

Hvad ved vi om indsatser inden for engineering i den danske grundskole gennem de sidste 10 år?



Jan Sølberg, Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet



Nina Waaddegaard, Københavns Professionshøjskole

Abstract: Denne artikel præsenterer de væsentligste resultater af en omfattende kortlægning af engineering (og lignende) indsatser i den danske grundskole gennem de sidste ti år. I artiklen anlægges et bredt perspektiv på hvordan engineering kan forstås i en dansk sammenhæng. I alt 582 indsatser indgik i undersøgelsen, og 32 af disse blev analyseret grundigt for gennemgående tematikker. Artiklen fokuserer på udvalgte resultater fra kortlægningen som er opdelt i afsnit der beskriver hvordan engineering berører henholdsvis elever og lærere. Artiklen indeholder desuden konkrete anbefalinger til naturfagslærere og projektmagere der beskæftiger sig med engineering.

Indledning

I denne artikel præsenteres de centrale pointer fra en kortlægning af engineering-indsatser (og relaterede indsatser) i folkeskolen de seneste 10 år. Kortlægningen af engineering-indsatserne blev lavet i forbindelse med projekt Engineering i Skolen (herefter EiS – se tekstboks). Formålet med kortlægningen var at bidrage til et informeret grundlag for at gennemføre et 10-årigt program om engineering i Danmarks grundskole. I denne artikel uddrages pointer fra kortlægningen som kan være med til at informere lærere, projektmagere og andre som ønsker at beskæftige sig med engineering i grundskolen.

Engineering i skolen

“Engineering i skolen” er et langsigtet og målrettet program med en 10 årig horisont, der har til formål at:

“bringe engineering ind i naturfagsundervisningen i grundskolen og bidrage til, at flere børn og unge opnår teknologisk og naturvidenskabelig indsigt som en del af deres almindelse og ad den vej få større interesse for naturvidenskab og teknologi” (Engineer the Future, 2018).

Det er et samarbejde mellem Engineer the Future, Naturvidenskabernes Hus, VIA University College og ASTRA, og de første 3,5 år af programmet er finansieret af A.P. Møller Fonden, Industriens Fond, Villum Fonden og Lundbeck Fonden. Som en del af det indledende arbejde for EiS har Naturfagernes Evaluerings- og Udviklingscenter (NEUC) kortlagt indsatser inden for “engineering” i folkeskolen gennem de seneste 10 år.

Engineering og integreret STEM

I projekt EiS valgte man i udgangspunktet at bruge en forståelse af engineering fra det veletablerede amerikanske program *Engineering is Elementary* under Museum of Science i Boston (Engineering is Elementary, 2018, se Sillasen et al., 2017). Programmet engagerer børn og unge fra daginstitutioner til 8. klasse i at arbejde udforskende med STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics). Fællesbetegnelsen for mange af deres aktiviteter er engineering som meget forsimplet kan beskrives som processen hen mod at finde løsninger på praktiske problemer (Cunningham & Carlsen, 2014, s. 748). Denne forståelse af engineering er blevet tilpasset til danske forhold og videreudviklet frem mod den nuværende EiS engineering-didaktik der definerer engineering som “systematisk og vidensbaseret problemløsning” (Auener et al., 2018, s. 8). Den problemløsningsorienterede forståelse afspejler dog kun én måde at opfatte engineering på (Kolmos & Grundwald, 2017). Der findes mange andre måder at definere begrebet i praksis (Dym et al., 2005), og spørgsmålet om hvordan man bedst indfører engineering i skolen, er fortsat til diskussion (Moore & Smith, 2014, s. 2).

Den nu etablerede forståelse af engineering som anvendes i EiS, kunne vi ikke bruge i vores arbejde med kortlægningen af engineering-indsatser i Danmark. Først og fremmest var EiS-didaktikken ikke færdigudviklet da kortlægning skulle gennemføres. For det andet viste det sig at der var meget få eksempler på indsatser i Danmark som eksplicit erklærede at de søgte at fremme engineering. Dette skyldes at der hidtil ikke har været nogen nævneværdig tradition for at arbejde eksplicit med engineering

i grundskolen i Danmark, hverken som selvstændigt fag eller som en integreret del af naturfagene. Der findes heller ikke nogen referencer til engineering i Fælles Mål eller andre formelle dokumenter om naturfagsundervisningen i Danmark. Alligevel er engineering på kort tid blevet en markant del af den danske naturfagsdagsorden som en del af den internationale bevægelse for at fremme STEM. Derfor valgte vi i kortlægningen at anskue engineering ud fra en mere overordnet STEM-ramme hvilken vi vil beskrive nærmere.

STEM anses som helt centralt inden for mange forskellige områder i samfundet, hvorfor mange beslutningstagere anerkender vigtigheden af at give elever en stærk STEM-uddannelse. Eksempelvis fremhæves økonomisk vækst og national sikkerhed som noget der er tæt koblet med at vi sikrer tilførslen af veluddannede STEM-professionelle til jobmarkedet (Moore & Smith, 2014). Meget tyder på at mange nuværende og fremtidige jobs vil kræve STEM-kompetencer. Det gælder også job som ikke umiddelbart er STEM-relaterede (English et al., 2017). Dertil kommer dannelsesaspektet som bør anses for at være mindst lige så vigtigt som rekrutteringen til fremtidige jobs. Her kan STEM potentielt være med til at sætte naturfagene i spil i forhold til verden omkring eleverne og udvikle deres evne til at tænke og handle ud fra vores voksende viden om verden.

