

Fra STEM-faglighed til STEM-kompetencer

– et analytisk greb for STEM-undervisning i Danmark



Maria Møller, Aarhus
Universitet og University
College Nordjylland (UCN)

Abstrakt: Der er en samfundsmæssig ambition om at flere børn og unge udvikler STEM-kompetence, men STEM-faglig undervisning der understøtter dette, er ikke rammesat. I artiklens første del danner et litteraturreview baggrund for en karakteristik af STEM-faglighed. I artiklens anden del argumenteres der for at kompetencebeskrivelser kan være et meningsfuldt middel til at beskrive formålet med STEM-undervisning, hvis STEM-kompetencemålene vel at mærke karakteriseres og beskrives på en måde så de er både begrundelsesrettede og undervisningsbare. Artiklens bidrag er syv STEM-faglige kompetencer: STEM-modelleringskompetence, STEM-matematiseringskompetence, STEM-databehandlingskompetence, STEM-innovationskompetence, STEM-refleksionskompetence, STEM-samfundskompetence og STEM-problembehandlingskompetence. STEM-kompetencebeskrivelserne uddybes med eksempler på undervisningsaktiviteter.

EN STEM-ambition

Over hele verden er der på alle uddannelsesniveauer en voksende interesse for STEM (science, technology, engineering, mathematics), og interessen er særligt rettet mod STEM-uddannelse (se fx Caprile et al., 2015; Education Council, 2015 og Li et al., 2020). Ambitionen er at flere børn og unge tilegner sig STEM-kompetencer (European Union, 2019; Marope et al., 2017; Undervisningsministeriet, 2018). Argumenter herfor er *et personligt behov* for at kunne være en tilfreds, produktiv og velinformeret borger, *et samfundsmæssigt behov* for nye teknologiske og videnskabelige forbedringer og *et økonomisk behov* for national sikkerhed (Maass et al., 2019; Zollman, 2012).

Der er enighed om at det er gennem STEM-uddannelse at elever skal udvikle STEM-kompetencer (Bybee, 2010; Sanders, 2008), men mål og indhold for STEM-undervisning og hvilke fag der skal bidrage dertil, diskuteres ivrigt – også i Danmark (Larsen et al., 2022; Nielsen & Sillasen, 2020; Schmidt, 2019).

I forsøget på at rammesætte STEM-undervisning har det for STEM-interessenter været nærliggende at spørge om STEM-faglighed er noget andet end de enkelte di-

scipliner, science (S), technology (T), engineering (E) og mathematics (M), hver for sig – om STEM har sit eget særkende eller sin egen natur. Peters-Burton (2014) forsøger at identificere STEMs natur ved at undersøge karaktertræk fra hver af de fire STEM-discipliner. Hun lokaliserer idéer hvor hver af karakteristikaene overlapper, og hvor de er forskellige. Peters-Burton finder at STEMs kendetegn er generiske og kan gælde for de fleste andre fagområder. Reynante, Selbach-Allen & Pimentel (2020) finder lignende resultat da de foretager en kritisk undersøgelse af tværgående STEM-praksisser med disciplinernes epistemologi for øje. Det er ikke tydeligt om eller hvordan STEM har sin egen natur. Ifølge Akerson et al. (2018) er STEM da også i sig selv blot en socialt konstrueret betegnelse der er en reaktion på økonomisk og globalt pres.

I stedet for at lede efter fælles karaktertræk på tværs af de fire STEM-discipliner eller STEM-praksisser finder jeg det interessant at undersøge hvordan STEM-faglighed kan begrebsættes ud fra en samfundsmæssig ambition om flere unge med STEM-kompetencer. Faglighed kan ifølge Adamsen (2016) sidestilles med de planlagte og intenderede læreprocesser der sigter mod det formål som “samfundet” må forvente af deres kommende myndige borgere. For at kunne beskrive sådanne læreprocesser i forhold til mål og indhold for STEM-undervisning vil jeg undersøge hvordan STEM-faglighed karakteriseres i forskningslitteratur og i dokumenter fra interesseorganisationer, erhvervsliv og ministerier. En karakteristik af STEM-faglighed kan derefter oversættes til STEM-kompetencemål som skal kunne fungere som brobygger mellem en læringsmæssig STEM-ambition og STEM-undervisning.

Følgende to forskningsspørgsmål er styrende for artiklens opbygning:

FS1: Hvad karakteriserer ifølge international forskning og dokumenter fra interesseorganisationer, erhvervsliv og ministerier STEM-faglighed?

FS2: Hvilke STEM-kompetencer kan identificeres og beskrives så de giver et bud på en samlet kompetencebeskrivelse af STEM-faglighed?

En karakteristik af STEM-faglighed

Jeg anvender et litteraturreview som metode til at udarbejde en karakteristik af STEM-faglighed, jf. FS1. Ifølge Fink (2019) er litteraturreview en systematisk og reproducerbar metode til at identificere, evaluere og fortolke eksisterende viden fra forskning og praksis, og litteraturreview kan ifølge Hart (2018) i særdeleshed anvendes til at sammenfatte og opnå nye perspektiver på et bestemt emne.

Litteraturreviewet er foretaget fra maj 2021 til maj 2022. Kriterierne for de inkluderede tekster er at de:

- er forskningsartikler eller dokumenter fra interesseorganisationer, erhvervsliv og ministerier
- relaterer sig til *mål med, mening om og initiativer for STEM-uddannelse*
- nævner science (S), technology (T), engineering (E) eller mathematics (M) i en uddannelseskontekst hvor S, T, E eller M optræder i kombinationer af to eller flere
- er skrevet på engelsk, dansk, norsk eller svensk
- er tilgængelige via biblioteker eller online databaser.

I alt 64 tekster er inkluderet i reviewet, 35 tekster fra forskning og 29 tekster fra interesseorganisationer, erhvervsliv og ministerier. Teksterne relaterer sig til STEM-uddannelse fra førskole til erhvervsrettede og akademiske videregående uddannelser. De inkluderede tekster repræsenterer 16 lande, og knap halvdelen af teksterne repræsenterer USA. Godt en tredjedel repræsenterer europæiske lande, og Danmark repræsenterer ni af dem. Den ældste tekst er fra 1989, og de nyeste er fra 2021. Reviewprocessen er foregået med en hermeneutisk tilgang gennem fire søge- og analyseprocesser (Boell & Cecez-Kecmanovic, 2014). Formålet med søgeprocesserne er at identificere tekster som kan bidrage med viden om STEM-faglighed. Opfylder abstraktet inklusionskriterierne, læses hele teksten med det formål at få forståelse for tekstens indhold sammenholdt med argumenterne om et personligt, et samfundsmæssigt og et økonomisk behov for STEM-faglige kompetencer. Alle inkluderede artikler er læst fuldt ud. I analysen af teksterne er formålet at dokumentere hvad der ifølge "samfundet" karakteriserer STEM-faglighed. Samfundet repræsenteres her af forskningslitteratur, interesseorganisationer, erhvervsliv og ministerier. Begrænsningen af antal tegn i artikler i *MONA* gør at jeg ikke her i artiklen kan beskrive søge- og analyseprocesserne i detaljer. For en udfoldning heraf henvises til Møller (2022).

