

Engineering og fællesfaglig naturfags- undervisning





Per Milling, naturfagslærer på Tvis skole, Holstebro Kommune

Peer Daugbjerg, lektor ved læreruddannelsen i Nørre Nissum, VIA University College

Denne artikel vil eksemplificere den sagstilgang til undervisning og problemløsning, som karakteriserer engineering, hvor eleverne anvender mange former for viden til systematisk at designe eller forbedre redskaber, maskiner, strukturer eller processer. Kun relevant viden og relevante arbejdsformer har værdi i den konkrete problemløsning, hvorfor udvælgelse af viden og arbejdsformer er et afgørende element, når man arbejder med engineering.

Styringen ud fra den konkrete problemløsning betyder også, at inddelingen af viden og færdigheder i undervisningsfag bliver mindre fremtrædende. Engineering-projekter kan være bindeled mellem de forskellige naturfag og skabe praktiske løsninger på de samfundsmæssige problemer og dilemmaer, man støder på i de forskellige naturfag. Engineeringtilgangen til fællesfaglighed tager udgangspunkt i cases, hvor det bliver problemløsningen, der kommer i centrum fremfor de enkelte fag. Fagene bidrager med begreber og

undersøgelelsesmetoder, som hjælper i forståelsen af problemet. Eleverne skal således aktivere deres viden og færdigheder fra forskellige fag, herunder naturfag, for kompetent at kunne at udvikle løsninger på den opstillede engineeringudfordring. Dette kvalificerer det grundlag, eleverne har for at udvikle de naturfaglige kompetencer, som p.t. er et fælles grundlag for al grundskolens naturfagsundervisning. Engineeringundervisning tilbyder således muligheder for fællesfaglig naturfagsundervisning.

ENGINEERING OG FÆLLESFAGLIG NATURFAGSUNDERVISNING

Vertikale haver

– en mulighed for fællesfaglighed med udgangspunkt i biologi og geografi

Et eksempel på dette fra Pers undervisning er bl.a. konstruktion af vertikale haver. Her arbejder eleverne med de samfundsmæssige problemer som skabes af, at verdensbefolkningen vokser, samtidig med at flere flytter til byerne og dykningsarealerne bliver mindre og mindre.

I selve processen med konstruktionen af de vertikale haver og evalueringen af processen kommer eleverne i berøring med flere faglige pointer fra de forskellige naturfag. Det kan i geografiundervisningen være udviklingen indenfor urbanisering lokalt og globalt både nu og i fremtiden. Det kan også være tertiære erhverv som transport og logistik med fokus på det mindre CO₂ - aftryk, som afsættes ved at producere afgrøder i bymidten, så producent og forbruger er tættere på hinanden. Endnu en mulighed er, hvordan en tidligere ekstensiv udnyttelse af bygninger og grønne områder til fødevarerproduktion bliver gjort mere intensiv ved placering i bymidten.

De faglige pointer vedrørende traditionel biologiundervisning ses i selve dyrkningen af afgrøder. Hvilke afgrøder egner sig til produktion i byen? Hvordan vokser og trives en plante? Dette omfatter fotosyntese og de næringsforhold, der giver den optimale vækst, samt hvad der sker med

Engineeringprojekter kan være **bindeled mellem de forskellige naturfag.**



biodiversiteten og brugen af pesticider, hvis eleverne vælger at bygge deres vertikale have som et lukket system f.eks. drivhuslignende forhold til i en lagerbygning.

Næringsioner og salte er oplagte temaer at inddrage fra fysik/kemi-undervisningen, når eleverne arbejder med gødning og den optimale vækst for planter i deres vertikale haver.

Eleverne udviser stort engagement under det praktiske engineeringarbejde og i problemløsningsfasen når de arbejder med sådanne projekter som f.eks. vertikale haver. Arbejdet omfatter design og tilvirkning af bygningsdele samt tilpasning og montering af disse, inden den endelige model står færdig (se model på næste side).



Elever arbejder med design, tilvirkning og montering af bygninger og bygningsdele.

Model: Denne løsning på lodrette har integreret bolig og dyrkning af planter ved at placere en væksthuse-bygningsdel mellem to lodrette beboelses-bygningsdele. Endvidere er modellen/prototypen meget detaljerig med mulighed for indlevelse i hvordan det vil være at bo i en sådan bygning.

