

Danish University Colleges

Engineering i Gymnasiet

Vidensgrundlag

Daugbjerg, Peer; Krogh, Lars Brian; Nielsen, Keld; Sillasen, Martin Krabbe

Publication date:
2021

[Link to publication](#)

Citation for pulished version (APA):

Daugbjerg, P., Krogh, L. B., Nielsen, K., & Sillasen, M. K. (2021). *Engineering i Gymnasiet: Vidensgrundlag*.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Download policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



VIA University
College

Engineer the future

VILLUM FONDEN



Engineering i Gymnasiet – Vidensgrundlag

Peer S. Daugbjerg
Lars Brian Krogh
Keld Nielsen
Martin K. Sillasen

Kolofon

Titel: Engineering i Gymnasiet - Vidensgrundlag

1. udgave, juni 2021

Forfattere: Peer Schrøder Daugbjerg, Lars Brian Krogh, Keld Nielsen, Martin Krabbe Sillasen

Redaktion: Keld Nielsen og Martin Krabbe Sillasen

Layout: VIA

ISBN: 978-87-995920-5-0

Rapporten udgives af VIA University College i samarbejde med VILLUM FONDEN og Engineer the Future.

Rapporten er udarbejdet med støtte fra VILLUM FONDEN og Engineer the Future.

Tak til følgende for feedback på tidligere version af rapporten:

Niels Matti Søndergaard og Agi Csonka, VILLUM FONDEN

Anne Hansen og Ghita Wolf Andreasen, Engineer the Future

Rektor Jette Rygaard, Vesthimmerlands Gymnasium

Lektor Philip Jakobsen, Silkeborg Gymnasium

Fagkonsulent i teknologi (HTX), Pernille Kaltoft, Børne- og Ungeministeriet

Instituttleder Jan Alexis og lektor Lene Møller Madsen, Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet

Indholdsfortegnelse

Resumé.....	3
Indledning	6
Kapitel 1: Engineering og beslægtede undervisningstilgange – ligheder og forskelle	8
1.1: Engineering.....	9
1.2: Problembaseret læring (PBL).....	10
1.3: Designbaseret undervisning	11
1.4: Innovation.....	11
1.5: Inquiry Based Science Education (IBSE).....	12
1.6: Computational Thinking (CT)	12
1.7: Iværksætteri/entreprenørskab.....	13
1.8: Oversigt på skemaform	13
1.9: Sammenfatning	15
Kapitel 2: Engineerings potentielle rolle i stx – pilotforsøg, afklaring af formelle rammer og et udkig til verden	16
2.1: Forsøg med engineering i stx – pilotforsøg i to regioner	16
2.2: Åbninger for engineering i de formelle beskrivelser af stx	17
2.3: Stemmer fra praksis.....	21
2.4: Uddannelsesmæssig kontekst for at indføre engineering i stx	22
2.5: Sammenfatning	26
Kapitel 3: International viden og projekter om engineering i undervisningspraksis på gymnasieniveau	28
3.1: International viden om engineering på gymnasieniveau	28
3.2: Amerikanske projekter om engineering i gymnasiet (niveau 10-12)	31
3.3: Engineering i gymnasieskolen i Norge og Sverige	33
3.4: Sammenfatning	34
Kapitel 4: Efteruddannelse gymnasielærere i engineering – erfaringer, behov og muligheder	36
4.1: Den nuværende efteruddannelsespraksis.....	36
4.2: Lærernes begrundelser for at deltage i efteruddannelse	36
4.3: Hvilken slags efteruddannelse foretrækker gymnasielærerne?	37
4.4: Sammenfatning	40
Kapitel 5: Referencer.....	41
Bilag 1: Grundlag for kap. 1: Ligheder og forskelle mellem engineering og beslægtede undervisningstilgange	43
Bilag 2: Kortlægning af innovation/ design/ engineering-forekomster i læseplanerne for gymnasiet	57
Bilag 3: Stemmer fra praksis	65
Bilag 4: Danske projekter om innovation, entreprenørskab og teknologiundervisning i gymnasiet	75
Bilag 5: Det internationale vidensgrundlag	83
Bilag 6: Metodebeskrivelse for det internationale litteraturstudium	92
Bilag 7: Fag, indsatser og projekter om engineering, design- og teknologiundervisning i Norge og Sverige.....	102
Bilag 8: Datagrundlag vedrørende efter- og videreuddannelsesaktiviteter	110

Resumé

På initiativ af VILLUM FONDEN og Engineer the Future har vi udarbejdet et vidensgrundlag, som kortlægger behov, muligheder og forudsætninger i forbindelse med en eventuel implementering af engineering-undervisning i det almene gymnasium (stx), primært med henblik på integration i de naturvidenskabelige fag eller i tværgående undervisning, der involverer fagene.

Engineering er en oplagt mulighed for at bringe anvendelsesaspektet ind i en række fag og i tværgående undervisning i stx.

De formelle styringsdokumenter for fagene giver muligheder for at indplacere engineering som en aktivitet i relation til undervisning i ”innovation”, som i stx er en tværgående forpligtelse for alle fag. Samtaler med lærere og interviews med centrale aktører viser, at undervisning i innovation er en udfordring for mange gymnasier, bl.a. fordi der ikke er nogen strategi for, hvordan og hvornår de eksisterende fag kan inddrages i innovationsundervisning. En nyere rapport viser endvidere, at det blandt lærerne stadig er uklart, hvad man i undervisningen skal forstå ved innovation. Her kan engineering dels bringe didaktisk afklaring, dels – i hvert fald i STEM-fagene – sikre en tæt og velbeskrevet inddragelse af fagene og dermed af lærernes stærke faglighed.

Også ”design”, samt det tværgående studieretningsprojekt (SRP), som elever kan vælge at lave med en innovativ vinkel og med afsæt i et konkret, autentisk problem, giver oplagte muligheder.

Desuden vil engineering være relevant i forhold til en undersøgelsesbaseret tilgang til undervisning i de naturvidenskabelige fag (kendt som Inquiry Based Science Education – IBSE), der er på vej ind i de naturvidenskabelige fag, hvor det p.t. er mest synligt i kemi. Denne udvikling afspejler blandt andet, at der i grundskolens naturfag lægges stor vægt på undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning.

Det vil endvidere være muligt at introducere engineering i det naturvidenskabelige grundforløb, hvor eleverne arbejder problem- og undervisningsbaseret.

Valgfaget Teknologi C er et oplagt bud på et fag, som allerede er meget tæt på engineering. Desværre er der for tiden ingen gymnasier, der har oprettet dette fag.

Et nyligt afsluttet pilotforsøg i Region Midtjylland har testet engineerings potentiale som undervisningsmetode i de naturvidenskabelige fag i stx. Projektet var ikke stort – 13 lærere og ca. 590 elever – men resultaterne er særdeles lovende. De deltagende lærere og elever vurderer forsøget positivt, både med hensyn til den indgående faglighed og elevernes motivation. I forbindelse med pilotforsøget er der både udarbejdet en grundig evaluering og en didaktik for engineering i stx.

Nyere international forskning har vist, at efteruddannelse af lærere - for at have reel og varig effekt - skal opfylde en række krav til elementer som uddannelsens varighed, skolebaseret, ledelsesstøtte, lærersamarbejde, input fra skoleeksterne kilder, afprøvning af nye didaktiske idéer i praksis osv. I pilotforsøget blev de fleste af disse elementer med succes afprøvet med henblik på udvikling af en effektiv efteruddannelse, der kan give lærerne i stx kompetencer til at undervise i engineering.

Interesseorganisationen Danske Gymnasier (DG) har fremsat et forslag om at opprioritere teknologi som emne i stx. Forslaget nævner ikke engineering eksplicit, men omtaler, at eleverne skal klædes på til at forstå, hvordan teknologi skabes og udvikles. Det indgår endvidere i DGs naturvidenskabsstrategi at indføre undervisning, som er inspireret af engineering.

Gennem de senere år har nye initiativer og undervisningsmæssige kodeord skabt en mangfoldighed af nye, delvist overlappende tilgange til undervisning, der udfordrer lærerne mere, end de hjælper dem. Vi har sammenlignet engineering med seks andre, nyere tilgange til undervisning for at undersøge, hvor de ligner hinanden, og hvor de er forskellige. Flere af tilgangene har meget til fælles med engineering, og i forbindelse med en implementering af engineering ser vi gode muligheder for at hjælpe lærerne gennem at reducere i mangfoldigheden af begreber. Sammenligningen bekræfter desuden, at engineering – som det også fremgår af styringsdokumenterne – ligger tæt på innovation og IBSE. Det skal betones, at IBSE i gymnasiesammenhæng ikke har det samme uafklarede forhold til den eksisterende faglighed som innovation. S’et står for ”science”, så tilknytningen til de naturvidenskabelige fag er indbygget. Når engineering og IBSE kan virke gensidigt styrkende, er det, fordi begge tilgange betoner elevernes frihedsgrader gennem deres arbejde i undersøgende, faseopdelte, faginddragende og målrettede processer.

En systematisk gennemgang af engelsksproget litteratur rettet mod engineering på gymnasieniveau viser, at området er domineret af forskning og udvikling i USA. Forskningen er på vej mod mere holdbare konklusioner, men bekræfter allerede nu hvad vi ved fra grundskoleområdet: Også på gymnasieniveau er det muligt at indføre engineering med problemløsende, elevaktiverende og praksisrettede aktiviteter, uden at det faglige niveau falder. Med god integration mellem fag og engineering kan det faglige udbyttet øges. Desuden virker den projektmæssige, elevcentrerede arbejdsform motiverende for eleverne, der udtrykker, at de får mere lyst til at arbejde med de naturvidenskabelige fag.

Gennemgang af den internationale litteratur viser desuden, at flertallet af amerikanske delstater i flere år har samarbejdet om at indføre engineering-praksisser i science-undervisningen, helt op til 12. klasse. Dermed er engineering og teknologi i undervisningen sidestillet med de naturvidenskabelige fag. En vigtig begrundelse for at der lægges vægt på engineering, er ønsket om at gøre undervisningen mere anvendelsesorienteret og praksisrettet og dermed mere motiverende. Vi finder det påfaldende – og bekymrende – at de massive amerikanske bestræbelser på at opnå en bedre og mere moderne undervisning i science ved at forene engineering og naturvidenskab ikke spiller en større rolle i forbindelse med diskussionen om udviklingen af de naturvidenskabelige fag i stx.

Vi peger på en række engineering-projekter fra USA, der kan tjene som inspiration til en eventuel dansk indsats, og giver en kort oversigt over, hvad der foregår på området i Norge og Sverige.

Vi har spurgt en række naturvidenskabelige lærere fra stx, hvilke ønsker de har til efteruddannelse. Med hensyn til efteruddannelsens omfang og struktur, efterlyses længere kurser med gentagne workshops, skolebaseret kursusforløb, mulighed for afprøvning, ledelsesstøtte, fokus på fagdidaktik, fokus på lærersamarbejde, aktiv afprøvning af teori i løbet af kurset og mulighed for at lærerne kan arbejde med undersøgelse af egen praksis.

Vi har kortlagt de efteruddannelsesstilbud, som de naturfaglige lærere benytter sig af. Generelt er der et indtryk af moderat aktivitet, som især er karakteriseret ved, at der ingen koordinering eller behovsanalyser er

på området. Det hele ser lidt tilfældigt ud. Desuden er det et klart indtryk, at de kurser, der udbydes for tiden, ikke lever op til lærernes ønsker.

Endnu mere påfaldende er et generelt indtryk af, at de for tiden udbudte kurser ikke lever op til – eller er informeret af – de klare konklusioner om, hvordan man strukturerer effektiv efteruddannelse, som er velbeskrevne i den internationale litteratur om emnet.

Interviews med en række nøglepersoner med tæt tilknytning til stx og htx peger på nødvendigheden af, at man i efteruddannelser får tænkt undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning og innovation sammen med en eventuel indsats vedrørende engineering; især er der behov for at få tydeliggjort engineerings rolle i forhold til andre tilgange i det almene gymnasiums naturvidenskabelige undervisning.

Efter 25 år med undervisning i teknologiske emner på htx har Danmark – i forhold til mange andre lande – et omfattende, og muligvis enestående, korpus af erfaringer med engineering-undervisning på gymnasieniveau. I forbindelse med en engineering-indsats i stx vil der oplagt være inspiration at hente fra de mange erfaringer med teknologiundervisning i htx. Det vil dog kræve en betydelig indsats at overføre erfaringer fra htx til stx. Dels er htx-erfaringerne p.t. ikke opsamlet og formuleret på en sådan måde, at de lader sig overføre, dels bør der tages højde for, at både de formelle (mht til fag og fagbeskrivelser) og de praktiske (mht lokaleforhold og lærerkompetencer) forhold i htx afviger væsentligt fra forholdene i stx.

Indledning

I denne rapport har vi samlet et vidensgrundlag, der kan kvalificere en mulig implementering af engineering i det almene gymnasium (stx). Mere konkret har vi forsøgt at kortlægge og beskrive de behov, muligheder og betingelser, der gør sig gældende i forbindelse med en eventuel implementering.

Baggrunden for vidensgrundlaget er et opdrag fra VILLUM FONDEN og Engineer the Future. Efter en indledende proces mandede opdraget ud i fire opgaver, hver med en række underpunkter. De fire hovedopgaver er:

1. En begrebsafklaring og analyse af ligheder og distinktioner mellem beslægtede undervisningstilgange (Computational Thinking, engineering, innovation, iværksætteri/ entreprenørskab, designbaseret undervisning, problem-baseret læring og inquiry-based science education).
2. Engineerings potentielle rolle i stx – afklaring af engineering i forhold til mål og rammer for naturfagene i stx.
3. Hvad ved vi om engineering (og beslægtede undervisningstilgange) på gymnasieniveau?
4. Afdækning af efteruddannelsesbehov/tematiseringer, udbydere, rammer og modeller for efteruddannelse – i naturfagene generelt og hvad angår innovation.

I vidensgrundlaget har vi i fire kapitler forsøgt at svare på spørgsmålene.

Vidensgrundlaget er præget af, at omfanget af erfaringer med engineering-undervisning i det almene gymnasium er begrænset. Samt at det – i hvert fald for en umiddelbar betragtning – ikke er oplagt, hvordan man i denne sammenhæng kan udnytte de erfaringer, som gennem mange år er indhentet med undervisning i teknologi og engineering i det tekniske gymnasium (htx).

Et vigtigt dansk input er de forsøg, der gøres med at implementere engineering i stx i tre regioner. Ganske vist er kun et af disse forsøg afsluttet, men resultaterne er særdeles positive (se afsnit 2.3).

De spredte danske erfaringer med engineering efter 9. klassetrin opvejes til dels af internationale erfaringer og publikationer på området. Men også her gælder, at mange erfaringer og resultater er forholdsvis nye, og der kan være ret langt imellem dem. Meget af den publicerede viden relaterer til initiativet Next Generation Science Standards, som derfor omtales flere steder i dette grundlag, mest grundigt i kapitel 2.

I 2018 udarbejdede denne forfattergruppe et tilsvarende vidensgrundlag rettet mod implementering af engineering i grundskolen (Sillasen, Daugbjerg, Krogh, & Nielsen, 2018). Her var situationen anderledes, med flere erfaringer at trække på – både nationalt og internationalt – og mere publiceret viden. Flere steder refererer vi til ”grundskolepapiret”, men to forhold har spillet en rolle.

For det første har vi bestræbt os på, at det skal være muligt at læse denne rapport uden at kende grundskolepapiret. For det andet er det usikkert, i hvor høj grad situationer og erfaringer, som er relevante i grundskolesammenhæng, kan overføres til stx. Derfor har vi været forsigtige med sammenligninger og analogier.

Så i det meste af det arbejde, der ligger bag vidensgrundlaget, har vi følt os som ”first movers”, hvilket visse steder har sat sit præg på teksten.

I kapitel 1 beskriver vi forholdet mellem engineering og nogle af nye begreber og kodeord, der er aktuelle i dansk og international uddannelsessammenhæng: Innovation, entreprenørskab, design-baseret undervisning, IBSE, Computational Thinking m.fl. Hvad har disse tilgange til undervisning til fælles – hvis noget? Hvordan adskiller de sig fra hinanden? Hvordan er relationen mellem dem og engineering? Og har disse relationer betydning for en mulig implementering i gymnasiet? Kapitlet er baseret på en gennemgang af international litteratur, men inddrager udviklingen i Danmark, hvor det er relevant.

Kapitel 2 ser på de aktuelle muligheder for at implementere engineering i stx og er blandt andet baseret på en systematisk gennemgang af de formelle beskrivelser af fagene og de tværgående elementer i stx som innovation og studieretningsprojektet. Kapitlet giver endvidere en kort gennemgang af de uddannelsespolitiske initiativer, som vi mener, er med til sætte en ramme for en diskussion om betimeligheden af at indføre engineering i stx.

I forbindelse med rapporten har vi interviewet fire personer med tæt relation til udviklingen i stx og htx. Vi omtaler dem som ”stemmer fra praksis”. Bilag 3 indeholder en tematiseret sammenskrivning af de fire interviews. På stedet hvor vi har fundet det relevant – som fx i kapitel 2 og kapitel 4 - bringer vi citater fra de fire interviewees.

Kapitel 3 giver en oversigt over den eksisterende, engelsksprogede litteratur på området. Der er tale om en systematisk søgning og review, der efter kritisk granskning af søgeresultaterne ender med at inkludere 67 artikler i vidensgrundlaget. Rapporteringen er afstemt efter, at dette ikke er en forskningspublikation, men er rettet mod læsere, der ikke har erfaringer med international didaktisk forskningslitteratur. Desuden giver kapitlet en kort oversigt over nogle projekter i USA rettet mod engineering på gymnasieniveau samt en kort statusredegørelse for implementeringen af engineering og teknologi-undervisning i de norske og svenske gymnasier.

Kapitel 4 opsummerer en kortlægning (inkl. interviews med aktuelle aktører) af, hvad der er/har været af aktiviteter på området efteruddannelse for lærere i de naturvidenskabelige fag i gymnasiet. Desuden har vi spurgt en række lærere om, hvilke ønsker de har til fremtidige efteruddannelser rettet mod engineering og anden problemløsende, projektorienteret undervisning. Kapitlet giver en kondenseret oversigt over svarene.

Med rapporten håber vi at levere et bidrag til viden og baggrund, som dels kan kvalificere en diskussion om en mulig rolle for engineering i stx, dels kan indgå i et bredere diskussion om den fremtidige udvikling af undervisning i STEM-fagene i det almene gymnasium. Med baggrund i, hvad vi har lært i forbindelse med udarbejdelse af rapporten, mener vi, at der er et påtrængende behov for national diskussion om, hvordan den naturvidenskabelige undervisning på stx kan udvikles for at følge med den hastige naturvidenskabelige og tekniske udvikling i samfundet generelt.

Aarhus, august 2021.
God læsning,
Forfatterne

Kapitel 1: Engineering og beslægtede undervisningstilgange – ligheder og forskelle

I dette kapitel sammenligner vi engineering med seks andre, nyere tilgange til undervisning. Flere af de nye tilgange har mange ligheder, og det kan være vanskeligt at holde dem adskilt fra hinanden. Men det betyder ikke, at de er ens. Som de vil fremgå, er der også store forskelle.¹

Der er tale om følgende nye tilgange til undervisning:

- Engineering
- Problembaseret læring (PBL)
- Designbaseret Undervisning
- Innovation
- Inquiry Based Science Education (IBSE)
- Computational Thinking (CT)
- Iværksætter/entreprenørskab

Med ”undervisningstilgange” menes ikke kun undervisningsmetoder, men også nyt indhold i et fagområde (som fx Computational Thinking) eller nye politisk fastsatte mål for undervisning (som fx entreprenørskab).

Sammenligningen er foretaget med udgangspunkt i læsning af en længere række forskningsartikler, oversigter og rapporter. De fleste engelsksprogede, men også nogle danske (se litteraturlisten i slutningen af bilag 1).

Til trods for den store rolle, de spiller i uddannelsesdiskussioner i mange lande, gælder for engineering og de øvrige seks tilgange, at man i den gennemgåede litteratur ikke finder en entydig og præcis definition, der er generelt accepteret og dermed tydeligt afgrænser én tilgang i forhold til de øvrige.

Men i forbindelse med hver tilgang foregår der i undervisningsforsøg, i tidsskrifter og på kongresser (og i arbejdsgrupper, rapporter, ministerier, læreplaner, og lærebøger) en livlig og fokuseret diskussion om, hvad det er, der karakteriserer netop denne eller hin forståelse. Hver tilgang har således sin særlige historie og sine egne traditioner for, hvorledes undervisning beskrives og rammesættes i forbindelse med en specifik problemkreds. Desuden gælder for hver tilgang, at når den implementeres i uddannelsessystemet i et givet land, må den tilpasse sig en lang række randbetingelser, der varierer fra land til land. Denne variation giver sit eget bidrag til diversiteten.

I denne sammenligning har det ikke været muligt – og ville heller ikke være formålstjenligt – at forsøge at indkredse nationale forskelle. Selv når man begrænser sig til engelsksproget litteratur, og ser bort fra nationale forskelle, er de syv tilgange ret så egenartede, og en sammenligning på tværs ikke så ligetil, som man umiddelbart kunne forvente.

Frugtbar diversitet eller forvirring?

Overvejelser om fornyelse af undervisningen i grundskole og ungdomsuddannelser er inspireret af flere af disse nye idéer om indhold og/eller undervisningsmetoder.

¹ En mere detaljeret gennemgang af de syv tilgange findes i bilag 1.

Et synspunkt kunne være, at det er godt med denne mangfoldige nytænkning. Godt, at lærerne har noget nyt og frisk at lade sig inspirere af og vælge imellem. Dog er der meget, der tyder på, at et flertal af lærere ikke deler denne opfattelse.

Ganske vist har vi ingen systematisk undersøgelse af lærernes holdninger på dette område, men vi har de senere år mødt et stort antal lærere, som har givet udtryk for, at den nye mangfoldighed af termer og initiativer, der kommer til skolen udefra, skaber utilsigtede problemer, som sætter deres undervisning og deres faglige integritet under pres. Dette synspunkt understøttes af vores interviews med personer med tilknytning til stx.

Især i grundskolen, men også i gymnasiet, er der skabt en situation, hvor mange lærere føler, at nye målsætninger og tværgående kompetencer stiller krav, som det i en kompliceret hverdag er vanskeligt at leve op til. Det gælder, selv hvis man ser på de nye krav enkeltvis. Men på kort tid er der – uden nogen synlig koordinering – introduceret flere nye idéer og krav, som hedder noget forskelligt, men alligevel har store ligheder. Det vi oplever er, at mange lærere reagerer ved at beskytte deres undervisning mod det nye. Eller de vælger at nøjes med at arbejde med en enkelt af de nye idéer, i håb om at de så indirekte også rammer andre af dem.

En forstærkende faktor er, at flere af de nye tiltag ikke tager afsæt i kendte fagligheder, og måske oven i købet kun giver uklare og overordnede anvisninger på, hvordan undervisningen i praksis kan gribes an. Dertil kommer, at der i mange tilfælde mangler efteruddannelse, som kan klæde lærerne på til at undervise med inspiration fra de nye tilgange og emner.

Derfor er det væsentligt, at en introduktion af engineering i stx ikke medvirker til at øge denne metode- og begrebsforvirring. En introduktion må lægges til rette, så den kan medvirke til at reducere i kompleksiteten og fungere som en lim, der binder det nye og det gamle sammen.

Et formål med denne sammenligning er således at give en basis for at diskutere, i hvilken udstrækning en introduktion af engineering i stx kan virke undervisningsmæssigt samlende. Om engineering-tilgangen i kraft af sine målsætninger og tydeligt procesbaserede didaktik kan medvirke til at forene og operationalisere nogle af de nye idéer og derigennem lette lærernes valg og reducere deres komplekse hverdag. (Som omtalt ovenfor bygger dette kapitel på en lang række artikler og rapporter. I nedenstående syv afsnit bringer vi ikke specifikke referencer. Der henvises til referencelisten i bilag 1.)

I slutningen af kapitlet gives på skemaform en oversigt over de syv tilganges forskelle og ligheder.

1.1: Engineering

Engineering er en designbaseret tilgang til undervisning. Engineering er rettet mod, at eleverne gennem et processtyret samarbejde finder en teknologisk løsning på et autentisk problem, som er relateret til verden uden for klassen. Undervejs inddrager eleverne viden fra eksisterende fag.

Teknologi forstås i denne sammenhæng bredt, fra skruer og krydsfiner til smartphone-apps. Teknologi inkluderer den viden, der skal til for at designe, fremstille, anvende, vedligeholde og genbruge teknologiske artefakter. Det skal derfor understreges, at viden om, hvordan teknologi fungerer – fx en skriftlig instruktion i hvordan man renser vand – er et teknologisk produkt.

Undervisningen i engineering er inspireret af den måde, professionelle ingeniører arbejder på. Gennem udvikling af undervisning med tilhørende didaktisk forskning, og guidede af en omfattende international diskussion, er der udviklet tydelige strategier for, hvordan ingeniørprocesser og -problemer kan transformeres til undervisning gennem didaktisering.

Eleverne gennemfører en design-proces, der omfatter flere delprocesser: Problemidentifikation, formulering af krav til en løsning, kortlægning af hvad det er for begrænsninger, en løsning vil være underlagt, planlægning af en vej frem mod en af flere mulige løsninger, tests, forbedringer og evaluering af den færdige løsning. Som en del af processen udfører eleverne undersøgelser i samarbejde med andre elever og inddrager viden fra fag – især naturfag og matematik – samt viden om materialer og fremstillingsprocesser.

I mange lande – primært USA og UK – har der det sidste årti eksisteret store og målrettede initiativer, som er rettet mod at forny undervisningen ved at indføre engineering. Enten ved at integrere engineering-undervisning i eksisterende fag, eller ved at udvikle særlige engineering-projekter, der er rettet mod engineering som et selvstændigt fag.

1.2: Problembaseret læring (PBL)

PBL er udviklet som et redskab til bedre læring. PBL udspiller sig i projekter, hvor en eller flere grupper af elever i en faseopdelt proces arbejder med at finde svar på et problem. I den oprindelige version af PBL var det et must, at underviseren – som en del af kontrollen med undervisningen - introducerede det problem, der skal arbejdes med. Men nu omfatter PBL også versioner, hvor der arbejdes med elevformulerede problemstillinger. Det er essentielt, at problemet er løst defineret (ill structured) og derfor lægger op til flere forskellige løsninger.

I problemløsningsprocessen er der stort fokus på elevernes egne analyser af, hvilken viden de har brug for at tilvejebringe undervejs for at finde frem til et svar eller en løsning, og på at eleverne selv planlægger, udfører og afrapporterer deres arbejde med at skaffe viden. Underviserens fokus er på den forudgående planlægning – herunder overvejelser om, hvad det er for typer af problemer, grupperne skal arbejde med for at nå en række givne læringsmål – og på stilladsering af elevernes læringsprocesser.

Eleverne planlægger og udfører gruppevis selv de læringsaktiviteter (herunder fx undersøgelser), de finder nødvendige. Elever, der har indhentet ny viden, rapporterer tilbage til gruppen, som derefter gennemgår problemet i lyset af den nye viden. Elevgruppen udvikler og præsenterer deres løsning, og afslutter aktiviteten med refleksioner over hvad de har lært, og om deres strategier til indhentning og deling af viden samt analyse af problemet har været effektive.

PBL er udviklet i 1990'erne i forbindelse med universitetsundervisning. Siden er der udviklet en række variationer over den oprindelige grundmodel, og PBL er nu også aktuel i forbindelse med undervisning på grundskole- og gymnasieniveau. PBL har opnået stor popularitet til trods for, at der er *”en betydelig mangel på klarhed med hensyn til hvad begrebet problembaseret læring dækker over”* (De Graaff & Kolmos, 2003, s. 657).

1.3: Designbaseret undervisning

Det mest velbeskrevne og målrettede eksempel på designbaseret undervisning er Learning by Design (LBD), en specifik tilgang til undervisning i de naturvidenskabelige fag, som blev udviklet i USA i 1990'erne.

LBD er på mange måder en videreudvikling af PBL. I udgangspunktet var tilgangen fagligt og aldersmæssigt afgrænset til læring i de naturvidenskabelige fag med fokus på elever fra 6. til 8. klassetrin ("middle school"). Modellen blev i nogle år præsenteret som et fast produkt med tilhørende trademark TM. Siden har modellen inspireret en lang række udviklingsprojekter og undervisningsmetoder, der indeholder de væsentlige træk fra LBD. Sådanne idéer omtales bredt som Designbaseret Undervisning.

LBD blev udviklet for at tage hånd om det problem, at undersøgelser viste, at elever på udskolingstrinnet var glade for at arbejde aktivt og procesorienteret i problemløsende projekter, men det var ikke muligt at påvise, at arbejdet resulterede i bedre læring af det naturfaglige indhold i form af begreber og teorier.

Den såkaldte FITS-model (Focus-Investigation-Technological design-Synergy) er en videreudvikling af LBD, hvor der lægges (ekstra) vægt på at fremme elevernes læring af naturfagligt indhold gennem designarbejde. I løbet af design-processen introducerer læreren relevant naturfagligt indhold, eller processen er tilrettelagt, så elevgrupperne går i gang med at læse eller undersøge for selv at skaffe sig relevant viden. FITS-modellen er relevant i forbindelse med engineering og bør inddrages i overvejelserne om engineering i stx.

1.4: Innovation

I innovationsfremmende undervisning arbejder eleverne med at ændre noget eksisterende ved at tilføje noget nyt på en sådan måde, at de involverede føler, at det eksisterende bliver tilført ny værdi. Innovation i undervisning vil ofte været knyttet til et projekt eller en udviklingsproces, men ikke nødvendigvis.

Det er generelt en udfordring for at arbejde med innovation, at det varierer meget, hvad forskellige aktører lægger i ordene innovation og værdi.

I en snæver forståelse betyder innovation implementering af nye produkter, processer eller tjenesteydelser i et marked, men dækker ikke over selve idégenereringen, der beskrives med ordet kreativitet.

I en bredere forståelse af innovation knyttes an til udvikling af bredere kompetencer rettet mod bredere mål. Eleverne skal lære at beskrive, analysere og evaluere deres egne ideer med henblik på at forbedre og maksimere deres kreative bestræbelser. Eleverne skal udvikle innovative ideer på en sådan måde, at de kan anvendes uden for klasseværelset.

Allerede ved gymnasireformen i 2005 blev det skrevet ind, at undervisningen skal udvikle elevernes innovative evner. Også i dansk sammenhæng er forståelsen af, hvad innovation dækker over, bredt ud mellem en stram og nogle mere inkluderende fortolkninger.

Den snævre forståelse er i dansk gymnasiesammenhæng beskrevet som en proces, hvor *"idéer og opfindelser omsættes til produkter eller tjenesteydelser, der kan omsættes på et marked. Innovation er processen fra ide til faktura"* (Hobel, 2012).

I den brede ende findes fx projektet *Gymnasiet tænkt forfra*, der sluttede i 2015 og involverede 6 gymnasier. Undervisningen skulle støtte, at eleverne udviklede innovationskompetencer, højere faglighed samt større motivation. En af konklusionerne er, at innovationskompetence kan brydes ned til fem delkompetencer: Kreativitet, Samarbejde, Navigation, Implementering og Formidling (Nielsen, 2015).

Innovationsfremmende undervisning kan tage udgangspunkt i en problemstilling fra en eksisterende praksis – der skal være noget, som eleverne skal nytænke eller forandre. Innovation kan altså komme tæt på at ligne engineering.

1.5: Inquiry Based Science Education (IBSE)

I IBSE-inspireret undervisning er udgangspunktet for aktiviteter i klassen et ”naturvidenskabeligt” spørgsmål, som eleverne gennem egne undersøgelser og egne overvejelser besvarer ved at formulere en naturvidenskabeligt acceptabel forklaring. Problemløsningen i IBSE er altså rettet mod at finde erkendelse og formulere en forklaring på et fænomen – at blive klogere. IBSE er ikke rettet mod at finde en praktisk løsning på en udfordring, som tilfældet er i engineering. På dansk omtales IBSE af og til som UndersøgelsesBaseret NaturfagsUndervisning (UBNU).

IBSE er karakteriseret ved, at eleverne efterligner metoder og processer, som videnskabsfolk gennemfører i forbindelse med egentlig forskning. En af begrundelserne for IBSE er netop, at eleverne på denne måde lærer om videnskab som en række dynamiske, videnskabende metoder og processer, samtidig med at de selv tilegner sig kompetencer i at udføre undersøgelser og formulere konklusioner.

I grundskolen i DK har undersøgelseskompetencen siden 2014 været én af fire gennemgående kompetencer i de naturvidenskabelige fag, og elevernes undersøgelser kan indgå i den praktiske, fællesfaglige afgangsprøve i naturfagene. Dermed er der et godt grundlag for at arbejde med IBSE i grundskolen.

Generelt vil man – dog for det meste implicit og uden brug af specifikke IBSE-termer - kunne finde elementer af IBSE i faglige mål for alle naturfagene i stx. Mest eksplicit ses en IBSE-dagsorden i C-niveau-beskrivelsen af fagene, fx i biologi C, hvor der foreslås ”en udforskende og undersøgende undervisning., f eks. med inspiration fra inquirybaseret læring eller gennem arbejde med innovativ problemløsning”.²

1.6: Computational Thinking (CT)

CT er ikke primært en undervisningstilgang, men et fagområde baseret på et nyt videnskabeligt genstandsområde – datavidenskab – der har udviklet sig hastigt siden 1960’erne. Dermed er CT-undervisning knyttet til den digitalisering, som dybt har forandret mange sider af samfundet.

CT omfatter i udgangspunktet ikke instruktion i praktisk brug af computere (digital literacy), eller brug af it-teknologi som et pædagogisk redskab i undervisningen. En lærer og en klasse kan altså godt bruge computere som redskaber, uden at der er tale om undervisning i CT.

I Danmark er det foreslået at bruge udtrykket ”informatik” om et selvstændigt fag rettet mod det digitale område, og udtrykket Computational Thinking, når (dele af) informatik integreres i andre fag.

² (Vejledning i Biologi A/B/C, stx. Vejledning, juni 2020, s. 12. <https://emu.dk/stx/biologi/laereplaner-og-vejledninger?b=t6-t1073>)

Informatik er en samlebetegnelse for de grundlæggende principper i datavidenskab, herunder tænkemåder og arbejdsformer samt computationelle strukturer, processer, artefakter og systemer. Det didaktiske spørgsmål er, hvilke dele af den akademiske disciplin informatik, det så er, elever i K-12-uddannelserne skal lære. Dernæst kommer spørgsmålet om, hvordan man skal undervise i de udvalgte dele.

Center for Computational Thinking & Design ved AU har arbejdet med udviklingsprojekter i gymnasiet rettet mod at integrere CT i STEM-fag i gymnasiet. De udviklede undervisningsforløb inkluderer ikke designprocesser, men er lærerstyrede med undersøgende elevaktiviteter undervejs.

I forsøgsfaget teknologiforståelse i grundskolen indgår CT som en af de fire grundlæggende kompetencer. CT-kompetencen omhandler analyse, modellering og strukturering af data og dataprocesser.

1.7: Iværksætter/entreprenørskab

I den version af entreprenørskab, der i Europa rammesættes af EU, er entreprenørskab hverken en undervisningsmetode eller et fagområde, men et nyt, overordnet uddannelsesmål.

Internationalt er der ikke enighed om, hvad mål og begrundelse er for undervisning i entreprenørskab. Selv nyere oversigtsartikler peger på, at der heller ikke er enighed om, hvilke tilgange undervisere bedst kan bruge i forbindelse med undervisning i entreprenørskab.

På den ene side eksisterer en ældre og snæver opfattelse, hvor entreprenørskab (herunder det danske ”iværksætter”) er knyttet til evne og lyst hos den enkelte til at starte egen virksomhed.

På den anden side en nyere og bred opfattelse, hvor entreprenørskab ses som en kompetence og indstilling, alle kan bibringes, og hvor fokus ikke er på business og økonomi, men er udvidet til at omfatte alle situationer hvor den/de entreprenante muliggør skabelse af værdi for andre.

Internationalt er det for nylig foreslået, at man fremadrettet satser på en ”hybrid-model”, der kombinerer entreprenør-undervisning med Design-tænkning og PBL. I samme forbindelse peges på, at der er behov for didaktisk udvikling og empirisk afprøvning.

I dansk sammenhæng har der – i overensstemmelse med udmeldingerne fra EU – været stor politisk opmærksomhed på at indføre entreprenørskab i undervisningen. I grundskolen er det sammen med innovation indført som et tværgående emne i alle skolens fag.

1.8: Oversigt på skemaform

I nedenstående skema karakteriseres de forskellige tilgange helt kort i forhold til fire temaer:

1. *Begrundelse og mål*: Hvad er den didaktiske begrundelse for at arbejde med denne tilgang, og hvad er det dermed, der ideelt set skal opnås i undervisningen?
2. *Udfordring/Afsæt for undervisning*: Med udgangspunkt i begrundelsen, hvordan iscenesættes så undervisningen i praksis. Hvor tager den sit udgangspunkt? Hvad for et område er den rettet imod?
3. *Kobling af proces til fag*: Alle syv tilgange introduceres i en eksisterende skolesituation med etablerede fagligheder. Det er derfor relevant at se på, hvorledes tilgangen forholder sig til skolens fag (og eventuelt sin egen faglighed).

4. *Arbejdsmodel/proces*: De fleste af de syv tilgange foreskriver en proces for elevernes arbejde. Afhængig af hvor essentiel processen anses for at være, kan den være mere eller mindre velbeskrevet og eksplicit.

Undervisningstilgang.	Primær begrundelse og mål	Udfordring/Afsæt for undervisning	Kobling af proces til fag	Arbejdsmodel/ proces
Engineering	Naturfaglig læring. Teknologisk dannelse. Generiske procesfærdigheder. STEM-rekruttering	Autentisk omverdensproblem som afsæt for fagligt funderet problemløsning.	Kan inddrage naturfag, matematik, håndværksfag samt andre fag. Fagintegration et mål.	Faseopdelt Engineering Design Proces-model, vægt på iteration og et konkret teknologisk produkt.
Problem-baseret læring (PBL)	Faglig læring gennem problemløsning. Generiske procesfærdigheder. Selvstændighed.	Løst defineret problem, der kan findes forskellige løsninger på.	Læringsmål og problem er styrende – fag trækkes ind efter behov.	Semistruktureret proces med delfaser: - afsøg problemet - indsamle info/undersøg - syntetiser en problemløsning/et svar
Design-baseret Undervisning	Naturfaglig læring, især begrebsforståelse.	Ofte cases som afsæt for design.	Tager udgangspunkt i faglige læringsmål.	Design og faglige undersøgelser vævet sammen i semistruktureret proces.
Innovation	Kreativitet/ nytænkning. Generiske færdigheder som beskrive, analysere, evaluere. Værdi for den enkelte og samfund.	Behov/udfordring, som kræver nytænkning og udløser oplevet merværdi.	Ad hoc (ikke systematisk linket til fag).	Anvendelse af en design proces-model. I DK er den såkaldte åbne-lukke model almindelig. (se teksten)
Inquiry Based Science Education (IBSE)	Naturvidenskabelig læring, især metodelæring. Undersøgelseskompetence.	Naturvidenskabeligt spørgsmål, gerne elevformuleret. Frihedsgrader mht undersøgelse og tolkning.	Eftergør naturvidenskabelige forsknings- og undersøgelsesprocesser, herunder indsamling af evidens.	Elever stiller naturfaglige spørgsmål, som de forfølger ved at udtænke, udføre, fortolke og fremlægge undersøgelser.
Computational Thinking (CT)	Læring i informatik. Komputationel tænkning.	Problem som kan løses vha. kodning og digitale redskaber.	Er (potentielt) et fag. Indgår også i andre fag, fx i form af computermodeller.	Ingen gennemgående/ dominerende proces-model.
Iværksætter/Entreprenørskab	Entrepreneur holdning. Økonomisk spin-off.	Markedsbehov mhp salgbart produkt, som kan stå sig i konkurrence.	Primært merkantilt sigte Svag kobling til naturvidenskab.	Ofte – men ikke nødvendigvis - knyttet til en proces-model.

Sammenligning af engineering og seks andre nyere tilgange til undervisning. De fem øverste (grønne) tilgange deler en række fælles træk: Der lægges vægt på, at undervisningen er elevaktiverende, problemløsende, samarbejdsorienteret, praksisorienteret, undersøgende og ofte tværfaglig. Gennem bestemte typer af vejledning af eleverne (stilladsering) har underviseren rollen som planlægger og proceskonsulent. Desuden indgår det i begrundelsen for disse tilgange, at de enten er udviklet med henblik på – eller har vist potentiale til – at øge elevernes læring i relevante fagområder.

Af hensyn til overvejelser om engineerings potentielle rolle i stx, er det værd at bemærke, at et sammenfaldende fokus på procesfærdigheder og en løsningsorienteret tilgang til undervisningen betyder, at engineering har mange ligheder med innovationsfremmende undervisning og IBSE.

Som det fremgår af rapportens kapitel 2, er det blandt andet denne didaktiske nærhed til innovation og IBSE, der kan peges på som aktuel i forbindelse med konkrete idéer til, hvordan engineering kan indpasses i eksisterende undervisning i stx.

1.9: Sammenfatning

Engineering er blot én ud af en række nye tilgange til undervisning. For at afklare hvorledes forholdet er mellem engineering og nogle af de andre nye didaktiske idéer og/eller krav til undervisningen, har vi sammenlignet engineering med seks andre tilgange.

Engineering og tilgange som Problembaseret Læring, Designbaseret undervisning, innovation og IBSE deler en række fælles træk. Noget af det ”nye” er, at det tilstræbes, at undervisningen er elevaktiverende, problemløsende, samarbejdsorienteret, praksisorienteret, undersøgende og ofte tværfaglig. Underviseren træder ud af sin traditionelle rolle og gennem bestemte typer af vejledning af eleverne (stilladsering) ind i rollen som proceskonsulent.

Der er det omtalte slægtsskab med især IBSE og innovation, der kan peges på som aktuelt i forbindelse med konkrete idéer til, hvordan engineering kan indpasses i eksisterende undervisning i stx. Desuden bør designbaseret undervisning i form af FITS-modellen tages i betragtning.

Kapitel 2: Engineerings potentielle rolle i stx – pilotforsøg, afklaring af formelle rammer og et udkig til verden

I dette kapitel ser vi nærmere på engineerings potentielle rolle i stx fra fire forskellige vinkler:

1. Vi opsummerer resultaterne fra det netop gennemførte/afsluttede projekt, hvor naturvidenskabelige undervisere i stx i praksis har arbejdet med engineering i et eller flere fag eller tværgående sammenhænge
2. Vi følger op med at gennemgå, hvad de nuværende beskrivelser af fag og de tværgående undervisningstemaer giver af muligheder for at implementere engineering i undervisningen
3. Vi har indhentet kommentarer til en sådan implementering fra fire centrale aktører fra stx og htx
4. Endelig ser vi på en række konkrete tiltag, der i en større, konkret kontekst er relevante for kommende overvejelser om en implementering

2.1: Pilotforsøg med engineering i stx

Engineering i Gymnasiet – Region Midtjylland

I et samarbejde mellem Engineer the Future, VIA University College, ASTRA og tre gymnasier i Region Midtjylland, blev der i perioden 2019-2021 gennemført et pilotforsøg med engineering-undervisning i det almene gymnasium. Formålet var at indhente erfaringer med emnet i forbindelse med naturfagsundervisningen i stx. I alt var 13 lærere og ca. 590 elever involveret i forsøget, som skulle afklare potentialet og udfordringer for engineering i den naturvidenskabelige stx-undervisning, og samtidig udvikle både undervisningsforløb og efteruddannelse i engineering. I forbindelse med pilotforsøget i Region Midtjylland er der formuleret en didaktik for engineering i stx (Krogh, 2021), og resultaterne er dokumenteret i en evaluerende slutrapport (Region Midtjylland, 2021).

De overordnede konklusioner i slutrapporten om engineering-metodens potentiale som undervisningsformat i naturvidenskabsfagene i stx er bl.a. (Region Midtjylland, 2021, s. 1):

- Engineering-aktiviteter øger elevernes interesse for undervisningen i de naturvidenskabsfag, hvor det har været forsøgt. Det er ikke afklaret, om effekten består, hvis engineering bruges så regelmæssigt i undervisningen, at det mister sin nyhedsværdi
- Engineering menes at bidrage til faglig læring i traditionel forstand, og i særdeleshed til metodekendskab og undersøgelseskompetence
- Engineering tilgodeser efter både lærere og elevers opfattelse generiske kompetencer (problemløsningsevne, kreativitet/innovation, samarbejde og persistens) i en grad som traditionel naturvidenskabsundervisning ikke gør
- Engineering er en relevant udvidelse og kvalificering af arbejdsformerne i naturvidenskabsfagene, bl.a. tilfører engineering det undersøgende arbejde flere frihedsgrader
- Engineering har umiddelbart en vis effekt på elevernes situerede STEM-rettede karriereovervejelser – men realistisk vil disse kun kunne fastholdes, såfremt eleverne møder engineering-aktiviteter regelmæssigt og over tid

I forbindelse med den afsluttende evaluering tilkendegav 11 af de 13 deltagende lærere, at de er overvejende eller helt enige i udsagnet ”*Det er blevet vigtigt for mig at få mere engineering ind i undervisningen*”.

Lærerne fremhæver mange positive elementer i de engineering-processer, de har været igennem sammen

med deres klasser. Typiske udsagn, når lærerne bliver spurgt hvad deres største udbytte har været, er (Ib., s. 9):

”At have endnu et værktøj til at lave forløb, der kan engagere andre elevtyper end almindeligt og bidrage til samarbejde og kreativitet internt i klassen”.

”Helt sikkert vil jeg oftere lave øvelser med mindre ”køgebogsopskrift” og styring ... hvor de selv [eleverne] skal finde grej og selv udtænke fremgangsmåden”.

”At den problemorienterede tilgang til det faglige stof gør, at eleverne i højere grad tager ansvaret for egen læring og selv bliver drivkraften i projektet”.

374 af de deltagende elever svarede i forbindelse med evalueringen på en række spørgsmål. Svarene er stærkt positive (Ib. s. 13):

- 86% finder at *”engineering var med til at skabe en god variation i undervisningen”*
- 80% synes, at *”engineering var sjovt”*
- 83% synes, at *”det var spændende at lære at arbejde på den måde som ingeniører gør”*
- 71% *”ville gerne have mere engineering i undervisningen”.*

Med hensyn til de ofte oversete, men helt essentielle, generiske kompetencer – hvor gode er eleverne til at samarbejde og at være vedholdende, når de står over for et problem – konkluderer slutrapporten (Ib. s. 14):

”Engineering opleves altså som pænt givende, hvad angår innovation/kreativitet, problemløsning og vedholdenhed. Det er bemærkelsesværdigt, idet sådanne udbytter normalt ikke forbindes med undervisningen i naturvidenskabsfagene. Dette bekræftes af lærernes afsluttende survey, hvor samtlige deltagende lærere tilkendegiver, at eleverne blev bedre til produktrettet, iterativ problemløsning, at eleverne fik et andet blik for, at naturvidenskabelig viden kan anvendes på real-world problemstillinger, samt at eleverne fik stimuleret deres kreativitet og innovationsevne. Kun en enkelt lærer var delvist uenig i udsagnet Eleverne lærte, at fejl kan være lærerige, blot man bliver ved og lærer af dem”.

Engineering i Gymnasiet – Region H-projekt

Baseret på erfaringer fra projektet i Region Midtjylland gennemføres i Region Hovedstaden et projekt, der også afprøver engineering i stx. I projektet deltager fire gymnasier. Projektet afsluttes medio 2022. Der foreligger på nuværende tidspunkt ikke nogen evalueringsrapport, som dokumenterer erfaringerne fra dette pilotforsøg.

2.2: Åbninger for engineering i de formelle beskrivelser af stx

For at undersøge hvilke muligheder de nuværende formelle beskrivelser giver for at implementere engineering i undervisningen i stx, har vi lavet en analyse af lovtekster, læreplaner og vejledninger for naturvidenskabelige/tekniske fag og for tværgående elementer som det naturvidenskabelige grundforløb og studieretningsprojektet.

Sammenfatningen af pointer fra analysen findes i bilag 2, hvor vi også har forsøgt at få overblik over de nuværende elevtal i de relevante fag.

Ordet ”engineering” optræder ikke i hverken lovteksterne eller de analyserede læreplaner m.v. Eksisterende muligheder for at indplacere engineering som en aktivitet i stx relaterer sig især til det beslægtede begreb ”innovation”, og i enkelte tilfælde tillige til ”design”. Endvidere er der en åbning i forhold til IBSE.

I gymnasieloven formuleres en række fælles mål for de gymnasiale uddannelser, samtidig med at specifikke træk ved de forskellige uddannelser beskrives.³ Fælles for alle uddannelserne er, at de skal udvikle elevernes almindelse, viden og kompetencer (§1 stk. 1). Uddannelserne skal dels studieforbere, dels almindeliggøre. I forbindelse med almindelse i form af personlig myndighed og omverdensansvarlighed anføres, at *”uddannelserne skal tillige udvikle elevernes kreative og innovative evner og kritiske sans”* (§1 stk. 3).

I lovtekstens omtale af undervisningen (§29) følges dette op med krav om, at eleverne skal opnå *”erfaringer med fagenes anvendelse”* og indgå i *”forløb og faglige aktiviteter, hvor der arbejdes målrettet med at udvikle elevernes evne til at arbejde kreativt og innovativt i fagene”*. Specifikt omtales, at eleverne skal arbejde med skabelsen af digitale produkter.