I tråd med Boell & Cecez-Kecmanovic (2014) betragter jeg tilegnelse og oparbejdelse af viden som en hermeneutisk forståelsesproces. Det betyder at jeg veksler mellem identifikation af enkelte relevante tekster og udvikling af overblik over disse tekster gennem analyser. Vekselvirkningen leder til et dybere og mere vidtspændende overblik og en dybere og mere vidtspændende forståelse af relevante tekster om STEM-faglighed. Jeg håndterer læsningen af de enkelte tekster ved at udfylde et skema med følgende kategorier: reference, land, titel, teksttype og resumé af indhold. Jeg bearbejder de læste teksters indhold ved at lægge mærke til relationer mellem STEM-faglige pointer, begreber og temaer. Inspireret af Steen, Madsen & Højgaard (2020) anvender jeg et begrebskort til at strukturere relationerne. Udarbejdelsen af begrebskortet har til formål at håndtere de enkelte teksters bidrag og deres komplekse indbyrdes sammenhænge. Ved læsning af teksterne benytter jeg mig af en åben kodning hvor min forforståelse af STEM-faglige begreber er en forudsætning for hvordan jeg læser teksterne.

Jeg organiserer de inkluderede teksters bidrag kronologisk på begrebskortet, og efterhånden som jeg inkluderer flere tekster, tilføjer jeg nye bidrag samt deres relationer til de eksisterende. Gennem processen opstår der forskellige former for grupperinger på begrebskortet. Ingen grupperinger er fastlagt på forhånd, men udspringer af teksterne, og derved udvikler begrebskortet sig gennem reviewprocessen. Jeg er bevidst om at min egen forforståelse har betydning for hvordan grupperingerne former sig. Jeg forsøger at være loyal mod de enkelte teksters bidrag til STEM-faglighed ved at lade de enkelte tekster i sig selv give en forståelse af hvordan STEM-faglighed kan karakteriseres, men også ved at fortolke de mange tekster i relation til hinanden. En illustration af de inkluderede tekster sammenstillet med begrebskortets udvikling findes i Møller (2022). En gengivelse af den endelige version af begrebskortet ses i figur 1 hvor jeg har indrammet grupperingerne med kredse der peger på seks overordnede enheder. Inden for hver enhed udkrystalliserer der sig mindre analytiske enheder som jeg kalder *temaer*. Temaerne inden for samme enhed fortolker jeg som en *kategori* for STEM-faglighed.

Seks kategorier af STEM-faglighed

Begrebskortet fremhæver seks kategorier af STEM-faglighed, og jeg vil i det følgende analysere de inkluderede teksters bidrag til STEM-faglighed. En oversigt over de inkluderede tekster og deres bidrag til temaer og kategorier kan ses i tabel 1, som findes på dette link: https://www.ucviden.dk/ws/portalfiles/portal/165358992/Tabel_med_tekster_inkluderet_i_review_fordelt_p_temaer_og_kategorier.pdf

I det følgende refererer jeg til de inkluderede tekster med deres nummer i tabellen.

STEM-databehandling

Som et eksempel på hvordan begrebskortet anvendes til at udlede temaer, tager jeg udgangspunkt i grupperingen omringet af kreds 1. Analysen tager, jf. tabel 1, afsæt i 22 tekster. De fremhævninger der er rammet ind, adresserer på forskellig vis egenskaber til at håndtere store mængder data fra “den virkelige verden” (26, 43). Flere tekster fremhæver at det er nødvendigt at anvende computere og digitale værktøjer for at kunne arbejde med og håndtere store datamængder (7, 18, 51). Teksternes fremhævninger forstår jeg som værende udtryk for at håndtering af en stor datamængde er særligt i en STEM-kontekst, hvorfor dette bliver det første tema. Tilgang til data kan ske enten ved at indsamle dem selv eller ved at anvende andres, og en måde at få et overblik over data på er at visualisere det med grafer og computerbaseret statistik. At håndtere digitale værktøjer der kan behandle denne type af data, kræver digitale færdigheder (12, 28, 41, 64). Teksternes understregning af at digitale færdigheder er særlig vigtige i en STEM-sammenhæng, gør at det også bliver et tema. De to temaer adresserer at det er særlig STEM-fagligt at kunne håndtere og visualisere “hverdags-data” med computere og digitale værktøjer. Jeg samler de to temaer i kategorien *STEM-databehandling*.

STEM-modellering

Grupperingen omkranset af kreds 2 beskriver hovedsageligt modellering. Modellering bliver derfor et tema. Modellering i en STEM-sammenhæng handler om at stille relevante spørgsmål, oversætte fra den virkelige verden til matematiske eller naturvidenskabelige formuleringer, beregne og visualisere og formulere et svar tilbage i den virkelige verden (1, 2, 14, 21, 32, 39). Simuleringer kan støtte STEM-modellering ved at efterligne mindre eller større dele af virkeligheden (29, 62). Det kan fx være en celledre eller hvordan havenes økosystemer påvirkes af syreforurening. En indsigt i en aktiv repræsentation af virkeligheden kan bidrage til læring og forståelse af relativt abstrakte STEM-relaterede fænomener. Simuleringer bliver også et tema. Modellering står helt centralt i de 15 tekster fra denne analyse, og derfor fastsætter jeg kategorien *STEM-modellering*.

STEM-problemløsning

De markerede fremhævninger i kreds 3 kredser om det at finde og løse STEM-problemer. De 36 tekster som denne analyse tager afsæt i, beskriver STEM-problemløsning som dels identifikation og dels løsning af problemer baseret på STEM-relaterede emner (1). En måde at udøve STEM-problemløsning på omfatter computational thinking (CT) (14, 41, 63). CT bliver det første tema i denne kategori. CT er en problemløsningsproces (47, 63) der omfatter flere dispositioner, fx logisk ræsonnement, algoritmisk tænkning, dekomponering, abstraktion, mønstre og generalisering samt evaluering (7). CT, modellering, simuleringer og håndtering af en stor mængde data med computere kan give ny viden til at finde løsninger på STEM-relaterede spørgsmål, fx sygdomsbekæmpelse, ernæring, global opvarmning, nye energikilder og forståelse af universet. Særligt fremhæves logiske ræsonnementer og deduktive slutninger (9, 10, 37, 44) som forudsætninger for at indgå i en problemløsningsproces, hvorfor dette bliver et tema. Med det matematiske, naturvidenskabelige og teknologiske sprog kan man argumentere på strengt logiske måder (33, 60). Løsning af komplekse problemer i en STEM-kontekst kræver en tværfaglig tilgang (1, 3, 18) og åbner for samarbejde mellem forskellige STEM-discipliner (6, 34, 44). En tværfaglig tilgang er det sidste tema. De tre temaer samler jeg i kategorien *STEM-problemløsning*.

STEM-innovation

Fremhævninger i kreds 4 omhandler adskillige aspekter i og omkring innovativ STEM-tænkning. Når man ønsker at finde løsninger på STEM-problemer, er det vigtigt at tænke innovativt på en STEM-minded måde (9). Innovativ tænkning handler om at have en idé og føre den ud i livet. Men det handler også om at tænke på forskellige måder og involverer forskellige perspektiver. Kreativitet er en vigtig måde at tænke på i en STEM-sammenhæng (12, 24, 34, 38). Design og designtænkning kan være en

tilgang der tilskynder til forskellige perspektiver i forbindelse med at se på og løse problemer, og de er afgørende for kreativitet og innovation (15, 46, 55). Kreativitet samt design og designtænkning udledes som temaer. Når man arbejder kreativt og innovativt, er man nødt til at samarbejde med andre inden for og på tværs af fagområder (3, 25, 53). For at gøre dette bredt hjælper det hvis man kommunikerer sine idéer til andre og forstår inspiration og forklaringer fra internationale kilder (9, 11, 19, 38, 45), fx gennem internettet. I denne situation er det en fordel at beherske det engelske sprog (8). Kommunikation og tværfagligt samarbejde fremkommer som de to sidste temaer. Analysen bestående af 32 tekster samles i kategorien *STEM-innovation*.

