

Matematik skal mere end at levere M'et i STEM



Kirsten Søs Spahn,
Københavns
Professionshøjskole



Anette Vestergaard
Nielsen, Københavns
Professionshøjskole

Abstract: Vi giver i denne artikel et indblik i hvordan et kort forløb kan gennemføres så alle fire bogstaver i forkortelsen STEM bliver (lige)værdigt repræsenteret i undervisningen. Forløbet tager udgangspunkt i en problemstilling som omhandler transport af medicin i den sydamerikanske regnskov. Eleverne får kendskab til problematikken via en video og skal derefter undersøge forskellige former for materialer. Data bliver indsamlet, systematiseret og visualiseret så alle kan forklare hvad de har erfaret. Denne proces gør eleverne i stand til at foretage et kvalificeret valg og dermed gennemføre det arbejde der ligger i at færdiggøre produktet.

STEM-forløb bliver i disse år formuleret, afprøvet og distribueret til mange danske elever. Flere didaktiske forløb designes med baggrund i naturfagene. I et kort forløb har vi, Anette Vestergaard Nielsen, naturfagskonsulent, CFU/KP, og Kirsten Søs Spahn, matematikkonsulent, CFU/KP, undersøgt hvordan fagene i STEM kan spille sammen i en ligeværdig vægtning til gavn for elevernes færdige produkt.

Inspiration til forløbet har vi fået fra Peter Wong, Museum of Science (MOS) i Boston, og hans materiale Amazon Mission fra Building Math-serien. I materialet findes i alt tre udfordringer. Vi valgte at arbejde med elevudfordringen: *Byg en beholder der kan isolere en malariavaccine der skal bringes ind i regnskoven hvor Yanomami-stammen lever.*

Som E'et i STEM, Engineering, valgte vi ingeniørens arbejdsproces i fem faser ("Undersøg", "Få idéer", "Planlæg", "Byg" og "Byg bedre" (jf. <http://www.engineer-project.eu/>)). Om ingeniørprocessen deles i fem, syv eller ni faser, har i dette forløb ikke været i fokus. Vores fokus var at undersøge fagenes tilgang til arbejdet med modellering i forhold til hvordan denne bringes i spil på forskellige tidspunkter i processen. Vi har haft overvejelser over elevernes udvikling af et nuanceret fagsprog, brug af IT, aktiviteter med bevægelser samt mulighed for differentiering.

Udvikling af elevernes fagsprog er inspireret af Beverly Derewiankas didaktiske snegl (K. Bock m.fl., 2016). Derewianka deler undervisningen op i fem faser: Elever

bliver udsat for en fælles **oplevelse** med et bestemt fagligt felt som omdrejningspunkt. Oplevelsen bruges til at hænge viden op på. Herefter **rekonstruerer** eleverne deres erfaringer om det faglige felt i et hverdagsprog suppleret af et begyndende fagsprog i forhold til konteksten. I tredje fase **gør** eleverne undersøgelser, og ny viden **transformeres** til et nuanceret fagsprog. Med det nye nuancerede fagsprog **konstruerer** eleverne tekster passende til kontekst. I sidste fase **reflekteres** over læringsforløbet i forhold til det faglige felt. I den didaktiske model er der fokus på sprogets genrer inden for konteksten og den måde eleverne og læreren interagerer med hinanden og det faglige felt på.

Derewiankas didaktiske snegl kan ses som et net af cirkler langt oven over de øvrige faser i ingeniørprocessen og bringes i spil når eleverne skal lære nyt.

På samme måde bringes forskellige faglige modeller i spil når der er brug for dem. Vi træder ind og ud af matematik og grundskolens naturfag; derfor har vi forsøgt at udarbejde en arbejdsmodel der anvender dele fra hhv. naturvidenskabelige metoder og den matematiske modelleringscyklus. Det betyder at eleverne modtager en undervisning der indeholder fagligt relevante områder fra de involverede fag.

Fra bl.a. *MetodeLab* (MetodeLab, uå), kender vi undersøgelsesmetoder som kan bruges i undervisningen når elever vil vide noget om verden. Vi taler om eksperiment, observation, modeller, *prøv-dig-frem*, eller *søg, spørg, og læs*. Gennem den videnskabelige tilgang undres vi og formulerer en hypotese, med undersøgelsesmetoderne indsamler vi data og fortolker dem, og enten konkluderer vi eller undres på ny. Den noget forenklede proces opkvalificeres med matematiske arbejdsformer.