Engineering er ubestrideligt en arena for at bringe anvendelsesaspektet ind i en række fag i stx, ligesom det i visse fag også vil være naturligt og relevant at lave engineering-aktiviteter, som udvikler digitale produkter. På den anden side, er den p.t. eksisterende mængde af forskning på området for begrænset i kvalitet og omfang til at konkludere, i hvilket omfang engineering fremmer kreativitet og innovationsevne hos eleverne (se kap. 3). Det er således for nuværende vanskeligt at etablere forskningsbelagt evidens for, at engineering på gymnasieniveau fremmer kreativitet og innovationsevne.

Innovation som afsæt for engineering i stx

Innovation er i udgangspunktet en ny og udfordrende forpligtelse i stx, som tænkes løst både i regi af fagene og gennem faglige samspil. Kreative og innovative læringsaspekter kan altså tilgodeses inden for rammerne af eksisterende stx-fag, men i høj grad også gennem tværgående samarbejde og opgaver på tværs af fagene. Men innovation som tværgående forpligtelse i stx er en ny og udfordrende dagsorden for mange gymnasier. Der ligger et potentiale i at få henledt gymnasiernes opmærksomhed på, at engineering er en måde at løfte denne forpligtelse på, også i fag, der ligger uden for den naturvidenskabelige fagrække.

At innovation som tværgående samarbejde er et prioriteret indsatsområde fremgår bl.a. af, at der er udarbejdet en særlig vejledning for elevers arbejde med innovation.⁴

Blandt de engineering-relevante anvisninger i vejledningen er, at *”der skal i fagene og de faglige samspil arbejdes målrettet med at udvikle elevernes evner til at anvende faglig viden og faglige metoder til at undersøge og løse konkrete problemer...”*. Problemerne kan bl.a. *”knyttes til løsningen af åbne problemstillinger på det eksperimentelle område”*, og problemløsningen kan *”evt. suppleres med udformning af et udkast til et produkt i digital eller fysisk form”*. Realiserbarheden af en potentiel løsning *”kan fx ske med brug af eksperimenter”*.

Vejledningen foreslår tillige, at arbejdet med innovation koordineres via studieplanen på tværs af fag, ligesom det betones, at arbejdet bør sikre en tydelig sammenhæng og progression.

³ LBK nr. 611 af 28/05/2019, se <https://www.retsinformation.dk/eli/ta/2019/611>

⁴ <https://www.uvm.dk/-/media/filer/uvm/udd/gym/pdf19/aug/190801-vejledning-til-lov-og-bekendtgorelse---elevernes-innovative-kompetencer.pdf>.

En ny rapport (fra 2021) om evaluering af undervisning i innovation i gymnasiet viser, at undervisning i innovation, med tilhørende vurdering af at elevernes læring er plaget, er et helt grundlæggende problem.⁵ Som det første resultat af evalueringen slås fast, at for de lærere, der indgik i det undersøgte rammeforsøg, er det uklart, hvad de skal lægge i begrebet innovation.

”Evalueringen viser overordnet, at selve begrebet innovation ikke er et veldefineret begreb, som de deltagende undervisere har en fælles forståelse af. Underviserne har en fælles forståelse overlapper i nogen grad hinanden, men der ikke en grundlæggende fælles forståelse eller definition. Underviserne peger på, at begrebet heller ikke har været tydeligt defineret fra STUKs side i forbindelse med information om rammeforsøget.

Manglen på et fælles innovationsbegreb udfordrer muligheden for at vurdere rammeforsøgets potentiale, ligesom det giver konkrete udfordringer for underviserne, der mangler et fælles grundlag at tale ud fra med elever, andre undervisere og censorer.”

I det omtalte rammeforsøg indgik bl.a. fagene biologi og kemi og det må formodes, at den påpegede forvirring omkring hvad innovation er, også gælder i de naturvidenskabelige fag.

I denne rapportes kapitel 1 er det beskrevet, hvordan innovation – trods en upræcis definition og mangel på en konkret procesbeskrivende og faginddragende didaktik - har mange træk, der metodisk og læringsmæssigt er sammenfaldende med engineering. Derfor er det relevant at se på det potentiale som engineering - i kraft af et tydeligere indhold, en gennemarbejdet didaktik og en mere systematisk inddragelse af eksisterende fag – har til at sætte rammer, der kan hjælpe de naturvidenskabelige lærere i stx med at tydeliggøre og konkretisere, hvordan de kan arbejde med innovation.

I det omfang engineering og innovation anses for at have sammenfaldende metodiske træk, er der således tale om en oplagt samarbejdsdagsorden, som ideelt set kan udstrækkes til en bred vifte af fag.

Studieretningsprojekter som afsæt for engineering i stx

Innovation er også skrevet ind i en anden tværgående aktivitet, nemlig studieretningsprojektet (SRP) på stx. I vejledningen for studieretningsprojektet hedder det således:

”I studieretningsprojektet på stx er en del af formålet, at elevernes almindelige styrkes ved at arbejde med almene og videnskabsrelaterede områder, som overskrider det enkelte fag, og ved at udvikle og vurdere innovative løsninger på flerfaglige problemstillinger. Studieretningsprojektet kan omfatte innovation, og hvis det er tilfældet, er det et selvstændigt fagligt mål, at eleven kan udvikle og vurdere innovative løsningsforslag. I et eller flere af de flerfaglige forløb, der

⁵ Det nationale forskning- og analysecenter for velfærd (2021): ”Evaluering af rammeforsøg med prøver i innovative kompetencer”. <https://www.vive.dk/da/udgivelser/evaluering-af-rammeforsog-med-proever-i-innovative-kompetencer-15897/>

forbereder eleverne til arbejdet med studieretningsprojektet, skal der derfor indgå arbejde med udvikling og vurdering af innovative løsningsforslag”.⁶

Endvidere fastslås det i vejledningen, at SRP med innovativ vinkel tager afsæt i et

”konkret/autentisk problem. Det forventes, at eleven undersøger et problem og udarbejder og vurderer et innovativt løsningsforslag. Ved et innovativt løsningsforslag forstås, at forslaget har værdi for andre og tilfører den konkrete sammenhæng noget nyt. Forslaget behøver ikke at være nyt i absolut forstand, men skal bidrage med noget nyt i den konkrete sammenhæng”.⁷

Med denne nedtoning af nyhedsværdi bringes innovation tæt på den typiske tilgang til engineering, sådan som det har været praktiseret i både grundskole og stx i de danske projekter. Under alle omstændigheder omfatter studieretningsprojektet et skriftligt produkt.

SRP er således et fint afsæt for engineering – for de elever, som rent faktisk vælger SRP med en udviklende innovationsvinkel.

Hvor kan engineering positioneres i stx ifølge de formelle styringsdokumenter?

- Valgfaget Teknologi C: Valgfaget har alle formelle muligheder for at udfolde en engineering-tænkning. Men tilsyneladende udbyder/opretter man p.t. ikke faget på noget stx-gymnasium i Danmark. Her ville det være særdeles relevant at højne fagets status – blandt såvel skoleledere som elever i stx.
- En højnelse af Teknologi C's status kan måske højnes med Danske Gymnasiers (DG)⁸ forslag om at opprioritere teknologi som emne i undervisningen på stx og hf.⁹
- Studieretningsprojektet: Det har ikke været muligt at finde ud af, hvor stor en del af studieretningsprojekterne, der faktisk handler om innovation. Under alle omstændigheder vil det være relevant at styrke dette islæt ved såvel inspiration i form af en materialebank og tilbud om efteruddannelse for naturfaglige undervisere i engineering/innovation.
- Innovation: En implementering af engineering vil kunne fremmes ved at fremhæve, at engineering er en produktiv tilgang til at løfte den tværgående forpligtelse til at arbejde med innovation i stx. Dette arbejde foregår hyppigst i samspil mellem fag, så i denne sammenhæng vil det være nyttigt også at fremhæve en STEAM-dagsorden, hvor design-dagsordenen også knyttes til fx billedkunst eller design.
- Naturvidenskabeligt Grundforløb (NV): Her arbejder eleverne problem- og oplevelsesorienteret. Det vil være muligt at introducere inspirationsmaterialer til NV og dermed vise, at engineering kan styrke elevernes evne til undersøgelse og modellering, samtidig med at problemorienteringen fastholdes og der tilføres en oplevelsesdimension. I det omtalte pilotforsøg i Region Midtjylland har en af de deltagende skoler besluttet at integrere engineering i det naturvidenskabelige grundforløb.
- Kemi: Blandt de naturvidenskabelige fag har kemi aktuelt den stærkeste iprægning af innovation i de formelle skrivelser. I lighed med de andre naturvidenskabelige fag, så spejles innovationsdelen imidlertid ikke i fagets prøveformer. Hvis man vil fremme engineering i de naturvidenskabelige fag, vil det være hensigtsmæssigt dels at følge op på det innovative islæt, dels at få prøveformer og bedømmelseskriterier

⁶ https://fvgh.dk/sites/default/files/uploads/studieretningsprojektet-stx-vejledning-2018_1.pdf

⁷ https://fvgh.dk/sites/default/files/uploads/studieretningsprojektet-stx-vejledning-2018_1.pdf

⁸ DG er en interesseorganisation for de almene gymnasier og hf-kurser i Danmark.

⁹ <https://www.danskegymnasier.dk/forslag-om-at-opprioritere-teknologi-paa-stx-og-hf/>

til også at favne engineering-rettede produkter og proceskompetencer. I det omtalte pilotforsøg i Region Midtjylland har en af de deltagende skoler besluttet at indføre engineering i kemi C.

2.3: Stemmer fra praksis

Vi har interviewet fire fremtrædende aktører om, hvilke potentialer og udfordringer for implementering af engineering i det almene gymnasium de ser fra deres position i hhv. stx og htx. De fire aktører er:

- JR, gymnasierektor (stx) og bestyrelsesmedlem i interesseorganisationen Danske Gymnasier
- PJ, gymnasielærer (stx) med erfaring fra engineering-undervisning
- ED, tidligere rektor (stx), nu aktiv i forbindelse med efteruddannelse af naturvidenskabelige lærere gennem gymnasiesamarbejdet Danske Science Gymnasier
- PK, gymnasielærer (htx) og fagkonsulent for teknologifaget på htx

Her præsenteres kun hovedpointerne fra de fire interviews. En mere udfoldet tematisk gennemgang af deres pointer findes i bilag 3.

Overordnet mener alle aktører, at engineering i stx kan fremmes gennem en integration med, primært, innovation, og med undersøgelsesbaseret undervisning (IBSE). Sidstnævnte mener de fremover vil spille en voksende rolle i de naturvidenskabelige fag i stx. De mener samtidig, at der er behov for begrebsafklaring, som operationaliserer og forenkler et eksisterende undervisningsmæssigt mål- og begrebshierarki, så det bedre kan bruges til undervisningsplanlægning og -evaluering.

Disse overvejelser perspektiveres i denne rapport af kapitel 1, som beskriver sammenhænge mellem engineering og beslægtede undervisningstilgange. Med hensyn til integration af engineering med fx IBSE, omtales didaktiske modeller som fx FITS-modellen (Van Breukelen, Michels, Schure, & De Vries, 2016) og Learning by Design (Kolodner, Crismond, Gray, Holbrook, & Puntambekar, 1998), som netop kan give inspiration til denne integration.

Engineering og innovationsdagsordenen

Ifølge de tre aktører fra stx kan engineering bidrage til at gøre innovation mere attraktivt i gymnasiet. En fordel ved at indføre engineering vil være, at det kan skabe en ramme for at arbejde med innovationselementer og giver mulighed for at arbejde konkret med en eller anden form for produkt. Engineering forbindes primært med at designe og konstruere teknologiske produkter, så der er ingen modsætninger mellem at arbejde med engineering og innovationsorienteret. PJ peger dog på, at det vil være en udfordring, at innovation - forstået som "*at skabe værdi for andre*" - ikke appellerer til mange naturvidenskabelige lærere, fordi de har den opfattelse, at innovation har et merkantilt islæt, som står i modsætning til gymnasieundervisningens almendannende aspekt.

Engineering som problem- og projektorienteret arbejde med autentiske problemstillinger, SRO, SRP

Aktørerne forestiller sig, at engineering kan virke motiverende som en problem- og projektorienteret arbejdsform, fordi arbejdsformen kan tilbyde eleverne naturvidenskabelig undervisning, hvor de kan løse autentiske udfordringer, bruge deres kreativitet, arbejde sammen og dele viden.

Ifølge ED vil det

"være godt for eleverne, at der er konkrete projekter en gang imellem frem for den meget teoretiske undervisning, de har i gymnasiet. Konkrete projekter kan sætte

den traditionelle undervisning lidt i perspektiv, fordi de illustrerer, at eleverne lærer noget, som kan bruges til at løse helt konkrete problemstillinger.”

Det vil ifølge de tre aktører fra stx være relativt nemt at implementere projektarbejde med løsning af autentiske problemstillinger og træning af elevers kritiske kompetencer i naturfagene, da det kan ske uden de store revisioner af de nuværende læreplaner.

JR tror ikke, at man skal arbejde autentisk og problemorienteret i alle undervisningsaktiviteter, men ser det som en meget god variation, hvis man engang imellem tager udgangspunkt i en autentisk case, uden at det behøves at være et stort tværfagligt projekt.

PJ og ED fremhæver, at engineering har en berettigelse i både SRP- og SRO-opgaverne i stx. SRO er ifølge ED *“en god ramme for eleverne til at lave fx engineering eller innovation, fordi det er et øvelsesprojekt, inden eleverne skal lave deres store SRP-opgave i 3.g”*. PJ mener, at engineering kan kobles til den særlige innovations-SRP, som eleverne kan vælge.

Engineering og tværfagligt samarbejde

Alle aktørerne mener, at engineering kan anvendes i tværfaglige sammenhænge i stx. Fx vil det ifølge JR være oplagt at lave et samarbejde mellem de naturvidenskabelige fag og samfundsfag om engineering-faglige problemstillinger. Et sådant samarbejde vil kunne løse en fremtidig udfordring med at levere studerende til de naturvidenskabelige og teknologiske uddannelser, som vil være i stand til at anskue problemer fra flere sider: *“Der bliver brug for studerende til de teknisk/naturvidenskabelige uddannelser, som også kender til de samfundsfaglige vinkler på teknologiske og naturvidenskabelige problemstillinger”*.

Engineering og et nyt selvstændigt teknologifag i stx

Hvis der, som Danske Gymnasier foreslår, indføres et selvstændigt teknologifag i stx, vil det ifølge JR give mulighed for at arbejde mere dybdegående og langstrakt med større engineering-projekter med en opstart, problemanalyse, undersøgelser, konstruktionsfaser, fremlægning og en praktikperiode, svarende til arbejdsformen i de nu afskaffede AT-forløb, som mange naturvidenskabelige lærere satte stor pris på.

Organisatorisk foreslår PK - som er fagkonsulent for teknologifaget i htx - at man kan lade sig inspirere af den måde, man strukturerer engineering-projekter på i Teknologi B-faget på htx. På mange tekniske gymnasier organiseres alle teknologitimerne i engineering-projektet i bånd på en årgang, så lærere kan arbejde sammen om vejledning og stilladsering af de enkelte elevgruppers arbejde.

2.4: Uddannelsesmæssig kontekst for at indføre engineering i stx

Her omtales et internationalt og en række nationale initiativer, som vi mener har relevans for en mulig indsats i det danske gymnasium.

Next Generation Science Standards - USA¹⁰

Som det fremgår af kapitel 3's beskrivelse af den internationale litteratur om forskning og udvikling af engineering, så er denne domineret af udviklingen i USA. Og vigtigst i USA-sammenhæng er initiativet ”Next Generation Science Standards” (NGSS).

¹⁰ Se <https://www.nextgenscience.org>

NGSS tager udgangspunkt i en skelsættende rapport fra 2012 ”A Framework for K-12 Science Education - Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas” (National Research Council, 2012). Som det fremgår af titlen, omhandler framework-rapporten alle undervisningstrin fra børnehave (Kindergarten) til 12. klassetrin (K-12), altså børnehaveklasse, grundskole og ungdomsuddannelser. I dette videnspapir har vi fokus på årgangene 10-12, men nogle generelle pointer vedrørende engineering på alle niveauerne K-12 er også relevante for gymnasieniveauet.

Framework-rapporten satte kun rammen for, hvordan de amerikanske delstater kan organisere deres læreplaner, og rapporten blev fulgt op af NGSS-initiativet, hvor 26 delstater nu i en række år er gået forrest i arbejdet med at reformere indhold og mål for deres science-undervisningen på grundlag af framework-rapportens anbefalinger.

Framework-rapporten blev skrevet med det udgangspunkt, at man fra forskning og eksamensresultater var klar over, at for mange elever havde for store vanskeligheder med at tilegne sig indholdet i naturfagene. Rapporten slog ned på to udfordringer:

1. Der var for mange elever, som anså naturfagene for at være uvedkommende og langt hen ad vejen for kedelige til at engagere dem, så der var et problem med undervisningsmetoderne.
2. Der var problemer med et for ambitiøst pensum. En overflod af emner betød, at lærerne fik for lidt tid til at arbejde i dybden med stoffet.

På den positive side påpegede rapporten, at inden for de foregående årtier havde læringsforskningen gjort så store fremskridt, at der nu var et grundlag for at foreslå nye, forskningsbaserede undervisningsformer.

Som løsning foreslog rapporten at ligestille engineering-faglighed med science-faglighed, blandt andet ud fra en forventning om, at vægt på engineering kunne bidrage til udvikling af undervisningsmetoderne i retning af noget mere anvendelsesorienteret, elevmeningsfuldt og motiverende. Desuden var det et argument, at i et samfund, som i den grad er afhængigt af teknologiske produkter, er det ikke tilstrækkeligt med en naturvidenskabelig undervisning, som er rettet mod at forstå fænomener knyttet til den naturlige verden. Det er også nødvendigt at give en undervisning, der giver indsigt i ”the designed world” dvs. teknologien, dens produkter og de designprocesser, der fører til udvikling af ny teknologi.

Problemet med det omfangsrige pensum kunne dog ikke løses ved at lægge mere vægt på engineering i undervisning, og rapporten foreslog at skære ca. halvdelen af det eksisterende science-pensum bort og i stedet fokusere på at undervise i færre, men centrale ”kernebegreber” fra de eksisterende sciencefag. Yderligere reduktion i faglig kompleksitet blev opnået ved at pege på, at en række begreber går på tværs af alle de naturvidenskabelige fag (crosscutting concepts), og derfor kan der også undervises i dem på tværs.

Som konsekvens blev ”engineering design” indført som et nyt område ud af i alt fire områder i scienceundervisningen. De tre andre er fysik, life science og earth-and-space science.

Med relevans for undervisningsmetoderne blev det anbefalet at undervise elevaktiverende med udgangspunkt i en række autentiske praksisser, som fx: ”stille spørgsmål og definere problemer”, ”udvikle og bruge modeller”, ”planlægge og udføre undersøgelser”, eller ”konstruere forklaringer og designe løsninger”.

Praksisorienteringen havde ikke udelukkende fokus på undervisningsmetoder, men omfattede også en ændring af målsætninger for undervisningen.

De anviste praksisser er knyttet både til naturfag og engineering. De afbilder, hvad forskere gør for at undersøge fænomener i naturen og hvad ingeniører gør for at bygge teknologiske systemer. Igennem undervisning i praksisser engageres eleverne i aktiviteter, der indbefatter at bygge, at fordybe sig og at anvende kernebegreberne samt de tværgående begreber.

Som omtalt implementeres disse forslag nu i læreplaner i det meste af USA i en lang og meget grundig proces - i det initiativ, der omtales som NGSS.

Kort efter at Framework-rapporten udkom, blev den omtalt i dansk sammenhæng i tidsskriftet MONA, hvor Evans og Horst (2012) stillede spørgsmålet, om man i dansk uddannelsestænkning vil samme vej som med NGSS i USA. Nogle af de ændringer, der er sket i naturfagsundervisningen i grundskolen i Danmark – som fx den vægt der i grundskolens Fælles Mål er på undersøgelse, modellering og perspektivering samt indførelsen af de Fællesfaglige Fokusområder – er inspireret af og helt på linje med tanker i NGSS. Men på gymnasieområdet er der intet spor af tankerne i NGSS-initiativet. Denne mangel kan bedst forstås i lyset af, at vi i Danmark – i hvert fald for de naturvidenskabelige fag - mangler en uddannelsesdiskurs rettet imod at formulere en sammenhæng på langs af uddannelsessystemet, altså en naturvidenskabelig K-12 dagsorden. Desuden kan fraværet af en NGSS-inspireret dagsorden for gymnasiet give anledning til bekymringer om, at den danske gymnasiesektor mangler internationalt udsyn.

Sammen om naturvidenskab. Anbefalinger til en national strategi for de naturvidenskabelige fag

På det formelle niveau i det danske uddannelsessystem, blev der i 2016-2017 udført et omfattende og seriøst arbejde for at etablere et videns- og forskningsbaseret grundlag for en national strategi på naturfagsområdet. Der blev sammensat en stor arbejdsgruppe, repræsenterende en bred vifte af interesser, som skulle komme med anbefalinger til en sådan strategi.

Af kommissoriet til arbejdsgruppen fremgår det, at strategien skulle sikre ”*bedre sammenhæng mellem naturvidenskabelig undervisning i folkeskolen, i gymnasiet og på de videregående uddannelser*” (Bohm et al., 2017, s. 56). I modsætning til tidligere, nationale strategitilløb fra undervisningsministeriets side, der omtales i kommissoriet, er gymnasiet denne gang medtænkt i strategiarbejdet. Kommissoriet betoner tillige, at Danmark har en relativ lav andel af befolkningen, der tager en uddannelse inden for det teknologiske, matematiske og naturvidenskabelige område, hvorfor en kommende strategi bl.a. har til formål at få flere unge til at vælge ”*tekniske, naturvidenskabelige og it-uddannelser*”. I forlængelse heraf fastslås det, at en naturvidenskabelig strategi skal have fokus på STEM-kompetencer. I udgangspunktet var strategiarbejdet således en politisk åbning for styrkede indsatser for teknologi og engineering i naturvidenskabelig undervisning på alle niveauer.

På baggrund af indsamlet international evidens opsummerede rapporten nogle punkter, der kendetegner meningsfuld, relevant og engagerende naturfagsundervisning. De vigtigste punkter er i denne sammenhæng, at undervisningen bør være karakteriseret ved (Ibid., s. 19):

- Relevans og anvendelsesorientering, bl.a. ved at tage afsæt i autentiske problemstillinger
- Inddragelse af engineering og teknologi, herunder digital teknologi og computational thinking samt en tættere kobling til matematik
- Undersøgelsesbaserede undervisningsmetoder og problemorienterede projekter

Hvad angår disse aspekter var anbefalingerne for gymnasieområdet i den endelige rapport dog kun en moderat udfoldning, og langt mindre vidtgående end NGSS. Man indskrænkede sig således til at anbefale, at de gymnasiale uddannelser ”i højere grad kan inddrage engineering, teknologi og undersøgelsesbaserede undervisningsformer” i undervisningen (Ibid., s. 26). Mere generelt anbefalede man også ”fortsatte udviklingsarbejder om problem- og anvendelsesorientering” for derigennem at fremme elevernes engagement og oplevelse af relevans. Der er i rapporten ingen konkrete krav, mål eller strukturer for en evt. øget inddragelse af engineering i gymnasiet. Modsat NGSS, hvor engineering er skrevet næsten ligeværdigt ind i curriculum i hele K-12-niveaue.

Ret overraskende valgte den daværende undervisningsminister i det store hele at se bort fra rapporten og i stedet lade udarbejde en alternativ strategi for de naturvidenskabelige fag med fokus på traditionel kernefaglighed og et kanoniseret indhold i form af en såkaldt ”Naturvidenskabens ABC” (Børne- og Undervisningsministeriet, 2020). Derved blev både det brede STEM-perspektiv og anvendelsesorienteringen, tillige med de mere snævre engineering-prioriteringer, voldsomt nedprioriteret i den danske uddannelsespolitiske dagsorden.

Tættere på undervisningspraksis

Selvom anbefalingerne til et bredt STEM-perspektiv, anvendelsesorientering og engineering-prioriteringer blev nedprioriteret i den uddannelsespolitiske dagsorden, er der alligevel grund til optimisme. Dette fordi en række relevante nationale initiativer peger på, at forskellige undervisningsmæssige aktører, trods den politiske nedprioritering, alligevel forsøger sig med implementering af engineering og teknologi-undervisning i gymnasiet. Disse initiativer omtales i de følgende afsnit.

Teknologipagten

Teknologipagten blev oprettet i 2018 i et samarbejde mellem en række ministerier. Formålet med pagten er at samle aktørerne på STEM-området og sætte fokus på manglen på danskere med STEM-kompetencer.

En del af pagtens indsatser er rettet mod grundskolen. Engineering indgår ikke eksplicit i fondens målsætning, men det indgår i fondens undervisningsrettede aktiviteter at

”beskrive aktuelle naturfaglige problemstillinger på en autentisk og virkelighedsnær måde, der understøtter elevernes evne til at perspektivere og relatere natur og teknologi til den hverdag og det samfund, de er en del af”.¹¹

Engineering i Skolen

I forbindelse med programmet Engineering i Skolen (EiS)¹² er der i 2018 udarbejdet en engineering-didaktik til brug i grundskolen (Auener, Daugbjerg, Nielsen, & Sillasen, 2018). Selvom EiS-initiativet udelukkende er rettet mod grundskolen, har det været et afsæt for senere indsatser med henblik på implementering af engineering i stx, fx de pilotforsøg, der netop er gennemført eller p.t. gennemføres af Engineer the Future og tre regioner (omtales nedenstående).

Der er udarbejdet en række materialer til brug for engineering-undervisning i grundskolen. Der er designet og afprøvet et efteruddannelsesforløb for grundskolelærere i, hvordan man underviser i engineering. Ti kommuner er med i et 3-årigt kompetenceudviklingsforløb, som indtil videre er gennemført af ca. 1.075 lærere.

¹¹ <https://www.teknologipagten.dk/egne-projekter>

¹² <https://engineerthefuture.dk/engineering-i-skolen/>

I forbindelse med EiS er der også udarbejdet et videnspapir, som er rettet mod grundskoleniveauet (Sillasen et al., 2018). Deri omtales de NGSS-inspirerede projekter Engineering is Elementary (USA) og Learning to be an engineer (UK). Begge initiativer har stor betydning for udviklingen af engineering-undervisning, men da de er rettet mod K-9-niveauerne, omtales de ikke yderligere her.

Teknologiforståelse som forsøgsfag i grundskolen¹³

Teknologiforståelse er et forsøgsfag, der i perioden 2018-21 afprøves i flere versioner på en række grundskoler. Faget indeholder centrale elementer af design, analyse, vurdering og problemløsning i forbindelse med teknologi og har derfor træk af engineering. Teknologiforståelse er dog begrænset til arbejde med *digitale* teknologier. Hvis Teknologiforståelse indføres som obligatorisk fag i grundskolen, må det forventes, at det får implikationer for undervisning i gymnasiet, der er relateret til teknologi.

Forslag om at opprioritere teknologi på stx og hf¹⁴

Danske Gymnasier (DG), der er interesseorganisation for de almene gymnasier og hf-kurser i Danmark, har i januar 2021 fremsat et forslag om at opprioritere teknologi som emne på undervisning på stx og hf.

I forslaget bruges udtrykket engineering ikke, men det foreslås, at der indføres et teknologifag i stx, som klæder eleverne på til at forstå, hvad teknologi er, hvordan det skabes og udvikles, og hvordan det påvirker vilkårene for mennesker, både i et individ- og i et samfundsperspektiv. Det nye fag indeholder dermed tydelige aspekter af engineering.¹⁵ DG ser endvidere en ny faglig indsats som en vej til at gøre eleverne teknologisk myndige og bidrage til deres almindelse.

Desuden indgår det i DGs naturvidenskabsstrategi, at foreningen vil arbejde for, at de almengymnasiale uddannelser implementerer en ny engineering- og praksisorienteret undervisningsform, der er inspireret af måden, ingeniører arbejder på, og som skal højne elevernes nysgerrighed, viden og bevidsthed om, hvilke problemer naturvidenskab kan bidrage til at løse.

I bilag 4 omtales yderligere projekter og indsatser i det almene gymnasium (stx), som kan bidrage med erfaringer og perspektiver til, hvordan engineering kan implementeres i relation til beslægtede begrebsområder.

2.5: Sammenfatning

Et netop afsluttet pilotforsøg i Region Midtjylland med engineering i stx viser særdeles positive resultater både på lærer- og elevniveau. Samtidig indikerer lærernes reaktioner, at engineering har potentiale til at udvikle undervisningen i de naturvidenskabelige fag i projektorienteret og elevaktiverende retning. I forbindelse med projektet i Region Midtjylland er der udarbejdet en evalueringsrapport og en engineering-didaktik for stx.

En analyse udarbejdet på grundlag af styringsdokumenter for stx-uddannelsen og dens tværgående elementer (innovation, studieretningsprojekter m.m.), samt læreplaner og vejledninger for de fag, der har anknytning til

¹³ <https://xn--tekforsget-6cb.dk/>

¹⁴ <https://www.danskegymnasier.dk/16727-2/>

¹⁵ <https://www.danskegymnasier.dk/forslag-om-at-opprioritere-teknologi-paa-stx-og-hf/>

design-elementer og engineering viser, at *en styrket engineering-indsats* i stx primært vil kunne udfoldes via undervisningens *tværgående elementer*, og inden for *nogle eksisterende fag*.

Innovation og engineering ligner hinanden i deres metodiske tilgange. Trods flere års arbejde med innovationsfremmende undervisning ser det ud til, at der stadig hersker uenighed om, hvad lærerne forstår ved innovationbegrebet. I denne situation har engineering potentiale til at konkretisere og udvikle den lovpligtige undervisning i innovation i de naturvidenskabelige fag, ligesom engineering kan sikre en mere systematisk inddragelse af eksisterende fag. Også i de øvrige tværgående elementer kan engineering være med til at løfte stx's forpligtigelse til at undervise ved at understøtte fagoverskridende SRP-projekter med fokus på innovative problemløsninger på flerfaglige problemstillinger.

Inden for de eksisterende fag har engineering potentiale til at styrke undervisningen inden for valgfaget teknologi C, det naturvidenskabelige grundforløb og kemi.

”Stemmerne fra praksis” mener, at engineering kan anvendes i tværfaglige sammenhænge i gymnasiet:

- Hvis der, som Danske Gymnasier (DG) foreslår, indføres et selvstændigt teknologifag i stx, vil det give mulighed for at arbejde med større engineeringprojekter med en opstart, problemanalyse, undersøgelser, konstruktionsfaser, fremlægning og en praktikperiode, svarende til arbejdsformen i de nu afskaffede AT-forløb, som mange naturvidenskabelige lærere satte stor pris på.
- Hvis teknologi indføres som et selvstændigt fag i gymnasiet, foreslås det, at man lader sig inspirere af den måde man på mange tekniske gymnasier strukturerer teknologi-/engineering-projekter.
- Det vil være relativt nemt at implementere projektarbejde med løsning af autentiske problemstillinger og træning af elevernes kritiske kompetencer i naturfagene, da det kan ske uden de store revisioner af de nuværende læreplaner.

En amerikansk indsats og en række danske projekter har relevans for en mulig indsats for engineering i det almene gymnasium. Især det omfattende amerikanske initiativ ”Next Generation Science Standards” (NGSS) som har pointer omkring integration af engineering i de naturvidenskabelige fag, der er stærkt relevante for det danske gymnasienium.

Kapitel 3: International viden og projekter om engineering i undervisningspraksis på gymnasieniveau

Her gives en oversigt over den eksisterende, engelsksprogede litteratur på området. Desuden giver kapitlet en kort oversigt over nogle projekter i USA rettet mod engineering på gymnasieniveau samt en kort statusredegørelse for implementeringen af engineering og teknologi-undervisning i de norske og svenske gymnasier.

3.1: International viden om engineering på gymnasieniveau

For at identificere den eksisterende internationale viden om engineering på gymnasieniveau (niveau 10-12) har vi foretaget en omfattende litteratursøgning. Fremgangsmåden er beskrevet i bilag 6.

Søgningen identificerede 67 artikler. I dette kapitel gøres der rede for en række overordnede iagttagelser og konklusioner baseret på artiklerne. Et mere detaljeret survey af artiklerne findes i bilag 5.

Langt det meste af den internationale forskningsviden på gymnasieniveauet tager afsæt i USA og – især – i den vigtige rapport “A Framework for K-12 Science Education” (National Research Council, 2012), som allerede er omtalt i kapitel 2. Der er dog også artikler fra andre lande som fx Malaysia, Singapore og Israel.

Den identificerede forskningsbase på 67 artikler om engineering på gymnasieniveauet er noget mindre end den tilsvarende base for grundskoleområdet, og generelt er forskningen ikke af imponerende kvalitet. Det betyder, at vi må tage visse forbehold for, hvor sikkert vi kan udtale os om gymnasieelevers læringsudbytte, når de arbejder med engineering i gymnasiet.

På trods af dette forbehold mener vi, at forskningsbasen viser, at i forbindelse med indførelse af engineering-aktiviteter i den naturvidenskabelige undervisning på gymnasieniveau, holder den faglige læring generelt samme niveau som traditionel naturvidenskabelig undervisning, og måske ses en mindre forbedring i nogle tilfælde. Undervisningen kan altså problemorienteres og praksisrettes, uden at det går ud over elevernes faglige læring. Endvidere antyder den internationale forskning, at der er grund til yderligere optimisme, fordi eleverne finder engineering motiverende. I de følgende afsnit udfoldes disse konklusioner i større detalje.

3.1.1: Engineering og elevernes udbytte

Elevernes naturfaglige udbytte af engineering på gymnasieniveau

Vores review af den internationale litteratur viser, at der ikke på gymnasieniveau er udført omfattende forskning omkring elevernes faglige udbytte af engineering, og at de eksisterende studier giver meget forskellige indtryk af, hvor stort dette udbytte er. Det skyldes blandt andet, at en række uafdækkede forhold har afgørende betydning for læringsudbyttet, fx de involverede fag, de konkrete engineering-opgaver, elevgruppen, interventionslængden, måden fagligt udbytte evalueres på osv. (Se fx (Berland, 2013)).

Kigger man på tværs af de registrerede effektstørrelser for elevernes læring (Se bilag 5), der spænder fra 0 til ca. 2, så forekommer det rimeligt at konkludere, at elevernes faglige udbytte i gennemsnit er ”moderat” – i øvrigt samme vurdering, som vi nåede frem til i det mere velkonsoliderede vidensgrundlag for Engineering i (grund)skolen (Sillasen et al., 2018).

Elevernes affektive udbytte - motivation og interesse for science- og engineering-relaterede karrierer

Der tegner sig et rimeligt konsistent billede af, at gymnasieelever oplever engineering-aktiviteter som sjove og umiddelbart motiverende. Størrelsen af den motiverende effekt afhænger af de konkrete engineering-udfordringer og undervisningsformer, og der er muligheder for forbedringer. I dansk sammenhæng kan der være behov for at gentænke, hvordan motivationsteori kan anvendes i tilrettelæggelsen af forløb.

Et antal studier indikerer, at indlagte engineering-aktiviteter kan øge motivationen for at lære naturvidenskabelige fag mere generelt. Det er imidlertid ikke muligt at konkludere noget om, hvorvidt engineering reelt vil kunne fremme personlig interesse for karrierer i naturvidenskab/ingeniørvidenskab. Dertil er der for få studier, og resultaterne viser modstridende anbefalinger.

Elevers engineering-relaterede udbytte

Der findes ganske lidt forskning om elevernes engineering-relaterede udbytte i feltet, derfor hviler konklusionerne på et spinkelt grundlag. Med engineering-relateret udbytte menes, at eleverne lærer at løse en teknologisk udfordring ved hjælp af en engineering-design-procesmodel, samt at tænke problemløsende gennem en række optimerende og konstruktive processer, herunder modellering og brug af prototyper. Hertil kunne man for visse typer af problemstillinger tilføje, at eleverne opnår kendskab til, hvordan materialer kan forarbejdes i forbindelse med en teknologisk løsning.

Som størstedelen af engineering-undervisningen praktiseres, vil elever i hverdagssprog lære at beskrive større eller mindre dele af en engineering-design-model, og de vil kunne gennemføre de mere praktiske delprocesser. Til gengæld har mange vanskeligt ved at forbinde disse aktiviteter med naturfaglige undersøgelser og teori, samt med matematik, hvilket bl.a. bevirker, at deres design-udvikling ikke bliver systematisk og deres design-beslutninger dårligt begrundede.

Der er indikationer af, at engineering-aktiviteter fremmer bestemte typer af engineering-tænkemåder hos eleverne (fx tænkning i systemer og systemhierarkier og design-relaterede forudsigelser).

Der er kun få studier, som målrettet søger at udvide elevernes kendskab til engineering-relaterede karrierer – typisk ved først at sikre sig, at deres undervisere gennem efteruddannelse får et større kendskab til ingeniørarbejde. Studierne indikerer, at læreres samarbejde med ingeniører eller teknologer om udvikling af undervisningsmaterialer kan have en positiv effekt på elevernes læring.

Elevers generiske kompetenceudbytte af engineering

Ingen af de artikler, som vi har læst, forholder sig til om gymnasieelever lærer generiske kompetencer som fx samarbejde, problemløsning og kommunikation. Når fx Katethi et al anbefaler, at engineering udvikler engineering-tænkemåder, inklusive ovennævnte generiske kompetencer, er det ren spekulation uden reference til anden forskning. I forlængelse heraf bemærker de, at anbefalingen ”*snarere må ses som en hensigtserklæring end en afspejling af de aktuelle indsatser i K-12 Engineering*” (Katehi, Pearson, & Feder, 2009).

Tilsvarende udvikler Crismond & Adams (2012) en meget ambitiøs model for undervisning og læring af design, men erkender, at modellen er begrænset, idet den ikke forholder sig til, hvorledes man udvikler elevernes evne til at samarbejde gennem design.

3.1.2: Viden om engineering-undervisning på gymnasieniveau

Som omtalt hviler dette vidensgrundlag på en forskningsbase, hvis begrænsede omfang og varierende kvalitet gør det vanskeligt at etablere solid evidens. Det gælder i særdeleshed for studier af undervisningsmæssige interventioner, som alle undersøger engineering-undervisning i hver deres partikulære kontekst, med hver deres særlige forståelse af engineering, hvilket gør det svært at sammenligne studierne mere generelt.

Alligevel tegner nogle af artiklerne en best practice i feltet, der kan bruges som inspiration i fremadrettede gymnasiale tiltag. I dette afsnit refereres disse artikler tematisk med deres bidrag til best practice. Der findes også yderligere inspiration at hente i den udviklede engineering-didaktik fra pilot-forsøget udført i Region Midtjylland ¹⁶.

Engineering i målbeskrivelser og læseplaner

På basis af et seriøst udredningsarbejde etablerer Moore et al (2014) en rammebeskrivelse af, hvilke læringsmål en sammenhængende engineering-indsats for K-12 (og dermed også gymnasieniveauet) bør tilgodeses. De vigtigste engineering-relaterede læringsmål er ifølge Moore et al.:

- Læring om Engineering design processen og evne til selv at anvende denne i løsning af autentiske problemer
- Træne tværfagligt samarbejde, og i særdeleshed at anvende naturvidenskab og matematik i engineering problemløsning
- Udvikle engineering-tænkning, som handler om evnen til praktisk problemløsning, systemtænkning, forudsigelse af udfald og tænkning om innovation
- Kendskab til hvad ingeniører laver og til ingeniør erhvervet som profession. I dansk stx-regi er det sidste dækket af termen ”karrierelæring” ift. ingeniør erhvervet

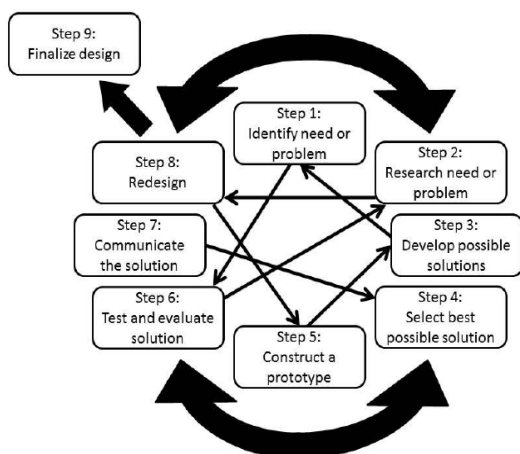
Moore et al. betoner, at rammen kan bruges til at udvikle og strukturere fremtidige K-12-engineering- og STEM-læseplaner.

¹⁶ <https://www.ucviden.dk/da/publications/engineering-i-stx-didaktikve1>

Engineering-udfordringer – bud på design-principper for ”den gode udfordring” til gymnasialt niveau

To artikler tegner best practice med hensyn til, hvordan den gode engineering-udfordring designes.

1. Lammi et al (2018) mener, at overvejelser om elevernes frihedsgrader og udfordringernes hverdagsrelevans er de vigtigste motiverende faktorer, som bør medtænkes i en god engineering-udfordring.
2. Householder et al (2012) fokuserer på de praktiske sider af undervisningen, herunder hvordan en engineering-design-udfordring integreres i STEM-undervisning med nedenstående model:



Forløb hvor engineering og naturvidenskab knyttes sammen

To artikler tegner best practice med hensyn til, hvordan engineering og naturvidenskabelig undervisning kan integreres.

1. Peterman et al (2017) har udviklet en model, ”Engineering Infused Lesson Rubric (EILR)”, som kan bruges til at designe og evaluere, hvordan engineering integreres med naturvidenskabelig undervisning.
2. Van Breukelen et al (2016) har udviklet FITS-modellen, som integrerer engineering med en undersøgelsesbaseret tilgang (IBSE), der har vist sig brugbar for elever i spændet fra 12-års alderen op til lærerstuderende i starten af 20’erne.

Undervisningsskabelon til engineering aktiviteter

Crismond & Adams (2012) har udviklet en skabelon til at designe undervisnings- og evalueringsaktiviteter i engineering, som omfatter fejlopfattelser, læringsstier, målsætninger og undervisningsstrategier, som lærere har brug for at kende, for at kunne undervise effektivt med engineering.

Evaluering i forbindelse med engineering

Der findes kun få eksempler på, hvordan man effektivt kan evaluere elevernes udbytte af engineering-aktiviteter. Èt af de bedste findes i (Berland, 2013), som konkret viser, hvorledes man evaluerer såvel fagfaglige som engineering-relaterede mål. Det sidste gøres bl.a. med Design-Survey og Reverse-engineering-test.

3.2: Amerikanske projekter om engineering i gymnasiet (niveau 10-12)

I USA har engineering-dagsordenen i uddannelsessystemet været mere end 20 år undervejs. Så der findes mange projekter og indsatser, man kan lade sig inspirere af til dansk gymnasiekontekst. De omtalte projekter udspringer af den forskningsbase, som blev præsenteret tidligere i dette kapitel.

For hvert projekt er der en kort omtale af projektet, efterfulgt af en vurdering af, hvordan det kan bruges til inspiration i dansk gymnasiekontekst.

Teach Engineering – STEM curriculum for K-12¹⁷

Dette projekt forvaltes af University of Boulder, Colorado og Oregon State University, og omhandler undervisningsaktiviteter, der bruger engineering som en arbejdsform til at integrere naturvidenskabelige og matematiske koncepter for K-12-elever. Alle undervisningsaktiviteter er designet, så de lever op til NGSS-standarder. For aldersgruppen 15-17 årige er der 292 aktiviteter. I programmet findes også efteruddannelsesaktiviteter for lærere.

Til en dansk gymnasiekontekst er der meget inspiration at hente i dette projekt med hensyn til forskellige typer engineering-aktiviteter målrettet både matematik, naturvidenskabelige fag og tværfaglige sammenhænge. Der er også eksempler på, hvordan man kan organisere lærerworkshops om forskellige engineering-aktiviteter i relation til en STEM-læreplan.

Project Lead the Way (PLTW)¹⁸

PLTW er en nonprofit-organisation, som ifølge deres website tilbyder transformativ læring for K-12-elever og deres lærere. Gennem forskellige læringsstier inden for fx engineering lærer elever foruden tekniske færdigheder også problemløsning, kritisk tænkning, kreativ tænkning, samarbejde og kommunikation. I den enkelte læringssti lever eleverne sig via en fiktiv eller autentisk rammesætning ind i en problemstilling, som de skal bruge naturvidenskab og engineering til at løse.

Flere end 1.400 skoler i hele USA har deltaget. En analyse har vist, at 40% af de elever, som har fuldført PLTW-forløb i high school, søger ind på videregående uddannelse inden for teknologi og ingeniørvidenskab.

PLTW har også et efteruddannelsesprogram for lærere med kurser og læringsressourcer, som giver elever muligheder for at lære fx engineering med udgangspunkt i autentiske problemstillinger.

Projektet kan i en dansk gymnasiekontekst bruges som inspiration til, hvordan producenter af engineering-undervisningsaktiviteter kan opbygge undervisningsmaterialer på en spændende og inddragende måde inden for vidt forskellige områder som computervidenskab, biomedicin og de mere traditionelle ingeniørområder. Der er også inspiration at hente med hensyn til organisering af lærerworkshops og netværksudvikling mellem lærere i fx en region.

Engineer your world¹⁹

National Science Foundation bevilligede i 2008 12,5 mio dollars til The University of Texas Austin til at udvikle innovative løsninger til engineering-undervisning på high school niveau (9-12 klasse). Kerneaktiviteterne er eksemplariske semesterlange curriculumforløb og et efteruddannelsesprogram for lærere.

¹⁷ <https://www.teachengineering.org/>

¹⁸ <https://www.pltw.org/our-programs/pltw-engineering>

¹⁹ <http://engineeryourworld.org/>

Curriculumforløbene er beskrevet som en engineering-design-proces, som lærerne anvender på forskellige engineering-problemstillinger. På hjemmesiden foreligger der ikke tilgængelige undervisningsforløb. Lærerne får antageligt først adgang til dem, når de har deltaget i lærerkurser.

Lærerkurserne er organiseret som en to-ugers sommerskole på Austin University med en blanding af teoretiske og praktiske aktiviteter. Efteruddannelsesprogrammet omfatter også genopfriskningskurser inden for specifikke emner. Disse har et omfang på to dage.

Både engineering-aktiviteter og efteruddannelsesprogrammet udvikles af Institut for Engineering i samarbejde med College of Education på Austin University og NASA. Undervisningsmaterialer og lærer-efteruddannelsesprogrammet er tilgængelig for alle high schools i USA.

Til dansk gymnasiekontekst kan dette projekt bruges som inspiration til, hvordan man udvikler engineering-undervisningsforløb, som generisk har fokus engineering-design-processen og mindre på forskellige specifikke faglige emner og problemstillinger. Endvidere kan der være inspiration at hente for udbydere af lærerkurser til, hvordan længerevarende kurser omkring engineering i undervisningen kan organiseres.

Pre-College Engineering for Teachers (PCET) project²⁰

PCET-projektet var et samarbejde mellem Tufts Universitet, Worcester Polytechnic University, University of Massachusetts (Amherst and Lowell) samt Boston Museum of Science og var finansieret af The National Science Foundation. Projektperioden var 2003-2005. Formålet var at kompetenceudvikle high school mentorlærere til forskellige engineering-design-udfordringer, som de så afprøver i egen undervisningspraksis med henblik på efterfølgende forbedringer af undervisningsforløb. Et langsigtet mål for disse mentorlærere var at kunne kompetenceudvikle deres lærerkolleger på egne skoler til at bruge engineering-undervisningsaktiviteter. I alt 86 lærere deltog i forløb faciliteret af de 22 mentorlærere.

Projektet kan være til inspiration for, hvordan lærerkurser kan organiseres i en dansk gymnasiekontekst, herunder den anvendte sprednings- og forankringsmodel, som vi også kender i Danmark fra QUEST- og Engineering i Skolen-projekterne samt det netop afsluttede Engineering i Gymnasiet-pilotprojekt i Region Midtjylland.

3.3: Engineering i gymnasieskolen i Norge og Sverige

Vi har undersøgt, på hvilken måde engineering indgår i det norske og svenske gymnasium, og om der findes projekter og indsatser, som implementerer engineering og beslægtede begreber som design- og teknologiundervisning i undervisningen.

Hovedpointerne fra denne delundersøgelse er følgende:

- I den norske videregående skole (gymnasie) findes et fagområde ”Teknologi- og Forskningslære” (ToF) som cirka 1% af norske gymnasieelever i de naturvidenskabelige fag vælger at følge. Fagområdet Teknologi- og Forskningslære indeholder mange engineering-elementer og teknologisk dannende elementer.
- Norge har et nationalt efteruddannelsesprogram for ToF-lærere, som omfatter både en skriftserie med undervisningsmaterialer, efteruddannelseskurser arrangeret af Norges Teknisk-Naturvidenskabelige

20

https://www.researchgate.net/publication/228341785_Integrating_engineering_in_middle_and_high_school_classrooms

Universitet og der afholdes et årligt netværksmøde, hvor ToF-lærere kan mødes til faglige workshops og erfaringsudveksling.

- I naturvidenskabsprogrammet i det svenske gymnasium findes der ingen kurser, som direkte anvender engineering som arbejdsform. Men i en række kurser i naturvidenskabsprogrammet kan elever lære om entreprenørskab og programmering.
- I hverken Norge eller Sverige findes der større nationale projekter, som har til formål at udvikle engineering som arbejdsform på det gymnasiale niveau.

Bilag 7 indeholder den fulde redegørelse, som ligger til grund for disse hovedpointer.

Er det nødvendigt at søge inspiration i udlandet til implementering af engineering i stx?

Efter at have kortlagt den internationale litteratur og opsøgt viden om internationale – herunder nordiske - projekter og indsatser, samt interviewet gymnasiefaglige eksperter og kortlagt danske indsatser, står vi tilbage med spørgsmålet, om vi i Danmark i tilstrækkelig grad har udnyttet de erfaringer med engineering-undervisning, som findes i det tekniske gymnasium?

