheter og evnen til å vurdere numeriske opplysninger. Dessuten synes mye av den matematikken som gis under utdanninga å være irrelevant. Skoleelevenes følelse av at det er slik synes å bli bekreftet. Den sosiale konstruktivismen kan bidra til å forklare dette.

Læring i kontekst

Teorier om læring i kontekst kan gjerne betraktes som en del av konstruktivismen. Kjernepunktet i konstruktivismen er at mennesket ikke kan få tak i kunnskaper ved å forholde seg passive. Konstruktivismen forefinnes i dag i ulike varianter. Det er vanskelig å klassifisere dem, eller å kunne si bestemt at en viss teoretisk retning hører hjemme under begrepet konstruktivisme. For min del har jeg brukt følgende klassifisering :

- (Vanlig) konstruktivisme.
- Radikal konstruktivisme.
- Sosial og kulturell konstruktivisme. Under denne retningen plasserer jeg to underkategorier:
 - Læring i kontekst. Legitim perifer deltakelse.
 - Kritisk matematikk.

Teorien om læring i kontekst og begrepet legitim, perifer deltakelse er i første rekke utviklet av Jean Lave gjennom en rekke arbeider. Lave (1990) sier at det å «forstå i praksis» er en sterkere kilde til sosialisering enn pedagogiske anstrengelser til omsorgspersoner eller lærere. Den sosiale praksisteorien hevder at kunnskap i praksis er grunnlaget for den sterkeste kunnskapsbasis som finnes, når denne kunnskapen genereres over tilstrekkelig med tid. Dette gjør det vanskelig å argumentere for et skille mellom kognisjon og de sosiale omgivelsene, mellom formen og innholdet i kunnskaper og mellom læring og anvendelser. I den sosiale læringsteorien blir derfor kognisjon ikke betraktet som et fenomen som bare foregår inne i våre hoder, men som også foregår i samspill med omgivelsene.

Lave betrakter også læring som noe mer enn en prosess der man får del i en felles, sosial kunnskap. Hun mener også at læring i praksis inneholder en prosess mot å bli medlem av et sosialt fellesskap. Schoenfeld (1992) er inne på det samme. Den som lærer utvikler en identitet som medlem av et samfunn, og det å oppnå ferdigheter er en del av den samme prosessen. Identitetsutviklingen motiverer for og gir mening til læringen.

I en større konferanse med deltakere fra mange fagfelt (Lave, 1993) på begynnelsen av 90-tallet, ble det definert fire premisser for kunnskap og læring i praksis :

- Kunnskap konstrueres og forandres alltid når den brukes.
- Læring er et integrert aspekt av aktivitet i og med verden til enhver tid. At læring skjer er ikke problematisk.
- Hva som læres er alltid komplekst problematisk.
- Tilegnelse av kunnskap er ikke ganske enkelt å ta inn i seg kunnskap. Det er heller slik at det stilles krav om nytenkning i vår oppfatning av naturlige kategorier som «kunnskapsmengder», «de som lærer» og «kulturoverføring».

Det felles elementet i det som er sagt over er at mening, forståelse og læring er definert i forhold til handlinger i en sammenheng, ikke som frittstående fenomener. I forhold til tradisjonelt skolesyn betyr dette at vi må tenke gjennom på nytt hva det betyr å lære og å forstå.

Overføring av kunnskaper fra skolen til praksis

Et viktig spørsmål er hva som er relevant for studenter å lære før de går ut i jobb og i hvilken grad teoretisering av kunnskapen skal skje først etter at en person har fått tilstrekkelig erfaring gjennom praktisk yrkesutøvelse. Hoyles, Noss og Pozzi (1996) har gjennomført en studie blant barnesykepleiere, og to av dem gjennomførte et kombinert studie- og opplæringsprogram blant ansatte i en større investeringsbank (Noss & Hoyles, 1996). Begge studiene var delt i to faser med noe ulikt siktemål. I første fase ble det leitet etter svar på fire spørsmål. I disse spørsmålene inngår det et begrep som ble kalt *mathematisable situations*. Dette er situasjoner hvor forskerne mener at praktikerne kunne ha nytte av å anta et mer matematisk perspektiv. I innledningen til en mer detaljert rapport om skoleringsopplegget i banken gis det til kjenne en del interessante synspunkter om forholdet mellom skolematematikk og andre læringsformer. Disse synspunktene føles så relevante for min egen diskusjon at jeg tillater meg å gjengi deler av dem slik de står i rapporten (min oversettelse) :