Der findes dog mange forskellige definitioner af hvad STEM-undervisning er. Disse definitioner spænder fra at referere til undervisning i de fire elementer i STEM uafhængigt af hinanden til at anse STEM som en integreret tilgang til bl.a. naturfagsundervisningen. Vores fokus er på integreret STEM-undervisning som lægger op til tværfaglighed og giver eleverne mulighed for at anvende viden fra alle STEM-områderne til at løse relevante og autentiske problemstillinger (Moore & Smith, 2014). Dette indebærer at eleverne udvikler det som populært kaldes for "21. årh. kompetencer" hvilket består af både kognitive, interpersonelle og personelle kompetencer såsom kritisk tænkning, innovation, kommunikation, samarbejde og ansvarlighed (National Research Council, 2014, s. 35). For at fremme disse kompetencer bliver det centralt at erstatte lærer-centrerede undervisningsformer med undersøgelses- og designbaserede tilgange hvor elevernes selvstændige arbejde sættes i centrum (ibid.).

STEM i Danmark

I Danmark har eksperter inden for det naturfagsdidaktiske felt de sidste 15 år anbefalet at den faglige progression i naturfagene skal sikres via større synergi mellem fagene, tydelige målbeskrivelser og flerfagligt samarbejde (Andersen et al., 2003; Andersen et al., 2006; Arbejdsgruppen, 2008; Norrild et al., 2010; Bohm et al., 2017). Disse rapporter kan siges at have bidraget til en dansk STEM-dagsorden. I 2018 manifesterede den danske STEM-dagsorden sig bl.a. ved at vi fik Teknologipagten hvis formål er at få flere til at interessere sig for STEM med henblik på at flere uddanner sig inden for

og anvender STEM i deres arbejde (Teknologipagten, 2018). Men allerede med indførelsen af Forenklede Fælles Mål i 2014 kom visionen om en mere sammenhængende naturfagsundervisning et væsentligt skridt nærmere da naturfagene fra 1. til 9. klasse overordnet set skulle bidrage til elevernes udvikling på fire fælles kompetenceområder: undersøgelse, modellering, perspektivering og kommunikation. Samtidig blev det indført at eleverne i overbygningen skulle igennem mindst seks fællesfaglige forløb, og i 2016 indførte regeringen en fælles faglig naturfagsprøve. Ud over den specifikke udvikling på naturfagsområdet blev der med Forenklede Fælles Mål i 2014 sat fokus på at eleverne ikke bare har brug for naturfaglig viden, færdigheder og kompetencer. De har også brug for at udvikle såkaldte generiske kompetencer der kan siges at være relevante på tværs af faglige kontekster. Dette kunne ses ved indførelsen af tværfaglige tematikker om bl.a. Innovation og entreprenørskab og It og medier som overlapper med udviklingen af 21. årh. kompetencer. Desuden blev teknologiforståelse fra sommeren 2018 oprettet som forsøgs-valgfag i folkeskolen med det formål at eleverne udvikler kompetencer til at “de konstruktivt og kritisk kan deltage i udvikling af digitale artefakter og forstå deres betydning” (Undervisningsministeriet, 2018, s. 3). Således er der tegn på en underliggende integreret STEM-dagsorden i Danmark selvom det ikke nødvendigvis er et entydigt eller eksplicit mål¹.

På baggrund af ovenstående valgte vi at kontekstualisere begrebet engineering ud fra en integreret STEM-forståelse. Dermed forstår vi ikke engineering som et selvstændigt element i grundskolen, men som en del af en bredere STEM-dagsorden som man rimeligvis kan sige ikke er en ny og afkoblet dagsorden i den danske naturfagsundervisning. Derfor ønskede vi at sikre at kortlægningen inkluderede indsatser som lænede sig op ad en integreret STEM-tilgang og derved potentielt kunne bidrage med vigtige erfaringer omkring engineering.

For at operationalisere dette til kortlægningen anvendte vi som udgangspunkt to tidligere ministerielle kortlægninger hvor tilegnelse af STEM-kompetencer blev beskrevet som noget der kan opnås gennem undervisning “med fokus på en anvendelsesorienteret og/eller undersøgende tilgang til naturvidenskabelig undervisning, tværfaglig naturfagsundervisning samt it og teknologis inddragelse som fagområde (selvstændigt eller integreret i øvrige fag)” (Sølberg, 2017, s. 5). Dertil blev praktisk arbejde, anvendelse af STEM-viden på virkelighedsnære problemstillinger, fagintegration, inddragelse af uformelle læringsmiljøer, engineering og design samt innovationsfremmende undervisning også fremhævet som relevant for STEM-undervisning

1 Det sidste element i STEM, M'et, har allerede en central plads i grundskolen og spiller en uafklaret rolle i relation til STEM på dette tidspunkt. Vi har derfor valgt kun at fokusere på matematik i kortlægningen i den udstrækning at det optræder som en integreret del af en bredere naturfaglig eller engineering kontekst (jf. Cunningham & Carlsen, 2014, s. 750).

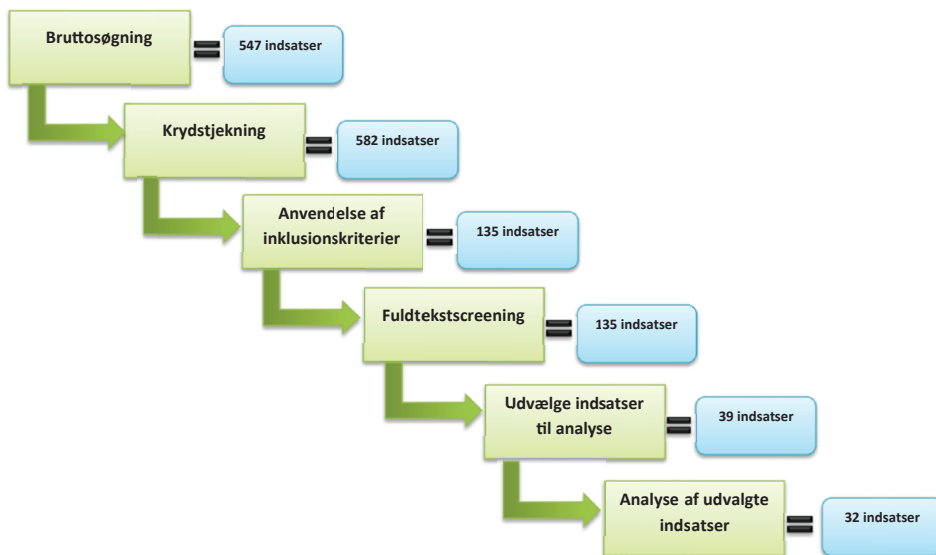
(Nielsen, 2017, s. 6-7). Vores arbejdsbeskrivelse af engineering endte således med at være en bred betegnelse, defineret på følgende måde:

“indsatser, der inddrager problembaseret-, designbaseret og anvendelsesbaseret undervisning, undersøgende tilgange, tværfaglig naturfagsundervisning, it og teknologisk inddragelse som fagområde (selvstændigt eller integreret i øvrige fag), innovation, og inddragelse af eksterne læringsmiljøer i grundskolen” (Waaddegaard & Sølberg, 2017, s. 1).

Denne brede arbejdsdefinition af “engineering” gjorde det muligt for os at udvide vores første søgningsfelt i kortlægningen. I det følgende bruger vi anførselstegn når vi refererer til denne arbejdsdefinition. Vi bruger engineering uden anførselstegn når vi omtaler indsatser som eksplicit handler om engineering. Betegnelsen “engineering” er således ikke forment af en skarp teoretisk funderet forståelse, men som en funktionel fællesbetegnelse for integrerede STEM-indsatser der i praksis overlapper med mere eksplicite forståelser af engineering.

Fremgangsmåde

Detaljerne i fremgangsmåden er redegjort for i en separat rapport (Waaddegaard & Sølberg, 2017). Her følger en kort gennemgang af proceduren beskrevet i rapporten som er opsummeret i figur 1.



Figur 1. Oversigt over fremgangsmåden (Waaddegaard & Sølberg, 2017). Med indsatser mente vi projekter, events/konkurrencer og undervisningsforløb der varede minimum 1 år, og som var påbegyndt i perioden 2006-2017.

I første søgning fandt vi frem til 582 indsatser. For at afgrænse de fundne indsatser til en mere håndterbar mængde skærpede vi inklusionskriterierne ved at begrænse indsatserne til dem som havde en varighed på mindst 3 år, for at øge sandsynligheden for at finde indsatser der havde haft tid til at generere tydelige effekter. Samtidig fokuserede vi kun på indsatser hvor der var tilgængelige evalueringer eller forskning der dokumenterede resultaterne af indsatsen. Ud fra disse skærpede kriterier blev listen reduceret til 135 indsatser.

Næste skridt i kortlægningsprocessen bestod af en tekstanalyse af alle dokumenterne vi havde fundet relateret til de 135 indsatser. Hver indsats blev dernæst analyseret ud fra om de havde følgende fire udvalgte karakteristika som var blevet identificeret i samråd med EiS-parterne som særligt relevante:

- Indsatsen havde et fokus på proces (fx problemløsning, iterationer, idegenerering).
- Indsatsen lagde op til at eleverne arbejdede hen imod et konkret produkt (fx praktiske løsninger, prototyper).
- Indsatsen fremmede generiske kompetencer (fx samarbejde, kreativitet).
- Indsatsen byggede på et STEM-vidensgrundlag.

Af de 135 indsatser levede 32 op til alle fire karakteristika og blev udtaget til den endelige analyse hvor de blev genbeskrevet ud fra en fast skabelon². Samlet set udgjorde disse genbeskrivelser 162 sider som efterfølgende blev udsat for en tematisk analyse. Analysen førte frem til ti tematikker som kunne genfindes i mindst to af de 32 indsatser:

1. Ændring af lærerens rolle
2. Fagligheden udfordres
3. Elevkompetencer i mange former
4. Elevmotivation og læringsstrategier
5. Nødvendigt med stilladsering
6. Lærerne og teknologi
7. Årligt tilbagevendende begivenheder giver en solid ramme for udvikling
8. Konkrete evalueringsstrategier
9. Eksterne aktører
10. Forankring

2 Det skal retfærdigvis siges at vi i denne del af processen fandt indsatser som ikke levede op til vores tidligere krav om 3 års varighed, men som vi valgte at medtage alligevel da de blev vurderet til at rumme særligt relevant viden ift. kortlægningsens formål.

Følgende tekst er en sammenhængende beskrivelse af de væsentligste resultater som kan være til gavn for lærere og projektmagere der ønsker at arbejde med engineering eller lignende indsatser. Teksten her bygger primært på de første 6 tematikker, og vi henviser læserne til rapporten (Sølberg & Waaddegaard, 2018) for nærmere detaljer.

Vigtige pointer fra kortlægningen

Vi inddeler de væsentligste pointer fra kortlægningen i to sektioner i det følgende: *elevperspektiver* hvor vi gennemgår hvad kortlægningen siger om elevernes læring, affektive udbytte samt muligheder og behov for undervisningsdifferentiering, og *lærerperspektiver* der sammenfatter hvordan lærernes rolle udfordres, hvad der sker med faglighedsforståelsen, og overordnede betragtninger om organiseringen af “engineering” i undervisningen. Til sidst sammenfatter vi fundene i en række konkrete anbefalinger. Teksten er i vid udstrækning taget fra rapporten over kortlægningen (Sølberg & Waaddegaard, 2018), men omstruktureret og målrettet MONAs læsere.