Vi er enige med fagkonsulenten i teknologi på htx, Pernille Kaltoft, som mener, at det kunne være gavnligt at evaluere teknologiundervisningen på htx, både for at styrke undervisningskvaliteten på htx, og for at støtte processen med at integrere engineering på stx. En uddybning af disse pointer findes i bilag 3.

Sammenlignet med både teknologi- og engineering-undervisning i Norge og Sverige, samt de amerikanske projekter, så findes der her i landet nemlig allerede særdeles mange, gode erfaringer med engineering-orienteret undervisning på htx, hvor det ifølge Pernille Kaltoft er den dominerende arbejdsform i faget ”teknologi”. En kort oversigt over teknologifagets udvikling gives i (Larsen, 2020).

Men en udnyttelse af htx-erfaringer i stx-sammenhæng besværliggøres af mindst to forhold:

1. Generelt er der på gymnasieniveau ikke en tradition for at udveksle erfaringer på tværs af de fire forskellige gymnasier (stx, htx, hhx og hf), og der har ikke været en stærk tradition blandt teknologifagets lærere for at skriftliggøre undervisningserfaringer og uddrage didaktiske refleksioner af deres undervisning. Så den viden, der eventuelt kan overføres, skal først formuleres, så den bliver anvendelig.

2. Dertil kommer, at den kontekst, hvori engineering udspilles i htx, er radikalt anderledes end betingelserne i stx. I htx er der specifikke fag og mål knyttet til engineering. Lærernes kompetencebaggrund er anderledes og matcher engineering bedre end tilfældet er for stx-underviserne. Og i htx er der særlige fysiske rammer, som giver udfoldelsesrum for det praktiske arbejde

Med disse to vanskeligheder til trods, vil vi opfordre til, at man kigger nærmere den måde teknologifaget praktiseres på htx, og bruger erfaringerne herfra som inspiration til det videre arbejde med at implementere engineering som arbejdsform i stx. En erfarings- og vidensopsamling fra htx kunne også være relevant i forbindelse med overvejelserne om at implementere et nyt teknologifag i stx.

3.4: Sammenfatning

Kortlægningen af international viden om engineering på gymnasieniveau viser, at en problemløsende og elevcentreret aktivitet som engineering kan indføres i den naturvidenskabelige undervisning uden at det koster i den faglige læring. Læringen holder samme niveau som i traditionel naturvidenskabelig

undervisning. Måske ses en lille forbedring. Endvidere antyder både international forskning og et dansk pilot-studie om Engineering i stx, at eleverne finder engineering motiverende og bidrager til at gøre dem mere interesserede i naturvidenskab, samtidig med at lærerne mener, at eleverne lærer at samarbejde og arbejde problemløsende.

En række resultater for best practice – herunder nogle amerikanske engineering-projekter - kan bruges som inspiration i forbindelse med implementering af engineering i stx.

I det norske og svenske gymnasium findes erfaringer med design- og teknologiundervisning, som kan inspirere. Specielt ”Teknologi- og Forskningslære” i den norske videregående skole har interessante perspektiver.

I Danmark har vi i htx-sammenhæng en stor pulje af erfaringer med engineering-undervisning, der bør inddrages i forbindelse med engineering i stx. Erfaringerne skal dog først formuleres, så de er overførbare, og der skal tages hensyn til de store faglige og praktiske forskelle mellem htx og stx.

Kapitel 4: Efteruddannelse gymnasielærere i engineering – erfaringer, behov og muligheder

En udfordring ved udarbejdelsen af denne del af rapporten har været, at der ikke eksisterer undersøgelser, som kortlægger de samlede udbud og behov for efteruddannelse i gymnasiesektoren. Derfor har vi gennemført en kortlægning, som omfatter en survey blandt naturvidenskabelige koordinators på stx²¹, interview med nøglepersoner inden for efteruddannelse af lærere fra stx og desk-research af udvalgte udbydere af efteruddannelse af sådanne stx-lærere.

Her refereres hovedpointerne fra kortlægningen. I bilag 8 findes en mere omfattende redegørelse for de data og analyser, som kapitlet bygger på. Her er også de anvendte dataindsamlingsmetoder beskrevet.

4.1: Den nuværende efteruddannelsespraksis

Dog gennemførte Gymnasielærernes Landsforening (GL) i 2019 en undersøgelse blandt deres medlemmer, som bredt dækker alle fagområder i gymnasiesektoren (GL, 2019).

Respondenterne er således ikke kun naturvidenskabelige lærere i det almene gymnasium. Denne undersøgelse viser følgende hovedresultater:

- Ca. 2/3 af gymnasielærerne (i alle fag) deltager i efteruddannelse i det enkelte skoleår.
- Totalt har 86% været på efteruddannelse inden for de seneste 3 år.
- I gennemsnit deltager en gymnasielærer i efteruddannelse 4,7 dage om året. Hele 72 % angiver, at efteruddannelsen handler om ”Faglig ajourføring, fagdidaktik og inspiration i dit/dine fag”. Tiltag med fokus på engineering i undervisningen må henregnes til denne kategori.
- Kun 26% af Gymnasielærernes Landsforenings (GL) medlemmer oplever generelt, at der ikke er barrierer for deres deltagelse i efteruddannelse – men hele 55 % anfører, at de ”har svært ved at finde tiden” til efteruddannelse. I forlængelse heraf efterlyser koordinators i vores survey, at ledelsen i højere grad allokerer tid til efteruddannelse og i særdeleshed efteruddannelse af længere varighed og gerne over længere kalenderperiode.
- Lidt mere end 70% af GL’s medlemmer deltager i efteruddannelse, fordi de gerne vil lære nye tilgange til arbejdet og ændre undervisningspraksis. Det er et sigte og en diskurs, som engineering burde kunne knytte an til.

4.2: Lærernes begrundelser for at deltage i efteruddannelse

Vores egen survey blandt naturfagskoordinators i det almene gymnasium (se bilag 8) viser nogle af de samme almene forhold om deltagelse i efteruddannelsesaktiviteter som GL-undersøgelsen citeret ovenfor. Derudover finder vi, at stx-lærere har følgende oplevelser af at deltage i efteruddannelse:

- 60% af de naturvidenskabelige koordinators tilkendegiver, at indholdet i den efteruddannelse, som de deltager i/har kendskab til, svarer til deres oplevede behov.²²

²¹ Koordinatorernes nationale samarbejde organiseres af ASTRA. Ifølge Astra er naturvidenskabskoordinators rolle bl.a. at forestå den fagdidaktiske og faglige udvikling på gymnasiet, at styrke videndeling og koordineringen mellem forskellige faggrupper samt agere som sparringspartnere for gymnasielærere i teams eller individuelt.

(<https://astra.dk/gymnasiale-uddannelser>)

²² (egen survey, 2021)

- 64% af de naturvidenskabelige koordinators oplever at have indflydelse på formen af den efteruddannelse, som de tilbydes.

Dette afspejler overvejende tilfredshed med den efteruddannelse, de har deltaget i tidligere, når man spørger ind til specifikke elementer, de mangler efteruddannelse om, afdækkes en række behov:

- 56% af de naturvidenskabelige koordinators tilkendegiver i vores survey positivt, at der mangler efteruddannelse om ”Elevs innovation i deres naturvidenskabelige arbejde”.²³
- Besvarelserne af surveyen viser også, at omkring halvdelen (52%) af de naturvidenskabelige koordinators peger på manglende efteruddannelse om gymnasieelevs arbejde med udfordringer i den naturvidenskabelige undervisning. En lignende andel (48%) mener, at der mangler efteruddannelse om ”Elevs udvikling af konkrete løsninger på stillede udfordringer” (Ibid.). Udgangspunkt i og arbejde med udfordringer er et særkende for engineering-inspireret undervisning.
- De interviewede nøglepersoner peger på nødvendigheden af at få tænkt undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning og innovation sammen med en eventuel indsats vedrørende engineering; endvidere er der behov for at få tydeliggjort det læringsteoretiske grundlag for engineering i forhold til andre tilgange i det almene gymnasiums naturvidenskabelige undervisning.
- Flere koordinators peger på, at udbyderne i højere grad bør koordinere efteruddannelsen med deltagende lærere. Altså et ønske om en mere dialogisk og responsiv form for efteruddannelse på trods af, at 64% oplever at de har indflydelse på formen af deres efteruddannelse. Vi tolker dette som, at stx-lærere gerne vil have betydende og detaljeret indflydelse på den efteruddannelse, de deltager i.

4.3: Hvilken slags efteruddannelse foretrækker gymnasielærerne?

I forlængelse af ovenstående pointer forekommer der at være et behov for at udvide efteruddannelsestilbuddene om undervisningstilgange inspireret af innovation og bred forståelse af undervisning med udgangspunkt i udfordringer. Af de åbne svar fremgår, at det er vigtigt, at efteruddannelsen kobles til fagenes læreplaner og den daglige undervisningspraksis. Fx peger naturvidenskabelige koordinators i denne undersøgelse specifikt på værdien af at ende med konkrete forløb og ideer, som man kan ”tage med hjem og gå i gang med”.

De naturvidenskabelige koordinators øvrige åbne svar om deres foretrukne efteruddannelse stemmer langt henad vejen overens med de generelle, evidensbelagte kendetegn for ”efteruddannelse som virker”, der er identificeret af Krogh (2016):

- **Længden af efteruddannelseskurser, udstrækning og struktur**
Her peger de naturvidenskabelige koordinators i vores survey overvejende på nytten af gentagne workshops med afsluttende introduktion til nyt forløb/materiale, som så behandles på samme måde på en efterfølgende workshop. Dette vekseluddannelsesprincip er velkendt fra funktions- og håndværkeruddannelser i Danmark.
- **Skolebaseret, skoleforankring og institutionalisering & Lærersamarbejde, evt. læringsfællesskab eller netværk**
Her peger naturfaglige koordinators specifikt på at afprøve i egen praksis, helst med gensidig kollegial supervision eller sparring.
- **Ledelsesstøtte**

²³ (Egen survey, 2021)

Her peger naturfaglige koordinatore specifikt på, at det kræver ledelsesopbakning i form af tidsallokering og skemalagt fælles tid. Samt tid til at opbygge et fagteam, hvor udviklingen kan forankres.

- **Fokus på faglig viden og pædagogiske færdigheder**

Her er det værd at notere, at andelen af lærere, der savner fokus på fagdidaktik, er dobbelt så stor som andelen, der ikke savner dette fokus.

- **Aktive bearbejdninger af teori ift. praksis**

Her peger de naturfaglige koordinatore specifikt på at gennemprøve undervisningsmaterialer og -tilgange på workshopdage og i egen undervisning, behovet for læringsteoretiske begrundelser for engineering og didaktiske tips og tricks, herunder drøftelse af afprøvningen på efterfølgende workshop.

- **Læreres undersøgelse i egen praksis og andre datatilgange til efteruddannelsesaktiviteter**

Der er få direkte henvisninger til en sådan praksis fra den aktuelle undersøgelse.

- **Eksterne inputs/ekspertise**

Her peger de naturvidenskabelige koordinatore på deres udbytte af faglig opkvalificering i forbindelse med universiteters tilbud.

Det skal fremhæves at de gennemførte projekter om Engineering i Gymnasiet i Region Midt og Region Hovedstaden inddrog de fleste af disse kendetegn. Hovedmålet med projekterne var at undersøge engineering's potentiale, når den indlejres i naturvidenskabsundervisningen i stx, og de var således ikke tænkt som egentlig udvikling af efteruddannelse. Men bag projekterne lå en erkendelse af, at ambitionen om at udrulle engineering i stx kun lader sig realisere, såfremt der udvikles et bæredygtigt koncept for efteruddannelse af underviserne. Med denne indsigt in mente blev hvert projekt organiseret som et udstrakt forløb med skolebaserede udviklingsgrupper, som både i udformning og indhold trak på best practice-viden om hhv. design af efteruddannelse, der virker, og dermed levede projekterne også op til størstedelen af de krav som lærerne iflg. vort survey – og forskerne iflg. internationale erfaringer - stiller til egentlig efteruddannelse.

Styrkelse af lærerkompetencer vedrørende engineering

Indførelsen af engineering i det almene gymnasium vil kræve en del investeringer i kompetenceudvikling. En af vores stemmer fra praksis (PK) vurderer, at lærerne har nogle kompetencemæssige udfordringer på stx:

”En ting er, at der stadigvæk er mange gymnasielærere, som er utrygge ved projektarbejdsformen. En anden ting er, at når man arbejder med engineering, rækker det måske ud over deres evner. De ved måske ikke, hvordan et engineering og produktorienteret forløb kan ende rent praktisk. Det er en usikkerhed, man som lærer skal være villig til at navigere i. Jeg tror godt, at lærere kan se ideen i arbejdsformen, men er bekymrede for at eleverne kører ud af et blindt spor, fordi de (lærerne) ikke selv kan overskue hvor det ender”.

Ifølge en anden af stemmerne fra praksis (ED) er Danske Science Gymnasier (DASG) en oplagt samarbejdspartner til efteruddannelsesaktiviteter inden for engineering. DASG har specialiseret sig i efteruddannelse af naturvidenskabelige lærere inden for emner, som går på tværs af de enkelte fag. Fx Computational Thinking. Typisk emner som falder mellem de enkelte fag. Han mener, at der er brug for en langsigtet indsats, som både involverer skoleledelsen og hele fagteamet i forskellige naturvidenskabelige fag for at sikre en succesfuld implementering af engineering i gymnasiet:

"Hvis man formulerer et 10-årigt engineering-program til stx, skal man sørge for at formulere det med rod i noget, som er et problem for gymnasiets nuværende lærere, fx hvis der kommer en bekendtgørelse om et nyt teknologifag eller en ny måde at lave projektuger på (med engineering). Så skal der arbejdes med flerårige projekter gennem vekseluddannelse, så det, man arbejder med på workshops, kan integreres i egen undervisning.

Ligesom med andre projekter i DASG-regi, skal der først laves et pilotprojekt, som efterfølgende opskaleres til større projekter med flere involverede, ligesom vi gjorde med SUN-projektet [se nedenfor].

Endelig er det vigtig, at involvere ledelsen på skolerne som kan indse, at de lærere, som arbejder med en ny indsats, faktisk skal have støtte til at implementere det. Det vil kræve udviklingstid og skemalagte møder til planlægning. Og helt grundlæggende skal de have opbakning af ledelsen, så de ikke kritiseres af kolleger for at spille tiden. Udfordringen i den sammenhæng kan være at få skolers ledelse til at tage det alvorligt og engagere sig i støtte til lærernes professionelle udvikling".

Størstedelen af efteruddannelsesudbud for naturvidenskabelige undervisere i stx lever ikke op til kendetegnene for "efteruddannelse som virker"

I forbindelse med ovennævnte survey blandt naturfagskoordinatorerne blev de også spurgt, hvilke udbydere der havde afholdt den efteruddannelse, de havde deltaget i. De blev desuden bedt om kort at karakterisere efteruddannelsen. I alt er 17 udbydere identificeret.

Meget lidt af den udbudte efteruddannelse lever op til kendetegnene for "efteruddannelse som virker", som Krogh (2016) har identificeret. Den udbudte efteruddannelse er for det meste karakteriseret ved at være kortvarig (kort interaktionstid), ikke at være skolebaseret, ikke at være orienteret mod lærersamarbejde og ikke at indeholde afprøvning i praksis eller at arbejde med lærernes undersøgelser af egen praksis. Det lå uden for undersøgelsens rammer at kortlægge, i hvilket omfang kurserne aktivt støttes af skoleledelsen.

En undtagelse er kurser udbudt af DASG, som er lange, idet de strækker sig over et helt skoleår, og indeholder afprøvnings i egen undervisning – stærkt inspireret af de didaktiske principper i SUN-projektet (se afsnit nedenfor). En anden undtagelse er teoretisk pædagogikum, som er en videreuddannelse, der skal kvalificere universitetskandidater til at undervise i gymnasiet.

Vi mener derfor, at der, i forbindelse med en mulig introduktion af engineering i stx, er behov for at udbyde kurser af en bedre kvalitet, end flertallet af dem der omtales i survey'en. Til inspiration omtaler vi nedenfor et nationalt projekt rettet mod stx, som blev gennemført i 2014-2018. Projektet er baseret på indsigt fra international forskning, og dermed lever det også op til de fleste af de lærerønsker, der lægges klar i survey'en.

Skolebaseret udviklingsprojekt i naturfagene - SUN ²⁴

SUN-projekt, som ED refererer til ovenfor, demonstrerede en mulig måde at udvikle og integrere engineering i den eksisterende undervisning på et givet gymnasium (Krogh, Nielsen & Waadegaard, 2019).

²⁴ <https://astra.dk/projektboersen/projekter/skolebaseret-udviklingsprojekt-i-naturfagene>

Projektets fokus relaterede ikke direkte til innovation, teknologi, entreprenørskab eller engineering, men var et forsøg på at implementere nye internationale ideer om efteruddannelse og skoleudvikling i dansk gymnasiesammenhæng (Sølberg, Nielsen, Krogh, Waadegaard, & Hoffmann, 2018):

”Det mest fornyende ved projektet var, at det på samme tid inddrog faggrupper og skoleledelse, så ledelsen gav organisatoriske medspil rettet mod faggruppernes og skolernes kapacitet til at varetage egne undervisningsrettede udviklingsprocesser.” (Ibid., s. 4).

Projektet blev initieret og driftet af Danske Science Gymnasier (DASG) og involverede syv almene gymnasier i Østjylland. Projektet varede i alt fire år. De vigtigste virkninger af SUN-projektet var:

- at ledelsen blev opmærksom på det hensigtsmæssige og givende i at udvikle undervisningen gennem arbejde i faggrupper. Samt at faggruppen som omdrejningspunkt for kapacitetsopbygning kræver ledelsesmæssigt medspil.
- at der er et stort potentiale i at have en faggruppekoordinator som udviklingsagent, der kan fungere som udviklingsfacilitator i en faggruppe.
- at det er en god ide med et årshjul for samarbejdet i en faggruppe, som sikrer afholdelse af regelmæssige møder, der har delvist fokus på elevernes læring og udvikling af undervisning.
- at der blev udviklet flere og bedre samarbejdsrelationer inden for og imellem faggrupper. Ikke mindst blev systematisk deling af erfaringer og materialer styrket.

Den generelle anbefaling omkring efteruddannelse og skoleudvikling, der skal sikre blivende forandringer og kapacitetsopbygning er, at indsatserne skal være længerevarende. Helst fem år eller mere. Og så skal man huske, at fremskridt sker med små skridt! SUN-projektet kan således bruges som inspiration til implementering af engineering i gymnasiet gennem efteruddannelse af lærere og skoleudviklingsaktiviteter.

4.4: Sammenfatning

Kortlægningen af den eksisterende efteruddannelsespraksis viser bl.a., at kun 26% af GL's medlemmer oplever, at der ikke er barrierer for deres deltagelse i efteruddannelse. I vores egen survey efterlyser naturfagkoordinatorerne, at ledelsen i højere grad allokerer tid til længerevarende efteruddannelseskurser og vores interviewpersoner peger på nødvendigheden af at få sammentænkt undersøgelsesbaseret undervisning og innovation med engineering.

Generelt finder vores respondenter det vigtigt, at efteruddannelse kobles til fagenes læreplaner og den daglige undervisningspraksis.

Med få undtagelser udbydes der p.t. ikke efteruddannelse for stx-lærere, som lever op til alle aspekter af ”efteruddannelse som virker”, der mangler også efteruddannelse i væsentlige elementer af engineering-inspireret undervisning som elevers arbejde med udfordringer og innovation.

En mulig introduktion af engineering i stx bør kombineres med efteruddannelse af bedre kvalitet, end den der er kortlagt. Erfaringer fra SUN-projektet viser, at DASG p.t. er en mulig samarbejdspartner til at udbyde efteruddannelsen i forbindelse med engineering i gymnasiet. Desuden viser SUN-projektet, hvordan en fremadrettet indsats for implementering af engineering i stx som en integreret del af den faglige undervisning og et led i skolens arbejde med at udvikle undervisningen i de natuvidenskabelige fag kan tilrettelægges.

Kapitel 5: Referencer

- Auener, S., Daugbjerg, P. S., Nielsen, K., & Sillasen, M. K. (2018). *Engineering i skolen - hvad, hvordan, hvorfor*. Retrieved from https://astra.dk/sites/default/files/eis_rapport_v4_1.pdf
- Berland, L. K. (2013). Designing for STEM integration. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 3(1), 3. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1078>
- Bohm, M., Salomonsen, D., Quistgaard, N., Binau, C. F., Wøhlk, E., Jensen, L. V., & Kronvald, O. (2017). *Sammen om naturvidenskab. Anbefalinger til en national strategi for de naturvidenskabelige fag*. Retrieved from https://astra.dk/sites/default/files/nns_rapport_anbefalinger_final_web.pdf
- Børne- og Undervisningsministeriet. (2020). *Naturvidenskabens ABC - 10 grundlæggende naturvidenskabelige erkendelser*. Retrieved from [https://emu.dk/sites/default/files/2020-09/Naturvidenskabens ABC_3.udgave_sep20_web.pdf](https://emu.dk/sites/default/files/2020-09/Naturvidenskabens%20ABC_3.udgave_sep20_web.pdf)
- Crismond, D., & Adams, R. (2012). The Informed Design Teaching and Learning Matrix. *Journal of Engineering Education*, 101(4), 738–797. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2012.tb01127.x>
- De Graaff, E., & Kolmos, A. (2003). Characteristics of Problem-Based Learning. *International Journal of Engineering Education*, 19(5), 657–662.
- Evans, R., & Horst, S. (2012). Nye mål for naturfagsundervisning i USA – vil vi samme vej i Danmark? *MONA - Matematik- Og Naturfagsdidaktik*, 2012(3), 56–69. Retrieved from <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/35966>
- GL (2019). *Gymnasielærernes efteruddannelse og kompetenceudvikling 2019*.
- Hobel, P. (2012). Når innovation og fagligt samspil sætter fag under pres - Fagdidaktisk kommunikation i det danske gymnasium efter reformen i 2005. *Journal of Humanities and Social Science Education*, 2012:1(1), 26–53.
- Householder, D. L., & Hailey, C. E. (2012). Incorporating Engineering Design Challenges into STEM Courses.
- Katehi, L., Pearson, G., & Feder, M. (2009). Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects. *Engineering in K-12 Education: Understanding the Status and Improving the Prospects*. <https://doi.org/https://doi.org/10.17226/12635>
- Kolodner, J. L., Crismond, D., Gray, J., Holbrook, J., & Puntambekar, S. (1998). Learning by Design from Theory to Practice. In *Proceedings of ICLS 98*.
- Krogh, L. B. (2016). Professionel udvikling af naturfagslærere - brikker til et fælles afsæt. *MONA - Matematik- Og Naturfagsdidaktik*, 2016(4), 57–70.
- Krogh, L. B. (2021). *Engineering i stx - didaktik.ve1*. Retrieved from https://www.ucviden.dk/ws/portalfiles/portal/116504694/Engineering_i_stx_didaktik.ve1_Krogh_F2021.pdf
- Krogh, L. B., Nielsen, K., & Waadegaard, N. (2019). SUN-projektet: Skolebaseret udvikling af naturfag og kapacitet i gymnasiet. *MONA - Matematik- Og Naturfagsdidaktik*, 2019(3), 21. Hentet fra <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/115582>
- Lammi, M., Denson, C., & Asunda, P. (2018). Search and review of the literature on engineering design challenges in secondary school settings. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 8(2), 49–66. <https://doi.org/https://doi.org/10.7771/2157-9288.1172>
- Larsen, P. (2020). STEM på htx. 25 år med teknologi og engineering i de gymnasiale uddannelser i Danmark. *MONA - Matematik- Og Naturfagsdidaktik*, 2020(3), 39–51.
- Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., Smith, K. A., & Stohlmann, M. S. (2014). A Framework for Quality K-12 Engineering Education: Research and Development. *Journal of Pre-*

- College Engineering Education Research (J-PEER)*, 4(1). <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1069>
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. <https://doi.org/10.17226/13165>
- Nielsen, J. A. (2015). *Evaluering af projektet Gymnasiet tænkt forfra 2012-2015*. Retrieved from <https://www.ind.ku.dk/projekter/gymnasiettaenktforfra/>
- Peterman, K., Daugherty, J. L., Custer, R. L., Ross, J. M., Peterman, K., Daugherty, J. L., ... Ross, J. M. (2017). Analysing the integration of engineering in science lessons with the Engineering-Infused Lesson Rubric, 0693. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1359431>
- Region Midtjylland. (2021). *Slutrapport vedrørende Engineering i Gymnasiet*. Retrieved from https://www.ucviden.dk/files/122549238/Slutrapport_Engineering_i_gymnasiet_Marts21.pdf
- Sillasen, M. K., Daugbjerg, P. S., Krogh, L. B., & Nielsen, K. (2018). *Engineering i skolen - Vidensgrundlag*. Retrieved from https://www.ucviden.dk/ws/portalfiles/portal/107141472/Engineering_i_skolen_vidensgrundlag.pdf
- Sølberg, J., Nielsen, K., Krogh, L. B., Waadegaard, N., & Hoffmann, S. (2018). *Skolebaseret Udviklingsprojekt i Naturfagene (SUN) Afsluttende rapport for SUN2-modulet*. Retrieved from <https://science-gym.dk/evaluer/DASG-SUN2-slutrapport-2017.pdf>
- Van Breukelen, D., Michels, K., Schure, F., & De Vries, M. J. (2016). The FITS model: An improved Learning by Design approach. *Australasian Journal of Technology Education*.

Bilag 1: Grundlag for kap. 1: Ligheder og forskelle mellem engineering og beslægtede undervisningstilgange

Kapitel 1 i denne rapport er i store træk en forkortet udgave af dette bilag, der sammenligner engineering med seks andre nyere tilgange til undervisning. Flere af de nye idéer til metode eller indhold har mange ligheder, og det kan være vanskeligt at holde dem adskilte fra hinanden. Men det betyder ikke, at de er ens. Som de vil fremgå, er der også store forskelle.

Der er tale om følgende nye tilgange til undervisning:

- Engineering
- Problembaseret læring (PBL)
- Designbaseret Undervisning
- Innovation
- Inquiry Based Science Education (IBSE)
- Computational Thinking (CT)
- Iværksætteri/entreprenørskab

Med ”undervisningstilgange” menes ikke kun undervisningsmetoder, men også nyt indhold i et fagområde (som fx Computational Thinking) eller nye politisk fastsatte mål for undervisning (som fx entreprenørskab).

Sammenligningen er foretaget med udgangspunkt i læsning af en længere række forskningsartikler, oversigter og rapporter. De fleste engelsksprogede, men også nogle danske (se litteraturlisten i slutningen af bilaget).

Til trods for den store rolle, de spiller i uddannelsesdiskussioner i mange lande, gælder for engineering og de øvrige seks tilgange, at man i den gennemgåede litteratur ikke finder en entydig og præcis definition, der er generelt accepteret og dermed tydeligt afgrænser én tilgang i forhold til de øvrige.

Men i forbindelse med hver tilgang foregår der i undervisningsforsøg, i tidsskrifter og på kongresser (og i arbejdsgrupper, rapporter, ministerier, læreplaner, og lærebøger) en livlig og nogenlunde fokuseret diskussion om, hvad det er der karakteriserer netop denne eller hin forståelse. Hver tilgang har således sin egen historie og sine egne traditioner for, hvorledes undervisning beskrives og rammesættes i forbindelse med en given problemkreds. Desuden gælder for hver tilgang, at når den implementeres i uddannelsessystemet i et givet land, må den tilpasse sig en lang række randbetingelser, der varierer fra land til land. Denne variation giver sit eget bidrag til diversiteten.

I denne sammenligning har det ikke været muligt – og det ville heller ikke være formålstjenligt – at forsøge at indkredse nationale forskelle. Men selv når man begrænser sig til engelsksproget litteratur, og ser bort fra forskelle fra land til land, er de syv tilgange så egenartede, at en sammenligning på tværs ikke så ligetil, som man kunne forvente.

I nedenstående skema karakteriseres de forskellige tilgange helt kort i forhold til fire temaer:

1. *Begrundelse og mål*: Hvad er den didaktiske begrundelse for at arbejde med denne tilgang, og hvad er det dermed, der ideelt set skal opnås i undervisningen?

2. *Udfordring/Afsæt for undervisning*: Med udgangspunkt i begrundelsen, hvordan iscenesættes så undervisningen i praksis. Hvor tager den sit udgangspunkt? Hvad for et område er den rettet imod?
3. *Kobling af proces til fag*: Alle syv tilgange introduceres i en eksisterende skolesituation, med etablerede fagligheder. Det er derfor relevant at se på, hvorledes tilgangen forholder sig til skolens fag (og eventuelt sin egen faglighed).
4. *Arbejdsmodel/proces*: De fleste af de syv tilgange foreskriver en proces for elevernes arbejde. Afhængig af hvor essentiel processen anses for at være, kan den være mere eller mindre velbeskrevet og eksplicit.

Følgende skema giver en oversigt:

Undervisningstilgang	Primær begrundelse og mål	Udfordring/Afsæt for undervisning	Kobling af proces til fag	Arbejdsmodel/ proces
Engineering	Naturfaglig læring. Teknologisk dannelse. Generiske procesfærdigheder. STEM-rekruttering	Autentisk omverdensproblem som afsæt for fagligt funderet problemløsning.	Kan inddrage naturfag, matematik, håndværksfag samt andre fag. Fagintegration et mål.	Faseopdelt Engineering Design Proces-model, vægt på iteration og et konkret teknologisk produkt.
Problem-baseret læring (PBL)	Faglig læring gennem problemløsning. Generiske procesfærdigheder. Selvstændighed.	Løst defineret problem, som der kan findes forskellige løsninger på.	Læringsmål og problem er styrende – fag trækkes ind efter behov.	Semistruktureret proces med delfaser: - afsøg problemet. - indsamle info/undersøg. - syntetiser en problemløsning/et svar.
Design-baseret Undervisning	Naturfaglig læring, især begrebsforståelse.	Ofte cases som afsæt for design.	Tager udgangspunkt i faglige læringsmål.	Design og faglige undersøgelser vævet sammen i semistruktureret proces.
Innovation	Kreativitet/ nytænkning. Generiske færdigheder som beskrive, analysere, evaluere. Værdi for den enkelte og samfund.	Behov/udfordring, som kræver nytænkning og udløser oplevet merværdi.	Ad hoc (ikke systematisk linket til fag).	Anvendelse af en design proces-model. I DK er den såkaldte åbne-lukke model almindelig. (se teksten)
Inquiry Based Science Education (IBSE)	Naturvidenskabelig læring, især metodelæring. Undersøgelseskompetence.	Naturvidenskabeligt spørgsmål, gerne elevformuleret. Frihedsgrader mht undersøgelse og tolkning.	Eftergør naturvidenskabelige forsknings- og undersøgelses processer, herunder indsamling af evidens.	Elever stiller naturfaglige spørgsmål, som de forfølger ved at udtænke, udføre, fortolke og fremlægge undersøgelser.
Computational Thinking (CT)	Læring i informatik. Komputationel tænkning.	Problem som kan løses vha kodning og digitale redskaber.	Er (potentielt) et fag. Indgår også i andre fag, fx i form af computermødelier.	Ingen gennemgående/ dominerende proces-model.
Iværksætter/Entrepreneurship	Entrepreneur holdning. Økonomisk spin-off.	Markedsbehov mhp salgbart produkt, som kan stå sig i konkurrence.	Primært merkantilt sigte Svag kobling til naturvidenskab.	Ofte – men ikke nødvendigvis - knyttet en proces-model.

Sammenligning af engineering og seks andre nyere tilgange til undervisning. De fem øverste (grønne) tilgang deler en række fælles træk: Der lægges vægt på at undervisningen er elevaktiverende, problemløsende, samarbejdsorienteret, praksisorienteret, undersøgende og ofte tværfaglig. Gennem bestemte typer af vejledning af eleverne (stilladsering) har underviseren rollen som planlægger og proceskonsulent. Desuden indgår det i begrundelsen for disse tilgange, at de enten er udviklet med henblik på – eller har vist potentiale til – at øge elevernes læring i relevante fagområder.

B1.1: Engineering

Engineering er en designbaseret tilgang til undervisning. Engineering er rettet mod at eleverne gennem et processtyret samarbejde finder en teknologisk løsning på et autentisk problem, som er relateret til verden uden for klassen. Undervejs inddrager eleverne viden fra andre fag.

Teknologi forstås i denne sammenhæng bredt, fra skruer og krydsfiner til smartphone-apps. Teknologi inkluderer den viden, der skal til for at designe, fremstille, anvende, vedligeholde og genbruge teknologiske artefakter. Det skal derfor understreges, at viden om, hvordan teknologi fungerer – fx en beskrivelse af hvordan man renser vand - også er et teknologisk produkt.

Undervisningen i engineering er inspireret af den måde, professionelle ingeniører arbejder på. Gennem udvikling af undervisning med tilhørende didaktisk forskning, og guided af en omfattende international diskussion, er der udviklet et tydeligt billede af, hvordan ingeniørprocesser og -problemer kan transformeres til undervisning gennem didaktisering.

Eleverne gennemfører en design-proces, der omfatter flere delprocesser: Problemidentifikation, formulering af krav til en løsning, kortlægning af, hvad det er for begrænsninger, en løsning vil være underlagt, planlægning af en vej frem mod en af flere mulige løsninger, tests, forbedringer og evaluering af den færdige løsning. Som en del af processen udfører eleverne undersøgelser i samarbejde med andre elever og inddrager viden fra fag – især naturfag og matematik – samt viden om materialer og fremstillingsprocesser.

Eleverne trænes i at lære af egne fejl, i at være systematiske, i at være iterative, i at være åbne over for andres idéer og i at være vedholdende. Arbejdet kan lægge til rette så det stimulerer elevernes forståelse af historiske og etiske aspekter i relation til udvikling og brug af teknologi. Undervisningen åbner altså også for vurderinger af teknologiens rolle i liv og samfund. Samt af samfundets rolle i udformning og regulering af teknologi. Derved får undervisningen et dannende element.

Det er integrationen af naturfaglighed med praktiske, konstruktive og optimerende elementer, som får engineering til at adskille sig fra anden designbaseret undervisning. Styrken ved at arbejde med engineering i skolen er, at eleverne oplever brug af naturfaglig og anden faglig viden i konkrete optimerings- og forbedringsprocesser. Engineering-undervisning er et tydeligt eksempel på anvendelsesorienteret naturfagsundervisning.

I mange lande – primært USA og UK – har der det sidste årti eksisteret store og målrettede initiativer, som er rettet mod at forny undervisningen ved at indføre engineering. Enten ved at integrere engineering-undervisning i eksisterende fag, eller ved at udvikle særlige engineering-projekter, der er rettet mod engineering som et selvstændigt fag.

B1.2: Problembaseret læring (PBL)

PBL er udviklet som et redskab til bedre læring. PBL udspiller sig i projekter, hvor en eller flere grupper af elever i en faseopdelt proces arbejder med at finde svar på et problem. I den oprindelige version af PBL var det et must, at underviseren – som en del af kontrollen med undervisningen – introducerede det problem, der skal arbejdes med. Men nu omfatter PBL også versioner, hvor der arbejdes med elevformulerede problemstillinger. Det er essentielt, at problemet er løst defineret (ill structured) og derfor lægger op til flere forskellige løsninger.

I problemløsningsprocessen er der stort fokus på elevernes egne analyser af, hvilken viden de har brug for at skaffe sig undervejs for at finde frem til et svar, og på at eleverne selv planlægger, udfører og afrapporterer deres arbejde med at skaffe viden. Underviserens fokus er på den forudgående planlægning – herunder overvejelser om, hvad det er for typer af problemer, grupperne skal arbejde med for at nå en række givne læringsmål – og på stilladsering af elevernes læringsprocesser.

Eleverne planlægger og udfører gruppevis selv de læringsaktiviteter (herunder fx undersøgelser), de finder nødvendige. Elever, der har indhentet ny viden, rapporterer tilbage til gruppen, som derefter gennemgår problemet i lyset af den nye viden. Elevgruppen udvikler og præsenterer deres løsning, og afslutter aktiviteten med refleksioner over hvad de har lært, og om deres strategier til indhentning af viden og analyse af problemet har været effektive.

Den samme cyklus gentages med nye problemer og med støtte fra underviseren, der stilladserer elevernes udvikling af metakognitive kompetencer som kommunikation, samarbejde, refleksion over egen viden og læring samt problemanalyse.

PBL er udviklet i 1960'erne i forbindelse med uddannelse af læger som et alternativ til traditionel undervisning med forelæsninger og øvelser. PBL er således i sin oprindelige udgave rettet mod universitetsniveauet.

Siden 1990'erne er der udviklet en række variationer over den oprindelige grundmodel, og PBL er nu også aktuel i forbindelse med undervisning på grundskole- og gymnasieniveau. PBL har opnået stor popularitet til trods for, at der er *”en betydelig mangel på klarhed med hensyn til hvad begrebet problembaseret læring dækker over”*. (E. De Graaff & Kolmos, 2003, s. 657).

Grundsynet i PBL er dog, at læring er baseret på elevernes aktive arbejde under inddragelse af relevante former for viden. PBL er tværfaglig. Det er vigtigt, at en underviser ikke begrænser fagligheden til et enkelt fag, men at de indgående fagligheder afgøres af problemets karakter. Dermed kommer der også fokus på overførsel af viden – dels fra et fagligt område til en given problemløsningssituation, dels fra ét PBL-forløb til et andet.

Desuden er det et træk ved PBL, at en løsning ikke nødvendigvis har samme produktrettede karakter som i engineering. PBL er dermed en mere generel tilgang end engineering.

B1.3: Designbaseret undervisning

Det mest velbeskrevne og målrettede eksempel på designbaseret undervisning er Learning by Design (LBD), en specifik tilgang til undervisning i de naturvidenskabelige fag, som blev udviklet i USA i 1990'erne.

LBD er på mange måder en videreudvikling af PBL. I udgangspunktet var tilgangen fagligt og aldersmæssigt afgrænset til læring i de naturvidenskabelige fag med fokus på elever fra 6. til 8. klassetrin ("middle school"). Modellen blev i nogle år præsenteret som et fast produkt med tilhørende trademark TM. Siden har modellen inspireret en lang række udviklingsprojekter og undervisningsmetoder, der indeholder de væsentlige træk fra LBD. Sådanne idéer omtales som bredt som Designbaseret Undervisning.

LBD blev udviklet for at tage hånd om det problem, at undersøgelser viste, at elever på udskolingstrinnet var glade for at arbejde aktivt og procesorienteret i problemløsende projekter, men det var ikke muligt at påvise, at arbejdet resulterede i bedre læring af det naturfaglige indhold i form af begreber og teorier.

For at sikre bedre opsamling af læring indeholder LBD elementer af case-baseret undervisning ("case-based reasoning") ud fra den betragtning, at når man arbejder med et projekt (en case), fremmer det ens læring at huske tilbage til og eksplicitere, hvad man engang gjorde og lærte i en eller flere lignende cases – ikke mindst, hvad man lærte af de ting, der gik galt eller ikke fungerende, fordi de forventninger, man havde til en løsning, viste sig at være forkerte.

Ved gennemløb af en længere række af problembaserede forløb, hvis faglige indhold planlægges omhyggeligt af læreren, opbygger eleverne kompetencer inden for problemanalyse, undersøgelse og samarbejde, samtidig med at de lærer science.

Lærerens stilladsering er afgørende. I forhold til PBL har LBD udviklet en række specifikke strategier, der gør det muligt at arbejde med aspekter af PBL i på niveauer, der ligger før universitetet.

Den såkaldte FITS-model (Focus-Investigation-Technological design-Synergy) er en videreudvikling af LBD, hvor der lægges (ekstra) vægt på at fremme elevernes læring af naturfagligt indhold gennem design-arbejde. I løbet af design-processen introducerer læreren relevant naturfagligt indhold, eller processen er tilrettelagt, så elevgrupperne går i gang med at læse eller undersøge for selv at skaffe sig relevant viden.

B1.4: Innovation

I innovationsfremmende undervisning arbejder eleverne med at ændre noget eksisterende ved at tilføje noget nyt på en sådan måde, at de involverede føler, at det eksisterende bliver tilført ny værdi. Innovation i undervisning vil ofte været knyttet til et projekt eller en udviklingsproces, men ikke nødvendigvis.

Det er generelt en udfordring for at arbejde med innovation, at det varierer meget, hvad forskellige aktører lægger i begge ordene innovation og værdi.

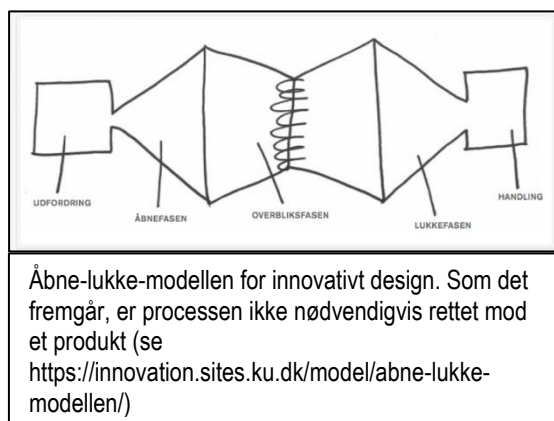
I en snæver forståelse betyder innovation implementering af nye produkter, processer eller tjenesteydelser i et marked, men dækker ikke over selve idégenereringen, der beskrives med ordet kreativitet. I denne betydning begrundes undervisning i innovation med, at det understøtter konkurrenceevne og økonomi på personligt, regionalt eller nationalt niveau.

I en bredere forståelse af innovation knyttes an til udvikling af bredere kompetencer rettet mod bredere mål. Eleverne skal lære at beskrive, analysere og evaluere deres egne ideer med henblik på at forbedre og maksimere deres kreative bestræbelser. Eleverne skal udvikle innovative ideer på en sådan måde, at de kan anvendes uden for klasseværelset.

Allerede ved gymnasireformen i 2005 blev det skrevet ind, at undervisningen skal udvikle elevernes innovative evner. Også i dansk sammenhæng er forståelsen af, hvad innovation dækker over, bredt ud mellem en stram og nogle mere inkluderende fortolkninger.

Den snævre forståelse er i dansk gymnasiesammenhæng beskrevet som en proces, hvor *”idéer og opfindelser omsættes til produkter eller tjenesteydelser, der kan omsættes på et marked. Innovation er processen fra ide til faktura”*. (Hobel, 2012)

I den brede ende findes fx projektet *Gymnasiet tænkt forfra*, der sluttede i 2015 og involverede 6 gymnasier. Undervisningen skulle støtte, at eleverne udviklede innovationskompetencer, højere faglighed samt større motivation. En af konklusionerne er, at innovationskompetence kan brydes ned til fem delkompetencer: Kreativitet, Samarbejde, Navigation, Implementering og Formidling. (Nielsen, 2015).



I samme brede forståelse er der argumenteret for, at den markedsorienterede forståelse af innovation bør opgives for at passe i en dansk skolekontekst. Som konsekvens heraf skal innovation ikke ses om værdiskabende, men som undervisning hvis mål er at handle *”etisk forsvarligt”*. (Christensen, Hobel, Nielsen, Paulsen, & Ziethen, 2017). Innovation bør indgå i hele fagrækken og kobles til samfundet uden for skolen, lokalt, nationalt og internationalt.

Innovationsfremmende undervisning kan tage udgangspunkt i en problemstilling fra en eksisterende

praksis – der skal være noget som eleverne skal nytænke eller forandre. Undervisning kan dermed være anvendelsesorienteret og medvirke til at vise relevansen af fagenes indhold. Med denne forståelse kan det indgå i innovationsfremmende undervisning, at elever aktivt bruger deres faglige viden, færdigheder og kompetencer til at tematisere en problemstilling med det for øje at nytænke eller forbedre en praksis. Innovation kan altså komme tæt på at ligne engineering.

I innovationsundervisning bruges en række forskellige didaktiske modeller for den proces, eleverne gennemløber. I dansk sammenhæng er den såkaldte *”åbne-lukke-model”* udbredt (se figur).

I grundskolen i Danmark er innovation integreret med entreprenørskab.

B1.5: Inquiry Based Science Education (IBSE)

I IBSE-inspireret undervisning er udgangspunktet for aktiviteter i klassen et ”naturvidenskabeligt” spørgsmål, som eleverne gennem egne undersøgelser og egne overvejelser besvarer ved at formulere en naturvidenskabeligt acceptabel forklaring. Problemløsningen i IBSE er altså rettet mod at finde erkendelse og formulere en forklaring på et fænomen – at blive klogere. IBSE er ikke rettet mod at finde en praktisk løsning på en udfordring, som tilfældet er i engineering. Spørgsmålet kan være formuleret af læreren, eller – med hjælp fra læreren – af eleverne selv. På dansk omtales IBSE af og til som UndersøgelsesBaseret NaturfagsUndervisning (UBNU).

Eleverne engageres i en undersøgende og problemforklarende proces, hvor de undervejs gennemgår, hvad de allerede har af relevant viden fra de naturvidenskabelige fag, de stiller nye spørgsmål, kommer med begrundede forudsigelser og planlægger og gennemfører undersøgelser – ofte i form eksperimenter. Eleverne opsamler data, analyserer data, foreslår forklaringer og fremlægger deres resultater og konklusioner.

IBSE er karakteriseret ved at eleverne efterligner metoder og processer, som videnskabsfolk gennemfører i forbindelse med egentlig forskning. En af begrundelserne for IBSE er netop, at eleverne på denne måde lærer om videnskab som en række dynamiske, videnskabende metoder og processer, samtidig med at de selv tilegner sig kompetencer i at udføre undersøgelser og formulere konklusioner.

Derved står IBSE i modsætning til mere traditionel undervisning i de naturvidenskabelige fag, hvor faget – gennem tekster, lærerens forklaringer og kogebooksforsøg, der efterviser kendte teorier – præsenteres som en færdig sum af viden, der har en sådan autoritet, at den ikke kan diskuteres. I hvert fald ikke i en skoleklasse. Et af argumenterne for at indføre IBSE er netop, at den traditionelle form for undervisning giver elever en ensidig opfattelse af naturfagene som en færdig og nærmest stabil samling af viden, samtidig med at den demotiverer eleverne, der henvises til tavs udenadslære.

Som et argument for IBSE-tilgangens autenticitet fremhæves endvidere, at konstruktivistisk læringsteori, der ligger bag arbejdsformen i IBSE, har paralleller til den moderne opfattelse af naturvidenskab som en social proces, hvor ny viden ”konstrueres” af videnskabsfolkene gennem kreative og kritiske diskussioner i tidsskrifter og på kongresser. Hypoteser, observationer og dataindsamling spiller en vigtig rolle i den videnskabelige proces, men de opfattes som værende indlejret i eksisterende videnskabelig viden og teori – spekulationer og observationer begynder aldrig i et vakuum – og alle nye resultater skal fremlægges, testes og godkendes af kollegerne i det videnskabelige samfund.

Denne opfattelse af videnskab er parallel til den moderne opfattelse af, hvordan elever lærer gennem social interaktion og gennem konstruktion og rekonstruktion af viden. Eleverne er ikke tomme tavler, læreren kan fylde på. Når en elev lærer nyt stof, har han/hun eksisterende forestillinger, som omkonstrueres i forbindelse med læringsprocessen. Denne rekonstruktion hos eleven fremmes – som i rigtig forskning – af udfordringer, spørgsmål, konkret arbejde, dilemmaer, fejltagelser, refleksioner og diskussioner med andre elever (eller med underviseren).

Det er endvidere et argument for IBSE, at den aktive, elevcentrerede tilgang virker motiverende på eleverne. Eleverne opnår ikke blot læring i fagene og indsigt i videnskabens natur, de lærer også proceskompetencer som planlægning, samarbejde, problemanalyse, kreativitet og effektiv kommunikation.

I grundskolen i DK har undersøgelseskompetencen siden 2014 været én af fire gennemgående kompetencer i de naturvidenskabelige fag, og elevernes undersøgelser kan indgå i den praktiske, fællesfaglige afgangsprøve i naturfagene. Dermed er der et godt grundlag for at arbejde med IBSE i grundskolen.

Generelt vil man – dog for det meste implicit og uden brug af specifikke IBSE-termer - kunne finde elementer af IBSE i faglige mål for alle naturfagene i stx. Mest eksplicit ses en IBSE-dagsorden i C-niveau-beskrivelsen af fagene, fx i biologi C, hvor der foreslås ”en udforskende og undersøgende undervisning., f.eks. med inspiration fra inquirybaseret læring eller gennem arbejde med innovativ problemløsning”.²⁵

B1.6: Computational Thinking (CT)

CT er ikke primært en undervisningstilgang, men et fagområde baseret på et nyt videnskabeligt genstandsområde – datavidenskab – der har udviklet sig hastig siden 1960’erne. Dermed er CT-undervisning knyttet til den digitalisering, som dybt har forandret mange sider af samfundet.

Med stor gennemslagskraft har amerikanske dataloger foreslået begrebet Computational Thinking (CT) som centralt for, hvordan man kan definere et område for undervisning knyttet til computere og anden digitalisering. CT beskrives, med et snart klassisk, og temmelig ukonkret, citat som ”tankeprocesser, der indgår, når en problemstilling og de tilhørende løsninger formuleres på en sådan måde, at en computer kan udføre dem.” (Wing, 2006).

Mere konkret er der tegn på international konsensus om, at arbejde med CT i undervisningen bør omfatte fire ”praksisser”:

- Arbejde med data (indsamling, produktion, analyse, visualisering)
- Brug af modellering og simulering (beskrivelse af fænomener, find og test løsning, vurdering af modellens rækkevidde, design af modeller)
- Problemløsning (programmering, valg af computationelle redskaber, udvikling af computationelle løsninger, udvikling af abstraktioner, fejlfinding)
- Systemtænkning (beskrivelse af komplekse systemer, relationer inden for systemer, adskillelse af systemniveauer, kommunikation, håndtering af kompleksitet)

CT omfatter i udgangspunktet ikke instruktion i praktisk brug af computere (digital literacy), eller brug af it-teknologi som et pædagogisk redskab i undervisningen. En lærer og en klasse kan altså godt bruge computere som redskaber, uden at der er tale om undervisning i CT.