STEM-refleksion

Grupperingen i kreds 5 tager afsæt i 21 tekster. Analysen peger på at løsninger på komplekse spørgsmål kræver en øget evne til at tænke reflekterende og kritisk. Da STEM-relaterede produktioner og løsninger er blevet mere og mere automatiseret og baseret på teknologi, vokser behovet for kvalitetskontrol (15, 17, 45, 51). Når gigantiske datamængder danner grundlag for idéer til nye løsninger, fx Internet of Things (IoT) eller kunstig intelligens (AI), skal man turde stille spørgsmål og reflektere over hvordan en algoritme er nået frem til en bestemt konklusion (28). Man skal kunne evaluere og reflektere over om der kan være tale om bias, eller der kan være fejl i data (43). Kvalitetskontrol bliver det første tema fulgt op af datasikkerhed. Evnen til at forstå og forholde sig kritisk og konstruktivt til de digitale teknologier og medier er blevet central i vores liv som samfundsborgere (17). Det er vigtigt at forstå og håndtere digitale data og personlige oplysninger og yde beskyttelse mod internetkriminalitet og identitetstyveri (24, 25).

Løsninger på komplekse problemer er relevante i en STEM-sammenhæng, men det er også vigtigt at overveje hvorvidt nye løsninger skaber nye problemer. Der kan være etiske dilemmaer i forbindelse med nye løsninger (1), men der kan også være nyopståede praktiske udfordringer. Etiske overvejelser er det sidste tema.

De tre temaer handler overordnet set om at reflektere over både mulige udfordringer og etiske dilemmaer ved nye digitale løsninger, og jeg tildeler grupperingen kategorien *STEM-refleksion*.

STEMs samfundsbetydning

De 20 tekster der i denne analyse tages afsæt i, er involveret i kreds 6. Analysen indikerer at STEM bør ses i en bredere kontekst end blot inden for naturvidenskab, teknologi, ingeniørvidenskab og matematik hver for sig (34). På et arbejdsmarked der bliver mere og mere digitaliseret, er der behov for en konkurrencedygtig arbejdsstyrke (13, 24, 54) – ikke kun inden for de fire områder af STEM (3, 11). Det første tema bliver at STEM er relevant for hele samfundet. Herunder også forskellige befolkningsgrupper

og minoriteter (30). Evnen til at forstå økonomi, regnskab og produktion er værdifuld (14). Ligeledes er det betydeligt at vide noget om processen bag at drive en virksomhed og omsætte nye idéer til virkelighed. I den grønne omstilling er der fx nogen der skal udtænke løsninger og omsætte dem til praksis (14, 59, 60). Digitalt arbejdsmarked og konkurrencedygtig arbejdsstyrke udgør det andet og tredje tema. I et større perspektiv handler STEMs samfundsmæssige relevans om at tilpasse sig samfundets udvikling (13, 51, 54) – både i forhold til at tænke innovativt og kreativt og i forhold til at samarbejde med andre fra andre brancher og med andre kompetencer end en selv (34, 51). Det sidste tema bliver derved teamwork. De fundne temaer omhandler allesammen at det er centralt at have indsigt i den samfundsmæssige relevans af STEM. Kategorien samles som *STEMs samfundsbetydning*.

Artiklens første bidrag er ovenstående seks kategorier der gennem 18 temaer karakteriserer STEM-faglighed. I artiklens kommende afsnit vil jeg argumentere for hvorfor kompetencebeskrivelser kan være et meningsfuldt middel til at beskrive mål og indhold i STEM-undervisning, og med udgangspunkt i karakteristikken af STEM-faglighed identificerer og beskriver jeg syv STEM-kompetencer. De syv kompetencebeskrivelser med tilhørende praksiseksempler bliver artiklens andet bidrag.

En ambition om STEM-faglige kompetencer

På vegne af UNESCO, FN's organisation for uddannelse, videnskab og kultur, pointerer Boon Ng (2019) at

“alle lande skal identificere specifikke STEM-kompetencer som deres borgere bør erhverve, ikke blot for at imødekomme fremtidige krav fra arbejdsmarkedet, men også for at sikre en bæredygtig livskvalitet for alle.” (min oversættelse, fra Boon Ng, 2019, s. 10)

Én tilgang til *STEM-kompetenceorienteret undervisning* kan være at forsøge at identificere STEM-kompetencer som går på tværs af de fire STEM-discipliner. Ifølge Peters-Burton (2014) og Reynante, Selbach-Allen & Pimentel (2020) vil denne tilgang sandsynligvis resultere i kompetencer der bliver for generiske, hvorved de enkelte discipliners kendetegn og særegenheder bliver udvasket.

En anden tilgang er at oversætte STEM-faglighed til kompetencetermer. Det er denne tilgang jeg arbejder videre med.

STEM-kompetencebeskrivelser

I Danmark er de fleste af folkeskolens fag beskrevet gennem kompetencer (Børne- og Undervisningsministeriet, 2020), og meget tyder på at det kan være meningsfuldt for

undervisere at undervise eksplicit efter kompetencemål (Hansen, 2018; Sølberg et al., 2015). Det er dermed nærliggende at tro at STEM-faglighed ligeledes meningsfuldt kan oversættes til *STEM-kompetencemål*. Formålet med at rammesætte STEM-undervisning gennem kompetencemål er at bygge bro mellem samfundets STEM-ambition og muligheden for at undervisere kan gennemføre undervisning eksplicit med henblik på at nå disse ambitioner. Højgaard & Sølberg (2022) påpeger at kompetencemål må være dobbelt meningsfulde. På den ene side skal et kompetencemål være meningsfuldt som et aspekt af at beherske STEM-faglighed, dvs. at målet er rettet mod den samfundsmæssige ambition med undervisningen – *begrundelsesrettet* – og på den anden side skal et STEM-kompetencemål være meningsfuldt for undervisere som et pejlemærke for tilrettelæggelsen af deres undervisning – *undervisningsbart* – fx ved at vejlede dem i deres søgen efter undervisningsaktiviteter som de kan anvende for at eleverne kan udvikle en given kompetence. Hvis ikke et kompetencemål har denne dobbelte meningsfuldhed, så forbliver kompetencer idealer uden konsekvenser for det der foregår i klasserummet.

I forsøget på at oversætte STEM-faglighed til STEM-kompetencer lader jeg mig inspirere af Niss & Højgaard Jensens (2002) arbejde med at anvende matematiske kompetencer som middel til fagbeskrivelser af matematik. Andre har ligeledes ladet sig inspirere. Det gælder bl.a. Andersen, Busch, Horst & Troelsen (2003) der begrebsætter fire naturfaglige kompetencer, og Achilles, Lind & Jensen (2007) der begrebsætter syv økonomi-kompetencer. Med udgangspunkt i min tidligere præsenterede karakteristik af STEM-faglighed vil jeg, jf. FS2, med et analytisk greb oversætte STEM-faglighed til STEM-kompetencer.