Når data indsamles, skal de systematiseres, analyseres, fortolkes og præsenteres. Databehandling er matematik. Matematik er ikke kun et redskab naturfaglæreren kan bruge når dataloggeren viser en graf. Matematik er et fag der giver eleverne forudsætninger for at forstå og bearbejde observationer undervejs. Dataanalyse og fortolkning af data skal formuleres i et matematisk sprog ligesom naturvidenskaben kommunikeres i et naturfagligt sprog.

De to arbejdsformer for modellering og de to sprog komplementerer hinanden til gavn for det endelige produkt som er elevernes læring og elevernes færdige fysiske produkt.

Materialet fra MOS præsenterer en række kurser der lærer eleverne den matematik de skal bruge senere. Vi valgte i det færdige forløb at undervise i kontekst så de lærer matematikken i anvendelse. Det betyder at eleverne anvender fx GeoGebra hensigtsmæssigt og sikkert i forhold til opgaven.

Efterfølgende har vi skitseret hvordan proces, faser og cirkler glider ud og ind i det samlede didaktiske design.

Faserne i forløbet

Fase 1 – undersøg

I første fase i ingeniørens arbejdsproces bliver eleverne introduceret for et problem de skal løse. I dette tilfælde skal de designe og producere en beholder der kan bringe malaria vaccine ind til indianerne i Amazonregnskoven. Første step er at få overblik over det de skal vide for at løse problemet. Der rejses spørgsmål af videnskabelig og teknisk karakter, fx:

1. Hvem er indianerne, og hvor lever de?
2. Hvad er malaria, og hvordan er det blevet et problem?
3. Hvilke forhold skal vaccinen transporteres under, og hvilke krav er der i øvrigt til beholderen?

Hvis eleverne ikke kender ingeniørens arbejdsproces, skal denne først præsenteres inden de begynder at arbejde i de forskellige faser. I forløbet bruger vi en bevægelsesaktivitet til dette.

For at kunne konstruere viden om spørgsmål 1, 2 og 3 arbejder eleverne med diverse tekster; film, billeder og litterære tekster. Ud fra konteksten udvælges de ord og begreber der skal arbejdes med, fx malaria, vaccine, regnskov og minedrift. Deriwiankas didaktiske snegl om sproglig udvikling er i spil, og aktiviteter fra genrepædagogikken sætter fokus på sproglig udvikling og dermed viden om det faglige tema. "Reading to Learn" (Mulvad, 2008) kan med fordel bruges.

Krav til beholderen formuleres af læreren. Det er muligt at tilpasse kravene i forhold til eleverne, fx antallet af forskellige materialer, beholderens vægt, stabilitet, egenskaber i forhold til stød, fald, fugtighed. Alle krav skal kunne testes. I forløbet er følgende krav formuleret: Beholderen skal være mellem 200 cm³ og 400 cm³ i ydre mål og skal kunne indeholde et hønseæg. Indholdet, ægget, i beholderen må ikke gå i stykker når beholderen tabes fra en højde på to meter over gulvet. I testen bruges et rå æg.

Øvrige spørgsmål kræver videnskabelige undersøgelser om varmeledende og isolerende materialer. Eleverne gennemfører tre undersøgelser med indsamling og systematisering af data. Her er naturvidenskab og matematik i samspil. I første trin mærker eleverne med hænderne på forskellige materialer omkring dem. De erfarer at nogle føles kolde, og andre varme. Når eleverne bagefter måler temperaturen på de samme materialer, finder de ud af at de stort set har samme temperatur. Gennem en classesamtale formuleres i hverdagsprog en generalisering om materialer, fx *nogle ting stjæler varmen, og andre gør ikke*. Inden næste aktivitet præsenteres begreberne isolerende og varmeledende materialer, evt. i en litterær faglig tekst. De faglige begreber overtager nu hverdagsformuleringen. Herefter bruger eleverne undersøgelsesmetoden *prøv dig frem* og undersøger forskellige materialestænger.

Stængerne sættes i varmt vand, og eleverne mærker på dem. De lister materialerne så de bedst isolerende står øverst, og de dårligst isolerende nederst. Listen giver dem overblik over de materialer de kan bruge til deres beholder.