I Danmark er det foreslået at bruge udtrykket ”informatik” om et selvstændigt fag rettet mod det digitale område, og udtrykket Computational Thinking, når (dele af) informatik integreres i andre fag.

Informatik er en samlebetegnelse for de grundlæggende principper i datavidenskab, herunder tænkemåder og arbejdsformer samt computationelle strukturer, processer, artefakter og systemer. Det didaktiske spørgsmål er, hvilke dele af den akademiske disciplin informatik, det så er, elever i K-12-uddannelserne skal lære. Dernæst kommer spørgsmålet om, hvordan man skal undervise i de udvalgte dele.

²⁵ (Vejledning i Biologi A/B/C, stx. Vejledning, juni 2020, s. 12. <https://emu.dk/stx/biologi/laereplaner-og-vejledninger?b=t6-t1073>)

Center for Computational Thinking & Design ved AU har arbejdet med udviklingsprojekter i gymnasiet rettet mod at integrere CT i STEM-fag i gymnasiet. De udviklede undervisningsforløb inkluderer ikke designprocesser, men er lærerstyrede med undersøgende elevaktiviteter undervejs.

I forsøgsfaget i grundskolen teknologiforståelse indgår CT som en af de fire grundlæggende kompetencer. CT-kompetencen omhandler analyse, modellering og strukturering af data og dataprocesser.

B1.7: Iværksætteri/entreprenørskab

I den version af entreprenørskab, der i Europa rammesættes af EU, er entreprenørskab hverken en undervisningsmetode eller et fagområde, men et nyt, overordnet uddannelsesmål.

Entreprenørskab beskrives i en række uddannelsespolitiske EU-skrifter som en tværgående kernekompetence, der primært bør indføres for at styrke den økonomiske vækst i medlemslandene, der opfordres til at sikre, at kernekompetencen ”entrepreneurship” indarbejdes i alle læreplaner. Et sideformål er at udvikle et ”entrepreneurial mindset” hos alle borgere, så de får tilpasningsevne ved løbende at opsøge nye ideer og muligheder. (O’Brien & Hamburg, 2019).

Internationalt er der dog ikke enighed om, hvad mål og begrundelse er for undervisning i entreprenørskab. Selv nyere oversigtsartikler peger på, at der heller ikke er enighed om, hvilke tilgange undervisere bedst kan bruge i forbindelse med undervisning i entreprenørskab.

Men EU peger altså både på et økonomisk mål med undervisningen i entreprenørskab, og på behovet for at fremme en forandringsparat indstilling. Denne splittelse afspejler to historisk betingede versioner af undervisning i entreprenørskab.

På den ene side eksisterer en ældre og snæver opfattelse, hvor entreprenørskab (herunder det danske ”iværksætteri”) er knyttet til evne og lyst hos den enkelte til at starte egen virksomhed.

På den anden side en nyere og bred opfattelse, hvor entreprenørskab ses som en kompetence og indstilling, alle kan bibringes, og hvor fokus ikke er på business og økonomi, men er udvidet til at omfatte alle situationer hvor den/de entreprenante muliggør skabelse af værdi for andre.

I dansk sammenhæng er den brede forståelse bl.a. formuleret som ”*Entreprenørskab er, når der bliver handlet på muligheder og gode ideer, og disse bliver omsat til værdi for andre. Den værdi, der skabes, kan være af økonomisk, kulturel eller social art*”. (Vestergaard, Moberg, & Jorgensen, 2012, s. 13). I denne version kommer entreprenørskab tæt på innovation.

I forbindelse med undervisning i entreprenørskab er det generelt – også internationalt – en udfordring, at der ikke er udviklet nogen specifik undervisningstilgang. Det hænger blandt andet sammen med de mange forskellige opfattelser af entreprenørskab – der er ”*en mangel på klarhed i definitionerne*”. (Lackéus, 2015, s. 6).

Også internationalt er det for nylig foreslået, at man fremadrettet satser på en ”hybrid-model”, der kombinerer entreprenør-undervisning med Design-tænkning og PBL. I samme forbindelse peges på, at der er behov for udvikling og empirisk afprøvning.

Dermed kan der argumenteres for, at man – i hvert fald på sekundært niveau – kan forsøge sig med at kombinere entreprenørskab og engineering, idet engineering kan tilrettelægges, så det indeholder elementer af entreprenørskab.

I dansk sammenhæng har der – i overensstemmelse med udmeldingerne fra EU – været stor politisk opmærksomhed på at indføre entreprenørskab i undervisningen. I grundskolen er det sammen med innovation indført som et tværgående emne i alle skolens fag. Målet er bredt:

*”at motivere eleverne til at indgå i samfundet som aktive medborgere, iværksættere og innovative medarbejdere. Samtidig skal eleverne gives forudsætninger for at håndtere de udfordringer og udnytte de muligheder, der er forbundet med at være individ i en foranderlig og kompleks verden”. Der angives ikke nogen specifik undervisningsform, men blot at ” Emnet er orienteret mod varierede og praksisorienterede undervisningsformer”.*²⁶

Fonden for Entrepreneørskab er nationalt videntcenter for udvikling af entreprenørskab i undervisningen i Danmark. Fonden har udviklet en overordnet ramme for undervisning i entreprenørskab med 4 dimensioner: Kreativitet, Handling, Omverdensforståelse og Personlig indstilling. (Nybye & Rasmussen, 2013)

B1.8: Litteratur

- Auener, S., Daugbjerg, P. S., Nielsen, K., & Sillasen, M. K. (2018). *Engineering i skolen - hvad, hvordan, hvorfor*. Retrieved from https://astra.dk/sites/default/files/eis_rapport_v4_1.pdf
- Basu, S., Biswas, G., Sengupta, P., Dickes, A., Kinnebrew, J. S., & Clark, D. (2016). Identifying middle school students' challenges in computational thinking-based science learning. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s41039-016-0036-2>
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M., & Rumble, M. (2014). Defining twenty-first century skills. In *Assessment and teaching of 21st century skills*. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2324-5_2
- Bohm, M., Salomonsen, D., Quistgaard, N., Binau, C. F., Wøhlk, E., Jensen, L. V., & Kronvald, O. (2017). *Sammen om naturvidenskab. Anbefalinger til en national strategi for de naturvidenskabelige fag*. Retrieved from https://astra.dk/sites/default/files/nns_rapport_anbefalinger_final_web.pdf
- Brahe-Orlandi, R., & Nielsen, B. L. (2020). *Eksperimenterende didaktiske initiativer i læreruddannelsen i VIA - analyseret i professionsdidaktisk perspektiv*. Retrieved from <https://www.ucviden.dk/da/projects/eksperimenterende-didaktiske-initiativer-i-læreruddannelsen-analy>
- Bybee, R. W. (2007). Scientific Inquiry And Science Teaching. In *Scientific Inquiry and Nature of Science*. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5814-1_1
- Caspersen, M. E. (2017). Computational Thinking. In J. Dolin et al. (eds), *Gymnasiepædagogik - En grundbog* (3rd ed., pp. 470–476).
- Caspersen, M. E., Iversen, O. S., Nielsen, M., Hjorth, A., & Musaeus, L. H. (2018). *Computational Thinking - hvorfor, hvad og hvordan?* Retrieved from https://www.it-vest.dk/fileadmin/user_upload/pdf/2018-12-18--Computational-Thinking--hvorfor-hvad-og-hvordan--PRINT-2-sided.pdf
- Caspersen, M. E., & Nowack, P. (2013). Computational thinking and practice - A generic approach to computing in danish high schools. *Conferences in Research and Practice in Information Technology Series*, 136, 137–143.
- Christensen, T. S., Hobel, P., Nielsen, J. A., Paulsen, M., & Ziethen, M. (2017). Innovation. In J. Dolin, G.

²⁶ (Innovation og entreprenørskab – vejledning, UVM, nd).

- H. Ingerslev, & H. Sparholt Jørgensen (Eds.), *Gymnasiepædagogik - En grundbog* (3., pp. 334–341).
- Christensen, T. S., Hobel, P., & Paulsen, M. (2011). *Innovation i gymnasiet, rapport 2*. Retrieved from <https://www.gymnasieforskning.dk/innovation-i-gymnasiet-2/>
- Christensen, T. S., Hobel, P., & Paulsen, M. (2012). *Innovation i gymnasiet, rapport 3 og 4 - Gymnasieforskning*. Retrieved June 1, 2021, from <https://www.gymnasieforskning.dk/innovation-i-gymnasiet-rapport-3-og-4/>
- CSTA. (2016). K-12 Computer Science Framework, 297. Retrieved from <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=3079760>
- De Graaff, E., & Kolmos, A. (2003). Characteristics of Problem-Based Learning. *International Journal of Engineering Education*, 19(5), 657–662.
- Deboer, G. E. (2007). Historical Perspectives On Inquiry Teaching In Schools. In *Scientific Inquiry and Nature of Science*. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5814-1_2
- Doppelt, Y., Mehalik, M. M., Schunn, C. D., Silk, E., & Krysinski, D. (2008). Engagement and Achievements: A Case Study of Design-Based Learning in a Science Context. *Journal of Technology Education*, 19(2), 22–39.
- Evans, R., & Horst, S. (2012). Nye mål for naturfagsundervisning i USA – vil vi samme vej i Danmark? *MONA - Matematik- Og Naturfagsdidaktik*, 2012(3), 56–69. Retrieved from <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/35966>
- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational Thinking in K–12. *Educational Researcher*, 42(1). <https://doi.org/10.3102/0013189x12463051>
- Haara, F. O., Jenssen, E. S., Fossøy, I., & Ødegård, I. K. R. (2016). The ambiguity of pedagogical entrepreneurship—the state of the art and its challenges. *Education Inquiry*, 7(2). <https://doi.org/10.3402/edui.v7.29912>
- Harlen, B. W. (2004). Evaluating inquiry-based science developments. *Meeting on the Status of Evaluation of Inquiry-Based Science Education*.
- Harlen, W. (2011). Udvikling og evaluering af undersøgelsesbaseret undervisning. *Mona*, 2011(3), 46–70.
- Hobel, P. (2012). Når innovation og fagligt samspil sætter fag under pres - Fagdidaktisk kommunikation i det danske gymnasium efter reformen i 2005. *Journal of Humanities and Social Science Education*, 2012:1(1), 26–53.
- Kim, N. J., Belland, B. R., & Axelrod, D. (2019). Scaffolding for optimal challenge in k–12 problem-based learning. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 13(1), 11–15. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1712>
- Klemenčič, M. (2017). From Student Engagement to Student Agency: Conceptual Considerations of European Policies on Student-Centered Learning in Higher Education. *Higher Education Policy*, 30(1). <https://doi.org/10.1057/s41307-016-0034-4>
- Kolodner, J. L., Crismond, D., Gray, J., Holbrook, J., & Puntambekar, S. (1998). Learning by Design from Theory to Practice. In *Proceedings of ICLS 98*.
- Krogh, L. B. (2021). *Engineering i stx - didaktik.ve1*. Retrieved from https://www.ucviden.dk/ws/portalfiles/portal/116504694/Engineering_i_stx_didaktik.ve1_Krogh_F2021.pdf
- Kruse, S. (2013). Hvor effektive er undersøgelsesbaserede strategier i naturfagsundervisningen? *MONA - Matematik- Og Naturfagsdidaktik*, 2013(2), 24–48.
- Lackéus, M. (2015). Entrepreneurship in Education. What, why, when, how? Retrieved June 1, 2021, from https://www.oecd.org/cfe/leed/BGP_Entrepreneurship-in-Education.pdf
- Lackéus, M. (2018). “What is Value?” – A Framework for Analyzing and Facilitating Entrepreneurial Value Creation. *Uniped*, 41(01). <https://doi.org/10.18261/issn.1893-8981-2018-01-02>

- Lackéus, M., & Middleton, K. W. (2018). Assessing experiential entrepreneurship education: Key insights from five methods in use at a venture creation programme. In *Experiential Learning for Entrepreneurship: Theoretical and Practical Perspectives on Enterprise Education*.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-90005-6_2
- Mehalik, M. M., Doppelt, Y., & Schuun, C. D. (2008). Middle-school science through design-based learning versus scripted. Inquiry: Better overall science concept learning and equity gap reduction. *Journal of Engineering Education*, 97(1). <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2008.tb00955.x>
- Moallem, M., Hung, W., & Dabbagh, N. (2019). *The Wiley Handbooks of Problem-Based Learning*. John Wiley & Sons, Inc.
- Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., & Smith, K. A. (2014). A framework for quality K-12 engineering education: Research and development. *Journal of Pre-College Engineering Education Research Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 4(1), 1–13.
<https://doi.org/10.7771/2157-9288.1069>
- Musaeus, L. H., Hansen, J. Ø., Damsgaard-Madsen, M., & Nielsen, K. (2020). *Computational Thinking i gymnasiefag - En modelbaseret didaktik*.
- Musaeus, L. H., & Musaeus, P. (2019). Computational thinking in the Danish high school: Learning coding, modeling, and content knowledge with Netlogo. *SIGCSE 2019 - Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 913–918.
<https://doi.org/10.1145/3287324.3287452>
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. <https://doi.org/10.17226/13165>
- Nielsen, J. A. (2015a). Assessment of innovation competency: A thematic analysis of upper secondary school teacher's talk. *Journal of Educational Research*, 108(4), 318–330.
<https://doi.org/10.1080/00220671.2014.886178>
- Nielsen, J. A. (2015b). *Evaluering af projektet Gymnasiet tænkt forfra 2012-2015*. Retrieved from <https://www.ind.ku.dk/projekter/gymnasiettaenktforfra/>
- Nowack, P., & Caspersen, M. E. (2014). Model-based thinking and practice, 147–151.
<https://doi.org/10.1145/2674683.2674686>
- Nybye, N., & Rasmussen, A. (2013). *Progressionsmodel: Entreprenørskabs- og innovationsundervisning*. Retrieved from <https://www.ffe-ye.dk/media/785743/progressionsmodel.pdf>
- O'Brien, E., & Hamburg, I. (2019). A critical review of learning approaches for entrepreneurship education in a contemporary society. *European Journal of Education*, 54(4). <https://doi.org/10.1111/ejed.12369>
- Østergaard, L. D., Hagelskjær, J., Sillasen, M., & Bavnghøj, H. (2010). Inquiry -based science education - har naturfagsundervisningen i Danmark brug for det? *Mona*, 2010(4), 25–43.
- Rae, D., & Wang, C. L. (2015). *Entrepreneurial learning: New perspectives in research, education and practice*. *Entrepreneurial Learning: New Perspectives in Research, Education and Practice*.
<https://doi.org/10.4324/9781315857817>
- RegionMidtjylland. (2021). *Slutrapport vedrørende Engineering i Gymnasiet*. Retrieved from https://www.ucviden.dk/files/122549238/Slutrapport_Engineering_i_gymnasiet_Marts21.pdf
- Rocard report: “Science Education Now: A New Pedagogy for the Future of Europe” | European Economic and Social Committee. (n.d.). Retrieved June 1, 2021, from <https://www.eesc.europa.eu/en/documents/rocard-report-science-education-now-new-pedagogy-future-europe>
- Savery, J. R. (2015). Overview of Problem-based Learning: Definitions and Distinctions. In *Essential Readings in Problem-Based Learning: Exploring and Extending the Legacy of Howard S. Barrows* (pp. 5–17). Retrieved from http://web.deu.edu.tr/baed/giris/baed/ozel_sayi/303-310.pdf

- Savery, J. R. (2019). Comparative Pedagogical Models of Problem-Based Learning. In *The Wiley Handbook of Problem-Based Learning* (pp. 81–104).
- Sengupta, P., Kinnebrew, J. S., Basu, S., Biswas, G., & Clark, D. (2013). Integrating computational thinking with K-12 science education using agent-based computation: A theoretical framework. *Education and Information Technologies*, 18(2). <https://doi.org/10.1007/s10639-012-9240-x>
- Shavinina, L. (2013a). How to develop innovators? Innovation education for the gifted 1. *Gifted Education International*, 29(1), 54–68. <https://doi.org/10.1177/0261429412440651>
- Shavinina, L. V. (2013b). The fundamentals of innovation education. In *The Routledge International Handbook of Innovation Education*. <https://doi.org/10.4324/9780203387146>
- Shavinina, L. V. (2013c). *The Routledge international handbook of innovation education*. *The Routledge International Handbook of Innovation Education*. <https://doi.org/10.4324/9780203387146>
- Sillasen, M. K., Daugbjerg, P. S., Krogh, L. B., & Nielsen, K. (2018). *Engineering i skolen - Vidensgrundlag*. Retrieved from https://www.ucviden.dk/ws/portalfiles/portal/107141472/Engineering_i_skolen_vidensgrundlag.pdf
- Strimel, G., Kim, E., & Bosman, L. (2019). Informed Design through the Integration of Entrepreneurial Thinking in Secondary Engineering Programs. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 19(5).
- Sung, E. (2019). Fostering computational thinking in technology and engineering education: An unplugged hands-on engineering design approach. *Technology & Engineering Teacher*, 78(5).
- Svärd, J., Schönborn, K., & Hallström, J. (2017). Design of an authentic innovation project in Swedish upper secondary technology education. *Australasian Journal of Technology Education*, 4(1). <https://doi.org/10.15663/ajte.v4i1.48>
- Tedre, M., & Denning, P. J. (2016). The long quest for computational thinking. In *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/2999541.2999542>
- Van Breukelen, D., Michels, K., Schure, F., & De Vries, M. J. (2016). The FITS model: An improved Learning by Design approach. *Australasian Journal of Technology Education*.
- Vestergaard, L., Moberg, K., & Jorgensen, C. (2012). *Impact of Entrepreneurship Education in Denmark - 2011. Fonden for Entreprenørskab*. Retrieved from https://eng.ffe-ye.dk/media/202248/impact_of_entrepreneurship_education_in_denmark_2011.pdf
- Walker, A., Leary, H., Ertmer, P. A., & Hmelo-Silver, C. E. (2020). EPILOGUE: In *Essential Readings in Problem-Based Learning*. <https://doi.org/10.2307/j.ctt6wq6fh.28>
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., & Wilensky, U. (2016). Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms. *Journal of Science Education and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>
- Wing, J. M. (2006). Computational Thinking. *Commun. ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Wood, D. F. (2003). ABC of learning and teaching in medicine: Problem based learning. *BMJ*, 326(7384). <https://doi.org/10.1136/bmj.326.7384.328>
- Yew, E. H. J., & Schmidt, H. G. (2012). What students learn in problem-based learning: A process analysis. *Instructional Science*, 40(2). <https://doi.org/10.1007/s11251-011-9181-6>

Bilag 2: Kortlægning af innovation/ design/ engineering-forekomster i læseplanerne for gymnasiet

Dette bilag indeholder en tekstuel analyse af relevante læreplaner, hvor begreberne: engineering, design og innovation indgår i lærerplanerne for stx.

B2.1: Omtale af innovation, design og engineering-agtige i læreplaner

Der er omtale af innovation og design i læseplaner m.m. for en række af stx-uddannelsens fag, jf. nedenstående oversigt (tal for elever & fag, 2020, hentet fra Uddannelsesstatistik.dk²⁷).

En analyse af læreplanerne for en række fag på stx (se nedenstående tabel) viser følgende forekomster af begreberne: Engineering, innovation og design. Tallene i sidste kolonne i tabellen viser, hvor mange elever havde faget på stx i 2020.

Engineering: ingen forekomster.

Innovation:

- Billedkunst (innovationskompetence)
- Informatik C
- Naturgeografi B/C
- Studieretningsprojekt
- Innovation (valgfag på B & C)
- Organisation C (valgfag)
- Statistik C (valgfag)
- Teknologi C (valgfag)

Design:

- Informatik C
- Design og arkitektur C/B (valgfag)

²⁷ <https://uddannelsesstatistik.dk/Pages/Reports/1668.aspx>

Tabel: Kortlægning af forekomster af begreberne: Engineering, innovation og design. Tallene i sidste kolonne viser, hvor mange elever havde faget i 2020. Tallene er hentet fra Uddannelsesstatistik.dk²⁸.

Fag og niveau	Innovation/design – hvor centralt indgår engineering-lignende træk i læseplan	Mest markante aspekter	Hvor mange elever tager dette kursus
Billedkunst (B/C) (innovationskompetence)	Snævert design-fokus: Et enkelt fagligt mål peger denne vej. Innovationskompetence omtales ifm didaktiske principper.	eksperimentere med forskellige metoder og strategier til at løse opgaver af visuel eller rumlig karakter i samspil med det analytiske arbejde med andres og egne værker	382 (B) 7995 (C)
Informatik C	Snævert men centralt design-fokus: Knyttet til dataarbejde og brugerflader ”praktisk arbejde med at skabe forskellige former for it-systemer” (formål).	Fælles mål: løse et mindre problem ved at beskrive problemet, samt designe, realisere og afprøve et it-system gennem brugerorienterede teknikker Kernestof (”interaktionsdesign”) design af en brugergrænseflade og den tilhørende interaktion –prototyper til i samarbejde med brugerne at udvikle it-systemets interaktionsdesign	2626
Naturgeografi B/C	Bortset fra overskriften på kernestofområdet, så er der intet der peger i retning af produktorienteret problemløsende iterative processer.	Kernestofområde: Innovation, bæredygtighed og ressourceforvaltning i lokalt og globalt perspektiv	4017 (B) 7639 (C)
Innovation C (valgfag) Innovation på B skulle vist også være valgfag i stx – men der er ikke registreret nogen elever!	Bredt og centralt innovations/design-fokus – men rettet mod iværksætteri (nye & eksisterende virksomheder).	Formål: • arbejde systematisk og kreativt med idéudvikling • Fokus er på realisering af innovative løsninger • arbejde med innovative processer på virkelighedsnære problemstillinger Faglige mål: Mest analytiske, men også -gennemføre innovationsprocessen og ræsonnere over elementerne fra idé til værdiskabende handling Kernestof: Området <i>Kreativitet og idegenerering</i> er det bedste bud på engineering (innovation/designprocesser)	1045 (C) B-niveau: ingen elever registreret.
Organisation C (valgfag)	Udelukkende et organisatorisk sigte – fx projektledelse ift. innovation.	at arbejde struktureret og målrettet, men også innovativt med løsning af en virksomheds ledelsesmæssige og organisatoriske udfordringer	Ingen elever registreret.
Statistik C (valgfag)	Svagt aspekt, kun i omtalen af arbejdsformer træder det frem.	Arbejdsformer: Med henblik på at tilgodese elevernes muligheder for innovation, samarbejde og faglig fordybelse organiseres undervisningen i emne-, case- eller projektførløb.	16

²⁸ <https://uddannelsesstatistik.dk/Pages/Reports/1668.aspx>.

		I mindst 15 pct. af undervisningstiden arbejder eleverne med et projektforsløb, der indeholder en praktisk eller erhvervsmæssig problemstilling.	
Teknologi C (valgfag)	Spot-on ift teknologiske designprocesser – men ikke eksplicit koblet til et naturfagligt vidensgrundlag.	Identitet: Faget beskæftiger sig med teknologisk innovation i samspillet mellem teknik, viden, organisation og produkt kombineres faglig viden og kundskaber med praktisk arbejde i værksteder og laboratorier Fagets metode er problembaseret læring i projektforsløb, hvor faglig viden og kundskaber kombineres og anvendes i forbindelse med konkret problemløsning Formål: Faglige kundskaber anvendes til konkret problemløsning omfattende udvikling og fremstilling af produkter i værksteder og laboratorier. Herigennem får eleverne kendskab til forskellige teknologier, der anvendes i erhvervslivet, samt kendskab til idéudvikling og innovative og kreative processers betydning i forbindelse med udvikling af produkter. Faglige mål: arbejde med teknologisk innovation ved at udvikle produkter gennem en systematisk og iterativ produktudviklingsproces indeholdende faserne problemidentifikation, problemundersøgelse, produktprincip, produktudformning, produktionsforberedelse og realisering (det første blandt 9 mål, hvor i hvert fald halvdelen tapper ind i EDP)	Ingen elever registreret i stx 2020.
Design og arkitektur C/B (valgfag)	Design-processer –med fokus på ”processer, der er principielt identiske med dem, der indgår i designere og arkitekters daglige arbejde.” Det praktisk-produktrettede står ret svagt ift. refleksive aspekter.	Identitet: Fagets genstandsfelt er materielle og immaterielle designprodukter og arkitektur, der ses som resultat af innovative, reflekterede designprocesser Faglige mål: Udpensler designprocesser, men ikke meget vægt på det praktisk-produktrettede	1729 (C) 22 (B)
Fysik (A/B/C - reelt uden åbninger for engineering)	Ingen omtaler. Faget retter sig mere mod naturfaglige kompetencer & forklaringer. [positionering vha metodeaspekter af engineering en mulighed?]	A: Et fagligt mål: kunne undersøge problemstillinger og udvikle og vurdere løsninger, hvor fagets viden og metoder anvendes Supplerende stof (20%) skal omfatte:	1689 (A) 6985 (B)

		aktuelle faglige, teknologiske, samfundsrelevante eller globale problemstillinger, herunder en belysning af fysiske aspekter af bæredygtig udvikling [dvs en refleksiv vinkling] Didaktiske principper: Det eksperimentelle og teoretiske arbejde integreres, så eleverne lærer at kombinere egne eksperimenter og teori, og så de inspireres til selv at foreslå relevante undersøgelser og problemløsninger. Arbejdsformer: Der skal tilrettelægges mindst to længerevarende forløb, hvor eleverne i mindre grupper arbejder med en selvvalgt eksperimentel problemstilling [i ret traditionel forstand, på B-niveau er der kun tale om 1 forløb] ... Der skal tilrettelægges mindst ét forløb, hvor eleverne undersøger en problemstilling og udvikler og vurderer løsninger, hvor fagets viden og metoder anvendes [måske den bedste åbning for engineering, på B-kun 1 forløb]	
Kemi (A/B/C)	Visse åbninger for engineering – savner dog ekspliciterede mål og prøvemål	Formål: Kemisk viden, kreativitet og innovative tiltag kan være vigtige bidrag til et moderne samfund, ved at kemi i samspil med andre fag kan belyse og løse aktuelle problemstillinger med et naturvidenskabeligt indhold [men dette følges ikke til dørs i målene] Didaktiske principper: at eleverne opøves i ikke blot at kombinere iagttagelser og teori, men inspireres til selv at kunne foreslå relevante undersøgelsesmetoder og problemløsninger. Arbejdsformer: variation i arbejdsformer, herunder elevaktiverende arbejdsformer og eventuelt arbejdsformer, der træner elevernes innovative kompetencer [indholdsmæssigt næsten samme formuleringer på A/B/C, dog ikke didaktiske principper på alle niveauer]	1250 (A) 7351 (B) 4755 (C)
Biologi (A/B/C)	Ingen innovation eller design-omtaler. Formålet ekstremt orienteret mod indsigt og forståelse.	Formål: faglig baggrund for at forholde sig til lokale og globale problemstillinger inden for sundhed, bioteknologi, bæredygtighed og miljø, og for selv	

		at bidrage innovativt og ansvarligt til samfundets udvikling. Fagligt mål: behandle problemstillinger i samspil med andre fag [kun det svage, som alle har] Supplerende stof: Det supplerende stof skal sammen med kernestoffet uddybe problemstillinger og emner, hvor biologi spiller en væsentlig rolle Arbejdsformer: arbejde med udvikling af løsninger Prøven: Opgaven tager udgangspunkt i en problemstilling, som har sammenhæng med et eller flere af undervisningens temaer og inddrager eksperimentelt arbejde eller andet empiribaseret arbejde fra undervisningen [den videre beskrivelse & bedømmelseskriterier lukker dog ned for at dette arbejde kan være produktrettet. På B/C-niveau er der ikke en problemstilling som afsæt]	
Bioteknologi (A)	Ingen eksplicite omtaler af innovation eller design. Men: adskilligt om at arbejde med problemstillinger og udvikle løsninger	Fagligt mål: anvende fagets viden og metoder til vurdering og perspektivering i forbindelse med samfundsmæssige, teknologiske, miljømæssige og etiske problemstillinger med bioteknologisk indhold og til at udvikle og vurdere løsninger Supplerende stof: supplerende stof skal sammen med kernestoffet uddybe emner og problemstillinger, hvor bioteknologi spiller en væsentlig rolle. Didaktiske principper: ikke blot at kombinere iagttagelser og teori, men inspireres til selv at kunne foreslå relevante undersøgelsesmetoder og problemløsninger. Arbejdsformer: arbejde med udvikling af løsninger Prøven: Opgaven tager udgangspunkt i en problemstilling, som har sammenhæng med et eller flere af undervisningens temaer og inddrager eksperimentelt arbejde eller andet empiribaseret arbejde fra undervisningen. [også her er øvrig beskrivelse og bedømmelseskriterier refleksive]	
Naturvidenskabeligt grundforløb	Skal motivere og benytte en oplevelsesorienteret tilgang, samt arbejde m problemstillinger– men der er ikke omtaler af praktisk,	Identitet: Udgangspunktet for naturvidenskabeligt grundforløb er aktuelle problemstillinger med et naturvidenskabeligt indhold, som bredt	Alle

	produktorienteret iterativt arbejde. Klassisk naturfaglig tænkning. Prøveprodukterne i portfolioen er rent skriftlige.	repræsenterer de naturvidenskabelige fag, og som giver mulighed for en undersøgende, eksperimentel og oplevelsesorienteret tilgang til omverdenen Didaktiske principper opfordrer til at eleverne arbejder aktivt med problemstillingerne.	
--	--	---	--

B2.2: Gymnasieloven LBK nr 611 af 28/05/2019.

Man vil kunne læse innovation, design og engineering ind i gymnasieloven flg. steder:

Fælles for de forskellige former:

§ 1. Formålet med uddannelserne omfattet af denne lov er at forberede eleverne til videregående uddannelse, herunder at de tilegner sig almindelig uddannelse, viden og kompetencer gennem uddannelsens kombination af faglig bredde og dybde og gennem samspillet mellem fagene.

Stk. 2. Eleverne skal gennem uddannelsens faglige og pædagogiske progression udvikle faglig indsigt og studiekompetence. De skal opnå fortrolighed med at anvende forskellige arbejdsformer og opnå evne til at fungere i et studiemiljø, hvor kravene til selvstændighed, samarbejde og sans for at opsøge viden er centrale.

Stk. 3. Uddannelserne skal have et dannelsesperspektiv med vægt på elevernes udvikling af personlig myndighed. Eleverne skal derfor lære at forholde sig reflekterende og ansvarligt til deres omverden: medmennesker, natur og samfund samt til deres udvikling. Uddannelserne skal tillige udvikle elevernes kreative og innovative evner og kritiske sans. "Evnen til at være problemløsende skal prioriteres i både fag og faglige samspil", således at de lærer at bruge deres faglighed til at "undersøge og løse konkrete problemer".

Det innovative anføres som specifikke træk ved htx og hhx, mens det for stx hedder: Uddannelsen er målrettet mod unge og voksne med interesse for viden, fordybelse, perspektivering og abstraktion.

Derudover hedder det i §29: [også fælles for de gymnasiale uddannelser]

§ 29. Uddannelsesforløbene og undervisningen skal tilrettelægges, så eleven arbejder med at tilegne sig viden, kundskaber og kompetencer både i det enkelte fag og i flerfaglige forløb.

Stk. 2. Undervisningen skal, hvor det er relevant, indeholde forløb og faglige aktiviteter, der styrker elevernes evne til at håndtere valg og overgange i uddannelsessystemet. Eleverne skal gennem undervisningen opnå viden om og erfaringer med fagenes anvendelse, der modner deres evne til at reflektere over egne muligheder og at træffe valg om egen fremtid i et studie-/karrierespæktiv og et personligt perspektiv.

Stk. 3. Eleverne skal opnå skriftlige kompetencer og almene studiekompetencer, der sætter dem i stand til at honorere de krav til korrekt skriftlig fremstilling, kritisk bearbejdning af viden, selvstændighed og vedholdenhed, der kræves i de videregående uddannelser.

Stk. 4. Undervisningen skal indeholde forløb og faglige aktiviteter, hvor der arbejdes målrettet med at udvikle elevernes evne til at arbejde kreativt og innovativt i fagene. Det skal udvikle elevernes evne til at forholde sig til og finde løsninger på faglige

problemstillinger, de ikke har mødt før. Evnen til at være problemløsende skal prioriteres i både fag og faglige samspil, hvor eleverne reflekterer og analyserende skal anvende faglig viden og faglige metoder til at undersøge og løse konkrete problemer.

Stk. 5. Undervisningen skal tilrettelægges, så eleverne opnår kundskaber og kompetencer gennem målrettet arbejde med sprog og kulturforståelse i undervisningen. Det skal gøre eleverne dygtigere til at anvende sprog og give dem indsigt i globale problemstillinger.

Stk. 6. Eleverne skal opnå digitale kompetencer, så de lærer at anlægge et kritisk blik på digitale medier og at indgå i digitale fællesskaber. I fagene skal eleverne lære at søge information og forholde sig kildekritisk, når de søger viden gennem digitale medier, og gennem undervisningen skal eleverne opnå erfaring med digitale fællesskaber og arbejde med skabelsen af digitale produkter.

B2.3: Om studieretningsprojektet hedder det i vejledningen

*”I studieretningsprojektet på stx er en del af formålet, at elevernes almindelse styrkes ved at arbejde med almene og videnskabsrelaterede områder, som overskrider det enkelte fag, og ved at udvikle og vurdere innovative løsninger på flerfaglige problemstillinger. Studieretningsprojektet kan omfatte innovation, og hvis det er tilfældet, er det et selvstændigt fagligt mål, at eleven kan udvikle og vurdere innovative løsningsforslag. I et eller flere af de flerfaglige forløb, der forbereder eleverne til arbejdet med studieretningsprojektet, skal der derfor indgå arbejde med udvikling og vurdering af innovative løsningsforslag.”*²⁹

B2.4: Om elevernes innovative kompetencer

Innovation, design og engineering kan læses ind i gymnasieloven flere steder.³⁰

Elevernes innovative kompetencer

Vejledning til lov og bekendtgørelse

- Lov om de gymnasiale uddannelser § 1 stk. 3, § 3, § 4 og § 29 stk. 4

*Børne- og Undervisningsministeriet
Styrelsen for Undervisning og Kvalitet
Gymnasiekontoret, august 2019*

”Undervisningen på alle uddannelser skal udvikle elevernes kreative og innovative evner. Der skal i fagene og de faglige samspil arbejdes målrettet med at udvikle elevernes evner til at anvende faglig viden og faglige metoder til at undersøge og løse konkrete problemer...”

”Et fagligt problem kan være en problemstilling knyttet til bestemte områder i et fag som fx en problemstilling knyttet til formidling af fagligt stof til bestemte målgrupper. Det kan ligeledes knyttes til løsningen af åbne problemstillinger på det eksperimentelle område, hvor eleverne arbejder med selv at kunne foreslå relevante undersøgelsesmetoder. Et alment problem kan være et epokalt nøgleproblem som klima, sundhed eller demokrati. Et konkret/autentisk problem i en lokal kontekst kan være et stort energiforbrug i en bygning,

²⁹ <https://www.uvm.dk/-/media/filer/uvm/udd/gym/pdf19/aug/190801-vejledning-til-lov-og-bekendtgorelse---elevernes-innovative-kompetencer.pdf>

³⁰ <https://www.uvm.dk/-/media/filer/uvm/udd/gym/pdf19/aug/190801-vejledning-til-lov-og-bekendtgorelse---elevernes-innovative-kompetencer.pdf>

faldende besøgstal på et museum eller unges lave valgdeltagelse i en kommune. Under alle omstændigheder undersøges problemet med brug af faglig viden.”

Der tales eksplicit om ide- og udviklingsfaser og det fastslås om løsningsforslagene: Blandt de mulige ideer til løsning ser eleverne mere kritisk på, hvilke ideer der bedst løser problemet og udvikler videre på disse løsningsforslag. Løsningsforslag fremstilles skriftligt og kan evt. suppleres med udformning af et udkast til et produkt i digital eller fysisk form. [d.v.s. der er i hvert fald en åbning for produktorienterede bud på problemløsning],

Yderligere hedder det: *”Vurdering af forslagens realiserbarhed kan fx ske med brug af eksperimenter, udvikling af scenarier eller brug af interviews.”* [altså på ny en åbning for eksperimentelle tjek – evt. som afsæt for produktopimering, om end dette aspekt ikke nævnes eksplicit]

Vejledningen foreslår, at arbejdet med innovation koordineres via studieplanen på tværs af fag, ligesom det betones at arbejdet bør sikre en tydelig sammenhæng og progression.

Bilag 3: Stemmer fra praksis

I dette bilag udtaler fire aktører sig om potentialer og udfordringer med implementering af engineering set fra deres forskellige positioner i stx og htx. I tabellen nedenfor præsenteres de fire aktører.

Pernille Kaltoft (PK) - fagkonsulent i teknologi på htx - underviser i teknologi på Holbæk htx - tidl. seniorforsker i miljøsociologi på DMU. - tidl. adjunkt i videnskabsteori på KVL. - tidl. lektor i teknologihistorie på DTU - Cand. Scient. og Ph.D. fra DTU.	Philip Jakobsen (PJ) - underviser i fysik, naturgeografi og geovidenskab på Silkeborg Gymnasium - har deltaget i Engineering-i-gymnasiet pilotprojekt i Region Midt (2019-21) - cand.scient. i fysik og geografi (RUC) - Ph.D. i klimafysik (DMI)	Jette Rygaard (JR) - rektor på Vesthimmerlands Gymnasium - tidl. gymnasielærer i fysik og matematik - tidl. fagkonsulent i naturvidenskab i stx - cand.scient. i meteorologi (KU) - formand for den naturvidenskabelige gruppe i interesseorganisationen Danske Gymnasier	Eigil Dixen (ED) - tidl. rektor på Egå Gymnasium - styringsgruppe-medlem Danske Science Gymnasier (DASG) - cand.scient. i fysik og matematik (AU)
--	--	--	---

Tabel: De fire aktører, som med deres ekspertviden bidrager til at belyse potentialer og udfordringer med at implementere engineering i det almene gymnasium.

Et gennemgående træk er at de fire aktører ser implementeringen af engineering i stx i sammenhæng med andre indsatser. For som Philip Jakobsen argumenterer, skal man

”tænke sig grundigt om, hvad man vil med engineering. Er det mere af den eksisterende faglighed med en ny didaktisk metode eller noget andet? ”. Han mener selv, at ”engineering kan være en didaktisk løftestang til at forløse det potentiale, som eleverne har i forhold til de ting de alligevel skal lære.”

Engineering i relation til teknologi, IBSE og innovation

Aktørerne har forskellige opfattelser af, hvordan engineering skal karakteriseres og relateres til teknologibegrebet, IBSE og innovation.

De grundlæggende træk ved deres forståelse af engineering er:

- Det tager udgangspunkt i et konkret problem
- Det er en metodisk tilgang, som ender ud i et produkt eller en prototype (mere herom senere)
- Teknologi er et overbegreb, der indeholder engineering og digitale teknologier som delelementer.
- IBSE og innovation er beslægtede arbejdsprocesser, som kan integreres med teknologi og engineering. Interviewene med aktørerne illustrerer dog et behov for begrebsafklaring, som bidrager til at operationalisere og forenkle et begrebshierarki, der kan bruges til undervisningsplanlægning.
- På htx er engineering en integreret del af teknologi-faget, som indeholder både teknologisk dannelse, teknologisk design, teknologivurdering og produktudvikling.

De potentialer og udfordringer, som aktørerne mener knytter sig til implementering af engineering i stx kan sammenfattes i en række tematikker:

1. Problem- og projektorienteret arbejde med autentiske problemstillinger
2. Innovationsdagsordenen
3. Teknologisk dannelse som et fag eller integreret i andre fag.
4. Kompetence- og læringsmål
5. Vurdering af elevernes udbytte
6. Lærerkompetencer

Disse tematikker udfoldes med udgangspunkt i stemmerne fra praksis i de følgende seks afsnit.

B3.1: Problem- og projektorienteret arbejde med autentiske problemstillinger

Aktørerne forestiller sig, at engineering kan virke motiverende som en problem- og projektorienteret arbejdsform, fordi det kan tilbyde eleverne naturvidenskabelig undervisning, hvor de kan løse reelle udfordringer, bruge deres kreativitet, arbejde sammen og dele viden.

Det er ifølge Philip Jakobsen positivt, at eleverne bliver grebet af at ville løse en udfordring. Optagetheden er et tegn på flow. Men udfordringen kan være, at eleverne hurtigt går i ”løsningsmode”, med den konsekvens, at de bruger for lidt tid på at udføre undersøgelser, der er en forudsætning for at få produktet til at virke.

I EiG-pilotprojektet i Region Midt var det vanskeligt at få eleverne til at bruge deres baggrundsviden til at analysere og løse et problem. Men Philip Jakobsen mener, at problemanalyse og -løsning er noget der kan trænes, så man får styrket både elevernes faglige udbytte, og deres evner til at tænke kreativt.

Det vil ifølge Eigil Dixen

”være godt for eleverne, at der er konkrete projekter en gang imellem fremfor den meget teoretiske undervisning, de har i gymnasiet. Konkrete projekter kan sætte den traditionelle undervisning lidt i perspektiv, fordi det illustrerer, at eleverne lærer noget, som kan bruges til at løse helt konkrete problemstillinger.”

Jette Rygaard tror heller ikke man skal arbejde autentisk og problemorienteret i alle undervisningsaktiviteter, men ser det som en meget god variation, hvis man engang imellem tager udgangspunkt i en autentisk case, uden at det behøves at være et stort tværfagligt projekt.

Tidligere har man fx i fysikeksperimenter arbejdet med analyser af fejlkilder. Men det gør man ifølge Jette Rygaard ikke så meget mere. Her vil engineering kunne bidrage til at træne eleverne til at forholde sig kritisk til produktet og undersøgelsesprocessen i slutningen af et forløb, hvilket der ifølge Jette Rygaard kunne være et behov for at genopfinde, ved at få eleverne til at *”genbesøge det indledende spørgsmål og selve undersøgelsen, og reflektere over, om man kunne have gjort tingene anderledes.”*

Det vil ifølge aktørerne være relativt nemt, at implementere projektarbejde med løsning af autentiske problemstillinger og træning af elevers kritiske kompetencer i naturfagene uden de store revisioner af de nuværende læreplaner.

Engineering i tværfagligt arbejde, sro og srp

De ser engineering som en metode, der kan anvendes på tværs af mange fag i gymnasiet, fordi det handler om, at eleverne skal lære at løse konkrete problemstillinger.

Ifølge aktørerne er der flere oplagte muligheder:

- Det er oplagt at implementere engineering i sro-projekter fremfor srp-opgaven, hvilket følgende udsagn fra Eigil Dixen understreger: *"Sro er en god ramme for eleverne til at lave fx engineering eller innovation, fordi det er et øvelsesprojekt, inden de skal lave deres srp. Der er store frihedsgrader for at rammesætte en sro-opgave."* På Egaa Gymnasium godskrev man fx elevers deltagelse i Science Cup som sro-opgaver, fordi det så blev en del af deres uddannelse.

Mere kritisk er det med implementering af engineering i srp, fordi det er en individuel opgave med en eksamen, hvor eleverne vil være bekymrede for at lave for mange selvstændige eksperimenter og undersøgelser. Alle aktørerne vurderer dog, at der vil være et potentiale med engineering i srp, fordi de problemstillinger eleverne undersøger har mange lighedspunkter med AT-inspirerede problemstillinger, som alle aktørerne mener egner sig særdeles godt som engineeringudfordringer.

Philip Jakobsen vurderer, at engineering har en berettigelse i srp, hvis det kobles til den særlige innovationsudgave af srp-opgaven, som blev muliggjort ved den seneste reform. Men det bliver svært mener Philip Jakobsen, fordi innovation for mange lærere er en tidsel, som de håber visner hen: *"Det er meget mere trykt at lave et rent videnskabeligt projekt med eleverne, fordi det ved lærerne hvad er"*.

- Det er oplagt at samarbejde med samfundsfag om engineering-faglige problemstillinger. Styrken ved et sådant samarbejde vil ifølge Jette Rygaard løse en fremtidig udfordring med at levere gode studerende til de naturvidenskabelige og teknologiske uddannelser som vil være i stand til at se tingene fra flere sider: *"Der bliver brug for studerende til de teknisk/naturvidenskabelige uddannelser, som også kender til de samfundsfaglige vinkler på problemstillinger."*
- Det er oplagt at lade sig inspirere af den type problemstillinger, som man tidligere anvendte i AT-forløbene. De har ifølge aktørerne sammenlignelige karakteristika med engineering-udfordringer. Og ifølge Jette Rygaard savner mange lærere AT-projektarbejdet.

Engineering produkter eller prototyper?

Aktørerne har en meget bredspektret produktforståelse i relation til et engineering-forløb. Pernille Kaltoft mener, at man på stx skal tænke mere i retning af at udvikle ufuldstændige løsninger til de problemstillinger eleverne undersøger, og ikke bruge så meget tid på at lave færdige funktionelle produkter, som man gør på htx.

Man bør ifølge aktørerne omdefinere prototyper til et bredere produktbegreb, fordi prototyper giver associationer til Georg Gearløs, og hvis man vil integrere engineering arbejdsmetoden i mange fag, er det nødvendigt at arbejde med et mere generisk begreb, som kan omfatte mange forskellige produkttyper: fysiske produkter, en procedure, en proces, en computerkode, modeller, en mock-up, en opsætning på et museum o.l.

B3.2: Innovationsdagsordenen

Innovation er et bredt begreb, som med de seneste reformer fylder rigtig meget i gymnasiet. Men det går ifølge aktørerne ikke så godt med integrering af innovation i de naturvidenskabelige fag. Det skyldes til dels at begrebet ikke defineret og operationaliseret særligt godt i mange naturvidenskabelige faggrupper. Ifølge Jette Rygaard er innovation for mange lærere *"noget med at få en masse ideer og gule lapper på væggen"*.

Da man ved gymnasireformen for mange år siden indførte innovation i relation til AT-forløbene, forsøgte man sig ifølge Jette Rygaard med følgende definition af innovation: *"Det skal skabe merværdi for andre"*.

Definitionen appellerer ikke til naturvidenskabelige lærere i gymnasiet, fordi mange synes, den har et merkantilt islæt. Fx siger Philip Jakobsen, at han *"ikke er interesseret eller kompetent til at facilitere eleverne til at lave en start-up virksomhed."* Han ser det mere som sin kerneopgave at uddanne og danne elever: *"Hvis dannelse er at omsætte en ide til virksomhed, så er jeg ikke den rette til at undervise på stx. Så vil der være behov for andre lærerprofiler i gymnasiet."*

Ifølge Jette Rygaard har man ikke i tilstrækkelig grad udnyttet potentialet med innovation i den naturvidenskabelige undervisning. Hun mener, ligesom Philip Jakobsen og Eigil Dixen, at engineering kan bidrage til at gøre innovation mere attraktivt i gymnasiet. For det første vil merværdien ved at indføre engineering være, at det skaber en ramme for at arbejde med innovationselementer, og en mulighed for at arbejde konkret med en eller anden form for produkt. For det andet forbindes engineering primært med at designe og konstruere teknologiske produkter, så der er ingen modsætninger mellem at arbejde med engineering og innovationsorienteret.

B3.3: Teknologisk dannelse som selvstændigt fag eller integreret i andre fag

Foreningen Danske Gymnasier (DG) foreslår i deres naturvidenskabsstrategi, at der udvikles et nyt fag med fokus på teknologi. Fordelen ved at lave det som et selvstændigt fag fremfor at integrere det i andre fag er ifølge formanden for DG, Birgitte Vedersø, at det vil kunne give større fordybelse, fremfor hvis man integrerer det i allerede eksisterende fag (ingeniøren.dk, 7. jan 2021)³¹.

Aktørerne støtter DG's forslag om at indføre et teknologifag i gymnasiet, fordi det kan være med til at sikre, at studenter kommer ud med en nødvendig teknologisk grundviden som vil være brugbar, uanset hvor de skal læse videre. Men aktørerne har forskellige overvejelser om, hvordan teknologi bedst implementeres:

Teknologifagets indhold

Ifølge Birgitte Vedersø vil det være bedst, hvis et teknologifag kommer til at handle om teknologi i bred forstand, og ikke fx specialiserer eleverne i retning af digitale teknologier, hvilket Pernille Kaltoft er enig i. På den anden side ser Eigil Dixen dog ingen modsætning mellem at arbejde med både digitale teknologier og teknologi i bred forstand i et nyt teknologifag:

"Det vil være synd ikke at arbejde med IT i teknologifaget, fordi det vil være en måde at få flere elever til at arbejde med IT i gymnasiet, hvilket i forvejen er et svagt punkt. Digitale teknologier er jo en af de væsentlige ting i hverdagen. Alt andet ville være gak."

³¹ <https://ing.dk/artikel/nu-skal-teknologi-vaere-almendannelse-danske-gymnasier-foreslaar-helt-nyt-fag-242322>

Teknologi ”som fag” eller integreret ”i fag”

Aktørerne ser grundlæggende at teknologi kan indføres i gymnasiets fagrække på to forskellige måder: 1) Integreret i de eksisterende fag eller 2) som et selvstændigt fag.

Overordnet set mener Jette Rygaard, at diskussion om teknologi skal oprettes som ”et selvstændigt fag” eller som integreret ”i eksisterende fag” handler om, hvilke elever man vil ”nå”. Hvis det drejer sig om, at alle gymnasieelever skal møde engineering, så bør det indgå i alle naturvidenskabelige fag på a-, b- eller c-niveau.

Integreret i fag

Hvis teknologi skal integreres i alle fag, skal det ifølge aktørerne være de metodiske aspekter af teknologi, som eleverne skal arbejde med. Med fokus på det metodiske aspekt læner aktørerne sig op af bred teknologiforståelse, som omfatter kendskab til både teknologiens metaaspekter og funktionalitet, samt hvordan teknologier udvikles i ingeniørmæssige processer (Nielsen & Sillasen, 2020).