Hvis det er slik at matematisk mening spiller en viktig rolle i å gi individer styrke (empower) på og utenfor arbeidsplassen, bør dette absolutt gi implikasjoner for matematikkutdanninga. Hvordan, for eksempel, kan «akademisk» matematikk knyttes til arbeidslivet? Den klassiske (men, etter vårt syn, gale) måten å se problemet på, er at skoling er en innføring i dekontekstualisert matematikk som så anvendes i ulike sammenhenger senere i livet. Dette er det svaret som gis av de som mener at matematisk modellering i skolen omhandler en slik idealisering og forenkling av en situasjon at den kan beskrives matematisk, og således tas vekk fra sin «ikke-matematiske» sammenheng.

... Studenter som har mestret de matematiske relasjonene skal, i det minste i teorien, være i stand til å «overføre» denne kunnskapen ved å anvende den i andre sammenhenger.

I fortiden hadde kanskje antakelsen om overførbarhet av skolekunnskap en viss gyldighet. Det kan for eksempel være at ingeniører kunne bruke

sine likninger ved beregning av girutvekslinger, eller at bankansatte kunne ta i bruk sin drilling i kommersiell aritmetikk, og at tegnere var i stand til å benytte sin euklidiske geometri for å lage sine tegninger. Men selv i dette «pre-teknologiske» tilfellet kan det reises alvorlige spørsmål ved den enkle forestillingen om overføring. Først er det spørsmål om hva som skal overføres.

(Det må her skytes inn at de nevnte forskerne avslørte at det hos bankfunksjonærene var store mangler i forståelsen av den matematikken som ble brukt i deres datamaskiner, noe som i det tilfellet førte til store problemer. Funksjonærene måtte derfor lære mer matematikk. Forskerne poengterer at dette best gjøres på arbeidstedet.)

Dowling (1991) behandler problemet om overføring av kunnskap fra et livsområde til et annet på et mer generelt grunnlag. Han mener at det finnes en mengde ulike livsarenaer som har sin egen sosiale og læringsmessige struktur, og at læring som foregår et sted ikke kan overføres til andre. Et annet interessant trekk hos Dowling er at han avviser det å sette merkelappen «matematisk» på dagligdagse fenomener, slik som å ordne ting eller å bruke enkle, geometriske mønstre. Han mener tydeligvis at dette faller naturlig for oss og derfor ikke kan brukes som begrunnelse for opplæring i teoretisk matematikk.

Vurderinger

Et lite glimt inn på to arbeidsplasser gir alene ikke grunnlag for å trekke altfor vidtrekkende konklusjoner. Sammen med kunnskap om den tradisjonelle skolematematikken, erfaringer fra andre arbeidsplasser og generell samfunnskunnskap gir det likevel grunn til å stille spørsmålstejn ved en del gjengse oppfatninger. Det er for enkelt å bare si at alle trenger å kunne mer matematikk enn før, for så å pøse mer av dette faget inn i utdanningssystemets planer. Virkeligheten synes å være langt mer komplisert.

Mitt opprinnelige mål var å finne et bedre grunnlag enn før for å kunne vurdere om skoleelvenes skepsis til nytteverdien av faget ha noen berettigelse. Mine funn synes å støtte elevenes synspunkter.