STEM-kompetence og STEM-kompetencer

Jeg definerer “kompetence” som det gøres i KOM-rapporten (Niss & Højgaard Jensen, 2002, s. 43): *nogens indsigtfulde parathed til at handle på en måde der lever op til udfordringerne i en given situation.*

Denne definition bygger på overvejelser om at “kompetence” er *orienteret mod handling* og er et *normativt* begreb, at “udfordringer” har en *iboende dobbelthed mellem subjektive og sociokulturelle aspekter*, og at “indsigtfuld parathed” indfanger *personlig tilbøjelighed til at være kompetent til at handle* i situationer hvor det “kræves”. For yderligere betragtninger om kompetencebegrebet henvises til Niss & Højgaard (2019).

Ved at adaptere ovenstående karakteristik af kompetencebegrebet definerer jeg STEM-kompetence som *nogens indsigtfulde parathed til at handle på en måde der lever op til STEM-holdige udfordringer i en given situation.*

I et forsøg på at præcisere hvad der menes med at handle i forhold til “STEM-holdige udfordringer”, begrebsætter jeg syv STEM-kompetencer.

De første fem STEM-kompetencer identificeres ved én til én-oversættelse af fem reviewkategorier:

- “STEM-databehandling” bliver til *STEM-databehandlingskompetence*.
- “STEM-modellering” bliver til *STEM-modelleringskompetence*.
- “STEM-innovation” bliver til *STEM-innovationskompetence*.
- “STEM-refleksion” bliver til *STEM-refleksionskompetence*.
- “STEMs samfundsbetydning” bliver til *STEM-samfundskompetence*.

Problemløsning er et centralt element i STEM-faglighed, hvilket understøttes i reviewet ved at godt halvdelen af de inkluderede tekster bidrager til STEM-problemløsningskategorien. Kategorien indkapsler flere forskellige tilgange til STEM-problemløsning. Fx handler STEM-problemløsning ifølge Bybee (2013) både om kompetence til at skifte løsningsstrategi, hvis den strategi “man plejer” at bruge, ikke virker, og også om den proces der er direkte involveret i engineering. National Research Council (2014) ser rigtige verdensproblemer som udgangspunkt for al STEM-undervisning. Ofte nævnes problemløsning også i forbindelse med STEM-modellering. Ifølge Ärlebäck & Albaracín (2019) er modellering af virkelighedens fænomener (her Fermi-problemer) omdrejningspunktet for STEM-undervisning, og elementer der i sådanne processer er særlig centrale, er matematisering. Det kan fx være at oversætte komplekse systemers indbyrdes relationer til variable og efterfølgende opstille deres relationer i matematiske udtryk (Gravemeijer et al., 2017). Jensen (2007) kalder sådanne udfordringer matematiserings-problemstillinger.

Problemløsning fremstår i reviewet altså både som noget “eksternt” som omhandler en tilgang til eller et udgangspunkt for STEM-undervisning generelt, og som noget “internt” med fokus på den enkeltes kompetence til at overveje, matematisere, udvikle og reflektere over egne problemløsningsstrategier. Blikket for både et eksternt og et internt perspektiv på STEM-problemløsning medvirker til at jeg oversætter STEM-problemløsningskategorien til to kompetencer: *STEM-problembehandlingskompetence* og *STEM-matematiseringskompetence*.

Oversættelsen af kategorier til kompetencer resulterer i syv STEM-kompetencer. De syv kompetencer udspænder tilsammen hvad det vil sige at have STEM-kompetence.

Udfoldning af de syv STEM-kompetencer

For at læseren kan få en fornemmelse for STEM-kompetencernes kendetegn og særegenheder, vil jeg med inspiration fra Niss & Højgaard (2002) i det følgende beskrive, kommentere og eksemplificere STEM-kompetencerne enkeltvis.

STEM-modelleringskompetence

Denne kompetence består i nogens indsigtfulde parathed til dels at kunne *anvende* foreliggende STEM-modeller, herunder at kunne *analysere* disse modellers grundlag og egenskaber, og dels selv at kunne *bygge* STEM-modeller.

Kommentarer

En model er en forsimplet fremstilling af virkeligheden hvis formål er at bringe overblik over sammenhænge eller forudsige en udvikling. En model defineres som triplet (A, f, S), hvor A er det system som danner udgangspunkt for modelopstillingen, og f er en afbildning der oversætter elementer fra A til elementer i det valgte repræsenterende system, S. Elementerne i S afhænger således af med hvilke midler repræsentationen foretages. I STEM-modelleringskompetencen kan S repræsentere naturvidenskab, og så er der tale om en model som naturvidenskaben bruger til at beskrive virkeligheden med. S kan også repræsentere andre STEM-relevante systemer. Derved kan afbildningen resultere i fx matematiske eller interaktive modeller eller animationsmodeller.

Aktiv modelbygning indeholder en række forskellige elementer. Først at kunne *strukturere* den problemstilling der skal modelleres. Dernæst at kunne gennemføre en *oversættelse* heraf, dvs. en oversættelse af STEM-relaterede objekter, relationer, forhold mv. til det repræsenterede system, fx naturvidenskaben. At kunne *behandle* den opståede model, herunder løse de problemer den måtte give anledning til, samt at kunne *validere* den færdige model, dvs. bedømme dens holdbarhed både internt (i forhold til modellens egenskaber) og eksternt (i forhold til den problemstilling og den situation modellen omhandler). STEM-modeller kan repræsentere forskellige STEM-faglige områder i højere eller mindre grad.

Det indgår tillige at kunne *analysere modellen kritisk*, både i forhold til dens brugbarhed og relevans og i forhold til mulige alternative modeller, og at kunne *kommunikere* med andre om modellen og dens resultater. Endelig indgår det i aktiv modelbygning at have *overblik over* og kunne *styre* den samlede modelleringsproces.

At kunne analysere modeller kritisk betyder at man er opmærksom på at modeller ikke har almen gyldighed, men bygger på givne forudsætninger.

Eksemplificering

Når det gælder *anvendelsen og analysen af foreliggende modeller*, kan man fx

- betragte epidemikurver fra Statens Serum Institut om antal tilfælde af covid-19
- beskrive sammenhængen mellem *kinetisk, potentiel og termisk energi* med udgangspunkt i en interaktiv model af en dreng på et skateboard i en skaterpark¹.

1 https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics_da.html.

Når det gælder *aktiv modelbygning*, er det i alle tilfælde nødvendigt at foretage afgrænsninger, gøre antagelser eller indhente data for at behandlingen kan foretages. Her ses eksempler på nogle aspekter man kan bygge en model af:

- Delprocesser i vandets kredsløb – fx en interaktiv model i Scratch
- Befolkningssammensætning, fattigdom, klimaændringer, sundhed, uddannelse eller ligestilling mellem køn i forskellige lande, fx gennem grafer eller illustrationer der sammenligner data fra to eller flere lande
- Hvor stor en del af energiforbruget i Danmark der kan dækkes af vindmøller, og hvor mange møller det ville give anledning til
- Hvordan vand fra ét lavtliggende område flyttes til et højtliggende område.