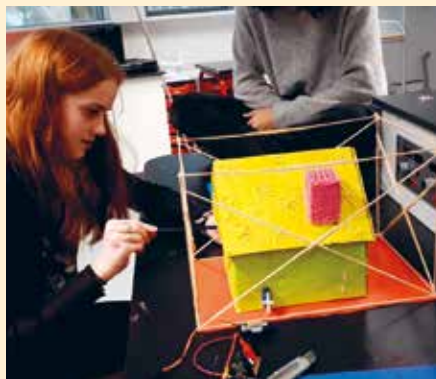
ENGINEERING OG FÆLLESFAGLIG NATURFAGSUNDERVISNING

I den efterfølgende undervisning i naturfagene er det væsentligt lettere at relatere og sammenkæde elevernes viden til et fælles fikspunkt, når de gennem selvstændigt projektarbejde har løst et problem praktisk. Dette er en vigtig pointe, fordi medinddragelse gennem projektarbejdet skaber mulighed for en bedre tilpasning mellem de forskellige lærings- og arbejdsituationer. Brugen af indhold og arbejdsformer i forskellige kontekster kan gøre det lettere for eleverne at opbygge tiltro til egne evner, hvilket er en væsentlig faktor i transfer mellem forskellige lærings- og anvendelsessituationer. Generelt understøtter koblingen af undervisning og læring til anvendelsessituationer transfer (Wahlgren & Kompetenceudvikling, 2009). Dette er vigtigt at træne elever i, da de skal kunne anvende naturfaglige begreber fx energistrøm og stofkredsløb i flere sammenhænge ved fællesfagligt arbejde. Her kan opmærksomhed på det eleverne allerede kan og ved være et godt afsæt. Udfra dette kan man i samarbejde med dem formulere elevafstemte mål, som de skal arbejde henimod (Hamza, Sillasen & Daugbjerg, 2016). På denne måde bliver elevernes forståelse af naturfaglige begreber og deres anvendelse i forskellige sammenhænge udgangspunktet for integrationen af naturfagene, samtidig med at målene formuleres i elevernes sprog med en tydelig retning angivet af den aktuelle engineeringudfordring. Dette stiller krav

til udformningen af udfordringen, den skal indeholde muligheder for at eleverne kan relatere til den både fagligt, emotionelt og kognitivt, derudover skal den angive eller i det mindste antyde de naturfaglige begreber og fænomener, som kan være med til at kvalificere udviklingen af en løsning.

Sikring mod oversvømmelse – brug af digital teknologi i fællesfaglighed

Per har med sine elever også arbejdet på at lave huse, der kan modstå fremtidens øgede højvandssituationer pga. klimaændringerne. Her skulle brugen af micro:bit og servomotorer være en del af løsningen. Det endte ud i forskellige modeller og konstruktioner af huse, som kunne hæves fra jorden i tilfælde af oversvømmelser.



Huset er omgivet af en stabil konstruktion, som kan hejse huset op i tilfælde af oversvømmelse. Hejseværket er styret af en micro:bit og en motor som anes nederst midt på billedet.

Mange tråde udspringer fra dette engineeringprojekt til den fællesfaglige naturfagsundervisning omkring emnet klima og forurening. Bl.a. de faglige pointer som naturlige og menneskeskabte klimaændringer samt konsekvenserne af klimaændringer. Disse temaer behandler Per og eleverne i dybden i geografiundervisningen. Her bringer den problemorienterede anvendelse af viden og færdigheder om klima både kompetencer og faglighed i konkret anvendelse såvel indenfor som uden for skoleverdenen. Herved belyses almene problemstillinger konkret og praksisrettet, samtidig med at personlige kompetencer anvendes og udvikles (Overgaard Nielsen & Terp, 2009). I fysik/kemiundervisningen har engineeringprojektet om oversvømmelse mere trukket tråde i retningen af de miljømæssige og teknologiske aspekter af klima- og miljødebatten. Her har eleverne i undervisningen arbejdet med alternative energikilder, som vind, vand og sol, men også i selve løsningen af opgaven arbejdet med kodning og teknologiforståelse som en del af det med at hæve deres bygning i tilfælde af oversvømmelse.

Miljømæssige "sideeffekter" ved afbrænding af fossile brændstoffer, så som forskellige varianter af syreregn: svovlsyre, salpetersyre mm. har også været et fokusområde i undervisningen. Dette peger ikke direkte på klimaændringer og havvandsstigninger, men viser koblinger

Huse der kan modstå fremtidens øgede højvandsituationer pga. klimaændringerne.



mellem de forskellige miljø- og klimaproblemstillinger, hvor omstilling til vedvarende energi vil reducere udledningen af såvel svovldioxid og kvælstofoxider, som er medskabende faktorer til syreregn på lokalt- og globalt plan.