Det metodiske aspekt af teknologi vil i denne forståelse være engineering, hvor eleverne lærer at løse en problemstilling, ved at analysere og udvikle et forslag til løsning. Den slags engineeringaktiviteter, som eleverne kunne arbejde med, skal i omfang ikke fylde så meget, som hvis teknologi blev etableret som et selvstændigt fag i skolen.

Philip Jakobsen vurderer at tidsforbruget bliver en væsentlig faktor, hvis man integrerer engineering i fag, for som han siger:

”På et fysik C kursus har man 40 moduler i alt. Hvis man så laver et gedigent engineeringforløb på fx 10 moduler, skal der komme noget merværdi ud af det, fremfor bare at være en løftestang som kan opfylde de samme faglige mål som man kan med traditionel undervisning. Lærere kan jo med traditionel undervisning sagtens tage udgangspunkt i dagligdagsproblemstillinger, og åbne verden for eleverne. Det er vigtigt at integrere engineering på en måde, så man samtidig kan sætte flueben ved nogle flere fagmål.”

Jette Rygaard synes, at engineering har et potentiale som et integreret element i det naturvidenskabelige fagområde på HF, fordi der er tre fag (biologi, kemi, geografi) som arbejder sammen, og fordi HF-elever skal motiveres på en anden måde. Hun siger, at ”HF i forvejen skal tage udgangspunkt i professionsområder, og man kunne sagtens bruge engineering professionsrettet i HF”.

Selvstændigt fag

Hvis teknologi indføres som et selvstændigt fag, vil give mulighed for at arbejde mere dybdegående og langstrakt med større engineeringprojekter med en opstart, problemanalyse, undersøgelser, konstruktionsfaser, fremlægning og en praktikperiode, tilsvarende den man arbejdede med i de tidligere AT-forløb.

Organisatorisk foreslår Pernille Kaltoft, at man kan lade sig inspirere af den såkaldte ”htx Holstebro-model” til at strukturere teknologi/engineering-projekter i gymnasiet. I Holstebro-modellen organiseres alle teknologitimer i bånd på en årgang, således at lærernes timer er puljet og kan målrettes til vejledning og stilladsering af de enkelte elevgruppers arbejde. Ledelsen afsætter tid til fælles forberedelse for at skabe et udviklings- og koordinationsrum for lærergruppen.

Rent praktisk tror Jette Rygaard, at skemalæggere helst ser større projekter i stx organiseret som hele projektuger. Alligevel ser hun et stort potentiale med at skemalægge engineering/teknologiprojekter som et bånd over flere uger, hvor man har adgang til forskellige lærere hen over ugen. Fordelen vil være, at man undgår spildtid som ved almindelige projektuger, fordi ventetiden for eleverne til vejledning og laboratoriet minimeres.

Der vil ifølge Jette Rygaard heller ikke være nogle udfordringer med at arbejde engineering-orienteret i de eksisterende fysiske rammer på stx. Her vil man kunne bruge laboratorierne, ”og hvis der er behov for materialer, kan de jo bare indkøbes.” Modsat mener Philip Jakobsen, at store gymnasier med mange klasser kan løbe ind i logistiske udfordringer i de naturvidenskabelige laboratorier, hvis de alle skal lave engineeringprojekter på samme tid.

B3.4: Fagmål og kompetencer

Indholdet i forskellige fag i gymnasiet bestemmes af faglige mål, som opstilles i fagets læreplaner og andre styredokumenter for fag. De faglige mål formuleres i termer af (Dolin, 2020):

- Kompetencer - viden og færdigheder anvendt i komplekse situationer
- Færdigheder - viden i brug
- Viden - den grundlæggende viden i et fag i form af definitioner, begreber, teorier, metoder etc

Aktørerne har flere bud på hvilke mål og almene kompetencer, som engineering kan bidrage til at opfylde:

- Kendskab til
 - teknologiske problemstillinger i et samfundsagligt perspektiv
 - naturvidenskabens bidrag til teknologiens og samfundets udvikling
 - innovation
 - IBSE-tilgangen og eksperimentelt arbejde
- Evner til samarbejde, problemløsning, kritisk stillingtagen
- Studiekompetencer herunder fx arbejdsdisciplin og at styre egne arbejdsprocesser

Hvis engineering indføres som en arbejdsform i den naturfaglige undervisning i gymnasiet, kan det ifølge Jette Rygaard understøtte udviklingen af elevernes naturfaglige kompetencer, færdigheder og viden, fordi arbejdet med naturvidenskabelige problemstillinger har den fordel, ”at den engineeringmæssige problemløsning kan forbindes meget tæt med den naturvidenskabelige viden. Så kan der stilles lidt større krav til elevernes udvikling af naturfaglige kompetencer”.

Forskel på læring ved engineering og IBSE

Når eleverne træner forskellige undersøgelsesmetoder i den naturfaglige undervisning, skal man ifølge Jette Rygaard forholde sig kritisk til elevernes udbytter af de forskellige arbejdsformer. For det er forskelligt, hvad de lærer ved at arbejde med eksperimentelle tilgange, IBSE- eller engineering-orienteret.

”Når de arbejder engineering-orienteret, skal vi holde fast i, at der er noget faglig viden eleverne skal bruge. Det er noget andet, end når de arbejder eksperimentelt eller IBSE-orienteret. For når de arbejder engineering-orienteret skal de ikke forklare, hvorfor den faglige viden virker, de skal bare anvende den til at løse en given problemstilling. Når lærerne tilrettelægger sin undervisning må man finde balancen mellem de forskellige arbejdsformer man anvender i undervisningen.”

Problemstillingen kan styre elevernes udbytte

Aktørerne mener, at man kan bruge en engineering-problemstillinger til at styre, hvad elevernes udbytte skal være af undervisningen, og dermed i sidste ende hvilke faglige mål der opfyldes. Det kommer ifølge Jette Rygaard

”helt an på hvilke problemer som løses i engineering-projektet. Hvis det fx er en klimamæssig problemstilling, så tror jeg at der er større mulighed for at elevernes holdninger og meninger kommer til udtryk. Hvis det derimod handler om at konstruere et hjul, som ikke kan punktere, er det mere færdigheder, som vil komme til udtryk i problemløsningen. Så det er problemstillingen som i sidste ende styrer, hvilke faglige mål man opfylder med en problemstilling.”

Selve engineering arbejdsprocessen er en færdighed, som eleverne skal lære

De færdigheder, som elever kan udvikle ved at arbejde med engineering er ifølge Eigil Dixen ikke, at de skal lære at bruge en konkret maskine e.l. For ham er det en engineering-færdighed, at kunne gennemføre et helt engineering projektforløb:

”Man kan godt stille krav om, engineering-projektet skal udmønte sig i et konkret produkt, som ikke nødvendigvis er klar til industriel produktion. Men at eleverne kan se kvaliteterne i at udvikle et produkt, som løser en given problemstilling.”

B3.5: Vurdering af elevernes faglige udbytte

På stx bedømmes elevernes aktiviteter ud fra de faglige mål i læreplanen, der som nævnt i foregående afsnit kan opdeles i kompetencer, færdigheder og viden.

Både Jette Rygaard og Philip Jakobsen mener, at det bliver svært at vurdere elevernes engineering-kompetencer, som ligger ud over de klassiske fagmål, som er beskrevet i læreplanerne. For som Philip Jakobsen reflekterer:

”Der står ikke noget om at være problemløsende eller at være innovativ i de enkelte fags mål. Hvordan skal innovation så vægtes op imod det videnskabelige indhold? De videnskabelig mål står velbeskrevet i fagets læreplan, og det er det problembaserede arbejde ikke.”

Den kan være inspiration at hente til udvikling af evalueringsværktøjer af engineeringkompetencer i projektet ”Gymnasiet tænkt forfra”, hvor der blev udviklet et evalueringsværktøj til at vurdere gymnasieelevers innovationskompetencer (Nielsen, 2015).

Proces- og produktevaluering

Aktørerne ser både muligheder og udfordringer med bedømmelse af engineeringaktiviteter, som relaterer sig til både proces- og produktevaluering.

Ifølge Philip Jakobsen synes lærerne, som deltog i Engineering-i-Gymnasiet pilotprojektet i Region Midt (2019-2021), at det var svært at give eleverne feedback på produktet og processen:

”Det er noget helt nyt for lærerne og eleverne, at skulle give og modtage feedback i et engineeringprojekt. Fx hvor gode de har været til at skabe en ny ide, udføre projektet, lave iterative processer, kritisere din egen prototype og forbedre den. De har de ikke rigtig gjort før.”

Jette Rygaard foreslår, at man skelner mellem en mere produktrettet evaluering af mindre engineering aktiviteter integreret i den eksisterende faglige undervisning, og længerevarende engineeringprojekter i gymnasiet, hvor evalueringens fokus kunne være på elevernes løsningsproces, og hvordan gruppen fungerer. I den daglige undervisning, hvor man kunne lave mindre engineeringaktiviteter, behøves procesevaluering ikke være i fokus. Her burde det ifølge Jette Rygaard være selve produktet og dets løsning af den initiale problemstilling, som evalueres: *"Det er en væsentlig anderledes måde at gøre tingene på, end vi er vant til."*

Det er Philip Jakobsen enig i. Han mener dog ikke, at det er nok med bedømmelse én gang i fx et længerevarende engineering projekt. Der vil være behov for bedømmelse af 3-5 engineeringaktiviteter hen over et helt skoleår, for at lave en progression i den måde, man bedømmer den slags aktiviteter.

Inspiration fra AT

Ifølge aktørerne er der rig mulighed for at høste af erfaringerne, man gjorde sig med AT-innovationsforløbene. Ved indførelsen af AT-innovationsforløb i den forrige gymnasireform (årstal) fulgte mange diskussioner om hvad produktet kunne være, og hvordan det skulle bedømmes, hvilket illustreres med Jette Rygaard udsagn:

"Er det nok at lave en opsætning på et museum? Er det et produkt som skaber merværdi for andre? Vi havde mange drøftelser. Udover merværdi skulle produktet også være nyt. Og her diskuterede vi, hvad der menes med at noget er nyt. I relation til engineering skal man overveje, om det er acceptabelt, hvis elevernes produkt er noget som andre har lavet før. Så man skal være meget opmærksom på, hvordan man vil prøve eleverne i engineering-projekter, fordi at-eksamen lykkedes ikke. Censor og eksaminator sad med forskellige fagligheder, og var slet ikke enige om, hvad der skulle vægtes i bedømmelsen af projekterne."

Både Jette Rygaard og Eigil Dixen har forslag til konkrete evalueringsværktøjer, som man kunne lade sig inspirere af:

- I Science Cup har Jette Rygaard været med til at bruge et skema med velfungerende evalueringskriterier til at vurdere de forskellige produkter.
- Eigil Dixen refererer til, hvordan de har bedømt AT-projekter på Egaa Gymnasium:

"Vi bad eleverne rapportere undervejs: Hvad har I arbejdet med? Hvilket problem har udfordret jer? Hvordan har I tænkt jer at arbejde videre med de problemer. Den procesbeskrivelse, som kom ud af den skriveproces indgik i bedømmelsen. Her vil man fx kunne bedømme, om de har været gode til at dele opgaverne ud, samle delprocesser og videre trin i deres undersøgelser, allokering af ressourcer etc."

Inspiration fra htx

Når htx-elever laver større engineeringprojekter, er det ifølge Pernille Kaltoft *"en del af bedømmelseskriterierne, at vurdere, om der indgår fagfaglig viden i analyse og løsning af problemet"*. Der stilles ikke rigide krav om at eleverne skal inddrage specifik faglig viden i projekterne. Det skal være deres problemanalyse, som inspirerer elevgrupperne til at beslutte hvilken faglig viden, de har brug for at udforske og anvende til problemløsning. *"Så værdisætter vi elevernes brug af faglig viden ved den afsluttende bedømmelse"* siger Pernille Kaltoft.

Eleverne bliver gjort opmærksomme på bedømmelseskriterierne fra starten af projektet, og meget ofte indgår der naturvidenskabelige undersøgelser i projekter:

"Det kunne fx være, hvis en gruppe vil udvikle en ny emballage. Så er de nødt til at lave materialeafprøvninger i forhold til nogle givne kravspecifikationer. Generelt skal naturvidenskabelige undersøgelser i forbindelse med projekter også afrapporteres på en klassisk naturvidenskabelig måde med hypotese, afprøvning og evaluering af resultater. Så der kan indgå naturvidenskabelige rapporter i deres teknologirapport, som så bedømmes samlet."

Den afsluttende bedømmelse af teknologiprojektet på htx står på tre ben:

1. Konkret test af produktet: Løser produktet den teknologiske problemstilling? Hvor godt virker produktet? Hvordan kunne man forbedre den?
2. Produkt i relation til problemanalysen: Hvordan forholder produktet/løsningen sig til det initiale problem? Elevernes kritiske refleksion i et helikopterperspektiv.
3. Procesevaluering: Elevgruppernes vurdering af deres samarbejde, udnyttelse af gruppens kompetencer og tidsstyring.

Ifølge Pernille Kaltoft arbejder man på at indføre formativ midtvejsevaluering i de længerevarende teknologiprojekter, med brug af forskellige peer-to-peer feedback processer. Forsøg har vist, at eleverne er gode til at give hinanden feedback.

B3.6 Lærerkompetencer

Hvis engineering og teknologisk dannende undervisning skal indføres på stx vil det kræve nogle investeringer i kompetenceudvikling af lærere, for at sikre en succesfuld implementering.

Pernille Kaltoft vurderer, at de har nogle kompetencemæssige udfordringer på stx:

"En ting er, at der stadigvæk er mange gymnasielærere, som er utrygge ved projektarbejdsformen. En anden ting er, at når man arbejder med engineering, rækker det måske ud over deres evner. De ved måske ikke, hvordan et engineering og produktorienteret forløb kan ende rent praktisk. Det er en usikkerhed, man som lærer skal være villig til at navigere i. Jeg tror godt, at lærere kan se ideen i arbejdsformen, men er bekymrede for at eleverne kører ud af et blindt spor, fordi de (lærerne) ikke selv kan overskue hvor det ender".

Ifølge Eigil Dixen kunne en løsning være, at ansætte lærere med ingeniørmæssig baggrund i naturfagene, hvilket de fx gjorde på Egaa gymnasium. Det viste sig at være en stor fordel for fysikfaggruppen, som fik styrket deres kapacitet til at udføre engineering-projekter.

Men Pernille Kaltoft er mere skeptisk. Hun tror ikke det er realistisk, at ansætte mange ingeniører. Hun tror heller ikke på Birgitte Vedersø's ide om udelukkende at sætte fysiklærerne til at undervise i fagområdet (jf GL's forslag om at indføre et teknologifag i gymnasiet³²:

"Udviklingen af fagområdet er nødt til at basere sig på et lærersamarbejde. Teknologi/engineering skal ikke erstatte den faglige undervisning i de naturvidenskabelige fag, men det er vigtigt, at man kan give slip på sine pensumkrav, når man laver denne slags projekter. På htx betyder det også, at der er forskel på den faglige viden som vores eleverne graver sig i dybden med. Det kan vi tillade os, fordi teknologifaget er skruet

³² <https://ing.dk/artikel/nu-skal-teknologi-vaere-almendannelse-danske-gymnasier-foreslaar-helt-nyt-fag-242322>

sammen som det er. Det går sjældent godt, hvis vi med en skjult dagsorden forsøger at indlægge nogle krav om at bestemte fagligheder skal indgå".

Ifølge Eigil Diken er DASG - Danske Science Gymnasier - en oplagt samarbejdspartner til efteruddannelsesaktiviteter indenfor engineering og teknologi. DASG har specialiseret sig i efteruddannelse af naturvidenskabelige lærere indenfor emner, som går på tværs af de enkelte fag. Fx Computational Thinking og Biotek. Typisk emner som falder mellem de faglige fags stole.

Eigil Diken mener, det er relevant at se på, hvordan man opbygger forandringskapacitet i en hel faggruppe samtidigt. Her vil brugen af læringsfællesskaber som en didaktisk ramme for kollektiv professionel udvikling være produktiv. Det kan imødegå den udfordring for lærere, som kompetenceudvikler sig alene, og kommer tilbage på gymnasiet med en udviklingsdagsorden, men ikke møder opbakning fra sin faggruppe. Han slutter med følgende gode refleksioner om en bred, systematisk og kollektiv kapacitetsopbygning på landets gymnasier:

"Hvis man formulerer et 10-årigt engineeringprogram til stx, skal man sørge for at formulere det med rod i noget, som er et problem for gymnasiets nuværende lærere, fx hvis der kommer en bekendtgørelse om et nyt teknologifag eller en ny måde at lave projektuger på (engineering). Så skal der arbejdes med flerårige projekter gennem vekseluddannelse, så det man arbejder med på workshops kan integreres i egen undervisning. Ligesom med andre projekter i DASG-regi, skal der først laves et pilotprojekt, som opskaleres til større projekter med flere involverede ligesom vi gjorde med SUN (se bilag 3). Endelig er det vigtigt at involvere ledelsen på skolerne som kan indse, at de lærere som arbejder med en ny indsats faktisk skal have støtte til at implementere det. Det vil kræve udviklingstid og skemalagte møder til planlægning. Og helt grundlæggende skal de have opbakning af ledelsen, så de ikke kritiseres af kolleger for at spille tiden. Udfordringen i den sammenhæng kan være at få skolers ledelse til at tage det alvorligt og engagere sig i støtte til lærernes professionelle udvikling. "

B3.7: Referencer

Dolin, J. (2020). Faglighed - kompetencer, dannelse og viden. Retrieved from <https://emu.dk/stx/paedagogik-og-didaktik/dannelse/jens-dolin-faglighed-kompetencer-dannelse-og-viden?b=t6-t385-t3029>

Nielsen, J. A. (2015). Evaluering af projektet Gymnasiet tænkt forfra 2012-2015. Retrieved from <https://www.ind.ku.dk/projekter/gymnasiettaenktforfra/>

Nielsen, K., & Sillasen, M. K. (2020). Teknologisk dannelse : Hvorfor og hvad ? Mona, 4, 66–82.

Bilag 4: Danske projekter om innovation, entreprenørskab og teknologiundervisning i gymnasiet

I dette bilag afdækkes relevante eksisterende projekter og indsatser i det almene gymnasium (stx), som kan bidrage med erfaringer og perspektiver til hvordan engineering kan implementeres i relation til beslægtede begrebsområder.

De inkluderede projekter er fremkommet ved en søgning i projektdatabasen hos ASTRA med følgende søgetermer: Innovation, entreprenørskab og teknologi samt afgrænset til stx. Et par projekter fra søgningen er ikke medtaget i denne redegørelse, da der ikke findes offentlig tilgængelig projektbeskrivelse eller evalueringsrapport for disse.

Hvert projekt er systematisk beskrevet ud fra følgende guidende spørgsmål:

1. Hvad går projektet ud på?
2. Hvor meget handler projektet om innovation, entreprenørskab, teknologi eller engineering i stx?
3. Hvilken form for vidensspredning og -forankring foregår i projektet?
4. Hvordan kobler projektet efter- og videreuddannelsesaktiviteter af stx-lærere?

Innovationkraft og entreprenørskab på gymnasier i Region Hovedstaden (2009-12)
Skolebaseret udviklingsprojekt i naturfagene - SUN (2014-18)
Syddansk Entrepreneørskab og forskning (2012-14)
Tektanken (2012-)
CanSAT (2015-)
Computational Thinking CTiMAT (2018-21)
Forskerspirer (1997-)
Gymnasiet tænkt forfra (2012-15)

Tabel: Projekter udvalgt fra søgning i ASTRA's projektdatabase.

Innovationskraft og entreprenørskab på gymnasier i Region Hovedstaden³³

Formålet med Projekt 'Innovationskraft og entreprenørskab på gymnasier i Region Hovedstaden' var at udvikle og videreformidle undervisningskoncepter, -metoder og -materialer, der understøtter innovativ og entreprenant undervisning på de gymnasiale uddannelser, at udvikle og gennemføre en række kompetenceudviklingsforløb for gymnasielærere og -ledere inden for innovationspædagogik og innovationsledelse, og at udbrede projektet til gymnasier i hele Region Hovedstaden. Projektet var primært forankret på otte stx, hf, hhx og htx. Herudover var en række andre gymnasier i Region Hovedstaden involveret.

Ifølge evaluatorene relaterer projektet i sit udgangspunkt til en "instrumentel markedsorienteret innovationsforståelse karakteriseret ved entreprenørskab, idéskabelse, iværksætteri, evne til at skabe merværdi på et marked, og i det hele taget det at skabe noget nyt i relation til det at kunne konkurrere på et globalt marked, der fordrer nytænkning og kreativitet" (Christensen, Hobel, & Paulsen, 2011, s 103).

³³ [https://regionalt.erhvervsstyrelsen.dk/eu-innovationskraft-og-entreprenorskab-pa-gymnasier-i-region hovedstaden](https://regionalt.erhvervsstyrelsen.dk/eu-innovationskraft-og-entreprenorskab-pa-gymnasier-i-region-hovedstaden)
<https://portal.findresearcher.sdu.dk/en/projects/innovation-og-entrepren%C3%B8rskab-i-region-hovedstaden/publications/>

På syv ud af otte gymnasier anvendtes KIE-modellen³⁴ som metodisk ramme for undervisningsaktiviteter. På det sidste gymnasium anvendtes læringsstile som metodisk ramme³⁵.

Ifølge evalueringsrapporten forsøgte man i projektet at innovationsbegrebet en bredere mening ”i den gymnasiale kontekst, ved at sætte begrebet i relation til aktuelle problemfelter, hvor lærerne øjner hvor lærerne øjner muligheder for at koble faglig relevans, elevinteresser og epokal nødvendighed” (ibid., s. 106-107). Det kunne fx være problemstillinger relateret til menneskets sundhed og klima.

Projektets målsætninger er at (Ibid., s.119-120):

- Udvikle et katalog med mindst 25 velunderbyggede innovationspædagogiske undervisningsværktøjer og -materialer.
- 156-220 gymnasielærere og 42 ledere fra de involverede 26 gymnasier deltager i kompetenceudviklingsforløb i sammenlagt fire dage fordelt ud over projektets treårige løbetid.
- Øvrige gymnasiale uddannelser i hovedstadsområdet inviteres til konferencer og elevrettede workshops.

Projektets evaluatorend er med at konkludere, at projektet har været en meget behersket succes, fordi ingen af de otte partnergymnasier har overtaget den oprindelige programteori formuleret omkring innovationsbegrebet. Det mest fremtrædende træk, som blev overtaget fra programteorien er selve KIE-modellen, mens

”på det indholdsmæssige plan er det formentlig formuleringen om ‘værdi for andre’, der har haft størst gennemslagskraft, og så den stadig ikke helt tydelige term ‘innovation’. Det markedsrettede er meget svagt repræsenteret i partnerskolernes projekter. I hvert fald er der så tale om en meget bred forståelse af, hvad et marked er.” (Christensen, Hobel, & Paulsen, 2012, s 224).

Skolebaseret udviklingsprojekt i naturfagene - SUN³⁶

Projektets fokus relaterer ikke direkte til innovation, teknologi, entreprenørskab eller engineering, men er et forsøg på at implementere nye internationale ideer om efteruddannelse og skoleudvikling i dansk gymnasiesammenhæng (Sølberg, Nielsen, Krogh, Waadegaard, & Hoffmann, 2018).

”Det mest fornyende ved projektet var, at det på samme tid inddrog faggrupper og skoleledelse, så ledelsen gav organisatoriske medspil rettet mod faggruppernes og skolernes kapacitet til at varetage egne undervisningsrettede udviklingsprocesser.” (Ibid., s. 4).

Projektet blev initieret og driftet af DASG - Danske Science Gymnasier, og involverede syv almene gymnasier i Østjylland. De sidste to år var finansieret af Lundbeckfonden.

De vigtigste virkninger af SUN-projektet er:

- at ledelsen blev opmærksom på det hensigtsmæssige og givende i at udvikle undervisningen gennem arbejde i faggrupper. Samt at faggruppen som omdrejningspunkt for kapacitetsopbygning kræver ledelsesmæssigt medspil.
- at der er et stort potentiale i at have en faggruppekoordinator som udviklingsagent, der kan fungere som udviklingsfacilitator i en faggruppe.

³⁴ <http://www.kie-modellen.dk/>

³⁵ <https://net2change.dk/ledelse/uddannelse/laeringsmetoder/laeringsstil/>

³⁶ <https://astra.dk/projektboersen/projekter/skolebaseret-udviklingsprojekt-i-naturfagene>

- at det er en god ide med et årshjul for samarbejdet i en faggruppe, som sikrer afholdelse af regelmæssige møder, der har delvist fokus på elevernes læring og udvikling af undervisning.
- at der blev udviklet flere og bedre samarbejdsrelationer inden for og imellem faggrupper. Ikke mindst blev systematisk deling af erfaringer og materialer styrket.

Den generelle anbefaling omkring efteruddannelse og skoleudvikling, der skal sikre blivende forandringer og kapacitetsopbygning er, at indsatserne skal være længerevarende. Helst fem år eller mere. Og så skal man huske at fremskridt sker med små skridt!

SUN-projektet kan således bruges som inspiration til implementering af engineering i gymnasiet gennem efteruddannelse af lærere og skoleudviklingsaktiviteter.

Syddansk Entreprenørskab og forskning³⁷

Projektets formål var at udmønte en iværksætterkonkurrence og dermed øge fokus på iværksætteri blandt eleverne på de syddanske grundskoler og ungdomsuddannelser. Hensigten var at motivere eleverne til at udvikle innovative ideer, med sigte på at udvælge de bedste. Deltagerne fik løbende råd og vejledning af erhvervsfolk. Man håbede med denne indsats på længere sigt at skabe øget vækst blandt syddanske virksomheder, flere iværksættere samt øget overlevelse af disse (COWI, 2014).

Ifølge evalueringsrapporten (COWI, 2014) nåede projektet sine aktivitetsmål. Projektet tog udgangspunkt i nogle eksisterende konkurrencekoncepter, som eksisterede i regionen før projektstart. Styrken i projektet har været en succesfuld koordinering af disse konkurrencekoncepter, som skabte en positiv opmærksomhed og begejstring omkring iværksætteri blandt deltagerne. Udfordringen har været at kanalisere videreudviklingen af de bedste ideer hen til konkret opstart af nye virksomheder og få nye iværksættere i gang med at realisere ideerne.

Ifølge evalueringsrapporten er de tre vigtigste anbefalinger med relation til ungdomsuddannelserne at

- præcisere hvilke entreprenørielle kompetencer man ønsker at styrke, samt overveje, hvordan entreprenørielle kompetencer indvirker på elevernes self-efficacy (forstået som tiltro til egne evner som iværksættere).
- det er usikkert, hvordan iværksætteri forankres hos deltagerne, når fokus i konkurrencesituationen udelukkende er på udarbejdelse af strategi, forretningsplan, budgettering etc. Iværksætteri anbefales således styrket ved at have fokus på andre kompetencer, som eleverne vil kunne anvende fremadrettet. Der udspecificeres ikke hvilke kompetencer.
- styrken ved konkurrenceelementet har været, at det kan begejstre og motivere eleverne til iværksætteri. Evaluatorene ser dog en mulighed for at styrke motivationsaspektet endnu mere, hvis deltagerne får mulighed for større sparring med regionale eller kommunale erhvervsfremmeaktører igennem talentforløb.

Videnspredning og efter- og videreuddannelsesaktiviteter af lærere har ikke været en del af projektet.

³⁷ <https://astra.dk/projektboersen/projekter/syddansk-entrepren%C3%B8rskab-forskning>

Særligt anbefaling nr. 2 bør tages til efterretning ved tilrettelæggelsen af innovations- og engineering aktiviteter i stx. Der skal et højere grad af dannende aspekter ind i aktiviteterne for at det vil virke meningsfuldt for de fleste stx-elever.

Tektanken³⁸

Tektanken er en indsats, som kan inspirere lærere og elever til at se mulighederne i skole-virksomhedssamarbejde. Visionen er at inspirere danske unge mennesker til at vælge en uddannelse inden for IT, teknologi, naturvidenskab og håndværk. Indsatsen er forankret ved Naturvidenskabernes Hus, som har lavet aftaler med en lang række virksomheder over hele landet.

Gennem Tektanken giver de deltagende virksomheder elever mulighed for at arbejde praktisk med virksomhedsrelaterede opgaver og møde rollemodeller. Der er udviklet koncepter og undervisningsforløb, som gør det muligt at koble de deltagende virksomheder med den naturvidenskabelige viden, som eleverne tilegner sig på gymnasiet. Samarbejdet mellem en klasse og virksomheden er altid koblet op på den faglige undervisning på gymnasiet, og lærerne får inspiration til, hvordan elevernes oplevelser hos virksomhederne kan omsættes til spændende naturfagsundervisning.

Tektanken.dk tilbyder ifølge deres hjemmeside stx-elever og lærere skole-virksomhedsaktiviteter gennem to forskellige indsatser: 'Girls day in science' og 'Tekcases for gymnasier'. Tilrettelæggelsen af et skole-virksomhedssamarbejde om en gymnasie-tekcase tilrettelægges ud fra en gennemprøvet didaktisk model³⁹.

Evalueringen af 'Girls day in science' (2019) viser, at *"kampagnen gør en forskel for rigtig mange af de piger, der deltager. Næsten halvdelen får mere lyst til et såkaldt STEM-job"*⁴⁰.

De elementer som gjorde en forskel var, at pigerne

- følte sig trygge og velkomne på arbejdspladsen
- blev mødt af imødekommende medarbejdere
- fik indblik i hverdagen på en arbejdsplads, der beskæftiger sig med naturvidenskab og teknologi
- havde en sjov dag, hvor de var meget aktive og lærte en masse
- fik mulighed for at løse spændende opgaver, som de lærte noget af
- var tilrettelagt uden for mange oplæg, hvor pigerne skulle sidde stille

Ifølge lærerne, som deltog i evalueringen, gav 'Girls day in science' masser af inspiration til deres undervisning. Desuden vurderede de, at det var vigtigt at gøre en særlig indsats for at få flere piger til at interessere sig for teknologi og naturvidenskab.

Der findes ikke nogen offentlige evalueringsrapporter om 'Tekcases for gymnasier'.

³⁸ <https://astra.dk/projektboersen/projekter/jet-netdk>

<https://www.nvhus.dk/tektanken/om-tektanken/>

³⁹ <https://www.nvhus.dk/undervisning/tekcases-til-gymnasier/>

⁴⁰ <https://www.nvhus.dk/nyheder/girls-day-in-science-flytter-pigers-holdning-til-stem/>.

CanSat⁴¹

CanSat-konkurrencen skal styrke elevernes kreativitet, samarbejde og faglighed ved at bygge et lille satellitmodul, som skal kunne udløses fra en satellit eller en ballon og svæve tilbage til Jorden i en faldskærm, mens den udfører målinger, der kan sendes til en jordstation. Satellitmodulet skal bygges ind i en dåse på størrelse med en 33 cL dåse.

CanSat-konkurrencen er forankret ved ESERO-Danmark, som administreres af Naturvidenskabernes hus og med Aalborg Universitet og ASTRA som samarbejdspartnere. Vinderholdet af den danske konkurrence får en plads i den europæiske konkurrence, hvor de får mulighed for at samarbejde, udveksle ideer med hold fra andre lande og udleve deres kreative potentiale.

ESERO-Danmark tilbyder via deres hjemmeside kurser til lærere om astronomi, rumfart, jordobservationer og Den internationale rumstation (ISS).

Der er ingen publicerede tilgængelige evalueringsrapporter om CanSat-konkurrencen.

Computational Thinking i matematik og naturvidenskab - CTiMNAT⁴²

Computational Thinking (CT) kan forklares som de kognitive processer, der er involveret i udviklingen af it-artefakter og programmer til at leve i verden i dag. Herunder analysere og finde løsninger på de store udfordringer, som det 21. århundrede byder på. CT består grundlæggende af algoritmisk tænkning og forståelse for de roller, algoritmer kan spille positivt og negativt i verden i dag.

Formålet med projekt 'CTiMNAT' er at fremme elevers CT-kompetencer inden for eksisterende gymnasiefag gennem efteruddannelse af gymnasielærere. Projektet er forankret i regi af Danske Science Gymnasier - DASG.

Der har vist sig et behov for faglig og fagdidaktisk nytænkning inden for fag, der beskæftiger sig med informationsteknologier (primært matematik og naturvidenskab), samt et lige så stort behov for styrkelse af lærernes kompetencer og udvikling af den konkrete undervisning.

I projektet introduceres en etårig efteruddannelse for gymnasielærere, som gentages tre år i træk med nye kursister hvert år. Undervejs følges de enkelte forløb tæt og evalueres med henblik på dokumentation af resultaterne og systematisk opsamling af erfaringer, der kan udmøntes i efterfølgende forbedringer af forløbets indhold og struktur.

Evalueringen af det første gennemløb (2018-19) opsummerer følgende hovedpointer (Buch, Etches, Nielsen, Museaus, & Hjorth, 2019):

- I alt 29 kursister fra 17 gymnasier deltog. Disse lærere fordelte sig på alle de naturvidenskabelige fag.
- Kursusdesignet var tilrettelagt som vekseluddannelse, hvor kursisterne på workshop lærte at arbejde i programmeringsmiljøet NetLogo, og undervejs fik sparring med coaches omkring deres afprøvning i egen undervisningspraksis.
- Der blev skabt udviklingsrum, hvor kursisterne kunne udveksle ideer med hinanden.

⁴¹ <https://astra.dk/projektboersen/projekter/test-cansat>
<https://esero.dk/cansat>

⁴² <https://astra.dk/projektboersen/projekter/computational-thinking-i-matematik-og-naturvidenskab-ctimnat>

- Kursisterne arbejder med en content-modeling-coding tilgang (CMC), som i løbet af kurset sætter dem i stand til selvstændigt at arbejde med elevers CT-kompetencer på et fagligt fænomen fra et af de deltagende fag.
- CMC-tilgangen og NetLogo kan bringe væsentlige elementer af CT i anvendelse i det danske gymnasium.
- Der blev produceret 29 afprøvede undervisningsforløb, som kan bruges som inspiration for kommende undervisning, hvor CT integreres i naturfagene og matematik. Forløbene er tilgængelige på DAGS's hjemmeside⁴³.
- Erfaringerne fra projektet er formidlet til andre gymnasielærere ved fem FIP-kurser i fysik, kemi og bioteknologi samt på Danmarks Læringsfestival 2019.

Forskerspirer⁴⁴

Projekt 'Forskerspirer' giver deltagerne mulighed for at fordybe sig i et emne og udarbejde forslag til et forskningsprojekt. Man kan lave projekter inden for alle fagområder, både humaniora, naturvidenskab, samfundsvidenskab og sundhedsvidenskab. Projektet er primært for elever i 2.g. eller 1.hf, der har et stort fagligt overskud.

Projekt Forskerspirer er en konkurrence, der løber over et år. I slutningen af oktober afleverer forskerspirerne en synopsis til et forskningsprojekt. En dommerkomité tilknyttet Københavns Universitet udvælger de tre bedste projekter inden for hver af kategorierne: HUM, NAT, SAMF og SUND. De 12 nominerede projekter præsenteres ved en festlighed i december. Her bliver en vinder i hver af de fire kategorier kåret som årets forskerspire. Vinderne modtager hver 20.000 kr. til at udføre deres projekt. Undervejs i forskerspirerforløbet mødes alle spirerne til to fælles arrangementer, så de kan danne netværk på tværs af gymnasierne.

Evalueringen af forskerspireforløbet i 2009/10 (Københavns Universitet, 2011) har følgende hovedpointer:

- Projekt Forskerspirer er et 'sundt' projekt, der bidrager til at åbne deltagernes uddannelsesmæssige horisonter og hjælper dem til at skærpe fokus i forhold til egne uddannelsesvalg.
- Projektet giver deltagerne værdifulde studiemæssige kompetencer, der kan benyttes allerede under den igangværende ungdomsuddannelse.

Videnspredning og efter- og videreuddannelsesaktiviteter af lærere har ikke været en del af projektet.

Gymnasiet tænkt forfra⁴⁵

Gymnasiet tænkt forfra' var et treårigt projekt, der involverede seks gymnasier (der repræsenterer stx, htx, hhx og hf) i Region Hovedstaden. Projektets formål var at arbejde med organiseringen og implementeringen af undervisningen på en måde, der understøtter, at de deltagende elever udvikler nye innovationskompetencer, et højere fagligt niveau samt større motivation og lyst til at lære. På hvert gymnasium deltog et team af lærere samt eleverne i én klasse, der i hele deres gymnasietid deltog i projektet.

En række aktiviteter blev iværksat, for at understøtte denne målsætning (Region Hovedstaden, 2015):

⁴³ <https://science-gym.dk/ct.htm>

⁴⁴ <https://astra.dk/projektboersen/projekter/projekt-forskerspirer-2012>
<https://forskerspirer.ku.dk/om/>

⁴⁵ <https://astra.dk/projektboersen/projekter/projekt-forskerspirer-2012>
<https://forskerspirer.ku.dk/om/>

- Der blev udviklet en række kompetenceudviklingsforløb, som udfordrede og udviklede de kompetencer for lærere og ledere som var nødvendige for at kunne nytænke undervisningens indhold og nye læringsprocesser for eleverne. Hvert semester blev der afholdt en række interne workshops og videndelingsseminarer med henblik på udvikling af nye undervisning- og organisationsformer.
- Der blev udviklet og afprøvet *"nye dele af eksamensformen, hvor målbarhed og anerkendelse af ny tilegnet viden, innovative og faglige kompetencer er i centrum"* (Ibid., s. 11).
- Der blev samarbejdet med universiteter og relevante virksomheder om at udvikle autentiske problemstillinger.
- Elever blev inddraget i planlægning, gennemførelse og evaluering af innovative undervisningsforløb.
- Ledernetværket fra projekt 'Innovationskraft og entreprenørskab på gymnasier i Region Hovedstaden' blev brugt til at sprede viden om projektet.
- Der blev udviklet og udbudt tre én-dags kurser i projektets andet og tredje år for lærere og ledere fra andre gymnasier i regionen, hvor viden og erfaringer kunne udbredes.

Evalueringen af projektet er meget omfattende, og her refereres kun nogle hovedpointer relevant for dette vidensnotat (Nielsen, 2015a):

- Der blev skabt tættere og stærkere kollegiale relationer i lærergrupperne på de deltagende gymnasier med fokus på at gøre den daglige undervisning kompetenceorienteret, innovationsfremmende og autentisk ved at tage udgangspunkt i virkelighedsnære problemstillinger.
- Der skete en nyorientering i læringsmålene, således at de blev mere kompetenceorienteret fremfor kernestofbaseret. Det betød, at eleverne udviklede deres innovationskompetence parallelt med mere traditionelle fagfaglige færdigheder og kompetencer.
- Eleverne i innovationsklasserne oplevede at varierede, elevcentrerede og projektbaserede undervisningsformer spillede en væsentlig rolle i deres skolegang og at de netop følte at lære noget anvendeligt i disse undervisningsformer.
- Den kompetencebaserede undervisning virkede mere motiverende og engagerende end mere traditionelle undervisningsformer.
- Lærerne som underviste i innovationsklasserne mener at man med den udviklede forståelsesramme for innovationskompetencen kan nå til pålidelige vurderinger af elevernes innovationskompetence parallelt med deres fagfaglige niveau (Nielsen, 2015b).

B4.1: Referencer

Buch, J., Etches, A., Nielsen, K., Musaeus, L. H., & Hjorth, A. (2019). Computational Thinking i Matematik og Naturvidenskab (CTiMNAT).

Christensen, T. S., Hobel, P., & Paulsen, M. (2011). Innovation i gymnasiet, rapport 2. Retrieved from <https://www.gymnasieforskning.dk/innovation-i-gymnasiet-2/>

Christensen, T. S., Hobel, P., & Paulsen, M. (2012). Innovation i gymnasiet, rapport 3 og 4 - Gymnasieforskning. Retrieved June 1, 2021, from <https://www.gymnasieforskning.dk/innovation-i-gymnasiet-rapport-3-og-4/>

COWI. (2014). Syddansk entreprenørskab og forskning.

Region Hovedstaden (2015). Gymnasiet tænkt forfra - projektbeskrivelse.

Københavns Universitet. (2011). Evaluering af forskerspireordning.

Nielsen, J. A. (2015a). Evaluering af projektet Gymnasiet tænkt forfra 2012-2015. Retrieved from <https://www.ind.ku.dk/projekter/gymnasiettaenktforfra/>

Nielsen, J. A. (2015b). Rapport fra arbejdsgruppe for prøveformer der tester innovationskompetencer i gymnasiet.

Sølberg, J., Nielsen, K., Krogh, L. B., Waadegaard, N., & Hoffmann, S. (2018). Skolebaseret Udviklingsprojekt i Naturfagene (SUN) Afsluttende rapport for SUN2-modulet. Retrieved from <https://science-gym.dk/evaluer/DASG-SUN2-slutrapport-2017.pdf>

Bilag 5: Det internationale vidensgrundlag

Dette bilag indeholder den udfoldede beskrivelse af relevante artikler for implementering af engineering i gymnasiet. Alle referencer anvendt i dette bilag findes i bilag 6, afsnit B5.4.

I bilag 6 beskrives metodologien som er brugt til at belyse pointerne, som er redegjort i dette bilag.

B5.1: Begrundelser for engineering i gymnasiet

Forskningsslitteraturen om engineering på gymnasialt niveau er klart domineret af USA (det gælder således 52 af 67 artikler, som indgår i dette review). Det betyder selvsagt, at begrundelsesdiskussionen langt henad vejen er præget af de større amerikanske engineering-relaterede dagsordener og diskurser, først og fremmest *Next Generation Science Standards* (NGSS) hhv. STEM-agendaen (samspil mellem Science-Technology-Engineering-Mathematics). I artikeldatabasen omtales NGSS således i 49 af 67 artikler, mens STEM dukker op i hele 61 af artiklerne.

Begge disse er allerede omtalt i vidensgrundlaget for engineering i (grund)skolen, hvor de også blev tillagt stor betydning. Derfor vil de kun blive omtalt kort her: Forud for NGSS havde en ekspertgruppe under det amerikanske National Research Council udgivet en rapport med tilhørende anbefalinger under titlen ”Framework for K-12 Science Education” (NRC, 2012). I denne rapport anbefalede man at bygge et moderne curriculum op omkring ”praksisser, som bruges af naturvidenskabsfolk og ingeniører, når de indgår i naturvidenskabelige undersøgelser eller ingeniørmæssigt design, samt et fagligt indhold der inkluderer et begrænset antal ”store ideer” i hvert af naturfagene, tillige med tværgående begreber, som forbinder de forskellige naturfag. Det afgørende nye i anbefalingen var, at engineering praksisser skulle indgå i læseplanerne på (noget nær) lige fod med naturvidenskabelige praksisser. I NRC-resumeet (p.2) begrundes dette med to forhold: 1) man ønsker at læseplanerne skal afspejle vigtigheden af at forstå den menneskeskabte verden og 2) man vil anerkende værdien af integreret undervisning/læring af naturvidenskab, engineering og teknologi. Ekspertgruppen tydeliggør samtidig (p.10), at dens mål primært er at fastlægge, hvad *alle* elever (indtil og med gymnasieniveau) bør vide som forberedelse for deres liv og deltagelse som borgere i en teknologirig og naturvidenskabeligt kompleks verden. Så den primære diskurs er, at engineering bør indføres som en relevant opdatering af naturfagenes bidrag til almindelse, og fordi det fremmer en STE(M)-pædagogisk dagsorden, som anses at gavne elevernes STE(M) interesse og læring.

NGSS (2013) er et seriøst forsøg på at omsætte NRCs anbefalinger til et konkret og sammenhængende K-12 curriculum, som efterfølgende har opnået noget nær national udbredelse i USA. I Danmark har NGSS klart influeret de naturfaglige læreplaner i *grundskolen*, hvor man i 2013-14 fik et nyt fokus på tværgående naturfaglige kompetencer, som overlapper pænt med beskrivelse af centrale praksisser hos NGSS. Og man indførte obligatoriske fællesfaglige fokusområder, hvor der arbejdes med tværgående problemstillinger (og begreber), som en afart af NGSS betoning af arbejde med tværgående begreber. Men: inspirationen fra NGSS rakte ikke til at skrive engineering eksplicit og ligeværdigt ind i de naturfaglige læreplaner i grundskolen herhjemme. Og mindst lige så vigtigt for nærværende vidensgrundlag: selvom NGSS faktisk er et bud på en sammenhængende beskrivelse af 12 års engineering-indlejret og STE(M) orienteret naturfaglig undervisning – inklusive gymnasieniveauet – så er tiltaget tilsyneladende gået under radaren i det almene danske gymnasium. Måske fordi det udfordrer stx’s traditionelt fagforankrede forståelse af dannelse (Haue, 2002), læring og lærerprofessionalisme.

Purzer & Quintana-Cifuentes (2019) identificerer på tværs af den praktisk orienterede (i modsætning til policyorienterede) del af engineering-litteraturen for K-12-niveauet 3 væsensforskellige argumenter for infusion af engineering til naturfaglig undervisning:

1) *Et pædagogisk argument*, som handler om, at engineering og design-aktivitet åbner for faglig læring, idet det bringer science viden i anvendelse og gør tingene mindre abstrakte. Indirekte påvirker det læring ved at øge elevernes motivation. Denne type argumentation ligger til grund for en række studier i artikelbasen (fx Mamlok 2001; Finkel, 2009; Lou, 2011; Moye, 2014; Wells, 2016; Verify, 2019; Lawanto & Stewardson, 2009)

2) *Et epistemologisk argument*, som går på, at det er vigtigt at lære sig at arbejde som ingeniører gør, altså så autentisk som muligt. Gerne interdisciplinært, med autentiske problemer og brugerinddragelse, trade-offs, samt med mangesidig anvendelse af både matematik og science-viden. Uden at det ekspliciteres, så forekommer dette argument først og fremmest at have gyldighed ud fra et rekruttering-til-ingeniørfaget-perspektiv. I artikelbasen finder vi tilsvarende artikler, som knytter an til et sådant perspektiv (fx Rockland, 2012; Peters-Burton, 2018; Glennie, 2019; Ryu, 2020).

3) *Et metodisk argument*, der fokuserer på design-processen som en særlig tilgang, som det er et værdifuldt mål i sig selv at mestre, og som bidrager til at som kan hjælpe til at eleverne bliver bedre problemløsere og beslutningstagere, ud fra et teknologisk dannesperspektiv. Beskrivelserne tangerer argumenter for at opnå ”engineering habits of mind”. Forfatterne påpeger yderligere, at der er en risiko for, at dette argument forfølges så bredt, så engineering design tømmes for disciplinært indhold fra engineering (og vel også science). Bliver til generel innovation og domænefrie 21st century skills. I K-12 artikelbasen kan man finde elementer af denne type argumentation hos fx (Doppelt, 2009; Berland, 2013; Gero & Danino, 2016; og Fan, 2017).

Erfaringerne fra igangværende danske engineering i gymnasiet projekter (udfoldes senere) indikerer, at det pædagogiske argument vil have størst gennemslagskraft ift danske stx-undervisere i naturfagene, mens en del vil se fornuft i det metodiske arguments betoning af problemløsende arbejdsmåder og indstillinger med en vis generalitet. Til gengæld har der vist sig at være ringe resonansbund for epistemologisk funderede engineering aktiviteter.

Engineering er i international/amerikansk kontekst nær forbundet med en STEM-dagsorden: Allerede en tidlig sondering forud for etableringen af litteraturgrundlaget afslørede, at engineering i mange studier er koblet til en STEM-agenda. Derfor var litteratursøgningen ikke kun afgrænset til artikler inden for ”science education”, men også under ”STEM education”. I den endelige artikelbase til dette vidensgrundlag omtaler og relaterer 61 (af 67) artikler sig eksplicit til STEM! I en pæn del af disse studier bedrives engineering direkte i sammenhæng af STEM-undervisning – d.v.s. i en kontekst, som er fundamentalt anderledes end dansk stx-undervisning. Den markante kobling mellem engineering og STEM er konsistent med den hyppigt delte opfattelse, at ”Engineering er en naturlig integrator [for STEM]” (Moore et al, 2014, p.2). Samme forfattere betoner også det pædagogiske argument for engineering i en STEM-kontekst: ”Mange STEM-integrerende tiltag spiller på engineering og engineering design som drivkraft for at lære naturfag, matematik og teknologi” (Moore et al, 2014, p. 2). I disse studier anses engineering at kunne integrere og udbyttesikre hele den øvrige STEM-palette. Adskillige artikler i vidensbasen itererer også (med vekslende overbevisning) samfundsmæssigt økonomiske argumenter for engineering i STEM regi a la: ”Ingeniører er vitale for vores samfund. De designer den teknologi og de processer og systemer, som driver vores 21. århundredes økonomi

og som imødekommer offentlighedens behov og ønsker” (National Association of State Boards of Education, USA, NASBE)⁴⁶.