STEM-problembehandlingskompetence

Denne kompetence består i nogens indsigtfulde parathed til dels *at kunne opstille* (identificere, afgrænse, specificere og formulere) og dels *at kunne løse* STEM-problemer samt at kunne *kritisk analysere* og *vurdere* sine egne og andres forsøg på problemløsninger. Et centralt aspekt af denne kompetence er evnen til at udtænke og implementere strategier til at løse STEM-problemer.

Kommentarer

Kompetencen fokuserer på STEM-problemer med særlige karaktertræk (Horst & Laurson, 2022; Pleasants, 2020). Disse karaktertræk omhandler følgende:

- Ny teknologi er i forgrunden.
- Viden om STEM er i forgrunden.
- STEM-metoder er i forgrunden.
- STEM-problemer er kontekstspecifikke.
- Det skal være muligt at håndtere STEM-problemer på et undervisnings- og læringsmæssigt overskueligt niveau.

Eksemplificering

Eftersom problemløsning ofte er en kompliceret og langstrakt affære, er der grænser for hvor detaljerede eksempler jeg kan give. Her kommer ét eksempel:

A: "Hvordan kan man opsamle vand i områder som ofte er præget af tørke?"

B: "Der er flere muligheder for dette:

- Warka Water Tower er en konstruktion der er designet til at høste vand fra atmosfæren (regn, tåge, dug), hvilket giver en alternativ vandkilde til landbefolkninger der står over for udfordringer med at få adgang til drikkevand (Mishra, 2019).

- MOF er et kunstigt materiale der suger fugten ud af luften vha. solenergi (Hanikel et al., 2020).

Hvordan de to løsninger virker, og hvilke konsekvenser de kan have for en bestemt befolkning, bør undersøges nærmere”.

STEM-matematiseringskompetence

Denne kompetence består i nogens indsigtfulde parathed til dels at kunne *udpege* relevante faktorer for en given STEM-problemstilling og *forholde sig til* og *beskrive* disse faktoreres indbyrdes relationer i et matematisk sprog samt *evaluere* udtrykkets brugbarhed og dels at kunne *gennemskue* og *vurdere* andres matematiseringer af fænomener fra den virkelige verden.

Kommentarer

Et STEM-problem af ikke-matematikkarakter skal i *en matematisering* organiseres og studeres så de faktorer der indgår i STEM-problemet, og deres relationer oversættes til et matematisk sprog, enten som logiske sproglige formuleringer eller som formel symbolholdig matematik.

De fremkommende udtryk skal evalueres i forhold til i hvor høj grad de giver overblik over eller er en relevant løsning på det givne STEM-problem.

I forhold til at forholde sig til andres matematiseringer af fænomener fra virkeligheden handler det om at afkode hvilke fænomener matematiseringen repræsenterer. Det kan være gennem symboler eller numeriske værdier. Det handler også om at gennemskue hvorfor fænomeneres indbyrdes relationer er opstillet som de er. Endelig handler det om at vurdere matematiseringens rækkevidde og begrænsninger.

Eksemplificering

Når det gælder det at *udpege* faktorer i en matematisering og *forholde sig til* og *beskrive* relationer i et matematisk sprog, kan man fx

- opstille et udtryk for materialeforbrug til Warka Water Tower
- finde forholdet mellem el- og benzinbiler
- forestille sig at der skal bygges en ny bro der går over byens jernbane, og udpege nogle af de faktorer der har betydning for byggeriet, fx broens funktion (bilbro, cykelbro, gangsti – eller alle tre), broens placering (inden for eller uden for byen), broens konstruktion (en skrånings-, bue- eller bjælkebro) – og helt konkret opstille et regneudtryk for broens bredde når der skal kunne køre både biler og lastbiler på vejen, og der skal være cykel- og gangsti i begge sider.

Når det gælder det at *evaluere* og *vurdere* egne og andres matematiseringer, kan man fx

- bedømme om det er matematisk korrekt at konkludere at der er en sammenhæng mellem atmosfærens CO₂-indhold og atmosfærens temperaturændringer
- diskutere udsagnet "På et århundrede er vandforbruget vokset mere end dobbelt så hurtigt som verdens befolkning, og denne tendens ser ud til at stige"
- vurdere hvilken matematik og viden om vejret der ligger bag overskriften "Vores klima rykker 1,6 meter i timen"².

STEM-databehandlingskompetence

Denne kompetence består i nogens indsigtfulde parathed til dels at kunne *indsamle, udvælge og bearbejde* relevant datamateriale og dels at kunne *vurdere og evaluere troværdighed og relevans* af data i en given sammenhæng.

Kommentarer

Kompetencen handler om at kunne overskue mulige datakilder til en given STEM-problemstilling så der kan foregå en kvalificeret indsamling og udvælgelse. Dernæst handler det om at bearbejde de indsamlede data ved at organisere, visualisere og systematisere dem.

Ved indsamling af data der beskriver en STEM-problemstilling, forstås både indsamling af data som eksisterer i forvejen (sekundære data), og indsamling af data som fremstilles (primære data).

Desuden handler det om at kunne evaluere og vurdere både indsamling, udvælgelse og bearbejdning og reflektere over datas udsagnskraft.

Eksemplificering

Når det handler om at *indsamle, udvælge og bearbejde* data, kan man fx

- finde populationsdata (befolkning, dyr, bakterier, planter mv.) og behandle dem i tabeller, figurer eller grafer
- indsamle data fra egen undersøgelse gennem et spørgeskema
- lave målinger af temperaturfald i en kop kaffe over tid
- bygge en regnmåler og måle nedbør i en måned og sammenholde målingerne med data fra DMI
- indsamle og sortere plast ved kysten og heraf visualisere med en linjetaksering og frekvensanalyse.

² <https://vejrv2.dk/2019-04-09-vores-klima-rykker-med-16-meter-i-timen>

Når det handler om at *vurdere* data, kan man fx

- give grunde til at en alderspyramide fra Kina fordelt på køn har markant flere drenge end piger i alderen 0 og 20 år
- diskutere om dem der svarede på spørgeskemaet, repræsenterer populationen
- bedømme måleresultater og tidsintervallers betydning for udsagnet om hvornår kaffen i koppen kan drikkes.

STEM-innovationskompetence

Denne kompetence består i nogens indsigtfulde parathed til at kunne *stille spørgsmål* som er karakteristiske for idéudvikling inden for STEM-feltet, og have *blik for* hvilke muligheder og typer af løsninger som kan forventes. Det kan dreje sig om dels *at stille spørgsmål* til andres idéer inden for STEM-feltet og *analysere* deres løsningsforslag og dels *at gennemføre* egen designproces hvor nye perspektiver, kreative elementer, international inspiration og interdisciplinært samarbejde fører til værdiskabende løsninger.

Kommentarer

STEM-innovation handler om at være i stand til at handle i forhold til forskellige STEM-problemer. Handlinger kan være at finde nye muligheder, være kreativ med egne styrker og bruge relevant STEM-faglig viden til at handle, løse problemer og igangsætte og fuldende innovationsprocesser.

Eksemplificering

Når det handler om at *stille spørgsmål* og *gennemføre* egen designproces, kan man fx undersøge

- hvordan kantinen kan reducere sit pap- og plastikforbrug
- hvilken form og hvilke proportioner en kran lavet i Lego Spike kan have hvis den skal løfte en fyldt 40-fods container
- hvordan man kan hjælpe en sansehandicappet med at finde vej i dagligdagen.