Vi henviser undervejs til forskellige indsatser (angivet med *kursiv*) som analysere-sultaterne er baseret på. Hvis læseren er interesseret i at læse mere dybdegående om den enkelte indsats, har vi oprettet hjemmesiden www.neuc.dk/eis. Hjemmesiden giver adgang til genbeskrivelserne af alle 32 indsatser som resultaterne fra analysen er baseret på. Dette gør vi for at give læseren mulighed for hurtigt at kunne finde relevant inspiration i de eksisterende indsatser.

Elevperspektiver

Eleverne kan opnå mange forskellige udbytter

En af de mest slående og væsentlige opdagelser i kortlægningen var at indsatser som faldt ind under “engineering” i denne sammenhæng, var mange og forskelligartede. Det var derfor ikke overraskende at elevernes potentielle læringsudbytte beskrevet i indsatserne pegede i mange retninger såsom:

“selvstændighed, ansvar, evaluering af eget arbejde, arbejdsproces og resultat, kritisk tænkning, kommunikation, samarbejde, problemløsning, teknologisk mestring, opsøge viden, tænke innovativt, arbejde tværfagligt, iværksætte, kreativitet, initiativ, risikovillighed, faglig viden, eksperimenterende, legende, processuel viden, social viden, holistisk tilgang til naturvidenskab, scientific literacy, modellere, produktudvikle, anvendelsesorientering, design, iværksætter, digital dannelse, kommunikative kompetencer, planlægge, eksperimenter, naturvidenskabelige arbejdsmetoder, robusthed, selvtillid, forklaring, refleksion, teknologiforståelse, kendskab til uddannelser, robotteknologi, programmering, etik, modellering, teknologisk mestring, digital fabrikation, design dannelse, handlings-

parathed, argumentation og 21. århundredes kompetencer” (Sølberg & Waadegaard, 2018, s.13).

Denne liste, som ikke var udtømmende, viste tydeligt at “engineering” potentielt kunne føre til mange forskellige udbytter. Bemærk at det ikke var alle disse udbytter som man kunne genfinde i undersøgelser af elevernes læring, men listen viser nogle af de italesatte dagsordener i de udvalgte indsatser. Både lærere og elever var ofte i tvivl om hvad der var de væsentligste mål for de forskellige indsatser. Fx sagde 39 % af eleverne i projektet *Billund Builds* at projektet havde “noget at gøre med musik”, på trods af at indsatsens udtrykte formål var at udvikle elevernes kompetencer inden for engineering.

Nogle af målene på ovenstående liste er genkendelige faglige mål inden for naturfagene, mens andre kan siges at være mere generiske. Med generisk menes mål der er relevante på tværs af forskellige fag. Dette gælder fx selvstændighed, samarbejdsevne, at kunne tage initiativ, risikovillighed. Disse generiske mål var sjældent eksplicite mål for den enkelte indsats, men viste sig ofte at være væsentlige forudsætninger for gennemførelsen af de mere åbne og elevstyrede undervisningsforløb som indsatserne ofte lagde op til. De generiske mål var således ofte implicite, mens der gerne var en eksplicit målsætning om at fremme elevernes naturfaglige kompetence. Lærerne havde ofte svært ved at forene de faglige kompetencer med de mere generiske mål – især i starten af indsatserne. Fx var lærere i *ISI2015* bekymrede for at arbejdet med innovation i naturfagene gik ud over elevernes begrebslige forståelse, indtil de fandt måder at engagere eleverne i naturfagene *gennem* arbejdet med innovation.

Evaluerings af elevernes udbytte var en gennemgående udfordring, men i nogle indsatser blev der anvendt innovative evalueringsmetoder til at indfange elevernes udbytte. Fx involverede man lærerne i at udvikle rubrics som passede ind i dansk kontekst og i overensstemmelse med Fælles Mål i en bestemt indsats (se *Teachers Try Science*). I et andet tilfælde inviterede man eleverne med til at designe et redskab til at måle elevernes egen læringsproces (se *Elevernes egenproduktion*). Hermed fik eleverne medbestemmelse i forhold til hvad målet for aktiviteterne skulle være. Fælles for disse (og andre) redskaber var at de var med til at give lærerne begreber til at fokusere indsatsen. Flere lærere oplevede dog at elevernes læringsudbytte ofte var mere omfattende end det som redskaberne kunne evaluere.

Eleverne kan opnå et affektivt udbytte

Mange af de udvalgte indsatser havde eksplicit til formål at øge elevernes motivation, engagement, interesse, trivsel og lignende affektive udbytter. Desværre var de færreste indsatser præcise i hvad de mente med disse begreber. Vi differentierede derfor heller ikke mellem disse affektive udbytter i analysen vel vidende at dette var en væsentlig

simplificering af begreberne. Pointen for os var at skitsere hvad kortlægningen overordnet kunne sige om elevernes affektive udbytte af “engineering”.

Samlet set pegede kortlægningen på at “engineering” havde en positiv affektiv effekt på eleverne (se fx EU-projekterne *Engineer og Fibonacci*). Det affektive udbytte var gerne koblet til i hvilket omfang eleverne oplevede medindflydelse, ejerskab og/eller autentiske problemstillinger. Autenticiteten kunne komme fra elevernes følelse af personlig relevans eller fra at problemstillingen som eleverne arbejdede med, havde betydning for andre mennesker eller virksomheder.

Et andet gennemgående træk var at eleverne fandt elementer som leg, spil og konkurrence motiverende. Desuden virkede ældre rollemodeller (op til universitetsstuderende) og muligheden for at få indsigt i spændende jobmuligheder positivt på eleverne (se fx *Læring i virkeligheden*).

Omvendt virkede for mange interventioner fra lærerne negativt på elevernes affektive udbytte – især når lærerne var fejlrettende eller for instruerende. En anden faktor som virkede negativt på eleverne, var når koblingen mellem de faglige begreber og det praktiske arbejde blev for abstrakt (se *Billund Builds*), eller hvis indsatsen kom til at handle om særlige emner der mest appellerede til en mindre gruppe af elever såsom nogle indsatser omkring robotter eller programmering (se fx *Robotter*).