De materialer eleverne har til rådighed til deres prototype, præsenteres, og eleverne gennemfører eksperimenter med forskellige kombinationer af materialer. Elevernes data som består af forskellige målinger på temperatur og isoleringsevne, bliver systematiseret og behandlet i GeoGebra. Resultaterne bruger eleverne til at argumentere for de materialer der i sidste ende skal bruges til prototypen. Efter undersøgelsesfasen har eleverne et godt indblik i hvad de skal designe, til hvem og hvorfor, samt hvilke materialer de skal bruge.

I hele denne fase er det læreren der styrer aktiviteterne. Det er hende der ved hvad der skal gøres, hvordan og hvorfor. Alt efter hvor meget eleverne tidligere har arbejdet med undersøgelsesdesign, kan de være med til at formulere det. I forhold til dette er det muligt at differentiere opgaverne så nogle elever arbejder mere selvstændigt med en stilladseret skriftligt formuleret opgave tilpasset elevernes kompetencer.

Fase 2 – få idéer

I fase 2 skal eleverne udvikle idéer til deres prototype. De tegner flere skitser, præsenterer dem for hinanden og modtager kritik og gode råd til forbedringer. På baggrund af denne proces vælges en idé. Aktiviteter fra KIE-modellen (Jensen, 2009) kan med fordel bruges, især hvis eleverne er bekendt med dem i forvejen. Det er et bevidst valg fra vores side (KSS og AVN) at vi i dette forløb ikke har haft større fokus på denne fase. Læreren er i denne fase en kritisk medspiller der både kan påpege udfordringer ved designet, rose nye idéer og anerkende kreative valg.

Fase 3 – planlægning

I tredje fase planlægger eleverne hvordan de skal bygge deres prototype. De tager udgangspunkt i resultaterne fra deres materialeundersøgelser og den skitse de tidligere valgte. De skal tegne geometriske tegninger enten på isometrisk papir eller i programmer som Tinkercad. De skal udarbejde en materialeliste der er så nøjagtig at spild undgås. De skal i denne fase desuden overveje om de vil bruge fx gaffatape, malertape eller andre teknikker, og at sætte materialerne sammen. Alle valg begrundes i planlægningen. Eleverne planlægger også den tid de har til at bygge. Når først de træder ind i byggefasen, har alle samme tid til rådighed, og alle elever skal være i beskæftigelse hele tiden. Tiden kan være en udfordring, og det er muligt at der skal ændres i designet. Det er vigtigt at pointere for eleverne at i denne fase er det funktionelle design vigtigere end det æstetiske design. Det æstetiske design kan eleverne arbejde videre med i fase 5, *Byg bedre*. Ligesom i fase 2 skal læreren være en anerkende guide, men også spørge ind til opfyldelsen af krav.

Fase 4 – byg

Når eleverne begynder at bygge, skal de følge deres planlægning. Tiden skal holdes, og eventuelle diskussioner skal holdes på et minimum. Læreren skal så vidt muligt ikke blande sig i byggefasen. Hun deler materialerne ud og sørger for at tiden bliver overholdt. Alt efter tid bør hver beholder præsenteres både i forhold til designovervejelser, planlægning og byggeproces inden selve testen. Når tiden er udløbet, gøres prototyperne klar til testen: drop af beholder fra to meter over gulvet med æg. Enten holder ægget, eller også gør det ikke. Det er også muligt at teste hvor længe en isterning kan holdes "i live" i forhold til beholderens isoleringsegenskaber. Selvom eleverne har testet materialer og bør kunne argumentere for de isolerende egenskaber, kan denne test vise beholdernes egenskaber i forhold til hinanden.

Fase 5 – byg bedre

Efter testen kan aktiviteter fra KIE-modellen igen bringes i spil for at gøre produktet bedre. I det hele taget skal eleverne tilbage i alle faserne i forhold til det der skal forbedres. Hvis de har valgt materialer der er for bløde, skal de tilbage og undersøge materialeegenskaber igen.

Afprøvning med elever og deres kommentarer

Forløbet er afprøvet i to omgange med ændringer fra gang til gang. Første gang i en 5.-klasse i Brøndby Strand og senere i en 5.-klasse i Ringsted.