De geografiske og biologiske aspekter i et engineeringprojekt med fokus på fremtidige ekstreme oversvømmelser og andre konsekvenser af klimaforandringer skaber gode undersøgelsesmuligheder. Fx betydningen af landskabers topografi for ændrede dyrkningsmuligheder af jorden når de påvirkes af f.eks. udtørring, oversvømmelse og saltholdig jordbund som konsekvenser af ændret nedbør og fordampning. Sådanne ændrede dyrkningsforhold har eleverne også eksperimenteret med i biologiundervisningen.

Faglig integration i engineering

Faglig integration kommer til udtryk i samarbejdet mellem de involverede lærere og deres elever. Integrationen skal under-

ENGINEERING OG FÆLLESFAGLIG NATURFAGSUNDERVISNING

Grad af fagligt samspil	Kendetegn	Fordele	Ulemper
Brug af hjælpe-discipliner	Et fag definerer opgaven og besvarer den. Andre fag løser forudbestemte delopgaver.	Hjælpedisciplinernes nytte bliver tydelig. Udnytter faglig ekspertise.	Meget hierarkisk. Nogle fag er oftest hjælpediscipliner.
Flerfaglighed	Fleere fag arbejder parallelt. Belyser forskellige aspekter af et emne.	Overkommeligt grundlag for refleksion over fagenes natur, styrker og begrænsninger. Mange fag kan deltage.	Kan virke kunstigt. Samspil for samspillets egen skyld.
Fællesfaglighed/tværfaglighed	Fælles problemstilling. Erkendelsesmæssig værdi.	Viser mening med fagligt samspil. Træner mange relevante kompetencer.	Krav til planlægning. Færre fag kan deltage. Emnevalg er kritisk.
Fagoverskridende samarbejde	De enkeltfaglige kriterier træder i baggrunden eller ændres.	“Sag frem for fag”.	Tematiserer ikke fag som fag. Risiko for at det ikke fremmer fagenes natur.

Tabel 1: Grader af fagligt samspil (Sillasen & Linderoth, 2017, s. 24)

støtte progressionen i elevernes læring indenfor såvel faglige discipliner og emner som indenfor og mellem de naturfaglige kompetencer (Daugbjerg & Negendahl, 2015). Omfanget af den faglige integration afspejler sig i formen af fagligt samspil. Dette er nærmere beskrevet i Tabel 1.

Engineering bidrager med et fagoverskridende samarbejde, fordi det er løsning af udfordringen, der er sagen og ikke

naturfagenes faglighed i sig selv. Endvidere vil den problemløsende og projektorienterede tilgang i engineeringinspireret undervisning, aktivere både naturfaglige begreber og naturfaglige undersøgelsesmetoder og naturfaglige arbejdsformer. Engineering tilbyder således grundskoleundervisning muligheder for, at eleverne kan udvikle og demonstrere deres kompetencer ved at anvende både viden og færdigheder i konkrete kontekster.

Den generelle tendens i de engineering-projekter Per har gennemført er, at eleverne udviser stor glæde i selve forløbet. I den daglige undervisning genkalder eleverne hurtigt elementer fra den undervisning, der er bundet op til engineeringforløb. Der er således en betydelig transfer mellem engineeringforløbene og anden naturfagsundervisning.

Nogle af eleverne trak til den fællesfaglige prøve i naturfag fokusområdet "Produktion med bæredygtig udnyttelse af naturgrundlaget", som kunne relateres til erhverv og landbrug. De arbejdede videre med deres engineeringprojekt om vertikale haver. De fik hurtigt bygget en faglig ramme op omkring deres vertikale have og fik fx undersøgt, hvilke bølgelængder af lys der var optimale til vækst inden i et højhus (deres model af en vertikal have). De fik også undersøgt, hvilken type jordbund der bedst tilbageholder næringsstoffer i den tilførte gødning.

Det gav dem dermed en mulighed for til eksamen at vise naturfaglighed ved at forklare, at gødning er salte, som i de fleste tilfælde er opbyggede af en metal-ion og en syrerest-ion og forklare, hvad er en ion for noget.

Eleverne brugte altså den arbejdsform, de kendte fra deres engineeringprojekt til at re-designe en løsning på "farming" i byerne som deres primære udgangspunkt for eksamen.