Når det handler om at *stille spørgsmål* til og *analysere* andres idéer og løsningsforslag, kan man fx

- undersøge konstruktionen af Svendborgsundbroen og overveje hvorfor de er kommet frem til netop denne konstruktion
- besøge Rockwool-fabrikken og blive klogere på hvordan de fremstiller stenuld, og efterfølgende relatere stenulds egenskaber til nye bæredygtige isoleringsmaterialer.

STEM-refleksionskompetence

Denne kompetence består i nogens indsigtsfulde parathed til at *skelne mellem* hvilke spørgsmål der *bør stilles* i vurderingen af og reflektionen over en konklusion eller løsning som er fremkommet ud fra brug af en algoritme, Internet of Things eller kunstig intelligens, og hvilke der ikke behøver at blive stillet. Kompetencen handler også om kritisk at *kunne stille* sådanne spørgsmål og *have blik* for hvilke typer af svar der kan forventes i en given sammenhæng. Det kan dreje sig om både bias i data og reflektion over at nye løsninger kan skabe nye problemer (etiske dilemmaer, praktiske udfordringer), og at genanvendelse og bæredygtighed er præmis for at udvikle nye teknologier og materialer.

Kommentarer

Kritisk refleksion handler om selvstændigt at tage stilling til et givent udsagn, en given konklusion eller et givent løsningsforslag. Nye løsninger kan være værdiskabende, men de kan også forårsage nye udfordringer eller dilemmaer. Kritisk refleksion skaber et konstruktivt grundlag for at handle i verden og giver mulighed for at skifte eller revidere sine perspektiver på verden. Samarbejde med andre kan fremme kritisk refleksion over egne og andres konklusioner og løsninger.

Eksemplificering

Når det handler om at *identificere* og *formulere* spørgsmål der lægger op til at reflektere over en konklusion eller løsning, kan man fx

- overveje og forklare fordele og ulemper ved at hverdagens elektroniske apparater (køleskabe, alarmsystemer, udluftningssystemer mv.) gøres intelligente
- stille ti spørgsmål om mulige etiske dilemmaer ved selvkørende biler eller selvbetjeningsløsninger ved borgerservice
- overveje og forklare hvordan digitale teknologier med fordel kan anvendes til at observere antal solgte kopper kaffe i kantinen, antal elever der cykler i skole, eller udbredelsen af kæmpebjørneklo i Thy
- fremsætte forskellige STEM-relevante dilemma-udsagn og lade eleverne tage stilling til udsagnene ved at stille sig på en linje der går fra helt enig til helt uenig – og udsagnene kan være: *Køb af cannabis bør lovliggøres; Reklamer for skønhedsoperationer bør forbydes; Alle bør automatisk være registrerede som organdonorer; Alle offentlige institutioner skal indføre mindst én ugentlig kødfri dag.*

To elevsvar på det sidste dilemma-udsagn kan være:

E1: "Ja, fordi kødproduktion skader miljøet, og det er en måde at lære danskerne at spise andet end kødretter på".

E2: "Nej, staten skal ikke blande sig i hvad den enkelte spiser, og der er også meget andet som skader miljøet eller folks sundhed. Skal det også "forbydes"?"

STEM-samfundskompetence

Denne kompetence består i nogens indsigtfulde parathed til dels at *redegøre for, vurdere og fortolke* STEMs indflydelse på samfundet og dels at *kommunikere og handle på* samfundets behov for STEM.

Kommentarer

STEM skal i denne sammenhæng forstås bredt. Dvs. at STEM henviser til hver af de fire discipliner: science, technology, engineering, mathematics.

Udvikling inden for STEM har haft betydning for samfundet over tid og vil ligeledes have det fremadrettet. Det kan fx handle om at nye digitale teknologier fremkalder nye vaner og arbejdsprocesser, hvilket kan medføre nye behov, betingelser og muligheder både på arbejdsmarkedet og privat. Omvendt giver samfundets udvikling behov for at indtænke STEM. Dels i forhold til grøn omstilling og effektivisering og dels i forhold til at gå fra at have en STEM-orienteret idé til at drive en forretning (viden om entreprenørskab, økonomi, regnskab, produktion og markedsføring). Herunder at have indblik i hvordan virksomhedsinnovation kan ske som reaktion på forbrugers efterspørgsel, og hvordan nye løsninger i små virksomheder implementeres i større virksomheder gennem udvidelse og eskalering.

Eksemplificering

Når det handler om *STEMs indflydelse på samfundet*, kan man fx

- undersøge hvilken betydning opdagelsen af bakterier har haft for fx menneskers adfærd, behandlingsformer eller fødevareproduktion
- besøge en lokal virksomhed og
 - undersøge hvordan virksomheden har udviklet sig
 - analysere virksomhedens (digitale) løsninger
 - idégenerere med hensyn til hvilke løsninger der kan være værdifulde for andre virksomheder
- vurdere fremtidens kompetencekrav til teknologi på arbejdsmarkedet: *Nogen skal udvikle teknologi, nogen skal bruge teknologi i problemløsning, nogen skal implementere/sætte op, nogen skal drifte, og nogen skal bruge* og diskutere hvilke arbejdsopgaver og personlige kvalifikationer det kan/må føre til.

Når det handler om *samfundets behov for STEM*, kan man fx lave forløb med udgangspunkt i FN's verdensmål (figur 2). Her er et par eksempler:

Nr. 3: *Sundhed og trivsel*, med temaet: Din og andres sundhed.

- Undersøg digitale teknologier som indsamler data om sundhed. Det kan fx være søvnrytme, puls eller dagligt forbrug af sociale medier. Vælg én teknologi, og indsamle data om din egen sundhed. Giv forslag til og begrundelser for initiativer der kan ændre din egen sundhed.
- Undersøg mulige forklaringer på hvorfor der i Danmark er en stigning i unge som udvikler forstadier til diabetes, og giv begrundelser for mulige udfordringer ved og relevante tiltag til forebyggelse af diabetes.

Nr. 11: *Bæredygtige byer og lokalsamfund*, med temaet: Fremtidige vandstandsstigninger i dit lokalområde.

- Lad eleverne udvikle idéer til bæredygtige og realistiske løsninger for at sikre mod fremtidige vandstandsstigninger.
- Hør lokale synspunkter og løsningsforslag om vandstigninger (fx produktions- eller ingeniørvirksomheder eller kommunens teknik- og miljøudvalg).



Figur 2. FN's verdensmål.

Nr. 14: *Livet i havet*, med temaet: Et rent hav for alle.

- Undersøg hvordan spildevandsudledning og udledning af kvælstof og fosfor fra landbruget påvirker havmiljøet nær dig. Vælg fx vandløb, fjord, sund eller bælt i lokalområdet som case.
- Besøg et renseanlæg eller et landbrug, eller inviter en repræsentant fra teknisk forvaltning, og analysér de enkelte aktørers indsatser for et bedre havmiljø – lokalt og nationalt.

Ovenstående beskrivelser giver et indblik i de syv STEM-kompetencers kendetegn og særegenheder samt eksempler på aktiviteter der kan være pejlemærker for STEM-undervisning. Afslutningsvis vil jeg komme med et par bemærkninger om STEM-kompetencerne samt en opfordring til hvordan de kan implementeres.