Matematikk som et kulturfag

Grunnskolen er ikke ment å gi noen yrkesutdanning. Den skal skape en basis for videre læring, spesialisering og personlig vekst. Dette må gjelde såvel i matematikk som i andre fag. Vi kan derfor ikke leve med en skolematematikk som er tilpasset den tiden da kjøpmannen regnet ut vareprisene på disken eller industriarbeideren regnet ut akkorden for hånd. Den gang dette var vanlig hadde den treningen elevene fikk i regnetimene på skolen mer direkte relevans for samfunnet utenfor skolen. I dag er denne forbindelsen i stor grad brutt. De færreste av oss har særlig behov for å utføre regnearbeid i hverdagen, annet enn løse overslag. Nøyaktigere beregninger «kjøper» vi av bankfunksjonærer eller betjeningen i forretningen, som igjen benytter seg av EDB-baserte systemer eller løsere tommelfingerregler, slik som at du kan dekke så og så mange kvadratmeter med en liter maling.

På svært mange arbeidsplasser klarer man seg også uten særlig bruk av matematikk, selv i yrker hvor mye av aktiviteten er basert på omfattende beregningsarbeid. Dette utføres av maskiner og behøver ikke forstås av flere enn et lite fåtall. Et annet interessant aspekt ved dette er at den matematikken som brukes er spesialisert og tilpasset behovene på det enkelte sted. Ingeniører og andre som bruker matematikk til daglig trenger ikke bevege seg ut over sin spesialgren og de benytter seg gjerne av metoder som er tilpasset deres spesielle behov.

Bruk av matematikk i yrkes- og samfunnsliv er segmentert i en masse spesialiteter. Hver og en av dem krever særlig innsikt innen det spesielle området. Omfattende generelle kunnskaper i matematikk er det svært få som har bruk for (selv om det selvfølgelig er viktig at mennesker med slike kunnskaper finnes i samfunnet, spesielt i utdannings-systemet). Som en oppsummering kan vi si at matematikkens plass i samfunnet synes å preges av to trender som på mange måter går i motsatt retning:

- Vi får stadig mindre bruk for å kunne utføre beregninger i hverdagen. I arbeidslivet har maskiner i stor grad tatt over regnearbeidet, på samme måte som at manuell arbeidskraft blir erstattet av maskiner.
- For å opprette, vedlikeholde og benytte disse EDB-baserte systemene trengs det mennesker som er spesialister innen sitt fagområde og som behersker nettopp det segmentet av matematikk som brukes der.

Samtidig er det grunn til å tro at politiske og administrative avgjørelser i stadig sterkere grad baserer seg på utredninger hvor matematiske beregninger utgjør en viktig del av grunnlaget for konklusjonene. Samfunnsplanleggerne følger med på utviklingen og tar i bruk nye analyse- og planleggingsverktøy etter hvert som de utvikles. Vi kan si at matematikkens rolle i samfunns- og yrkesliv øker samtidig som brede lag av befolkningen klarer seg godt uten mer enn nokså elementær matematisk innsikt.

Vi kan ikke la oss forundre over at det er vanskelig å motivere barn og unge til å lære skolematematikk i et samfunn som er preget av disse trendene. Det er ganske sikkert ingen tilfeldighet at ferdighets- og kunnskapsnivået i dette skolefaget er lavest i de høyest utviklede industrilanda (se TIMSS, Beaton et al 1996). Det er jo nettopp her det manuelle beregningsarbeidet er erstattet av maskinell beregning. Det folk flest trenger går ikke særlig ut over oversikt over tallsystemet og en (medfødt?) geometrisk innsikt. (I min hovedoppgave har jeg kalt dette minimumsnivået for 'funksjonell matematisme', uten at jeg har gitt en fullstendig definisjon på hva begrepet skal inneholde.)

I moderne matematikkdiraktikk er det lagt stor vekt på skape økt interesse for faget, først og fremst gjennom å utvikle bedre undervisningsmetoder, metoder basert på forskning og nyere læringsteorier. I mange land er også didaktikerne involvert i utviklingen av nye pensja og i utvikling av lærestoffet. Mitt poeng er at dette arbeidet ikke utgjør et fullstendig program for å skape et framtidsrettet opplegg for matematikkundervisning i skolen. Det er nødvendig, men ikke tilstrekkelig. Vi må også ha som siktemål å skape forståelse for fagets rolle og betydning i samfunnet. Dette vil dreie seg mer om innsikt *om* faget enn å utvikle direkte ferdigheter i det. Elevene må få se eksempler på hvordan matematisk virksomhet brukes som grunnlag for produksjon av varer, tjenester og beslutninger. De behøver ikke lære i detalj hva som faktisk foregår, men de bør få se at matematikken er en viktig og sentral del av det hele og få innsikt i at det er av avgjørende betydning at noen tilegner seg de kunnskapene som er nødvendige for å opprettholde og utvikle de systemene som brukes. Det bør utvikles undervisningsprogrammer der elevene kan komme i kontakt med flest mulig ulike miljøer og på flest mulig nivåer. Målet må være:

- å gi elevene forståelse av fagets rolle i samfunns- og yrkesliv
- å utvikle nysgjerrighet for hva som kreves av kunnskap og ferdigheter i matematikk innen det eller de områdene hver enkelt elev har spesiell interesse av
- å skape forståelse for at spesialisering innen ulike yrker forutsetter et visst minimum av forhåndskunnskaper.

Dette betyr at skolematematikken i sterkere grad enn før må bli et kulturfag. Dersom elevene skal få forståelse av fagets rolle må dets bruk og stilling synliggjøres for dem. I dag tar vi i altfor stor grad denne forutsetningen som en selvfølge. En naturlig forlengelse av denne tanken er for øvrig en sterkere vektlegging av matematikkens historie. Hvorfor kan ikke Niels Henrik Abel eller Sophus Lie like gjerne gjøres til helter som at forfattere og oppdagere blir det? På den måten kan fagets samfunnsmessig rolle settes inn i en historisk forståelsesramme. I tillegg kommer selvfølgelig de rent didaktiske aspektene ved den matematiske historien inn i bildet.

Det er også viktig å formidle til skoleelevene den sentrale rolle matematikk her for all vitenskap. En slik målsetting kan også begrunnes ut fra en kulturell innfallsvinkel i den forstand at vitenskapen utgjør en sterk kulturfaktor.

Oppsummering

Synspunktene over inneholder et slags program for hvordan man kan gjøre matematikkfaget mer relevant og interessant for skoleelever. Et spørsmål blir hvordan man skal utdanne de matematiske spesialistene som også trengs. I hovedsak må dette skje i yrkesutdanningen og på den enkelte arbeidsplass. I mange praktisk rettede yrker kan høy spesialisering i matematikk forbeholdes et lite utvalg mennesker som beveger seg på forsknings- og utviklingsnivå.

Et positivt trekk i nyere læreplaner er anerkjennelsen av de nye regneverktøyene, kalkulatorer og computere. Dette åpner for en type pensum og arbeidsmetoder der menneske og maskin kan spille sammen. I yrkeslivet er det imidlertid mange som vil møte maskinene

som “black boxes”, de vil kunne bruke dem uten særlig behov for å forstå deres programmer. *Noen* må lage og forstå dem. Vi kommer da tilbake til spørsmålet om spesialisering, hvor den skal foregå og hvor interessant det er for en obligatorisk skole å forberede elever på en slik spesialisering. Hele min argumentasjon fører på en måte fram til dette spørsmålet; hvor stor del av matematikken skal være for alle, og hvor stor del av den skal kun være for spesialister.

Mine hovedsynspunkter kan oppsummeres slik:

- Den matematikken som brukes på arbeidsplassene er spesialisert, standardisert og preget av gjentakelser. Den læres best gjennom læring på stedet. (Erfarne konstruktører og ingeniører ved teknologibedriften understreket dette. De ønsket seg mer bedriftsintern opplæring, noe som for øvrig var mer vanlig tidligere). Forberedelser til slik opplæring må skje i yrkesopplæringen.
- I mange yrker kan arbeidstakerne klare seg med svært lite matematikk, samtidig som det er klart at den teknologiske utviklingen krever tilgang på yrkesutøvere med høy matematisk kompetanse. Det er imidlertid en kortslutning å tro at dette krever høyere matematisk kompetanse hos alle.
- Vi kan sammenligne utviklingen innen praktisk bruk av matematikk med bruk av elektroniske eller mekaniske maskiner. Folk flest betrakter disse som ’sorte bokser’ – de er i omfattende bruk uten at brukerne føler noen sterkt trang til å vite hvordan de virker.
- Det er likevel slik at det enkelte samfunnsmedlem må inneha en viss kyndighet i faget (funksjonell matematisme). Dette må gis i løpet av grunnskolen og grunnkurset i videregående skole.
- Skolematematikken bør ha som et av sine viktigste siktemål å gi elevene innsikt i hvordan matematikken brukes i yrkeslivet, innsikt i sammenhenger med tilknytning til menneskers hverdag og forståelse for matematikkens filosofiske, kulturelle, samfunnsmessige og politiske betydning.
- Elever med spesiell interesse for matematikk må tilbys valgfrie kurser.