Gennem bevægelsesaktiviteten om ingeniørens arbejdsfaser fik alle børn kendskab til den proces de skulle følge for at kunne løse udfordringen, og de kunne fortsætte til første fase. Arbejdet med diverse tekster gav nogle overraskelser. Vi havde forberedt hvordan en video med portugisisk tale og engelske undertekster skulle præsenteres og gennemarbejdes for at få en mening ud af det en indianerhøvding fortalte om problemstillingen. Inden eleverne så videoklippen, blev centrale ord forklaret. Mange elever kunne læse de engelske undertekster, så arbejdet med teksten efter første gennemsyn blev noget lettere end forventet. Efter andet gennemsyn havde mange elever forståelse for problemstillingen. Forløbets litterære tekst blev læst af eleverne, men ikke gennemarbejdet i det omfang det var ønskeligt. I afprøvningen har vi været nødt til at prioritere de nedslagspunkter i forløbet hvor der var fokus på samspillet mellem naturfag og matematik. Alle elever i begge klasser var dog meget optaget af at diskutere det etiske i store selskabers minedrift i naturfølsomme områder.

Mange elever har brug for at følge anvisninger fra læreren, og jf. elevernes udmeldinger ved afslutningen af forløbet havde de følt sig trygge og vejledt gennem hele forløbet. En del elever kunne undervejs se muligheder for at arbejde i andre retninger og så genveje og løsninger som ikke i forvejen lå i det didaktiske design. Bl.a. er tegning

af en transportkasse i Tinkercad blevet en del af forløbet efter at elever fandt det lettere at tegne på computeren end at tegne på det isometriske papir der var udleveret.

Nogle af eleverne havde ikke den viden der er nødvendig for at forblive engageret gennem hele forløbet. Især elever med dansk som andetsprog havde svært ved at deltage i klassesamtalen om det etiske dilemma omkring minedrift. Desuden havde samme gruppe elever vanskeligt ved at dokumentere deres undersøgelser skriftligt og udfylde de udleverede elevark. En mulighed for at differentiere i denne situation er at bede nogle af eleverne om at lave en video eller en lydoptagelse af deres eksperimenter. For læreren skal det være muligt at kunne redesigne forløbet så det passer til de elever hun arbejder med. I de efterfølgende interviews med eleverne fortalte de at de kunne se undersøgelsesernes relevans, og at det gjorde det lettere at vælge materialer til transportkassen.

Inden anden afprøvning besluttede vi at vi skulle arbejde mere i dybden med GeoGebra. Alle børnene har adgang til programmet, og det ville vi udnytte. Eleverne havde forståelse for hvorfor de skulle lære GeoGebra, selvom indholdet var ude af kontekst i forhold til det øvrige. De opfattede det dog som en matematiktime. I det oprindelige Building Math-forløb er der indlagt kurser i bl.a. at tegne grafer. Kurserne har indholdsmæssigt intet med udfordringen at gøre. Vi gjorde det samme, og selvom eleverne senere kunne forstå sammenhængen mellem kurset og systematisering af data fra undersøgelserne, var flere elever i situationen uforstående over for hvorfor det pludselig var vigtigt at lære hvor meget mælk koster (som var det der var eksemplet i graftegnkurset). I det færdige forløb er dette ændret så alle nye færdigheder bliver lært i kontekst med udfordringen. Eleverne understregede i øvrigt at selvom den første fase var lang, og at det tog lang tid før de fik lov til at bygge, så var det motiverende og engagerende at vide hvorfor de skulle bygge det de byggede.

Lærernes kommentarer

De lærere der deltog i projektet, Bente Andersen og Maiken Pia Sørensen, har linjefag i hhv. natur/teknologi, biologi og matematik og natur/teknologi, matematik og håndværk og design. Bente Andersen påpegede at eleverne gerne vil udfordres med involvering af digitale teknologier, fx at tegne geometriske figurer på en iPad. Det er med i det færdige forløb. Derudover vil det være en god idé at involvere lokale virksomheder der specialiserer sig i at løse en lignende udfordring. Erhvervsingeniører kan komme på besøg som gæstelærere og give eleverne mulighed for at stille spørgsmål.

Maiken Pia Sørensen mener at forløbet vil blive bedre hvis en lærer med uddannelse inden for håndværk og design bliver inddraget, da der i dele af forløbet kan være større fokus på designudvikling, planlægning og byggeproces, altså processer der kendes fra håndværk og design.