Sammenfatning

Med det amerikanske K-12 Framework og NGSS som afgørende referencepunkter er det flere steder i verden (fx USA, Taiwan) lykkedes at positionere engineering, som en *obligatorisk* del af naturfaglig undervisning for almene gymnasieelever (ikke bare et muligt tilvalg). Ikke bare som et særligt valgfag eller et tilbud for elever på særlige ”teknologi” eller engineering linier. I den sammenhæng har politiske argumenter knyttet til rekruttering og økonomi fyldt en del. Når man kigger på forskningslitteraturen omkring engineering i gymnasiet, så genfinder man dele af denne retorik, men i substansen argumenteres der hyppigere med at engineering gavner elevernes læring og interesse for naturfag, at det udvikler deres teknologiske dannelse og tænkemåder, samt at det skærper deres evne til samarbejde og systematisk problemløsning. Grundlæggende de samme argumenter, som vi fandt i litteraturstudiet om engineering i en grundskolekontekst. Langt henad vejen med sammenlignelig relativ vægtning – argumenter i forlængelse af fagcentrering og karrierespæktiver vejer måske nok tungest, men tager ikke aldeles over i den gymnasierettede engineering-litteratur. Ud fra et dansk gymnasialt perspektiv er det mest bemærkelsesmæssige nok, at engineering har formået at positionere sig som en obligatorisk del af gymnasial naturfagsundervisning, bl.a. med henvisning til teknologisk dannelse. Og at engineering hyppigt argumenteres i relation til STEM-undervisning, hvor engineering anses at have en bærende funktion som integrator. I DK er engineering pt. kun et potentielt indslag i naturfagsundervisningen (og kun i grundskolen), debatten om teknologisk dannelse er først lige begyndt (og i øvrigt kapret af en diskussion om *digital* dannelse), og STEM-tænkningen lagt på is i grundskolen/aldrig initieret på gymnasieniveau. Danmark er i udgangspunktet et væsentligt andet sted – og må rimeligvis finde sin egen begrundelsesvej for at udfolde engineering i stx.

B5.2: Engineering og elevernes udbytte

Elevers fagfaglige udbytte af engineering på gymnasieniveau

Når nu engineering i gymnasiet først og fremmest hviler på en pædagogisk begrundelse, så er det selvfølgelig afgørende, at man kan godtgøre, at engineering faktisk bidrager til elevernes læring af et fagligt indhold, det være sig viden og/eller kompetencer. I det lys er det selvfølgelig opløftende, at Katehi et al (NAE/NRC, 2009) fastslår i deres policy-orienterede rapport *Engineering in K-12 Education: understanding the status and improving the prospects*, at “der er betragtelige potentiel værdi i [engineering i K-12], hvad angår elevmotivation og læringsudbytte (”achievement”) (p. 150, ”Finding 2”). De fleste af belæggene vedrører imidlertid mellemtrinnet i grundskolen og matematik, og de daværende belæg (p. 51-54) er i øvrigt mere blandede af natur end konklusionen afspejler. Det er således relevant at afsøge, hvad der findes af opdaterede belæg for elevers læring i vores opdaterede, science og gymnasiespecifikke artikelbase.

Becker & Park (2011) har lavet det eneste (foreløbige) metastudium af elevers læring i forskellige typer af STEM-samspil. Ud af 28 inkluderede studier var der kun 2 studier, som omhandlede samspillet mellem engineering og science på gymnasieniveau. Typisk opgøres effekten i sådanne metastudier i effektstørrelser, som mål for hvor meget eleverne har flyttet sig – enten ift til deres eget indledende niveau eller ift. relevante kontrolgrupper. J. Hattie, som er blevet verdensberømt på sine effektstudier af forskellige undervisningsformer m.m., har godtgjort at en intervention skal have en effekt, som er større end 0.4 for at udskille sig fra alle mulige andre tiltag. De to studier som Becker & Park omtaler angives at have effekter på hhv. 2.07 og 0.31. I den originale kilde til første studium (Fortus, 2005) er effekten ganske vist angivet til at

⁴⁶ <https://www.nasbe.org/event/the-e-in-stem-education-why-engineering-is-vital-to-science-standards/>).

være lidt mindre: 1.8, men det rokker ikke ved at effekten er overbevisende og opløftende. Til gengæld er det ikke imponerende, at man gennem et tilsyneladende velkomponeret og integreret forløb om heating/cooling over 6 uger faktisk kun opnår en standardiseret effekt på 0.31, målt på standard kemibegrebstests før og efter (Apedoe, 2008). Berland (2013) undersøger, i hvilken udstrækning elever tilegner sig og lærer at anvende deres naturfaglige viden ifm design-opgaver knyttet til vindturbiner og efterfølgende hydrauliske turbiner. På meget ræsonable opgaver udvikles elevernes formåen fra 6.18 til 8.0 på en skala til 12. Det svarer til en effekt størrelse på 0.67, hvilket mange vil anse for en effekt af mellemstørrelse. Studiet godtgør samtidig, at eleverne har svært ved at bruge deres faglige viden ifm engineering problemløsningen, i særdeleshed deres matematiske viden. Et kvalitativt studium (Lou et al, 2011) konkluderer modstridende på dette punkt: ”Eleverne var i stand til at styrke og integrere deres basale naturfaglige og matematiske viden gennem aktiviteten. De var også i stand til at anvende naturvidenskabelige og matematiske principper i deres design af et meget effektivt soldrevet køretøj”. Her er altså et aspekt, hvor studierne modsiger hinanden noget. At læringsudbyttet meget vel afhænger af fag, og at det i matematik meget vel kan være ringere end i science fremgår også af et studium af Tran & Nathan (2010), hvor man med statistiske modeller har afdækket elevernes faglige udbytter af tre års deltagelse i engineering Project Lead the Way (PLTW, 8.-10. klassetrin, overlappende gymnasiet) – og sammenlignet videnstilvæksten i science og matematik med de tilsvarende tilvækster for en matchende kontrolgruppe af elever udenfor engineering projektet. Resultaterne viser, at PLTW-eleverne *har haft* en tilvækst i begge fag, men at denne er mindre end kontrolgruppens i matematik og sammenlignelig i science. For sciencedelens vedkommende, så kan man altså påvise en læringseffekt – men infusionen af engineering har ikke boostet den faglige læring! Fan (2017) studerer elevens læring i et obligatorisk high school teknologi modul m. mekanik-engineering design processer som omdrejningspunkt. Modulet omfattede både leg med LEGO-gear og virtuel modellering. I test omkring mekanik-begrebsforståelse fandt Fan et al en fremgang (pre- til post) svarende til en effektstørrelse på 1.04, mens der blev målt en effekt på 0.90 for evnen til at anvende fysiske principper. Studiet sammenligner yderligere de to typer af læring med en tilsvarende kontrolgruppe, som *ikke* har været involveret i praktiske design processer. Her påvises det praktiske design at have en signifikant og positiv betydning for elevernes faglige læring. Endelig er der grund til at omtale et systematisk review af Daugherty et al (2018) vedrørende det faglige udbytte hos gymnasielever på særlige teknologi og engineering hold, sådan som de findes i visse stater i USA. Her er det kun lykkedes at finde 7 studier med veldefinerede læringseffekter, og i konklusionen hedder det: ”hvad angår elevernes læring, så rapporterede nogle få af de 7 studier en vis (”some”) positiv indvirkning, mens adskillige dokumenterede minimale eller blandede resultater” (p. 59). Den meget begrænsede effekt i de eksisterende studier på området er én ting, men selve mængden og kvaliteten af de eksisterende undersøgelser er åbenlyst kilde til yderligere frustration, idet det anføres: ”Evidensen for en indvirkning er ringe, grænsende til ikke-eksisterende.... Dette forskningsområde er i sin vorden (”infancy”)” (p. 59). I forlængelse heraf er det værd at bemærke, at der ikke er fundet studier, som opgør faglig læring i form af fx undersøgelseskompetence eller tilsvarende proces-formåen.

Hvis man forsøge en opsummering på ovenstående, så må det være, at der ikke er omfattende forskning omkring elevernes faglige udbytte af engineering, og at de eksisterende studier giver meget forskellige indtryk af, hvor stort dette udbytte er. Det er indlysende, at en række uafdækkede forhold har afgørende betydning for læringsudbyttet, fx involverede fag, de konkrete engineering opgaver (se fx Berland, 2013), elevgruppen, interventionslængden, måden fagligt udbytte evalueres på o.s.v. Kigger man på tværs af de registrerede effektstørrelser, der spænder fra 0 til ca. 2, så forekommer det rimeligt at konkludere, at det i gennemsnit er ”moderat” – i øvrigt samme vurdering, som vi nåede frem til i det mere velkonsoliderede vidensgrundlag for Engineering i (grund)skolen.

Elevers affektive udbytte – motivation og interesse for S og E-relaterede karrierer

Studierne i artikelbasen er af svingende forskningsmæssig kvalitet, men det er et gennemgående og ganske konsistent træk ved studierne i artikelbasen, at de peger på, at *gymnasielever i almindelighed oplever engineering som et motiverende indslag i naturfagsundervisningen.*

Blandt de simple studier, som først og fremmest er optaget af, at dokumentere, at en bestemt engineering-aktivitet har en motiverende effekt kan bl.a. nævnes:

Zeid et al (2014) viser, at eleverne finder science (og matematik)undervisningen signifikant mere interessant, efter at de har haft et engineering design modul efter "CAPSULE"principper. Og at de i større grad finder glæde i at lære, hvorledes faglige begreber og teorier fra klasserummet anvendes i den virkelige verden. Ryu et al (2020) beskriver Idahol Drone Project, hvor elever i et to-dages forløb møder professionelle droneflyvere, bygger deres egen drone (inklusive sensorer) og koder denne iht. deres problemstilling. Praktisk taget alle elever tilkendegiver positivt i post-survey at kunne lide "at bygge og programmere droner" og at de havde det mega-sjovt ("loads of fun"). Mamlok et al (2001) omtaler et *Safer Cell Phone*-curriculum (USA, 5-9 ugers modul), som i sin oprindelige form bidrager til en positiv udvikling af elevernes holdninger til faget ("Science attitudes"). Studiet prøver samtidig via flere runders systematisk optimering at afdække, om/hvordan man øger elevernes faglige udbytte af forløbet – uden at sætte de affektive gevinster over styr. Dette forehavende lykkes kun i nogen grad. Finkel et al (2009) redegør for det australske STELR-projekt, hvor elever arbejder med bæredygtig energi i et forløb, hvor naturfaglige undersøgelser (8 lektioner) efterfølges af en specifik engineering-udfordring (6 lektioner). Uden at kunne godtgøre, hvorvidt det skyldes de naturfaglige undersøgelser og/eller engineering-arbejdet, så finder man på alle mål (pre-and-post-survey, elevfoksgrupper, lærerinterviews), at eleverne er blevet mere engagerede i at lære naturfag.

Mere lærerige er en række studier, som på forfølger eller afdækker *faktorer*, der forekommer at influere elevernes motivation ifm engineering. Masson et al (2016) beskriver et universitetstilbud, hvor gymnasielever som en alternativ projektopgave (srp-lignende) får mulighed for at udvikle en teknologisk U-landsproblemløsning i samspil med en akademisk naturvidenskabsm/k. Det afsluttende produkt var en projektrapport. Den kvalitative analyse godtgør, at interesse for emnet, for ulande, for at lære mere, for at kunne gøre en forskel er motiverende aspekter. I udgangspunktet motiveres en del elever også af udsigten til at samarbejde med en professionel rollemodel, men forfatterne konkluderer: "Nærværende studium viser, at skuffende interaktioner meget vel foranlediger det modsatte" [end styrket motivation] (p. 100). Lawanto & Stewardson (2009) undersøger gymnasielevers motivation i to forskellige typer af engineering-udfordring: en ret fri trial-and-error version vs. en mere analytisk og systematisk EDP-struktureret version. Analysen er forankret i motivationsteori (Goal-orientation theory) og viser, at den første udgave primært tilgodeser en ydre præstationsmotivation, mens den indre mestringsorienterede motivation (som motivationsteorien anser for den fremmeste) står stærkest i den EDP-strukturerede version. Her overfor står et studium af Vossen et al (2020), hvor der gives eksempler på, at eleverne mister (indre) motivation, hvis læreren bliver for processtyrende og angiver, hvornår der skal foregå undersøgelser o.s.v. Det handler øjensynligt om at finde et balancepunkt mellem en støttende struktur og oplevet elevautonomi (jf. motivationsteorien Self-Determination theory). Lammi et al (2018) betoner i deres review over engineering design udfordringer netop frihedsgrader og elev-hverdags-relevans, som de vigtigste motiverende faktorer, som bør medtænkes i udformningen af en god udfordring. Endelig bruger Lou et al (2011a) PBL-strategier og en internet STEM-platform, som stillads omkring (kvindelige) gymnasieelevers arbejde med at udvikle et solcelledrevet køretøj. I konklusionen forbindes netop brugen af PBL-design principper med elevmotivation: "PBL-strategier var virksomme ("helpful") ift at fremme elevernes holdning til læring i STEM". Der tegner sig

således et mangfoldigt billede af, hvorledes engineering udfordringer, undervisningsformer og særlige motivationsteoretiske opmærksomhedspunkter vil kunne drages ind i design af motiverende engineering-undervisning.

Et kardinalpunkt for mange politikere og bevillingsgivere for engineering-projekter i naturfagene på gymnasieniveau er, at engineering gerne må øge elevernes interesse for ingeniør- (og naturvidenskabelige) karrierer. I artikelbasen er der hverken large-scale- og/eller longitudinale undersøgelser, som er nødvendige for at godtgøre, om engineering aktiviteter i gymnasieundervisningen udvikler en blivende *personlig* interesse for sådanne karrierer og ultimativt får dem til at forfølge dette i efterfølgende studie- og erhvervsvalg. De eksisterende studier nøjes med at afdække – typisk med pre-and-post-surveys – om eleverne *umiddelbart* har fået større (”situeret”) interesse for fx engineering-relaterede studier og karrierer. Interesseforskningen har påvist, at vejen fra et øjeblikks situerede interesse til en identitetsforankret personlig interesse er både lang og usikker. Så resultaterne for engineerings indvirkning på situeret karriereinteresse/motivation er i bedste fald indikative, og mest kontant vil de kunne tjene til at falsificere engineering design i naturfagene, som en vej til øget rekruttering til ingeniørstudier og erhverv. Ud fra devisen, at hvis engineering ikke engang kan stimulere in-situ-interesse, så er det noget nær udelukket, at det kan frembringe en mere blivende interesse!

Heldigvis er de indikative resultater overvejende positive: Finkel (2009) finder, at deres STELR-projekt signifikant forbedrer elevernes oplevelse af, at ”det at læse science i skolen giver mange karriermuligheder”. Apedoe et al (2008) viser, at deres Heating/cooling intervention umiddelbart øger elevernes lyst til at blive ingeniører (effekt størrelse ift en kontrolgruppe, som ikke har gennemført engineering design modulet = 0.49). Gero & Danino (2016) redegør for et israelsk tilbud til talentfulde science-interesserende unge i kontekst af Center for Pre-University Education. Over 16 dobbelt-lektioner udførte eleverne kinetik-relaterede engineering udfordringer med bl.a. Lego Mindstorms. Forfatterne finder en forbedring af elevernes indre motivation ift. at studere såvel engineering som science (”medium size effect”). Mere beskedent finder Ryu et al (2020), at deres Idaho Drone Project nok i situationen opleves som megasjovt, men at det reelt ikke influerer elevernes STEM-karriereovervejelser (en marginal 2% fremgang). Dette på trods af, at Ryu et al faktisk er bygget op omkring 7 ekspliciterede ”kritiske aspekter for at berede gymnasieelever til STEM studier og karrierer”. Heraf fremgår det, at man faktisk er opmærksom på oplevet kompetence/faglig selvtilid, elevrelationer/fællesskab og hands-on-aktiviteter som motiverende faktorer. I flere tilfælde har kontakten til ægte forskere været afprøvet, som en potentiel kilde til elevmotivation – med behersket succes. Masson et al (2016) fandt at direkte kontakt mellem elever og engineering-relaterede forskere meget vel kan have direkte negativ indvirkning på elevernes lyst til at forfølge denne type karrierer. Reynolds et al (2009) undersøgte den medierede interaktion, hvor det var lærerne, som interagerede med forskerne i regi af et Research Experience for Teachers program med et kraftigt engineering islæt. Efterfølgende implementerede de engineering tiltag i egne klasser. Effekten på elevernes ingeniør-karriererettede motivation var marginal (effektstørrelse 0.15).

Opsummerende tegner der sig et rimeligt konsistent billede af, at gymnasieelever oplever engineering aktiviteter, som sjove og umiddelbart motiverende. Den motivationelle effekt afhænger af konkrete engineering udfordringer og undervisningsformer, og der er muligheder for optimering, såfremt motivationsteori medtænkes i tilrettelæggelsen. Et antal studier indikerer, at indlagte engineering aktiviteter meget vel kan øge motivationen for at lære naturfag mere generelt. Det er imidlertid ikke muligt at konkludere noget om, hvorvidt engineering reelt vil kunne fremme personlig interesse for karrierer i naturvidenskab/ingeniørvidenskab. Dertil er der for få studier, og resultaterne er delvist modstridende.

Elevers engineering-relaterede udbytte

Der foreligger ikke nogen entydig afgrænsning af, hvad man kan/bør forstå ved "engineering-relateret udbytte" på gymnasialt niveau. Afsøgningen i nærværende vidensgrundlag har lænet sig op ad de 12 "nøgle indikatorer" som Moore et al (2014) har specificeret for arbejdet med engineering i en K-12

kvalitetsuddannelse for alle. Ikke alle indikatorer er snævert forbundet med engineering som fagligt område/disciplin, derfor henregnes dele af indikatorerne til "Generiske kompetencer", som omtales i næste afsnit. De vigtigste engineering-relaterede udbytter er iht. Moore et al:

1. Læring om engineering design processen og evne til selv at anvende denne i løsning af autentiske problemer. Dette aspekt er også vigtigste engineering mål iht. ITEAs standarder.
2. Evnen til at arbejde interdisciplinært, og i særdeleshed at kunne anvende sciencefaglighed og matematik ind i arbejdet med engineering (SEM-integration)
3. Udvikling af Engineering Thinking/Engineering Habits of Mind (EHoM), hvor vi her anlægger en snæver fortolkning, som handler om evne til praktisk problemløsning, systemtænkning, "predictive analysis" og tænkning om innovation.
4. Kendskab til, hvad ingeniører laver og ingeniør erhvervet som profession. I dansk stx-regi er det sidste dækket af termen "karrierelæring" ift. ingeniør erhvervet.

Winarno et al (2020) påviser i deres review over brugen af EDP-modeller, at der er mange forskellige varianter i spil, også ifm engineering i naturfag på sekundært/gymnasieniveau. Det svarer meget godt til vidensgrundlagets artikelbase, hvor der i hvert fald er 5+ forskellige varianter i spil. Men: overlappet mellem disse er væsentligt, og de hyppigste trin i processen er som Winarno et al påpeger: at problemet defineres, der konstrueres/bygges, testes, evalueres og redesignes.

Doppelt (2009) ved at analysere portfolio-produkter fra forskellige design-faser (af sin særlige EDP-variant, CDP) at "Eleverne lærte at bruge CDP og implementerede den godt i overensstemmelse med deres system og produkt" (p. 62). Dog er eleverne ikke skarpe på at deklarerer deres design-beslutninger. Berland (2013a/ Learning in challenge based engineering curricula) stiller i sin gymnasierelaterede forskning skarpt på elevernes læring, herunder om de lærer "the engineering practices" ved at arbejde med udfordringer med tydeligt EDP-fokus ("designed with the hope that students would learn the EDP"). Gennem (pre-and-post) surveys om design, interviews i tilknytning til en konkret udfordring, samt en reverse engineering test blev det engineering relaterede udbytte af elever fra 7 klasser kortlagt. Resultaterne godtgør, at eleverne i udgangspunktet har en rimelig fornemmelse for de overordnede træk i ingeniørers arbejde, men fx klarer sig dårligt ifm testen om reverse engineering. Eleverne er ikke i stand til at gengive den EDP-model, som de har arbejdet efter og kan kun beskrive deres processer og aktivitet i overordnede hverdags vendinger. Især er de i stand til at beskrive de mere produktrettede delprocesser ("designing, building, testing"). I Berland et al (2014) tilføjes en detaljeret redegørelse for elevernes forståelse af de enkelte delprocesser. Heraf fremgår det, at elever ved forløbsafslutningen er opmærksomme på at kunne godtgøre brugerbehov, samtidig med, at de værdsætter at der kan være multiple løsninger og bør foregå optimering af design. Analysen viser dog også, at de ikke får lavet en detaillieret problemanalyse, herunder undersøgt allerede eksisterende løsninger. Endvidere får de ikke udforsket det mest relevante science- og matematikindhold, ligesom de mangler systematiske tilgange til at træffe design-beslutninger. Pointen er altså, at EDP-læringen i bedste fald er "inkonsistent og uden megen detalje" (opsummering: Daugherty, 2018, p. 56). I forlængelse heraf undersøgte Vossen et al (2020) elevers opfattelse af, hvornår og hvordan undersøgelsesaspekter ("research activities") kan bidrage til udviklingen af et godt design. Også her var eleverne på det overordnede plan positive og mente, at "doing research" var meningsfuldt og nyttigt. Imidlertid hang mange fast i deres første

design ideer og undlod at bruge indledende undersøgelsesaktiviteter til at udfordre/kvalificere designet. Angiveligt fordi design-aspekterne trækker mere, fordi undersøgelsesdelen i elevhoveder er forbundet med rapportskrivning og fordi tiden oftest er for knap til reelt at få lavet kvalificerende undersøgelser. Mere specifikt beskriver Kelley (2017) et projekt, hvor han har haft ”some succes” mht at udvikle elevernes evne til at skitsere deres ideer, så substantielt, at skitserne rent faktisk tjener til at kvalificere det efterfølgende design.

Ovenstående studier indikerer, at det for mange gymnasieelever kan være svært at forbinde design-relaterede aktiviteter med naturfaglige undersøgelser og teori fra såvel science som matematik. Berland (2013 a) konkluderer således, at nok blev klogere på naturfaglige ideer af relevans for deres design, men kun fik brugt denne viden på inkonsistent vis. Blandt lyspunkterne i denne sammenhæng er Chien & Chu (2018), som viser, at gymnasieelever m engineering tilvalg faktisk formår *at bruge* deres fagfaglige viden til at lave forudsigelser omkring, hvor godt deres design-løsninger vil klare sig. Lige så godt som et sample af ingeniørstuderende – og bedre end design studerende, som i udgangspunktet ellers har tilsvarende fagfaglig indsigt. I den STEM-orienterede engineering-litteratur er der stort fokus på, at undervisningen understøtter integration – og såvel Peterman et al (2017) som Thibaut et al (2018) reviewer på forskellig vis, hvorledes dette gøres i praksis. I betragtning af, hvor meget man ved om STEM-integration, er det påfaldende svært at finde gymnasiestudier, som godtgør, at eleverne faktisk har lært sig at forbinde design med naturfaglig og matematisk viden. Her er grundskoleforskningen stærkere.

Katehi (2009) opsummerer, at K-12 engineering bør sigte efter at etablere Engineering Habits of mind i bred forstand. Der er en tilsvarende stor variabilitet mht. hvordan dette potentielle udbytte evalueres. Gero & Danino finder, at deres intervention for talentfulde unge israelere faktisk fremmer deres system-tænkning målt vha en 20-spørgsmåls survey. Effekttørrelsen er stor, angives til 0.82. Til gengæld refererer Daugherty (2018) et studium af Merrill et al (2008), hvor man kun finder moderat udbytte, hvad angår viden om grundlæggende engineering begreber (constraints, optimization, predictive analysis). Fan et al (2017) har fokus på udvikling af (engineering relaterede) højere ordens tænkning i gymnasiekurser med STEM engineering hhv. teknologifokus. Forfatterne finder, at eleverne med engineering design klarer sig bedre end de teknologistuderende (uden denne praktiske dimension), hvad angår problemanalyse og forudsigelser for deres produkt. I lighed med Chien & Chu (2018) altså et eksempel på, at arbejde med engineering faktisk *kan* udvikle elevers evne til at lave ”predictive analysis”. Doppelt (2009) studerer engineering relaterede tænkemåder med en fint elaboreret ”(creative) thinking scale”. Da få elever når de højere niveauer af engineering relateret tænkning konkluderer han, at der er behov for yderligere indsats, hvis man vil at fremme elevernes engineering relaterede tænkning.

Hvad angår elevernes kendskab til ingeniør erhvervet og hvad ingeniører laver, så fremstår det ikke som et prioriteret område i forskningslitteraturen. Nærmest kommer en række studier, hvor lærerne ifm efteruddannelse bringes i kontakt og undertiden direkte samarbejde med STEM-professionelle og engineering-relateret forskning. Lærernes større kendskab til det professionelle arbejde og til muligheder for engineering-relaterede field trips forventes så at udmøntes i tilsvarende større kendskab på elevniveau. Reynolds (2013) er et eksempel, hvor læreres forskningserfaringer sammen med universitetsansatte ingeniører afspejles i elevviden om forskellige slags ingeniører og ingeniørvirket i det hele taget. Andre studier (fx Knowles, 2018) viser, at man med medium-stor effekt størrelse kan påvirke lærernes viden og opmærksomhed på engineering karrierer – men gør desværre ikke noget forsøg på at afdække med hvilken effekt det slår igennem på elevniveau.

Opsummerende omkring det engineering-relaterede udbytte af engineering på gymnasialt niveau: Denne form for udbytte forekommer ikke at være stærkt prioriteret i feltet, hvorfor alle tilløb til konklusioner her hviler på et spinkelt grundlag. De fleste elever vil i hverdagssprog kunne beskrive større eller mindre dele af en EDP-model – og kunne gennemføre de mere praktiske delprocesser. Til gengæld har mange vanskeligt ved at forbinde disse aktiviteter med naturfaglige undersøgelser og teori, samt matematik, hvilket bl.a. bevirker, at deres designudvikling ikke bliver systematisk og deres design-beslutninger dårligt begrundede. Der er visse indikationer af, at engineering aktiviteter faktisk fremmer bestemte typer af engineering tænkemåder hos eleverne (fx tænkning i system og design relaterede forudsigelser). Der er få studier, som målrettet søger at udvide elevernes kendskab til engineering relaterede karrierer – typisk ved først at sikre sig at deres lærere gennem efteruddannelse får et større kendskab til professionen. Af disse indikeres, at læreres direkte samarbejde med professionelle (om engineering forskning eller fælles udvikling af undervisningsmateriale/forløb) vil kunne have en positiv effekt – også på elevniveau.

Elever generiske kompetenceudbytte af engineering

Med generiske kompetencer tænkes i denne sammenhæng primært på deres evne til samarbejde, vedholdenhed, kreativitet, kommunikationsformåen m.m. – aspekter der indgår som mindst engineering specifikke i rammesætningen hos Moore et al (2014) og blandt Skills for 21th Century Learning.

I nærværende vidensgrundlag er der ikke artikler, som seriøst prøver at godtgøre denne type af elevudbytte på gymnasieniveau. Nærmest kommer Apedoe (2012). Når Katehi et al (2009) anbefaler, at engineering udvikler (engineering) habits of mind, inklusive ovennævnte generiske kompetencer, sker det således uden reference til et eneste studium med dette sigte. I forlængelse heraf bemærker de, at anbefalingen ”snarere må ses som en hensigtserklæring (”aspirational”) end en afspejling af de aktuelle indsatser i K-12 Engineering” på tidspunktet. Tilsvarende udvikler Crismond & Adams (2012) en meget ambitiøs model for undervisning og læring af design, men erkender, at modellen er begrænset, idet den ikke adresserer, hvorledes man udvikler elevernes evne til at samarbejde gennem design. Det forbliver således rent spekulativt, at man kan gisne om, at længerevarende gruppearbejde omkring en engineering udfordring burde træne og udvikle elevernes samarbejdsevne. Ligesom man i (motivations)teorien ville forvente, at de rimeligt konsoliderede motivationsgevinster ved engineering får eleverne til at arbejde længere og mere selvtilidsfuldt med problemløsning af en vis generalitet.

Bilag 6: Metodebeskrivelse for det internationale litteraturstudium

Litteraturstudiet er udført som et "systematic search and review"-studium, jf. den karakterisering af forskellige slags reviews, som er givet af Grant & Booth (2009). D.v.s. at der i udgangspunktet er lavet en systematisk søgning med klare inklusionskriterier. Metoden åbner imidlertid for også at inkludere yderligere studier, som popper op i opmærksomhedsfeltet undervejs i processen (se fx Lammi et al, 2018).

B6.1: Søgeprocedurer for det systematiske review

Søgeportaler: Academic Search Premier Elite + ERIC

Afgrænsninger:

- Engelsk-sprog
- Årgang 2000-2020 ud.
- Kun journals [en væsentlig afgrænsning, når der søges på Eric].
- Fokus på generaliserbar & helst forskningsbaseret viden.

Søgetermer:

"engineering" OR "design-based learning"
AND
"high school" or "secondary education" OR "K12"
AND
("science education" OR "STEM education")
AND (teaching OR learning")

B6.2: Søgeresultater & etablering af den endelige litteraturbase

Trin 1 i etablering af litteraturbasen	
Artikler i litteraturbasen	Valideringstiltag
Indledende søgning: 702 artikler	
	Fravalg af eksotiske tidsskrifter og tidsskrifter fra lande, som vi normalt ikke sammenligner os med
313 artikler	

Tilbage i litteraturbasen er artikler fra nedenstående liste af tidsskrifter.

Narrow by Journal: - teaching science: the journal of the australian science teachers association

Narrow by Journal: - journal on school educational technology

Narrow by Journal: - journal of science learning

Narrow by Journal: - journal of inquiry based activities

Narrow by Journal: - journal of education and practice

Narrow by Journal: - journal of curriculum studies

Narrow by Journal: - international journal of research in education and science

Narrow by Journal: - international journal of environmental and science education

Narrow by Journal: - educational studies

Narrow by Journal: - educational sciences: theory & practice
Narrow by Journal: - children's technology & engineering
Narrow by Journal: - american secondary education
Narrow by Journal: - journal of educational technology & society
Narrow by Journal: - international journal of education in mathematics, science and technology
Narrow by Journal: - journal of technology and science education
Narrow by Journal: - journal of educational technology
Narrow by Journal: - high school journal
Narrow by Journal: - educational sciences: theory and practice
Narrow by Journal: - technology teacher
Narrow by Journal: - european journal of stem education
Narrow by Journal: - electronic journal of science education
Narrow by Journal: - design and technology education
Narrow by Journal: - clearing house: a journal of educational strategies, issues and ideas
Narrow by Journal: - journal of technology studies
Narrow by Journal: - science education international
Narrow by Journal: - theory into practice
Narrow by Journal: - journal of educational research
Narrow by Journal: - international journal of technology and design education
Narrow by Journal: - journal of technology education
Narrow by Journal: - technology & engineering teacher
Narrow by Journal: - journal of stem education: innovations and research
Narrow by Journal: - technology and engineering teacher

Trin 2 i etablering af litteraturbasen	
Artikler i litteraturbasen	Valideringstiltag
313 artikler	
	Nærlæsning af alle artikel abstracts – og frasortering af de der ikke vurderes at være relevante. Det handler især om artikler af lærere og for lærere. Vi går efter generaliserbar og helst forskningsbaseret viden.
52 artikler	

Efter denne første sondering af det potentielle litteraturgrundlag vurderes det, at det kvalitetsmæssigt er svagere end det eksisterende *Videngrundlag for engineering i skolen*. Ikke overraskende, da dette grundlag jo nok var mindre systematisk, men reelt inkluderede studier fra *alle* uddannelsesniveauer. Grundskoleniveauet var - både hvad angår antal og kvalitet – stærkest repræsenteret i denne sammenfatning. I sammenhæng af nærværende litteraturreview har det fx ikke været muligt at finde eet eneste autoritativt review-studium, som indkredser status, udfordringer og retninger for engineering i sekundær uddannelse.

På grundlag af denne iagttagelse blev det besluttet også at inkludere artikler, som dukkede op ved nærlæsningen af ovenstående artikler – og som ved denne læsning forekom både relevante og vigtige. Der blev også tilføjet artikler, som vi havde fra anden sammenhæng og som tilsvarende forekom relevante og vigtige. Her overgår vi fra et systematisk review til den mere subjektive inklusion, som hører til genren ”systematic search and review”.

Trin 3 i etablering af litteraturbasen	
Artikler i litteraturbasen	Valideringstiltag
52	
	Tilføjelse af artikler, som dukker op ved læsning af de 52 artikler + artikler i personlige databaser. Forudsat, at de findes relevante og vigtige
Endelig litteraturbase 67	

Dette trin tilføjer partikulære bidrag fra disse ekstra journals:

- International journal of STEM education.
- Journal of Sci. Educ. Technology
- Journal of Pre-College Engineering Education Research
- International Journal of Science and Mathematics Education
- International Journal of Engineering Education
- Journal of Industrial Teacher Education
- International Journal of Science Education

Den fuldstændige liste over artikler, som indgår i den endelige litteraturbase anføres til sidst i nærværende bilag.

B6.3: Dataprocesser/bearbejdning af litteraturgrundlaget

Da denne litteratursøgning ifølge opdraget er tænkt at ”udvide/opdatere” det foregående vidensgrundlag har det været naturligt at lave en semistruktureret analyse – med særligt fokus på opmærksomhedspunkter fra dette grundlag, men med åbenhed overfor særlige tematikker knyttet til den mere fagcentrerede undervisning på sekundært niveau. I den sammenhæng har det været nyttigt, at reviewet er foretaget af folk, som har indsigt og sensitivitet ift det gymnasiale felt fra nylig efteruddannelse i engineering med naturfaglige undervisere i stx.

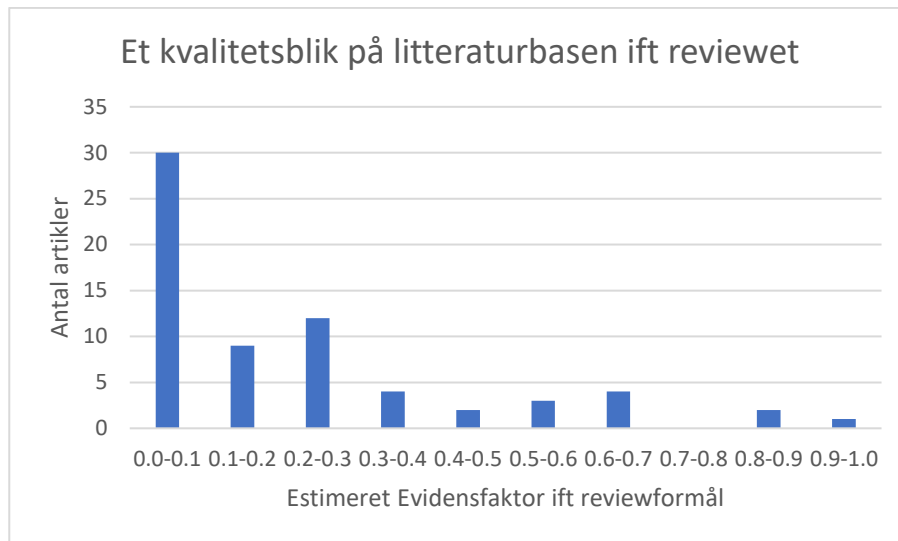
Den semistrukturerede analyseproces har følgende grundlæggende trin:

- Hver enkelt artikel er gennemlæst
- Efter læsning er der foretaget en *dataekstraktion*: hvad (om noget) bidrager artiklen med ift et/flere af følgende tematikker:
 - Begrundelser for engineering
 - Engineering særtræk
 - Engineering i curriculum
 - Elever og engineering
 - Elevudbytte – fagligt
 - Elevudbytte – engineering relateret
 - Elevudbytte – motivation
 - Elevudbytte – generiske kompetencer

- Engineering udfordringer
- Engineering undervisning
- Engineering-science integration
- Stilladsering af engineering
- Evaluering ifm engineering
- Engineering projekter
- Lærerholdninger m.m. ift engineering
- PCK ift. engineering
- Professionel udvikling/efteruddannelse udi engineering
- Andet [åben kategori til at opfange andre ting, som aktualiseres af artikellæsningen]
- De ekstraherede vidensbrikker er indført i database [konkret et Excel-ark] – med mulighed for hurtigt at få et overblik over bidragene inden for en bestemt tematik.
- Afslutningsvist er der lavet en slutvurdering af artiklens kvalitet ift opdraget iht. følgende tre kriterier:
 - **Relevans:** for reviewet, for en dansk kontekst [visse studier handler om meget specifikke – typisk USA-projekter/curricula som ikke forekommer realiserbare i dansk kontekst], for infusion til naturfag (artikler om STEM måske ikke helt relevante, for det gymnasiale niveau (K-12 er en rummelig betegnelse, så i nogle tilfælde handler studiet om yngre elever] o.s.v.
 - **Metodekvalitet:** hviler undersøgelser på et solidt grundlag, empirisk og analytisk. Hvor stort er datagrundlaget? Er det tilvejebragt med rimelige metoder og etablerede redskaber? Er analysen transparent og troværdig? Forekommer konklusionerne overbevisende i forlængelse af data og analyse?
 - **Indholdsmæssig tyngde:** en mere subjektiv afvejning af, om studiet bidrager med ny viden/spændende vinkler o.s.v.
- Hver dimension er bedømt på en skala fra 0 til 1. Der er klart tale om subjektive bedømmelser her – men de er tænkt at give et vist indtryk af, med hvilken evidensvægt den artikel retteligen bør indgå i reviewet. Artikler, som totalt falder ud på et af kriterierne bør tillægges forsvindende vægt. Derfor giver det mening at operere med følgende kondensering:

Estim. evidensfaktor (ift. reviewmålet)= Relevans*Metodekvalitet*Indholdsmæssig tyngde

Uden at man skal lægge for meget i disse estimer, så giver nedenstående figur et vist indtryk af, at *den eksisterende vidensbase ikke er voldsomt imponerende:*



- Den endelige analyse og sammenskrivning er lavet på basis af ovenstående ekstraktioner, både ved granskning af enkelt-entries og ved at kigge på tværs af artikelentries.

Referencer knyttet til reviewets metode:

- Grant, M. J., & Booth, A. (2009). A typology of reviews: An analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Information and Libraries Journal*, 26(2), 91–108. <https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x>
- Lammi, M., Denson, C., & Asunda, P. (2018). Search and review of the literature on engineering design challenges in secondary school settings. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 8(2), 49–66. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1172>

B6.4: Referencer – artikler, som indgår i vidensgrundlagets Search and review

- Apedoe, X. S., Ellefson, M. R., & Schunn, C. D. (2012). Learning Together While Designing: Does Group Size Make a Difference? *Journal of Science Education and Technology*, 21(1), 83–94. <https://doi.org/10.1007/s10956-011-9284-5>
- Apedoe, X. S., Reynolds, B., Ellefson, M. R., & Schunn, C. D. (2008). Bringing engineering design into high school science classrooms: The heating/cooling unit. *Journal of Science Education and Technology*, 17(5), 454–465. <https://doi.org/10.1007/s10956-008-9114-6>
- Arik, M., & Topçu, M. S. (2020). Implementation of Engineering Design Process in the K-12 Science Classrooms: Trends and Issues. *Research in Science Education*. <https://doi.org/10.1007/s11165-019-09912-x>
- Becker, K., & Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education*, 12, 23–37. <https://search-proquest-com.ez-aaa.statsbiblioteket.dk:12048/docview/893425366/fulltextPDF/EC82D5B3E8F845E9PQ/1?accountid=98281>
- Berland, L. K. (2013). Designing for STEM integration. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 3(1), 3. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1078>
- Berland, L. K., Martin, T. H., Ko, P., Peacock, S. B., Rudolph, J. J., & Golubski, C. (2013). Student Learning

- in Challenge-Based Engineering Curricula. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 3(1). <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1080>
- Berland, L., Steingut, R., & Ko, P. (2014). *High School Student Perceptions of the Utility of the Engineering Design Process : Creating Opportunities to Engage in Engineering Practices and Apply Math and Science Content*. 705–720. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9498-4>
- Cavlazoglu, B., & Stuessy, C. (2017). Changes in Science Teachers' Conceptions and Connections of STEM Concepts and Earthquake Engineering. *Journal of Educational Research*, 110(3), 239–254. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1134486&site=ehost-live>
- Chien, Y.-H., & Chu, P.-Y. (2018). The Different Learning Outcomes of High School and College Students on a 3D-Printing STEAM Engineering Design Curriculum. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(6), 1047–1064. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9832-4>
- Daugherty, J., Dixon, R., & Merrill, C. (2018). Research Evidence of the Impact of Engineering Design on Technology and Engineering Education Students. *Journal of Technology Education*, 30(1), 46–65. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1201585&site=ehost-live>
- DeJong, B. P., Yelamarthi, K., & Kaya, T. (2016). An Engineering Research Program for High School Science Teachers: Year Two Changes and Results. *Journal of STEM Education: Innovations & Research*, 17(1), 15–21. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=113843749&site=ehost-live>
- Doppelt, Y. (2009). Assessing creative thinking in design-based learning. *International Journal of Technology and Design Education*, 19(1), 55–65. <https://doi.org/10.1007/s10798-006-9008-y>
- Doppelt, Y., Mehalik, M. M., Schunn, C. D., Silk, E., & Krysinski, D. (2008). Engagement and Achievements: A Case Study of Design-Based Learning in a Science Context. *Journal of Technology Education*, 19(2), 22–39. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ898815&site=ehost-live>
- Erdogan, N., & Stuessy, C. L. (2015). Modeling Successful STEM High Schools in the United States: An Ecology Framework. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 3(1), 77–92. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1059051&site=ehost-live>
- Fan, S.-C., & Yu, K.-C. (2017). How an integrative STEM curriculum can benefit students in engineering design practices. *International Journal of Technology & Design Education*, 27(1), 107–129. <http://10.0.3.239/s10798-015-9328-x>
- Finkel, A., Pentland, P., Hubber, P., Blake, D., & Tytler, R. (2009). STELR: Improving Science retention rates in Australian secondary schools. *Teaching Science: The Journal of the Australian Science Teachers Association*, 55(3), 28–33. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=44769105&site=ehost-live>
- Gero, A., & Danino, O. (2016). High-School Course on Engineering Design: Enhancement of Students' Motivation and Development of Systems Thinking Skills. *International Journal of Engineering Education*, 32(1, A), 100–110.
- Glennie, E., Mason, M., Dalton, B., & Edmunds, J. (2019). Preparing students for STEM college and careers: The influence of redesigned high schools in North Carolina. *High School Journal*, 102(3), 228–257. <http://10.0.5.73/hsj.2019.0008>
- Grubbs, M. E., Strimel, G. J., & Huffman, T. (2018). Engineering Education: A Clear Content Base for Standards. *Technology and Engineering Teacher*, 77(7), 32–38. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1174285&site=ehost-live>
- Grubbs, M. E., Strimel, G. J., & Kim, E. (2018). Examining design cognition coding schemes for P-12 engineering/technology education. *International Journal of Technology & Design Education*, 28(4),

- 899–920. <http://10.0.3.239/s10798-017-9427-y>
- Hernandez, P. R., Bodin, R., Elliott, J. W., Ibrahim, B., Rambo-Hernandez, K. E., Chen, T. W., & de Miranda, M. A. (2014). Connecting the STEM Dots: Measuring the Effect of an Integrated Engineering Design Intervention. *International Journal of Technology and Design Education*, 24(1), 107–120. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1037813&site=ehost-live>
- Householder, D.L.;Hailey, C. E. (2012). *Incorporating Engineering Design Challenges into STEM Courses*.
- Johns, G., & Mentzer, N. (2016). STEM Integration through Design and Inquiry. *Technology and Engineering Teacher*, 76(3), 13–17. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1118763&site=ehost-live>
- Katehi, L., Pearson, G., & Feder, M. (2009). Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects. In *Engineering in K-12 Education: Understanding the Status and Improving the Prospects*. <https://doi.org/10.17226/12635>
- Kelley, T. R. (2017). Design Sketching: A Lost Skill. *Technology and Engineering Teacher*, 76(8), 8–12. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1141555&site=ehost-live>
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kelley, T. R., Ph, D., Wicklein, R. C., & Ed, D. (2009). Examination of Assessment Practices for Engineering Design Projects in Secondary Technology Education. *Journal of Industrial Teacher Education*, 46(1), 6–31.
- Kennedy, J., Quinn, F., & Lyons, T. (2018). Australian enrolment trends in technology and engineering: putting the T and E back into school STEM. *International Journal of Technology & Design Education*, 28(2), 553–571. <http://10.0.3.239/s10798-016-9394-8>
- Kim, N.J.;Belland, B.;Axelrod, D. (2019). Scaffolding for Optimal Challenge in K–12 Problem-Based Learning. *Journal of Problem-Based Learning*, 13(1), 1–24.
- Knowles, J. G., Kelley, T. R., & Holland, J. D. (2018). Increasing Teacher Awareness of STEM Careers. *Journal of STEM Education: Innovations & Research*, 19(3), 47–55. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=131518332&site=ehost-live>
- Koehler, C. M., Faraclas, E., Giblin, D., Moss, D. M., & Kazerounian, K. (2013). The Nexus between Science Literacy & Technical Literacy: A State by State Analysis of Engineering Content in State Science Standards. In *Journal of STEM Education: Innovations & Research* (Vol. 14, Issue 3, pp. 5–12).
- Krajcik, J., & Delen, I. (2017). How to Support Learners in Developing Usable and Lasting Knowledge of STEM. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 5(1), 21–28. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1124938&site=ehost-live>
- Lakose, C. D. (2015). The inclusion of engineering design into the high school biology curriculum. *Graduate Research Papers*. <http://scholarworks.uni.edu/grp/75>
- Lammi, M., Denson, C., & Asunda, P. (2018). Search and review of the literature on engineering design challenges in secondary school settings. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 8(2), 49–66. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1172>
- Lawanto, O.;Stewardson, G. (2009). *Engineering Design Activity : Understanding How Different Design Activities Influence Students ' Motivation in Grades 9-12*.
- Lawanto, O., Butler, D., Cartier, S. C., Santoso, H. B., Goodridge, W., Lawanto, K. N., & Clark, D. (2013). Pattern of Task Interpretation and Self-Regulated Learning Strategies of High School Students and College Freshmen during an Engineering Design Project. *Journal of STEM Education: Innovations & Research*, 14(4), 15–27. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=94996234&site=ehost-live>

- Lou, S.-J., Shih, R.-C., Diez, C. R., & Tseng, K.-H. (2011). The Impact of Problem-Based Learning Strategies on STEM Knowledge Integration and Attitudes: An Exploratory Study among Female Taiwanese Senior High School Students. *International Journal of Technology and Design Education*, 21(2), 195–215.
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ921249&site=ehost-live>
- Lou, S. J., Liu, Y. H., Shih, R. C., & Tseng, K. H. (2011). The Senior High School Students' Learning Behavioral Model of STEM in PBL. *International Journal of Technology and Design Education*, 21(2), 161–183. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ921251&site=ehost-live>
- Mahoney, M. P. (2010). Students' Attitudes Toward STEM: Development of an Instrument for High School STEM-Bases Programs. *Journal of Technology Studies*, 36(1), 24–34. <http://10.082.69/jots.v36i1.a.4>
- Masson, A.-L., Klop, T., & Osseweijer, P. (2016). An Analysis of the Impact of Student-Scientist Interaction in a Technology Design Activity, Using the Expectancy-Value Model of Achievement Related Choice. *International Journal of Technology and Design Education*, 26(1), 81–104.
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1087266&site=ehost-live>
- Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., & Smith, K. A. (2014). A framework for quality K-12 engineering education: Research and development. *Journal of Pre-College Engineering Education Research Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 4(1), 1–13.
<https://doi.org/10.7771/2157-9288.1069>
- Moye, J. J., Dugger Jr., W. E., & Starkweather, K. N. (2014). Is “Learning by Doing” Important? A Study of Doing-Based Learning. *Technology and Engineering Teacher*, 74(3), 22–28.
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1048070&site=ehost-live>
- Ng, W., & Fergusson, J. (2020). Engaging High School Girls in Interdisciplinary STEAM. *Science Education International*, 31(3), 283–294.
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1268318&site=ehost-live>
- Osler, J. E., Hollowell, G. P., & Nichols, S. M. (2012). Technology Engineering in Science Education: Where Instructional Challenges Interface Nonconforming Productivity to Increase Retention, Enhance Transfer, and Maximize Student Learning. *Journal of Educational Technology*, 9(2), 31–39.
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1102172&site=ehost-live>
- Page, C. A., Lewis, C. W., Autenrieth, R. L., & Butler-Purry, K. L. (2013). Enrichment Experiences in Engineering (E3) for Teachers Summer Research Program: An Examination of Mixed-Method Evaluation Findings on High School Teacher Implementation of Engineering Content in High School STEM Classrooms. *Journal of STEM Education: Innovations & Research*, 14(3), 27–33.
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=91248346&site=ehost-live>
- Peterman, K., Daugherty, J. L., Custer, R. L., Ross, J. M., Peterman, K., Daugherty, J. L., Custer, R. L., & Ross, J. M. (2017). *Analysing the integration of engineering in science lessons with the Engineering-Infused Lesson Rubric*. 0693. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1359431>
- Peters-Burton, E. E., & Johnson, T. (2018). Cross-Case Analysis of Engineering Education Experiences in Inclusive STEM-Focused High Schools in the United States. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 6(4), 320–342.
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1193468&site=ehost-live>
- Pieper, J., & Mentzer, N. (2013). High School Students' Use of Paper-Based and Internet-Based Information Sources in the Engineering Design Process. *Journal of Technology Education*, 24(2), 78–95.
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1005689&site=ehost-live>
- Pinnell, M., Rowly, J., Preiss, S., Franco, S., Blust, R., & Beach, R. (2013). Bridging the Gap between Engineering Design and PK-12 Curriculum Development through the Use of the STEM Education

- Quality Framework. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 14(4), 28–35.
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1017054&site=ehost-live>
- Prasa Jr., A. R., & Del Guercio, R. (2016). Introducing the “Decider” Design Process. *Technology and Engineering Teacher*, 76(3), 31–33.
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1118767&site=ehost-live>
- Purzer, S., & Quintana-Cifuentes, J. P. (2019). Integrating engineering in K-12 science education: spelling out the pedagogical, epistemological, and methodological arguments. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0010-0>
- Reynolds, B., Mehalik, M. M., Lovell, M. R., & Schunn, C. D. (2009). Increasing student awareness of and interest in engineering as a career option through design-based learning. *International Journal of Engineering Education*, 25(4), 788–798.
- Reynolds, D., Yazdani, N., & Manzur, T. (2013). STEM High School Teaching Enhancement Through Collaborative Engineering Research on Extreme Winds. *Journal of STEM Education: Innovations & Research*, 14(1), 12–19.
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=89173556&site=ehost-live>
- Rockland, R., Bloom, D. S., Carpinelli, J., Burr-Alexander, L., Hirsch, L. S., & Kimmel, H. (2010). Advancing the “E” in K-12 STEM Education. *Journal of Technology Studies*, 36(1), 53–64.
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ906161&site=ehost-live>
- Ryu, J., LaPaglia, S. K., & Walters, R. (2020). Idaho Drone League (iDrone) to Stimulate STEM workforce. *Journal of STEM Education: Innovations & Research*, 21(2), 35–41.
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=146160971&site=ehost-live>
- Stearns, L. M., Morgan, J., Capraro, M. M., & Capraro, R. M. (2012). A Teacher Observation Instrument for PBL Classroom Instruction. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 13(3), 7–16.
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ988057&site=ehost-live>
- Strimel, G. J., Kim, E., & Bosman, L. (2019). Informed Design through the Integration of Entrepreneurial Thinking in Secondary Engineering Programs. *Journal of STEM Education: Innovations & Research*, 19(5), 32–39.
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=135858303&site=ehost-live>
- Strong, K. M., Lawanto, O., & Wilson-Lopez, A. (2020). Peer-Prompted Engineering Design: How Do Adolescents Interact and Strategize? *Journal of Technology Education*, 31(2), 19–39.
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1254757&site=ehost-live>
- Teaching, S., Mo, L., Reform, I., Gallagher, J., Computing, H. I., Network, P. S., Innovation, T., Grant, C., & Psn, T. (2001). Learning Science by Designing Artifacts (LSDA) - A Case Study of the Development of a Design-Based Science Curriculum . Rachel Mamlok - Weizmann Institute of Science , Rehovot , Israel Charles Dershimer , David Fortus , Joe Krajcik , Ron Marx - Universi. *National Association for Research in Science Teaching*, 1–21.
- Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., Dehaene, W., Deprez, J., De Cock, M., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., Van de Velde, D., Van Petegem, P., & Depaepe, F. (2018). Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education. *European Journal of STEM Education*, 3(1).
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1178347&site=ehost-live>
- Thompson, B., Vernado, T., & Matthews, B. (2009). Design without Make--A New Design Pedagogy for STEM Education. *Journal of Educational Technology*, 6(1), 20–27.
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1098053&site=ehost-live>
- Vossen, T. E., Tigelaar, E. H., Henze, I., De Vries, M. J., & Van Driel, J. H. (2020). Student and teacher perceptions of the functions of research in the context of a design-oriented STEM module.