Referanser

- Beaton, A.E., Mullis, I.V.S., Martin, M.O., Gonzales, E.J., Kelly, D.L. & Smith, T.A. (1996). *Mathematics Achievement in the Middle School Years*. Boston, MA: Center for the Study of Testing, Evaluation and Educational Policy; Boston College.
- Curry, D., Schmitt, M. J. & Waldron, S. (1996). *A framework for adult numeracy standards: the mathematical skills and abilities adults need to be equipped for the future*. USA: National Institute for Literacy. The Adult Numeracy Practitioners Network. (www.std.com/anpn/).
- Dowling, P. (1991). The contextualizing of mathematics: towards a theoretical map. In M. Harris (Ed.), *Schools. matematics and work* (pp. 93-120). London: The Falmer Press.
- Harris M. (1991). (Ed.), *Schools. matematics and work*. London: The Falmer Press.
- Hoyles, C., Noss, R. & Pozzi, S. (1996). *Mathematising in practice*. University of London.
- Hundeide, K. (1989). *Barns livsverden*. Oslo: Cappelen.
- Høgskolen i Molde. (1996). *Studiehåndbok 1996/1997*.
- Kirke-, utdannings- og forskningsdepartementet. (1996). *Læreplan for matematikk i grunnskolen*.
- Lave, J. & Wenger, E. (1991). *Situated learning. Legitimate peripheral participation*. New York, NY: Cambridge University Press.
- McLeod, D.B. (1992). Research on affect in mathematics education: a reconceptualization. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning*. New York, NY: Macmillan.
- Noss, R. & Hoyles, C. (1996). *The visibility of meanings: Modelling the mathematis of banking*. University of London. Institute of Education.
- Schoenfeld, A.H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition and sense making in mathematics. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning*. New York, NY: Macmillan.

Abstract (in English)

Mathematics at the workplace is dominated by routine. Avoiding faults is the most important feature. Computer programs do all computation. Specialists do the production of necessary software. At many workplaces the functioning of the software is hidden to the user. The mathematics used in a particular workplace is specialised and adjusted to the needs of every kind of work. The mathematics we learn at school in order to qualify for an occupation is to a great extent irrelevant for what will be in practical use in that occupation. The production of software is highly skilled work for a few specialists. Smaller programs can be made at the workplace, but the mathematics used is adapted to special needs. This article includes an analysis of the mathematics present at two workplaces followed by a discussion of the relations between the mathematics applied at a work and the mathematics taught in school.

I suspect that many people in society expect that mathematics learned in school should be directly transferable to practical use at their workplace. This is not so, but traditional teaching seems to be done according to this paradigm. Even if mathematics is hidden and only a few workers need to do computations themselves, mathematics plays a crucial role in production life. It is my opinion that mathematics in school should be seen more as a cultural subject. Students should be taught about the role mathematics has in production life, and also in other fields of society. The history of mathematics must be a part of this.

Author

Ronald Bradal is Lecturer at Hedmark College, Faculty of Teacher Education, Hamar.

Research interests

How to make mathematics into an enjoyable subject rather than a painful exercise for students in school, the practical use of mathematics in society, social constructivism and heuristics of mathematical learning.

Address

Ronald Bradal
Høgskolen i Hedmark
Avdeling for lærerutdanning - Hamar
Holsetgata 31, 2318 Hamar
Phone: 62 51 77 50
Fax: 62 51 76 01
E-post: Ronald.Bradal@luh.hihm.no
Web: <http://www.hihm.no/lu/>