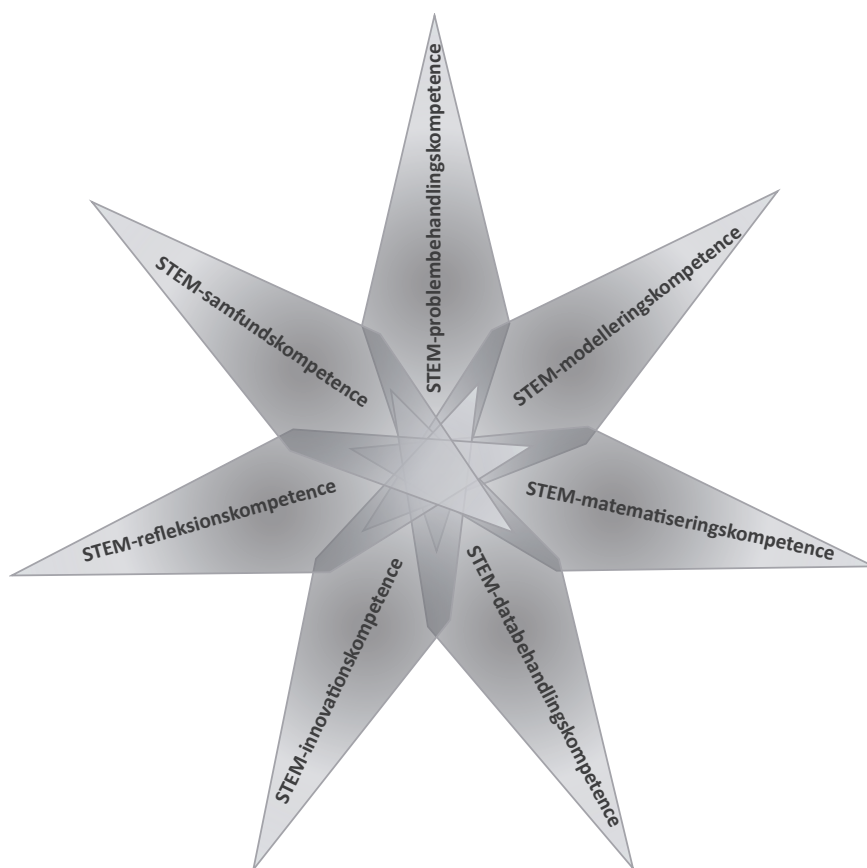
Afsluttende kommentar

- Bemærkninger om kompetencernes duale karakter, kognitive natur, relation til forståelse og proceduremæssige færdigheder samt fokus på *at gøre* er uddybet i Niss & Højgaard (2019). Jeg har selv tre supplerende bemærkninger:
- De syv STEM-kompetencer er mit bud på en kompetencebeskrevet faglighed, velvidende at ikke alle aspekter af STEM-faglighed indfanges som en selvstændig kompetence. Det gælder fx STEM-kommunikation og STEM-samarbejde. At kunne kommunikere er vigtigt i forhold til at udvikle STEM-kompetence, men i karakteristikken af STEM-faglighed fortolkes kommunikation ikke som en kategori, hvorfor den ikke begrebsættes som en *særlig* STEM-kompetence. Et lignende eksempel er samarbejde. Samarbejde på tværs af discipliner optræder centralt i flere analyser i litteraturreviewet, men forekommer ikke som en kategori, og derved identificeres samarbejde ikke som en STEM-kompetence.
- De syv STEM-kompetencer er forskellige, men ikke adskillelige. Hver kompetence har en defineret identitet som adskiller den fra andre kompetencer. Når én af kompetencerne er i fokus, vil nogle af de andre komme i spil i en hjælpefunktion, afhængigt af den konkrete situation og kontekst. Jeg har valgt at repræsentere STEM-kompetencernes indbyrdes forhold og relationer i en STEM-kompetencestjerne, se figur 3. Hver stjernespids er adskilt fra de andre, men overlapper også. Den enkelte stjernespids' identitet understreges af den varierende farveintensitet, der er størst i den centrale del og aftager mod spids og midte.
- De syv STEM-kompetencer giver mulighed for at implementere STEM-undervisning som et bredt samspil mellem (i første omgang) matematik og naturfagene. Med udgangspunkt i én STEM-kompetence kan matematik- og naturfagsundervisere i fællesskab planlægge, tilrettelægge og gennemføre undervisning som integrerer matematiske og naturfaglige begreber. Derved kan en kompetencebeskrevet STEM-faglighed være et bud på indhold i integreret STEM-undervisning fremadrettet.

De syv STEM-kompetencebeskrivelser er anvendt som middel til at indfange en samfundsmæssig ambition om hvad det vil sige at beherske STEM-faglighed – de er begrundelsesrettede. Om STEM-kompetencebeskrivelserne også er undervisningsbare, må komme an på en prøve. Jeg vil hermed opfordre undervisere til at prøve at lade

STEM-kompetencerne være pejlemærker for STEM-undervisning og derigennem få erfaringer med om det er meningsfuldt.

Jeg vil selv som en del af mit ph.d.-projekt, i samarbejde med et team af lærere i matematik og naturfag, udvikle, afprøve og evaluere undervisningsforløb der eksplicit tager udgangspunkt i én STEM-kompetence ad gangen. Erfaringer herfra kan bidrage til viden om potentialer for og særlige opmærksomhedspunkter ved kompetenceorienteret STEM-undervisning.



Figur 3. En visuel repræsentation af syv STEM-kompetencer.

Referencer

Achilles, M., Hansen, J. D., Lind, A., & Jensen, T. H. (2007). *Kompetencer i økonomi som undervisningsfag – med opgaveeksempler fra hhx*. Danmarks Pædagogiske Forlag. https://pure.au.dk/portal/files/220/THJ07-etale-Kompetencer_i_konomi_som_undervisningsfag-ændelig-rapport.pdf