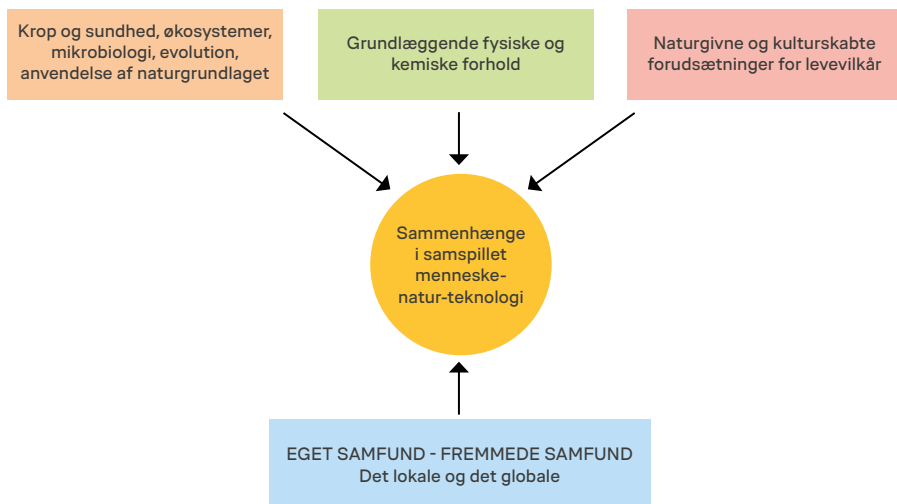
Hvordan afgøres det, hvad der er relevant?

Vi startede med at præcisere, at det kun er viden og færdigheder som bidrager til udvikling af løsningen, som er relevant i engineeringforløb. Til dette kan man indvende, hvad så hvis eleverne udvikler en løsning helt uden naturfaglig viden, hvordan kan man så legitimere at bruge tid på engineering i naturfagsundervisningen?

Til dette er der to svar:

- Naturfagene er p.t. målbeskrevet ud fra de fire naturfaglige kompetencer og disse favner meget bredt fra naturfaglige undersøgelser over modellering og perspektivering til naturfaglig kommunikation. Dette giver meget vide muligheder for, at et engineeringforløb kvalificerer dele af disse kompetencer. Mange forskellige færdigheder og megen viden er således relevant i forhold til naturfag.
- Undervisning i naturfag skal afspejle fagenes målsætninger, som de er angivet i færdigheds- og vidensområder. Derfor er det helt legitimt og måske også nødvendigt at præcisere krav til løsningen, som det også fremgår af eksemplet med sikring af huse mod oversvømmelse, hvor digital teknologi skal indgå. Denne udpegnings af hvad der er relevant faglig viden og faglige færdigheder i det aktuelle forløb er ikke kun en begrænsning, men også en støtte i elevernes arbejde med at løse udfordringen.

ENGINEERING OG FÆLLESFAGLIG NATURFAGSUNDERVISNING



Figur 1: Naturfagenes bidrag til samspillet mellem menneske, natur og teknologi (Nielsen & Nørgaard, 2018, s. 13).

De tre naturfag i grundskolen bidrager med noget forskelligt til såvel engineering som fællesfaglig naturfagsundervisning (Se figur 1). Biologi tager udgangspunkt i de levende organismer, geografi arbejder med forudsætninger for levevilkår og fysik/kemi belyser grundlæggende naturfænomener (Nielsen og Nørgaard, 2018).

Ud fra disse forskellige fagligheder bidrager naturfagene til undersøgelse af problemstillinger og til udvikling af løsninger.

Eleverne skal bearbejde problemstillingens sammenhænge og faktorer til arbejds-spørgsmål, således at de kan arbejde konkret og praktisk med den (Nielsen og Nørgaard, 2018). I dette arbejde vil de skulle forholde sig til omverdenen og deres egen relation til den del af omverdenen, som problemstillingen omhandler. En hjælp i dette arbejde kan være at skelne mellem erkendelsesproblemer, etiske og politiske problemer og så praktiske problemer (Nielsen og Nørgaard, 2018). Hvor erkendel-

sesproblemer handler om elevernes viden og færdigheder (fx undersøgelser) indenfor problemstillingen; så fokuserer etiske og politiske problemer på dilemmaer, interessemodsetsninger og hensigtsmæssige ændringsmuligheder; slutteligt så handler praktiske problemer blandt andet om forarbejdning af materialer og om dataindsamling i forbindelse med afprøvning af prototyper eller løsninger. En sådan skelnen kan hjælpe eleverne med at håndtere de mange fagligheder, der er inkluderet i den komplekse problemløsningsproces i et engineeringforløb. Dette kan skærpe elevernes opmærksomhed i forløbet på relationer mellem forskellige lærings- og anvendelsessituationer, således at eleverne oplever værdien af deres viden og færdigheder i forskellige kontekster såvel indenfor som udenfor skolen.