Den gennemgående tendens var dog at eleverne (som nævnt ovenfor) havde meget forskellige tilgange og forudsætninger hvilket også påvirkede deres affektive udbytte. I den udstrækning at lærerne var i stand til at imødekomme elevernes forskelligheder, var det medvirkende til at motivere eleverne (se fx *Coding Class*). Men samtidig var det vigtigt at rammerne for undervisningen var tilstrækkelig klare til at eleverne ikke blev forvirret over hvad de skulle gøre (se fx *AR-Sci og FabLab@School.dk*).

Kortlægningen viste at mange af de udvalgte indsatser havde et klart ønske om at øge antallet af elever som søgte mod tekniske og/eller naturvidenskabelige uddannelser (se fx *Engineer the Future, Engineer og Jet-net*). Flere af indsatserne brugte elementer som virksomhedssamarbejde til at demonstrere over for eleverne hvordan naturvidenskab anvendes i virkeligheden, og hvilke jobmuligheder der fandtes inden for de tekniske og naturvidenskabelige uddannelser. Men selvom mange af indsatserne havde rekruttering som eksplicit formål, så var der ikke nogen af de udvalgte indsatser som reelt undersøgte om indsatsen havde en effekt på elevernes studie- eller jobvalg.

Forskellige grupper reagerer forskelligt

Der var mange eksempler på at forskellige elever reagerede forskelligt på “engineering”-forløb. Fx var køn en faktor i *First Lego League*, og talent spillede en rolle i *Unge Forskere*. Men det var vanskeligt at konkludere entydigt ud fra kortlægningen om hvorvidt bestemte grupper af elever havde mere eller mindre gavn af “engineering”-indsatserne.

I nogle indsatser var det især de mest motiverede og/eller fagligt dygtige elever som fik størst udbytte af indsatserne. Imidlertid var der også en tendens til at disse elever var de mest konservative i deres løsningsforslag. Dermed var de dygtige elever også tilbøjelige til at fravælge mere eksperimenterende strategier og orienterede sig mere mod opgaveløsning end reel problemløsning (se *Learning Tech Lab*). En anden tendens var at de fleste elever var tilbøjelige til at holde sig til delopgaver som de var trygge ved. Det betød at eleverne ikke nødvendigvis blev bedre til at indgå i de forskellige dele af den samlede proces eller blev udfordret nok. Nogle indsatser indikerede at "engineering" gav anledning til at elever som typisk ikke var så aktive i undervisningen, følte sig inkluderet i undervisningen (se fx *ISI2015*). I andre tilfælde blev det rapporteret at den åbne arbejdsform generelt var en udfordring for eleverne. Overordnet set var der ikke mange entydige resultater omkring forskellige elevers respons på "engineering" ud over at de forskellige indsatser fremhævede elevernes forskellige tilgange og forudsætninger.

Lærerperspektiver

Lærerens rolle ændrer sig

Kortlægningen viste at "engineering"-indsatser ofte blev organiseret i projekt- og problembaserede forløb. Denne måde at organisere undervisningen på var en udfordring for nogle af lærerne. En del af udfordringen var at lærerne ofte måtte træde ind i en rolle som vejledere og facilitatorer i undervisningssituationen for at give eleverne mere frihed til at arbejde selvstændigt med problemstillingerne. Dette stillede nye krav til undervisningens struktur, indhold og organisering. Det var ikke alle lærere der var komfortable i vejlederrollen idet det krævede at de turde afgive en del af kontrollen med undervisningen. Oplevelsen af at afgive en del af kontrollen var for nogle lærere uvant og angstprovokerende. Kortlægningen pegede dog på at det blev lettere for lærerne med tiden efterhånden som de opnåede større grad af fortrolighed med vejlederrollen. Det kom bl.a. til udtryk i indsatsen *Learning tech lab* hvor lærernes opfattelse af hvad elever kan håndtere i en designproces, ændrede sig markant i løbet af de første år. I starten havde lærerne planlagt meget lærerstyrede aktiviteter, men efterhånden som de blev mere erfarne, fik aktiviteterne mere karakter af åbne eksperimenter. I takt med dette blev lærerne mere åbne over for at inddrage eleverne i at definere processerne, teknologierne og designmålene i partnerskab med lærerne.

Generelt kom den større fortrolighed med vejlederrollen til udtryk ved at lærerne blev bedre til at facilitere forløbene for eleverne. I en indsats blev vejlederrollen bl.a. beskrevet som: "Den nysgerrige og vejledende voksne som går 'ved siden' af eleven." I andre indsatser blev den vejledende eller faciliterende rolle opsummerende beskrevet som at læreren skulle:

“...turde at give slip, være åben for at eksperimentere, mestre en mere udforskende dialog, kunne forholde sig undrende og undersøgende til barnets aktiviteter og acceptere afgivelse af kontrol og autoritet over klasserummet, at aflære sig ‘micro-management’ strategier og i stedet for at påtage sig en mere guidende rolle i deres tilgang” (Sølberg & Waadegaard, 2018, s. 8).

Der var en tendens blandt indsatserne til at tilbagevendende begivenheder og gentagne forløb henover et par år kunne føre til en mere integreret praksis hvor lærerne løbende arbejdede med “engineering” (se fx *Learning Tech Lab*). Der var dog samtidig en risiko for at årligt tilbagevendende begivenheder blev isoleret til en begrænset periode i løbet af året og dermed ikke satte sig nævneværdige spor i den daglige praksis.