International Journal of Technology & Design Education, 30(4), 657–686. <http://10.0.3.239/s10798-019-09523-7>

- Wells, J. G. (2016). Efficacy of the Technological/Engineering Design Approach: Imposed Cognitive Demands within Design-Based Biotechnology Instruction. *Journal of Technology Education*, 27(2), 4–20. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1100831&site=ehost-live>
- Williams, T., Singer, J., Krikorian, J., Rakes, C., & Ross, J. (2019). Measuring Pedagogy and the Integration of Engineering Design in STEM Classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 28(3), 179–194. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9756-y>
- WINARNO, N. (2020). The Steps of the Engineering Design Process (EDP) in Science Education: A Meta-Analysis. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8(4), 1345–1360. <https://doi.org/10.17478/jegys.766201>
- Yu, K. C., Wu, P. H., & Fan, S. C. (2020). Structural Relationships among High School Students' Scientific Knowledge, Critical Thinking, Engineering Design Process, and Design Product. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(6), 1001–1022. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-10007-2>
- Zeid, I., Chin, J., Duggan, C., & Kamarthi, S. (2014). Engineering based learning: A paradigm shift for high school STEM teaching. *International Journal of Engineering Education*, 30(4), 876–887.

Bilag 7: Fag, indsatser og projekter om engineering, design- og teknologiundervisning i Norge og Sverige

Dette bilag kortlægger på hvilken måde engineering, design- og teknologiundervisning indgår i fag, indsatser og projekter i det svenske gymnasium og den norske videregående skole (gymnasie).

Følgende spørgsmål har guidet kortlægningen:

1. Findes der i det svenske gymnasium og den norske videregående skole, fag og studieretninger som integrerer teknologi, design, innovation, entreprenørskab og engineering?
2. Findes der projekter og indsatser, som implementerer teknologi, design, innovation, entreprenørskab og engineering i det norske videregående skole og svenske gymnasium?
3. Hvad lærer eleverne om teknologi, design, innovation, entreprenørskab og engineering i disse fag, studieretninger, projekter og indsatser?

Informationer er søgt ved dels at tage kontakt til faglige eksperter i Norge og Sverige og dels en googlesøgning på indsatser, projekter og relevante studier. Tabellen nedenfor viser, hvilke faglige eksperter der er kontaktet samt søgetermer til googlesøgning.

Norge	Faglige eksperter: Berit Bungum, professor i teknologiundervisning v. NTNU - Norges Teknisk Naturvidenskabelige Universitet. Hilde Ervik, NTNU, netværksleder for faget 'Teknologi og Forskningslære' i Videregående Skole (det norske gymnasium). Googlesøgetermer: Teknologi, design, engineering, videregående skole
Sverige	Faglige eksperter: Charlotta Nordlöf og Claes Klasander, Center for teknologiundervisning i skolen, Linköping Universitet. Gerd Bergmann og Jan Schoultz, NTA-programmet, Stockholm. NTA er et akronym for 'Natur och Teknik för Alla'. En national indsats for naturfags- og matematikundervisning i den svenske grundskole, som har eksisteret siden 1998. Karin Stolpe og Gunnar Høst, National center for naturfagsundervisning, Linköping Universitet. Jesper Sjøstrøm, docent i naturfag, Malmø Universitet. Googlesøgetermer: Teknologi, design, engineering, gymnasium

B7.1: Norge

I 2014 blev der udgivet en rapport om, hvordan man skulle satse på udvikling af realfagene (de naturvidenskabelige fag) i det norske skolesystem i 2015-18⁴⁷. Heri står der om hovedområdet Teknologi og design:

”Emnet teknologi og design er et flerfaglig emne der naturfag, matematikk og kunst og håndverk samarbeider. Teknologi og design dreier seg om å planlegge, utvikle og framstille produkter til nytte i hverdagen. Samspillet mellom naturvitenskap og teknologi står sentralt i dette hovedområdet. Naturfaglige prinsipper vil være et grunnlag for å forstå teknologisk virksomhet.”

Studieforberedende uddannelsesprogrammer i den norske videregående skole (gymnasiet)

Den norske Videregående skole, som svarer til det danske gymnasium, består af fem studieforberedende uddannelsesprogrammer: 1) Idræt, 2) Kunst, design & arkitektur, 3) Medier & Kommunikation, 4) Musik, dans & drama og 5) Studiespecialisering. Desuden er der en række erhvervsfaglige uddannelsesprogrammer⁴⁸. Ligesom det danske gymnasium er den norske videregående skole et treårigt skoleforløb.

Uddannelsesprogrammet ”Studiespecialisering” underopdeles i to hovedretninger, hvoraf den ene hovedretning kaldes ”realfag” - altså de naturvidenskabelige fag, og den anden hovedretning kaldes ”Sprog, samfundsfag og økonomi”.

I denne redegørelse, er det kun interessant at se på hovedretningen ”realfag”, hvor ét af de fagområder, som norske elever kan vælge er ”Teknologi og Forskningslære”, som indeholder engineering og teknologisk dannelse som arbejdsform. Dette fagområde er altså ikke obligatorisk for alle elever, som vælger hovedretningen ”realfag”, men et tilvalg for dem der fx skal i gang med ingeniørstudiet efterfølgende.

Statistik

Tabellen herunder viser, hvor mange elever indenfor studiespecialiseringen ”realfag”, som er blevet undervist i fagområdet ”Teknologi og forskningslære”⁴⁹

	2018-19		2019-20		2020-21	
	Begge køn	Heraf piger	Begge køn	Heraf piger	Begge køn	Heraf piger
Antal elever i Realfag total på tre gymnasieår (vg1, vg2, vg3)	130.367	66.737	129.702	66.501	131.868	68.109
Teknologi og forskningslære 1	1.536	508	1.709	586	1.776	590
Teknologi og forskningslære 2	503	167	452	147	458	131
Teknologi og forskningslære X	430	195	442	183	258	120

I det følgende afsnit, beskrives indholdet af fagområdet ”Teknologi og Forskningslære” nærmere.

⁴⁷ https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/kd/vedlegg/rapporter/rapport_fra_ekspertgruppa_for_realfagene.pdf

⁴⁸ <https://www.udir.no/laring-og-trivsel/lareplanverket/utdanningsprogram/>

⁴⁹ <https://www.udir.no/tall-og-forskning/statistikk/statistikk-videregaende-skole/fagvalg-i-videregaende-skole/fagvalg-vgs/>

Fagområdet ”Teknologi og Forskningslære”

Fagområdet ”Teknologi og Forskningslære”⁵⁰ begrundes med, at i en tid hvor teknologien griber ind i både privatliv og arbejdsliv, er innovation gennem brug af teknologi og eksperimentelt arbejde centralt. Formålet med fagområdet er derfor at give indsigt i naturvidenskabelige og teknologiske udfordringer og problemstillinger i samfundet, samt at vurdere og diskutere konsekvenserne af teknologier i samfundet.

”Teknologi og Forskningslære” (ToF) består af tre fag:

1. Teknologi og forskningslære X (ToF X): 84 timer
2. Teknologi og forskningslære 1 (ToF 1): 140 timer
3. Teknologi og forskningslære 2 (ToF 2): 140 timer

ToF 1 og 2 kan læses uafhængigt af hinanden. Disse to fag giver fuld fordybelse i fagområdet. ToF X er specielt beregnet til elever, som på videregående skole niveau 2 (Vg2) vælger matematik-specialisering.

I figuren nedenfor findes en oversigt over hovedområderne i de forskellige fag.

Programfag	Hovedområder			
Teknologi og forskningslære X	Den unge ingeniøren	Den unge forskeren	Teknologi, naturvidenskab og samfund	
Teknologi og forskningslære 1	Design og produktudvikling	Den unge ingeniøren	Den unge forskeren	Teknologi, naturvidenskab og samfund
Teknologi og forskningslære 2	Naturvidenskabelige arbejdsmetoder	Forskning, teknologi og samfund	Den unge forskeren	Vitenskabsfilosofi og vitenskapsteori

Herunder er kort beskrevet de hovedområder i ToF 1, ToF 2 og ToF X, som relaterer mest til engineering:

- “Den unge ingeniør” handler om teknologi i en kreativ og praktisk sammenhæng. Desuden indgår planlægning, konstruktion og afprøvning af teknologiske produkter, materialer, konstruktionsmetoder, brug af sensorer og styresystemer og vurdering af produkters funktionalitet.
- “Den unge forsker” handler om naturvidenskabelige undersøgelser i aktuelle emner som fx sundhed og miljø, og hvordan disse planlægges og udføres.
- “Teknologi, naturvidenskab og samfund” handler om teknologi og naturvidenskab i et samfundsperspektiv. Den historiske udvikling og vurdering af miljømæssige, kulturelle og etiske udfordringer knyttet til teknologiske landvindinger er central.
- “Design og produktudvikling” handler om udvikling af elektroniske produkter.

Hovedområderne “Naturvidenskabelig arbejdsmetoder”, “Forskning, teknologi og samfund” og “Vitenskabsfilosofi og -teori” relaterer mere til metaaspekter af teknologi og naturvidenskab.

⁵⁰ <https://www.udir.no/kl06/TNF1-01>

Studie om ToF-Lærerne

En undersøgelse udført af Berit Bungum fra Norges Tekniske Naturvidenskabelige Universitet fra 2009, kortlagde de lærerprofiler, som dækker fagområdet Teknologi og Forskningslære i den videregående skole, samt hvordan de former faget (Bungum, 2009).

Undersøgelsen omfatter 45 lærere, og består af både en spørgeskemaundersøgelse og interview med arketyper. 49% af lærerne har en fysikerbaggrund, herefter følger kemi (31%) og biologi (22%). Endvidere har 40% en baggrund som ingeniør.

Selvom lærerne som gruppe har en god faglig baggrund, så oplever mange fagområdet som udfordrende, fordi det har en stor faglig spændvidde. Der tegner sig to hovedprofiler i forhold til, hvad lærerne mener, de fagligt har mest styr på: "Teknologen" (14 lærere) og "Forskeren" (18 lærere). De resterende 15 lærere er sværere at kategorisere, men for de fleste er teknologi det mest udfordrende at undervise i.

Med hensyn til at planlægge undervisningens indhold konkluderer Bungum, at lærerne har den relevante faglige kompetence, samtidig med at de føler sig kompetente til at undervise i fagområdet. Lærerne sætter pris på den frihed, som fagområdet giver dem til at bruge deres kompetencer på kreative måder, fordi der ikke findes en lærebog til faget. Der er heller ikke noget stor ønske om at få en lærebog, som de mener kan blive styrende for indholdet. Det er vigtigere at skabe mødesteder, hvor lærerne kan udveksle ideer om god undervisningspraksis.

Efter- og videreuddannelsesprogram for ToF-lærerne

Ifølge Hilde Ervik, NTNU, som er netværksleder for ToF-faget i den norske videregående skole, har der siden 2007 været et efter- og videreuddannelsesprogram for ToF-lærere.

Programmet indeholder forskellige initiativer:

- En hæfteserie udgivet af Skolelaboratoriet på NTNU, som ToF-lærere kan bruge som undervisningsressource⁵¹.
- Videreuddannelseskurser for ToF-lærere som udbydes af Skolelaboratoriet på NTNU⁵².
- Der afholdes et årligt netværksmøde, hvor ToF-lærere fra hele landet mødes. Her bruger lærerne tid på erfaringsudveksling og faglige oplæg⁵³.

Projekter forankret på norske naturfaglige videnscentre

De norske videnscentre indenfor naturfag⁵⁴ - som er regionalt fordelt - har to nationale projekter "Kodekraft" og "Super:bit", som tilbyder designorienterede og digitale undervisningsaktiviteter til bl.a. ungdomsskolen og videregående skole. Kodekraft omhandler, at eleverne lærer digitalt kodning og Super:bit svarer til Ultra:bit-projektet i dansk skolekontekst. Her lærer eleverne at arbejde med forskellige former for robotter og Micro:bits - en slags elektronisk platform med hukommelse og CPU, som designes/programmeres til at løse

⁵¹ <https://www.ntnu.no/skolelab/bla-hefteserie>

⁵² <https://www.ntnu.no/videre/teknologi-forskningslare>

⁵³ <https://www.ntnu.no/videre/teknologi-forskningslare>

⁵⁴ <https://www.vitensenter.no/skoleleveranse/>

bestemte udfordringer.

Flere af videntrenerne udbyder aktiviteter, hvor klasser kan lave naturfaglige undersøgelser på naturvidenskabelige problemstillinger. Teknologiske og designmæssige perspektiver fylder mindre i disse aktiviteter, ligesom de fortrinsvist retter sig mod grundskolen.

B7.2: Sverige

Det svenske gymnasium består af 12 undervisningsprogrammer, som retter sig mod erhvervslivet, og seks forberedelsesprogrammer til videregående uddannelser⁵⁵.

I denne redegørelse fokuseres på de to forberedelsesprogrammer, som primært kvalificerer gymnasieeleverne til videregående studier indenfor naturvidenskab og teknologi, nemlig "Naturvidenskabsprogrammet" og "Teknologiprogrammet".

Et program består af forskellige kurser, hvor et kursus på 100 point svarer til fire ugers fuldtidsundervisning. En række fag er obligatoriske for alle programmer, herunder svensk, matematik, idræt, historie, etc. Desuden kan de svenske gymnasieelever vælge mellem forskellige kurser, som kvalificerer dem mere specifikt. Fx er entreprenørskab et kursus, som udbydes som generelt valgfag i alle seks videregående forberedelsesprogrammer.

Statistik

Tabellerne herunder viser, hvor mange elever der bliver studenter efter tredje gymnasieår⁵⁶. Data for de tre sidst tilgængelige år er medtaget:

Skoleår	Naturvidenskabs-programmet	Heraf procentdel kvindelige elever	Procentdel af total antal elever på seks studieforberedende programmer
2017-18	13.478	54%	22%
2018-19	13.971	54%	22%
2019-20	13.763	55%	21%

Skoleår	Teknologi-programmet	Heraf procentdel kvindelige elever	Procentdel af total antal elever på seks studieforberedende programmer
2017-18	8.447	17%	14%
2018-19	9.330	17%	15%
2019-20	9.504	18%	14%

Der findes ikke offentlig statistik for, hvor mange elever der har valgt specifikke kurser, som indeholder elementer af teknologi, design og engineering.

⁵⁵ <https://www.skolverket.se/undervisning/gymnasieskolan/laroplan-program-och-amnen-i-gymnasieskolan/gymnasieprogrammen>

⁵⁶ <https://www.skolverket.se/skolutveckling/statistik/sok-statistik-om-forskola-skola-och-vuxenutbildning?sok=SokB&hmtyp=03&omr=Elever&vform=21&ar=2017&run=1>

I de følgende to afsnit beskrives de specifikke kurser i ”det naturvidenskabelige program” og ”det teknologiske program”, som indeholder elementer af teknologi, design og engineering.

Naturvidenskabsprogram

Naturvidenskabsprogrammet i det svenske gymnasium kan indholdsmæssigt bedst sammenlignes med de naturvidenskabelige studieretninger på stx i det danske gymnasium.

I naturvidenskabsprogrammet⁵⁷ findes der tre kurser, som indeholder elementer af teknologi, design og engineering: Entreprenørskab; Entreprenørskab og virksomheder; og Programmering. Alle disse kurser er på 100 point.

- Entreprenørskabskurset omhandler: Ideudviklingsprocesser, projektarbejdsformen, mødeteknik, samarbejde, markedsføring og finansiering.
- Virksomhedskurset omhandler: Love omkring erhvervsvirksomheder, produktudvikling, markedsføring, organisationsudvikling og -ledelse.
- Programmeringskurset er opdelt i tre niveauer, som overordnet set omhandler: Grundlæggende programmering i objekt- og tekstbaserede programmeringssprog, strukturerede og problemløsende arbejdsprocesser, brugerflade mellem menneske og program samt programmering i et socio-økonomisk-kulturelt-køns perspektiv.

Tabellen herunder viser, hvor mange studenter fra årgang 2020, som gennemførte de forskellige kurser i naturvidenskabsprogrammet:

Kursus	Antal deltagende elever på studenterårgang 2020 på landsplan
Entreprenørskab	1375
Virksomhedskursus	441
Programmering 1	1287

Teknologiprogram med et fjerde studieår som ”gymnasieingeniør”

Teknologiprogrammet i det svenske gymnasium kan indholdsmæssigt bedst sammenlignes med htx i Danmark.

I Teknologiprogrammet⁵⁸ findes - foruden entreprenørskabskurset, Programmering 1 og Programmering - tre teknikkurser, som bygger på hinanden: Teknik 1 (150 p); Teknik 2 (100 p); og Specialisering (100 p). Entreprenørskabskurset er det samme som under naturvidenskabsprogrammet.

- I Teknik 1, skal eleverne fx arbejde med teknikudviklingsprocessens dele fra ide/produkt til anvendelse og tilpasning samt entreprenørskab, materialers tekniske egenskaber. Herudover metaaspekter, som knytter sig til teknikens historie, udvikling og betydning for samfundet samt grundlæggende

⁵⁷ <https://www.skolverket.se/undervisning/gymnasieskolan/laroplan-program-och-amnen-i-gymnasieskolan/gymnasieprogrammen/program?url=1530314731%2Fsyllabuscw%2Fjsp%2Fprogram.htm%3FprogramCode%3DNA001%26tos%3Dgy&sv.url=12.5dfee44715d35a5cdfa9295>

⁵⁸ <https://www.skolverket.se/undervisning/gymnasieskolan/laroplan-program-och-amnen-i-gymnasieskolan/gymnasieprogrammen/amne?url=1530314731%2Fsyllabuscw%2Fjsp%2Fsubject.htm%3FsubjectCode%3DTEK%26tos%3Dgy&sv.url=12.5dfee44715d35a5cdfa92a3>

teknologifilosofi.

- Teknik 2 er et mere nytteorienteret kursus, som fokuserer på mere grundlæggende principper og teknikker indenfor mekaniske, pneumatiske, hydrauliske og elektriske systemer og energioverførsel. Herunder også anvendelse af matematiske modeller, risikovurdering, måleteknikker og gennemførelse af eksperimentelle undersøgelser.
- Specialiseringskurset omfatter teknikudvikling indenfor mange forskellige områder, entreprenørskab, bæredygtighedsperspektiver, problemanalyse og -løsning, teknisk sprog og kommunikation.

Udover kurserne beskrevet ovenfor, findes der i teknologiprogrammet også en mulighed for et fjerde teknisk studieår som ”gymnasieingeniør”⁵⁹.

Uddannelsen som gymnasieingeniør vil uddybe elevernes viden om teknologiudvikling og forståelse af teknologiens rolle i interaktionen mellem menneske og natur indenfor den valgte profil. Derudover skal uddannelsen præcisere, hvordan udviklingen af produkter og tjenester kan foregå lokalt og globalt på en økologisk, økonomisk og socialt bæredygtig måde. Uddannelsen baserer sig på en etisk og ansvarlig tilgang til teknologi og en kritisk, kreativ og konstruktiv tænkning.

Den skal

- give eleverne mulighed for at udvikle tekniske færdigheder, hvilket betyder at definere og analysere problemer, udvikle løsninger, udvikle, designe og producere produkter og tjenester og reflektere over arbejdsprocessen. Eleverne får også mulighed for at udvikle viden om iværksætteri og om, hvordan arbejde udføres på teknologiintensive arbejdspladser. Arbejdsformer og metoder fra arbejdslivet skal medtages i uddannelsen.
- bidrage til at uddybe elevernes interesse for teknologi ved at give dem mulighed for at tage initiativ og fungere som efterforskere og testere. Baseret på kravene i arbejdslivet skal de også få mulighed for at udvikle viden inden for matematik og naturvidenskab.
- give kendskab til arbejdsmarkedet og de muligheder uddannelsen giver med hensyn til etablering og fortsat udvikling inden for det valgte teknologiområde.

Tabellen herunder viser, hvor mange studenter fra årgang 2020, som gennemførte de forskellige kurser i teknologiprogrammet:

Kursus	Antal deltagende elever på studenterårgang 2020 på landsplan
Entreprenørskab	3160
Teknik 1	8773
Teknik 2	1964
Specialiseringskursus	2107
Programmering 1	5255
Programmering 2	2189
Gymnasieingeniør	403

⁵⁹ <https://www.skolverket.se/undervisning/gymnasieskolan/laroplan-program-och-amnen-i-gymnasieskolan/gymnasieprogrammen/program/gymnasieingenior---vidareutbildning-i-form-av-ett-fjarde-tekniskt-ar>

B7.3: Referencer

Bungum, B. (2009). Teknologi og forskningslære i videregående skole: Hvem er lærerne og hvordan former de faget? *Acta Didactica Norge*, 3(1), 1–14. <https://doi.org/10.5617/adno.1033>

Bilag 8: Datagrundlag vedrørende efter- og videreuddannelsesaktiviteter

Formålet med dette bilag er at kortlægge åbninger for implementering af engineering i de eksisterende efteruddannelsesaktiviteter indenfor de naturvidenskabelige fag i stx.

Kortlægningen af eksisterende efter- og videreuddannelsesaktiviteter for gymnasielærere baserer sig på tre indsatser:

1. Survey blandt naturvidenskabelige koordinators på landets gymnasier
2. Desk-undersøgelse af udvalgte udbydere af evu-aktiviteter
3. Interview med tre nøgleaktører vedrørende deres rolle i efteruddannelsesudbud til naturvidenskabelige stx-lærere.

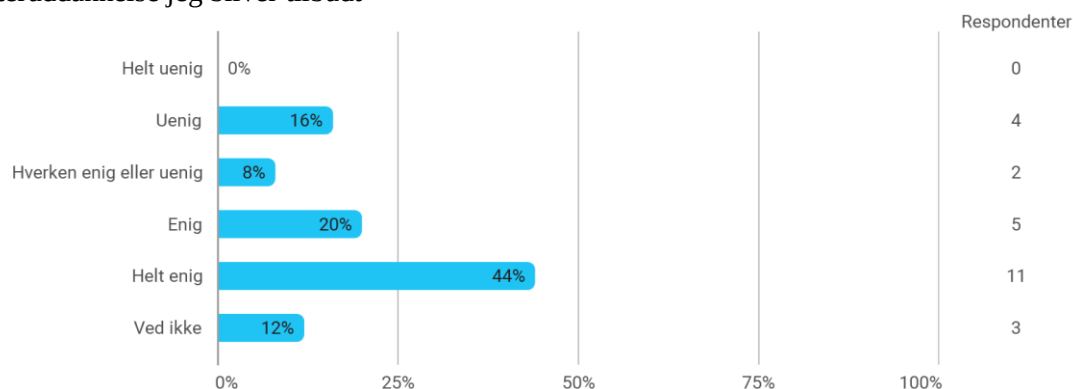
B8.1: Survey vedrørende efteruddannelsesbehovet for Engineering-inspireret undervisning i stx

Surveyen er udviklet med afsæt i en undersøgelse gennemført af Gymnasielærernes Landsforening (2019) og en undersøgelse gennemført af Rambøll og KP (2019) blandt grundskolelærere. Derudover er der hentet inspiration fra survey-undersøgelser af de folkeskolelærere der deltog i regi af grundskoleprojektet 'Engineering i skolen'.

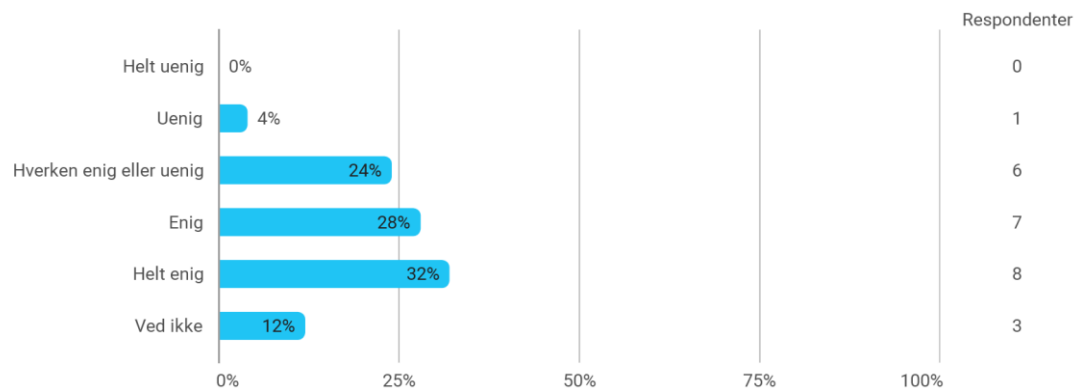
Surveyen er udsendt via mail til 123 naturfagskoordinatorer, der er indkommet svar fra 32 heraf 24 komplette. Mailadresserne er hentet fra ASTRAs netværk for naturfagskoordinatorer (ASTRA, 2021), det har vist sig at anslået $\frac{1}{3}$ af disse er fra htx-uddannelser. Det betyder, at surveyen er udsendt til omtrent 100 stx-naturfagskoordinatorer, den er udsendt to gange for at øge antallet af svar. Samlet set betyder dette at svar-procenten er på omkring 30, hvilket er acceptabelt men ikke godt. Survey har fokus på stx-læreres erfaringer, forventninger og behov for efteruddannelse. Den indeholder både åbne svarmuligheder og Likert-skala svarmuligheder.

SVAR fra surveyen

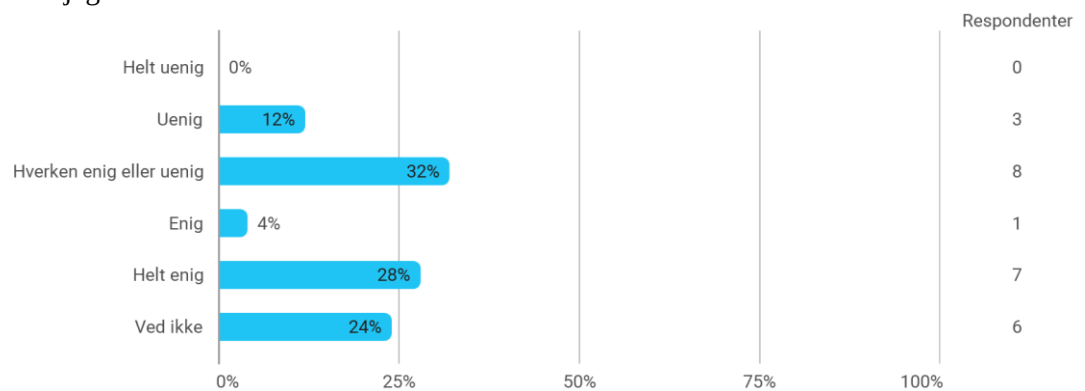
Hvordan oplever du generelt tilrettelæggelsen af tilbud om efteruddannelse? - Jeg har indflydelse på indholdet i den efteruddannelse jeg bliver tilbudt



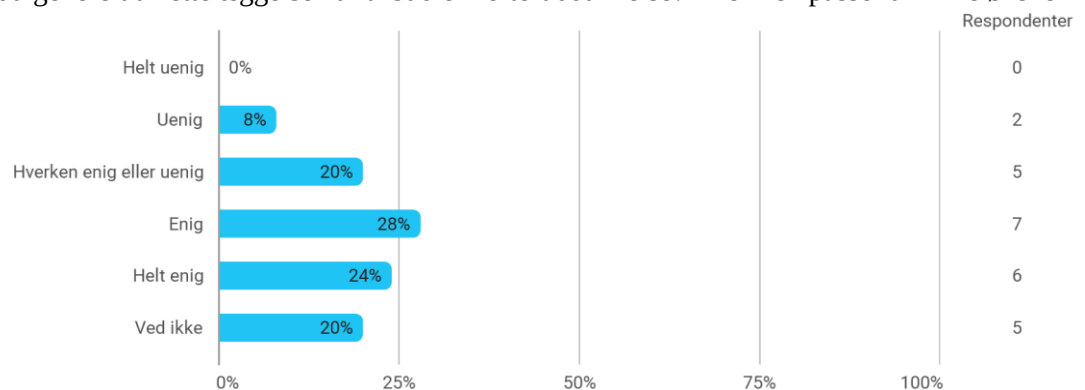
Hvordan oplever du generelt tilrettelæggelsen af tilbud om efteruddannelse? - Indholdet passer til mine behov



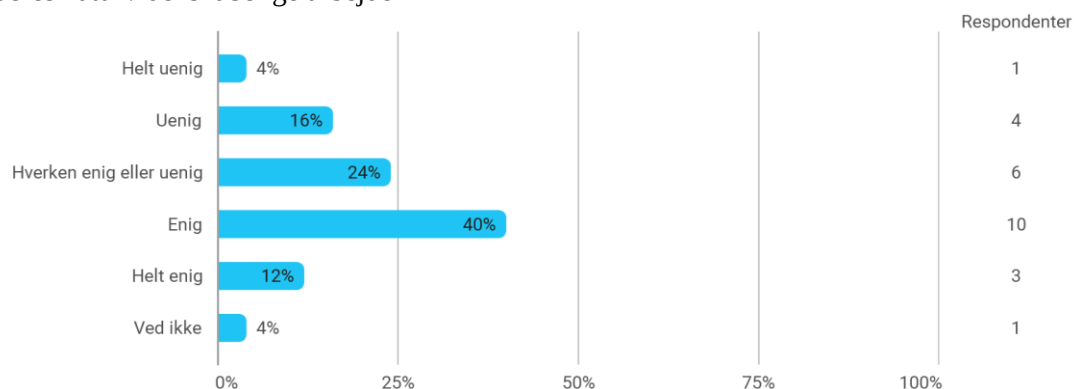
Hvordan oplever du generelt tilrettelæggelsen af tilbud om efteruddannelse? - Jeg har indflydelse på formen af den efteruddannelse jeg bliver tilbudt



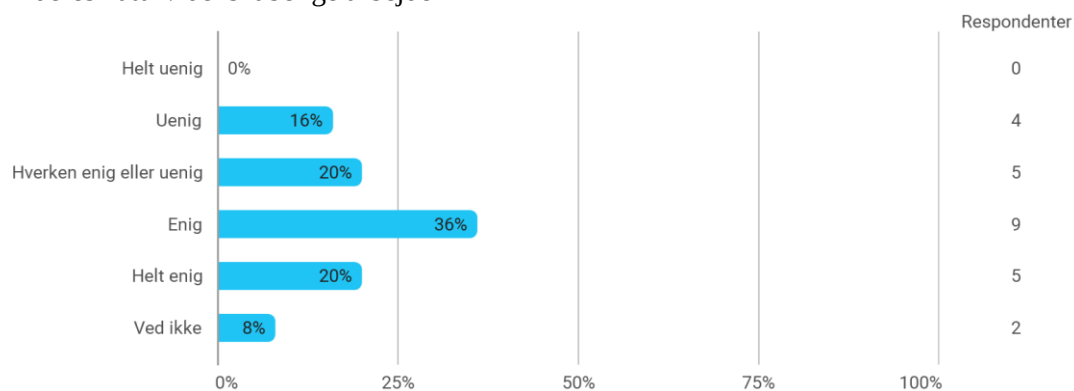
Hvordan oplever du generelt tilrettelæggelsen af tilbud om efteruddannelse? - Formen passer til mine ønsker



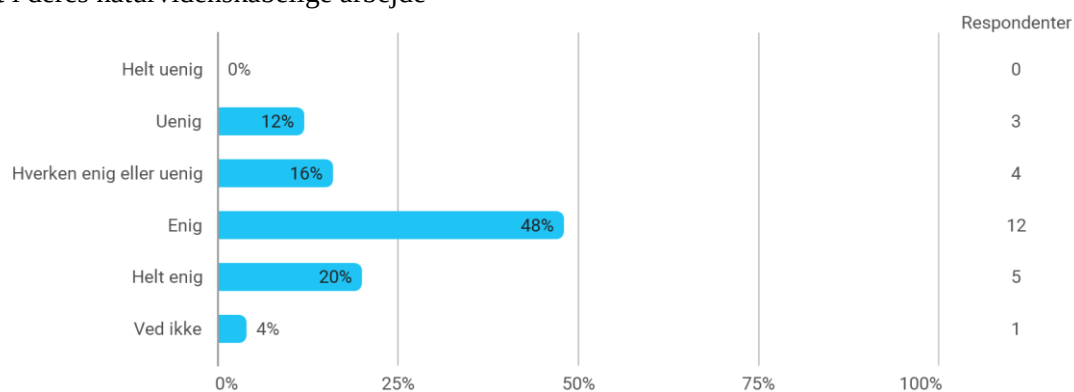
Mener du, at der mangler efteruddannelse inden for følgende aspekter af naturvidenskabelig undervisning? - Elevmotivation i deres naturvidenskabelige arbejde



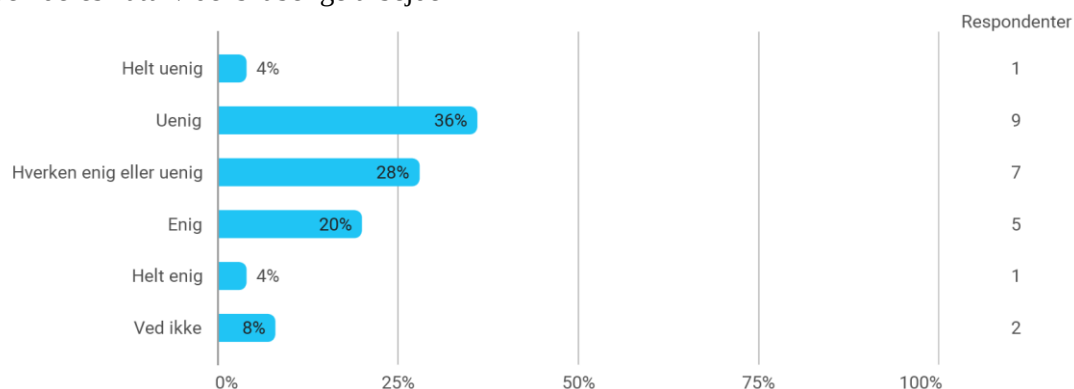
Mener du, at der mangler efteruddannelse inden for følgende aspekter af naturvidenskabelig undervisning? - Elevers innovation i deres naturvidenskabelige arbejde



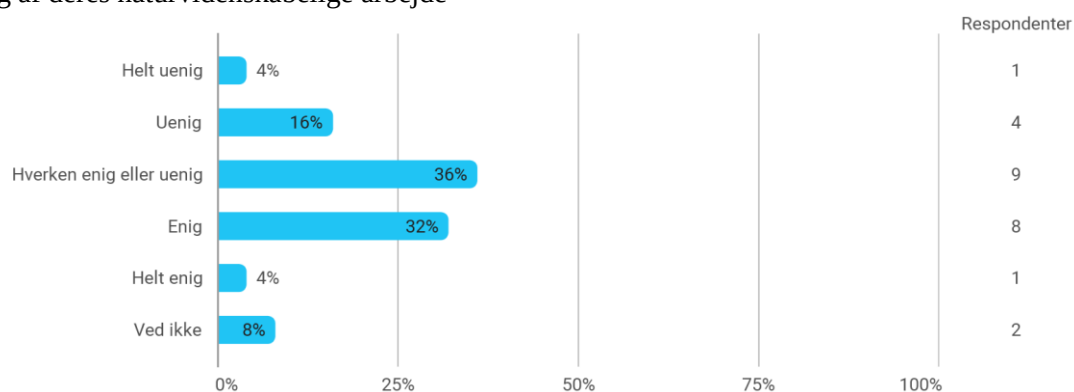
Mener du, at der mangler efteruddannelse inden for følgende aspekter af naturvidenskabelig undervisning? - Elevers kreativitet i deres naturvidenskabelige arbejde



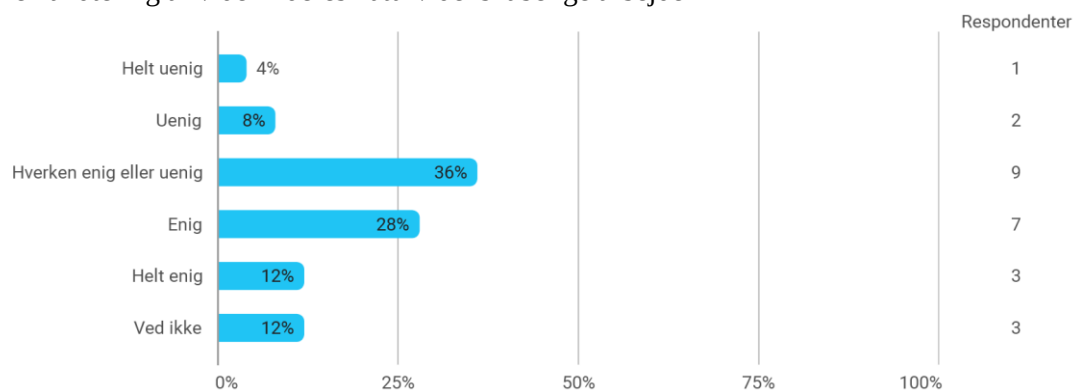
Mener du, at der mangler efteruddannelse inden for følgende aspekter af naturvidenskabelig undervisning? - Elevers samarbejde i deres naturvidenskabelige arbejde



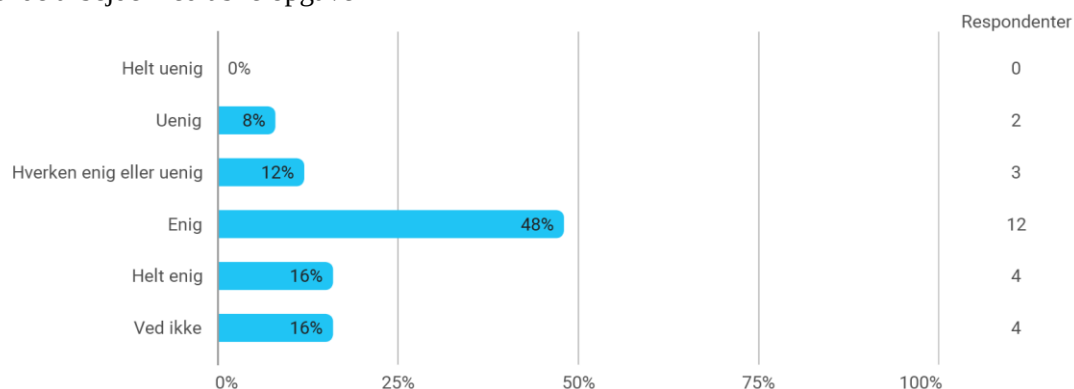
Mener du, at der mangler efteruddannelse inden for følgende aspekter af naturvidenskabelig undervisning? - Elevers formidling af deres naturvidenskabelige arbejde



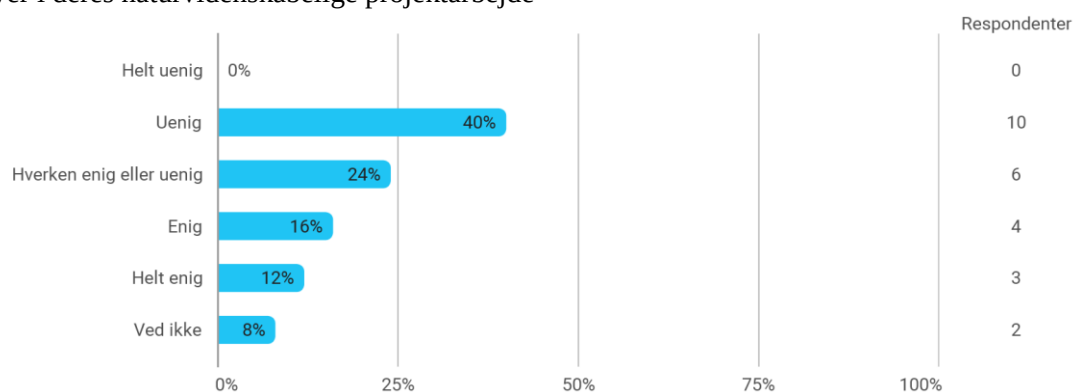
Mener du, at der mangler efteruddannelse inden for følgende aspekter af naturvidenskabelig undervisning? - Elevers funktionelle håndtering af viden i deres naturvidenskabelige arbejde



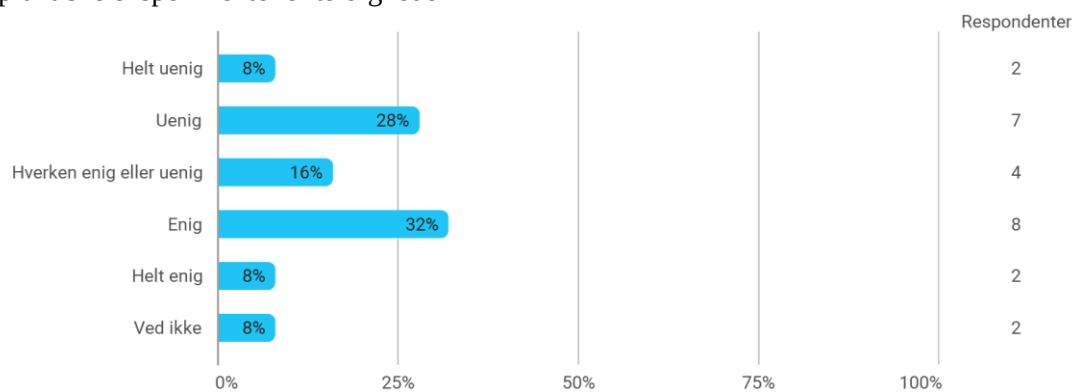
Mener du, at der mangler efteruddannelse inden for følgende aspekter af naturvidenskabelig undervisning? -
Elevers undersøgende arbejde med åbne opgaver



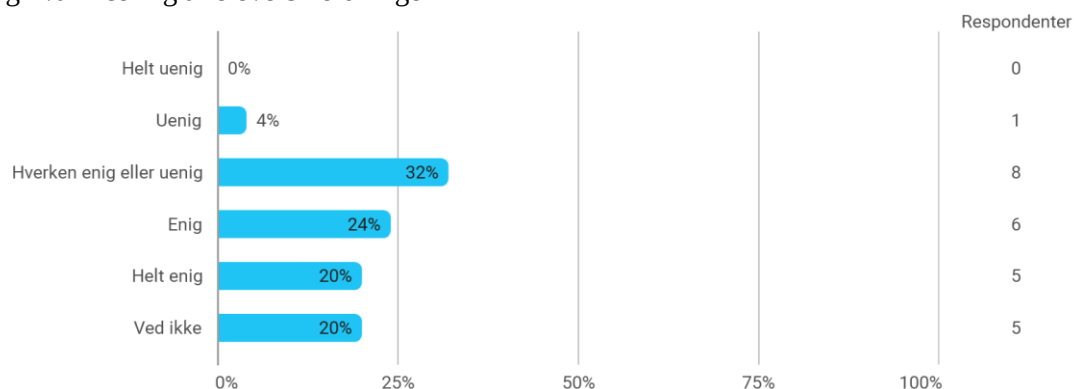
Mener du, at der mangler efteruddannelse inden for følgende aspekter af naturvidenskabelig undervisning? -
Vejledning af elever i deres naturvidenskabelige projektarbejde



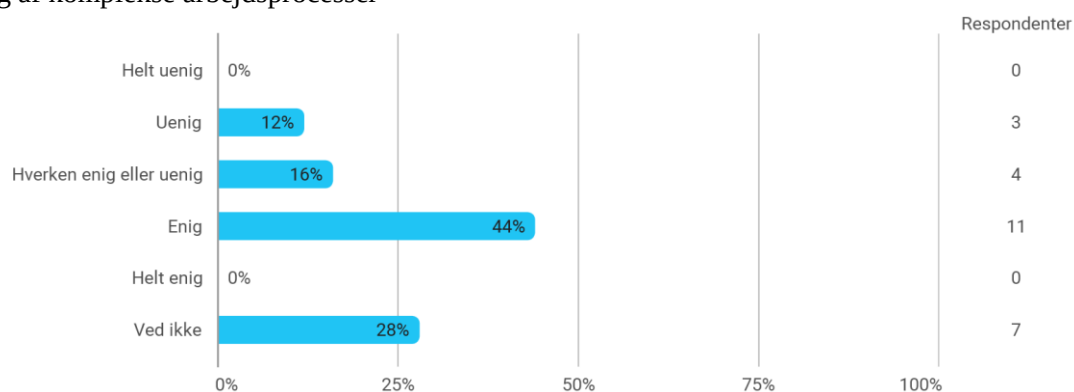
Mener du, at der mangler efteruddannelse inden for følgende aspekter af naturvidenskabelig undervisning? -
Elevers læring af praktiske eksperimentelle færdigheder



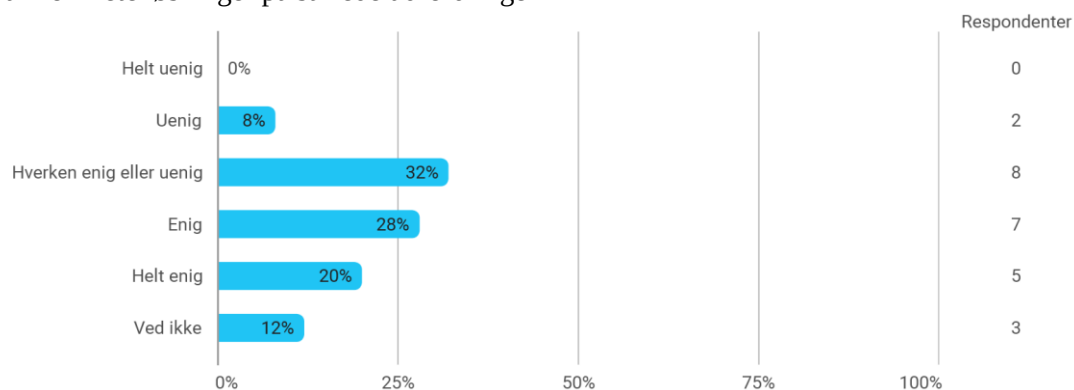
Mener du, at der mangler efteruddannelse inden for følgende aspekter af naturvidenskabelig undervisning? -
Naturvidenskabelig kvalificering af elevers holdninger



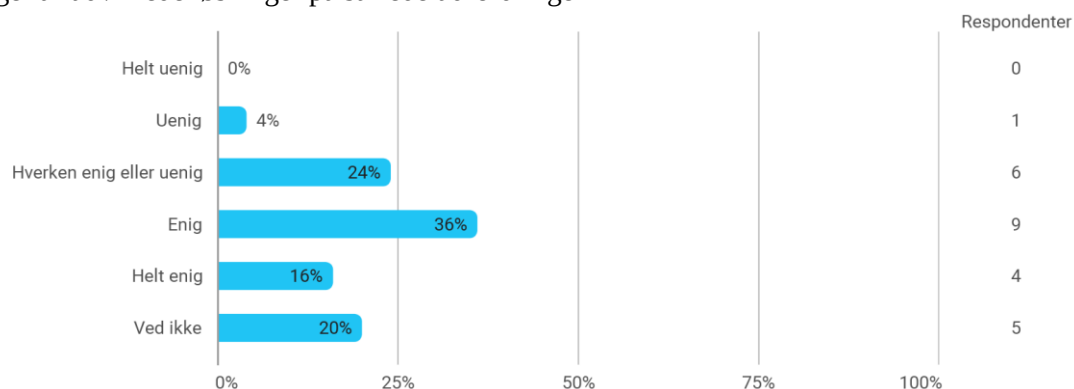
Mener du, at der mangler efteruddannelse inden for følgende aspekter af naturvidenskabelig undervisning? -
Elevers håndtering af komplekse arbejdsprocesser