- Adamsen, J. (2016). Faglighed–kvalitet, æstetik og undervisning. *Studier i Pædagogisk Filosofi*, 5(1), 62-80. <https://doi.org/10.7146/spf.v5i1.18137>
- Akerson, V. L., Burgess, A., Gerber, A., Guo, M., Khan, T. A., & Newman, S. (2018). Disentangling the meaning of STEM: Implications for science education and science teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 29(1), 1-8. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2018.1435063>
- Andersen, N. O., Busch, H., Horst, S., & Troelsen, R. (2003). *Fremtidens naturfaglige uddannelser: Naturfag for alle – vision og oplæg til strategi*. Undervisningsministeriet. <https://static-curis.ku.dk/portal/files/9855613/FNU-1.pdf>
- Ärlebäck, J. B., & Albarracín, L. (2019). The use and potential of Fermi problems in the STEM disciplines to support the development of twenty-first century competencies. *ZDM Mathematics Education*, 51, 979-990. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01075-3>
- Boell, S. K., & Cecez-Kecmanovic, D. (2014). A Hermeneutic Approach for Conducting Literature Reviews and Literature Searches. In *Communications of the Association for Information Systems* (Vol. 34, pp. 257-286). <https://doi.org/10.17705/1CAIS.03412>
- Boon Ng, S. (2019). *Exploring STEM competences for the 21st century*. UNESCO International Bureau of Education. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368485>
- Børne- og undervisningsministeriet. (2020). *Bekendtgørelse om formål, kompetencemål, færdigheds- og vidensområder og opmærksomhedspunkter for folkeskolens fag og emner (Fælles Mål)*, BEK nr 1217 af 19/08/2020. <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2020/1217>
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30. <https://eric.ed.gov/>
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA press.
- Caprile, M., Palmén, R., Sanz, P., & Dente, G. (2015). *Encouraging STEM studies Labour Market Situation and Comparison of Practices Targeted at Young People in Different Member States*. Policy Department A. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/542199/IPOL_STU\(2015\)542199_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/542199/IPOL_STU(2015)542199_EN.pdf)
- Council, E. (2015). *National STEM school education strategy, 2016-2026*. Education Services Australia. <https://www.dese.gov.au/education-ministers-meeting/resources/national-stem-school-education-strategy>
- Council, N. R. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press. <https://nap.nationalacademies.org/catalog/18612/stem-integration-in-k-12-education-status-prospects-and-an>
- European Union. (2019). *KEY COMPETENCES FOR LIFELONG LEARNING*. <https://doi.org/10.2766/569540>
- Fink, A. (2019). *Conducting research literature reviews: From the internet to paper*. Sage publications.
- Gravemeijer, K., Stephan, M., Julie, C., Lin, F.-L., & Ohtani, M. (2017). What mathematics education may prepare students for the society of the future? *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(1), 105-123. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9814-6>

- Hanikel, N., Prévot, M. S., & Yaghi, O. M. (2020). MOF water harvesters. *Nature Nanotechnology*, 15(5), 348-355. <https://doi.org/10.1038/s41565-020-0673-x>
- Hansen, R. (2018). *Målstyret kompetenceorienteret matematikundervisning*. DPU, Aarhus Universitet. https://www.ucviden.dk/files/124228968/Hansen_Rune_2018_M_lstyret_kompetenceorienteret_matematikundervisning.pdf
- Hart, C. (2018). *Doing a literature review: Releasing the research imagination*. Sage Publications.
- Højgaard, T., & Sølberg, J. (2022). *Fostering Competence: A Case Story of Two-dimensional Curriculum Development in Denmark (in progress)*.
- Horst, S., & Laursen, K. (2022). Hvordan kan STEM-undervisning håndteres? *MONA-Matematik-Og Naturfagsdidaktik*, 2, 80-92.
- Jensen, T. H. (2007). *Udvikling af matematisk modelleringskompetence som matematikundervisningens omdrejningspunkt–hvorfor ikke*. Tekster Fra IMFUFA. <https://pure.au.dk/portal/files/227/THJ07-phd-dissertation.pdf>
- Larsen, D., Kristensen, M., Hjort, M., & Seidelin, L. (2022). STEM-didaktik–et internationalt, systematisk review om STEMundervisningens didaktik. *MONA-Matematik-Og Naturfagsdidaktik*, 6-22. <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/131923>
- Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: a systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6>
- Maass, K., Geiger, V., Ariza, M. R., & Goos, M. (2019). The Role of Mathematics in interdisciplinary STEM education. *ZDM Mathematics Education*, 51, 869-884. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01100-5>
- Marope, M., Griffin, P., & Gallagher, C. (2017). *Future competences and the future of curriculum: A global reference for curricula transformation*. International Bureau of Education. http://www.ibe.unesco.org/sites/default/files/resources/future_competences_and_the_future_of_curriculum.pdf?fbclid=IwAR1Y3Ac0dNggHqleO2-OwYQ-b-eAZfwEHJ3PwnbUZa8TXIa-PZQpTrMjnhU
- Mishra, S. (2019). Warka Water Tower: An Innovative Method of Water Harvesting from Thin Air in Semi-Arid Regions. *International Journal of Scientific Engineering and Research*, 7(1), 100-104. <https://www.ijser.in/archives/v7i1/IJSER18578.pdf>
- Møller, M. (2022). *En karakteristik af STEM-faglighed (Et kapitel i ph.d.-afhandling, in progress)*. https://www.ucviden.dk/files/165358932/En_karakteristik_af_STEM_faglighed.pdf
- Nielsen, K., & Sillasen, M. K. (2020). Teknologiforstyrelse: Hvad mener Børne-og Undervisningsministeriet, når de skriver “teknologi”? *MONA-Matematik-Og Naturfagsdidaktik*, 63-73. Hentet fra <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/121574>
- Niss, M., & Højgaard Jensen, T. (2002). *Kompetencer og matematiklæring: ideer og inspiration til udvikling af matematikundervisning i Danmark*. Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie, nr. 18/2002. <https://static.uvm.dk/publikationer/2002/kom/hel.pdf>

- Niss, M., & Højgaard, T. (2019). Mathematical competencies revisited. *Educational Studies in Mathematics*, 102(1), 9-28. <https://doi.org/10.1007/s10649-019-09903-9>
- Peters-Burton, E. E. (2014). Is there a “Nature of STEM”? In *School Science and Mathematics* (Vol. 114, Issue 3, pp. 99-101). Wiley Online Library. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00150-6>
- Pleasant, J. (2020). Inquiring into the nature of STEM problems. *Science & Education*, 29(4), 831-855. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00135-5>
- Reynante, B. M., Selbach-Allen, M. E., & Pimentel, D. R. (2020). Exploring the promises and perils of integrated STEM through disciplinary practices and epistemologies. *Science & Education*, 29(4), 785-803. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00121-x>
- Sanders, M. E. (2008). *Stem, stem education, stemmania*. <https://www.teachmeteamwork.com/files/sanders.istem.ed.ttt.istem.ed.def.pdf>
- Schmidt, J. R. (2019). Hvem definerer STEM i skolen og i skoleforskning? *MONA – Matematik- Og Naturfagsdidaktik*, 2019(2), 70-88. <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/114698>
- Sølberg, J., Bundsgaard, J., & Højgaard, T. (2015). Kompetencemål i praksis–hvad har vi lært af KOMPIS? *Mona-Matematik-Og Naturfagsdidaktik*, 2. <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/36308>
- Steen, N., Madsen, M. S., & Højgaard, T. (2020). Potentialer og begrænsninger ved anvendelse af lærebøger i matematikundervisningen: resultater fra et systematisk review. *Nordic Studies in Mathematics Education*, 25(2), 5-28. https://pure.au.dk/portal/files/191795314/THJ20_Steen_Madsen_NOMAD.pdf
- Undervisningsministeriet. (2018). *National naturvidenskabsstrategi*. <https://www.uvm.dk/publikationer/folkeskolen/2018-national-naturvidenskabsstrategi>
- Zollman, A. (2012). Learning for STEM literacy: STEM literacy for learning. *School Science and Mathematics*, 112(1), 12-19. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2012.00101>

English abstract

There is a societal ambition that more children and young people develop STEM competence, but STEM teaching that supports this is not a set framework. The first part of the article forms a literature review based on a characterization of STEM professionalism. The second part of the article argues that competence descriptions can be a meaningful means of describing the aims and goals of STEM teaching if the STEM competence goals are described in such a way that they are both purposeful and teachable. The article's contribution is seven STEM competencies: STEM modeling competency, STEM mathematization competency, STEM data-handling competency, STEM innovation competency, STEM reflection competency, STEM society competency, and STEM problem-solving competency.