De lærere der var med i afprøvningen, mener begge at når de nu kender ingeniørens arbejdsproces, vil de kunne undervise i andre STEM-forløb hvis de har materialer til rådighed samt korte videoklip med eksempler på hvordan undervisningen og undersøgelserne kan gribes an. De vil gerne frabede sig lange lærervejledninger, og de mener de vil være bedre forberedt efter deltagelse i hands-on-kurser, men har svært ved at se at de har tid til dem.

Refleksion

Vi, KSS og AVN, gav os selv den udfordring at få tydeliggjort brugen af matematik i STEM-forløb. AVN har tidligere været med til at udvikle STEM-forløb i EU-projektet "Engineer" der involverede skoler og science-museer i Europa. Alle forløb i projektet har et tydeligt aftryk af naturvidenskabelige undersøgelser. En af pointerne ved forløbene er at elever skal have viden og færdigheder for at kunne være kreative og løse hverdagens udfordringer. Derfor fylder undersøgelsesfasen forholdsvis meget både i forhold til tid og indhold uden nødvendigvis at inddrage den matematiske modeleringscyklus. Det ville vi undersøge og ændre i nye forløb.

Som CFU-konsulenter arbejder vi ofte sammen om forskellige opgaver, og det var derfor naturligt at vi som henholdsvis naturfags- og matematikkonsulent var nysgerrige på matematikkens betydning og rolle i STEM-forløb. Vi lånte idéer fra Peter Wong, MOS, og "Varme fødder i Grønland" fra Engineer-projektet og designede *malariavaccine-forløbet*. Det var vores forventning at vi mere eller mindre kunne oversætte forløbet fra Building Math, men vi indså at en hel del, faktisk alt, skulle redesignes så det passede ind i en dansk kontekst. Efter afprøvning er vi nået til følgende konklusioner:

- Elever tænker ikke i fag og glider fint ud og ind af forskellige faglige metoder. For eleverne handler det om at forstå relevansen af det de arbejder med, i forhold til udfordringen.
- En længere introduktion af problemets betydning for slutbrugeren af produktet er motiverende for eleverne gennem hele processen.
- Færdige udenlandske STEM-forløb er gode til at inspirere, men kan ikke oversættes direkte og passe ind i en dansk kontekst.
- Elever vil gerne udfordres til at udnytte digitale værktøjer.
- Færdige STEM-forløb bliver bedre i forhold til elevernes færdige produkt og deres læring når eleverne arbejder kontekstbaseret hvor aktiviteterne tager udgangspunkt i den opgave der skal løses, og ikke i fag.
- Læreren eller de samarbejdende lærere bør have kompetencer inden for flere faglige områder så de kan støtte eleverne i de naturvidenskabelige metoder, designmodel-

ler, den matematiske modelleringscyklus samt elevernes udvikling af et nuanceret fagsprog.

Spørgsmålet er nu om vi igen har opfundet den dybe tallerken. Vi har længe vidst at elever bliver motiveret af virkelighedsnære problemer, og at nye kompetencer, viden og færdigheder bedst læres i den kontekst eleverne befinder sig i, her problemet og ingeniørens arbejdsproces. Den proces vi har været igennem i dette STEM forløb har gjort det tydeligt for os at undervisningen får mere faglig kvalitet når fokus ikke kun er på naturfagene, men også på matematikfaget. Der er en mening med M'et i STEM, og vi bør inddrage designmodeller fra håndværk og design som ligger i E'et. Vi har ikke undersøgt hvorvidt undervisning i T bør have en renæssance i forhold til brug af elektronik, mekanik og digitalisering til at løse fremtidige udfordringer. Men vi ser frem til den udfordring.

Litteratur

- Bock, K., M.V. Christensen, D.V. Eggensen, N.B. Gøttsche og M. Rydén (red.) (2016). *Genrepædagogik og andre nye veje i læse- og skriveundervisningen. Vilde med sten – indskolingsbørn på opdagerfærd i geologiens sprog*. København: Hans Reitzels Forlag.
- Jensen, I.F. (2009). *KIE-modellen – innovativ undervisning i folkeskolen*. Erhvervsskolernes Forlag. MetodeLab (uå) <https://www.experimentarium.dk/undervisningsmateriale/metodelab/>
- Mulvad, R. (2008). *At skrive med funktionel lingvistik*. FOKUS – på dansk som andetsprog for voksne, nr. 42.