Det fremgik af kortlægningen at erfaringsopbygning over tid var vigtig da det gav lærerne mulighed for at erkende hvordan de bedst kunne fremme elevernes læring gennem “engineering”. Et eksempel var *Elevers egenproduktion* hvor lærerne til at starte med var meget fokuseret på at forholde sig til elevernes slutprodukter. Med tiden oplevede de at formativ feedback i relation til både elevernes proces og produkt blev mere og mere vigtigt for elevernes læringsudbytte. Erfaring over tid var således med til at rykke ved lærernes forståelse af hvad der var vigtigt i “engineering”-undervisning, og denne erfaring var samtidig med til at påvirke deres selvforståelse af hvad det vil sige at være en god lærer. Resultaterne var ikke entydige, men der var eksempler på at det kunne tage mere end to-tre år at opnå den fornødne erfaring som var med til at forankre “engineering” i praksis på skolerne (se fx *ISI2015*).

Lærernes forståelse af faglighed

Udover at “engineering”-indsatserne kunne udfordre lærernes rolle, så udfordrede indsatserne også lærernes forståelse af faglighed i nogle tilfælde. Lærerne havde ofte svært ved at gennemskue hvad det faglige formål med “engineering” var, og det krævede gerne en del gennemprøvnings før de oplevede at “engineering” kunne bidrage til elevernes naturfaglige læring. Dette skyldtes tilsyneladende at lærerne var vant til at arbejde produktorienteret med fokus på opgaveløsning hvilket stod i kontrast til “engineering”-forløbene som typisk var mere procesorienteret og problembaseret. Således var nogle lærere i starten bekymrede for om den faglige kvalitet i elevernes produkter var god nok. Lærerne oplevede det som en udfordring at skabe sammenhæng mellem klassiske faglige mål og elevernes udvikling af mere generiske kompetencer. I indsatsen *It i den innovative skole* kom dette til udtryk ved at der i evalueringen stod at undervisningen rummede en række barrierer der gjorde det svært at bevare både det faglige fokus og fokus på stilladsering af elevernes proces. Samtidig var der en tendens til at lærernes opfattelse af faglighed udviklede sig over tid til også at inkludere generiske kompetencer. Det gjaldt fx i *Naturfagsmaraton* hvor

det at eleverne skulle lære af deres fejltagelser (en generisk egenskab), blev opfattet som en del af den naturfaglige arbejds- og læreproces.

Engineering kræver stilladsering

Det fremgik af flere indsatser at det var nødvendigt med en høj grad af stilladsering i "engineering"-undervisning. Stilladsering blev beskrevet som en pædagogisk nødvendighed hvis man ville fremme elevernes muligheder for at arbejde selvstændigt og samtidig undgå at elevernes udbytte blev for tilfældigt. Der var flere forskellige bud på hvordan man kunne stilladsere elevernes læreprocesser. I indsatsen *Fablab@school.dk* fandt man fx ud af at eleverne gennem "engineering"-forløb tilegnede sig et sprog der var brugbart til at stilladsere deres evne til at samarbejde i de forskellige fabrikations- og designprocesser. I *Learning Tech Lab* stilladserede man elevernes læring gennem en udforskende dialog mellem læreren og eleverne. Eleverne blev aktivt inddraget i at formulere tydelige læringsmål i "engineering"-forløbene hvilket medvirkede til at de opnåede målene gennem løbende formative evalueringer. Denne tilgang var i god tråd med indsatsen *AR-SCi* hvor lærernes åbne spørgsmål og løbende vejledning af eleverne var med til at stilladsere eleverne til at gå mere i dybden med deres undersøgelser og dermed bedre forstå de forskellige processer.

Selvom der generelt var bred tilslutning i indsatserne til at det var vigtigt at stilladsere elevernes læreprocesser i "engineering"-forløbene, pegede man i evalueringen af *Inklusion og undervisningsdifferentiering* på at stilladseringen kunne medføre overdrevet fokus på proces og rammesætning på bekostning af undervisningens indhold.

Teknologi kan være en udfordring

En sidste komplikation ved "engineering"-undervisning var at mange af indsatserne indeholdt en eller anden grad af inddragelse af (moderne) teknologi. Dette var ofte med til at øge kompleksiteten for lærerne da der kunne være forskellige opfattelser af hvad teknologi var, hvordan det skulle bruges, og med hvilket formål i undervisningen (se fx *Learning Tech lab* og *Robotter i Folkeskolen*).

I nogle indsatser var det uklart for lærerne om inddragelse af teknologi handlede om at bruge teknologisk værktøj til at understøtte undervisningen og læringen, eller om det handlede om at eleverne skulle skabe deres egen innovative teknologi. Derudover havde mange lærere ikke altid de nødvendige kompetencer til at inddrage de nye former for teknologier i undervisningen. Det forholdt sig ofte sådan at eleverne havde større teknisk kunnen end lærerne når det kom til fx at håndtere digitale værktøjer. Lærere måtte ofte bruge (for dem) overraskende megen tid på at sætte sig ind i de forskellige teknologier som de skulle implementere i deres undervisning, hvilket tog tid fra den intenderede indsats og frustrerede lærerne.

Overordnede betragtninger

På baggrund af ovenstående vil vi kort uddrage råd til projektmagere og lærere som ønsker at arbejde med “engineering”.

Sørg for at fastslå hvad eleverne skal blive i stand til gennem “engineering”.

Elevernes udbytte af “engineering” var meget forskelligt. Men i mange af indsatserne var det vanskeligt for de involverede (både projektmagere og lærere) at målsætte elevernes læring på en operationel måde. Kortlægningen viste at elever potentielt kan få et stort læringsudbytte af at arbejde med “engineering” i skolen, men at det kan være en udfordring for både lærere og elever hvis ikke der er klare mål at navigere efter. Dette peger på et behov for at italesætte hvilke kompetencer der er særlig relevante at fokusere på i et “engineering”-forløb.