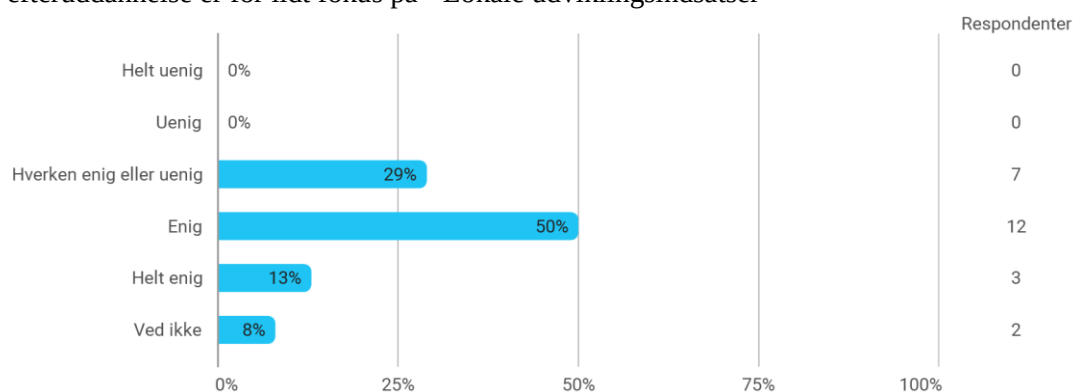
Mener du, at der mangler efteruddannelse inden for følgende aspekter af naturvidenskabelig undervisning? -
Elevers udvikling af konkrete løsninger på stillede udfordringer



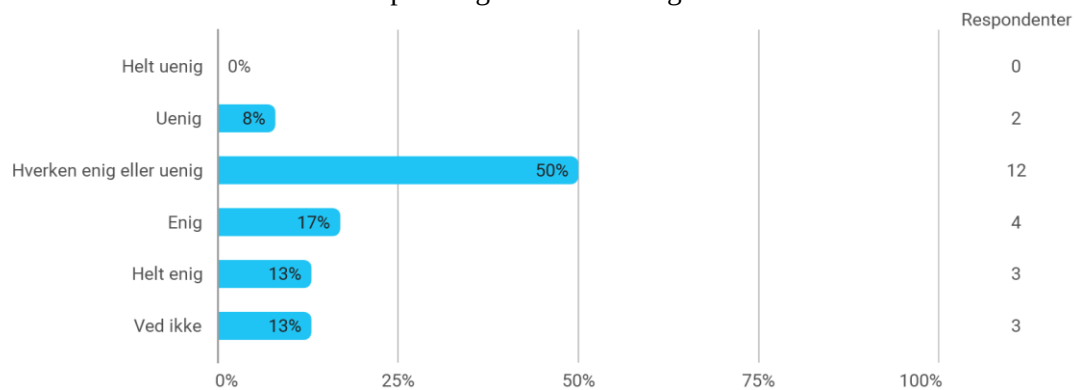
Mener du, at der mangler efteruddannelse inden for følgende aspekter af naturvidenskabelig undervisning? - Elevers forbedringer af udviklede løsninger på stillede udfordringer



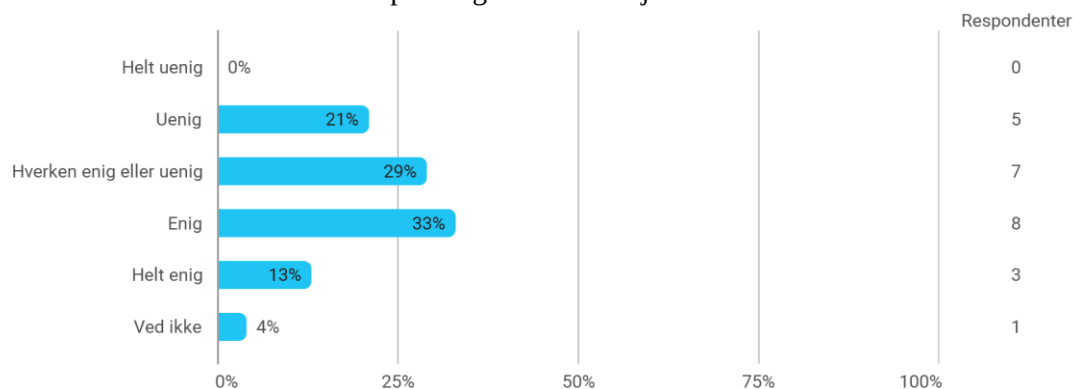
Mener du, at der i efteruddannelse er for lidt fokus på - Lokale udviklingsindsatser



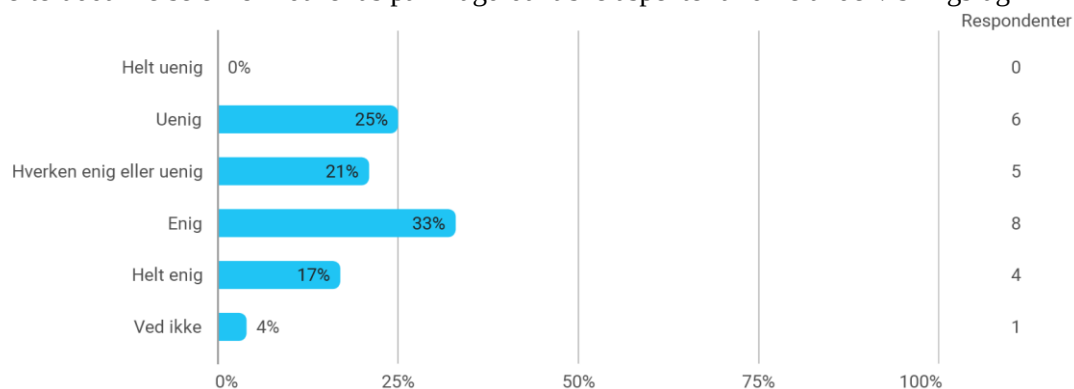
Mener du, at der i efteruddannelse er for lidt fokus på - Regionale udviklingsindsatser



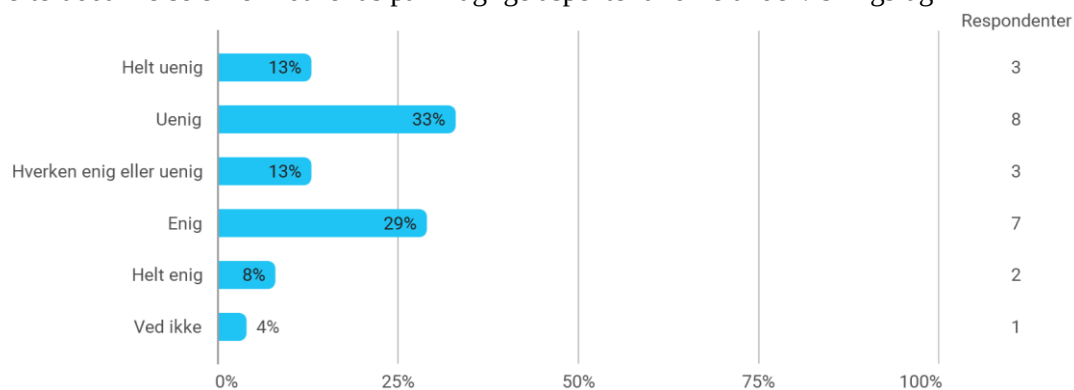
Mener du, at der i efteruddannelse er for lidt fokus på - Fagteamsamarbejde



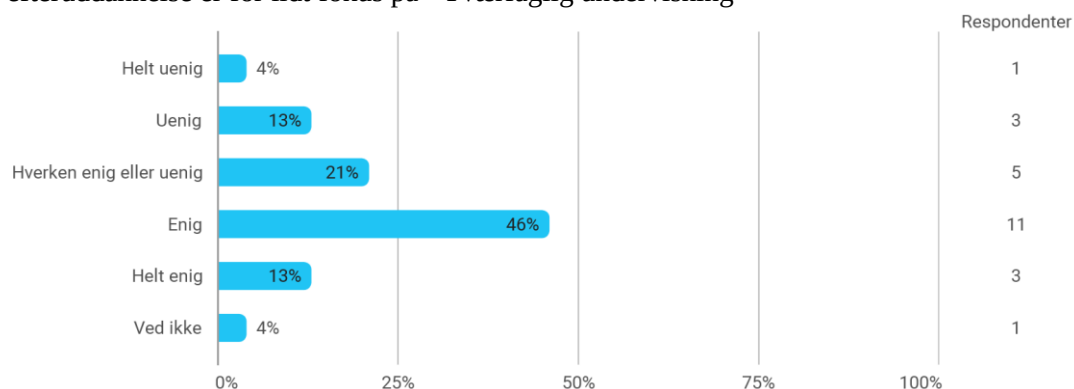
Mener du, at der i efteruddannelse er for lidt fokus på - Fagdidaktiske aspekter af dine undervisningsfag



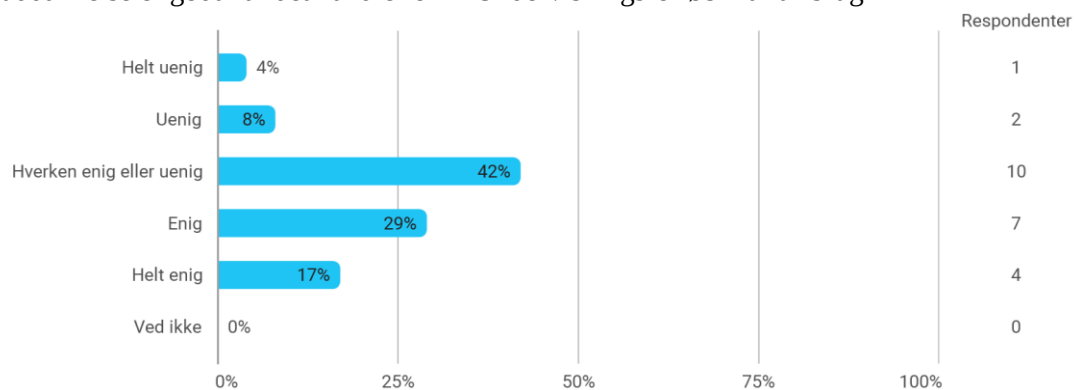
Mener du, at der i efteruddannelse er for lidt fokus på - Faglige aspekter af dine undervisningsfag



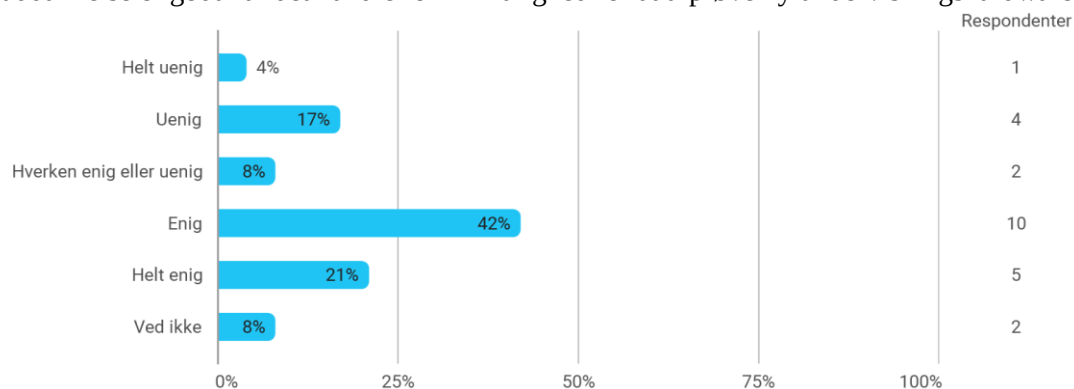
Mener du, at der i efteruddannelse er for lidt fokus på - Tværfaglig undervisning



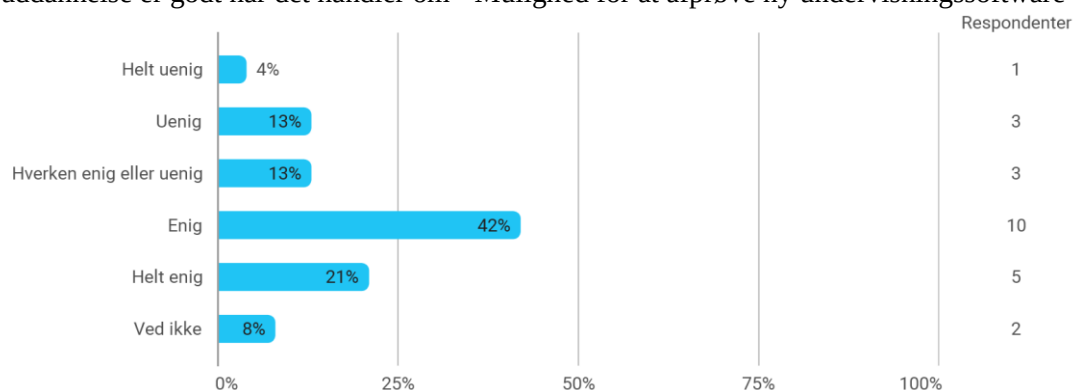
Mener du, at efteruddannelse er godt når det handler om - Undervisningsforløb klar til brug



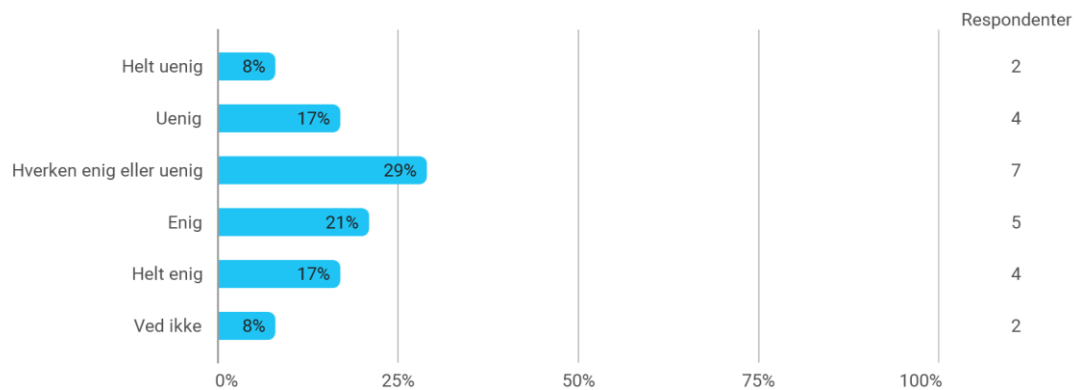
Mener du, at efteruddannelse er godt når det handler om - Mulighed for at afprøve ny undervisningshardware



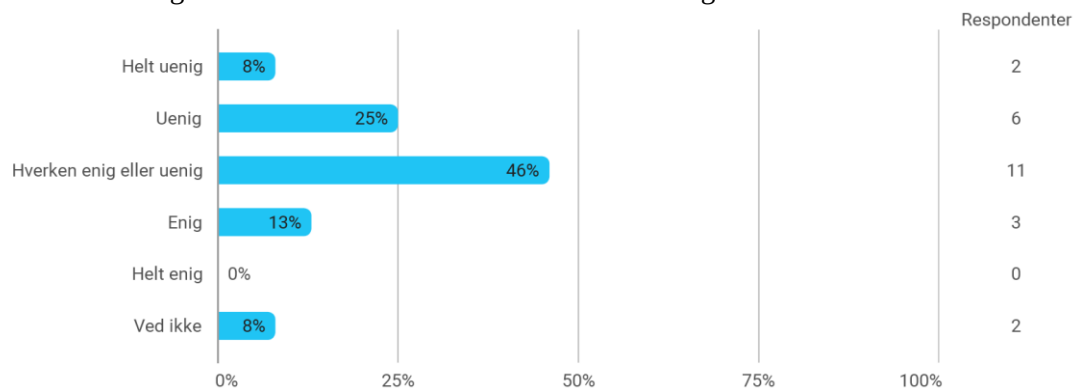
Mener du, at efteruddannelse er godt når det handler om - Mulighed for at afprøve ny undervisningssoftware



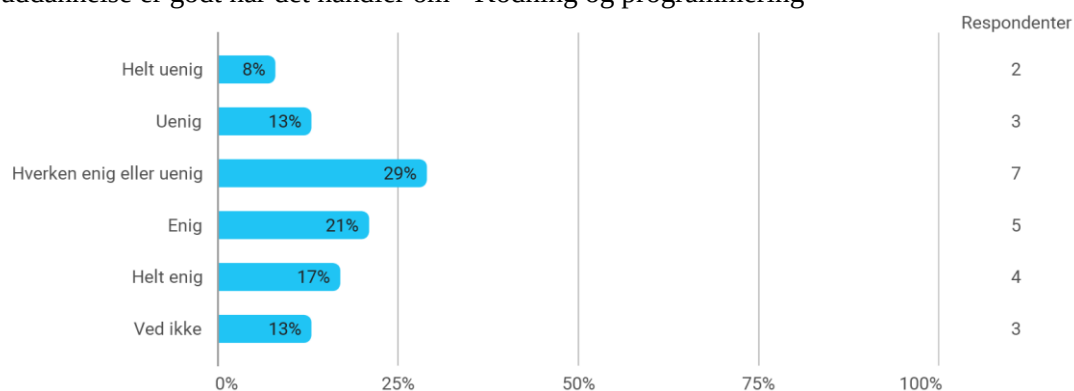
Mener du, at efteruddannelse er godt når det handler om - Mulighed for at låne klassesæt af undervisningshardware



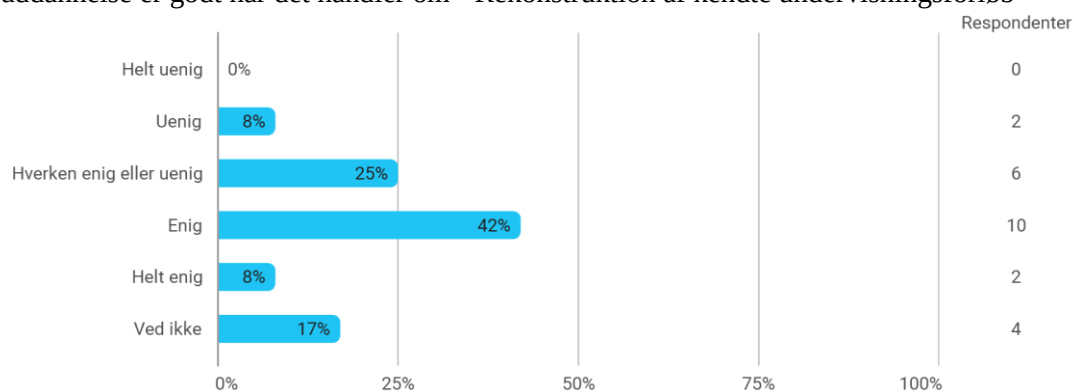
Mener du, at efteruddannelse er godt når det handler om - Online undervisning



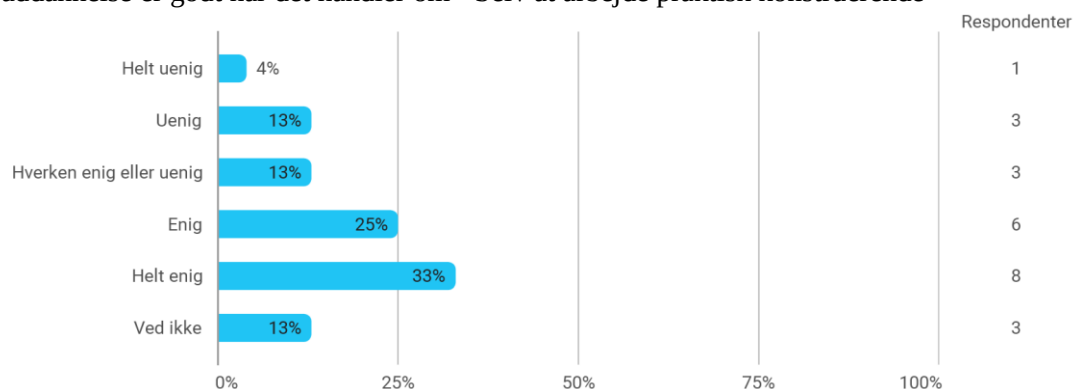
Mener du, at efteruddannelse er godt når det handler om - Kodning og programmering



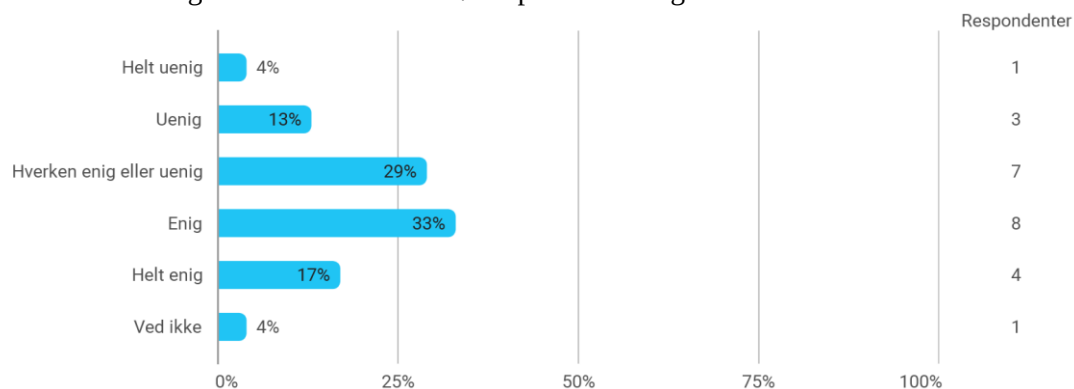
Mener du, at efteruddannelse er godt når det handler om - Rekonstruktion af kendte undervisningsforløb



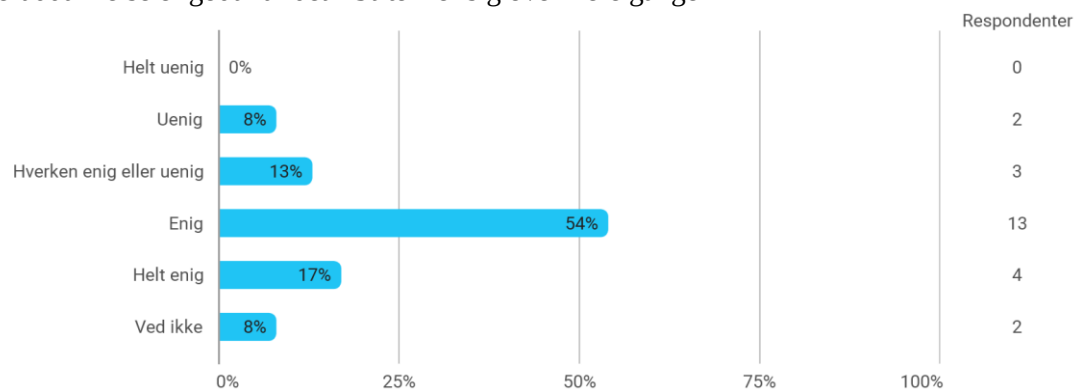
Mener du, at efteruddannelse er godt når det handler om - Selv at arbejde praktisk konstruerende



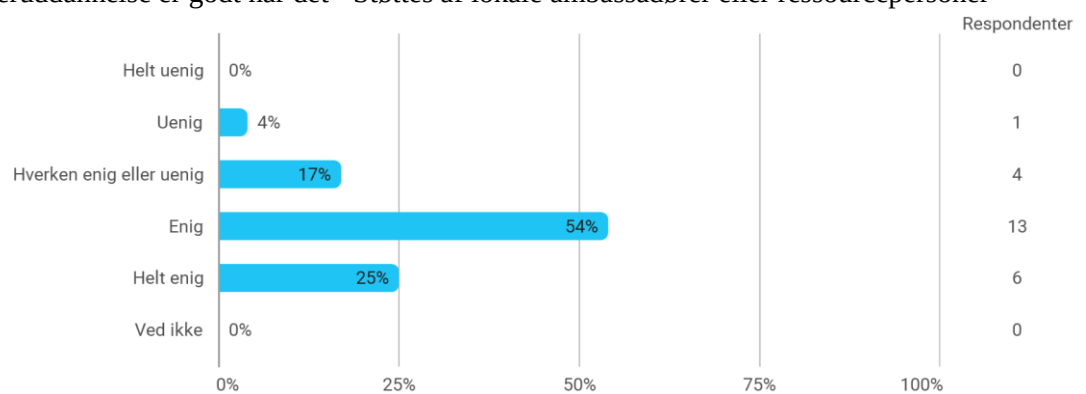
Oplever du, at efteruddannelse er godt når det - Gennemføres på samme dag



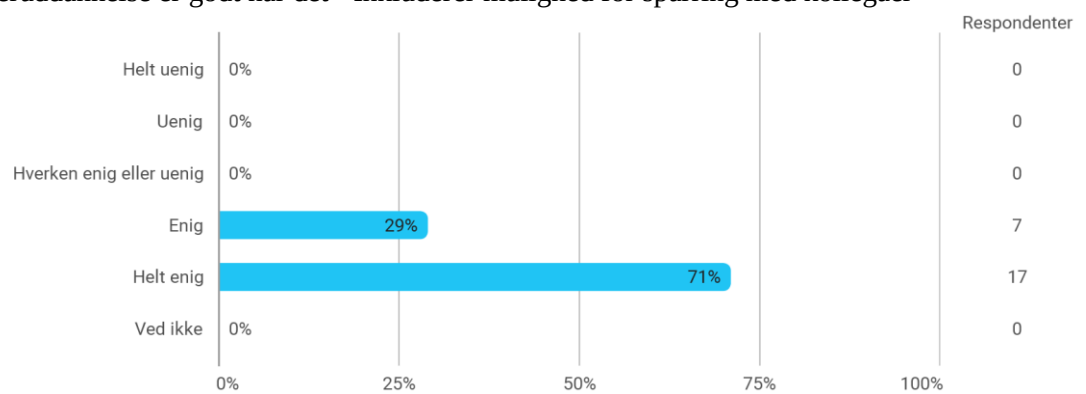
Oplever du, at efteruddannelse er godt når det - Strækker sig over flere gange



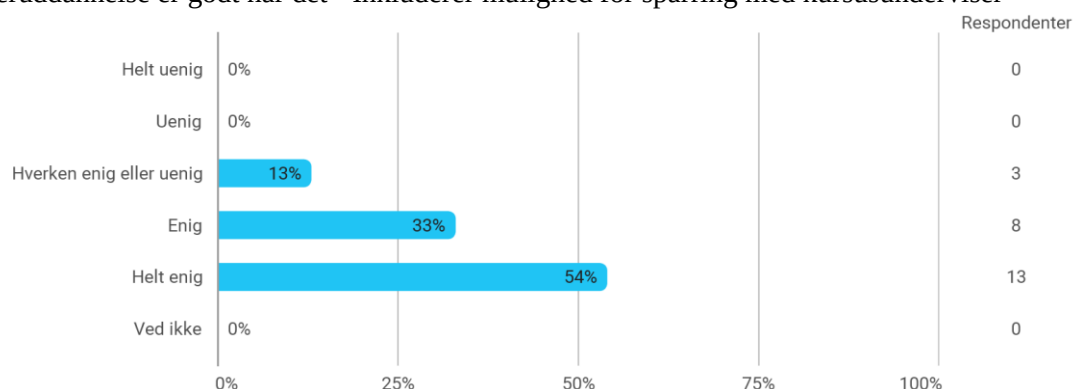
Oplever du, at efteruddannelse er godt når det - Støttes af lokale ambassadører eller ressourcepersoner



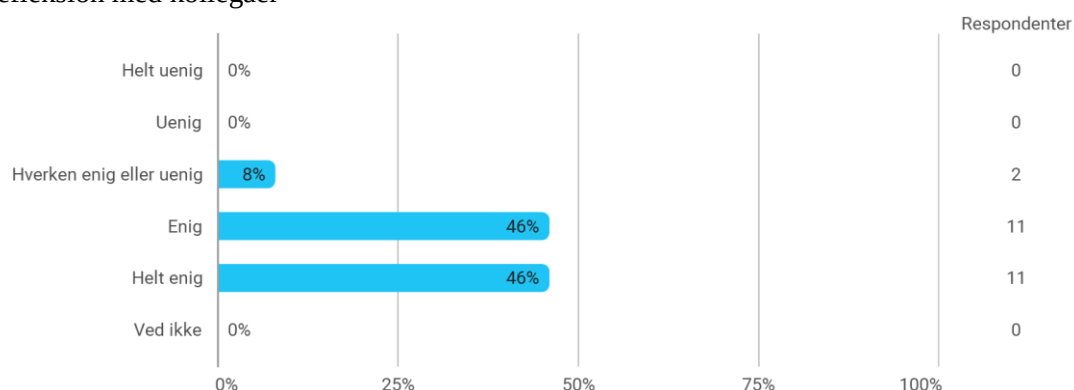
Oplever du, at efteruddannelse er godt når det - Inkluderer mulighed for sparring med kollegaer



Oplever du, at efteruddannelse er godt når det - Inkluderer mulighed for sparring med kursusunderviser



Oplever du, at efteruddannelse er godt når det - Inkluderer en vekselvirkning mellem prøvehandling i egen undervisning og refleksion med kollegaer



Naturfagskoordinatorerne kunne også i surveyen gennem åbne svarkategorier pege på mangler i den aktuelle efteruddannelse samt komme med gode råd der ville gøre at efteruddannelsen ville virke for dem. I listeform peger de på:

- At koordinere efteruddannelse i samarbejde med underviserne.
- Tid, både afsat fra ledelsen og i form af længerevarende forløb af tilbagevendende karakter.
- Kobling af didaktisk forskning og praksis.
- Observation af effekter af undervisningsinterventioner.
- At efteruddannelsen udmønter sig i konkrete forløb eller ideer som man kan tage med hjem og gå igang med, gerne med brug af teknologi.
- Noget om forskellige eksperimenter med nogle hjemmeforsøg.
- At arbejde fokuseret med narrativet og at finde på relevante udfordringer, så undervisningen får et realistisk og autentisk fokus, som skaber ejerskab hos eleverne.
- "At nå de faglige mål via kernestoffet" og så afsætte tid til engineering-didaktikkens udfoldelse.
- At få udviklet materiale, der har fokus på elevernes læring.
- Sørg for at tage udgangspunkt i hvad eleverne kan og hvad der kan hjælpe deres læring og stir jer ikke blinde på alle de nye spændende teknologier - brug dem kun hvis de understøtter læring.

B8.2: Tabel med resultater fra deskresearch vedrørende udbydere

I de åbne svar i surveyen har respondenterne angivet hvilke udbydere, som respondenterne havde deltaget i efteruddannelse hos. 24 respondenter har beskrevet både seneste og forrige efteruddannelse, hvorfor der er 48 besvarelser vedrørende dette. Der er i alt 17 udbydere nævnt. Deskresearchen tog udgangspunkt i disse 17 udbydere.

Udbyder	Hjemmeside og interviewperson	Typiske kursustyper jvf udbydernes hjemmesider	Optælling af respondenternes angivne deltagelse og omfanget af kurser Endvidere er kurserne kort beskrevet med hensyn skolebaseret og interaktionstid jvf Krogh 2016-4 & Nielsen og Krogh 2017- 4; begge i MONA
FaDB	Foreningen af Danske Biologer (FaDB) (biofag.dk)	Udbyder 3-8 biologifaglige kurser hvert semester (mellem 3 og 23 tilmeldte) Heraf en 2 dages konference (90-100 tilmeldte) hvert år i denne er der workshops om - innovation - skriftlighed - og faglige emner for resten	4 respondenter har deltaget i 2 sammenhængende dage 1 dag 1 respondent har deltaget ½ dag Generelt Kort interaktionstid, ingen skolebaseret
Biotech Research & Innovation Centre	BRIC – University of Copenhagen (ku.dk) Dataanalyse og Kræft – Københavns Universitet (ku.dk)	Undervisningsmateriale til brug i gymnasiet om hvordan genetiske data analyseres og anvendes inden for kræftforskning og udvikling af præcisions-medicin. Målgruppen er gymnasieelever i 3g på htx og stx med Bioteknologi A og Matematik A. Materialet er udarbejdet som et fagligt samspil mellem Bioteknologi og Matematik, men kan også anvendes som rent Bioteknologi eller <u>Biologimateriale</u> .	2 respondenter har deltaget i 1 dag 1 respondent har deltaget ½ dag 2 respondenter har deltaget i dette forløb Kort interaktionstid, ingen skolebaseret
Fysiklærerforeningen LMFK	Fysiklærerforeningen - Fysiklærerforeningen - LMFK	Faglige kurser Annoncerer på deres hjemmeside for andre udbydere bla UVM og DTU	2 respondenter har deltaget i kursus af henholdsvis 1 times & 1½ times varighed Kort interaktionstid, ingen skolebaseret
ESERO European Space Education Resource Office	https://esero.dk/ https://esero.dk/cansat	Ingen aktuelle kurser p.t. Men en elevrettet aktivitet Udfordringen er at holde sig inden for begrænsninger på omkostninger,	1 respondent har deltaget 1 dag Kort interaktionstid, lille afprøvning i egen praksis

		tidsforbrug, vægt og ikke mindst volumen. Satellit-modulet skal bygges ind i en dåse på størrelse med en 0,33 liters sodavandsdåse. En CanSat indeholder instrumenter, strømforsyning, databehandlingsenhed (typisk en Arduino) og kommunikationssystem som i virkelige satellitter. Den primære mission er i år at måle lufttemperatur og lufttryk. Den sekundære mission valgte holdet selv.	
Fonden for entreprenørskab	Fonden for Entrepenørskab (ffe-ye.dk)	Har et kursus om innovation https://www.ffe-ye.dk/undervisning/ungdomsuddannelser/kurser-og-raadgivning/innovation-paa-stx-htx-hhx At undervisere får en overordnet viden om innovations- og entreprenørskabsundervisning, der gør dem i stand til at undervise i eget fag i overensstemmelse med de nye krav i gymnasireformen. Varighed Cirka 3-4 timer, og tilpasses efter aftale	1 respondent har deltaget 1 dag Kort interaktionstid, ingen skolebaseret + længere forløb (desværre uspecificeret) med afprøvning i egen undervisning
- FIP-kurser ”Faglig udvikling i Praksis” udbudt af Undervisningsministeriet GL skriver: ”Ministeriet er ansvarligt for indholdet, og kursusforløbene ledes af fagkonsulenterne”	FIP-kursusbeskrivelser (gl.org) Fagkonsulenter på de gymnasiale uddannelser Børne- og Undervisningsministeriet (uvm.dk) Mette Malmqvist, Fagkonsulent i kemi (Er interviewet af PD) Pernille Kaltoft, fagkonsulent i teknologi (er interviewet af MSIL)		1 respondent har deltaget 3t om fysik 1 respondent har deltaget kursus om kemi 1 respondent angiver ikke hvad vedkommende deltog i Kort interaktionstid, ingen skolebaseret
Teoretisk pædagogikum	Om pædagogikum Børne- og Undervisningsministeriet (uvm.dk)	Antal deltagere varierer mellem 2 x 40 om året & 1 x 18 om året afhængigt af fag	Tre af respondenterne henviser til pædagogikum

Fagdidaktiske kurser i teo pæd Kurserne er 3 dages ws, aktionslæringsforløb og en opfølgningsdag Teo pæd har også kurser om almen didaktik, i et af disse indgår der meget lidt om PBL.	https://www.sdu.dk/da/om_sdu/institutter_centre/ikv/uddannelse/paedagogikum/om_teoretisk_paedagogikum/studieordning Faggruppeleder for naturfagsgruppen i Teoretisk Pædagogikum Lene Møller Madsen lmadsen@ind.ku.dk fra IND, KU (er interviewet af PD)		
Kemilærerforeningen	Kemilærerforeningen (lmfk.dk) er en del af LMFK's hjemmeside	P.t. ingen kemispecifikke kurser annonceret på hjemmesiden	
DASG Danske science gymnasier Laver udviklingsprojekter, disse udbydes sammen med lmfk.dk	Danske Science Gymnasier (science-gym.dk) Eigil Dixen, Styringsgruppemedlem (er interviewet af MSIL)	Har tidligere lavet kurser og projekter om - autentisk bioteknologi - grøn teknologi med undersøgelsesbaseret naturvidenskabuv. • Innovation i Naturvidenskab – i samarbejde med forskere fra Danmarks Tekniske Universitet Gennemfører for tredje gang et et-årigt forløb om computational thinking. Nyt kursus starter i september 2021 - april 2022 - med programmering af modeller, der kan bruges i eksisterende fag.	1 respondent har deltaget i forløb om Computational Thinking i matematik og de naturvidenskabelige fag Lang interaktionstid, workshops med introduktion af nye idéer, kursister udvikler egne undervisningsforløb med afprøvning i egen undervisning. Arbejde med faglige computermønstre og NETLOGO-programmering 4 workshops i løbet af et år afvekslende med afprøvning i egne klasser
Biotek-underviserne.	biotekunderviser.dk Formand Christne Brænder (er interviewet af PD)		1 respondent har deltaget i et 6 timers kursus
Geografilærerforeningen for gymnasiet og HF	http://geografilaererforeningen.dk/ http://geografilaererforeningen.dk/kurser/	Deres årskursus er meget geografifagligt Måske har de nogle aspekter som peger i retning af SSI-emner, men uden den iterative og problemløsende tilgang. fx Den bæredygtige by med fokus på byggeri Formål	Ingen respondenter angiver at have deltaget i deres udbud. De er medtaget da deres udbud lyder relevant i relation til engineering

		Kursus for lærere som vil arbejde med problemstillinger om bæredygtighed. Kurset giver teoretiske og praktiske redskaber til at behandle forskellige problemstillinger i forhold til byernes grønne omstilling. Kurset fokuserer på bæredygtigt byggeri, som vil ligge til grund for, hvordan man kan arbejde med byens øvrige udfordringer.	
Astra - kursus for naturvidenskabs-koordinatorer,			1 respondent har deltaget i online 3 timers online kursus
EtF - Projekt om engineering i hovedstaden			2 respondenter har deltaget 1 dag afprøves i egne klasser
Geoinfo Software warehouse inden for Geografiske infosystemer Brug af online GIS i undervisning og erhverv	Geoinfo A/S		1 respondent har deltaget i kursus hos Geoinfo
KU Årlig inspirationsdag for undervisere i gymnasiet i naturvidenskabelige fag.			1 respondent har deltaget i 1 dag. - Formiddag med forskellige naturvidenskabelige foredrag og faglige emner, - eftermiddag med workshop med eksperimentelt arbejde, hands on, dialog og noget man kunne tage med hjem og bruge til eleverne.
Nordic Chemistry Learning Conference 2018 jf.	https://www.jyu.fi/en/congress/ncl2018		1 respondent har deltaget i 2 dages konference

B8.3: Interview med udvalgte nøglepersoner

Vi har udvalgt tre personer til interview vedrørende deres rolle i efteruddannelsesudbud til naturvidenskabelige stx-lærere. Vi har valgt

1. **Den faglige konsulent** for kemi, da deskresearchen viste, at dette fag aktuelt havde aktive kurser inden for det ministerielle udbud af FiP-kurser.
Denne person er deltidsansat som fagkonsulent og repræsenterer dermed både undervisningspraksis og den ministerielle indsats for efteruddannelse af stx-lærere
2. **Formand for den faglige forening for bioteknologiundervisere i Danmark**, da dette fag i sin beskrivelse har elementer af engineering (se bilag 5).

Denne person varetager interesser herunder efteruddannelse for kollegaer i hele landet ved siden af en fuldtidsstilling som underviser i stx,

3. **Faggruppeleder for naturfagsgruppen i teoretisk pædagogikum.** Denne person repræsenterer den formelle fagdidaktiske grunduddannelse af stx-lærere på deres vej mod en fastansættelse, og varetager funktion som en del af sin ansættelse ved IND, KU.

Især de to stx-lærere har fokus på både faglig og fagdidaktisk opkvalificering af deres kollegaer, hvorimod Faggruppelederen af det teoretiske pædagogikum - naturligt nok - primært har fokus på den fagdidaktiske opkvalificering.

Fagkonsulenten i kemi tilrettelægger og gennemfører de nationale kurser 'Faglig udvikling i Praksis' (FiP) inden for kemi. FiP vedr. kemi for stx omkring 170 deltagere. Derudover medvirker fagkonsulenten på kemilærerforeningens kurser, disse har typisk 30-50 deltagere. Fagkonsulenten benytter kollegaer som har arbejdet indgående med forskellige aktuelle emner som oplægsholdere på kurserne.

Fagkonsulenten har i sit arbejde som fagkonsulent fokus på undersøgelsesbaseret undervisning (IBSE/unbu) på FiP kurserne. Der er her en kobling til innovative tilgange, fordi vejledningen for innovation handler om at få løst en problemstilling og komme frem til et løsningsforslag man kan vurdere.

Fagkonsulenten lægger vægt at tage afsæt i en problemstilling som eleverne man tager fat i, og det gør det uanset om man kalder det innovation, ubnu, problembaseret eller engineering. Det handler om at få eleverne gjort aktive og få dem til at bruge viden fra den enkelte sag eller trække på viden fra flere fag. Fagkonsulenten mener det er vigtigt, at lærere selv får mulighed for at afprøve og opleve dette som del af deres efteruddannelse, hvorfor hands-on tænkes ind i FiP workshops fx ved at arbejde med madkemi i en ubnu struktur på gymnasieskole med et foodlab.

"Når vi arbejder undersøgelsesbaseret så arbejder vi også med innovative arbejdsformer. Det er ikke sikkert det er et fuldt innovativt forløb, man kan putte ind i en struktur for ubnu."

Det betyder at delelementer af innovation som beskrevet i styredokumenterne også er delelementer i undervisningsmodellen IBSE.

Fagkonsulenten fremhæver fra sin egen undervisning, at eleverne skal være gode til at undersøge et problem og identificere et problem, og finde en måde at løse det på, og vurdere løsningsforslaget. Det kan være en pamflet eller et forsøg, ikke et fysisk produkt. Det er en del af løsningsforslaget, at man tager stilling til, hvor kunne det her være forbedret. Der er ikke tid til at gennemføre forbedringer, så det bliver på tankebasis det sker.

Fagkonsulenten reflekterer over ønsket om at indføre engineering i stx: "Jeg undrer mig over at kalde det et nyt ord, i stedet for bare at bruge innovation eller undersøgelsesbaseret eller problembaseret."

Vedrørende det annoncerede teknologifag i stx, så bemærker fagkonsulenten: "Vi har et teknologifag i gymnasiet, det findes allerede. Så skal der bare gøres noget mere for at få eleverne til at vælge det."

Formanden for den faglige forening for bioteknologiundervisere i Danmark fortæller, at foreningen er startet i 2018 og tæller p.t. 175 medlemmer. Formanden var selv initiativtager til at starte foreningen. Hun var især

motiveret til at starte en forening af den manglende støtte fra undervisningsministeriet til at starte faget op og få det foldet ud. Formanden påpeger flere gange at alt foreningens arbejde er frivilligt leveret af bestyrelsesmedlemmerne i deres fritid. Bioteknologi er hængt op på en studieretning med mat a og fys b, for så giver det adgang til alle naturvidenskabelige og sundhedsvidenskabelige uddannelse. Det er ret søgt, det findes kun på A-niveau.

Foreningen har i sin korte levetid gennemført workshops med fokus på hands-on og undervisningsforløb klar til at tage med hjem. 3 af disse er gennemført. Endvidere en kursusdag sammen med RUC med fagligt godt indhold, endvidere udbyder universiteterne kurser, men oftest uden didaktisering til gymnasieundervisning. Derudover endelig endnu en kursusdag med vægt på fagligt indhold. Udenfor foreningens regi er *der en facebookgruppe til erfaringsudveksling*.

Formanden reflekterer over ligheder mellem engineering og IBSE:

”Jeg synes jo egentlig de begge to virker ret undersøgelsesbaserede, begge tilgange både engineering og den her IBSE. Og så man lærer med at løse den her opgave, det er jo ikke noget man lærer om. Det kan det være når eleverne sidder og læser i en bog og ikke skal anvende det de har lært. Måske især i engineering er det anvendelsesorienteret. Det er også hvis eleverne tror de skal finde de rigtige svar på nogle spørgsmål. Det afspejler nok desværre rigtig meget hvordan man tit arbejde i gymnasiet, så laver læreren nogle arbejdsspørgsmål som kan være mere eller mindre tekstnære. Problemet er bare at sådan virkelige problemer er ude i erhvervsliv eller natur ikke.”

Formanden fortæller også, at elever godt kan blive lidt forskrækkede, *”hvis man bruger andre arbejdsmetoder, men deres læringsudbytte vil formentlig blive noget større.”*

Formanden undrer sig over at man vil oprette et teknologifag, *når der er et bioteknologifag [på stx], men vil inspirere sig fra htx. Man kunne at skubbe lidt til det man har sat i søen med 2017 reformen.*

Med hensyn til læreres kompetencer påpeger formanden at ikke alle er uddannet indenfor bioteknologi, men har uddannelse indenfor biologi og/eller kemi, som alene eller sammen med en anden lærer giver den faglige kompetence. Formanden påpeger at mange af medlemmerne oplever at mangle redskaber til at arbejde med den teknologiske del i en gymnasiesammenhæng. Formanden fremhæver derfor behovet for fagspecifik opkvalificering, lavet af lærere i faget, hvis man ønsker at implementere engineering i bioteknologi i stx. Indsatsen skal give kendskab til en god planlægningsmodel, udpege konkrete anvendelsesområder og levere både enkeltfaglige og tværfaglige undervisningsmaterialer.

Faggruppelederen for naturfagsgruppen i Teoretisk Pædagogikum præciserer, at gruppen indbefatter fagene biologi, bioteknologi, naturgeografi, geovidenskab, kemi, fysik og astronomi. Den teoretiske del af pædagogikum er organiseret af universiteterne i et samarbejde koordineret af SDU. Faggruppelederen for naturfagsgruppen er ansat på IND, KU. Undervisningen varetages af gymnasielærere og deltagerne er nyansatte gymnasielærere med fastansættelse, deltagerne omtales som 'kandidater'. Den fagdidaktiske uddannelse består af et fagdidaktisk modul – at være lærer i fag – afholdt som internat på 3 sammenhængende dage, og et fagdidaktisk projekt indbefattende et aktionslæringsforløb med to opsamlende aktiviteter. Kandidaterne skal inden forløbet overveje

"noget de vil blive klogere på, så arbejder det med det noget af tiden under forløbet og laver en aktionslæring, som de gennemfører og indsamler data på, som de fremlægger på et tilsynsbesøg med tilsynsførende er fra uvm."

De fagdidaktiske forløb inden for naturvidenskab handler p.t. mest om undersøgelsesbaseret undervisning drevet af krav og initiativer fra UVM.

Derudover er der flere almene moduler, et af disse moduler varer 3 dage og dækker 4 temaer. På disse almene moduler deltager kandidater fra alle fag indenfor humanistiske, naturvidenskabelige, merkantile og samfunds-fag. Disse temaer omhandler engineering relevante emner fx Tema B: 'At være lærer i samarbejde med andre fag' i modulet 'At være lærer på de gymnasiale uddannelser' handler bla om: Kandidaterne introduceres til forskellige slags fagligt samspil, herunder flerfaglighed, samt til problembaseret læring og projektundervisning. Kandidaterne udvikler forløb, hvor flere fag indgår. Kandidaterne skal have viden om forskellige typer af faglige samspil og arbejdsformer, herunder problembaseret og projektorienteret undervisning samt problembaseret læring og projektdidaktik i perspektiv til andre undervisnings- og arbejdsformer. Innovation forekommer ikke i studieordningen for det teoretiske pædagogikum.

Faggruppelederen fremhæver at engineering kunne integreres i de almene kurser, som en del af deres behandling af PBL, da engineering er baseret på PBL-tankegangen. Faggruppelederen ser, at engineering har relationer til de sundhedsfaglige professionsuddannelser:

"PBL er meget udbredt i sundhed, i professionsuddannelser, hvor brugen af viden er centreret omkring løsning af et problem."

Faggruppelederen ser engineering som

"et professions og politisk ønske, hvor UBNU er baseret på forskningsbaseret viden om læring og tilbyder undervisningsmodeller at tænke undervisning med, hvor det andet er professionsdrevet tankegang hvor det bliver vigtigt for eleverne at producere et produkt og opleve den måde en ingeniør arbejder på."

Faggruppelederen nævner, at det tværfaglige ikke ligger i IBSE, man kunne godt, men det er ikke kernen i det. Faggruppelederen fremhæver en forskel i det læringsteoretiske grundlag mellem engineering og IBSE:

"IBSE er tæt forbundet til læringsteori, til vores viden om hvordan man lærer noget, derfor er der bestemte rækkefølger og sammenhænge mellem de forskellige faser i et IBSE forløb. Koblingen til læringsteori er ikke så tydelig i engineering, fx hvordan er der rammesætning i forhold til de faglige mål."

Faggruppelederen fremhæver ud fra erfaringer fra didaktiske kurser på IND, KU nogle elementer, som er frugtbare: *"Det at modellere undervisningsforløb virker, kollega supervision virker, afprøvning i egen praksis virker."*

B8.4: Referencer

ASTRA (2021). Naturvidenskabskoordinatorens formål, rammer og opgaver. Lokaliseret på [Naturvidenskabskoordinatorens formål, rammer og opgaver | astra.dk](https://astra.dk) 10-6-2021.

Gymnasielærernes Landsforening (2019). *Gymnasielærernes efteruddannelse og kompetenceudvikling 2019*. Lokaliseret på [Gymnasielærernes efteruddannelse 2019 \(gl.org\)](https://gl.org) 10-6-2021

Krogh, L. B. (2016). Professionel udvikling af naturfagslærere : brikker til et fælles afsæt. *MONA*. Retrieved from <https://tidsskrift.dk/mona/article/download/36421/37751>

Krogh, L. B., & Nielsen, B. L. (2017). Professionel udvikling for naturfagslærer - tematiseret med data fra KiU og QUEST. *MONA*, 19–38.

Rambøll og KP (2019). Undersøgelse af kompetencebehov blandt naturfags-lærere i grundskolen Delopgave a og b. 246 s. København.