Afslutning

Engineering i 7.-9. klasse baserer sig på en fagoverskridende integration af de tre naturfag i overbygningen, en integration som også kan omfatte andre fag. Det styrende i et engineeringforløb er formuleringen af udfordringen, herunder om særlige elementer af naturfaglighed skal indgå i arbejdet med udfordringen. Gennemførelsen af forløbet kvalificeres af lærerens arbejde med at støtte elevernes udformning af arbejdsspørgsmål og herefter støtte til deres arbejde med at udforme en løsning på udfordring dvs. konstruere, programmere, etc.

Til inspiration for eget videre arbejde med engineering vil vi afslutningsvis anføre en række mulige emner for engineering:

Et jordskælvsikret hus: Her konstrueres en bygning af f.eks. træpinde ved hjælp af limpistoler. Der stilles et krav om bygningens højde, og så ryster man underlag under den færdige bygning og ser, hvilken bygning der er den meste stabile (dvs. ikke falder sammen). Per udbyggede engineeringopgaven ved brug af microbit, som blev programmeret til at registrere rystelser. Opgaven er tættest forbundet til geografifagets tema om "vulkaner og jordskælv", men byder på en masse kompetenceudvikling heriblandt modelleringskompetence.

Astronautmad: I denne engineeringaktivitet designes en næringsrig mad på ca. 10.000 kJ, der har den anbefalede fordeling af kulhydrat, fedt og protein. Maden skal vurderes på konsistens, holdbarhed og smag. Opgaven har sit faglige afsæt i temaet "mad og sundhed" fra biologi, "kostkemien" fra fysik/kemi og "den globale fødevarerfordeling" fra geografi.

En måler til registrering af havniveautigninger: Dette er udelukkende en engineeringopgave, der indbefatter microbit og programmering. Der kobles ledninger på microbitten i forskellige længder, og anordningen føres over til noget vand, som på et tidspunkt vil stige. Efterhånden

ENGINEERING OG FÆLLESFAGLIG NATURFAGSUNDERVISNING

som ledninger bliver våde, sendes der en lille strøm rundt i et kredsløb, og så kan der registreres hvilken ledningshøjde der er blevet våd og oplysningerne kan sendes til en anden microbit. Opgaven har sit faglige afsæt i det tværfaglige klimaområde.

En rumbase til kolonisering af fremmede

planeter: Rumbasen som engineering-projekt går ud på at bygge en prototype/model af en rumstation på en fremmed planet ud af diverse materialer; pap, træpinde, flasker m.m. Her skal elever ud fra deres naturfaglige viden argumen-

tere for og forklare, hvordan bosætterne på basen producerer mad, ilt og vand. Så nogle af kernebegreberne vil være fotosyntese, vands tilstandsformer og spaltning af vand, hvis man antager at basen er placeret i nærheden af Mars' ispoler.

Referencer

- Daugbjerg, P. S., & Negendahl, K. (2015). Kompetencebaserede mål i naturfagsundervisning. In *Folkeskolen - efter reformen* (pp. 189–208). Kbh.: Hans Reitzel.
- Hamza, K., Sillasen, M. K., & Daugbjerg, P. (2016). Læringsprogression kan bruges til at styrke datakulturen i skolen! *Liv i Skolen*, 18(1), 52–61. Retrieved from <http://www.via.dk/om-via/presse/magasiner-tidsskrifter/liv-i-skolen>
- Sillasen, M.K., & Linderoth, U. H. (2017). Tværfaglig undervisning i folkeskolens naturfag. *MONA*, 2017(3), 19–38.
- Nielsen f. 1947-09-06, B., & Nørgaard f. 1950-10-06, K. (2018). *Det fælles i naturfagene : fra indskoling til prøve i 9. klasse*. Frederiksberg: Samfundslitteratur.
- Overgaard Nielsen, M., & Terp, E. (2009). *Anvendt hf: inspiration til anvendelsesorientering* (Version: 1). Undervisningsministeriet. Retrieved from http://www.uvm.dk/service/Publikationer/Publikationer/Gymnasiale_uddannelser/2009/Anvendt_hf.aspx
- Wahlgren, B., & Kompetenceudvikling, N. C. for. (2009). *Transfer mellem uddannelse og arbejde*. København: NCK. Retrieved from http://uvm.dk/~media/UVM/Filer/Udd/Voksne/PDF10/100324_Transfer_mellem_uddannelse_og_arbejde_Bjarne_Wahlgren_NCK_august_2009.pdf