Benyt undervisningsdifferentiering og stilladsering. Undervisningen bør tilrettelægges så eleverne ikke kun bidrager til de dele af et forløb som de i forvejen er trykke ved. I flere indsatser erfarer man at eleverne var tilbøjelige til gang på gang at vælge at lave det som de var bedst til, hvorved de ikke blev udfordret i undervisningen. Samtidig var lærernes evne til at imødekomme elevernes forskellighed med til at motivere eleverne. Dette peger på at det er nødvendigt at finde en balance mellem at udfordre eleverne og samtidig imødekomme elevernes egne behov og ønsker. Således kan en grundig stilladsering af forløbet være nødvendig for at sikre at eleverne (og for den sags skyld også lærerne) ikke bliver for frustrerede undervejs.

Benyt evaluering systematisk. Lærerne oplevede i flere tilfælde at deres opfattelse af faglighed blev udfordret. Især elevernes generiske kompetencer kan være vanskelige at fastholde uden relevante evalueringsredskaber. Nogle af indsatserne benyttede evalueringsredskaber systematisk, men gennemgående var det især lærernes dialog med eleverne som blev fremhævet som kilde til evaluering. Brug af gennemgående evalueringsredskaber kan være med til at skabe klarhed om hvad eleverne skal kunne, og lærere kan med fordel inddrage eleverne i at definere målkriterierne som evalueringen skal handle om.

Giv tid til forankring af den nye undervisning. Mange lærere oplevede at det var vanskeligt at forholde sig til ændringer i lærerrollen i starten af “engineering”-indsatser. Desuden var mange lærere ofte bekymrede for om eleverne opnåede tilstrækkeligt fagligt udbytte. Kortlægningen viste at det kræver adskillige gentagelser før lærere og elever bliver fortrolige med “engineering”. De første forsøg var ofte behæftet med en del frustrationer for både lærere og elever, men erfaringerne pegede på at det bliver meningsfuldt for begge med tiden. Benyt evt. tilbagevendende begivenheder til at

fastholde fokus på “engineering” over længere tid, men sørg for at begivenhederne ikke bliver for isolerede fra den øvrige undervisning.

Skab sammenhæng mellem “engineering”-tiltag. Et af de væsentligste budskaber med kortlægningen har været at der allerede findes mange måder at arbejde med “engineering” på – også selvom det ikke altid eksplicit kaldes engineering. Et vigtigt skridt på vejen mod at eleverne udvikler kompetencer inden for “engineering”, er at skabe bedre sammenhæng mellem de mange forskellige måder at arbejde med “engineering” på. Klart formulerede kompetencemål og italesættelse af elevernes udbytte på tværs af forskellige forløb er vigtige for at både lærere og elever kan erkende denne sammenhæng.

Afrunding

Denne artikel har taget udgangspunkt i en forståelse af engineering som en integreret del af en større STEM-agenda. Kortlægningen er dermed ikke skarpt afgrænset til indsatser som handler om engineering i snæver forstand. Begrundelsen for dette har været pragmatisk da der ikke har været en lang tradition for at arbejde eksplicit med engineering i Danmark hvilket begrænsede vores muligheder for at opsamle erfaringerne omkring engineering alene. Engineering indgår heller ikke eksplicit i de formelle danske målbeskrivelser.

Den særlige styrke ved at arbejde med engineering synes at ligge i at engineering er en konkret måde at opnå både naturfaglige og mere generiske målsætninger. Flere undersøgelser peger på at engineering kan være med til at kontekstualisere naturfaglige og matematiske begreber og samtidig fremme kompetencer som problemløsning, kommunikation og samarbejde (English et al., 2017; Roehrig et al., 2012; Lachapelle & Cunningham, 2014). Desuden peger litteraturen på at en engineering- og teknologitilgang i undervisningen kan fremme elevernes interesse for STEM generelt og påvirke deres fremtidige uddannelsesvalg (McDonald, 2016; Cunningham & Carlsen, 2014). Engineering kan således ses som en “katalysator for integreret STEM-uddannelse” (Stohlmann et al., 2012, s. 33, vores oversættelse) hvilket også er den måde vi har forholdt os til engineering her.

For at undgå at engineering bliver et afkoblet element i naturfagsundervisningen, er det vigtigt at tænke engineering som en del af en integreret tilgang til STEM. Vores brede tilgang til engineering havde dermed også et mere didaktisk sigte idet vi ønskede at formidle hvordan målsætningerne i engineering overlapper væsentligt med mange andre dagsordner som naturfagslærere forventes at forholde sig til. Vores fund peger således på nogle bredere pointer som ikke kun vedrører engineering, men passer på

megen anden undervisning. Det har været et bevidst valg for at sætte fokus på at når eleverne arbejder med engineering, innovation eller undersøgelsesbaseret undervisning, så kan de potentielt opnå nogle af de samme mål. Hvis man kan koble forløbene ved at fokusere på hvad eleverne forventes at få ud af forløbene, vil der være en langt større chance for at både lærere og elever oplever forløbene som mere meningsfulde.

Selvom vi ikke kun kiggede efter engineering i smal forstand i kortlægningen, er det bemærkelsesværdigt at vi fandt 582 indsatser i bruttosøgningen. Dette svarer til mere end én ny indsats om ugen over 10 år i Danmark alene! Ikke alle indsatserne er lige relevante at bygge videre på, og kun ca. 25 % af disse havde en varighed på mindst 3 år og var dokumenteret på en måde som vi kunne bruge i denne sammenhæng. Men det efterlod os stadig med rigtig mange indsatser som man kan lære af. Derfor valgte vi at dele vores "mellemregninger" i form af beskrivelserne af de 32 indsatser som udgjorde grundlaget for analysen præsenteret her (se www.neuc.dk/eis). Det skulle gerne give læsere med særlig interesse i bestemte dele af undersøgelsen adgang til at bygge videre på de mange erfaringer som allerede findes i Danmark.

Vi håber at kortlægningen har givet indsigt i og inspiration til at arbejde med engineering, hvad enten det er i forbindelse med mere målrettede tiltag som dem Engineering i Skolen tilbyder, eller det er i form af lignende tiltag.

Litteraturliste

- Andersen, N.O., Busch, H., Horst, S., Andersen, A.M., Dalgaard, I., Dragsted, S. & Norrild, P. (2006). Fremtidens naturfag i folkeskolen. København, Danmark, Undervisningsministeriet.
- Andersen, N.O., Busch, H., Horst, S. & Troelsen, R. (2003). Fremtidens naturfaglige uddannelser. Naturfag for alle – vision og oplæg til strategi. Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie. København, Danmark, Undervisningsministeriet, Uddannelsesstyrelsen.
- Arbejdsgruppen. (2008). Et fælles løft. Rapport fra arbejdsgruppen til arbejdet med en fælles strategi for natur, teknik og sundhed.
- Arbejdsgruppen. (2010). Naturfag i Tiden. NTS-Centeret.
- Auener, S., Daugbjerg, P.S., Nielsen, K. & Sillasen, M.K. (2018). Engineering i skolen – hvad, hvordan, hvorfor. VIA University College, Engineer the Future, Astra og Naturvidenskabernes Hus.
- Bohm, M., Salomonsen, D., Quistgaard, N., Binau, C., Wøhlk, E.B., Jensen, L.V. & Kronvald, O. (2017). Sammen om naturvidenskab. Anbefalinger til en national strategi for de naturvidenskabelige fag. København, Danmark, ASTRA.
- Cunningham, C.M. & Carlsen, W.S. (2014). Precollege engineering education. I: N.G. Lederman (red.), Handbook of Research on Science Education Mahweh, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

- Dym, C.L., Agogino, A.M., Eris, O., Frey, D.D. & Leifer, L.J. (2005). Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103-120. doi:doi:10.1002/j.2168-9830.2005.tb00832.x.
- Engineer the Future. (2018). Om engineering i skolen. Lokaliseret 25.02.2019 på <https://engineerthefuture.dk/engineering-i-skolen/>.
- Engineering is Elementary. (2018). Create a generation of Problemsolvers. Lokaliseret 25.02.2019 på <https://www.eie.org/>.
- English, L.D., King, D. & Smeed, J. (2017). Advancing integrated STEM learning through engineering design: Sixth-grade students' design and construction of earthquake resistant buildings. *The Journal of Educational Research*, 110(3), 255-271. doi:10.1080/00220671.2016.1264053.
- Kolmos, A. & Grundwald, A. (2017). Engineering – meget mere end praktiske løsninger på praktiske problemer. *MONA*, 3, 91-94.
- Lachapelle, C.P. & Cunningham, C. (2014). Engineering in Elementary Schools. I: J.S. Senay Purzer, Maria Cardella (red.), *Engineering in pre-college settings: Synthesizing research, policy, and practices* (pp. 61-88). Purdue University Press.
- McDonald, C. (2016). STEM Education: A review of the contributions of the disciplines of science, technology, engineering and mathematics. *Science Education International*, 27(4), 530-569.
- Moore, T.J. & Smith, K.A. (2014). Advancing the State of the Art of STEM Integration. *Journal of STEM Education: Innovation and Research*, 15(1), 5-10.
- National Research Council. (2014). *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. Washington D.D., National Academy of Engineering, National Research Council.
- Nielsen, J.A.E. (2017). *Litteraturstudium til arbejdet med en national naturvidenskabsstrategi*. Copenhagen, Denmark, Institut for Naturfagernes Didaktik.
- Roehrig, G.H., Wang, H.-H. & Park, M.S. (2012). Is Adding the E Enough? Investigating the Impact of K-12 Engineering Standards on the Implementation of STEM Integration. *School Science and Mathematics*, 112(1), 31-44.
- Sillasen, M.K., Daugbjerg, P.S. & Nielsen, K. (2017). Engineering – svaret på naturfagernes udfordringer? *MONA*(2), 64-82.
- Stohlmann, M., Moore, T.J. & Roehrig, G.H. (2012). Considerations for Teaching STEM Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 2(1), 28-34.
- Sølberg, J. (2017). *Praksiskortlægning til arbejdet med en national naturvidenskabsstrategi*. København, Danmark, Institut for Naturfagernes Didaktik.
- Sølberg, J. & Waadegaard, N. (2018). *Engineering i skolen – syntese af en praksiskortlægning*. København, Danmark, Naturfagernes evaluerings- og udviklingscenter.
- Teknologipagten. (2018). Om Teknologipagten. Lokaliseret 25.02.2019 på <http://www.teknologipagten.dk/teknologipagten/om-teknologipagten>.

- Undervisningsministeriet. (2018). Teknologiforståelse. Måloversigt. Lokaliseret 25.02.2019 på <https://www.emu.dk/sites/default/files/M%C3%A5loversigt.pdf>.
- Waadegaard, N. & Sølberg, J. (2017). Teknisk rapport. Engineering i skolen – praksiskortlægning. København, Danmark, Naturfagenes evaluerings- og udviklingscenter.

English abstract

This article is based on a systematic review of development activities related to engineering in compulsory science education in Denmark throughout the last ten years. The review employed a broad interpretation of engineering to accommodate the Danish educational context. 582 relevant activities were identified and subsequently 32 were subjected to a thematic analysis. The article focuses on selected results from the review. The results describe what significance introducing engineering to science can have for students and teachers respectively. The article includes specific recommendations that can inform science teachers as well as educational developers working with engineering.